

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

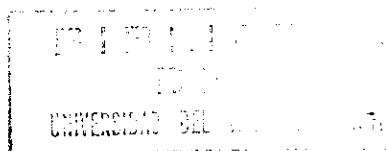
Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Industrial



**EVALUACIÓN DE UN PROCESO DE BENEFICIADO  
HÚMEDO DE CAFÉ,  
POTENCIALMENTE INOCUO PARA EL AMBIENTE  
(FINCA "LAS CRUCES", GUATEMALA)**

**SILVANA ZIMERI**



**Guatemala**

**1998**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**  
**Facultad de Ciencias y Humanidades**  
**Departamento de Ingeniería Industrial**

**EVALUACIÓN DE UN PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO  
DE CAFÉ, POTENCIALMENTE INOCUO PARA EL AMBIENTE  
(FINCA "LAS CRUCES", GUATEMALA)**

**SILVANA ZIMERI**

**Trabajo de graduación presentado para optar al grado  
académico de  
Licenciado en Ingeniería Industrial**

**Guatemala**

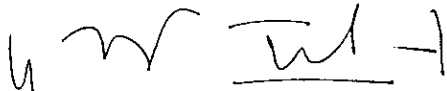
**1998**

## CONTENIDO


	Páginas
GLOSARIO DE TÉRMINOS	XI
RESUMEN	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
A. DIFERENTES TIPOS DE BENEFICIADO HÚMEDO	3
1. Beneficiado húmedo	3
2. Beneficiado tradicional	4
3. Beneficiado potencialmente inocuo para el medio ambiente	6
B. SITUACIÓN ACTUAL DEL BENEFICIADO HÚMEDO EN GUATEMALA	8
1. Beneficiado tradicional	9
2. Beneficiado semitecnificado	9
3. Beneficiado tecnificado	9
4. Beneficiado artesanal	10
5. Beneficiado comercial	10
C. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAFÉ	11
1. Descripción simplificada de los tipos de calidad	11
2. Determinación orgánica	12
3. Antecedentes en comparaciones de calidad y rendimiento para diferentes procesos de beneficiado húmedo del café	16
III. OBJETIVOS	

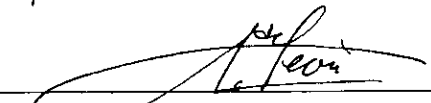
	17
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	Páginas
V. METODOLOGÍA	
VI. RESULTADOS	19
A. Descripción y resultados del proceso A	21
B. Descripción y resultados de los procesos 1, 2 y 3	25
VII. DISCUSIÓN	25
VII. CONCLUSIONES	43
VIII. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFIA	85
APÉNDICES	87
A. Tabla para determinación del tiempo promedio de llenado del volumen base	89
B. Fotografías	91
	91
	92

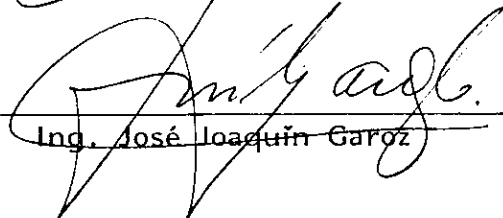
Vo. Bo.

(f)   
Ing. Adolfo Valdemar Barrios O.

Tribunal:

(f)   
Ing. Adolfo Valdemar Barrios O.

(f)   
Lic. Luis Roberto De León F.

(f)   
Ing. José Joaquín Garoz

Fecha de aprobación: Guatemala, 27 de julio de 1998.

A mis mejores amigos

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Páginas
2.1 Número de beneficios húmedos de café según tipo	8
3.1 Diagrama de flujo del proceso A	29
3.2 Descripción maquinaria utilizada proceso A	37
3.3 Cantidad de energía eléctrica utilizada proceso A	37
3.4 Eficiencia de procesamiento de la maquinaria proceso A	37
3.5 Cálculo de consumo de agua proceso A	39
3.6 Diagrama de flujo del proceso 1	45
3.7 Diagrama de flujo del proceso 2	51
3.8 Diagrama de flujo del proceso 3	57
3.9 Maquinaria utilizada procesos 1, 2 y 3	63
3.10 Eficiencia de procesamiento de la maquinaria procesos 1,2 y 3	63
3.11 Cantidad de energía eléctrica utilizada procesos 1,2 y 3	65
3.12 Cálculo de consumo de agua procesos 1,2 y 3	67
3.13 Resultados de la catación	73

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica	Páginas
3.1 Diagrama de recorrido de la actividad proceso A	31
3.2 Diagrama de circuito da agua recirculada proceso A	33
3.3 Diagrama de circuito de agua limpia proceso A	35
3.4 Consumo de agua proceso A	41
3.5 Diagrama de recorrido de la actividad proceso 1	47
3.6 Diagrama de uso de agua limpia proceso 1	49
3.7 Diagrama de recorrido de la actividad proceso 2	53
3.8 Diagrama de uso de agua limpia proceso 2	55
3.9 Diagrama de recorrido de la actividad proceso 3	59
3.10 Diagrama de uso de agua limpia proceso 3	61
3.11 Consumos de agua procesos 1,2 y 3	69
3.12 Calidad del café maduro	71
3.13 Rendimiento maduro/pergamino	75

## GLDSARID DE TÉRMINDS

1. CAFÉ MADURO  
Fruto no procesado del café.
2. CAFÉ PERGAMIND  
Producto final del proceso de beneficiado húmedo del café. Es el grano de café que aún conserva el endocarpio ó pergamino, que es de donde toma su nombre.
3. DESMUCILAGINADDRA:  
Equipo mecánico utilizado para eliminar el mucílago del grano; sus elementos rotan a velocidades variables, y friccionan el grano contra un sólido adecuado.
4. DESPULPADDRA:  
Equipo mecánico que se utiliza para eliminar el exocarpio (pulpa) del café maduro.
5. DQO:  
Demanda Química de Oxígeno. Cantidad de oxígeno, en mg de Dicromato de Potasio ( $K_2Cr_2D_4$ ) por litro de agua, que se necesita para oxidar químicamente una muestra de agua.
6. MUCÍLAGO:  
Mesocarpio del fruto del café, también llamado miel.
7. FERMENTACIÓN NATURAL:  
Proceso de degradación del mesocarpio (mucílago) del café.
8. PULPA:  
Exocarpio del fruto del café

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio es describir y evaluar el proceso de beneficiado húmedo de café potencialmente inocuo al medio ambiente encontrado en la finca "Las Cruces". Asimismo evaluar otros tres diferentes procesos de beneficiado húmedo con diferentes tratamientos de eliminación del mucílago del café.

La descripción se realiza por medio de métodos gráficos generalmente utilizados en Ingeniería Industrial como el Diagrama de Flujo del Proceso y Recorrido de la Actividad.

La evaluación de los cuatro tipos de beneficiado húmedo de café se hace en términos de consumo de agua, de energía eléctrica y de eficiencia del procesamiento de la maquinaria utilizada en los procesos.

Además, se determina el rendimiento maduro/pergamino y la calidad del café al hacer uso de tres diferentes tratamientos para eliminar el mucílago del mismo.

## I. INTRODUCCIÓN

El café ha sido para Guatemala uno de los cultivos más importantes a lo largo de la historia. Su introducción al territorio guatemalteco se dio en 1800 y desde entonces se le ha dado mucho apoyo con el objetivo de fomentar su cultivo y comercialización.

El cultivo del café es solamente la primera fase del proceso que tiene como fin llevar al consumidor la bebida de éste. El proceso entero comprende los siguientes pasos: cultivo del fruto del café, cosecha, beneficiado húmedo, beneficiado seco y tostado.

El beneficiado húmedo es el proceso que transforma el fruto recién cosechado (maduro) en café pergamino seco con un porcentaje de humedad entre 10 y 12%. Este proceso se ha caracterizado por un alto consumo de agua y por un alto índice de contaminación de la misma.

Con el afán de minimizar el impacto del proceso de beneficiado húmedo sobre el ambiente y de hacer el proceso más eficiente, han surgido diferentes tipos de maquinaria y tecnología, cada una con ventajas y desventajas. Es importante conocer las oportunidades y retos que cada tipo de proceso representa para poder elegir uno de ellos o la combinación de varios, según sea la necesidad de la industria.

Este documento incluye la evaluación y descripción de un beneficio potencialmente inocuo para el medio ambiente que opera en la actualidad en el país, el cual se encuentra localizado en la finca "Las Cruces", municipio de Guatemala en el departamento de Guatemala.

Además, se incluye la comparación entre tres diferentes tipos de proceso de beneficiado húmedo que difieren entre sí solamente en la manera de eliminar mucílago del grano. Los tres procesos que se comparan son: proceso de beneficiado húmedo del café al utilizar desmucilaginado mecánico, proceso de beneficiado húmedo tradicional del café y el proceso de beneficiado húmedo usando desmucilaginado mecánico y fermentación natural.

Para realizar dicha comparación se toman en cuenta varios aspectos de cada uno de los procesos los cuales son: el consumo de energía eléctrica, el consumo de agua, el rendimiento entre el maduro (materia prima) y el pergamino (producto terminado) , y la calidad de café que se obtiene.

## II. ANTECEDENTES

### A. Diferentes tipos de beneficiado húmedo

#### 1. Beneficiado húmedo

Después de ser cosechado el fruto del cafeto es llevado al beneficio húmedo donde se tiene como fin llevarlo de fruto maduro a "pergamino". Guatemala es un caso especial, ya que el beneficiado se hace en las fincas. En otros países se hace en centrales de acopio de la fruta según, Anacafé (1985,22).

El fruto maduro contiene diferentes capas que recubren el grano del café y son las siguientes:

- pulpa (exocarpio)
- mucílago (mesocarpio)
- pergamino (endocarpio)
- película plateada
- grano (oro), según Barrios (1994,4)

Llevar al café de fruto maduro a pergamino incluye la separación de la pulpa y el mucílago del fruto.

El proceso de beneficiado se inicia con la recepción del café cuando la fruta se mide por su peso y después se vacía en un tanque con agua, en forma de pirámide invertida llamado sifón. Este permite almacenar el fruto y hacer una primera selección; los frutos menos densos y enfermos flotan y se procesan como segunda y tercera calidad, mientras que los desarrollados se hunden.

El café fruta abandona el sifón por medio de un tubo por el principio de vasos comunicantes, luego pasa a un despedrador que impide el avance, en el proceso, de partículas extrañas y pesadas, según Alvarado y Rojas (1994,72).

Después se inicia el despulpe, que es la primera operación mecanizada del beneficio húmedo. En este trabajo se utilizan máquinas llamadas despulpadoras, que pueden ser de disco o de cilindro. El despulpador de cilindro se alimenta con frutos de café y agua y estos son presionados contra un pechero metálico. La pulpa abandona el despulpador por la parte de atrás por medio del transporte hidráulico o mecánico, mientras los granos lo hacen por la delantera

El siguiente paso es el de separar el mucílago del grano y dejarlo cubierto solamente por el pergamino y es aquí donde surgen la mayoría de variantes para llevar a cabo el proceso.

## **2. Beneficiado tradicional**

El beneficiado que se usa tradicionalmente en Guatemala se hace de la manera descrita con anterioridad. Los sifones utilizados tienen una capacidad promedio de

40 m<sup>3</sup>, según Anacafé (1991,52). Se utilizan despulpadoras con pecho de hierro, pecho de hule, etc. de diseño antiguo que utilizan grandes cantidades de agua para el despulpe. El transporte de la pulpa hacia tanques de reposo se hace con métodos hidráulicos, según Barrios y Ponce (1997,3).

Según publicaciones de Cenicafe, se consumen aproximadamente 20 litros de agua limpia por kilogramo de café pergamino seco en el despulpe y transporte hidráulico de la pulpa. Cuando la pulpa es transportada con agua a los tanques de reposo, utilizando 1 litro de agua por cada kilogramo de fruto maduro, la cantidad de sustancias (materia orgánica) que pasan al agua por cada dos kilogramos de fruto maduro, tiene

una capacidad contaminante equivalente a la de una persona/día, según Zuluaga y Zambrano (1993,2).

El fruto despulpado queda envuelto por una cubierta de miel (mucílago) que representa 20% de su peso maduro. El mucílago es rico en pectinas y azúcares que deben ser eliminados con la fermentación natural, según Anacafé (1991,76).

Cuando esta operación se realiza bajo estricto control se obtienen cafés con alta calidad en taza. Este método presenta muchos inconvenientes, por ejemplo, es de duración variable, ya que la altitud y la temperatura afectan el tiempo de fermentación, pues el café de cada región tiene enzimas que actúan en forma diferente. En fincas ubicadas en alturas bajas, la fermentación requiere de 24 a 36 horas, en las altas desde 36 hasta un máximo de 80 horas, el tiempo varía conforme la época de la cosecha, prolongándose en los meses de temperaturas más bajas, según Alvarado y Rojas (1994,74)

Cuando el café ha alcanzado su fermentación completa, está a "punto de lavado" para llegar a obtener un grano con el pergamino limpio y sin restos de miel en su hendidura. Este lavado puede realizarse en forma manual o mecánica, según Anacafé (1991,76)

Cuando el café se lava manualmente en el tanque de fermentación, el consumo específico de agua es de 4.2 L/kg de café pergamino seco, según Oliveros (1995,2).

Las mieles del café fermentado proveniente de dos kilogramos de fruto maduro producen una contaminación equivalente a la de una persona/día. La contaminación generada por el lavado del café, en términos de demanda química de oxígeno (DQO) expresada en g de DQO/kg de fruto maduro, es de 30.0 y representa 26.3% de la

contaminación potencial generada por el beneficio húmedo del café, según Oliveros (1995,2).

El último paso del proceso de beneficio húmedo lo constituye el secado, que se puede realizar en secadoras o en patios.

### **3. Beneficiado potencialmente inocuo para el ambiente**

Este tipo de beneficio es poco utilizado en Guatemala. Se denomina con este nombre a cualquier proceso de beneficio húmedo que utiliza sistemas que disminuyen la cantidad de agua necesaria para la transformación del café al hacer uso de tecnología y empleándola adecuadamente. La educación de las personas que operan dicha tecnología es clave para que el proceso sea realmente inocuo para el medio ambiente, su efectividad depende del manejo que se le dé al proceso.

Para lograr una reducción en la cantidad de agua utilizada, se introducen diferentes variantes al método tradicional, una de las cuales es el uso de métodos mecánicos para transportar la pulpa que sale del despulpe hacia las fosas de almacenamiento. Para ello se hace necesaria la adopción y construcción de sistemas de transporte diferentes al hidráulico, entre ellos el de gravedad, el tornillo sin fin y el cable-disco, según Zuluaga y Zambrano (1993,3).

Otra variante al beneficio tradicional es el uso de máquinas llamadas desmucilagadoras mecánicas que desprenden las mieles del grano. Este tipo de máquina se basa en la fricción de los granos entre sí, o bien de los granos contra un sólido adecuado, que rota a velocidad variable, según Barrios (1994).

Existen varios tipos de desmucilagadoras entre las que se pueden mencionar: Aquapulpa, Pinhalense, Raoeng, Hess, Tipo Haes, Elmu y Fimar. Cada una de estas

máquinas fueron diseñadas en diferentes países y de maneras diferentes pero conservan el mismo principio de fricción.

El desmucilaginado mecánico realizado con equipos apropiados permite remover el mucílago con ventajas sobre la fermentación natural, tales como: reducción significativa del consumo de agua, reducción de la contaminación, obtención de mayor cantidad de café seco (1 a 2% más), gracias a la eliminación de las pérdidas de materia por respiración del grano, según Oliveros (1995,2).

En la mayoría de los casos, no se produce una eliminación del 100% del mucílago, pero la suficiente para secarlo en forma rápida (al sol y mecánicamente) sin que provoque problemas de post-fermentación, según Barrios (1994).

En resumen, las mejoras que se han hecho al proceso original de beneficiado tradicional son:

- Reducción de los volúmenes de tanques sifones hasta  $\frac{1}{4}$  de su capacidad original.
- Construcción de recibidores secos o parcialmente secos.
- Diseño e implementación de despulpadores que realicen el trabajo en seco.
- Alimentación mecánica por medio de tornillos helicoidales del café maduro hacia los despulpadores en seco.
- Traslado mecánico de la pulpa por medio de bandas y/o tornillos helicoidales.
- Incorporación de desmucilaginado mecánico para reducir la carga contaminante.
- Reciclaje de las aguas en las etapas de despulpado, clasificación y lavado.
- Lavado mecánico del café.

- Tratamiento primario de decantación del agua residual en el tanque recolector/decantador.
- Compostaje de la pulpa de café por medio de diferentes métodos ,según Barrios y Ponce (1997)
- Retención del agua residual a través de acequias, pozos de absorción y lagunas de oxidación.

### **B. Situación actual del beneficiado húmedo en Guatemala**

Se estima que actualmente existen en la actualidad unos 5,000 beneficios húmedos, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

1. Beneficio tradicional
2. Semitecnificado
3. Tecnificado
4. Artesanal
5. Comercial

El siguiente cuadro muestra el número estimado de beneficios de cada tipo y el porcentaje del total que cada uno representa, según Barrios y Ponce (1997).

**Tabla 2.1**

#### **Número de beneficios húmedos de café por tipo**

<b>NÚMERO ESTIMADO DE BENEFICIOS POR TIPO</b>					
	<i>TRADICIONAL</i>	<i>SEMITECNIFICADO</i>	<i>TECNIFICADO</i>	<i>ARTESANAL</i>	<i>COMERCIAL</i>
<b>NÚMERO</b>	1490	1117	373	2100	20
<b>%</b>	29.8	22.34	7.46	40	0.4

### 1. Beneficiado tradicional

Este tipo de beneficio fue construido a finales del siglo pasado. Generalmente se encuentran ubicados en lugares que presentan una red hídrica con bastante caudal. Su característica principal es que debido a su diseño requieren del uso de grandes volúmenes de agua. Se estima que utilizan alrededor de 2,000 a 3,000 litros de agua para procesar un quintal de café pergamino seco, según Barrios y Ponce (1997).

### 2. Beneficiado semitecnificado

Este tipo de beneficios se ubica en forma general cercano a una fuente de abastecimiento de agua, ya que el principio es el mismo de un beneficio tradicional con un proceso de reconversión gradual.

Las mejoras que ha sufrido el proceso del beneficiado tradicional hacia este sistema están basadas principalmente en minimizar los volúmenes de agua utilizados por medio del proceso de recirculación de las mismas, logrando una disminución de los volúmenes utilizados en el proceso anterior hasta 50%, según Barrios y Ponce (1997).

### 3. Beneficiado tecnificado

Este tipo de beneficio puede estar ubicado en cualquier lugar de la finca, no necesariamente a orillas de un cuerpo de agua.

El desarrollo tecnológico ha permitido crear sistemas que tienden a minimizar aun más la cantidad de agua a utilizar, que reduzca los volúmenes hasta en 90% en comparación con el proceso del beneficiado tradicional. La idea primordial es la reingeniería del proceso al reconvertir la infraestructura y equipo tradicional hacia

tecnología que minimicen el impacto de la contaminación ambiental, según Barrios y Ponce (1997).

Bajo esta clasificación, se incluyen los beneficios potencialmente-inocuos para el medio ambiente.

#### **4. Beneficiado artesanal**

Están distribuidos regularmente dentro de las parcelas y/o viviendas de los productores. Debido a los bajos volúmenes, el grano de café es recolectado y procesado el mismo día en pulperos manuales, elaborados por el propio productor (de madera) o bien de fabricación comercial. La fermentación y lavado se realiza en sacos de yute o nylon o bien en pilas de madera (canoas), y finaliza el proceso con un secamiento al sol ,según Barrios y Ponce (1997).

#### **5. Beneficiado comercial**

Estos beneficios encajan en cualquiera de los tipos mencionados con anterioridad con excepción del artesanal. Los propietarios no necesariamente son productores de café, sino que pueden estar conformados por sociedades de compradores/exportadores.

Debido a los grandes volúmenes de procesamiento, lo cual genera de igual manera grandes cantidades de subproductos, estos en su mayoría no disponen de sistemas de tratamiento de los mismos.

### C. Determinación de la calidad del café

En Guatemala hay 9 tipos o niveles de calidad de café con base en las características siguientes:

- Aspecto del café en oro
- Color en Oro y Tostado
- Tamaño del grano
- Aspecto externo
- Abertura de la hendidura del grano
- Apariencia de la superficie del grano tostado "Carácter"
- Evaluación de la infusión (bebida): aroma, intensidad del "cuerpo", acidez, sabor en general, presencia de aromas y sabores defectuosos según Anacafé (1991,25)

#### 1. Descripción simplificada de los tipos de calidad

a. Bueno lavado: En oro, grano pequeño, "ranura" bastante recta y abierta. Rápido en el punto de tueste. Aroma tenue "apagado", limpio. Cuerpo y acidez, muy suaves (taza suave o desabrida). El Extrabueno Lavado que también se incluye en este tipo es de mejor calidad, con taza más limpia y menos áspera. Se da a alturas de entre 606 hasta 758 metros sobre el nivel del mar según Anacafé (1991,22)

b. Prima: En oro, un grano más grande, la ranura aún bastante abierta y recta. En tostado, grano liso, un poco más oscuro y parejo que el Bueno Lavado, principios de "carácter", rápido en punto de tueste. Aroma limpio y principia la fragancia. Cuerpo y acidez aún suaves, medianos y ligeros. El Extra Prima comparado con el Prima desarrolla un poco más de carácter en el tueste, grano un poco mayor y con aroma, cuerpo y acidez más pronunciados. Se da a alturas de entre 758 hasta 1060 metros sobre el nivel del mar, según Anacafé (1991,22).

c. Duro: En oro, grano de buen tamaño, la ranura comienza a verse cerrada y con cierta curvatura en uno de sus extremos. Tostado, con apariencia compacta, aunque no tanto como un Estrictamente Duro; buen "carácter", pero aún con partes lisas en el grano; de color poco más oscuro que el Prima, la ranura bastante cerrada. Aroma limpio, dulzón y agradable, fragante y pronunciado. Cuerpo y acidez bastante pronunciados, fuertes sin dejar de ser finos; acidez persistente, no tanto como en un Estrictamente Duro. El Semiduro en verde es el grano de mayor tamaño, en sus características es un tipo anterior al Duro. Un buen Semiduro suele dar un tueste más flojo y una taza más "apagada" que la del Duro. Se dan entre alturas de 1,060 hasta 1,364 metros sobre el nivel del mar, según Anacafé (1991,23).

d. Estrictamente duro: En oro, un grano pequeño, con la ranura bien cerrada y con una curvatura bien pronunciada en uno de sus extremos. Tostado, grano completo "rugoso", con carácter, color oscuro, casi negro. El aroma es más agradable y dulzón, penetrante y limpio, son los más pronunciados y fuertes en cuerpo y acidez. El Duro de Fantasía es tipo intermedio entre el Duro y Estrictamente Duro. Se dan entre alturas de 1,364 hasta 1,455 o más metros sobre el nivel del mar, según Anacafé (1991,23).

e. Antigua y otros: Similares a un Estrictamente Duro apariencia, pero con más características de "taza" (aroma, cuerpo y acidez) muy diferentes e inconfundibles. Se dan entre alturas de 1,515 o más sobre el nivel del mar, según Anacafé (1991,23).

## 2. Determinación orgánica (aspectos fisiológicos)

Los cafés se califican por catación de la bebida o prueba de la "taza" para su exportación. La catación está basada en la sensación perceptiva de los sentidos que debe ser refinada y desarrollada a través de larga práctica debidamente orientada. Previamente a la catación de la infusión, se hace la evaluación del color del café oro, del tostado y aún por el tacto. Anacafé (1991,24).

### a. Características del grano

Principalmente se evalúa la forma, el tamaño, el color y la uniformidad del grano en oro.

Forma: El mercado tiene como base la forma de grano plano convexo.

Tamaño: Depende del lugar de la variedad.

Color: Varía de acuerdo con la región y la altitud y puede alterarse radicalmente con el beneficiado, especialmente en el secado. El grano que se dejó con un contenido de humedad de más del 12% aparecerá con "mancha de agua". El secamiento total al sol da como resultado el apreciado color verde azulado. La película plateada adherida al grano es la consecuencia de una fermentación deficiente y da un color amarillento a la película de la hendidura.

### b. Principales defectos del grano:

Granos sobrefermentados: Tienen coloración pálida y apariencia cerosa, al ser partidos desprenden el característico mal olor a sobre-fermento. En la mayoría de los casos provienen de granos rezagados en el equipo y en los canales de los tanques o de cafés sobrecalentados o con exceso de tiempo de fermentación.

Granos mordidos: Son enteros con roturas oscuras, por acción mecánica principalmente en el despulpado .

Granos verdes: Son granos decolorados, parte de ellos proceden de los "flotes" o granos que se desechan en la clasificación.

Granos con película plateada adherida: Se presenta en granos semi-maduros o verdes que no son eliminados durante la etapa de clasificación.

Granos cerezos: Son frutos enteros y secos generalmente de tamaño pequeño, que por una y otra causa, pasó sin ser despulpado, llegan a estar presentes en el producto final.

Granos negros: Poseen coloración que va del pardo al negro los cuales provienen generalmente de fruto no desarrollado debido al ataque de enfermedades fungosas, proceden de los "flotes".

Granos brocados: Presentan perforaciones en distintos sentidos y que son el resultado del ataque de la broca del café, proceden de los "flotes".

Granos vanos: Muestran endospermo incompleto por lo que tienen menor peso, proceden de los "flotes".

Granos argeños: Proceden de los "flotes" y son producto de enfermedades del fruto según Anacafé (1971,12)

c. Características del tueste

La intensidad del color depende de la procedencia, el grano de café de bajo, tuesta más rápido que uno de altura. El tueste puede ser: brillante, ordinario y opaco. La calificación final del tueste es: excelente, buena, regular o mala.

Los granos muy livianos y anormales, procedentes del fruto verde o enfermo, dan tuestes muy claros y abiertos, con sabor a maní ("quakers"), según Anacafé (1971,17).

d. Características de la bebida

**Aroma:** Los cafés de Guatemala van del suave y apagado, pero limpio del café bueno lavado hasta el penetrante del estrictamente duro y los aromas más finos y delicados de los antiguas y otros tipos especiales.

**Cuerpo:** Está relacionado con la naturaleza de los sólidos solubles de la infusión o bebida, pudiendo ser "delgado o flojo" y "completo o lleno". La clasificación del cuerpo puede ser: muy complejo, completo, mediano, ligero o delgado y escaso.

**Acidez:** Varía con la altura, con forme aumenta la altura, la acidez se hace más persistente en el paladar del catador. Se califica como: aguda y penetrante, mediana, ligera, escasa y falta absoluta de acidez. Anacafé (1971,19).

**Sabor:** Existen gustos y sabores como el "áspero", "amargo", "sucio", que al estar en diferentes intensidades pueden o no constituir defectos completamente objetables. Estos sabores están relacionados, en orden decreciente con la mayor o menor presencia de café medio maduro o verde. Anacafé (1971,19).

Los principales sabores anormales que se pueden encontrar son:

- Frutoso: aparentemente se desarrolla en partidas mal lavadas.
- Sabor vinoso
- Sabor terroso
- Cebollas
- Agrio

- Mohoso
- Sabor a cosecha vieja
- Contaminaciones, según Anacafé (1971,20).

### **3 Antecedentes en comparaciones de calidad y rendimiento para diferentes procesos de beneficiado húmedo del café**

Según los estudios realizados por Vásquez e Hidalgo (1996), el desmucilaginado mecánico del café y el secado inmediato del mismo, mejoran la acidez y el cuerpo del café sin afectar el aroma.

Además, el desmucilaginado mecánico del café y su secado inmediato provoca aumentos en el rendimiento del café cuando se compara con la fermentación natural de hasta 1.94%.

Según Oliveros (1995), la calidad en taza del café desmucilaginado mecánicamente es igual o superior a la obtenida por medio de la fermentación natural. Además cita a otros autores y concluye que hay unanimidad en atribuir una pérdida de peso siempre mayor que 1.5% de la materia seca del grano durante el proceso de la fermentación natural.

## II. OBJETIVOS

### A. General:

Evaluar y describir el proceso de beneficiado húmedo de café potencialmente inocuo al medio ambiente encontrado en la finca "Las Cruces" y evaluar otros tres diferentes procesos de beneficiado húmedo con diferentes tratamientos de eliminación del mucílago del café

### B. Específicos:

1. Evaluar los cuatro procesos en términos de consumo de agua, de energía eléctrica y de eficiencia de procesamiento de la maquinaria utilizada.
2. Describir por medios gráficos los flujos de cada uno de los cuatro procesos.
3. Determinar el rendimiento maduro/pergamino y la calidad del café pergamino para tres de los procesos.



#### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

a. Se pretende describir un proceso de beneficiado húmedo del café potencialmente inocuo para el medio ambiente que opera en el departamento de Guatemala en el que se describa gráficamente el flujo del proceso, así como la eficiencia de procesamiento de la maquinaria utilizada, y se mida el consumo de agua y de energía eléctrica.

b. Se pretende describir y comparar tres procesos de beneficiado húmedo del café que difieran entre sí solamente en la manera de eliminar el mucilago del grano. La descripción y la comparación se debe hacer tomando en cuenta los siguientes factores: consumo de agua, consumo de energía eléctrica, eficiencia de la maquinaria utilizada, calidad del pergamino producido y el rendimiento maduro/pergamino.



## V. METODOLOGÍA

### A. Materiales

- 125 quintales de café maduro
- Agua de pozo

### B. Equipo de medición

- Cronómetro
- Metro
- Báscula

### C. Laboratorios utilizados

- Laboratorio de catación de ANACAFE

### D. Descripción del proceso de beneficiado húmedo potencialmente inocuo para el ambiente utilizado en la finca "Las Cruces"

Todas las mediciones de tiempos se realizaron durante una misma corrida del proceso. Las demás mediciones métricas se realizaron durante varias visitas al lugar .

1. La descripción gráfica del proceso se hace por medio de métodos utilizados en Ingeniería Industrial como el Diagrama de Flujo del Proceso y el Diagrama del Recorrido de la Actividad.

2. La medición de consumo de agua se lleva a cabo primero mediante la medición de caudales de entradas y salidas de agua al proceso por medio de la medición de tiempos de llenado para un volumen base; y segundo mediante la medición de los volúmenes totales de los circuitos de recirculación de agua que incluye el proceso. Los circuitos de recirculación de agua se describen de manera gráfica.

3. La medición del consumo de energía eléctrica se lleva a cabo mediante la conversión de la potencia de cada una de las máquinas utilizadas en el proceso a energía eléctrica haciendo uso del tiempo de operación del proceso y los factores de conversión correspondientes.

4. La eficiencia de procesamiento de las máquinas utilizadas, se lleva a cabo mediante la medición de materia prima procesada por cada una en el tiempo de operación correspondiente.

#### **E. Descripción y comparación de tres procesos de beneficiado húmedo que difieren en la manera de eliminar el mucílago del grano**

Se diseñaron los tres procesos que se iban a comparar y se procedió a realizar una corrida de cada uno de ellos.

Los tres procesos que se compararon fueron:

-Proceso de beneficiado húmedo tradicional

-Proceso de beneficiado húmedo al usar desmucilaginado mecánico

-Proceso de beneficiado húmedo al usar desmucilaginado mecánico más fermentación natural.

1. La descripción gráfica de los tres procesos se efectúa de igual manera que en la descripción del beneficiado "Las Cruces"

2. La medición del consumo de agua para los tres procesos se lleva a cabo de igual forma que para el beneficiado "Las Cruces".

3. La medición del consumo de energía eléctrica se lleva a cabo de igual manera que para el beneficiado "Las Cruces".

4. La eficiencia de procesamiento de las máquinas utilizadas se realiza de igual manera que para el beneficiado "Las Cruces".

5. Para determinar la calidad del pergamino se escogió una muestra al azar de cada corrida , de dos libras cada una, y se llevó al Laboratorio de Catación de Anacafé. El tamaño de la muestra se escogió de acuerdo al que el laboratorio de Anacafé requiere para realizar mediciones de calidad del café.

Además, se determinó la calidad del maduro al utilizar una muestra de dos libras de maduro y determinando la composición en peso de la muestra en cuanto a tipos de granos encontrados en ella.



## VI. RESULTADOS

A lo largo del trabajo se hará referencia a los diferentes procesos de la siguiente manera:

Proceso A: Proceso de beneficiado húmedo de café potencialmente inocuo para el medio ambiente, Finca Las Cruces

Proceso 1: Proceso de beneficiado húmedo tradicional de café

Proceso 2: Proceso de beneficiado húmedo de café al utilizar desmucilaginado mecánico

Proceso 3: Proceso de beneficiado húmedo de café al utilizar desmucilaginado mecánico y fermentación natural.

### A. Descripción y resultados del proceso A

#### 1. Diagrama de flujo del proceso

Este diagrama describe todas las operaciones, demoras y transportes que se encuentran actualmente en el proceso.

#### 2. Diagrama de recorrido de la actividad.

Este diagrama muestra la localización donde se lleva a cabo cada componente del Diagrama de Flujo del Proceso

#### 3. Diagramas de circuitos de agua

Se incluyen dos diagramas distintos que corresponden a los dos circuitos de

recirculación de agua que se usan actualmente en el proceso conformados por sistemas de tuberías y bombas. La descripción de las bombas se incluye, luego dentro de la descripción de la maquinaria usada en el proceso.

4. Cálculo de la eficiencia de procesamiento de la maquinaria usada Se incluye una tabla con descripciones de fabricación de la maquinaria. Además se incluye una tabla de cálculo de la eficiencia de procesamiento tomando en cuenta la cantidad de qq. de maduro procesado y el tiempo de operación de cada máquina durante la corrida de producción observada

5. Cálculo del consumo de energía eléctrica del proceso

6. Cálculo de la cantidad de agua utilizada en el proceso

Se incluyen tablas de cálculos para determinar los volúmenes totales de los dos circuitos de recirculación de agua.

7. Otros datos importantes acerca del proceso:

❖ **Tipo de café utilizado:**

Estrictamente duro, variedad Catuaí

❖ **Período de cosecha:**

noviembre a febrero

❖ **Fecha realización de corridas:**

febrero 1998

❖ **Tipo de agua usada:**

Agua de pozo natural, con DQO de 56 ppm

❖ **Capacidad diaria promedio del beneficio:**

500 qq de maduro diario

❖ **Uso de la pulpa:**

La pulpa que se transporta mecánicamente por medio de un tornillo helicoidal desde las despulpadoras hasta las fosas de almacenamiento temporal, se deposita después en fosas donde se deja para su descomposición hasta que se pueda utilizar en los cafetales como fertilizante orgánico.

❖ **Uso de las aguas mieles:**

El fluido que sale de las desmucilagadoras es una mezcla de miel y agua con un DQO de aproximadamente 50,000 ppm. Esta agua se transporta a fosas permeables donde se deja reposando. El agua se evapora o se filtra en el suelo después de un período de tiempo quedando una costra rica en materia orgánica que es reutilizada como fertilizantes en los cultivos. Las aguas mieles nunca tocan fuentes de agua limpia

❖ **Vida útil del agua de recirculación:**

El agua limpia que entra al proceso se utiliza hasta 5 veces o en 5 corridas del proceso normal.

❖ **Manejo de aguas de recirculación:**

Cuando la vida útil del agua llega, se le da el mismo tratamiento que a las aguas mieles.

❖ **Manejo de aguas residuales de clasificación por canal de correteo:**

Estas aguas son utilizadas en el lavado y clasificación del grano recién fermentado y/o desmucilaginado. Esta agua no se recircula, después de ser usada se da el mismo tratamiento que a las aguas mieles



**Diagrama de flujo del proceso A**

<b>PROCESO A:</b>	Beneficiado húmedo potencialmente inocuo para el ambiente Finca Las Cruces
<b>UBICACION:</b>	Guatemala, zona 18
<b>EL DIAGRAMA INICIA EN:</b>	Clasificación del maduro
<b>EL DIAGRAMA TERMINA EN:</b>	Secado del pergamino

Metodo Actual

DISTANCIA (m)	SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	①	Colocar el café maduro ya pesado dentro del sifón lleno de agua
	①	Esperar a que todos los flotes salgan a la superficie Clasificación del maduro en el sifón
	②	Recolectar manualmente los flotes del sifón usando canastos
0.60	➡①	Maduro clasificado a la despedradora
	③	Alimentar los flotes recolectados en el sifón a la despedradora
	④	Despedrado del maduro
3.6	➡②	Maduro libre de piedras y basura a las despulpadoras
	⑤	Recuperación de agua
	⑥	Despulpe del maduro en despulpadoras
5.5	➡③	Transporte de la pulpa a fosa de almacenamiento por medio de un tornillo helicoidal
	⑦	Desmucilaginado mecánico del café despulpado
1.0	➡④	Café desmucilaginado a tanque de clasificación
	⑧	Clasificación del café desmucilaginado por flotación
4.40	➡⑤	Café desmucilaginado y clasificado a pila de fermentación
	⑨	Recuperación de agua
	⑩	Fermentación natural del café desmucilaginado y clasificado durante 17 horas
	⑪	Lavado mecánico del café después de la fermentación
	⑫	Clasificación del grano en canal de correteo
30	➡⑥	A patios de secado al sol
	⑬	Secado del café al sol

**SIGNIFICADO DE LA SIMBOLOGÍA**

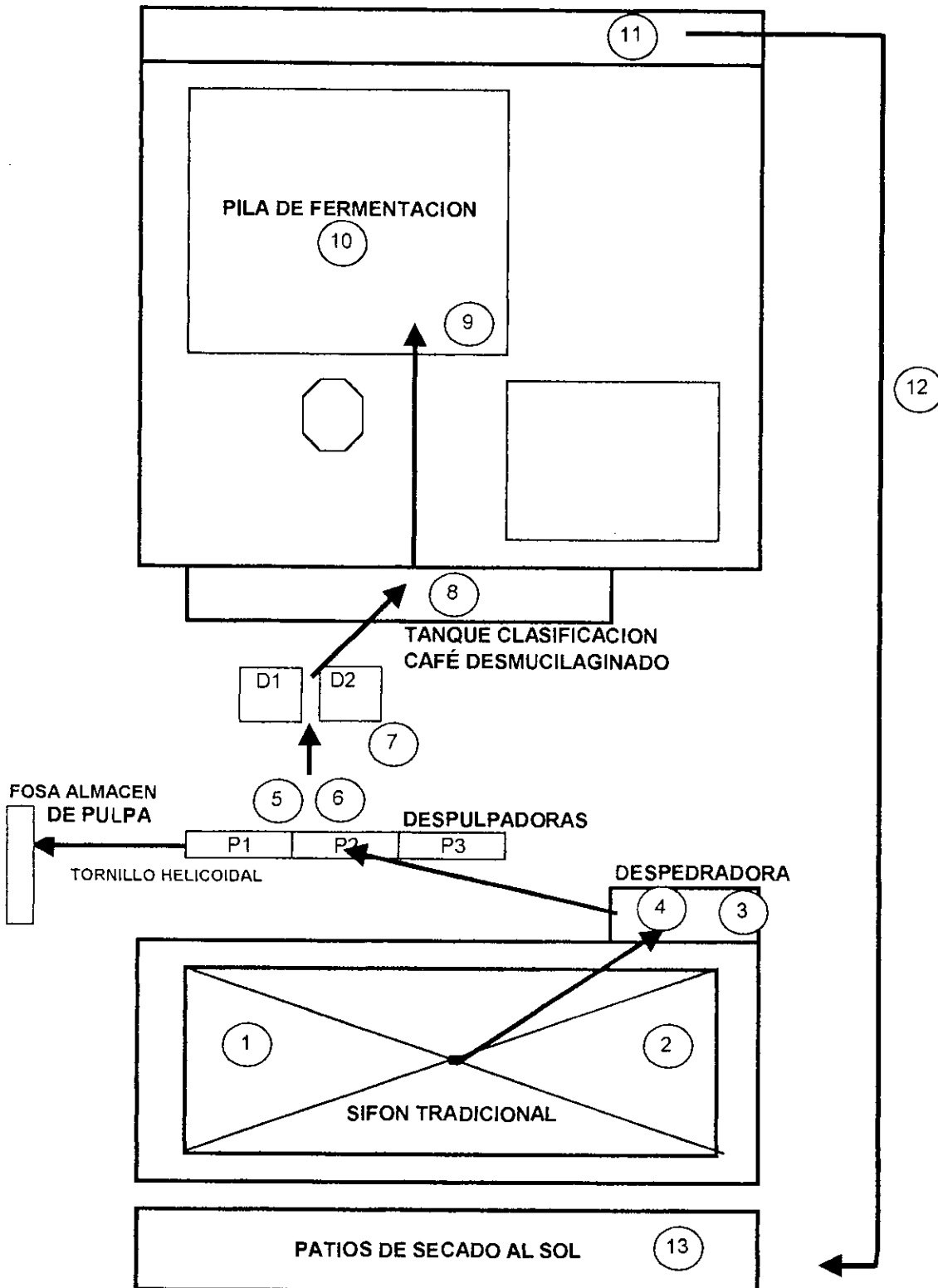
○	OPERACIÓN
D	DEMORA
➡	TRANSPORTE



Gráfica 3.1

Diagrama de recorrido de la actividad proceso A

PROCESO A: Beneficiado húmedo potencialmente inocuo para el ambiente Finca Las Cruces  
UBICACION: Guatemala, zona 18





Gráfica 3.2

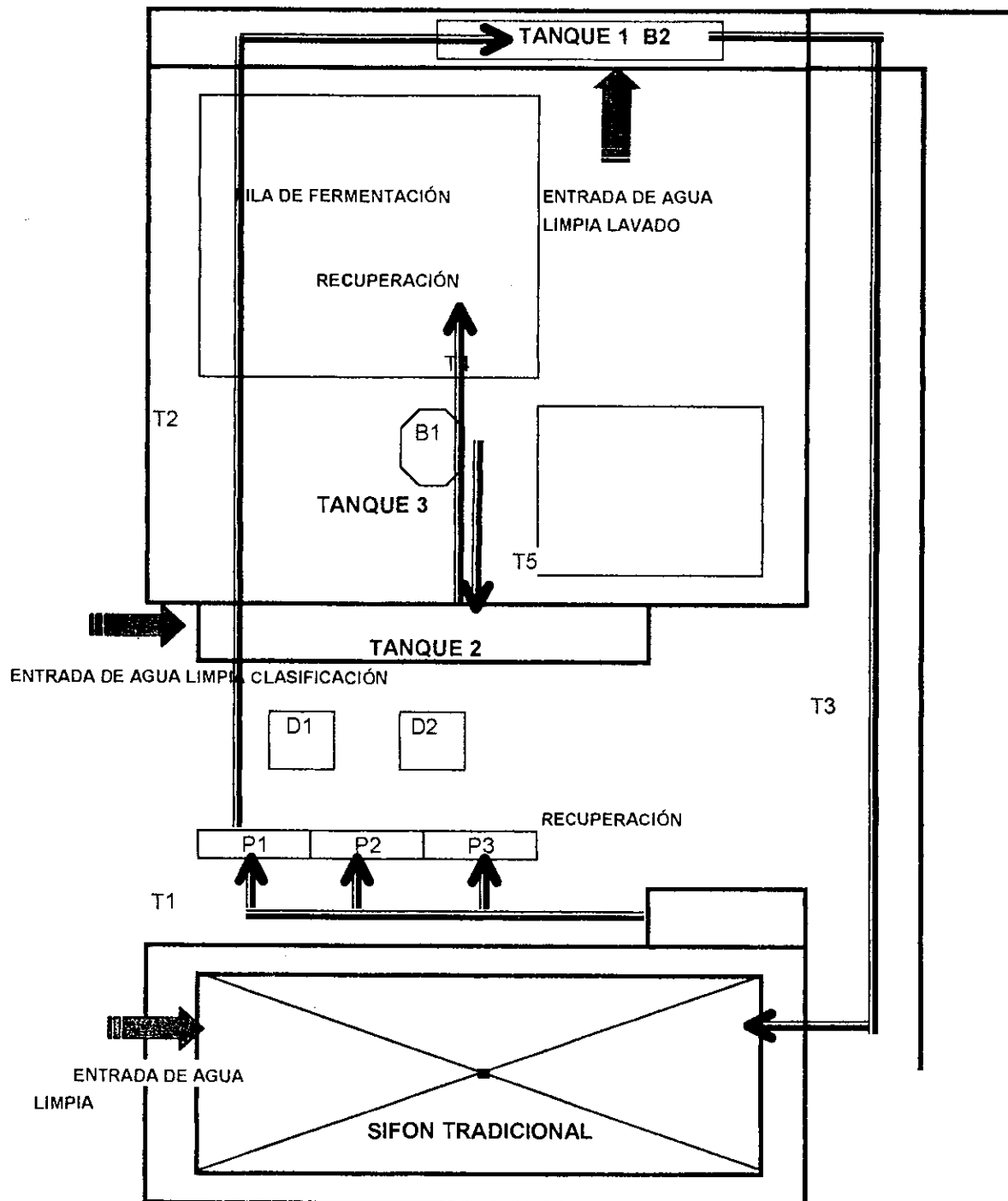
## Diagrama de circuito de agua recirculada proceso A

PROCESO A:

Beneficiado húmedo potencialmente inocuo para el ambiente Finca Las Cruces

UBICACION:

Guatemala, zona 18



T1= TUBERIA 1

T2= TUBERIA 2

T3= TUBERIA 3

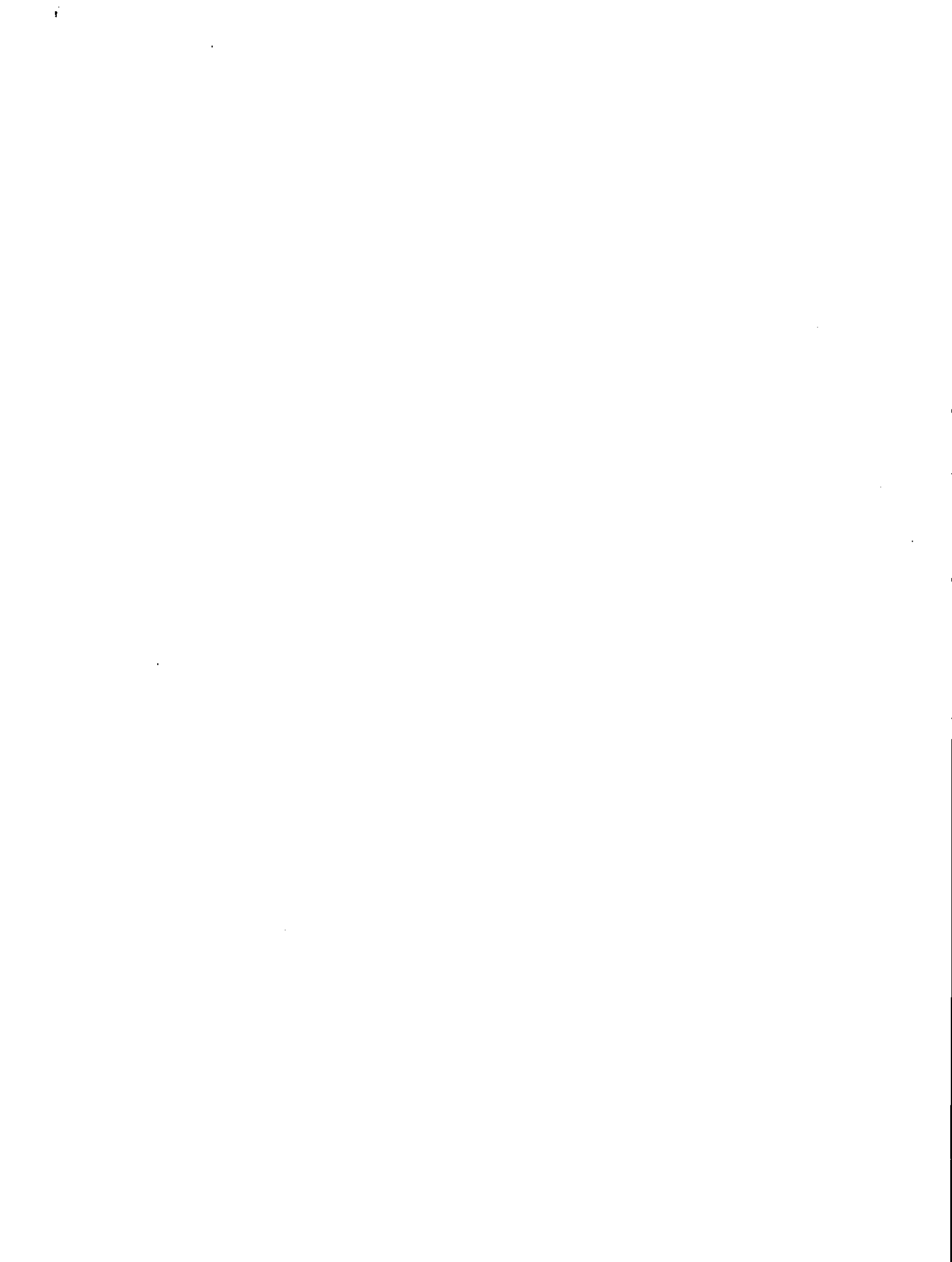
T4= TUBERIA 4

T5= TUBERIA 5

P1,2,3= DESPULPADORAS

B1= BOMBA 1

B2= BOMBA 2

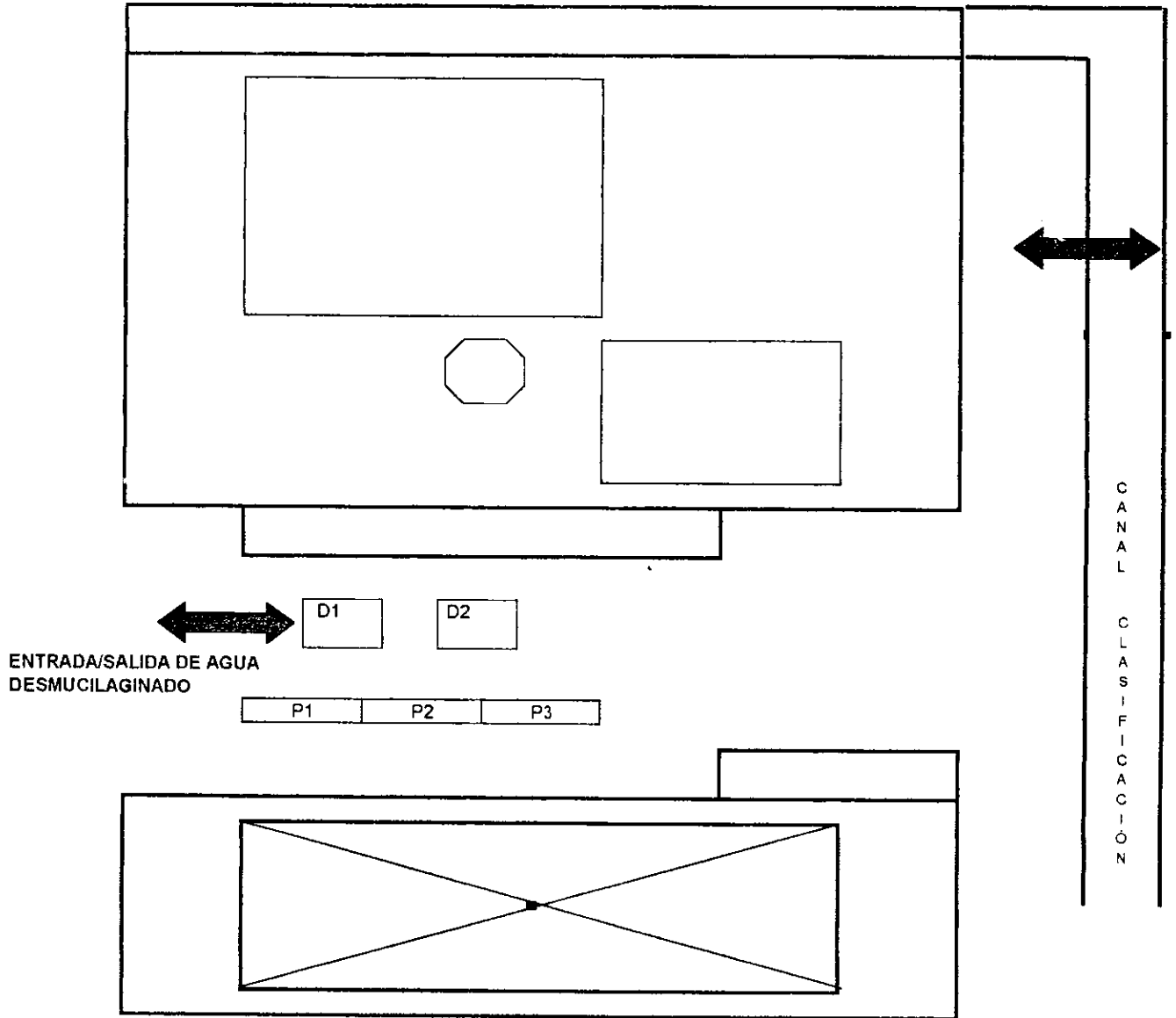


Gráfica 3.3

Diagrama de circuito de agua limpia proceso A

PROCESO A:  
UBICACION:

Beneficiado húmedo Finca Las Cruces  
Guatemala, zona 18



D1,2= DESMUCILAGINADORAS

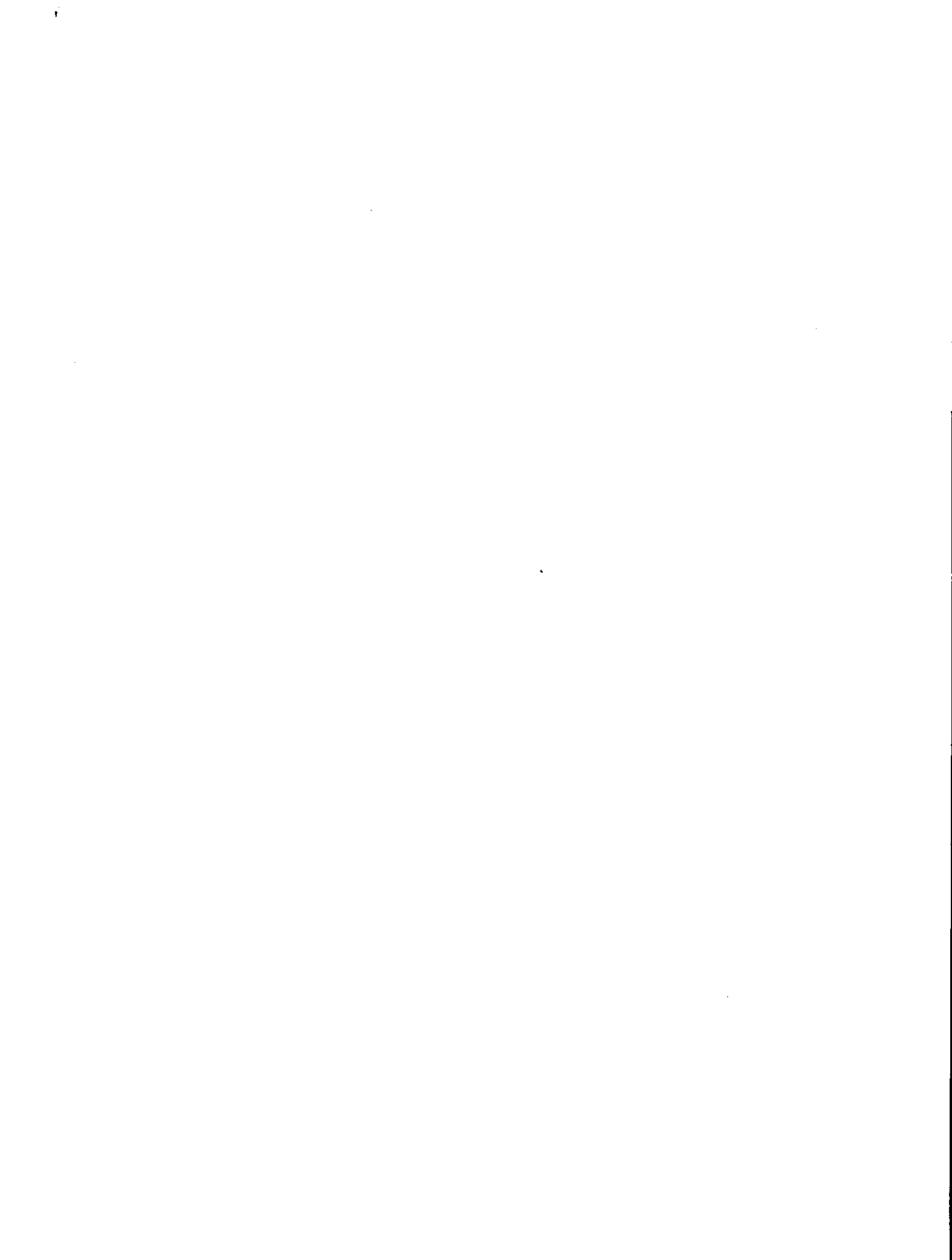


Tabla 3.2

Descripción maquinaria utilizada en proceso A

SIMBOLO	TIPO MAQUINA	CANTIDAD MAQUINAS USADAS	MARCA/ MODELO	POTENCIA (HP)	CAPACIDAD ESP. FABRICANTE (qq maduro/hr)	USD
P1,P2,P3	PULPERO	3	FIMAR #8	1.5	40	
D1,D2	DESMUCILAGINADOR	2	FIMAR DV66	5	66	Eliminación pulpa café maduro
B1	BOMBA PARA AGUA	1	STA-RITE	1/3		Eliminación mucilago en café
B2	BOMBA PARA AGUA	1	TOPRE GKTO3	10		Recirculación agua
	MOTOR PARA	1		5		Recirculación agua y lavado mecánico del grano
	TORNILLO HELICOIDAL	1				Movimiento tornillo sin fin para transporte mecánico de pulpa

Tabla 3.3

Cantidad de energía eléctrica utilizada en proceso A

SIMBOLO	TIPO MAQUINA	POTENCIA POR MAQUINA (HP)	DURACION PROCESO (hr)	POTENCIA POR MAQUINA (kw)	ENERGIA ELECTRICA POR MAQUINA (kw-hr)	CANTIDAD MAQUINAS USADAS	POTENCIA TOTAL (HP)	ENERGIA ELECTRICA TOTAL (kw-hr)	DURACION PROCESO (hggmaduro)	ENERGIA ELECTRICA TOTAL (kw-h/ggmad)
P1,P2,P3	PULPERO	1.5	0.82	1.12	0.92	3	4.5	2.75	0.01	0.04
D1,D2	DESMUCILAGINADOR	5	0.88	3.73	3.28	2	10	6.56	0.01	0.10
B1	BOMBA PARA AGUA	1/3	0.95	0.25	0.24	1	1/3	0.24	0.01	0.00
B2	BOMBA PARA AGUA	10	0.95	7.46	7.08	1	10	7.08	0.01	0.11
	MOTOR	5	0.95	3.73	3.54	1	5	3.54	0.01	0.05
	TOTAL	21.83		16.28	15	8	29.83	20.18		0.31

Tabla 3.4

Eficiencia de procesamiento de la maquinaria proceso A

SIMBOLO	TIPO MAQUINA	TIEMPO DE OPERACION (hrs)	CANTIDAD DE MADURO PROCESADO (qq = Quintales)	CAPACIDAD PROCESAMIENTO (gg/hr)	CANTIDAD MAQUINAS EMPLEADAS	CAPACIDAD POR MAQUINA (gg/hr)	CAPACIDAD ESP. FABRICANT	EFICIENCIA DE PROCESAMIENTO
P1,P2,P3	PULPERO	0.82	65	79	3	26	40	66%
D1,D2	DESMUCILAGINADOR	0.88	65	74	2	37	66	56%



Tabla 3.5

Cálculo de consumo de agua proceso A

CIRCUITO 1 (RECIRCULACIÓN)

	DIMENSIONES (m)		% TUBERIA LLENA	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (L/qq maduro)
	ANCHO	ALTO				
SIFON				36.44	36,444	561
TUBERIA 1	3.80	0.12	0.33	0.01	14	0
TUBERIA 2	14.24	0.12	6.00	0.97	966	15
TUBERIA 3	13.49	0.12	1	0.15	153	2
TANQUE 1	2	0.5	1	1.20	1,200	18
TUBERIA 4	3.73	0.12	0.33	0.01	14	0
TUBERIA 5	3.73	0.12	0.33	0.01	14	0
TANQUE 2	2.65	0.5	1	1.72	1,723	27
TANQUE 3	1.63	0.9	1	2.39	2,391	37

	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	TIEMPO PROMEDIO LLENADO VOL. BASE (h)*	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO OPERACION (h)	CONSUMO AGUA (L/qq maduro)	CONSUMO AGUA (L/Kg pergamino)
LAVADO MECÁNICO	0.16	0.18	0.003	0.003	1.25	0.55	690	1.05
* VER ANEXO PARA CALCULO DE TIEMPO PROMEDIO DE LLENADO							10.62	

TOTAL VOLUMEN RECIRCULADO (L)

43,609  
671

L/qq maduro

CIRCUITO 2 (PÉRDIDA DE AGUA)

	DIMENSIONES (m)		TIEMPO PROMEDIO LLENADO VOL. BASE (h)*	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO OPERACION (h)	CONSUMO AGUA (m <sup>3</sup> )	CONSUMO AGUA (L)	NÚMERO MAQUINAS	CONSUMO TOTAL AGUA (L)	CONSUMO AGUA (gal/min)	CONSUMO AGUA POR MAQUINA ESPEC. FABRICANTE (gal/min)
	ANCHO	ALTO									
DESMEJILAGINADO	0.16	0.18	0.003	1.25	0.88	1.10	1,104	2	2,208	11.0	5.5
TOTAL							33.97				2.3

CLASIFICACIÓN POR CANAL	DIMENSIONES (m)		TIEMPO PROMEDIO LLENADO VOL. BASE (h)*	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO OPERACION (h)	CONSUMO AGUA (m <sup>3</sup> )	CONSUMO AGUA (L/qq maduro)
	ANCHO	ALTO					
	30.0	0.60	0.40	0.60	2.26	2,262	35

TOTAL VOLUMEN PERDIDO (L)

4,470  
69

L/qq maduro

TOTAL VOLUMEN CONSUMIDO (L)

48,079  
740

L/qq maduro



Gráfica 3.4

Consumo de agua proceso A

CIRCUITO 1

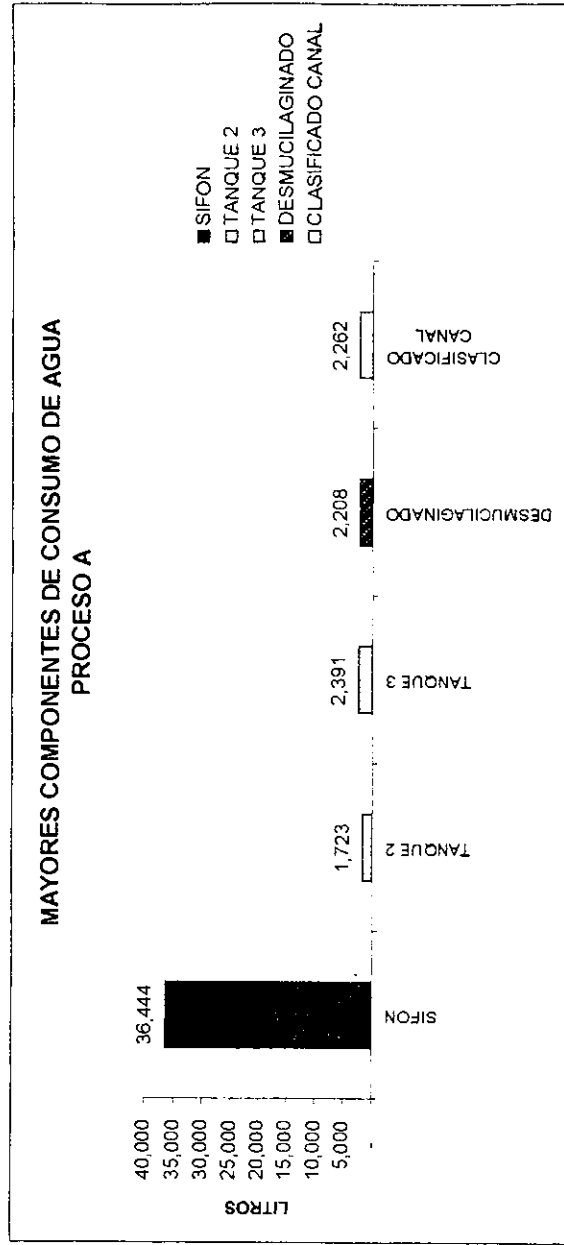
	LITROS	L/qq MADURO
SIFON	36,444	561
TUBERIA 1	14	0
TUBERIA 2	966	15
TUBERIA 3	153	2
TANQUE 1	1,200	18
TUBERIA 4	14	0
TUBERIA 5	14	0
TANQUE 2	1,723	27
TANQUE 3	2,391	37
LAVADO	690	11
LAVADO (L/kg perig)		1.06

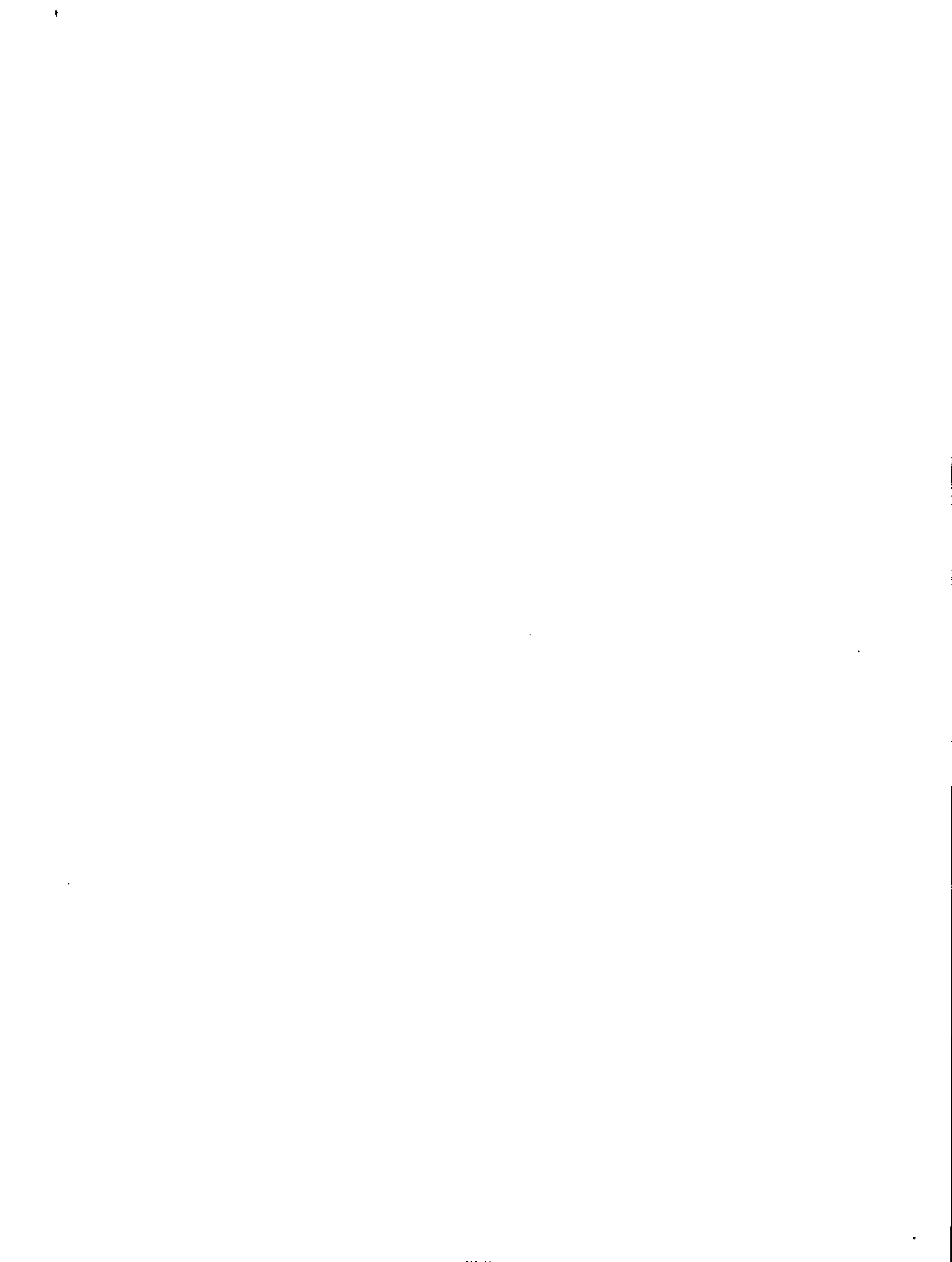
CIRCUITO 2

	gall/min	ESPEC. FABRICAN TE (gal/min)
DESMUCILAGINADO	2,208	34
CLASIFICADO CANAL	2,262	35

TOTAL 48,079 740

	L/qq mad.	L/qq seco
BENEFICIADO LAS CRUCES	203	910
BENEFICIADO TRADICIONAL	740	3,320





## **B. Descripción y resultados de procesos 1, 2 y 3**

Los tres procesos se diseñaron con base en la infraestructura del beneficio Las Cruces. Los respectivos diagramas explican qué partes del proceso original del beneficio se utilizaron y cuales se eliminaron.

En los tres procesos se eliminó, tanto el uso del sifón y del tanque de clasificación para evitar que se quedara grano atrapado en cualquiera de los contenedores, lo cual hubiera distorsionado los resultados de la relación maduro/pergamino. El maduro se alimentó directamente a las despulpadoras en forma manual.









1. Diagrama de flujo del proceso
2. Diagrama de recorrido de la actividad
3. Diagramas de circuitos de agua
4. Cálculo de la eficiencia de procesamiento de la maquinaria usada
5. Cálculo del consumo de energía eléctrica del proceso
6. Cálculo de la cantidad de agua utilizada en el proceso
7. Descripción de la calidad del maduro
8. Cálculo del rendimiento maduro/pergamino para cada proceso






Tabla 3.6

## Diagrama de flujo del proceso 1

PROCESO 1:	Beneficiado húmedo tradicional
UBICACION:	Guatemala, zona 18
EL DIAGRAMA INICIA EN:	Alimentación del maduro para despulpe
EL DIAGRAMA TERMINA EN:	Secado del pergamino

DISTANCIA (m)	SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
		Alimentar el café maduro ya pesado directamente a las despulpadoras
		Despulpe del maduro en despulpadoras
3.0		Café despulpado a pila de fermentación
		Fermentación natural durante 18 hrs
4.0		Transporte de pulpa a fosa de almacenamiento por medio de tornillo helicoidal
		Lavado manual después de la fermentación
18.5		A patios de secado al sol
		Secado al sol

## SIGNIFICADO DE LA SIMBOLOGÍA

	OPERACIÓN
	DEMORA
	TRANSPORTE

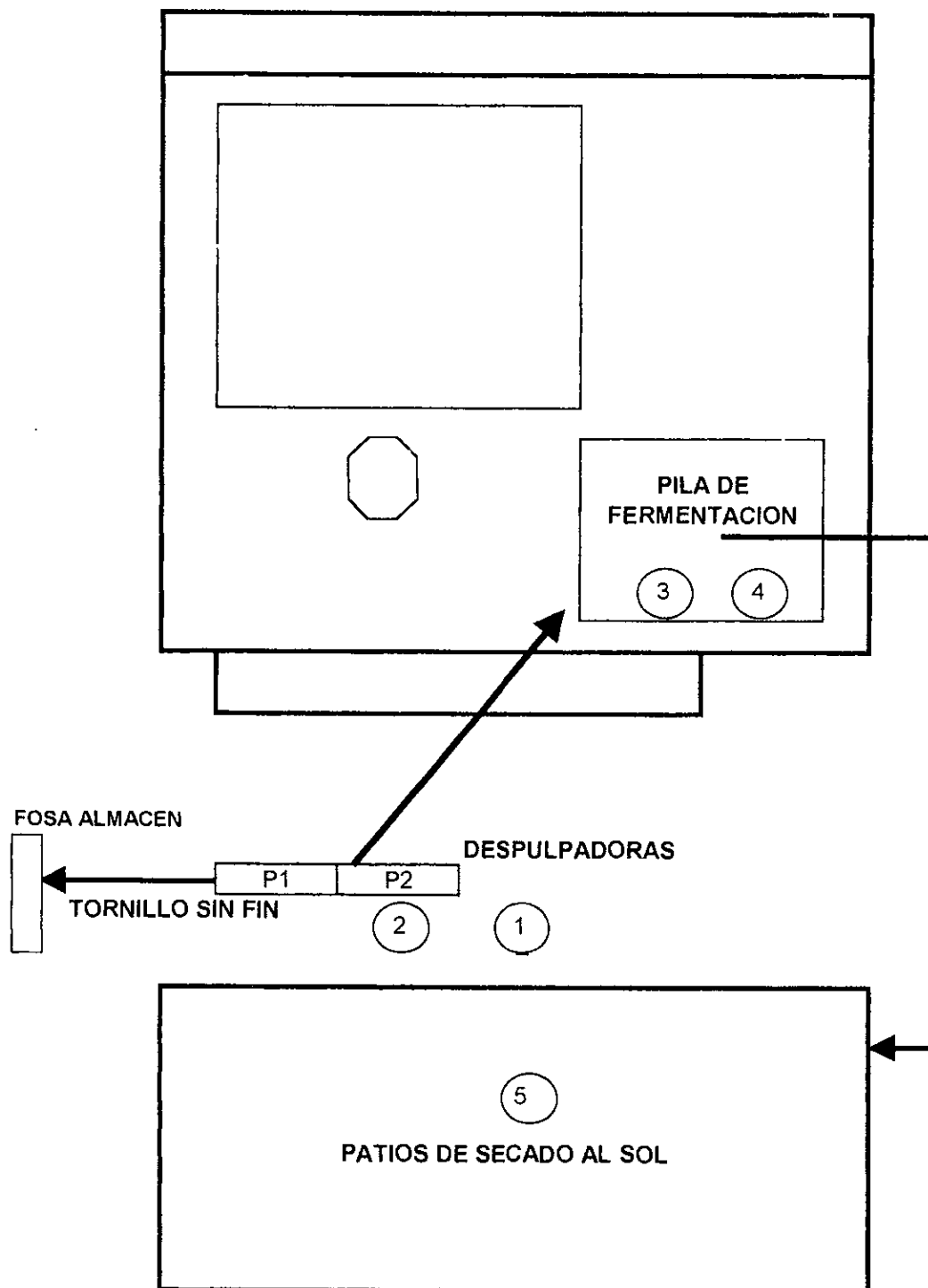


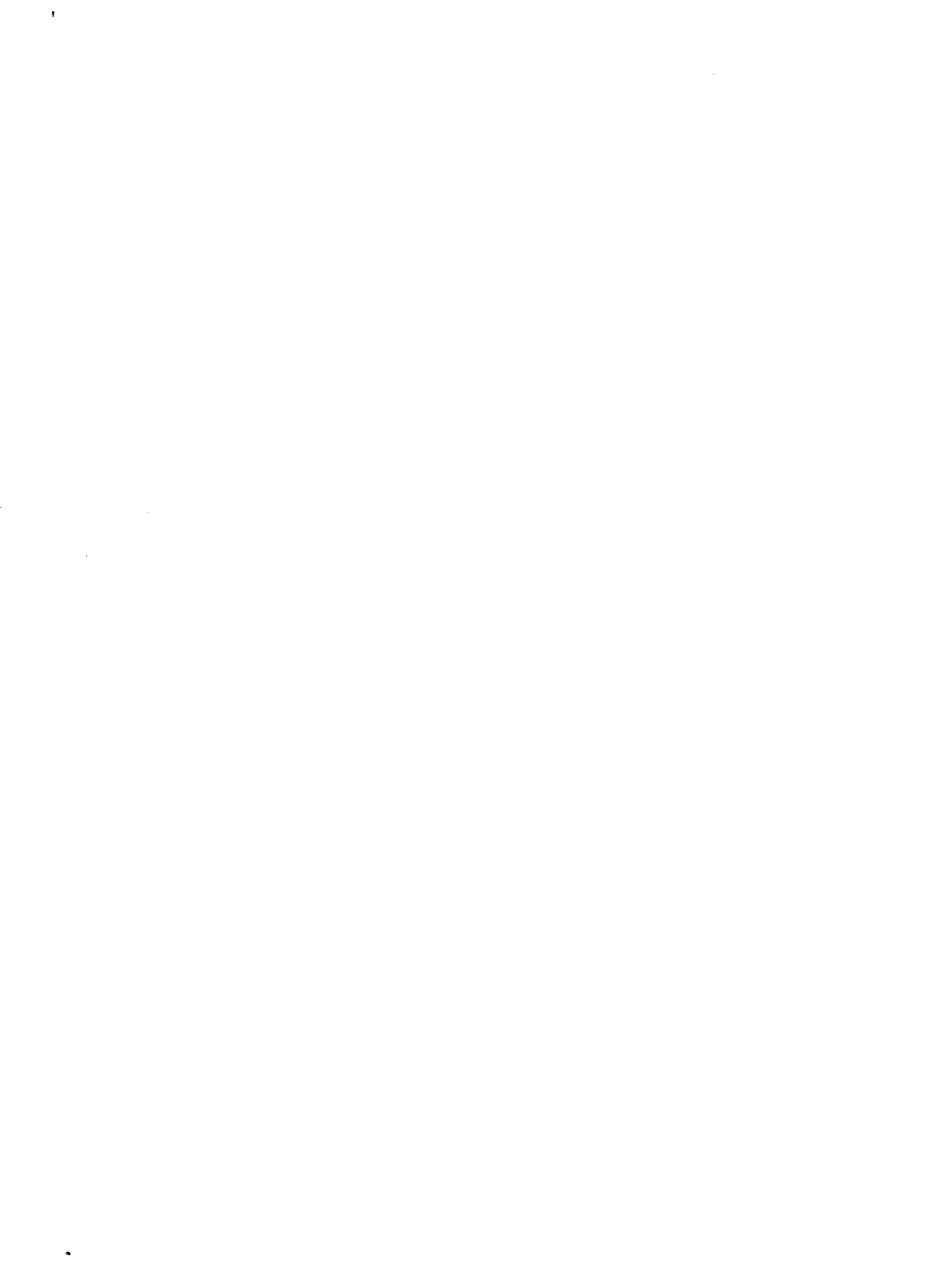
Gráfica 3.5

## Diagrama de recorrido de la actividad proceso 1

PROCESO 1:  
UBICACION:

Beneficiado húmedo tradicional  
Guatemala, zona 18



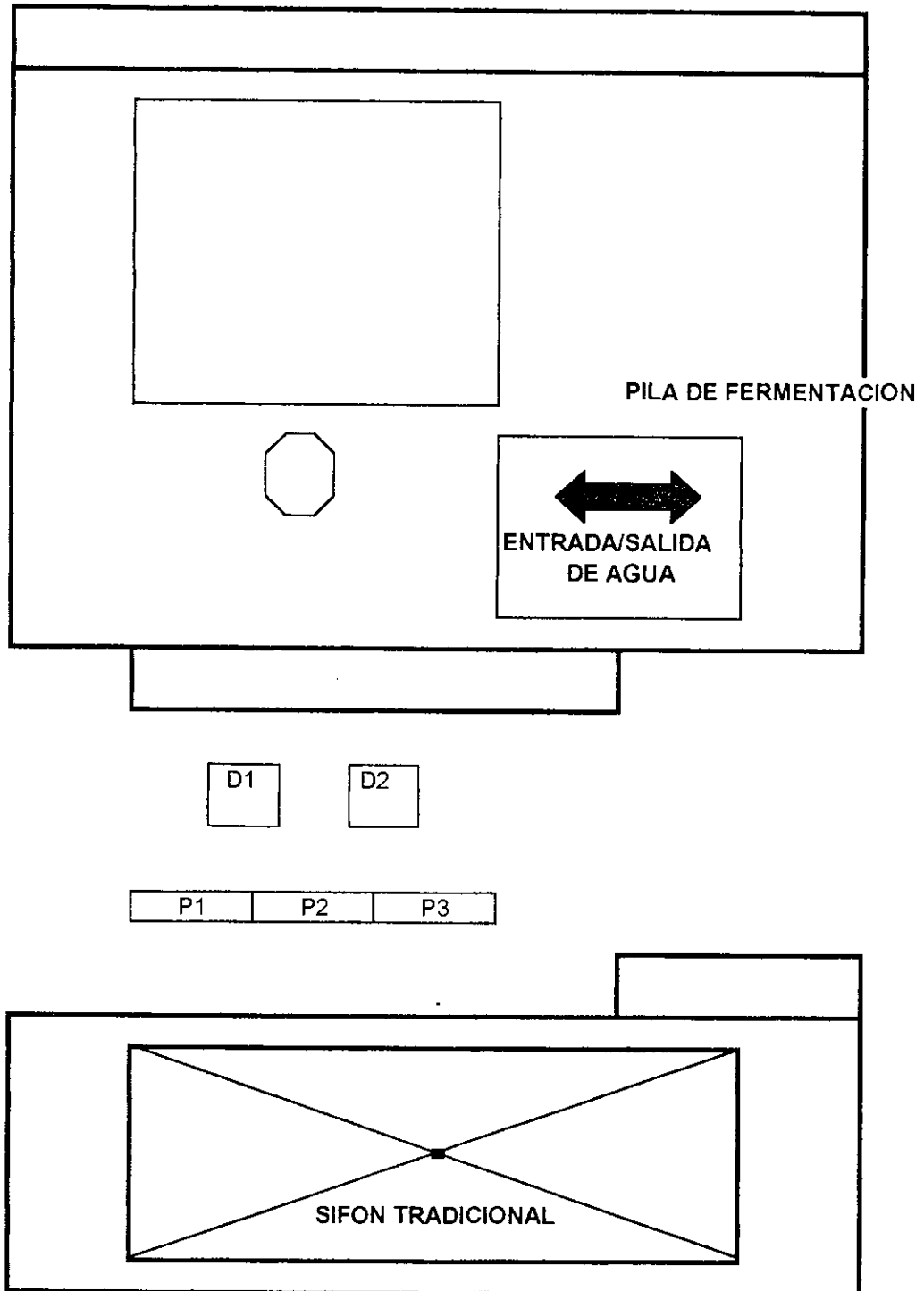


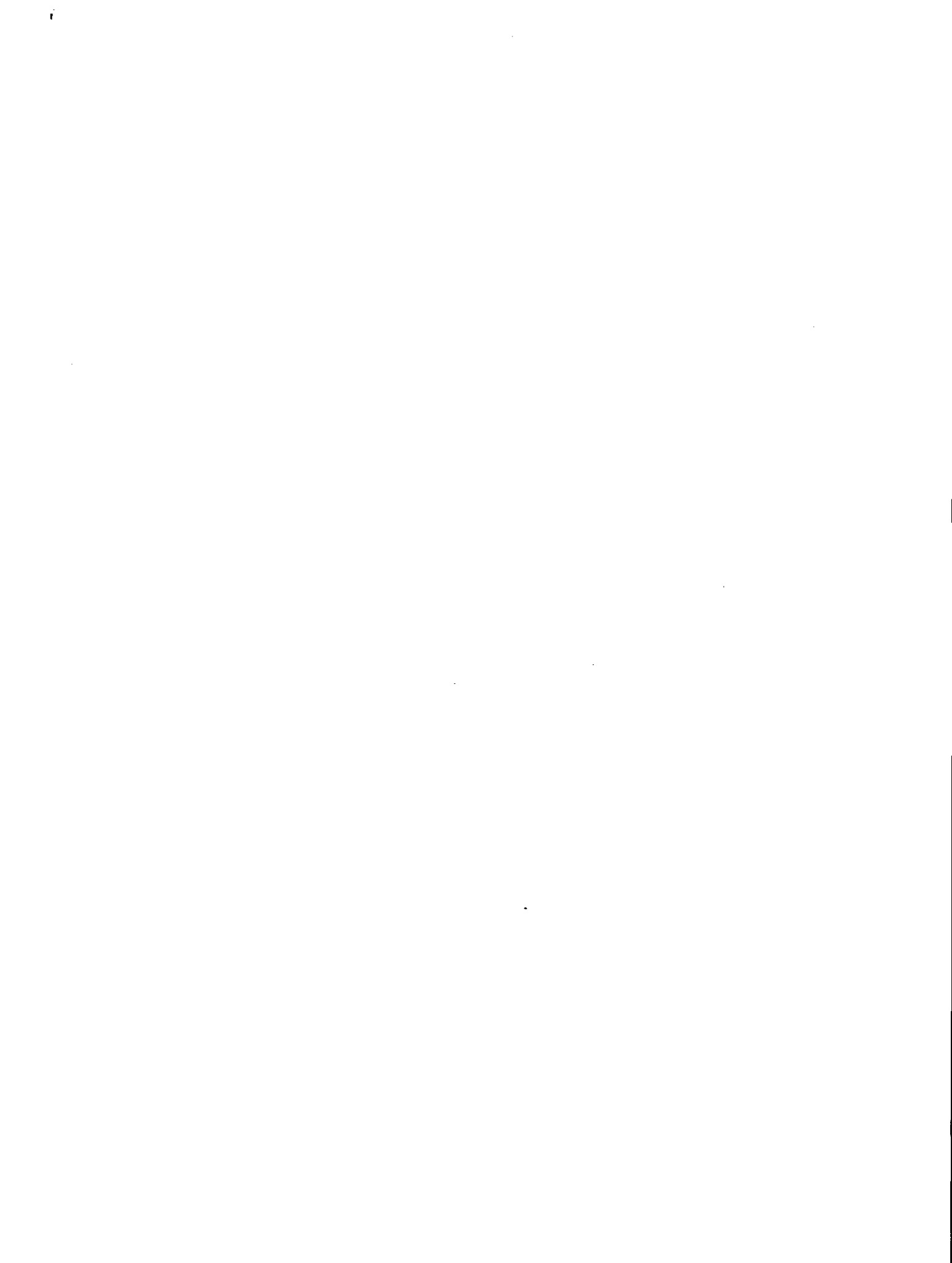
Gráfica 3.6

## Diagrama de uso de agua proceso 1

PROCESO 1:  
UBICACION:

Beneficiado húmedo tradicional  
Guatemala, zona 18











**Diagrama de flujo del proceso 2**

PROCESO 2:	Beneficiado húmedo al usar desmucilaginado mecánico
UBICACION:	Guatemala, zona 18
EL DIAGRAMA INICIA EN:	Alimentación del maduro para despulpe
EL DIAGRAMA TERMINA EN:	Secado del pergamino

Metodo Actual

DISTANCIA (m)	SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
		Alimentar el café maduro ya pesado directamente a las despulpadoras
		Despulpe del maduro en despulpadoras
5.5		Transporte de pulpa a fosa de almacenamiento por medio del tornillo helicoidal
		Desmucilaginado mecánico del café despulpado
17		A patios de secado al sol
		Secado al sol

SIGNIFICADO DE LA SIMBOLOGÍA




	OPERACIÓN
	DEMORA
	TRANSPORTE



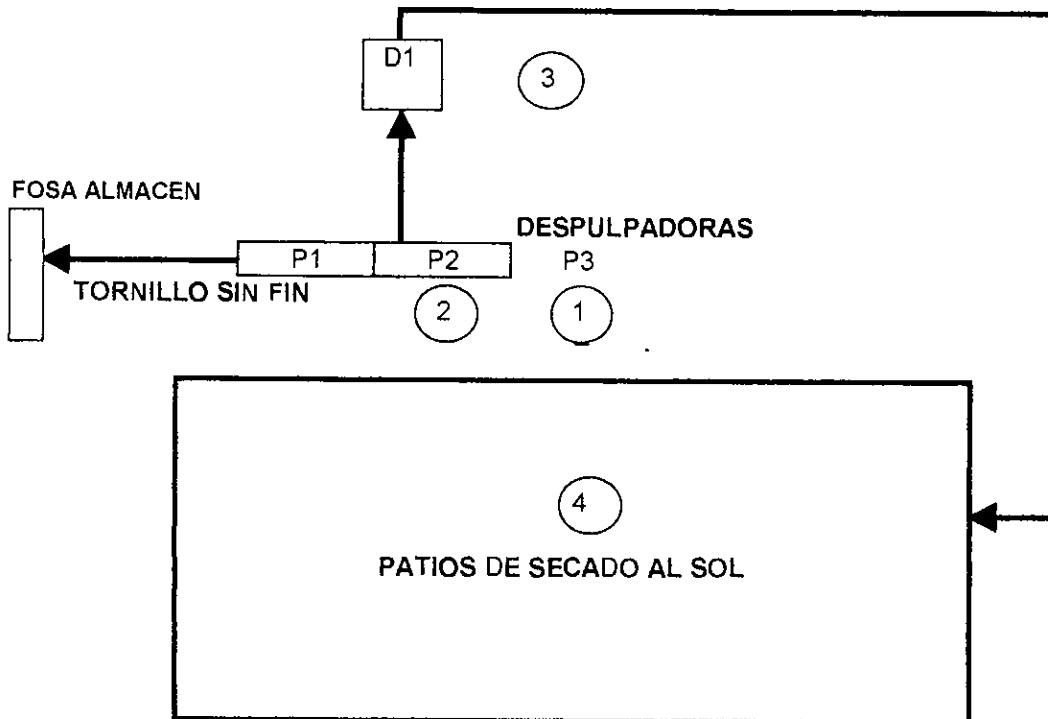
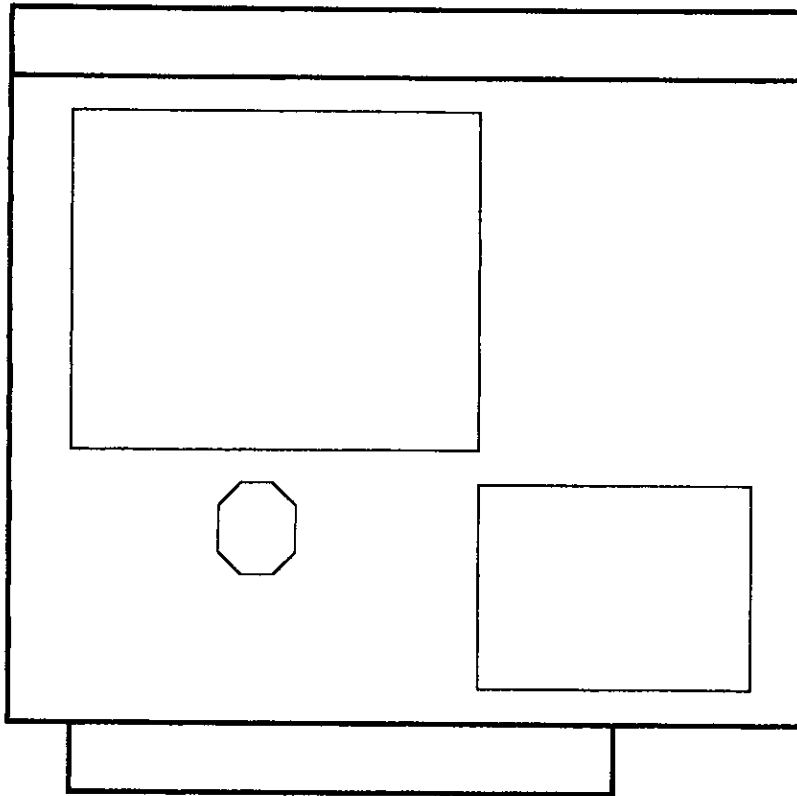
Diagrama de recorrido de la actividad proceso 2

PROCESO 2:

Beneficiado húmedo al usar desmucilaginado mecánico

UBICACION:

Guatemala, zona 18





Gráfica 3.8

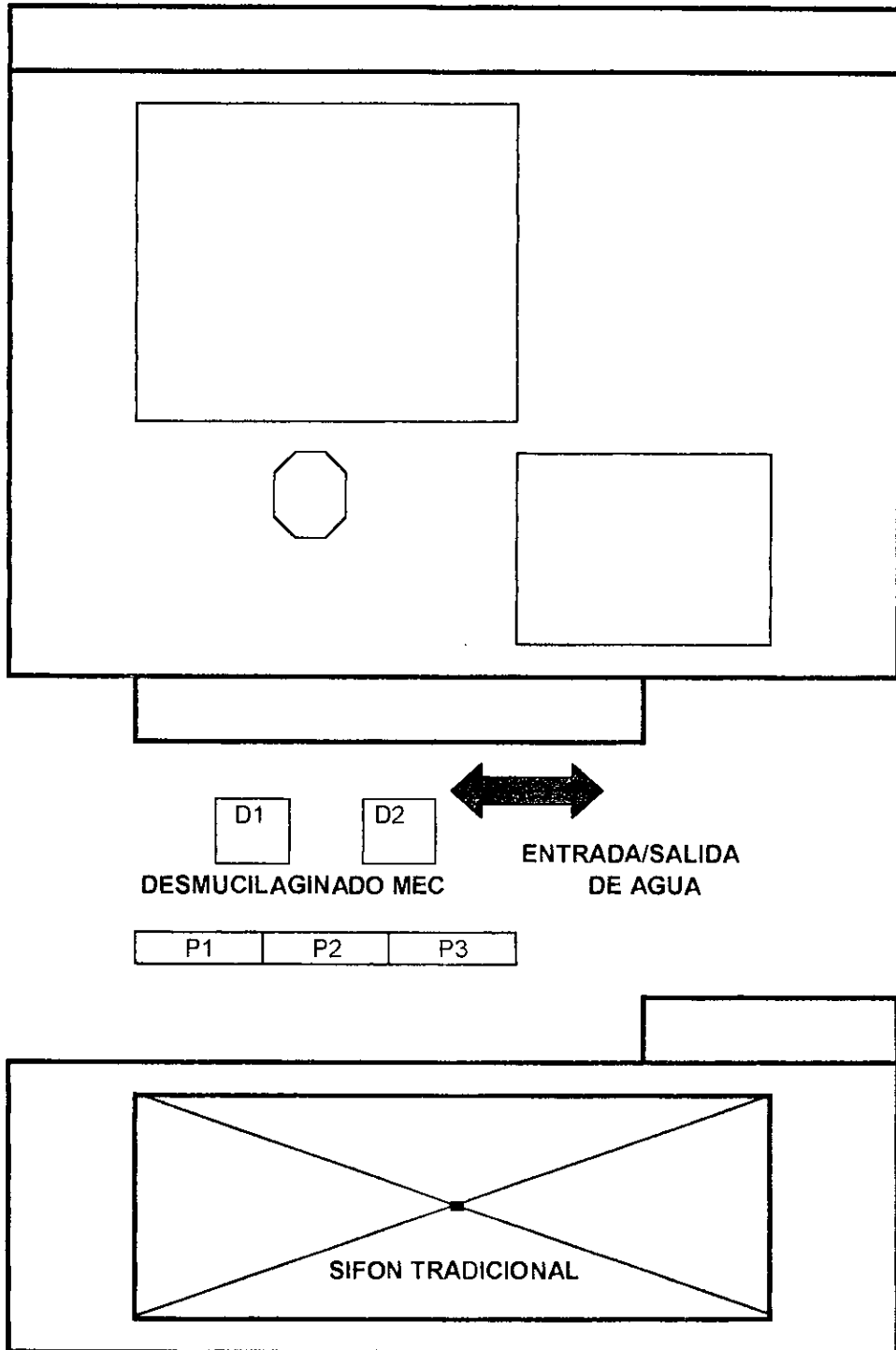
Diagrama de uso de agua proceso 2

PROCESO 2:

Beneficiado húmedo al usar desmucilaginado mecánico

UBICACION:

Guatemala, zona 18





**Diagrama de flujo del proceso 3**

<b>PROCESO 3:</b>	Beneficiado húmedo al usar desmucilaginado y fermentación
<b>UBICACION:</b>	Guatemala, zona 18
<b>EL DIAGRAMA INICIA EN:</b>	Alimentación del maduro para despulpe
<b>EL DIAGRAMA TERMINA EN:</b>	Secado del pergamino

DISTANCIA (m)	SIMBOLOS	DESCRIPCION DEL PROCESO
	①	Alimentar el café maduro ya pesado directamente a las despulpadoras
	②	Despulpe del maduro en despulpadoras
5.5	➡ 1	Transporte de pulpa a fosa de almacenamiento por medio de tornillo helicoidal
	③	Desmucilaginado mecánico
1.5	➡ 2	A pila de fermentación
	④	Fermentación natural durante 12 hrs.
	⑤	Lavado manual después de la fermentación
18.5	➡ 3	A patios de secado al sol
	⑥	Secado al sol

**SIGNIFICADO DE LA SIMBOLOGÍA**

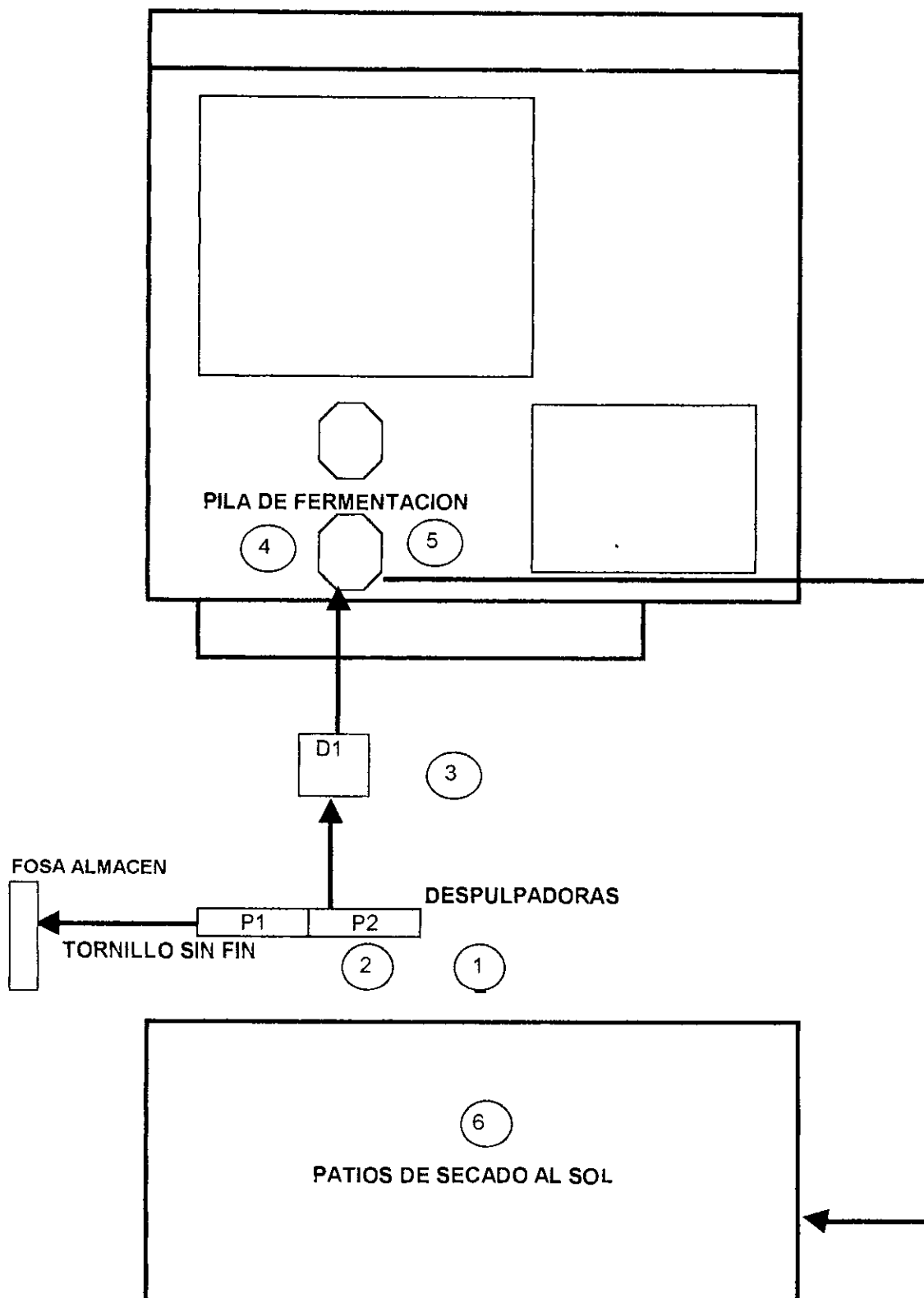
○	OPERACIÓN
⌒	DEMORA
➡	TRANSPORTE



### Diagrama de recorrido de la actividad proceso 3

PROCESO 3:  
UBICACION:

Beneficiado húmedo al usar desmucilaginado y fermentación  
Guatemala, zona 18





Gráfica 3.10

Diagrama de uso de agua proceso 3

PROCESO 3:  
UBICACION:

Beneficiado húmedo al usar desmucilaginado y fermentación  
Guatemala, zona 18

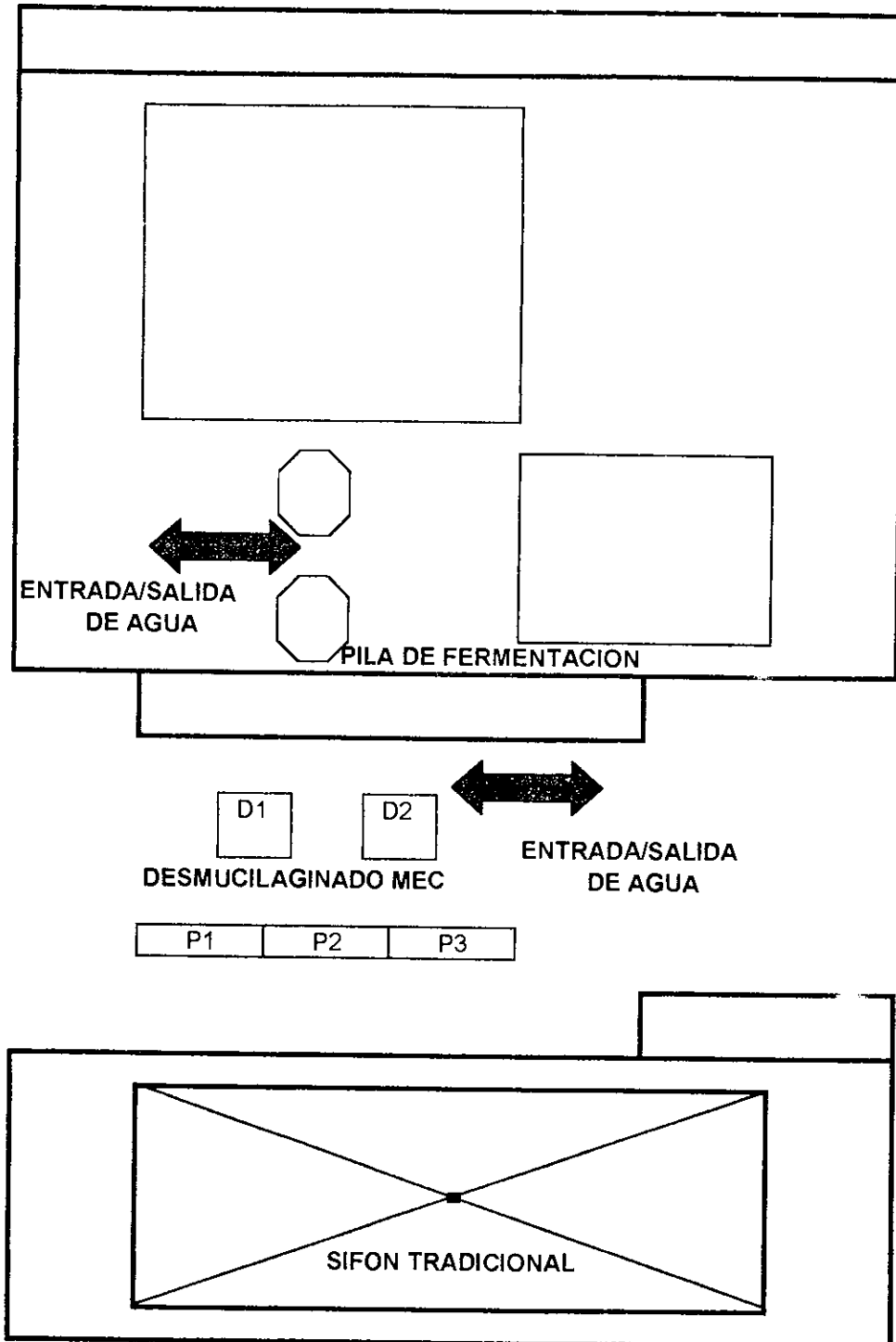




Tabla 3.9

Maquinaria utilizada en procesos 1, 2 y 3

TIPO MAQUINA	CANTIDAD MAQUINAS USADAS		
	PROCESO 1	PROCESO 2	PROCESO 3
PULPERO	2	2	2
DESMUCILAGINADOR	0	1	1
B.1	0	0	0
B.2	0	0	0
MOTOR TORNILLO	1	1	1

Tabla 3.10

Eficiencia de procesamiento de la maquinaria procesos 1, 2 y 3

PROCESO

SIMBOLO	TIPO MAQUINA	TIEMPO DE OPERACION (hrs)	CANTIDAD DE MADURO PROCESADO (qq. =Quintales)	CAPACIDAD PROCESAMIENTO (qq/hr)	CANTIDAD MAQUINAS USADAS	CAPACIDAD POR MAQUINA (qq/hr)	CAPACIDAD ESP. FABRICANTE (qq maduro/hr)	EFICIENCIA DE PROCESAMIENTO
P1,P2	PULPERO	0.35	20	57	2	29	40	71%

PROCESO 2

SIMBOLO	TIPO MAQUINA	TIEMPO DE OPERACION (hrs)	CANTIDAD DE MADURO PROCESADO (qq. =Quintales)	CAPACIDAD PROCESAMIENTO (qq/hr)	CANTIDAD MAQUINAS USADAS	CAPACIDAD POR MAQUINA (qq/hr)	CAPACIDAD ESP. FABRICANTE (qq maduro/hr)	EFICIENCIA DE PROCESAMIENTO
P1,P2	PULPERO	0.35	20	57	2	29	40	71%
D1	DESMUCILAGINADOR	0.41	20	49	1	49	66	74%

PROCESO 3

SIMBOLO	TIPO MAQUINA	TIEMPO DE OPERACION (hrs)	CANTIDAD DE MADURO PROCESADO (qq. =Quintales)	CAPACIDAD PROCESAMIENTO (qq/hr)	CANTIDAD MAQUINAS USADAS	CAPACIDAD POR MAQUINA (qq/hr)	CAPACIDAD ESP. FABRICANTE (qq maduro/hr)	EFICIENCIA DE PROCESAMIENTO
P1,P2	PULPERO	0.39	20	51	2	26	40	64%
D1	DESMUCILAGINADOR	0.43	20	47	1	47	66	70%

PROMEDIO

SIMBOLO	TIPO MAQUINA	CAPACIDAD POR MAQUINA (qq/hr)	CAPACIDAD ESP. FABRICANTE (qq maduro/hr)	EFICIENCIA DE PROCESAMIENTO
P1,P2,P3	PULPERO	27	40	68%
D1,D2	DESMUCILAGINADOR	44	66	67%



Tabla 3.11

Cantidad de energía eléctrica utilizada en procesos 1, 2 y 3

PROCESO 1

SÍMBOLO	TIPO MAQUINA	POTENCIA POR MAQUINA (HP)	DURACION PROCESO (hr)	POTENCIA POR MAQUINA (KW)	ENERGIA ELÉCTRICA POR MAQUINA (KW-hr)	CANTIDAD MAQUINAS UTILIZADAS	POTENCIA TOTAL (HP)	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-h)	DURACION PROCESO (hrs)	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-hrgmad)
P1 P2 P3	PULPERO	1.5	0.35	1.12	0.39	2	3	1.17	0.02	0.04
D1 D2	DESMULCILAGINADOR	5	0	3.73	-	0	0	-	-	0.00
B1	BOMBA PARA AGUA	1/3	-	0.23	-	0	0	-	-	0.00
B2	BOMBA PARA AGUA	10	-	7.46	-	0	0	-	-	0.00
	MOTOR	5	0.41	3.73	1.53	1	5	1.53	0.02	0.08
	TOTAL	21.83		16.28		2	3	2.70		0.12

PROCESO 2

SÍMBOLO	TIPO MAQUINA	POTENCIA POR MAQUINA (HP)	DURACION PROCESO (hr)	POTENCIA POR MAQUINA (KW)	ENERGIA ELÉCTRICA POR MAQUINA (KW-hr)	CANTIDAD MAQUINAS USADAS	POTENCIA TOTAL (HP)	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-h)	DURACION PROCESO (hrs)	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-hrgmad)
P1 P2 P3	PULPERO	1.5	0.35	1.12	0.39	2	3	0.78	0.02	0.04
D1 D2	DESMULCILAGINADOR	5	0.41	3.73	1.53	1	5	1.53	0.02	0.08
B1	BOMBA PARA AGUA	1/3	-	0.25	-	0	0	-	-	0.00
B2	BOMBA PARA AGUA	10	-	7.46	-	0	0	-	-	0.00
	MOTOR	5	0.42	3.73	1.57	1	5	1.57	0.02	0.08
	TOTAL	21.83		16.28	3.49	4	13.00	3.88		0.19

PROCESO 3

SÍMBOLO	TIPO MAQUINA	POTENCIA POR MAQUINA (HP)	DURACION PROCESO (hr)	POTENCIA POR MAQUINA (KW)	ENERGIA ELÉCTRICA POR MAQUINA (KW-hr)	CANTIDAD MAQUINAS USADAS	POTENCIA TOTAL (HP)	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-h)	DURACION PROCESO (hrs)	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-hrgmad)
P1 P2 P3	PULPERO	1.5	0.39	1.12	0.44	2	3	0.87	0.02	0.04
D1 D2	DESMULCILAGINADOR	5	0.43	3.73	1.60	1	5	1.60	0.02	0.08
B1	BOMBA PARA AGUA	1/3	-	0.25	-	0	0	-	-	0.00
B2	BOMBA PARA AGUA	10	-	7.46	-	0	0	-	-	0.00
	MOTOR	5	0.45	3.73	1.68	1	5	1.66	0.02	0.08
	TOTAL	21.83		16.28	3.72	4	13.00	4.15		0.21

PROCESO 4

SÍMBOLO	TIPO MAQUINA	POTENCIA POR MAQUINA (HP)	DURACION PROCESO (hr)	POTENCIA POR MAQUINA (KW)	ENERGIA ELÉCTRICA POR MAQUINA (KW-hr)	CANTIDAD MAQUINAS USADAS	POTENCIA TOTAL (HP)	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-h)	DURACION PROCESO (hrs)	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-hrgmad)
P1 P2 P3	PULPERO	1	0.51	0.75	0.38	2	2	0.76	0.02	0.02
D1 D2	DESMULCILAGINADOR	5	0.87	3.73	-	1	5	-	-	0.08
B1	BOMBA PARA AGUA	1/3	-	0.25	-	0	0	-	-	0.00
B2	BOMBA PARA AGUA	10	-	7.46	-	1	10	-	0.02	0.15
	MOTOR	5	0.88	3.73	2.54	1	5	2.54	0.02	0.07
	TOTAL	21.33		15.91	2.92	5	22.00	3.30		0.33

TOTALES

SÍMBOLO	TIPO MAQUINA	ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-h)						ENERGIA ELÉCTRICA TOTAL (KW-hrgmad)		
		PROCESO A	PROCESO 1	PROCESO 2	PROCESO 3	PROCESO 4	PROCESO 1	PROCESO 2	PROCESO 3	
P1 P2 P3	PULPERO	3.75	1.17	0.78	0.87	0.04	0.04	0.04	0.04	
D1 D2	DESMULCILAGINADOR	6.56	-	1.53	1.60	0.10	0.08	0.08	0.08	
B1	BOMBA PARA AGUA	0.24	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	
B2	BOMBA PARA AGUA	7.08	-	-	-	0.11	0.11	0.11	0.11	
	MOTOR	3.54	1.53	1.57	1.66	0.05	0.08	0.08	0.08	
	TOTAL	21.17	2.70	3.88	4.15	0.31	0.12	0.19	0.21	



Tabla 3.12

Cálculo consumo de agua procesos 1, 2, y 3

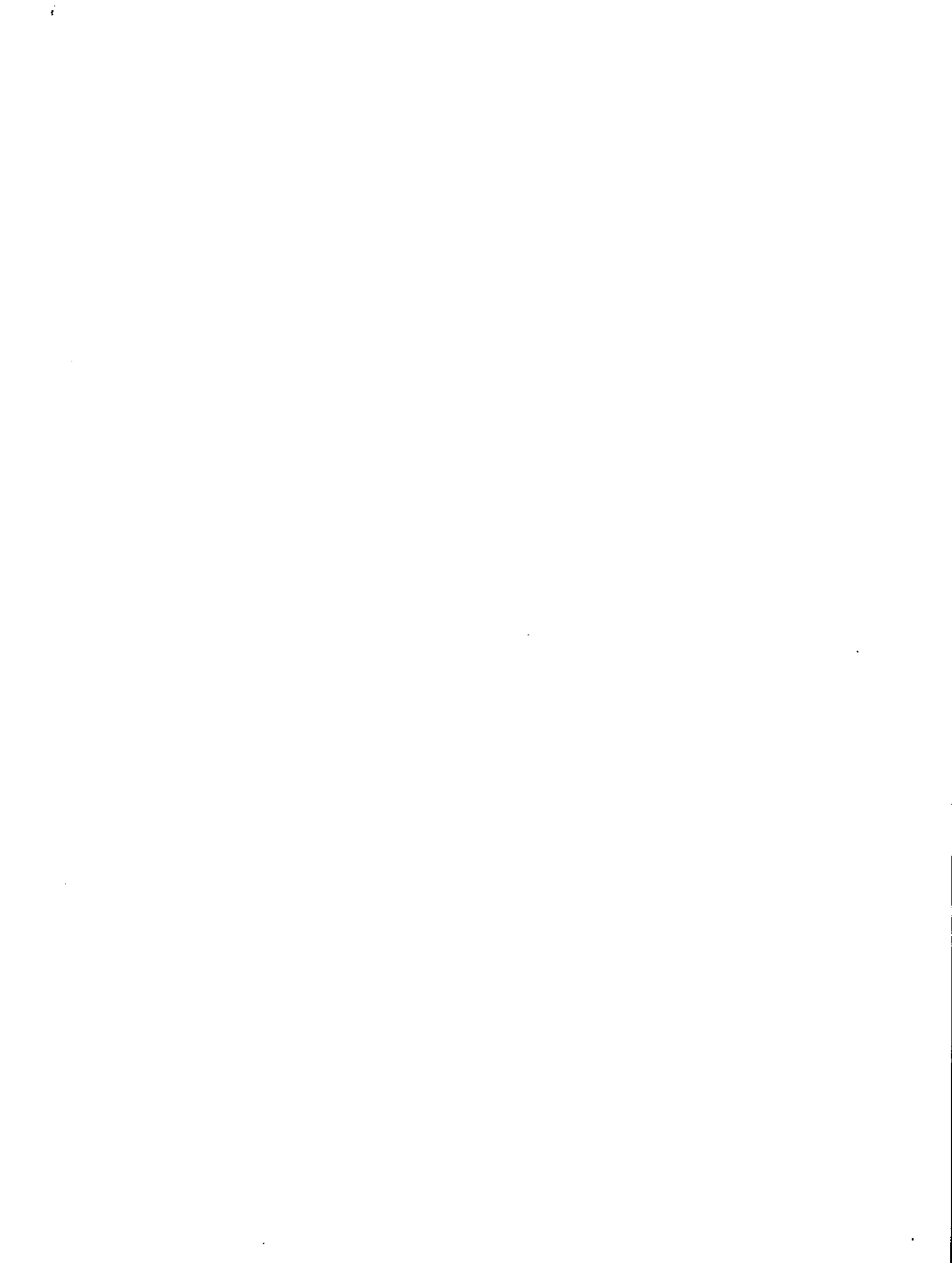
LAVADO MANUAL	VOLUMEN BASE			TIEMPO PROMEDIO LLENADO VOL. BASE (h)*	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO OPERACION (h)	CONSUMO AGUA (m <sup>3</sup> )	CONSUMO TOTAL AGUA (L)	CONSUMO AGUA (L/qc)
	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )						
PRO 1	0.16	0.18	0.003	0.003	1.25	0.23	0.29	289	14.43
PRO 2	0.16	0.18	0.003	0.003	1.25	0	0.00	0	0
PRO 3	0.16	0.18	0.003	0.003	1.25	0.17	0.21	213	10.66

\* VER ANEXO PARA CALCULO DE TIEMPO PROMEDIO

DESMUCILAGINADO

LAVADO MANUAL	VOLUMEN BASE			TIEMPO PROMEDIO LLENADO VOL. BASE (h)*	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	TIEMPO OPERACION (h)	CONSUMO AGUA (m <sup>3</sup> )	CONSUMO AGUA (L)	NUMERO MAQUINAS	CONSUMO TOTAL AGUA (L)	CONSUMO AGUA (L/qc)	CONSUMO AGUA POR MAQUINA ESPEC. FABRICANTE (gal/min)	CONSUMO AGUA POR MAQUINA (gal/min)	CONSUMO AGUA (L/qc)	CONSUMO AGUA (L/qc)
	DIAMETRO (m)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )												
PRO 1	0.16	0.18	0.003	0.003	1.25	0	0.00	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0
PRO 2	0.16	0.18	0.003	0.003	1.25	0.41	0.51	514	1	514	25.72	5.5	5.5	2.3	2.3
PRO 3	0.16	0.18	0.003	0.003	1.25	0.43	0.54	539	1	539	26.97	5.5	5.5	2.3	2.3
PROMEDIO											28.45	6.91			

\* VER ANEXO PARA CALCULO DE TIEMPO PROMEDIO

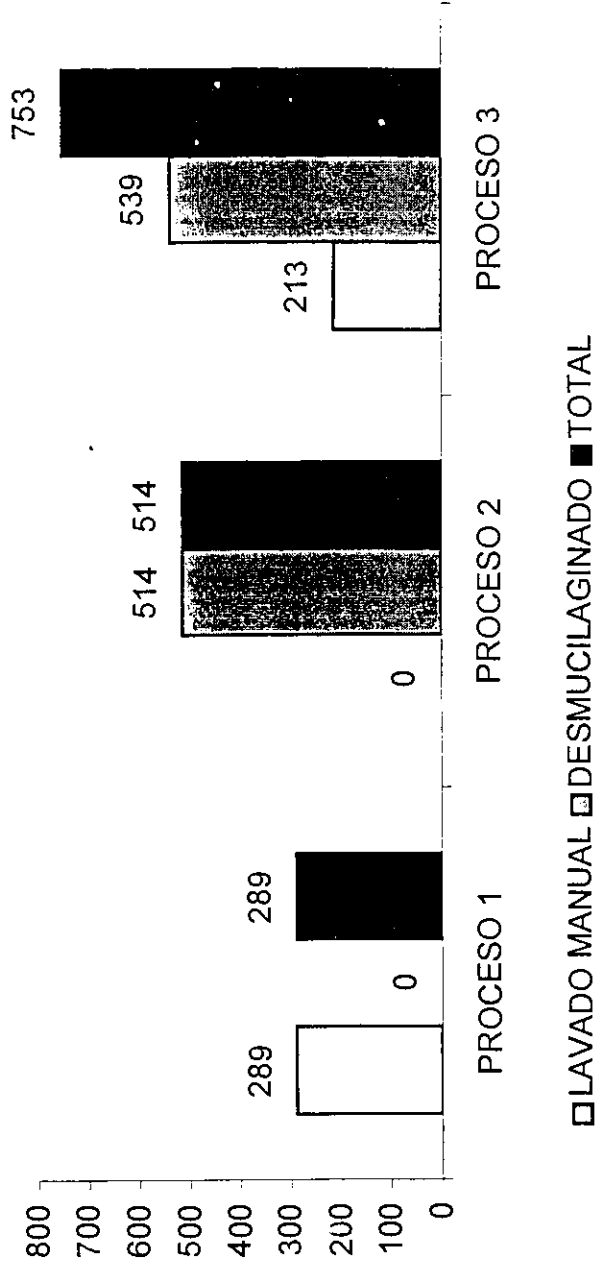


Gráfica 3.11

Consumo de agua procesos 1, 2 y 3

	LITROS			L/QQ MADURO		
	PROCESO 1	PROCESO 2	PROCESO 3	PROCESO 1	PROCESO 2	PROCESO 3
LAVADO MANUAL	289	0	213	14.43	0	10.66
DESMUCILAGINADO	0	514	539	0	25.72	26.97
TOTAL	289	514	753	14.43	25.72	37.64

COMPONENTES DE CONSUMO DE AGUA  
PROCESOS 1,2 Y 3



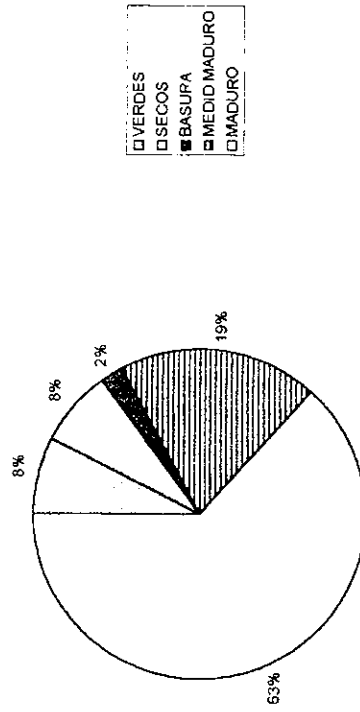


Gráfica 3.12

Calidad del maduro

	PESO (onz.)	% PESO
VERDES	2.41	8%
SECOS	2.41	8%
BASURA	0.69	2%
MEIO MADURO	6.19	19%
TOTAL DEFECTUOSOS	11.70	37%
MADURO	20.30	63%
TOTAL MUESTRA	32.00	100%

CALIDAD DEL GRANO MADURO



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

.

Tabla 3.13  
Resultados de la catación

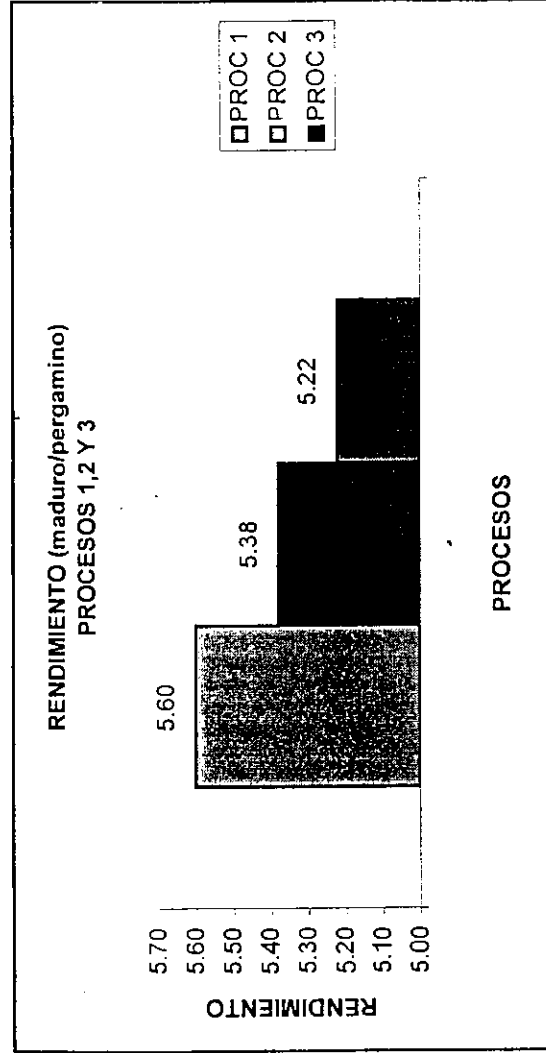
PROCESO	CARACTERÍSTICAS DEL GRAND												
	APARIENCIA REGULAR	CON PELICULA PLATEADA ADHERIDA	AMARILLENTO	CON GRANOS ARGENOS	CON GRANOS CEREZOS	CON GRANOS VANOS	CON GRANOS VERDES	CON GRANOS SOBREFERMENTADOS	CON GRANOS BROCADOS	MORDIDOS POR PULPERO	NEGROS	COLOR REGULAR	OLOR FRUTY
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	
2	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓	
3	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓

PROCESO	CARACTERÍSTICAS DEL TUESTE			CARACTERÍSTICAS DE LA BEBIDA		% DE HUMEDAD
	REGULAR	CON QUAKERS	DISPAREJID	ASPERA	FRUTOSA	
1	✓	✓	✓	✓	✓	10.7
2	✓	✓	✓	✓	✓	9.4
3	✓	✓	✓	✓	✓	10.50



Gráfica 3.13

	PESO MADURO (qq)	PESO PERGAMINO (qq)	PESO PULPA SECA Y BASURA (qq)	% HUMEDA D	PESO REAL PERGAMINO (qq)	RENDIMIENTO (maduro/pergamino)	PORCENTAJE POR DEBAJO DEL PROCESO 1
PROC 1	20	4.30	0.27	10.7	3.57	5.60	0%
PROC 2	20	4.44	0.31	9.4	3.72	5.38	4%
PROC 3	20	4.50	0.20	10.5	3.83	5.22	7%





## VII. DISCUSIÓN

### A. Proceso de beneficiado húmedo de café potencialmente inocuo para el ambiente , Finca “Las Cruces”

El mayor volumen de agua utilizado en este proceso es el contenido en el sifón de clasificación del grano maduro, el volumen de éste sitúa al sifón utilizado dentro del rango de tanques sifones utilizados en beneficios húmedos tradicionales. La clasificación del grano que se lleva a cabo en el tanque sifón se anula al realimentar los flotes resultantes a la despedradora. Por esta razón, en el diagrama de flujo del proceso aparece la “Clasificación del maduro en el sifón” como única demora, la cual debe ser eliminada.

El segundo volumen más grande es el que se utiliza para la clasificación final del café en el canal de correteo. El agua se pierde completamente, ya que no entra al circuito de recirculación.

El tercer volumen de agua más grande se utiliza en el desmucilaginado mecánico en el cual se emplea más del doble del caudal de agua del que los fabricantes de las máquinas desmucilagadoras recomiendan. Este volumen de agua también se pierde, ya que pasa a formar parte de las aguas mieles.

El cuarto volumen más grande es el necesario para que funcione el sistema de recirculación de agua del circuito 1, es decir para que la bomba situada dentro del tanque número 3 disponga de un volumen adecuado de agua para su funcionamiento.

El volumen de agua que se utiliza en el tanque # 2 representa 6.5% del volumen del sifón, es dentro de este tanque donde se realiza la primera clasificación del grano, la segunda clasificación se realiza en el canal de correteo.

En total, este proceso utiliza 740 litros de agua por cada quintal de maduro procesado, lo cual equivale a 3,320 litros de agua por cada quintal de pergamino seco producido. Se debe tomar en cuenta que el beneficiado de esta finca usa recirculación, lo cual implica que el volumen de agua que entra al circuito 1, se vuelve a usar hasta cinco veces o en cinco diferentes corridas de producción, lo que significa que realmente se usan 203 litros de agua por qq de maduro procesado (910 L/qq pergamino seco).

La cantidad de agua que se utiliza para el lavado mecánico del grano, después de la fermentación natural, es de 1.05 lts de agua por kilogramo de café pergamino seco, dicha relación está por debajo del promedio de citado en las referencias (4.2 L/kg de café pergamino seco) para los beneficios tradicionales. Esto se debe a que el grano ha sido lavado previamente en la desmucilagadora.

La mayor cantidad de energía eléctrica se consume en la bomba #2, la cual es la que tiene mayor potencia y debe hacer llegar el agua desde el tanque #1 hasta el sifón, siendo ésta la distancia más grande de transporte de agua en el proceso. Además bombea el café lavado hacia el canal para la clasificación final del grano y transporte hacia patios de secado al sol.

Este proceso es el que mayor cantidad de energía eléctrica consume de los cuatro descritos, pues incluye la mayor cantidad de maquinaria.

La eficiencia de procesamiento, tanto de las despulpadoras como de las desmucilagadoras está por debajo de la media calculada para los cuatro procesos

descritos. Esto se debe a que en los demás procesos la alimentación de las despulpadoras se hizo directa y manualmente con lo cual se consiguió que las máquinas estuvieran casi llenas durante una mayor proporción del tiempo de proceso.

La eficiencia de las despulpadoras fue mayor que la de las desmucilagadoras solamente en este proceso, debido a que se usaron 3 pulperos con capacidad de especificación máxima de 40 qqmad/hr (120 qqmad/hr en total) y 2 desmucilagadoras con capacidad de especificación máxima de 66 qqmad/hr (132 qqmad/hr en total). Esto significa que se desperdicia 10% de la capacidad de la despulpadora.

Este proceso incluye algunas de las características de un beneficiado potencialmente inocuo para el medio ambiente las cuales son: el traslado mecánico de la pulpa por medio de un tornillo helicoidal, incorporación de desmucilagado mecánico, recirculación y reciclaje de agua, uso de la pulpa para compostaje y uso de bajas cantidades de agua para el lavado manual del grano.

Las mejoras al proceso encontradas son: la eliminación del uso del tanque sifón, mediante mejoramiento en la recuperación de agua para lograr la utilización de las despulpadoras en seco, con lo cual se elimina el agua residual del despulpe y se consigue pulpa seca, que es más fácil de manejar y que conserva mejor sus nutrientes haciéndola un material ideal para compostaje. Por último se menciona la reducción del caudal de agua que se utiliza en el desmucilagado mecánico, lo cual disminuye la relación agua/miel que a su vez facilita la reutilización del mucílago.

## **B. Comparación entre procesos 1, 2 y 3**

El proceso que utiliza más agua es el número tres, ya que éste incluye el caudal de agua usado para el desmucilaginado mecánico y el lavado del grano después de la fermentación.

Los tres procesos muestran que la mayor cantidad de agua se utilizó en el desmucilaginado mecánico que al igual que en el proceso A, usa el doble del caudal de agua especificado por los fabricantes.

El proceso 1, en el cual se usó fermentación natural, fue el que menor cantidad de agua requirió.

El promedio de uso de agua para los tres procesos fue de 26.14 litros por quintal de maduro, el cual representa un 4% del consumo de agua del proceso A (691 l/qqmaduro). Dicha reducción de agua se logra a la eliminación del sifón tradicional del proceso y al hecho de no clasificar el grano en pergamino en el tanque #2.

El proceso que menor cantidad de energía eléctrica utilizó por qq de maduro procesado fue el #1, ya que en éste solamente se hizo uso del tornillo transportador de pulpa y de 2 pulperos. El que mayor cantidad de energía utilizó fue el proceso #3 por tener el tiempo de operación más largo y utilizar, además del motor del tornillo, una desmucilaginadora.

La mayor eficiencia de procesamiento de despulpe se dio en el proceso #1, seguido por el #2, quedando el proceso #3 con la menor eficiencia de los tres.

La mayor eficiencia de desmucilaginado se observó en el proceso #2.

La eficiencia de procesamiento de la desmucilaginadora fue mayor que la de las despulpadoras para los procesos 2 y 3, ya que a diferencia del proceso A se utilizaron 2

despulpadoras con capacidad máxima de 40 qq/hr (80 qq/hr totales) y una desmucilagadora de 66 qq/hr máximos. Esto implica un sub-aprovechamiento de la capacidad de desmucilagado de 18%.

La calidad del maduro con el que se efectuaron las tres corridas contenía 35% en peso de granos defectuosos debido a que la cosecha del fruto estaba en su etapa terminal, ya que las pruebas se efectuaron durante el mes de febrero, último mes de cosecha, los frutos de mejor calidad se consiguen a mediados de la cosecha. Se debe tener muy en cuenta que la calidad del maduro es un factor determinante en la calidad física y en taza del pergamino.

Los resultados de la catación muestran que el hecho de no haber clasificado el maduro o el grano desmucilagado por flotación, tuvo una influencia muy marcada al determinar las características del pergamino. Los granos vanos, brocados, verdes, negros y los argeños son todos producto de no haber realizado la clasificación del grano por flotes. No se efectuó clasificación, del grano para eliminar la probabilidad de la pérdida de grano maduro en tanques de clasificación lo cual hubiera influido en el peso del producto final y del rendimiento maduro/pergamino en forma indeterminada para las tres pruebas.

Además, se encontró película plateada adherida en las muestras del café pergamino de los tres procesos, lo cual es producto del uso de una muestra con un alto porcentaje de granos medio maduros y verdes.

La aparición de granos cerezos en las muestras de pergamino se debe principalmente a que la despulpadora no logra despulpar granos de tamaños pequeños y los deja pasar con la pulpa adherida.

La muestra del proceso #1 mostró granos sobre-fermentados y con olor a frutty lo cual es producto de dejar el maduro reposando una noche entera antes de ser despulpado.

En el proceso # 2 se eliminó la probabilidad de que el café se sobrefermentara al llevarlo directamente del desmucilaginado hacia los patios de secado. Esta es la única muestra que no se calificó como sobre-fermentada.

Las características del tueste fueron iguales para las tres muestras de café pergamino.

Dentro de las características de la bebida, se encontró que las tres muestras presentaron una taza áspera, lo cual es producto de la cantidad de fruto medio maduro y verde que contenía la muestra trabajada.

En la muestra #3 no aparece el sabor frutoso, ya que en este proceso se utilizó la mayor cantidad de agua, fue el único proceso en el cual el grano se lavó dos veces, una durante el desmucilaginado mecánico y otra al lavarlo manualmente después de la fermentación natural.

En el proceso #3 se obtuvieron 4.13 qq de café pergamino seco (excluyendo la pulpa seca y el % de humedad en peso) la cual al ser comparada con los 20 qq de maduro seco generan una relación de 4.26 (maduro/pergamino), la cual es la más baja de las tres obtenidas para los procesos comparados. Esto significa que al utilizar este tratamiento se da una menor pérdida de peso al transformar el café maduro a pergamino. Además, en la muestra de café pergamino para este proceso, mostró el menor porcentaje en peso de pulpa seca.

La relación maduro/pergamino para el proceso #2 fue de 4.55 al obtener 3.68 qq de pergamino seco, la relación más grande se obtuvo del proceso #1 (fermentación

natural) ya que de 20 qq de maduro se produjeron 3.57 qq de pergamino seco. Se encontró que existe un mayor porcentaje de pérdida de peso (4%) al fermentar naturalmente el grano, en relación con el desmucilaginado mecánico.



## VIII. CONCLUSIONES

1. El proceso de beneficiado húmedo de la Finca Las Cruces presenta algunas de las características de un beneficiado húmedo de café potencialmente inocuo al medio ambiente.
2. El proceso que utiliza solamente desmucilaginado mecánico y secado inmediato elimina la probabilidad de sobrefermentación del grano .
3. La utilización de desmucilaginado mecánico y fermentación combinados para la eliminación del mucílago genera la menor relación maduro/pergamino (mayor peso en pergamino por quintal de maduro procesado).
4. El uso de desmucilaginado mecánico y fermentación combinados disminuye el porcentaje de pulpa seca encontrado en el pergamino seco.
5. Los procesos de beneficiado que utilizan desmucilaginado mecánico generan una relación maduro/pergamino menor (menor pérdida en peso de maduro a pergamino ) que el proceso de beneficiado tradicional.

6. El uso de una mayor cantidad de agua en el proceso No. 3 elimina el sabor frutoso en la bebida.

## IX. RECOMENDACIONES

1. Para transformar el proceso de beneficiado húmedo encontrado en la Finca Las Cruces, en uno potencialmente inocuo al medio ambiente, se deberá eliminar el uso del sifón tradicional y el uso de agua en exceso en el desmucilaginado mecánico, además se deberá mejorar la recuperación de agua, antes del despulpado del café.
2. Como complemento a este trabajo de investigación, se recomienda consultar bibliografía en el Departamento de Postcosecha de Anacafé para mayor información acerca de tecnología de Recibidores Semisecos y Canales Sifones, que sustituyen el uso del sifón tradicional.
3. Al realizar mediciones de calidad del café haciendo uso de diferentes tratamientos de eliminación del mucilago se deberá escoger café maduro con menor cantidad de granos defectuosos para no alterar la misma y obtener resultados más claros en cuanto a diferencias en calidad al usar las diferentes técnicas de procesamiento.
4. Se debe promover el uso de tecnología que minimice el impacto que el proceso de beneficiado húmedo del café tiene sobre el medio ambiente en Guatemala, además se debe capacitar al personal que opera en estos beneficios "tecnificados", para que se haga uso correcto de la maquinaria, con lo que se logrará que este proceso llegue a ser totalmente inocuo para el medio ambiente.



## X. BIBLIOGRAFÍA

Anacafé. La determinación de la calidad del café. Guatemala.  
1971 Boletín No.8. 51 pp.

Anacafé Manual de beneficiado del café. Guatemala. 119 pp.  
1985

Anacafé Manual de caficultura. Guatemala. 65 pp.  
1991

Anacafé. La industria del café, estrategias y tácticas. Guatemala  
1995 56 pp

Alvarado, M. y G.Rojas El cultivo y beneficiado del café. San José, Costa Rica.  
1944 Editorial Universidad Estatal a Distancia. 130 pp.

Barrios,A. Diseño de un prototipo para eliminar mecánicamente y de forma  
1994 continua el mucilago del café. Guatemala. 55 pp.

Barrios,A. y O. Ponce. Caracterización del parque de beneficios  
1997 Guatemala, Anacafé. 30 pp.

Oliveros, T. El desmucilaginado Mecánico del Café. Chinchina, Colombia  
1995 Avances Técnicos de Cenicafé (Colombia). (216).

Vásquez R. y G.Hidalgo. "Influencia del desmucilaginado mecánico del café  
1996 y de diferentes periodos de espera al secado sobre la calidad" Noticiero  
del Café. (Costa Rica) 3-5.

Zuluaga, J. y D. Zambrano. "Manejo del agua en el proceso de beneficiado  
1993 húmedo del café para el control de la contaminación. Avances  
Técnicos de Cenicafé (Colombia) (187)



Apéndice A

Determinación del tiempo promedio de llenado del volumen base

# CORRIDA	TIEMPO(seg.)
1	11.10
2	12.00
3	10.52
4	10.86
5	11.22
6	11.06
7	9.50
8	10.09
9	9.23
10	10.50
11	10.13
12	11.40
13	9.38
VALOR MEDIO	10.54
DESV. ESTANDARD	0.81

LIMITES DE CONFIANZA DEL 90%

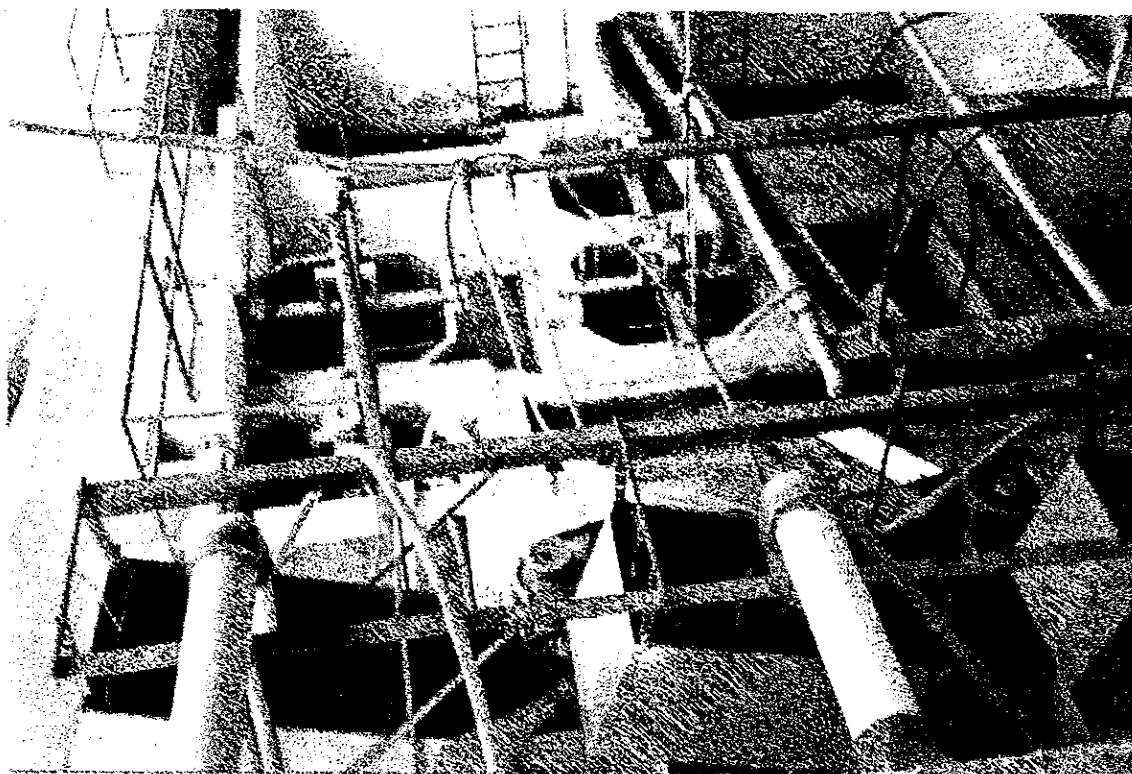
LIMITE CONFIANZA SUPERIOR

LIMITE CONFIANZA INFERIOR

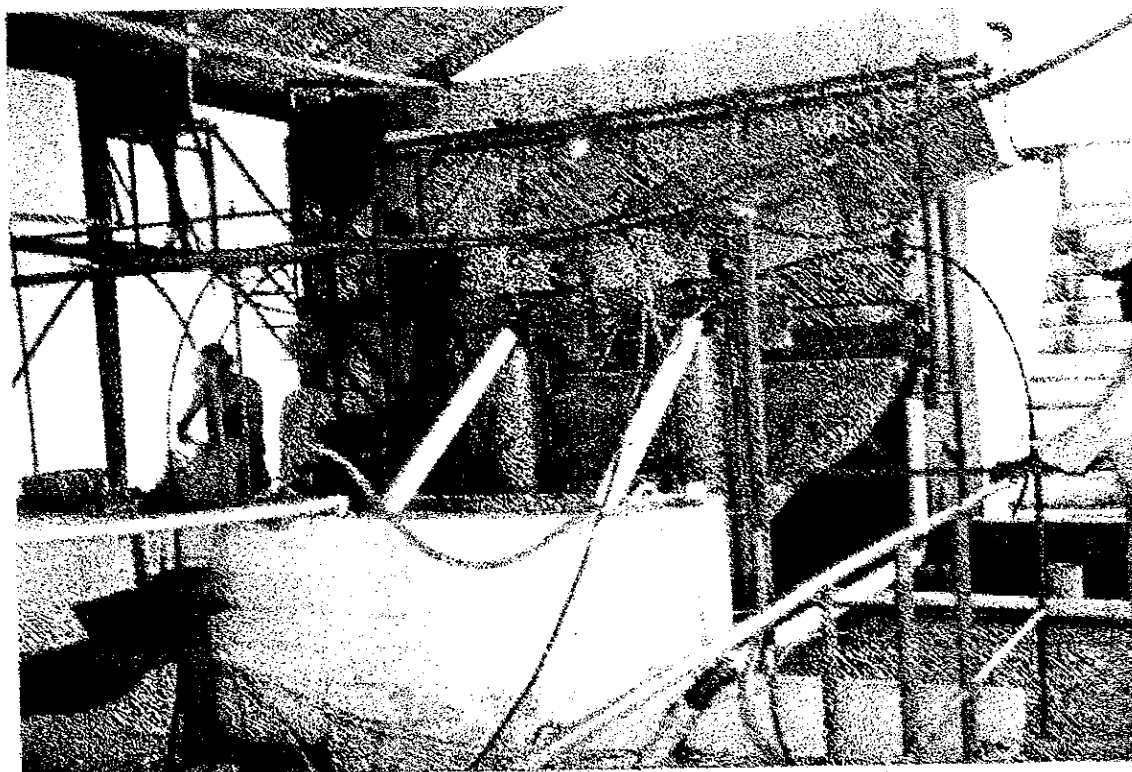
10.91

10.17



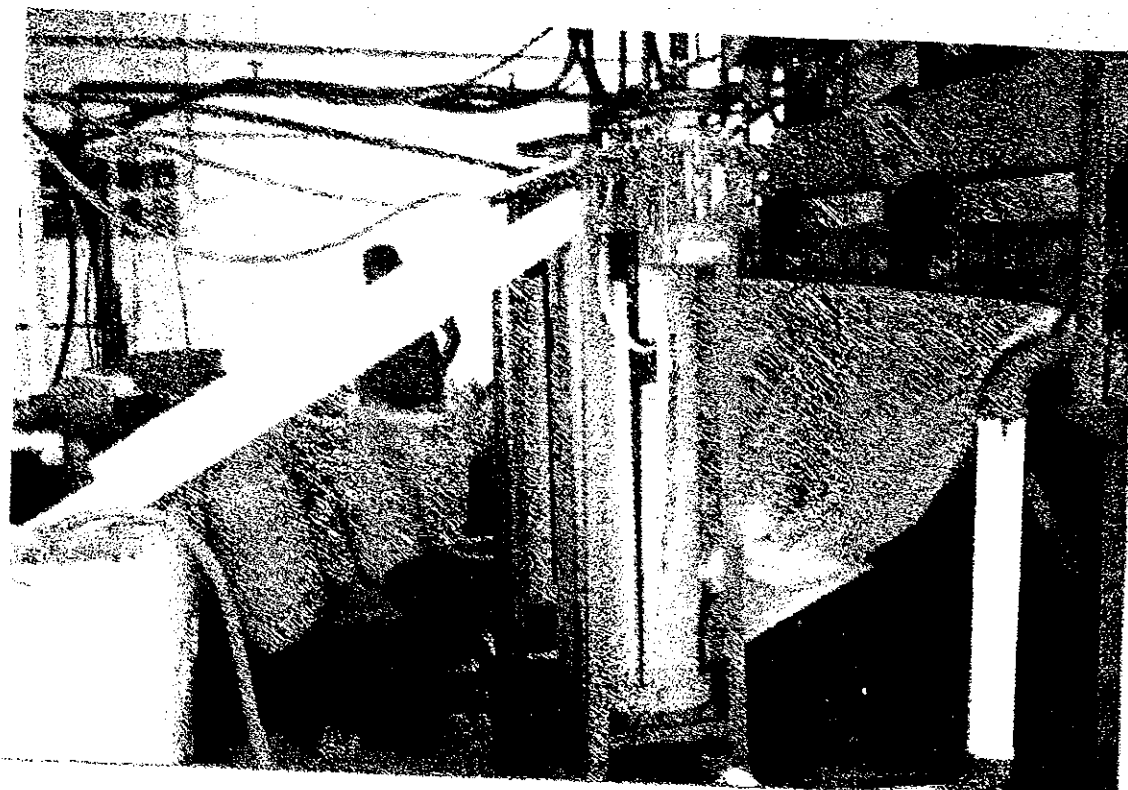


1. Beneficio Húmedo en la Finca Las Cruces visto desde el tanque sifón.

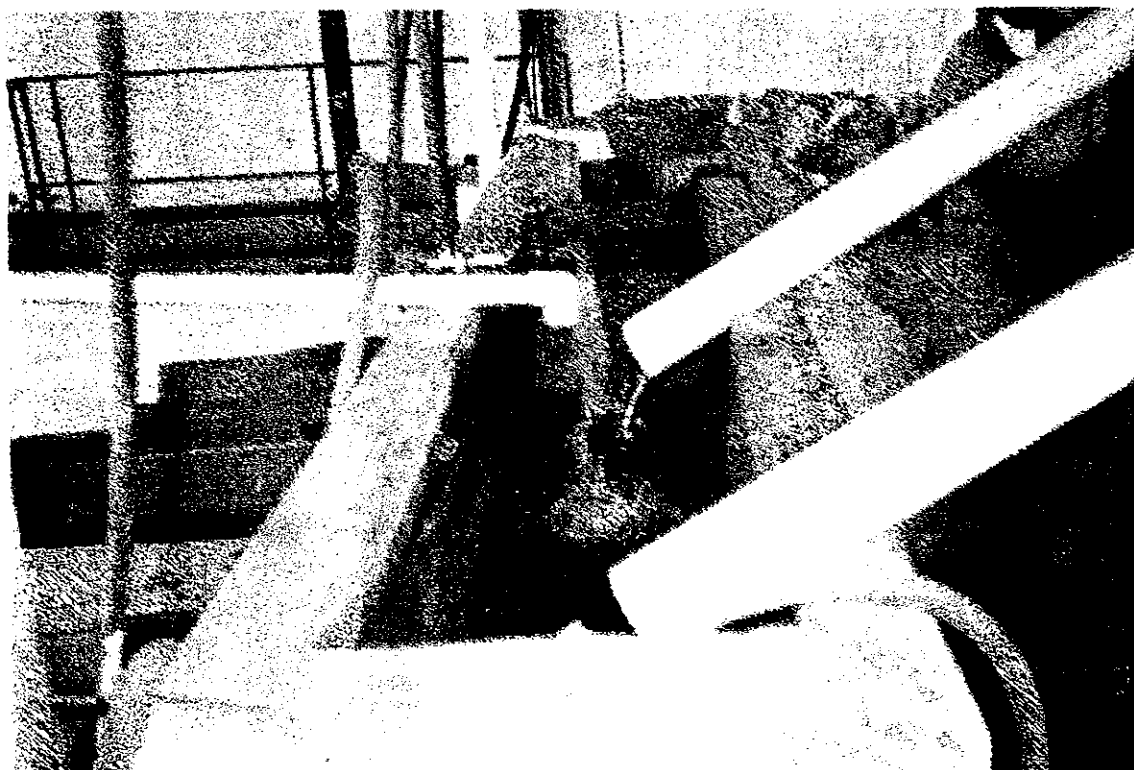


2. Vista de recuperadoras, despulpadoras y desmucilaginadoras



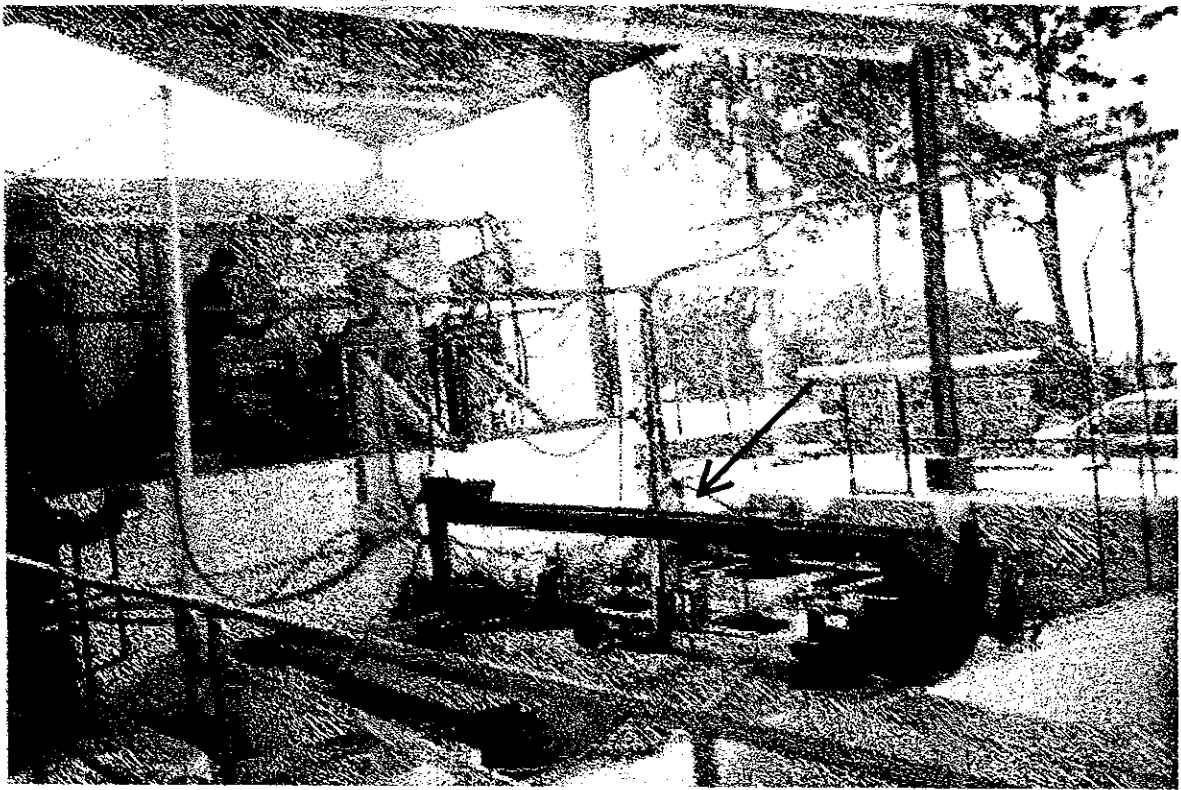


3. Vista lateral de despulpadoras (área superior derecha) y desmucilagadoras.



4. Tanque No. 2, utilizado para clasificación de café desmucilaginado.





5. Canal de transporte del café clasificado hacia fosas de fermentación natural.



6. Café desmucilaginado en fosa de fermentación natural.





7. Patios para secado al sol.

