PN-AAY-442 16
ISN = 52662

RECURSOS BIOENERGETICOS Y POSIBILIDADES DE SUSTITUCION EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE COSTA RICA

VOLUMEN I

UN REPORTE PARA LA AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (AID), COSTA RICA; Y LA DIRECCION SECTORIAL DE ENERGIA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA ENERGIA Y MINAS DE COSTA RICA

PREPARADO POR:

META SYSTEMS INC.

PDC-1406-E-00-2178-00

- ABRIL 1984 -

EQUIPO DE TRABAJO DEL PROYECTO

NUCLEO DEL EQUIPO POR META SYSTEMS INC.:

Russel de Lucia

Alan Poole

Roger Solano

Miguel Escoto

OTRAS PERSONAS INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO:

Alejandro Cruz

Alejandro Brenes

Eladio Matarrita

Christopher Hurst

Isabel Cruz

Ronald Bolaños

Eduardo Sibaja

TRADUCCION Y EDICION FINAL:

Compañía de Procesos Técnicos, S.A.; San José - Costa Rica.

El reconocimiento también para el equipo de la Dirección Sectorial de Energía, y el personal de AID directamente relacionado con el Proyecto.

I N D I C E

CAPITULO	DESCRIPCION	PAGINA
I	INTRODUCCION	1.1.1
II	LA SITUACION DE LA ENERGIA EN GENERAL Y PROBLEMAS EN LA EVOLUCION DE LA DEMANDA DE BIOMASA EN LA AGRO-INDUSTRIA	
	2.1 Aspectos Generales de la Situación de la Energía	2.1.1
	2.2 Problemas en la evolución del Mercado para Combustibles de Biomasa en la Industria	2.2.1
III	CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES RECURSOS DE BIOENERGIA ESTUDIADOS	
	3.1 Introducción	3.1.1
	3.2 Plantaciones Forestales	3.2.1
	3.3 Cascarilla de Arroz	3.3.1
	3.4 Olote de Maíz	3.4.1
	3.5 Bagazo	3.5.1
	3.6 Café	3.6.1
	3.7 Residuos de Aserraderos	3.7.1
	3.8 Residuos de Explotaciones Forestales	3.8.1

CAPITULO	DESCRIPCION	PAGINA
IV	TOPICOS GENERALES DE LA OFERTA	
	4.1 Introducción	4.1.1
	4.2 Contenido de Humedad	4.2.1
	4.3 Transporte	4.3.1
	4.4 Escala y Costos	4.4.1
V	CARACTERISTICAS DEL MERCADO EXISTENTE PARA COMBUSTIBLES EL EL SECTOR INDUSTRIAL	
	5.1 Introducción	5.1.1
	5.2 Características del Mercado que Actualmente Consume Derivados de Petróleo	5.2.1
	5.3 Usuarios Tradicionales	5.3.1
VI	SISTEMAS PARA SUSTITUCION AL PUNTO DE DEMANDA	
	6.1 Preparación de Leña y Manejo de Materiales	6.1.1
	6.2 Características de Equipo para Sustitución al Punto de Usuario Final -Calderas	6.2.1
	6.3 Características de Equipo para Sustitución al Punto de Uso Final para Procesos de Calentamiento	6.3.1
VII	ECONOMIA DE CICLOS DE COMBUSTIBLE Y EVOLUCION DEL MERCADO	
	7.1 Algunos Ciclos de Combustible Representativos	7.1.1

CAPITULO	DESCRIPCION	PAGINA
	7.2 Evolución de Mercado	7.2.1
VIII	TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	
	8.1 La Lógica para la Transferencia de Tecnología	8.1.1
	8.2 Fabricantes de Equipo	8.2.1
	8.3 Tamaño de Mercado y Segmentación	8.3.1
	8.4 Experiencia, Percepción y Otros Problemas	8.4.1
	8.5 Como Facilitar la Transferencia de Tecnología	8.5.1
IX	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	9.1 Conclusiones de Política	9.1.1
	9.2 Conclusiones	9.2.1
	9.3 Recomendaciones	9.3.1

C A P I T U L O I

INTRODUCCION Y RESUMEN DEL PROYECTO

Estrategia y Vista Global del Estudio:

Este informe presenta un análisis sobre la posibilidad y la factibilidad de llenar las necesidades de combustible industrial, por medio de [illegible] de biomasa leñosa existentes y potenciales. El término biomasa leñosa se usa como abreviatura de la frase más abstracta, material lignocelulósico con un contenido de humedad de menos de, sesenta por ciento, e incluye materiales como el bagazo y la cáscara de arroz así como la leña misma. El análisis cubre aspectos macro y micro y examina problemas técnicos y económicos específicos pertinentes a la oferta y la demanda así como [illegible] a políticas de amplia cobertura, como la política de precios.

El estudio examina los dos subsistemas componentes de [illegible] combustible biomasa leñosa existente y potencial, y las interrelaciones entre componentes que combinan éstos, dentro de un análisis integrado de [illegible] tencias de combustible representativas, haciendo posible así las deducciones sobre la estructura y la evaluación del mercado.

Este trabajo se estructura directamente sobre un estudio anterior [illegible] enmendando estimaciones previas y extendiendo la [illegible] en áreas particulares. La especificidad del trabajo actual [illegible] tante diferencia es el gran énfasis sobre la factibilidad de la [illegible] zación del mercado y el impacto del manejo de existencias.

Las estimaciones sobre realidades de abastecimiento fueron [illegible]

dio de un nuevo estudio; los residuos de arroceras, ingenios de azúcar y molinos de maíz fueron estimados también por medio de un estudio. En cada estudio, las plantas responsables de todos o la mayor parte de los residuos, fueron visitadas. Otros residuos fueron estimados por medio de fuentes secundarias. Las fuentes de madera provenientes de la limpieza y conversión de tierras fueron estimadas por expertos y mediante cifras oficiales y no oficiales.

En casos particulares, el trabajo incluyó el contenido de calor y medidas físicas, características importantes para la estimación de materiales y costos de manejo. El capital y los costos de operación se estimaron con base en cotizaciones sobre el costo de equipo y capacidad de operación suministradas por los distribuidores y en ejercicios sintéticos de costeo que consideraban configuraciones alternativas de equipo y procedimientos de operación. Los costos de transporte se estudiaron extensivamente para reflejar las variaciones modales, regionales y de tipo de operación. Del análisis del estudio se desarrolló un juego de costos unitarios para ser usados en el ciclo de combustible y análisis de casos. Se realizó un estudio intensivo de los consumidores de energía industrial, que incluyó visitas al campo y a unas cincuenta facilidades. Este estudio comprende el examen más completo de las características de la demanda industrial de combustible de petróleo que haya sido realizado en Costa Rica o en América Central y es la base para el análisis que abarca globalmente la cuestión relativa a la demanda en este estudio. Un número limitado de facilidades fueron sujetas a un análisis más detallado en algunos casos, complementando

el exámen sobre uso final con un enfoque sobre opciones específicas de abastecimiento y preferencias tecnológicas. Este grupo sirvió tanto para la confección de una lista de candidatos para los estudios específicos de casos de pre-factibilidad de facilidades, como para proporcionar material enriquecido básico sobre problemas particulars de sub-sector. También se llevó a cabo un estudio más limitado de varios grupos de consumidores tradicionales de biomasa leñcsa y la organización de ese mercado. Entre estos, los beneficios de café recibieron especial atención. Tanto el análisis más amplio para todos los usuarios, como los estudios más detallados de facilidades, utilizaron información con respecto a tecnologías de conversión para uso final recogida de la tecnología suministrada principalmente de EEUU y el Brasil. Este proceso incluyó comunicaciones telefónicas y escritas con los proveedores y algunos de sus clientes así como visitas a las facilidades de producción de los provedores, a fin de examinar estrategias de elaboración y explorar la posición del proveedor con respecto a licencias y otras formas de traspaso de tecnología. Se visitaron empresas locales de elaboración de metal para explorar las posibilidades de elaborar el equipo localmente. Todos estos estudios y análisis básicos fueron entonces incorporados dentro de un estudio comprensivo y análisis de la demanda y tecnologías de los recursos. Este es el estudio comprensivo y análisis que se presenta en capítulos subsiguientes de este informe.

En Capítulo II, el informe presenta información básica sobre la situación de la energía en general en Costa Rica, incluyendo la evaluación del uso de combustible biomasa. Este capítulo identifica características y cambios es-

tructurales y cambios relevantes como base para el subsiguiente análisis técnico y económico e introduce problemas que existen en la evaluación del mercado para combustibles biomasa para la industria. Algunas de las conclusiones más importantes de este capítulo son:

- El sector industrial es el segundo consumidor de petróleo, después del sector de transporte. El bunker es el derivado principal del petróleo consumido en este sector. Las políticas acerca del bunker han sufrido de alguna ambigüedad. Por una parte, el gobierno ha hecho de la industria el foco de la mayoría de los programas de conservación y sustitución del petróleo. Por otra parte, el precio del bunker ha sido subsidiado generalmente.

- Los mercados de leña para uso industrial son regionales en lugar de nacionales. En un mercado de leña regional el precio y la tendencia de los precios puede ser bastante diferente que en otro mercado. En la región más importante, el Valle Central, el precio de la leña para uso industrial (según lo estimado de las encuestas de los beneficios de café) ha aumentado a una tasa muy por encima de la tasa general de inflación. Esta tendencia pudo haber sido estimulada indirectamente por el gran aumento en los precios de GLP de 1981, lo cual parece haber causado un aumento en el uso de leña en el sector residencial. Aún así, los precios de la leña en los mercados industriales tradicionales son todavía bajos en comparación con el bunker, en término de colones por GJ de energía utilizable.

- Relativamente ha habido poca sustitución de biomasa por petróleo en la industria en años recientes. La poca sustitución que ha ocurrido es predominantemente en industrias que han sido consumidores tradicionales de bioenergía (tales como beneficios de café), que disponen de residuos en el sitio (tales como las secadoras de arroz) y en el cemento, el cual es un caso especial importante. La sustitución ha sido muy poca en situaciones más típicas de la moderna industria costarricense consumidora de petróleo.

- La limitada sustitución fuera de las industrias consumidoras de leña tradicionales ha sido un resultado no solo de las políticas del precio del bunker y la escasez general de capital de inversión, sino también de los problemas estructurales que específicamente enfrenta el mercado de biomasa de madera. Estos problemas estructurales incluyen el pobre desarrollo de la organización del mercado de suministro de combustibles, la necesidad de grandes inventarios y procesamiento de la leña en el lado de la planta y la limitada variedad de tecnologias disponibles comercialmente. Estos problemas estructurales específicos deben ser considerados junto con el precio del petróleo y las medidas para inver-

sión financiera. Lo anterior constituye el enfoque principal de este trabajo.

El tercer capítulo presenta características importantes de los recursos principales de biomasa estudiados. La discusión esta organizada por fuente y presenta para los diferentes fuentes estimaciones del potencial del recurso y costos de abastecimiento para desarrollar/explotar este potencial. El capítulo IV examina algunos problemas de abastecimiento más generales, complementando la discusión anterior sobre fuentes específicas. En este capítulo, se introduce el concepto del ciclo de combustible y se discuten características particulares de abastecimiento que impactan el sistema discutido. El contenido de humedad y su impacto en el uso final y el transporte se discuten más detalladamente, como lo son otros problemas de transporte. Además, se resumen las características de la escala y costo relevantes a la clase de abastecimientos discutidos en Capítulo III y se presentan deducciones para la estructura del mercado. A continuación presentamos las conclusiones más importante de estos dos capítulos:

- Debería ser posible obtener leña cortada y apilada (a la orilla del camino) de plantaciones, hasta alrededor de C60 - 75 por GJ (poder calorífico inferior) con sistemas intensivos en el uso de mano de obra. Sin embargo, Costa Rica se encuentra al principio de la curva de aprendizaje. Hay poca experiencia con platanciones dedicadas a la producción de leña. Empieza a parecer que la producción de leña en pequeñas fincas, puede significar la opción de más bajo costo. Esta conclusión, si se confirmara por medio de otras experiencias, podría tener importantes consecuencias en términos de políticas. Un sistema de leña basado principalmente en pequeños proveedores, debe estar bien organizado para entregar madera de muchos pequeños productores a un pequeño número de consumidores.

- Este problema, confrontando propietarios de pequeñas plantaciones produciendo para un mercado industrial no es desde luego único para ellos, pero es en general un problema estructural. Que conlleva el desarrollo

de bio-combustibles, y especialmente la leña, para la industria. La necesidad de un proceso organizacional capaz de acoplar productores relativamente pequeños a consumidores relativamente grandes, es una conclusión básica del Capítulo IV para la exitosa explotación de los recursos significativos de leña de bajo costo provenientes de aserraderos y ralea de bosques, descritos en el capítulo III. La exitosa explotación de estos dos recursos es muy importante para una evolución a corto plazo de sustitución de bio-combustibles en la típica industria costarricense.

- Tres residuos concentrados de procesos agro-industriales (cascarilla de arroz, bagazo y olote de maíz) son capaces de suministrar todos los requerimientos de combustible del proceso y a la vez generar sustanciales excedentes para uso energético (u otro) en cualquier otra parte. Todos, sin embargo, sufren de serias limitaciones sobre el uso que puede darse a estos residuos. El problema comienza con baja densidad física. Costa Rica tiene 130.000 toneladas secadas al horno (por año) de excedentes de residuos agrícolas concentrados, los cuales parecen estar localizados bastante lejos de los mercados como para ser usados para como combustible industrial o cualquier otra cosa por el momento. Eso es un triste desperdicio en un país que, como se muestra en el capítulo II (figura 2.1.2 y 2.1.3) es particularmente dependiente en lo que se refiere a la utilización eficiente de sus recursos biológicos. Para 60% de este desperdiciado recurso, representado por el bagazo, una alternativa prometedora basada en la experiencia mundial, sería la co-generación de electricidad para venta fuera de la planta. La eletricidad sería toda, o en su mayoría, generada durante la estación seca; un hecho de considerable interés ya que la capacidad de un sistema hidroeléctrico se ve afectada según la cantidad de agua disponible. La evaluación de co-generación potencial, sin embargo, es una compleja tarea y cae fuera de los términos de referencia de este estudio.

- Un cuarto residuo agro-industrial concentrado, la pergamina de café, no parece ser todavía capaz de suministrar todos los requerimientos del proceso de calentamiento involucrado en el secado de café. Sin embargo, la experiencia sugiere que la pergamina de café puede ser capaz de suministrar una buena parte más de los requerimientos del proceso de calor de lo que es hoy normal. El principal resultado de tal cambio podría probablemente ser, reducir la compra de leña en vez de reducir el consumo de petróleo. La industria del café se encuentra todavía en una fase de experimentación diversa ejecutada con medidas inadecuadas. Si una serie de auditorías energéticas y mediciones bien hechas fueran llevada a cabo a efecto de suministrar una base para selección opciones rentables, el cambio subsecuente podría probablemente ocurrir más rápidamente dentro de esta industria.

- La distribución de los principales recursos en relación a los principales centros de demanda industrial (figura 4.3.1.) es tal que el transporte es un costo importante para situaciones típicas de corto plazo. Además

de establecer estimados relativamente conservadores de costos por tonelada - kilómetro en cuanto a transporte por camión de leña en la sección 4.3, la existencia de economías de escala sustancial para transporte por camión de largas distancias (> 80-90 km), fueron confirmadas. Además de esto, las tarifas existentes por ferrocarril desde los brazos de suministro en la provincia de Limón hasta el Valle Central son suficientemente bajos como para garantizar una seria investigación de transporte de larga distancia por ferrocarril. Ambas posibilidades sugieren que concentrando el transporte de biomasa a largas distancias podría ser económicamente eficiente.

- La importancia de los costos de transporte en la ecuación total de viabilidad económica puede tener importantes consecuencias para la estrategia de manejo de materiales en un país tropical con costos de mano de obra relativamente bajos con respecto a los paises industrializados. El análisis en sección 4.2 sugiere que la manera más eficiente para entregar leña al centro de consumo es en forma de troncos (no picado) secados en el campo a menos de un 20% de humedad.

El Capítulo V presenta una descripción de la demanda de combustible en la industria. Este tratamiento cubre un número de características, incluyendo ubicación, escala, tipo de proceso, temperatura, presión factor de carga y otros puntos pertinentes a un análisis de potencial de sustitución, basado en combustibles biomasa. Se presentan los resultados de un estudio intensivo de esencialmente todos los usuarios industriales mayores y la mayor parte de los usuarios intermedios de combustible de petróleo, además de observación de los usuarios tradicionales de combustible biomasa también basada en el estudio. Los subsistemas tecnológicos para substitución en el punto de la demanda se examinan en Capítulo VI. Esta discusión comienza con problemas de la preparación de combustible de leña y manejo de materiales y sigue con un exámen de las tecnologías (y los proveedores) de equipo para substitución. El último se divide en una presentación separada de tecnologías relevantes a calderas y las relevantes a los usos finales de

calor directo.

- En los capítulos V y VI discusiones previas de los "problemas estructurales", "organización del mercado" y "concentración de flujos de transporte" comienzan a conducir al concepto de un "centro de procesamiento/distribución de leña". Varias conclusiones alcanzadas en estos capitulos son importantes para el desarrollo del concepto:

  - la mayoría de las industrias consumidoras de petróleo tienen severas limitaciones en el espacio disponibles en la planta para almacenamiento y procesamiento (tal como desmenuzar) de leña;

  - el consumo de combustible en el sector privado (excepto el cemento) está concentrado en la región de Alajuela/San José, una situación que ayuda al suministro del combustible preprocesado de una instalación central o "refinería";

  - la mayoría de los consumidores industriales son bastante pequeños.

  Cada uno de estos puntos basados en la encuesta de plantas industriales, refuerzan la utilidad de un centro regional. Con un centro como éste, los consumidores industriales podrían confiablemente obtener combustible picado aún en los rangos de humedad especificados, con mínima atención administrativa.

  La sustitución puede usar compactos sistemas comerciales con inventarios de leña mínimos. La importancia potencial de tal simplificación del manejo de materiales se muestra en la primera parte del capítulo VI, el cual discute varias opciones del manejo y preparación de la leña. Una ventaja de una instalación centralizada en lugar de almacenar y desmenuzar madera en la planta industrial es que equipo esencial puede ser usado a factores de carga mucho más altos.

- El análisis de sistemas para sustitución en el punto de uso final se inicia con las calderas. Si excluimos el cemento, las calderas son responsables del 80% del consumo de combustible en las industrias encuestadas. Ningún intento se ha hecho para determinar cuál es el mejor de varios tipos de tecnología comercialmente disponible. Esta es una elección que debe ser hecha en un proceso posterior. Las características (incluyendo el precio) son simplemente comparads a diferentes escalas.

- El posible impacto en el costo de la fabricación local es una característica importante que recibe considerable atención. Parece que la fabricación local, en lugar de la importación, podría reducir significativamente los costos de las tecnologías de pre-combustores y gasificadores, pero la fabricación local de calderas para combustibles sólidos no es viable.

Otras dos variables clave están sujetas a pruebas de sensibilidad. El factor de carga es predeciblemente importante. Un factor de carga del 45% es el rango más común (Figura 5.1.2) y esto se toma como base para la mayoría de los cálculos subsecuentes. El impacto en el costo de la escala (a tamaño) de la unidad puede, sin embargo, ser menos importante que lo que se asume generalmente y es ciertamente menos predecible (figura 6.2.6). Todos los sistemas analizados tienen procedimientos de operación estándard, con altos patrones de seguridad.

- Un esquema detallado es trazado para suministrar el 15% del consumo de combustible de una planta de cemento. Esto está basado en un detallado caso de estudio en el Volumen II.

El Capítulo VII junta las características (y sus impactos asociados de costo) para los diferentes componentes (abastecimiento, transporte, manejo de materiales, conversión para uso final) de los ciclos de combustible y examina la implicación de diferencias en estos componentes en ciclos de combustible representativos. Entre los problemas examinados estan los de la política de precios para el bunker. Las implicaciones del análisis económico y financiero presentado para los ciclos representativos de combustible se exploran más a fondo en términos de evaluación de mercado. El siguiente Capítulo VIII explora problemas relacionados de traslado de tecnología contra un fondo de estudio de la capacidad existente de fabricación/manufactura y la posición de potenciales suplidores de tecnología extranjeros. Algunos de los puntos clave que emergen son:

- la importancia del análisis que incluye el "ciclo de combustible" completo desde el material verde hasta el apilado en la chimenea. Puede dividirlo en sus componentes de costo más importantes. Una cantidad limitada (16) de muchas posibles variaciones son exploradas en las figuras 7.1.1 y 7.1.2. Los casos mostrados son representativos de la mayoría de las posibilidades en los puntos de suministro y demanda, pero no pretenden ser exaustivos. El lector es alentado a intentar hacer sus propios análisis de sensibilidad. Nosotros difícilmente podemos anticipar todas las variaciones y permutas de interés para los lectores.

- Parece que los precios del bunker alcanzan ahora un nivel en el cual cambios relativamente pequeños pueden tener un impacto relativamente grande en un mercado bien organizado. Esto es, la elasticidad de la sustitución rentable es bastante grande. Esta estimación está mezclada con implicaciones para la política de precios del bunker. Un resultado concierne al bajo precio del bunker en el mercado internacional. Otro problema concierne al impacto de un análisis socioeconómico de costo beneficio más cuidadoso (por ejemplo, eliminando los impuestos sobre algunas entradas y posiblemente utilizando precios sombra para algunas otras entradas, tales como mano de obra no especializada y tipo de cambio). El análisis preliminar en este sentido sugiere que tenderá a aumentar la relativa atracción de la bioenergía. Existe un papel importante para la políticas del gobierno a efecto de hacer las señales de precio relativos percibidas por la industria más cerca de su nivel económico de lo que es actualmente el caso.

- Aún con ajustes, los márgenes no serán altos en muchos casos importantes. Dados los problemas estructurales del mercado, el margen puede ser inadecuado para estimular la inversión necesaria en equipo de sustitución, fuera de unos pocos casos. El mismo problema existe para fabricantes extranjeros de equipo, quienes podrían invertir en fabricación local, con el potencial indicado anteriormente para reducir los costos de producción y expandir el mercado. El mercado costarricense es pequeño y aún así puede segmentarse, pero hasta que no haya algún progreso en cuanto a la estructuración del mis mo, seguirá siendo riesgozo. Esto además de los problemas usuales involucrados en la negociación de transferencia de tecnología. Algún tipo de intervención del gubernamental será necesaria para organizar el mercado, posiblemente para "encender la mecha" e iniciar la transferencia de tecnología y la producción local de equipo, incrementando en concecuencia, las plantaciones para leña. Una discusión más detallada de tales posibles medidas, aparece en el último capítulo sobre conclusiones.

El capítulo final presenta una serie de recomendaciones y conclusiones. Estos incluyen conclusiones tomadas del análisis como recomendaciones finales que surgen del estudio. Las recomendaciones cubren tanto política y posibilidades para el proyecto que se toman de los resultados generales del análisis presentados dentro del informe así como de los análisis específicos de casos documentados en los anexos.

Además del texto central descrito (volúmen uno del proyecto) existen abun-

dantes anexos que, sin embargo, no serán distribuidos extensamente. Una cantidad considerable del material de los anexos está casi listo para formar artículos independientes para su publicación en español, y sin lugar a duda serán publicados pronto. Otra parte del material se refiere más bien a datos básicos, de considerable interés para unas pocas personas y aburrido para el resto.

El Volumen II del proyecto se compone de cuatro estudios de factibilidad de sitios específicos que fueron seleccionados después de cuatro meses de estudio. Estos son:

- Industria Nacional de Cemento - los mayores consumidores de bunker del país (sustitución del 15-20%).

- La pequeña caldera del hospital de Guápiles de la CCSS que consume diesel (sustitución del 95%). Aunque "pequeña", la caldera consume el equivalente de 3-4 de los camiones más grandes de diesel que circulan por las carreteras del país.

- La secadora de maíz del CNP en Guácimo que consume diesel (sustitución del 40-90%). Este es un caso donde la planta consume 140,000 litros de diesel por año para secar maíz, y paga para la remoción de los olotes. Como en los dos casos anteriores, este probó ser altamente rentable a nivel del análisis de pre-factibilidad.

- El cuarto caso, probó la tecnología disponible para la sustitución de combustible biomasa y llegó a la conclusión de que la sustitución no

era factible para ese caso, esencialmente por razones técnicas actuales. El caso se refiere a la secadora de Scott Paper, que consume diesel. Las necesidades combinadas de control de precisión, gas limpio, y la ubicación del gasificador a 120 metros de distancia derrotaron todo sistema económico en el que pudieramos tener confianza. El caso de Scott Paper nos parece un candidato serio para una sustitución diferente, la electricidad.

Los estudios de factibilidad que aparecen en el Volumen II del proyecto, fueron escogidos en colaboración con la Dirección Sectorial de Energía por ser blancos confiables para una inversión a corto plazo proyectos que debieran ser interesantes comercialmente. Tres de los cuatro probaron ser interesantes, y han pasado a ser parte básica de los proyectos de demostración propuestos en las conclusiones del volumen uno.

Los proyectos de demostración propuestos no son inmediatamente típicos del mercado que deberá ser desarrollado eventualmente. La demostración de la caldera, por ejemplo, es atípica por ser tan pequeña.

Los proyectos propuestos son esfuerzos pragmáticos de relativamente bajo costo en lugares donde la ganancia parece ser más alta de lo promedio. Aún así, los proyectos de demostración, tomados como grupo, representan el esqueleto de un progama válido para probar los razonamientos de este volumen y dar un paso hacia un nuevo nivel de comprensión. Cado una de las tres categorías básicas de uso final de este estudio está representada en las demostraciones propuestas. La demostración también se extiende de la

situación donde la energía de procesamiento de calor es de importancia fundamental para la planificación de la corporación a situaciones donde los gerentes pueden encontrar difícil conectar inmediatamente su uso de energía con el término "proceso de calor". Las demostraciones prueban de varias maneras como concentrar los flujos de varios recursos provenientes de muchos proveedores a relativamente pocos consumidores. Estimulan la "integración vertical" de la capacidad técnica nacional.

Finalmente, además de los tres volúmenes, el proyecto produjo una mascota. Su nombre es Arturito, una ligera corrupción hispana del R2 D2 de la famosa película (Guerra de las Galaxias). R2 D2 es el primer gasificador de combustible sólido diseñado en América Central principalmente por ingenieros centroamericanos, y se parece mucho al pequeño heroe de la película.

Este trabajó bastante bien hasta que alguien encontró necesario sabotear la máquina durante un reciente taller regional sobre gasificadores de motores. Nuestro técnico sacó una pequeña montaña de piedras de la zona de cenizas de R2 D2 luego de que repentina y misteriosamente se negó a funcionar con el combustible que había consumido alegremente muchas veces antes. Ser saboteado durante una conferencia regional es una especie de cumplido con el reves de la mano.

R2 D2 está lejos de ser una máquina comercial. Fué construído de materiales desechados. El abanico,por ejemplo, es un abanico de capacidad inferior sobrante de una máquina Xerox.

Es una máquina diseñada de la literatura sobre el gasificador clásico CO--

corriente. El acto de diseñarla y fabricarla les ha servido a dos ingenieros costarricenses para eliminar gran parte del costoso misterio de la tecnología. Aparte de esto, no tiene importancia el hecho de que en gran parte su diseño no es innovativo. Aprender algunos principios primero, después innovar. El trabajo duro de absorber nuevos principios técnicos ya está en camino. Una segunda, mas durable maquina, ha sido diseñada y fabricada y pronto comenzará las cientos de horas de pruebas necesarias para siquiera comenzar la comercialización en serio. Todo esto ha acontecido durante el curso de un proyecto que se suponía produciría solo papeles, ya que el presupuesto para maquinaria era de cero.

R2D2 se convierte así en el símbolo para este proyecto porque representa el compromiso de actuar, aún a pequeña escala, para explorar seriamente y desarrollar el mercado.

C A P I T U L O I I

LA SITUACION DE LA ENERGIA EN GENERAL Y PROBLEMAS EN LA EVOLUCION DE LA DEMANDA DE BIOMASA EN LA AGRO-INDUSTRIA

2.1 Aspectos Generales de la Situación de la Energía

Como sector fundamental de la economía, el sistema de energía en Costa Rica ha reflejado durante los últimos años tanto la crisis que está sufriendo el país, como la continuación de tendencias estructurales a más largo plazo. Entre los años de 1980 y 1982, las demanda de los derivados de petroleo bajó en más de un 20%, más como resultado de una reducción en la actividad económica que por sustitución, o aumento de eficiencia. En este estudio, nos referimos al término "demanda final" en relación con estos combustibles. "Demanda final" quiere decir consumo de energía por otros que no sean las industrias que suplen la energía (por ejemplo, refinerías, plantas eléctricas). Los Cuadros 2.1.1 a 2.1.3, muestran matrices simplificadas de la demanda final para diferentes productos energéticos por el sector de demanda, transporte, agroindustria, etc. A pesar de que son muy simples si se comparan con los balances oficiales de energía, estas matrices ayudan a identificar importantes características estructurales y cambios. Como el énfasis de este estudio está en la sustitución del petroleo, nos concentrémonos primero en el uso de dicho combustible en varios sectores de demanda.

El sector del transporte es sin duda el más importante, siendo responsable por un 60-65% de la demanda final para los derivados de petroleo. Esta proporción no ha cambiado significativamente durante una década y en años

para América Latina. Dentro de este sector ha ido aumentando progresivamente la proporción de diesel, de aproximadamente la mitad del petróleo usado para transporte a casi 2/3, haciendo del sector del transporte de Costa Rica uno de los mayores consumidores de diesel en América Latina, si no el mayor. (Cuadro 2.1.1).

La categoría híbrida -agricultura e industria- es responsable por una demanda del 25-30%. Esta es dominada por el bunker, que ha ido aumentando gradualmente su parte en la demanda agro-industrial de derivados de petróleo. Esta tendencia se ve claramente en el Cuadro 2.1.4.

Agricultura e industria es una categoría un poco desafortunada, ya que agrupa a dos clases importantes de actividad económica, muy distintas una de la otra, en términos de las características de los servicios energéticos que las dominan. El consumo de combustible industrial está localizado geográficamente, es utilizado casi en su totalidad para procesar calor (en calderas, hornos, etc.) está concentrado institucionalmente (los 10 consumidores industriales mayores de aceite combustible en Costa Rica consumieron el 77% de ésta en 1981), y predomina abrumadoramente el uso del bunker.

El consumo de combustible del sector agrícola está geográficamente disperso y relativamente disperso institucionalmente. Nadie sabe cuál es el consumo de los 10 o 50 consumidores agrícolas mayores en relación con el total del sector, pero no se aproxima al 77%. Existe un uso altísimo de combustible para motores de combustión interna (en vez de para procesar

calor) predominando el uso de diesel. Como la demanda del combustible de petróleo para procesar calor es tan baja en el sector agrícola, el informe tendrá muy poco que decir sobre la sustitución del combustible en la agricultura.

Al agrupar dos sectores tan diferentes, la resolución analítica que se podría obtener del existente balance energético oficial se hace confusa. Una recomendación vehemente de este estudio es separar esta categoría en "industria" y "agricultura".

Una consecuencia de este cambio en metodología, si se llevara a cabo inmediatamente, sería poco reconfortante. Mostraría cúan equivocadas estan las actuales estimaciones de consumo del sector agrícola. Por ejemplo, todas las ventas de aceite diesel de las estaciones de servicio fueron acreditadas al sector de transporte. Aunque esto no conducirá a un error de importancia en la estimación del sector de transporte, se deduce claramente por la escena familiar del agricultor llenando su estañon en su camión pick-up, que se está subestimando sustancialmente el consumo del sector agrícola. Para poder proporcionar una estimación básica, será necesario realizar un estudio especial.

Es apropiado estudiar con atención el sector agrícola de Costa Rica por su relativa importancia para el país. Existen dos imágenes que pueden ilustrar y ayudar a definir de manera interesante este evidente punto. Los Cuadros 2.1.2 y 2.1.3 muestran el porcentaje de población en áreas urbanas versus ingresos per cápita ~~(de manera~~ respectivamente, para la mayoría de

el valor agregado del sector agropecuario como porcentaje del PIB y

los países Latino Americanos. Ellos nos dicen que Costa Rica tiene, cuando consideramos su nivel de ingresos per cápita, una economía de la cual un porcentaje excepcionalmente alto de la población vive en el campo y que una fracción excepcionalmente grande del producto doméstico bruto (GDP) es generado en el sector agrícola.

Costa Rica se sitúa claramente entre aquellos países de América Latina donde la agricultura y la economía rural han tenido y probablemente continuarán teniendo un papel principal en el desarrollo del país. Un exitoso programa de energía biomásica de tipo general que se discute en este estudio podría fortalecer la economía rural de varias maneras, y sería visto desde la perspectiva de su impacto en esta economía rural. En nuestro estudio previo (ref. 8) el énfasis se hizo en los impactos sobre la distribución de ingresos provenientes de la renta económica[1] y cómo esto podría ser influenciado por los cambios de política.

Cuando estudiamos la industria como tal encontramos, como ya se explicó, una prevalencia en el uso del bunker aún mayor de la mostrada en Cuadro 2.1.4 (En el capítulo V se analizarán características más detalladas del mercado industrial). Esto significa que la conservación y sustitución de combustible en el sector industrial tenderán a reducir, en forma abrumadora, el consumo del bunker en lugar del de otros derivados del petróleo.

Si se estudian varios sectores de demanda, se podrá comprobar que la in-

---

[1] "Renta Económica" es la ganancia en una transacción en exceso de los costos.

dustria es el sector con mayor potencial para reducir el consumo de petroleo económicamente, y el que tiene la mayor cantidad de proyectos dirigidos en ese sentido para ayudar a estimular la consecución de ese potencial. Por ejemplo, además de este estudio, encontramos los siguientes proyectos que ya se han iniciado o pronto se iniciarán - carbón, turba (ambos estudiados como combustible para la industria), de plantaciones de bosques y combustible biomasa, análisis de factibilidad para una planta de cemento, "briquetts", y uno, quizás dos, proyectos de conservación de energía industrial, más la significativa sustitución que ocurrió en INCSA donde se usó coke de petroleo y coquito.

En comparación, el sector transporte, que es el mayor consumidor de petroleo, es el menos comprendido y no existe ningún programa de importancia orientado hacia la conservación o la sustitución. Por lo tanto, parece probable que el sector donde podría ocurrir la sustitución y conservación más importante es en el de la industria. Si esto ocurriera, el consumo de bunker bajaría en relación con los otros derivados. Esto no es conveniente, porque el bunker ya está siendo producido en exceso por la refinería en Limón y deberá ser vendido en el exterior bajo términos relativamente pobres. En realidad, desde el punto de vista del refinador, la reducción en este momento del consumo de bunker más que de gasolina o de diesel, no es deseable. Como el refinador -RECOPE- es una institución importante e influyente, esto establece una ambigüedad con algo de tensión en el corazón del proceso político. Esta ambiguedad se refleja en el hecho de que al mismo tiempo que el gobierno esta activamente preparando programas para

reducir el uso del petróleo en la industria, y realmente ha hecho de la industria el foco principal de sus esfuerzos en este sentido, está subvencionando el consumo del combustible principal de la industria.

El análisis del altamente complejo problema de la refinería está totalmente fuera de los límites de este estudio. Nuestro objetivo, sin embargo, es simplemente señalar cuanto pueden abarcar las implicaciones de esta tensión y cuan crítica es no solamente para el programa de biomasa si no para otros programas en formación para el sector industrial. Es con esto en mente que se debe leer la breve discusión sobre la política de precios en el capítulo VII.

En la actualidad el gobierno está enviando señales opuestas al sector industrial - por un lado se les da el precio subvencionado del combustible y por el otro se les entrega un paquete de programas con estudios, análisis de factibilidad, líneas de crédito, etcétera. Deberá haber coherencia entre las dos señales.

El tercer sector de mayor demanda (residencial y comercial) es un consumidor mucho más pequeño de los derivados de petróleo que la industria y el transporte. A fines de 1970, era responsable por menos del 6% de la demanda final de los productos de petróleo, una de las fracciones más bajas en América Latina. Desde 1980, el consumo ha sido recortado en más del 50% en el ajuste sectorial más dramático que haya ocurrido en cualquier país (Cuadros 2.1.1 -2.1.3). Actualmente solamente como el 3% de la demanda final de petróleo parte de este sector.

En contraste, este sector es el mayor consumidor de electricidad (Cuadro 2.1.5). Costa Rica tiene una de las proporciones mas bajas de demanda de electricidad industrial a residencial/comercial en América Latina. El sector es también el mayor consumidor de leña. En efecto el consumo es tan alto, que de acuerdo a datos del Balance de Energía, el valor energético de esta leña excede el de todo el petróleo consumido por el sector del transporte. Esta cifra obviamente exagera la importancia de la leña (la mayor parte utilizada para cocinar) en la economía energética. La cifra es tan alta porque la leña se usa en forma muy ineficiente para cocinar en relación con los derivados del petróleo. Por ejemplo, datos de encuestas sugieren que la familia promedio consume en leña en un día el mismo peso que el del LPG consumido en un mes por una familia promedio que utiliza dicho combustible. Sin embargo, esta cifra puede proporcionar un estándar contra el cual juzgar la magnitud del posible flujo a más largo plazo de leña a industria. Como se discute aquí, en realidad se consumen grandes cantidades de leña en este sector, actualmente estimado en 900,000 toneladas (secadas al aire) por año. Esta llena las necesidades para cocinar (y una pequeña para calefacción) de aproximadamente un 40% de los hogares, la mayoría de ellos rurales. Esta madera proviene de diversas fuentes incluyendo aserraderos, cafetales, cercas, etcétera, que en general no involucran la deforestación directamente. La mayor parte no es comprada. La Dirección Sectorial de Energía (DSE) ha realizado un estudio importante del uso de combustible residencial cuyos resultados deberán estar disponibles dentro de poco tiempo. Esto deberá ayudar a definir un poco más claramente la relación entre los mercados de leña en los sectores residencial

y (el mucho más pequeño) industrial. Existen algunos puntos donde los dos mercados compiten; por ejemplo, la madera de los cafetales es usada por los beneficios y por los trabajadores de las fincas (quienes parece utilizan la mayor parte).

Al existir competencia por leña entre estos dos mercados, acontecimientos en el sector residencial han servido para hacer subir el precio de la leña para uso industrial a través de los últimos años.

Como ya se ha señalado, el consumo de los derivados de petróleo (LPG y canfín) en el sector residencial mostró un pronunciado descenso (del 55%) de 1980 a 1982. Este descenso fue debido principalmente al pronunciado aumento en los precios del LPG y del canfín que ocurrió en 1981 (ver Cuadro 2.1.6 abajo) y de acuerdo al personal del DSE este descenso no fue compensado por la sustitución con electricidad. Como este lapso también coincidió con una baja en los ingresos, puede haber habido también una baja en el consumo (sin embargo, la mayor parte del LPG se utiliza para cocinar y este es un servicio bastante básico). Sin embargo es claro que hubo un incremento sustancial en el consumo de leña en el sector residencial, como se puede ver por ejemplo en el rápido desarrollo en 1982 de la producción de carbon de leña para cocinar, obtenido de desechos de los aserraderos en Limón. Antes de febrero de 1982 existían grandes cantidades de estos desechos; para junio de 1983 todo había sido utilizado. Por el grado de influencia de este resurgimiento en la demanda residencial de leña para cocinar, en el mercado industrial de leña, jugó un papel en la inflación de los precios de leña para uso industrial que ocurrió en

1981/82 y que se discutirá más adelante.

Nos hemos concentrado hasta ahora en la demanda final, especialmente en lo que concierne al combustible. El "sector que suministra la energía", que no está incluído en la demanda final, también es un consumidor importante de energía. Lógicamente, es un sub-sector especial de industria (es interesante observar que mientras el refinamiento de ~~aceite~~ petroleo está incluido en los renglones nacionales contables como una industria, la generación de electricidad está incluída bajo servicios), como tal podría formar una extensión natural de este estudio a pesar de la separación formal en categorías de análisis de energía.

La refinería RECOPE podría ser el centro industrial idealmente situado más importante de demanda de combustible en el país ya que tiene altos factores de carga y grandes recursos de leña de desecho ubicados más cerca que cualquier otro centro de demanda. Es interestant que nunca se le ocurrió a nadie incluir a RECOPE en el análisis. Quizás ello esté relacionado con la "tensión" a que nos referimos antes.

En lo que se refiere a la generación de electricidad, el motivo es un poco más claro y simple. Como se muestra en Cuadro 2.1.5, la generación de electricidad consume muy poco petroleo o diesel hoy día, de manera que virtualmente no existe mercado en esa dirección. Esto es poco usual para América Latina. Tan recientemente como 1979, la situación de Costa Rica era más típica con la América Latina de la actualidad. La velocidad de la transición es verdaderamente asombrosa. Fue realmente una suerte para el

país que el ICE pudiera ahorrarle un 20% del consumo total de diesel en menos de dos años, cuando la segunda crísis de ~~aceite~~ petroleo estaba en su apogeo. Como consecuencia de esto, sin embargo, el mercado potencial para modificar los sistemas basados en la biomasa es bastante limitado.

Nuestro propósito al estudiar someramente varios aspectos de la demanda de combustible de los sectores más importantes no es el de intentar un diagnóstico balanceado de la situación energética en Costa Rica hoy día. Más bien intenta señalar al lector algunos factores de la situación energética que pueden ser relevantes para la definición de un programa para la sustitución del petróleo por biomasa en la industria.

CUADRO 2.1.1

MATRIX SIMPLIFICADA DE OFERTA Y DEMANDA DE ENERGIA - 1980

(TERAJULIOS DE DEMANDA FINAL)

Vector de Consumo
Vector de oferta

~~Sector de Consumo~~ Sector de Energía	Residencial y Comercial	Transporte	Industria y Agricultura	Otros	Total
LPG	913	-	105	71	1,084
Gasolina	-	5,803	-	8	5,811
Canfín	699	938	176	-	1,813
Diesel/Gasolina	-	12,435	1,633	105	14,173
Bunker	-	-	5,439	983	6,422
SUBTOTAL DE LOS DERIVADOS DEL PETROLEO	1,612	19,176	7,353	1,167	29,308
Leña	17,400	-	679	-	18,079
Residuos agrícolas	-	-	5,288	-	5,288
Carbón	373	-	-	-	373
SUBTOTAL DE BIOMASA	17,773	-	5,967	-	23,740
Electricidad	4,367	29	2,520	156	7,072

C-2.1.1

CUADRO 2.1.2

MATRIX SIMPLIFICADA DE ABASTECIMIENTO Y DEMANDA DE ENERGIA - 1981

(TERAJULIOS DE DEMANDA FINAL)

Vector de Energía	Residencial y Comercial	Transporte	Industria y Agricultura	Otro	Total
LPG	816	-	184	47	1,047
Gasolina	-	5,053	-	-	5,053
Kerosene	356	708	184	-	1,248
Diesel/Gasolina	-	11,045	1,998	59	14,002
Bunker	-	-	6,439	955	7,394
SUBTOTAL DE DERIVADOS DE PETROLEO	1,172	16,806	8,805	1,061	27,844
Leña	17,400	-	679	-	18,079
Residuos agrícolas	-	-	5,371	-	5,371
Carbón	381	-	-	-	381
SUBTOTAL DE BIOMASA	17,781	-	6,050	-	23,831
Electricidad	4,731	42	2,717	138	7,628

FUENTE: Balance Energetico - 1981.

C-2.1.2

CUADRO 2.1.3

MATRIX SIMPLIFICADA DE ENERGIA Y DEMANDA - 1980

(TERAJULIOS DE DEMANDA FINAL)

~~Sector de Energía~~	Residencial y Comercial	Transporte	Industria y Agricultura	Otros	Total
LPG	452	-	184	17	703
Gasolina	-	4,877	-	-	4,877
Kerosene	285	674	159	13	1,130
Diesel/Gasolina	-	9,504	1,332	281	11,114
Bunker	-	8	3,668	1,654	5,330
SUBTOTAL DE LOS DERIVADOS DEL PETROLEO	737	15,063	5,343	2,015	23,158
Leña	17,367	-	770	-	18,137
Residuos agrícolas	-	-	5,183	-	5,183
Carbón	385	-	-	-	385
SUBTOTAL DE BIOMASA	17,752	-	5,953	-	23,705
Electricidad	5,234	25	1,934	264	7,457

C-2.1.3

NOTAS A LAS FIGURAS 2.1.2 & 2.1.3

		% Urbana	1981 PIB/Capita	1981 % VA Agro/PIB
1	Argentina	86.3	1796	13.7
2	Bolivia	33.0	550	17.5
3	Brasil	69.0	1554	8.4
4	Colombia	78.1	925	23.6
5	Costa Rica	47.0	1446	19.1
6	Chile	80.6	1675	8.3
7	Ecuador	44.0	1053	14.7
8	El Salvador	40.5	605	25.8
9	Guatemala	32.2	1183	25.1
10	Guyana	48.1	787	18.2
11	Haití	26.0	271	31.9
12	Honduras	36.8	616	28.7
13	Jamaica	73.5	1414	8.9
14	México	65.9	1954	8.9
15	Nicaragua	59.2	889	24.5
16	Panamá	54.7	1983	13.0
17	Paraguay	36.5	1205	30.3
18	Perú	72.6	1294	11.7
19	República Dominicana	55.4	1044	16.9
20	Uruguay	81.6	2156	12.5
21	Venezuela	79.0	2615	6.2
	L. A.	67.0	1555	10.8

CUADRO 2.1.4

EVOLUCION DE LA DEMANDA

AGRO INDUSTRIAL DE DERIVADOS DE PETROLEO

(TERAJULIOS)

AÑO / DERIVADOS	1973	1978	1979	1980	1981	1982
LPG	92	117	92	105	164	164
Gasolina	-	-	-	-	-	-
Kerosene	-	184	193	176	164	159
Diesel	2,395	2,211	1,633	1,633	1,989	1,773
Bunker	3,027	4,760	5,192	5,459	5,431	5,662
TOTAL	5,514	7,272	7,110	7,353	8,746	7,758

C-2.1.4

CUADRO 2.1.5

ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL SECTOR ELECTRICO

AÑO	1975	1978	1979	1980	1981	1982
Consumo eléctrico: total (TJ)	4191	6074	6452	7072	7628	7457
Residencial y comercial (TJ)	2746	3839	3718	4367	4731	5234
Industria (TJ)	1315	2043	2529	2520	2717	1934
DEMANDA CON RELACION A: Industrial / Residencial & Comercial	0.48	0.53	0.68	0.58	0.57	0.37
Consumo de diesel para generación de electricidad (TJ)	1579	3802	3412	841	343	389
Consumo de bunker para generación de electricidad (TJ)	908	1809	1269	197	4	0
Consumo de petróleo para electricidad/consumo de petróleo para demanda final %	12.4	19.8	16.0	3.5	1.4	1.7
Consumo de diesel para electricidad/consumo diesel para demanda final (%)	18.6	28.3	25.0	5.9	3.0	3.5

CUADRO 2.1.6

A.- PRECIOS DE VENTA DE LOS PRINCIPALES DERIVADOS: PROMEDIO ANUAL 1978-83

Colones/litro

AÑO	BUNKER	DIESEL	KEROSENE	LPG	GASOLINA
1978	0.75	1.03	1.06	-	2.22
1979	0.84	1.54	1.53	-	3.87
1980	1.04	2.63	2.55	-	6.19
1981	2.13	6.32	6.83	-	10.24
1982	6.11	13.28	13.10	10.21	17.42
1983	7.21*	19.06*	17.98*	12.65*	24.06*

* Resultados parciales del año.

B.- PRECIO DE VENTA EN COLONES CONSTANTES (Deflector Implícito de PIB, 1978 = 100)

AÑO	BUNKER	DIESEL	KEROSENE	LPG	GASOLINA
1978	0.75	1.03	1.06	-	2.22
1979	0.77	1.41	1.40	-	3.54
1980	0.80	2.03	1.97	-	4.78
1981	1.13	3.37	3.64	-	5.46
1982	1.6	3.86	3.44	-	4.55

CONSUMO DE DIESEL PARA TRANSPORTE COMO PORCENTAJE DEL CONSUMO DE DERIVADOS DE PETROLEO EN EL SECTOR DE TRANSPORTE

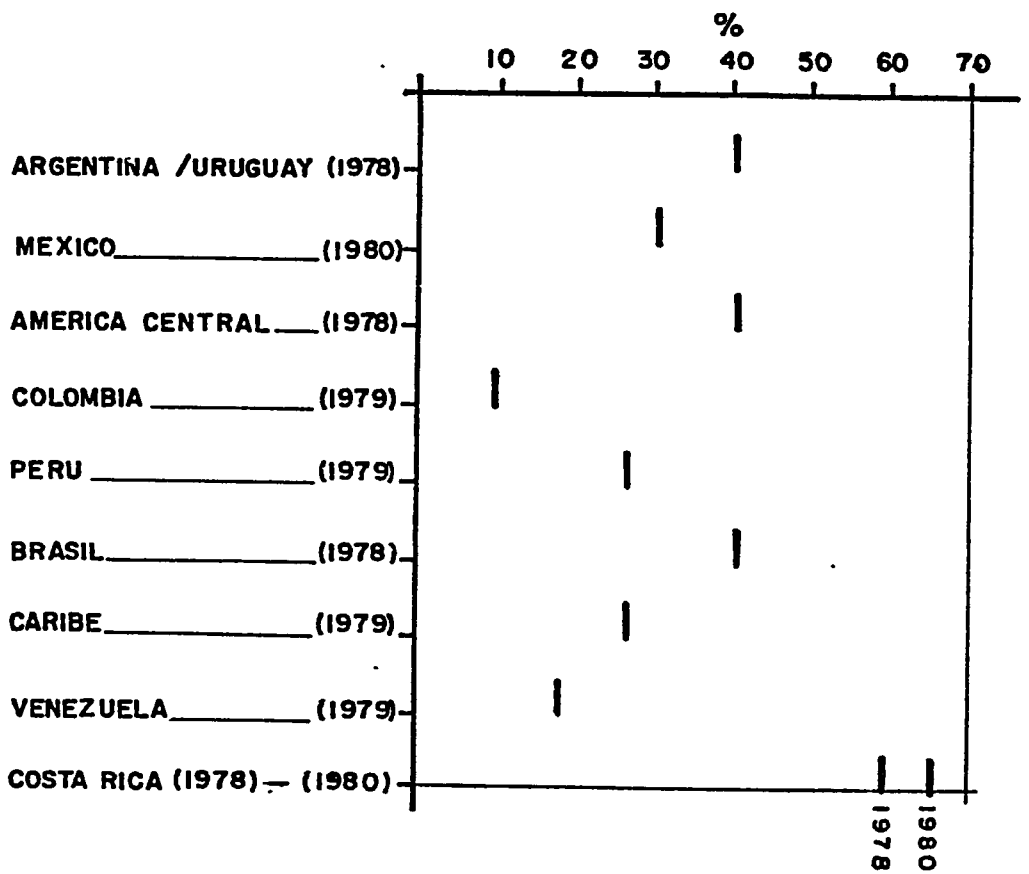
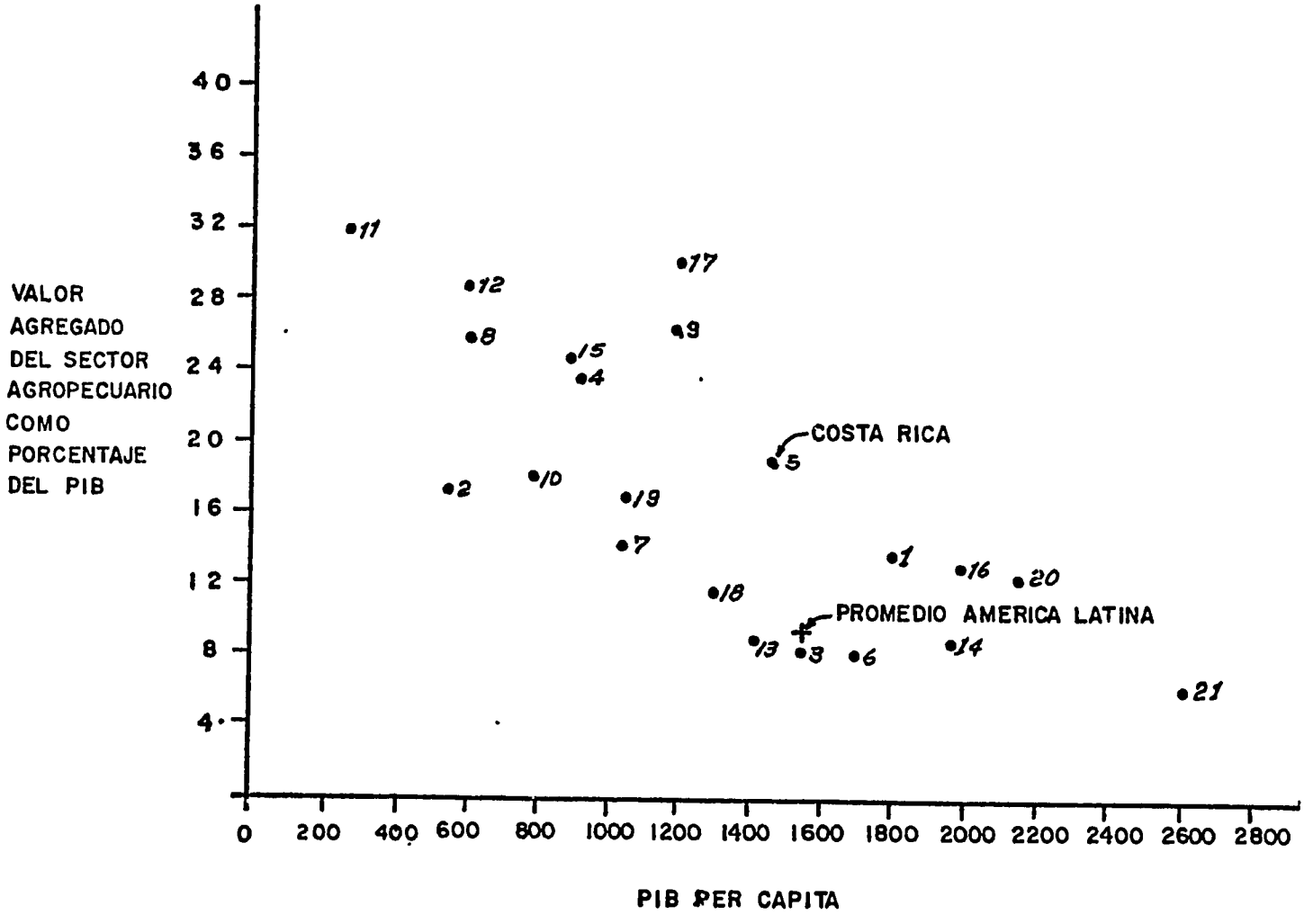


FIGURA 2,1,1

RELACION ENTRE PIB PER CAPITA Y EL PORCENTAJE DE PIB PROVISTO POR SECTOR AGRICOLA-AMERICA LATINA



NOMBRES INDICAN PAIS, VER NOTAS A LA FIGURA

FIGURA 2,1,2

RELACION ENTRE PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CAPITA Y EL NIVEL DE URBANIZACION-AMERICA LATINA

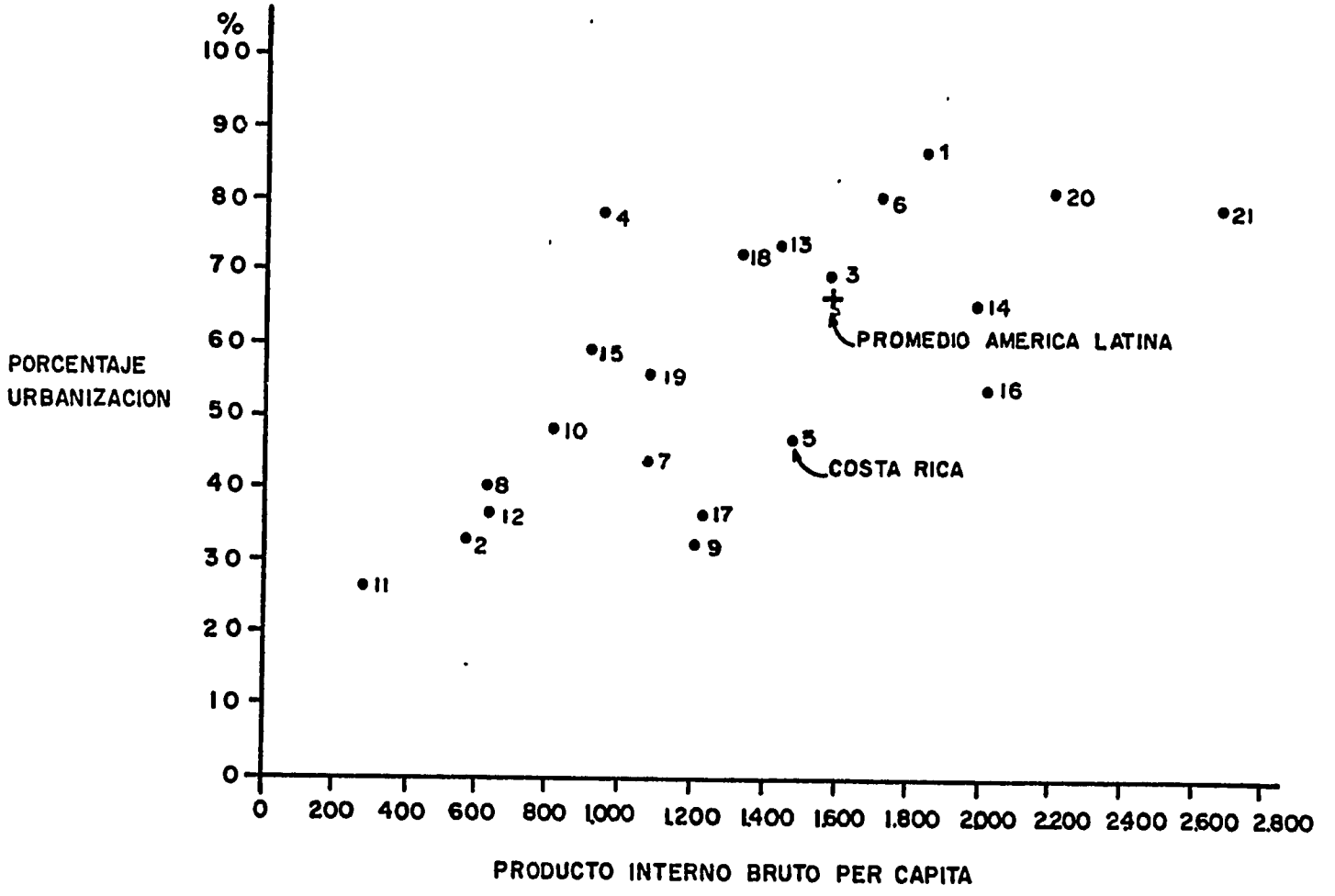


FIGURA 2,1,3

2.2 Problemas en la Evolución del Mercado para Combustibles Biomasa para la Industria

Como se vió en ~~el capítulo~~ la sección anterior, la biomasa constituye una fuente importante de energía en Costa Rica actualmente. Además de desempeñar un papel importante en la cocina del sector doméstico (casi siempre en forma de leña), suple una parte significativa de la demanda energética de un número de sub-sectores industriales tales como el secado del café, azucar, secado del arroz, cal, evaporación de sal, y cerámica.

Además, la biomasa es extensamente considerada como importante fuente potencial para la sustitución de los derivados del petróleo en sectores y aplicaciones corrientemente dominados por éstos.

El objetivo de este informe es explorar este potencial de demanda energética en los sectores agro-industriales, haciendo énfasis particularmente en problemas y dudas de relevancia inmediata para la política y el desarrollo de proyectos gubernamentales, así como para decisiones privadas. Desde este punto, es una adición, pero sustancialmente diferente en concepción, a un proyecto anterior realizado conjuntamente con el ITCR. (referencia 8).

El proceso de sustitución del petróleo en la industria podría haber tenido gran ímpetu, al menos en principio, debido al aumento en el precio del petróleo durante 1979-81. En la práctica, relativamente poco ha ocurrido hasta ahora. Varios usuarios tradicionales de la agro-industria que nunca habían abandonado totalmente los combustibles biomasa, continuaron el pro-

ceso de incrementar la sustitución que se inició a partir de 1974. El principal de ellos fue la industria del secado de café, que no solo ha seguido incrementando la sustitución del petróleo por biomasa, si no que ha incrementado el uso de la cáscara del café en lugar de la leña y ha dado algunos pasos aislados para incrementar la eficiencia de los sistemas de secado que utilizan biomasa. Entre los nuevos sistemas se han probado calderas y sistemas de combustión de fuego directo sin compensadores de temperatura, como se describe en el anexo 8. Sin embargo, en ésta y en otras industrias tradicionales que consumen leña, tales como la de la sal, cerámica, cal, panaderías, y carbón de leña, la práctica sigue siendo relativamente ineficiente[1].

Fuera de las industrias tradicionales que consumen leña, la respuesta ha sido limitada.

- Las arroceras han comenzado a sustituir el diesel para el secado del arroz, con cáscara del mismo disponible en el sitio. Aproximadamente la mitad de la capacidad ha sido convertida, haciendo de este subsector industrial el que ha tenido la mayor penetración relativa en años recientes.

- Dos plantas de cemento iniciaron experimentos con el uso de coquito para sustituir el bunker. Una de ellas fue cerrada subsiguientemente

---

[1]Están comenzando a introducirse prácticas más eficientes para la producción del carbón de leña en las industrias que tradicionalmente usan leña, con variaciones del horno colmena que apoyamos en nuestro estudio anterior.

mientras que la otra ha continuado con esta sustitución, alcanzando una sustitución de un 20 por ciento.

- Fuera de los beneficios de café, donde se han construido varias calderas para combustible sólido como una alternativa posiblemente más eficiente del uso de combustible biomasa para el secado, ha ocurrido muy poca sustitución del petróleo en la generación de vapor. Conocemos solamente dos pequeños sistemas que han sido instalados en la industria de la madera, donde existen residuos disponibles en el sitio.

La respuesta limitada a la segunda crísis del petróleo es un hecho de importancia. El reconocimiento de este hecho ha tenido un impacto considerable en la estrategia de este proyecto, ya que sugiere que ha habido barreras hacia el cambio y la adaptación.

El diagnóstico y análisis de estas posibles barreras, sean quantitativas o no, tendrá tanta importancia en este proyecto como el análisis del potencial económico. Un punto útil para comenzar a considerar estas barreras es la política de precios, generalmente la forma más común de disimular las posibles reacciones a las señales de los precios del mercado internacional.

Como ya se anotó, el derivado más importante del petróleo para nuestro estudio de sustitución industrial es el bunker. La tabla 2.1.6 muestra la evolución de precios para éste y otros derivados importantes del petróleo. El bunker fue el último en experimentar un aumento importante en el pre-

cio, y no fue sino hasta mediados del año 1982 que dejó de ser subsidiado. Esta tabla con sus promedios anuales esconde algunos detalles importantes que se muestran más claramente en el cuadro 2.2.1. De esta manera, el precio del bunker, después de subir truscamente en julio de 1982, permaneció a un nivel alto (8.5 colones por litro) hasta febrero de 1983. Desde entonces el precio ha bajado dramáticamente. Esto se debe en parte a cambios en el precio del petróleo importado pero también a políticas. Con el precio de combustible a 6 colones está, una vez descontada la inflación interna, por lo menos un 40% más bajo de donde estaba a fines de 1982 y aún más bajo de lo que estaba en 1982, cuando de acuerdo al estudio realizado en ese tiempo (ref 8) el precio del bunker hacía antieconómica una sustitución que no fuera a un nivel muy modesto. Sin embargo en términos generales, la industria costarricense ha experimentado en solo 18 meses políticas de precios para el bunker que van desde la restricción de la sustitución hasta el fuerte estímulo de la misma y de nuevo otra vez a la restricción. Las fluctuaciones de este tipo son incoherentes con cualquier política para estimular la sustitución. Su existencia es otra clara señal de la ambiguedad en el corazón de la política energética hacia la industria, que se señaló en la sección anterior.

El diesel es el derivado de petróleo segundo en importancia en la industria (aunque si excluimos su uso en agricultura su uso es mucho menor en la industria). La evolución de precios para diesel ha sido más consistente, y no ha sido sujeta a la misma amplia fluctuación que el bunker. El precio actual del diesel es de 18.8 colones por litro, tomando en cuenta

Electricidad	4,367	29	2,520	156	7,072

C-2.1.1

la inflación interna que ha bajado ligeramente desde finales de 1982. A partir de febrero 1982, el precio promedio del diesel/bunker ha aumentado de 2.4 a 3.1. Esto ha tendido a que el costo de transporte esté más en relación con el valor del bunker sustituído; un cambio que es desfavorable para la biomasa. Finalmente, como se discutió en la sección anterior, los cambios en los precios de combustibles alternativos para cocinar para el sector residencial, como el LPG y el canfín, tendieron a poner mayor presión sobre la leña y esto podría haber desalentado indirectamente la sustitución en la industria al aumentar el precio de la leña.

Así las cosas, la reciente política de precios para los derivados del petróleo probablemente ha servido más como impedimento que como estímulo para la sustitución del petróleo en la industria. Nos preguntamos, sin embargo, es adecuada en sí para explicar la casi parálisis que ha ocurrido en la sustitución en la industria?.

A fin de contestar esa pregunta hemos estudiado un poco la evolución de los precios de leña para combustible. Tres características inmediatamente distinguen al mercado de leña del mercado de los derivados del petróleo. Primeramente, los precios son el resultado de la oferta y la demanda y no son administrados. Segundo, los mercados son regionales o sub-regionales y no nacionales. Tercero, los estándares estan pobremente definidos (aún para los usuarios industriales); se lleva un registro mínimo, y los precios disponibles son una mezcla de "f.o.b." y precio de entrega (los precios de los derivados del petróleo son todos de "entrega").

Electricidad	4,731	42	2,717	138	7,628

FUENTE: Balance Energetico - 1981.

C-2.1.2

Existen dos ejemplos para dos mercados principales regionales industriales de leña -las salineras del Guanacaste (60,000 metros cúbicos/año) y los beneficios de café del Valle Central (180,000 metros cúbicos/año). Ver tabla 2.2.1. Lo primero que se debe observar es la forma diferente en que estos dos mercados regionales reaccionaron desde 1980. En Guanacaste, la tasa total del incremento de precios fue menor que ~~durante~~ la inflación después de 1980, mientras que en el Valle Central permaneció (luego de un breve descenso en 1981) muy por encima.

Una posible causa para el descenso en Guanacaste es el cambio -supuestamente grande- de leña a energía solar para el secado, aunque no existen datos quantitativos todavía. Es interesante notar que el consumo de leña por los beneficios del Valle Central aparentemente ha ido declinando (aunque quizás no tan rápidamente). Entre la cosecha del período 1981/82 y la del período 1982/83 el consumo promedio (o compras) de leña de los beneficios estudiados bajó en más de un 5%, quizás debido al incremento del uso de cáscara de café (pergamino), sin embargo la inflación en el precio de la leña aumentó en más de un 35% sobre el promedio general de la inflación 1981-1982, y esta tendencia ha persistido durante la estación de compra de combustible de 1983. Las existencias pueden haber mermado (por ejemplo debido a nuevas técnicas para el cultivo del café que eliminan 2/3 de la leña disponible de cafetales). A partir de 1978 el promedio de precios de leña en relación a la inflación general ha aumentado en aproximadamente un 150%.

Aún tomando en cuenta esta escalada de precios, la leña para uso indus-

trial sigue siendo un combustible relativamente barato en el Valle Central, aprox. ¢1 - 1.2 Kg (entregado) de material seco al horno o ¢260 - 310 por Gcal de "Calor Neto Disponible"[2], versus casi ¢700/Gcal para el bunker. Otras industrias de uso tradicional, sin el beneficio de "Suplidores Captivos" pagan un precio similar. A esos precios, la leña podría, en principio, competir eficazmente en un amplio rango de aplicaciones, como en efecto podría haberlo hecho durante los años 70 cuando la tasa de precios relativos era aún más favorable (a pesar de los subsidios del bunker) que ahora. Por qué motivo no ha respondido el mercado?

Existen varias razones altamente interactivas por las cuales esta ventaja en precio no ha sido traducida en sustitución:

1) Existe una falta de abastecimiento organizado de combustible. Con contadas excepciones, el consumidor potencial se ve confrontado con un gran número de pequeños vendedores individuales, pocos de los cuales parecen confiables. Esto da pie a un sentimiento de inseguridad en cuanto al abastecimiento del combustible. Esta falta de confiabilidad percibida es un tremendo obstáculo que puede pesar más en el ánimo de los consumidores potenciales que los más ventajosos precios.

2) La falta de un abastecimiento organizado de combustible toma otros aspectos complementarios. El mercado, tal como existe, es obscuro y com-

---

[2]Tal como se define aquí, "Calor neto disponible" toma en cuenta el contenido de humedad del combustible, el agua de combustión, y el calentamiento del aire de combustión.

plejo, con un producto heterogéneo, sujeto no solo al control de parámetros tan importantes como la humedad sino, además, sin poder contar con un vocabulario claro que pueda entender fácilmente el gerente de planta promedio, entrenado en ingeniería moderna. Este gerente necesita unidades de energía, y lo que obtiene de la mayoría de los artesanos en el mercado (si ha tenido la determinación para ir tan lejos) es una referencia a "metros cúbicos" de leña, generalmente con una referencia mínima a parámetros tan importantes como la densidad de bulto y el contenido de humedad. sin mencionar el valor calórico. El ingeniero o gerente se verán obligados a entrar en un campo con el cual no están familiarizados. Aunque en principio se puede resolver esta clase de problema, ello significa una demanda más sobre el escaso tiempo del gerente; una demanda mayor de lo que aparenta a primera vista.

3) Los puntos expuestos arriba tienden a agravar otro problema intrínseco del combustible de leña (o combustibles sólidos en general) - el almacenamiento. Confrontado con el problema de la falta de formalidad y heterogeneidad, y siendo nuevo en el negocio, el gerente planearía con razón un inventario grande. Esto no solo aumenta los costos, sino que es dudoso que la mayoría de las plantas costarricenses tengan espacio no solo para el inventario de leña sino para el sistema de preparación de combustible que muchas veces será necesario.

4) La disponibilidad de equipo en el mercado es limitada tanto en términos de tipos (calderas, pre-combustores) como en el rango de variantes de tecnología. Además, existe muy poca información básica útil que sirva

de guía a los compradores potenciales.

En resumen, en la mayoría de las [illegible] de transacción[3] son bastante altos para una combustible que [illegible] a sustituir el petróleo en sus operaciones, y son especialmente altos para los principiantes. Además estos costos específicos de transacción, asociados con los recursos de biomasa, son adicionales a los problemas más generalizados de falta de capital e incertidumbre sobre los precios. Si agregamos a lo anterior el hecho de que en la mayoría de las industrias el combustible sólo es un pequeño porcentaje de los costos totales, podremos comprender mejor por qué sólo en unos pocos casos [illegible] -cuando los prospectos de ganancia son [illegible] y el problema de abastecimiento de combustible se reduce (por ej. en grandes cantidades en un sitio)- la industria ha comenzado a [illegible] los mercados tradicionales.

Hasta ahora no ha habido ninguna política [illegible] a reducir estos costos de transacción. Se presume que el [illegible] que se emplea en este estudio es un paso en esa dirección y es la primera [illegible] atención a este tema, incluyendo medidas [illegible]. Parece que inicialmente el estado tendrá que asumir el papel principal y desarrollar una política coherente para reducir los costos de transacción a fin de catalizar el desarrollo del sector potencial en el futuro. [illegible]

---

[3]Costos de transacción son los costos en que [illegible] para llevar a cabo una transacción de negocios. Están [illegible] a los costos de equipo, e incluyen tiempo del gerente, [illegible] información, riesgos, etc.

ser eficaz, sin embargo, estas medidas para reducir los costos de transacción tienen que estar complementadas por una política de precios para el bunker que como medida mínima al menos no subvencione este combustible. Aunque las fuentes tradicionales de combustible son suficientemente baratas para obtener una renta económica sustancial, aun con la subvención del bunker, los "nuevos" recursos probablemente requerirán precios más altos del bunker o algún otro incentivo para que el mercado responda más que manera limitada.

CUADRO: 2.2.1

EVOLUCION DE LOS PRECIOS DE LEÑA EN DOS MERCADOS

	Trabajadores de la sal en Guanacaste (colones/Estereo)	Tasa del precio de la madera al (1978 = 100) Guanacaste	Beneficios de Café en el Valle Central (Colones/Estereo)	Tasa de madera a Bunker (1978+100)		Tasa del precio de la leña al (1978=100) Valle Central
				Guanacaste	Valle Central	
1983	193.00	-	257.67	69	158	-
1982	-	-	155.56	-	95	217
1981	-	-	68.66	-	121	181
1980	82.50	180	94.25	413	194	207
1979	-	-	31.67	-	140	144
1978	35.20	100	20.15	100	100	100
1977	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-
1975	11.6	47	-	-	-	-
1973	8.1	53	-	-	-	-

NOTA: Los datos de precios no fueron disponibles para cada año.

C-2.2.1

PRECIO MENSUAL DEL BUNKER 1982/83

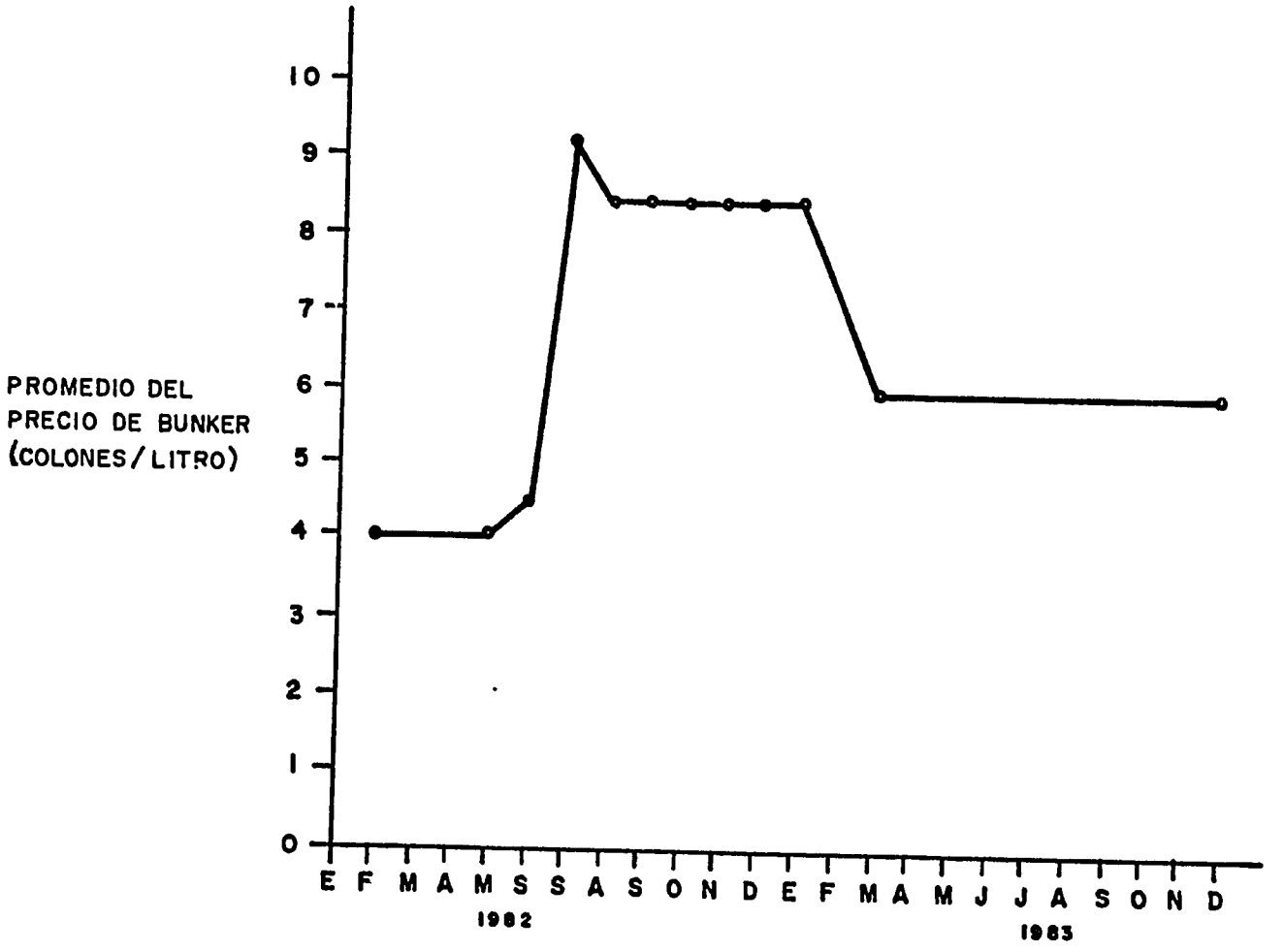


FIGURA 2,2,1

C A P I T U L O I I I

CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES RECURSOS DE BIOENERGIA ESTUDIADOS

3.1 Introducción

Aunque el precio corriente de entrega para el combustible de leña es de ¢10 - ¢17 por GJ en el mercado del Valle Central (donde está localizada aproximadamente el 70% de la demanda industrial) esto no representa una base confiable en general sobre la cual puedan planificar su presupuesto de inversión las industrias o los programas de gobierno. El hecho de que el precio del combustible de leña haya ido incrementándose un promedio del 30% por año más que la inflación general, durante un período de por lo menos cinco años, es señal de que el balance de recursos está cambiando. Es necesario, por lo tanto, evaluar el recurso biomasa subyacente, su costo y su precio probable de mercado (que pueden ser dos cosas muy diferentes).

- Este tipo de evaluación is inmensamente compleja por una variedad de razones. No estamos considerando uno, sino muchos recursos (la cáscara de arroz presenta todo un grupo de problemas de abastecimiento distintos a los relacionados con los desechos de los aserraderos y éstos a su vez difieren de las plantaciones de madera).

- Los recursos se encuentran dispersos, con frecuencia en pequeñas unidades de abastecimiento. Como el transporte y el manejo de materiales son tan importantes, el abastecimiento deberá ser evaluado en términos regionales y hasta sub-regionales (ya hemos dado un ejemplo de como dos

mercados regionales de leña para combustible se han comportado de mane ra diferente).

- El abastecimiento potencial de varios recursos depende de otras activi dades económicas (por ej. limpieza de tierras) y su precio de oportunidad puede además ser fuerte y rápidamente influenciado por cambios menores en el mercado doméstico de madera para combustible (por ejemplo, cantidades substanciales de desechos sin utilizar existentes en los aserraderos en la Provincia de Limón a principios de 1982, han sido ya completamente absorbidos por los productores de carbón de leña para el mercado doméstico).

- Por ser su naturaleza altamente dispersa y de pequeña escala, la mayoría de las fuentes "tradicionales", pueden rendir abastecimientos sustanciales aún en regiones donde un estudio de esta naturaleza encontraría grandes dificultades para detectar y predecir.

- Las estimaciones básicas oficialmente dirigidas (si no generadas) importantes para poder estimar el potencial de recursos, son con fre cuencia contradictorias o poco claras.

- La escala potencial de al menos un recurso (plantaciones de madera), puede ser más una función de política gubernamental que cualquier límite físico.

Estos problemas no solo representan límites prácticos para la exactitud de las conclusiones que se pueden sacar en este estudio. Sugieren vehemente-

mente la necesidad de un mas o menos contínuo (aunque no necesariamente elaborado), proceso de dirección, actualizando y refinando las estimaciones básicas de recursos si es que el mercado va a desarrollarse seriamente, punto que será ampliado en las conclusiones de este informe.

Se consideraron cuatro recursos diferentes que incluyen:

- Residuos de bosques naturales por cambio de uso de la tierra y explotación de bosques;

- residuos de aserraderos (con distinciones entre residuos finos y gruesos) y residuos procedentes de otras fuentes de procesamiento de madera;

- residuos agrícolas concentrados, incluyendo cascarilla de arroz, olote de maíz, cascarilla de café y bagazo.

Además se prestó algo de consideración al vasto, pero difícil de definir, recurso de leña proveniente de fincas en explotación, que incluye todo, desde desperdicios de leña de café, pequeñas arboledas a setos vivos, y las áreas más extensas de bosques naturales que están más o menos continuamente sujetos a la extracción de leña para combustible sin ser sometidos al cambio de uso de la tierra. Esta clase heterogénea de recursos constituye actualmente la mayor fuente de combustible de leña, aunque en su mayor parte se destina para uso doméstico. Su complejidad, incluyendo las diferencias regionales, excluye todo menos un tratamiento muy parcial que, sin embargo, se puede sumar al trabajo que sobre combustible de leña

para uso doméstico están llevando a cabo la D.S.E. y CATIE/DGF en sus detallados estudios regionales sobre combustible leña.

No se consideraron recursos como los desechos urbanos, que podrían sumar unas cincuenta mil toneladas por año de materia seca, pero involucran aprovechamiento final especializado y tecnologías de procesamiento; residuos humedos ricos en almidón como la pulpa del café y desperdicios de banano; y estiércol, todos los cuales presentan problemas diferentes del material lignocelulósico que nos concierne en este estudio.

Al evaluar estos recursos, no solamente hemos tratado de estimar cantidades por región y su costo (o costo de oportunidad) sino también los problemas específicos de manejo y procesamiento de materiales, así como preguntas institucionales.

Los problemas importantes específicos del manejo de materiales serán tratados (p. ejemplo, densificación, secado y transporte) en capítulo IV, antes de proseguir al análisis de la demanda.

3.2 Plantaciones Forestales

La plantación de madera como recurso de energía, se puede dividir de modo general en tres partes: lotes en pequeñas fincas, plantaciones a "escala industrial" orientadas principalmente hacia la extracción de madera o pulpa, y plantaciones a "escala industrial" orientadas fundamentalmente hacia recursos de energía. De las tres categorías, la primera está en fase experimental como parte del programa de CATIE (se han plantado varios cientos de lotes pero la cosecha ha comenzado en solamente unos pocos). La segunda es comercial e involucra una proporción de siembra que rindió un promedio aproximado de 700 hectáreas por año en 1979-82. La tercera no existe.

Las estadísticas relacionadas con el programa de reforestación existente, ver Cuadro 3.2.1, muestran un descenso dramático en el promedio de proyectos de siembra aprobados y en la proporción real de siembra, que bajó de 1474 hectáreas en 1979 a 147 hectáreas en 1981. También muestra la dramática diferencia que existe entre la aprobación y la siembra real. A través de un lapso de cuatro años, la última es aproximadamente un 20% de la anterior. El mecanismo de financiamiento, como es típico en América Latina, usa como incentivo la exención de impuestos. Existe una controversia sobre la propiedad del incentivo de los impuestos como mecanismo de financiación para la reforestación; la evaluación de dicha controversia está fuera de los límites de este estudio. Sin embargo, deseamos enfatizar que el crédito, mecanismo alternativo de financiación para la reforestación, merece seria consideración. Todo programa de reforestación para

energía deberá primero estudiar cuidadosamente las alternativas de financiación.

Al juzgar por análisis realizados en el Brasil, vemos que el mecanismo de crédito versus los incentivos de impuestos: sería menos parcial hacia la clase adinerada, dependería más de la demanda del mercado y menos de políticas (control burocrático); y motivaría una siembra más eficiente con el subsiguiente mantenimiento. La legislación del incentivo de impuestos en ese país ha alentado la siembra ficticia de cientos de miles de hectáreas y plantaciones ubicadas sin ningún mercado identificable, con producciones marcadamente sub-estándar.

Análisis de Costos

El costo del combustible de leña proveniente de plantaciones es sensible a muchas variables, incluyendo (no exhaustivamente):

- Costo original y el valor atribuído a este material al sacarlo del terreno;
- "valor de arrendamiento" atribuído al terreno;
- la topografía;
- ritmo de crecimiento de yerbas;
- rendimiento (en sí una función de muchos factores)

- agroquímicos (y su relación al rendimiento)
- ciclo de cosecha;
- productividad de la mano de obra y salarios;
- tipo de descuento usado.

A pesar del gran rango de posibles costos implicado por este número de variables y la considerable inseguridad que rodea a algunos de ellos (debido a la limitada experiencia local) hemos intentado estudiar cuidadosamente varios casos para un análisis económico. Este está basado en parte en un estudio realizado por un experto en silvicultura costarricense, anexo 5B, y varias fuentes citadas en el texto.

El primer caso se refiere al Guanacaste y al Valle Central y toma una presunta plantación "industrial" de 50 hectáreas como escala. El segundo caso se refiere a la región atlántica -San Carlos y Limón- donde los costos de limpieza y mantenimiento, pero posiblemente también el potencial de rendimiento, son más altos. Esta cruda diferenciación regional captura algo de la gran diversidad de regímenes de costo que se pueden anticipar. Finalmente, existe un tercer caso, aún más preliminar, que se refiere a las "micro" plantaciones en fincas familiares. Se realizó un análisis de flujo de caja para cada una y éstos se muestran en anexo 5A referente a estos casos. El Cuadro 3.2.2 muestra lás suposiciones referentes a parámetros básicos para los casos industriales. Los resultados están resumidos en el Cuadro 3.2.3. El rango de costos mostrado es bastante amplio.

Quizás el punto más importante aquí es el costo relativamente bajo estimado para la producción de madera en las fincas más pequeñas (caso D). Esto se debe a la estimación relativamente baja de mano de obra y a una menor infraestructura (ver anexo 5B). El aspecto de mano de obra se comparó al costo estimado para otros proyectos pequeños del mundo, especialmente en cuanto se refiere a las fases de siembra y mantenimiento. El Cuadro 3.2.4 muestra información de mano de obra para diferentes casos. Todos los demás casos de pequeños proyectos (4,5,7,10) usan considerablemente más mano de obra durante los dos primeros años, por un factor de 2-3, con la excepción de Corea (caso 7). Sin embargo, en el caso de Corea la mano de obra por desyerba (40-60% mano de obra total durante los primeros dos años) no se incluyó en el análisis del proyecto de FAO. Es posible que el análisis en anexo 5B represente una seria subestimación del costo de mano de obra.

Todavía no existe certeza sobre el nivel correcto. Por ejemplo, dos estimaciones preliminares del "Proyecto Leña", gentilmente proporcionadas por CATIE y DGF, están basadas en lotes bastante "experimentales" y los profesionales opinan que los costos fueron en general más altos de lo necesario Además, la necesidad de desyerba variará de región a región y representa la diferencia más crítica entre los dos amplios niveles de estimaciones. Sin embargo hemos juzgado prudente usar el nivel de costo de mano de obra del "Proyecto Lena" (caso 10) para los dos primeros años después de la siembra.

Comparado con el Cuadro 3.2.3, el costo por m^3 aumenta en un 20% de C292

a ¢352 o aproximadamente ¢1,050/tonelada de material secado al horno (tmsh), para leña seca estibada.

Qué podemos decir de los costos finales en el ciclo de cosecha?
Aún no existen en la región estimaciones documentadas sobre costos de cosecha y posteriores a la cosecha, relacionados con la producción de combustible leña a pequeña escala. Sin embargo, la estimación de costos de cosecha del anexo no parece ser irrazonablemente baja, tomando en cuenta los parámetros de costos para extraer volúmenes similares de bosques naturales. El análisis realizado en Costa Rica por un brasileño experto enenergía y reforestación en 1982, sugería que los costos de corta y de acarreo/estiba por m^3 eran más altos en el bosque natural que en las plantaciones de madera (ref 8). Nuestra etimación actual para bosques naturales es más o menos igual a los costos de pequeñas plantaciones y aproximadamente un 30% más baja que para los casos industriales modelo. Esto no prueba el caso, pero sí sugiere que las estimaciones para plantaciones de madera no están muy bajas. Asimismo, el análisis brasileño sugiere que no es necesario hacer revisiones mayores para los costos de mantenimiento. Para propósitos del análisis posterior del ciclo de combustible hemos tomado ¢1050 por tonelada de material secado al horno (tmsh) como estimación provisional del combustible de leña proveniente de lotes más pequeños, incluyendo el inventario para el secado. El Cuadro 3.2.5 muestra ésta y otras estimaciones que serán usadas para el análisis económico del ciclo de combustible.

Las otras dos estimaciones de costos en el Cuadro se refieren a los mode-

los regionales a escala industrial. La estimación más alta (C1350 por tmsh, lista para el transporte) representa básicamente la "estimación modificada" para el Guanacaste (caso A en el Cuadro 3.2.5). La demanda directa de mano de obra no especializada (46% de los costos totales durante los primeros 3 años) no está fuera de línea con las estimaciones de otras fuentes. La cifra más baja (¢1200 por tmsh lista para transporte) intenta ser una estimación algo optimista de lo que podrían ser los costos de madera sembrada a escala industrial. Un ejemplo sería la región atlántica bajo posibles escenarios variables de costos potencialmente más bajos usando la desyerba mecanizada o rendimientos más altos en el Guanacaste como en caso C en el Cuadro 3.2.3. Se deben destacar varios puntos generales en relación con los parámetros usados en estas estimaciones.

1) El rendimiento de 30 m^3 por hectárea por año (10.5 toneladas de materia seca) parece estar dentro de la experiencia actual. El ciclo de cosecha, sin embargo, es corto (solamente tres años). Todo el tema de llevar hasta el máximo los rendimientos de energía de manera que se puedan reducir los costos simultáneamente, está en su infancia en Costa Rica. Aún las medidas de volumen usadas comúnmente estan adaptadas en primer lugar a las necesidades más restrictivas de la industria de aserrío de madera.

Existen dos amplias estrategias para la obtención de un alto rendimiento: Una consiste en enfatizar las especies adaptadas a un espaciado denso y rotación corta de cosecha (2-4 años), y la otra aboga por ro-

taciones más largas [illegible] años) y [illegible] estrategia es la más revolucionaria y [illegible] ble entusiasmo en América Central, [illegible] el combustible leña ha sido [illegible] del agricultor más pequeño y [illegible] so. Existen, sin embargo, [illegible] mos el abastecimiento a la industria.

- al incrementar la densidad de la siembra, [illegible] plementación para el primer año. [illegible] leña, al incrementar la densidad de [illegible] y [illegible] el rendimiento aumentó en un [illegible], para [illegible] aumentación en un [illegible], en una [illegible]

- el material más joven y más pequeño [illegible] significativamente los costos de [illegible] materiales, problemas de [illegible] pequeña, pero aceptables para el abastecimiento [illegible]

- quizás la rotación de sistemas más largos [illegible] ribilidad en cuanto a la posibilidad del uso de la tierra [illegible] no-energéticos, aún cuando esta opción quizás sea [illegible] campo limitado de desarrollo de la industria del [illegible] Costa Rica. Las dos estrategias [illegible] dos de alimentos-energía. Las dos [illegible] mejoramiento de la fibra y la [illegible]

Bajo las las puede haber diferencias significativas en el rendimiento potencial de una región a otra (nos referimos aquí no tanto a especies individuales como a potencial de bosques). Claramente estamos al inicio de la curva de aprendizaje, y esto puede ser muy importante. En el segundo brasileño, las plantaciones en buenas condiciones han aumentado su rendimiento en más del doble en una década, vale la pena también señalar que en la región de Espíritu Santo del Brasil (que tiene similitud con Limón) es común obtener rendimientos comerciales a gran escala de 50 m^3 por hectárea por año (más de 15 toneladas de material seco) en rotaciones de 6/7 años. Se puede pensar seriamente en la posibilidad de obtener rendimientos más altos que la región del atlántico.

Otro punto relacionado concierne el rendimiento de las plantaciones más pequeñas en fincas, en comparación con las plantaciones más grandes. Se asume que éste será más bajo que el de las plantaciones "industriales" por recibir menos atención profesional. Hemos hecho algunos ajustes en esta dirección (17% menos rendimiento) pero con ellos hemos ilustrado esta suposición. Los agricultores más pequeños obtienen con frecuencia rendimientos más altos que los agricultores de fincas grandes o plantaciones. El éxito en la obtención de buenos rendimientos dependerá de un paquete bien diseñado y fácil de comunicar para determinada región y un buen servicio de extensión y consulta.

7. El modelo de plantación presentado aquí hace uso intensivo de la mano de obra. Aproximadamente el 70% de los costos totales se destina a ma-

no de obra. Este uso intensivo de mano de obra implica varias cosas:

- Las estimaciones de costos totales son muy sensibles a los cálculos de salarios por mano de obra rural.

- Sorprendentemente, gran parte del costo total (aprox 1/4) se destina a cargas sociales. Ello significa que si hubiere una línea de crédito oficial para plantaciones de madera, un cuarto del crédito representaría un traspaso directo y casi inmediato de recursos de una dependencia del gobierno a otra. En un análisis económico de costo-beneficio (al contrario de un análisis financiero) deberán excluirse estos pagos de traspaso.

- Existe un potencial razonable para la generación de empleo directo rural, tanto a corto plazo como a un plazo más largo. El Cuadro 3.2.6 muestra en forma aproximada el empleo directo rural no especializado que podría generase por medio de un programa hipotético que sembraría 500 hectáreas durante su primer año activo, 1.000 en su segundo año y 1,500 en su tercer año. Para el tercer año, el empleo directo rural no especializado generado sería de 870 años/hombre. Esto es comparable al empleo generado en la industria de aserrío de madera. Una mejor idea del impacto máximo de generación de empleo se puede obtener de una hipótesis en la cual el consumo de bunker para calor procesado por la industria, para 1980, sería suplido por una plantación de madera en estado invariable. Esto generaría aproximadamente 7,000 años/hombre directamente que,

en términos del estándar costarricense, sería una industria de buen tamaño. Ninguno de los dos cálculos toma en cuenta los impactos de empleo indirecto.

Puntos Fundamentales de Política

Concluimos esta sección con observaciones sobre varios puntos importantes de estrategia para la política.

La validez de la idea que ha sido avanzada aquí en forma un poco experimental es que una plantación relativamente pequeña puede ser la más económica que debería ser explorada diligentemente. Representa un aspecto potencialmente nuevo para el Proyecto Leña, si ha de ser continuado. Este proyecto se ha estado concentrando en pequeños propietarios pero para los consumidores locales. Desde el punto de vista de este estudio, podría ser útil considerar algunas plantaciones de hasta 20 - 25 hectáreas en esta categoría de pequeñas fincas, en lugar de restringir nuestra manera de pensar a lotes de 1/2 y 2 hectáreas. La logística de abastecimiento por medio de unidades algo más grandes debería simplificarse, aunque si se lleva a cabo una organización coherente regional de los lotes más pequeños, no sería quimerico producir madera para los mercados industriales en lotes tan pequeños como 1.5 - 2.0 hectáreas (la cosecha obtenida de 1/2 hectárea de un buen lote después de 3-4 años llenaría un camión de 15 toneladas). Una analogía útil aproximada para organizar la producción de combustible de leña industrial basada en fincas, podría ser fincas produciendo para una industria de procesamiento de alimentos. Es importante

pensar en términos de un sistema regional organizado.

Todo programa industrial de combustible de leña que trate de movilizarse en forma más o menos directa hacia la plantación comercial está destinado a hacer elecciones no óptimas y a cometer errores durante los primeros años. Este es parte del precio que se paga por la experiencia. Sin embargo, somos de la opinión de que ya existen suficientes conocimientos en ciertas regiones para evitar errores desastrosos si se tiene cuidado y que esto no debe ser motivo para no llevar a cabo un programa de esa naturalez. Al convertirse en "comercial" hasta cierto límite, comienza un proceso práctico de escogencia. Esta curva de aprendizaje deberá ser apoyada como parte de un paquete integral mayor por un activo programa de investigación y desarrollo (I y D) de forestación orientado al abastecimiento de leña para combustible para la industria. Como los fondos para I y D son escasos casi por definición, y los resultados útiles de forestación son específicos por región y sub-región, sería sensato concentrar esta investigación a unas pocas y específicas regiones prometedoras. Aquí sale a relucir un tema que será repetido y desarrollado en este trabajo: la necesidad de organizar el abastecimiento alrededor de regiones específicas para facilitar la concentración de flujos de material para un transporte potencialmente más eficiente, manejo de materiales y control de calidad.

Tres regiones candidatas se destacan (tomando en cuenta el uso existente de tierra, topografía y costo de transporte a los mercados):

- Norte de Puntarenas/sudoeste de la península de Nicoya desde donde el

transporte hasta dos centros consumidores es posible por bote. La proximidad a los mercados en Puntarenas y Colorado y en el caso anterior, quizás al valle central también.

- Limón por las actividades de cambio de uso de la tierra actuales y proximidad al ferrocarril.

- Sur de San Carlos.

La curva de aprendizaje podría ser bastante pronunciada. Existe una variedad abundante de especies prometedoras, muchas de las cuales han recibido poca atención. El anexo 6 discute brevemente las características de más de 60 especies, aunque no todas son apropiadas.

Cual es el potencial de la plantación de leña para combustible? Es prematuro tratar de contestar esta pregunta en sentido final y tampoco es necesario. De más utilidad ahora es tener algunas ideas sobre el impacto de una sustitución de energía significativo relativo a otras formas de uso de la tierra. Como medida "significativa" de término medio (digamos 15 años), tomamos el total del consumo de combustibles de petróleo por la industria y la agricultura para calor procesador para el año 1980. Con un rendimiento de 10 toneladas de materia secada al horno, por hectárea, por año, se necesitarían aproximadamente 50,000 hectáreas.

El Cuadro 3.2.7 muestra el uso actual y potencial de tierra para agricultura, ganadería y explotación de bosques. El área requerida para nuestro escenario hipotético sería un 1.7% del uso actual para agricultura

y potreros y 1.5% del uso potencial de la tierra. Alternativamente es 7.3% del uso potencial de tierra restringido a explotación de bosques. El impacto de un programa de sustitución de combustible de tal "significancia" sobre el uso de tierra para la agricultura y potreros es tan pequeño que pareciera que existe poca necesidad o incentivo nacionalmente para limitar plantaciones a tierra reservada para la explotación de bosques. Esto casi es mejor, ya que estas tierras tienden a ser costosas para el establecimiento de plantaciones, el mantenimiento/preparación para el transporte. Para dar una idea aproximada -en Brasil, el costo de implementación por hectárea es 80% más alto en áreas quebradas que en las áreas planas, los costos de cosecha un 40% más altos, los rendimientos tienden a ser más bajos, etc. Por otro lado, los costos más altos de la tierra muy quebrada pueden ser compensados por distancias más cortas de transporte para abastecer el Valle Central.

CUADRO 3.2.1

ACTIVIDAD DE LA REFORESTACION EN COSTA RICA 1979 - 1982

	Area Aprobada (Hectareas)	Area Realmente reforestada (Hectareas)
1979	6,182	1,474
1980	4,141	874
1981	2,037	147
1982	845	46 *
TOTAL	13,205	2,540

* -"Incompleto"

CUADRO 3.2.2

PARAMETROS PARA UNA PLANTACION A ESCALA INDUSTRIAL DE 50 HECTAREAS

COBERTURA INICIAL	: Pasto pequeño
VALOR APLICABLE AL MATERIAL DE PODA	: Cero
VALOR RENTABLE DE TIERRA	: No asignado
TOPOGRAFIA	: Rotar y arado (región de Guanacaste)
AGROQUIMICOS	: Mínima-entrada
ARBOLES PLANTADOS POR HECTAREA	: 1000
RENDIMIENTO	: 30 m^3 por ha/año (densidad básica 0,35)
CICLO CORTA	: 4 podas cada 3 años = (12 años ciclo total)
TASA DE PAGO	: Colones 158 por día más 46% cargas sociales
TASA DESCUENTO	: 10% por año.

CUADRO 3.2.3

RESUMEN DE ANALISIS DE COSTOS ESPECIFICOS

	Costos de Leña por m^3 (Colones)	Costos de leña por tonelada de material seco (Colones)	Inventario para 4 meses (Colones)	Total listo para transporte (Colones/ton)
(A) Guanacaste-Modificado	441	1260	80	1340
(B) Atlantico-Modificado	537	1534	97	1631
(C) Atlantico-Alto rendimiento modificado	403	1150	73	1223
(D) Guanacaste-Bajo rendimiento Finca modificada.	292	835	53	888

CUADRO 3.2.4

REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA PLANTACIONES FORESTALES

(días-hombre)

AÑO	INDUSTRIAL				FAO				FAO	
	1 GUANACASTE	2 ATLANTICO	3 FINCA DE / GUANACASTE	4 COSTA RICA/ CATIE (Pequeño)	5 FILIPINAS (Pequeño)	6 KENYA (Grande)	7 KOREA (Pequeño)	8 NICARAGUA (Pequeño)	9 HONDURAS (Pequeño)	10 ESTIMADOS PREMATUROS DEL PROYECTO DE LEÑA (Pequeño)
0	59	59 (20)	36	134	110	61.4	48.7	91	50	52
1	(14)	0 (28)	(5)		0	10.6	-	91	36	12
2	12	24 5	-	-	0(25)	5.7	-	-	36	30
3	70	70	50	-	-	-	4.1	-	-	0
4	6	24	5	-	-	-	8.3	-	-	-
5	1	4	5	-	-	-	-	-	-	-
6	70	70	50	-	-	-	-	-	-	-
7	6	24	5	-	-	-	-	-	-	-
8	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
9	70	-	50	-	-	-	-	-	-	-
10	0	-	5	-	-	-	-	-	-	-
11	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
12	70	-	5	-	-	-	-	-	-	-

NOTA: Los números en paréntesis se refieren a suposiciones alternativas, acerca de costos de desyerba durante el establecimiento y el primer año. Esta suposición se refleja en el cuadro 3.2.3.

NOTAS AL CUADRO 3.2.3

1) Alto rendimiento Atlántico a 40 m^3/ha/año. A una densidad específica básica de 0,35 equivalente a 14 toneladas de material seco. Esto es algo bajo de lo estimado (15.2 ton/ha/año) en referencia 8 basado en la experiencia Brasileña en areas costeras de alta precipitación, de Espirito Santo.

2) Asume una densidad específica básica de 0,35. Esto podría ser un poco alto para al-gunos casos especiales, tal como melina arbolea, pero por otro lado las especies de eucalipto podrían tener densidades específicas básicas altas.

3) Bajo rendimiento es 25 m^3/ha, comparado con un patrón de 30 m^3/ha por año.

4) Los costos se fundamentan en el anexo 5B, pero han sido incrementados en algunos ejemplos para reflejar estimados más altos de mano de obra.

CUADRO 3.2.5

ESTIMADOS DE COSTOS DE PRODUCCION EN PLANTACIONES DE LEÑA

PARA ANALISIS ECONOMICO DE CICLOS DE COMBUSTIBLE

Escenario	Escala de Operación	Costo por Tonelada de Material Seco Incluyendo Cuatro Meses de Inventario) (Colones)	Costo por Unidad de Energía (Colones *)
Alto	Industrial (50 ha)	1350	77
Medio	Industrial (50 ha)	1200	68
Bajo	Pequeña-finca(1-10 ha)	1050	61

* 17.6 GJ/ton material seco al horno, bajo poder calórico, sobre 20% contenido de humedad.

3.3 Cascarilla de Arroz

La cascarilla de arroz representa un recurso potencial energético, el cual sin embargo, tiene serios problemas para su uso fuera del ambiente de la arrocera, que es donde ésta se produce como subproducto del arroz en granza.

Por cada tonelada de arroz con granza, a un contenido de humedad del 22 al 33% que es normalmente el valor de humedad con que el arroz llega a ser procesado, se producen 200 Kg de cascarilla de arroz a un 12 - 13% de contenido de humedad. Las estadísticas de producción y procesamiento del arroz las lleva en Consejo Nacional de Producción (CNP), quién subdivide el país en cuatro zonas, según se muestra en la figura 3.3.1.

La producción y el procesamiento por cada zona se muestra en el cuadro 3.3.1. La cantidad bruta de cascarilla de arroz es de 48.208 toneladas por año. Los datos de procesamiento se refieren solamente a arroceras privadas, las cuales son responsables por casi todo el manejo del arroz.

No toda la cascarilla de arroz que se produce es desechada, en el Valle Central, que es la zona donde se procesa la mayor parte del arroz, casi toda la cascarilla es vendida como relleno para alimento de ganado a un precio de C300/tonelada (Junio 1983). En el litoral del pacífico, este mercado esta poco desarrollado. Algunas arroceras del Valle Central se están trasladando a las zonas productoras por loque es de esperar que la disponibilidad teórica a futuro en el área del Pacífico, se incrementará.

Adicionalmente, cerca de la mitad del [illegible] se [illegible] cascarilla en hornos especiales y [illegible]. Todas las arroceras están perfectamente [illegible] eléctrica del sistema interconectado y algunas de ellas [illegible] genera electricidad con la cascarilla. Los hornos para [illegible] fueron introducidos varios años atrás [illegible] y hoy en día existen dos industrias [illegible] en el país.

La comercialización espontánea de una tecnología de [illegible] que se presenta en este campo [illegible] y arroja resultados de ahorro de combustible de [illegible] diesel por año hasta el momento. [illegible] tución de combustible es, en términos económicos, [illegible] pesar de la baja eficiencia de los hornos (66% [illegible] diesel), sólo una parte (20%) de la disponibilidad de [illegible] saria para el sector. Cuando todas las arroceras de las zonas Chorotega y Brunca estén utilizando los hornos de cascarilla, [illegible] disponibles 18.500 toneladas por año[1], esta [illegible] terajulios de calor efectivo neto. Si la mitad de la [illegible] de procesamiento de arroz del Valle Central se [illegible] a los [illegible] producción, se producirían ahorros [illegible] to. Por ejemplo, las zonas Chorotega y Brunca [illegible]

---

[1]Esta cifra excluye la cascarilla que se utiliza para [illegible] animal.

25.000 toneladas.

Aunque la cascarilla de arroz presenta problemas de combustión debido a su alto contenido de cenizas (17% por peso) y a sus características físicas [redacted] la principal barrera para su utilización en la producción de energía, es la localización de las plantas procesadoras con respecto a los potenciales centros de demanda y a la baja densidad aparente, cerca de 130 kg/m³. Esta baja densidad de la cascarilla hace que los costos de su transporte sean bastante elevados. La localización de las arroceras y los centros de demanda potencial en la zona del Pacífico se muestran en el mapa (figura 3.3.3).

El sistema de calderas de Fertica, Conapromal y Cementos del Pacífico, podrían en principio usar los excedentes de este residuo, pero sin compactación de alguna clase, los costos de transporte del mismo hacen prohibitivo su uso. Las investigaciones llevadas a cabo en tecnologías de densificación no han tenido resultados alentadores. La cascarilla es bastante difícil de moler, cual sería el paso inicial de una compactación y su característica de alta abrasividad causa un alto desgaste de los componentes mecánicos de molienda y de densificación.

Un análisis económico detallado de una pequeña unidad asiática (ref 7) presenta resultados negativos. La unidad más pequeña de 3 ton/hora fabricada por una gran industria americana, no podría tener un factor de carga más alto del 20%, con la disponibilidad de residuos de una de las arroceras más grandes del país. Según los fabricantes, no es económico conside-

rar unidades de densificación más pequeñas de 3 ton/hora.

Otro punto de acercamiento que parece ser más prometedor es el concentrarse en incrementar la densidad aparente de 130 Kg/m^3 a 250 - 300 Kg/m^3. La densificación como normalmente se entiende, implica mejorar la factibilidad del transporte, produciendo "pellets" con una densidad mucho más alta que la necesaria para hacer el transporte limitante por peso y no por volumen. Esto será mostrado en el Capítulo V, solamente es necesario compresionar el material de una dos a dos y media veces; desafortunadamente la cáscara de arroz presenta características de resorte. Existen dos formas de resolver este problema: una sería compresionar la cascarilla en algún tipo de bolsa y la otra compresionar la carga dentro de un camión, talvez en una forma análoga a la de los camiones recolectores de basura. Con centros especiales de transferencia, esta solución parece posible a escalas bastante grandes.

Dos arroceras: una en Cañas, Guanacaste y la otra en Barranca, Puntarenas, están localizadas a una distancia tal de los centros de demanda que resulta factible transportar la cascarilla de arroz aún sin densificación; desafortunadamente estas arroceras son demasiado pequeñas. La arrocera de Barranca no satisface la demanda que tiene Fertica y la capacidad de la arrocera de Cañas resulta igualmente inadecuada para Cementos del Pacífico o Conaprosal. Una posibilidad que podría ser considerada en este contexto es tratar de situar las arroceras que se están trasladando del Valle Central a la zona del Pacífico, en algún lugar cercano a las zonas de demanda. Si una de las arroceras pudiera localizarse cerca de

Fertica en Puntarenas, podría justificarse la conversión de al menos una de las calderas principales.

El uso de la cascarilla de arroz fuera de las arroceras podría padecer otro problema cual es el aspecto estacional de las cosechas. El arroz es pilado después de secado y normalmente existe un almacenaje entre las dos etapas por lo que se podría decir que existe un abastecimiento contínuo a través del año ya que el pilado se efectua según los requerimientos de mercado. Sin embargo, el secado debe hacerse inmediatamente después de que el arroz llega a la arrocera. Tomando en cuenta que la cosecha es de sólo tres meses y todo el arroz debe secarse en esa época, se requeriría toda la producción de cascarilla proveniente del pilado si lógicamente no existiera almacenamiento previo, lo cual implica que durante la etapa de secado habrá una disponibilidad muy limitada de cascarilla.

Todos los granos se secan durante una relativamente corta temporada de secado de unos 4 meses de duración. La disponibilidad de combustible de cascarilla de arroz se presenta a un ritmo menor a través de todo el año. Aunque solamente el 28% del valor combustible de toda la cascarilla de arroz es requerido para secado, éste es totalmente requerido durante sólo la tercera parte del año.

Otra parte importante es que se puede usar bagazo de caña de azúcar cuando la cascarilla escasea.

Un estudio de la producción de arroz y su procesamiento más en detalle puede encontrarse en el Anexo 2.

CUADRO 3.3.1

PRODUCCION DE ARROZ, DE ARROZ PILADO

Y DE CASCARILLA EN 1982

Zona	Arroz en granza producido tons/año	Arroz en granza procesado por arroceras privadas tons/año	Cascarilla de arroz producido tons/año
Central	4,658	96,947	19,389
Chorotega	37,105	74,983	17,344
Brunca	96,046	68,375	11,475
Huetar	10,653	---	---
TOTAL	148,462	240,305	48,208

C-3.3.1

DIVISION DE ZONAS AGRICOLAS EN COSTA RICA

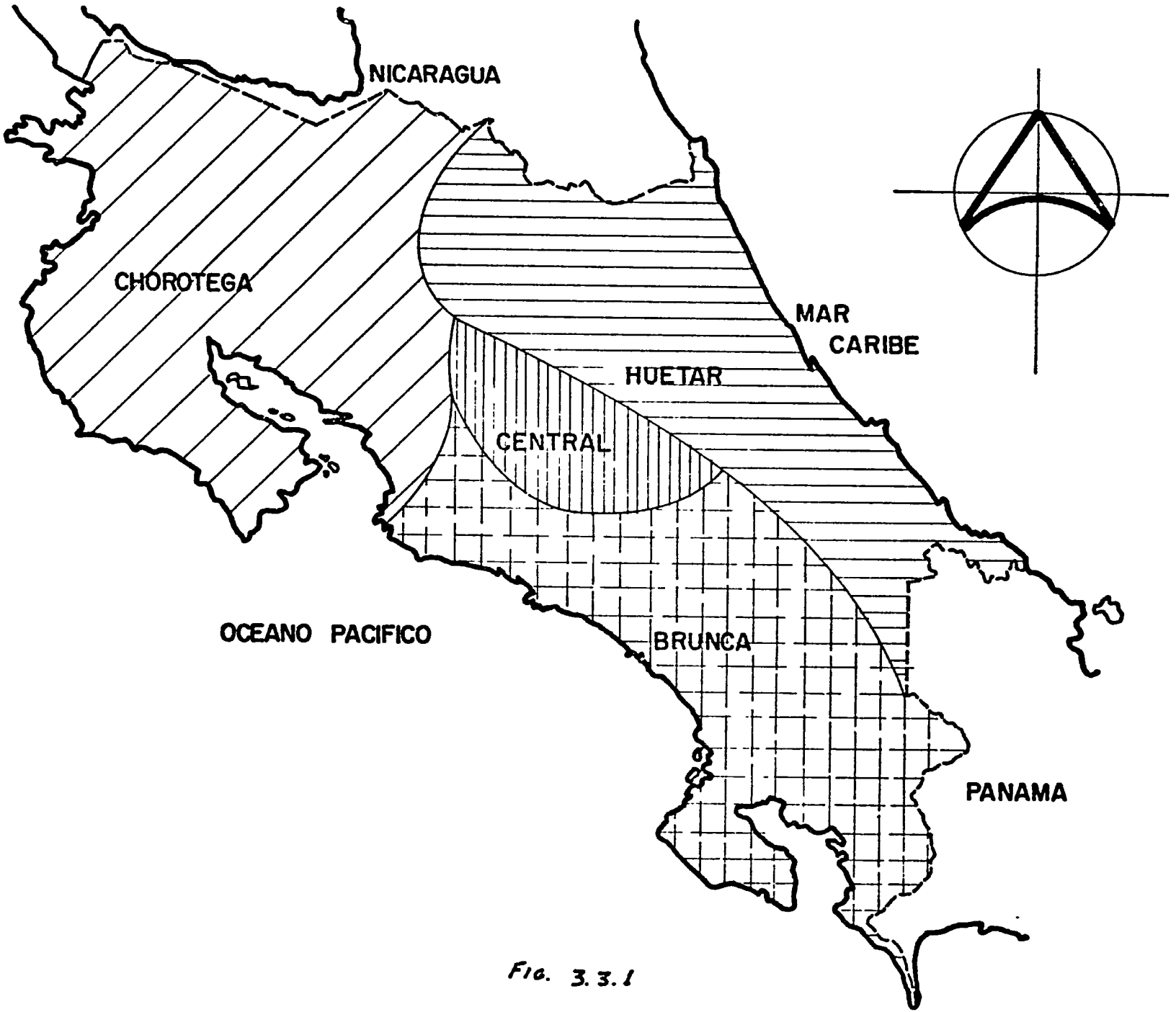


FIG. 3.3.1

LOCALIZACION GEOGRAFICA DE RESIDUOS DE ARROZ EN RELACION A LA DEMANDA EN ZONAS RURALES

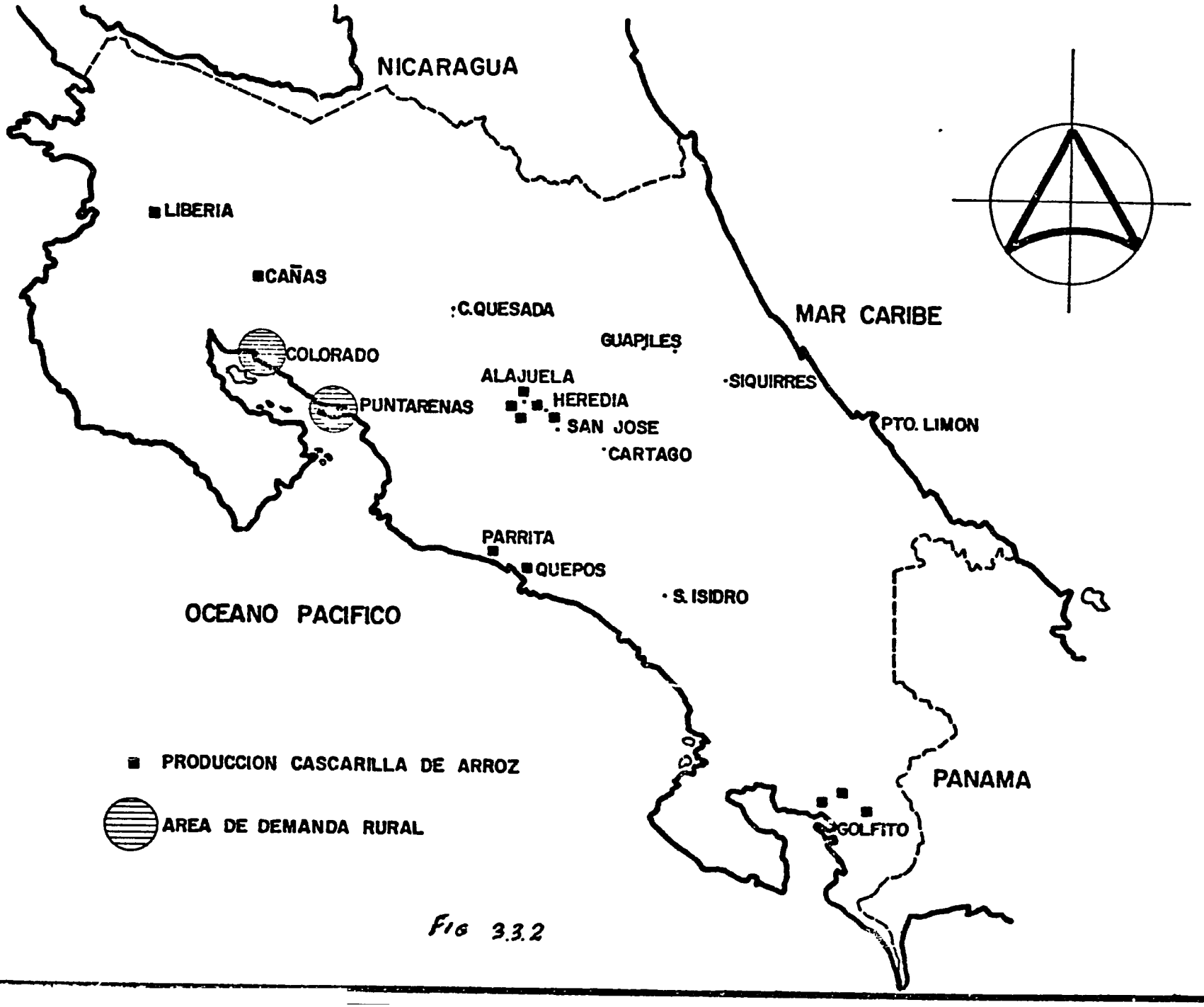


FIG 3.3.2

18

3.4 Olote de Maíz

El maíz al igual que el arroz es un producto que se cosecha en muchas zonas del país, una vez cosechado debe procesarse. En este proceso se produce un residuo denominado olote de maíz, esta parte del informe se enfoca a la cuantificación y utilización de este residuo.

Existen dos cosechas de producción de maíz en la zona atlántica, una que se inicia de mayo a agosto, aproximadamente 3 meses efectivos de cosecha la cual es la más grande del año, y la otra de noviembre a febrero, en este caso también se estiman 3 meses efectivos de procesamiento del maíz.

De acuerdo con la información del Consejo Nacional de Producción (CNP) para el período de cosecha 1982/1983 la producción total bruta de maíz es de 81.197 toneladas métricas, grano húmedo, que corresponde a una producción neta (grano seco y limpio) de 71.532 tons.

El proceso del maíz comprende: (esquemáticamente se presenta en figura N°B-1)

a. Recibo del maíz verde.

b. Desgrane de la mazorca.

c. Secado del maíz.

d. Almacenaje, y

e. Venta.

Este proceso se lleva a cabo únicamente en la planta de Guácimo. El CNP mantiene en Campo 2, cerca de Guápiles una estación de recibo de maíz en mazorca y procesa este hasta el punto del desgranado, luego el grano verde se traslada al Valle Central para el resto del proceso.

En el desgranado es precisamente donde se obtienen como subproductos el olote del maíz.

El olote de maíz seco al horno, constituye 12% del peso húmedo de la mazorca. El poder calórico superior es de 16 511 KJ/Kgr en base seca.

El maíz se seca industrialmente por medio de flujo de aire caliente, a temperaturas entre 80°C y 90°utilizándose diesel como fuente de energía. El tipo de maquinaria es variado ya que existen secadoras tipo "batch" y secadoras contínuas siendo estas las más nuevas. No se conoce que existan plantas de secado de maíz particulares por lo que este estudio se enfocará en las plantas del Consejo Nacional de Producción y en particular en la planta de secado de Guácimo; aunque existen planes de instalar otra planta de secado, también por el CNP en Guápiles a 15 Km de distancia, este proyecto está en la etapa de diseño.

Los pequeños productores de maíz lo desgranan por medio de máquinas accionadas manualmente y la mayor parte de estos agricultores desgranan en forma manual. Esto hace que los residuos se produzcan totalmente diseminados, normalmente estos residuos presentan un problema y son eliminados, algunos los usan como combustible único y a veces mezclado con leña, otra pequeña porción se usa como relleno de alimento de ganado, se

muele y se mezcla con el producto nutritivo.

El olote de maíz tiene una densidad aparente de 200 Kgr/m^3 a un contenido de humedad de 9%[2]/. El porcentaje de cenizas es de 1.5% y una composición química típica es de 47 C, 10 H_2, 43% O_2 . [1].

El Cuadro 3.4.1 muestra las cantidades de olote de maíz disponibles en las dos cosechas que se dan en la zona atlántica.

---

[1]Datos obtenidos por métodos experimentales.

CUADRO 3.4.1

SITUACION ACTUAL PLANTA DE GUACIMO

Cosecha	Secado Tons. (13% CH)	Comprado mazorcas Tons.	Olote producido Tons.	Diesel gastado Lts.
1	1 960	3 061,1	551	54 236
2	5 952	13 633	2 454	114 468
TOTAL	7 912	16 694,4	3 005	168 704

Cosecha 1 Nov. 1982 - Febrero 83

Cosecha 2 Mayo 1983 - Agosto 83

3.5 Situación del Bagazo

El procesamiento de la caña de azúcar contiene varios sub-productos directos; entre los más importantes están bagazo, melazas y las cachazas.

En esta informe se enfocará en el uso del bagazo como fuente biomásica para la generación de energía térmica y eléctrica.

Las cachazas son residuos prominentes de los clasificadores a través de filtros (ver figura No.3.5.1) y son usados por algunos ingenios como fertilizante y en forma directa puede ser aplicado a las plantaciones de caña. La melaza final es un material pesado y viscozo; se usa base para piensos de ganado, para la fabricación de azúcar industrial, para la producción de basura, y para la producción de alcohol. La figura No.3.5.1 muestra el diagrama de flujo para un ingenio típico.

Bagazo como fuente de energía

El bagazo es el material sólido, fibroso, que sale de la abertura trasera del último de los molinos de la batería, después de la extracción del jugo.

El bagazo es normalmente utilizado para alimentar las calderas, estas a su vez generan vapor que es indispensable en el procesamiento de la caña.

El residuo sale del molino con alto contenido de humedad, aunque la literatura cita que normalmente se ubica de 40% a 50% la mayor parte de los

ingenios en Costa Rica tiene humedades alrededor de 55% CH en base húmeda.

Este dato es vital ya que un alto contenido de humedad en el bagazo significa poca extracción de jugo en los molinos y por consecuencia bajo el rendimiento de azúcar extraído por tonelada de caña molida.

Otro parámetros importante en el bagazo en particular y en la caña de azúcar en general es el porcentaje de fibra, este depende de la variedad de caña y oscila del 10 al 16%, los valores encontrados en los ingenios nacionales están dentro de este rango. Se debe considerar la fibra como la cantidad de celulosa, su componente principal, material completamente seco que se encuentra en el bagazo, y se considera bagazo la fibra más agua o humedad más otras sustancias en solución en el agua consistente en azúcar e impurezas. Lo anterior obedece a que el porcentaje de bagazo en relación al peso inicial de la caña de azúcar es otro dato fundamental y de constante predicción por los laboratorios de los ingenios. La literatura indica que la cantidad de bagazo varía entre el 24 y 28% del peso de la caña, al igual que el parámetro anterior este dato depende de la variedad de la caña que se procesa, los datos encontrados en los ingenios nacionales están en un rango mayor, de 23% a 39% de bagazo por peso de caña.

Algunos ingenios tiene excedentes de bagazo y en su mayoría carecen de edificaciones para almacenarlo y por lo tanto deben deshacerse de este residuo, normalmente lo botan en terrenos aledaños al ingenio y ahí mismo lo queman, algunos lo dejan en el campo para que se degrade biológicamente y

luego usarlo como fertilizante en los cañaverales, al igual que se hace con las cachazas, el problema que se presenta al estar expuesto es el peligro de incendios.

Además de los usos mencionados no se conoce otra aplicación en Costa Rica, sin embargo la literatura indica utilización del bagazo como materia prima para la fabricación de papel, manufactura de tableros para construcción, las partículas más finas se usan para la producción de alfa-celulosa que sirve de base para la fabricación de rayón para explosivos, etc.

Uno de los mayores problemas en el uso del bagazo es el transporte, dado que la densidad aparente del bagazo es muy baja, este material suelto alcanza densidades aparentes promedio de 100 Kgr/m3 y cuando se apila de 200 Kgr/m3, a un contenido de humedad base verde de 45%. Esta baja densidad hace prohibitivo el transporte de bagazo en esta forma, para esto existen prensas formadoras de pacas parecidas a las de heno que comprimen el material formando pacas de 30 X30 X60 cm o de 45 X60 X60 cm y pueden incrementar la densidad aparente en el orden de 400 a 700 Kgr/m3 dependiendo de la prensa, estas prensas no son usadas en Costa Rica pero si son conocidas a nivel mundial.

En forma de pacas el material podría ser transportado a zonas de demanda cercanas al ingenio.

Con el objeto de hacer una evaluación del potencial de bagazo en Costa Rica se siguió una metodología de visitas a los principales ingenios de zona. El Cuadro No. 3.5.1 muestra los resultados obtenidos en la

encuesta.

Para efectos cálculos de combustión se [illegible] composición química típica:

Carbono	[illegible]%
Hidrógeno	[illegible]%
Oxígeno	[illegible]%
Otros	[illegible]%

El poder calórico superior se [illegible] del bagazo [illegible] que en la madera es bastante constante con los diferentes tipos de caña y se [illegible] en 19200 KJ/Kgr de bagazo. Este material se [illegible] usualmente calderas de agua en los [illegible], las que generalmente [illegible] totales en el rango de 45% a 60%.

Como dato conservador se necesita 1 Kilo de bagazo para producir [illegible] de vapor por hora a una presión de [illegible] Kgr/cm2 y una temperatura de [illegible] que corresponde a vapor sobrecalentado. Con un buen control de las calderas esta cifra puede reducirse en 25% o más aprovechando mejor cualquier de bagazo; sin embargo no existe motivación ya que al aumentar bagazo se incrementará el residuo a botar según lo explicado anteriormente.

El Cuadro 3.5.2 muestra que la zona de [illegible] donde se encuentra el mayor potencial energético a base de esta [illegible] y es categórico que el bagazo se constituye en el residuo de mayor abundancia en esa zona y deja como posibilidad la obtención de casi 600 [illegible]

lios (Cuadro 3.5.3) totalmente concentrados en cuatro puntos de la región, lo cual presenta una facilidad única para cualquier uso potencial.

Según se había mostrado en la figura No.3.5.2 los puntos de demanda cercanos a los sitios de oferta están concentrados en Puntarenas con Fertica y Alunasa, y a Colorado de Abangares con Cementos del Pacífico.

Esta última alternativa presenta grandes ventajas para utilizar el bagazo, tanto de localización, ya que está aproximadamente en el centro del area de oferta, como también de tecnología, debido a que es muy factible implementar un sistema parecido al que piensa usar la Industria Nacional de Cemento. Un cálculo aproximado de consumo de bunker en Cementos del Pacífico con un funcionamiento del 75% de capacidad y 280 días/año es de 840 barriles/año, lo cual significa que la cantidad de bagazo existente puede perfectamente sustituir un 70% del bunker sin embargo hay dos aspectos que limitan alcanzar ese porcentaje, uno es técnico debido a que esa cantidad de biomasa disminuiría la temperatura de llama y podría no llegar al punto de clinkerización (1450 °C); y el otro se debe a que el bagazo es producido en un corto tiempo por lo que requiere almacenamiento para el resto del año, lo cual producirá un costo adicional bastante grande debido a la magnitud del residuo.

El bagazo existente como excedente en el Valle Central no presenta el grado de concentración que tiene la zona D, no obstante la demanda potencial es considerable. Hasta ahora no se conoce que tenga un uso adecuado y la mayor parte se bota. Como situación especial muchos empresarios

tienen la actividad del azúcar en conjunto con la actividad del café, es decir es común encontrar beneficios e ingenios bastante cerca geográficamente, por lo tanto el bagazo perfectamente puede usarse en los beneficios y aliviar el consumo de leña de los mismos. La Hacienda Juan Viñas utiliza parte del bagazo excedente en el secado de café del beneficio.

CUADRO 3.5.1

PRODUCCION DE BAGAZO DE LOS PRINCIPALES

INGENIOS DE COSTA RICA (1982)

INGENIO	CAÑA MOLIDA (TONS)	AZUCAR PRODUCIDO (TONS)	BAGAZO PRODUCIDO (TONS)	EXCEDENTE BAGAZO (TONS)
Zona A.				
Atirro	109.172.58	10.292	36.163	-
Juan Viñas	103.670,57	9.600	32.67.	4.900
Zona B:				
Coop. Victoria	189.117.72	19.000	43.500	3.480
Zona D:				
El Palmar	282.397.58	20.510	98.800	19.760
Taboga	278.567.99	22.976	97.498	21.548
Catsa	233.840.07	16.561	81.861	20.465
El Viejo*	152.079.48	13.064	53.227.6	10.645

*Datos Estimados.

CUADRO 3.5.2

ESTIMACIONES DE PRODUCCION DE BAGAZO

POR ZONAS EN COSTA RICA (1982)

ZONAS	CAÑA MOLINA Tons	AZUCAR PRODUCIDA Tons	BAGAZO PRODUCIDO Tons	EXCEDENTE BAGAZO Tons
A	295.314.94	26.791	73.828.73	6.000
B	665.754.05	63.593	153.123.43	15.312.34
C	181.875,9	13.855,7	45.468,75	3.182,81
D	985.801.41	75.155.8	33.172,0	87.144,72

CUADRO 3.5.3

ENERGIA POTENCIAL DE ACUERDO A LAS ESTIMACIONES

DE BAGAZO EXCEDENTE

ZONA	OFERTA ENERGIA POTENCIAL (terajulios)	LOCALIZACION DE LAS AREAS DE DEMANDA KMS	FECHA DE ZAFRA
A	40,91	40	Enero a julio
B	104.39	30	Enero a abril
C	21,69	120	-
D	594.11	90	Dic. a abril

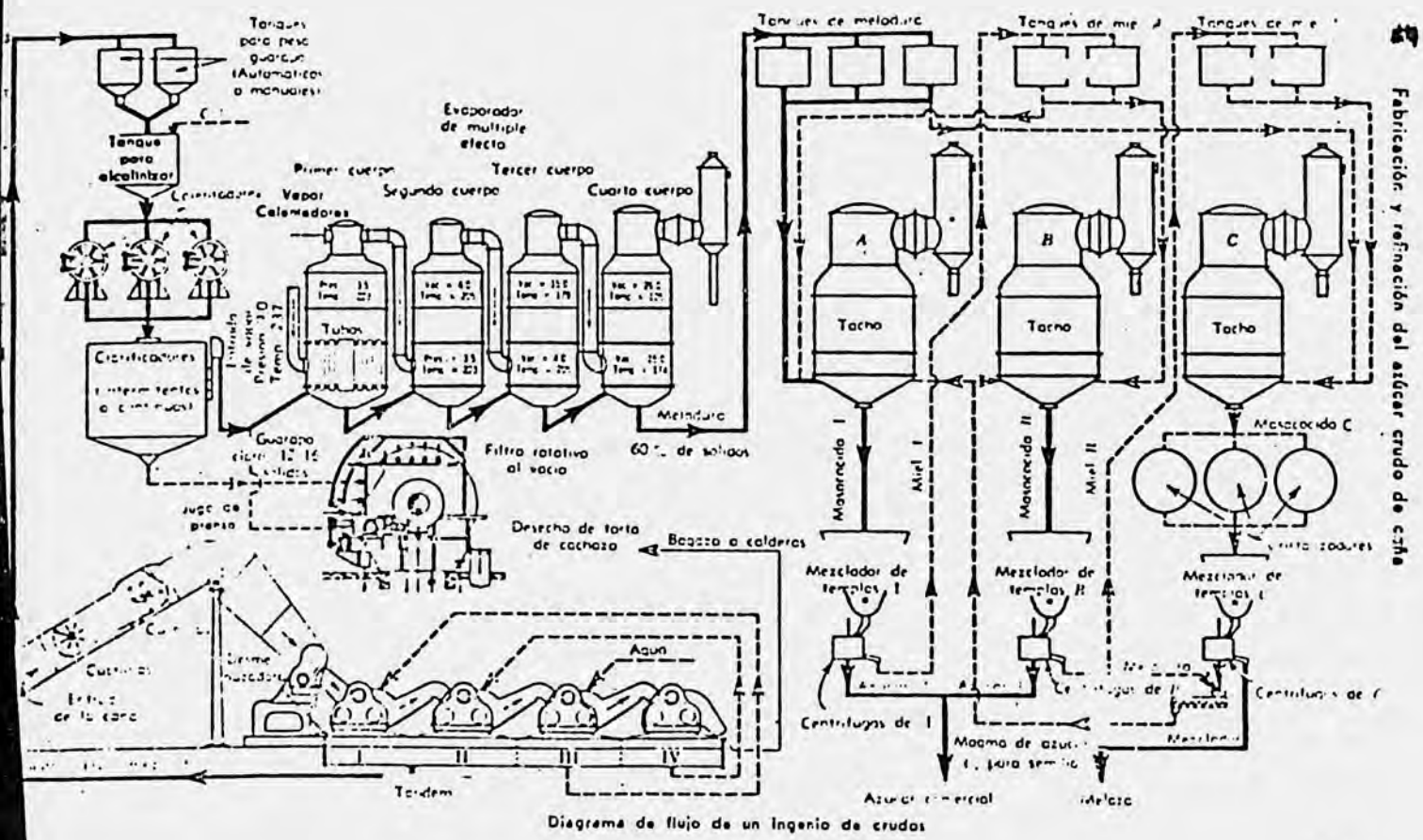


Diagrama de flujo de un Ingenio de crudos

Figura 3.5.1.

ENCUESTA DE INGENIOS EN COSTA RICA EN RELACION A AREAS DE DEMANDA

3.6 Café

La cascarilla de café (pergamino) es un subproducto del procesamiento del café en los beneficios. A pesar de ésto, hasta hace poco tiempo el pergamino se deshechaba como un desperdicio. Hoy en día es casi totalmente consumido como combustible para los secadores.

Es posible, aunque no ha sido probado, que disponiendo de sistemas eficientes de calor directo, el pergamino por sí solo podría suministrar más del 80% del combustible requerido para secar el café. Si ésto se lograra, el consumo de petróleo para el secado podría ser eliminado, al mismo tiemque se reduciría hasta en un 50% la demanda de leña. El consumo de leña en los beneficios es alrededor de 180.000 steres por año, compradas dentro del mercado establecido y, todavía, relativamente barata. Grandes cambios en este consumo podrían tener un impacto significativo en el balance de la región del Valle Central; la región que más nos interesa. Además de reducir los costos de energía en los beneficios, esta tendencia de sustitución/conservación tendría alguno o todos los siguientes efectos:

- Aumentaría la disponibilidad de leña para el mercado doméstico. Este efecto podría ser relativamente pequeño ya que los beneficios compran la mayor parte de su leña de fuentes que sólo venderían su leña. No está muy claro si el mercado doméstico, el cual generalmente no compra leña, encontraría los precios atractivos.

- Aumentaría la disponibilidad de leña relativamente barata para otros consumidores industriales potenciales del Valle Central. Un 90% de re-

ducción en el consumo de leña sería equivalente a alrededor de 25.000 a 30.000 toneladas de leña seca al horno, lo cual se compara con otras fuentes potenciales consideradas en este trabajo tales como: cascarilla de arroz, aserrín, o residuos sólidos de aserradero (costillas). Esta cantidad de leña representaría una contribución importante a las fuentes de energía de bajo costo, base de la motivación para una demanda mayor en otros mercados industriales.

- Podría reducir la presión en la deforestación, sin embargo no está muy claro para nosotros que la demanda de leña por parte de los beneficios sea un factor importante de deforestación en el Valle Central. Una tendencia en esta dirección parece estar en vías de ejecución. El consumo de leña por parte de los beneficios parece haber disminuido gradualmente en los últimos dos años, a pesar de una sustitución estable de los derivados de petróleo. El cuadro 3.6.1 muestra un estimado de este efecto. Sin embargo, para alcanzar las reducciones que son posibles requerirá grandes cambios en el proceso de secado. El Anexo 8 discute en detalle sistemas prototipo que están empezando a aparecer más bien antes que la experimentación comercial ad hoc de los últimos años. Ellos son:

  - más eficientes
  - utilizan el calor de la combustión del gas directamente
  - parece que no tienen problemas de calidad
  - pueden usar pergamino
  - la instalación es relativamente barata

Estos y ejemplos de otras alternativas para reducir las necesidades de combustibles para el secado son tratados en el Anexo 8 y en menor detalle en el Capítulo VI.

CUADRO 3.6.1

LEÑA CONSUMIDA (EN ESTEREOS) POR UNIDAD DE CAFE SECADO, POR TAMAÑO DE BENEFICIO COSECHA DE 1981/82 Y 1982/83.

TAMAÑO DEL BENEFICIO	PROMEDIO DE CONSUMO DE LEÑA POR FANEGA DE CAFE SECADO (Estereos)	
	1981/82	1982/83
Pequeño	0.086	0.085
Medio	0.084	0.081
Largo	0.065	0.060

* Fanega es 200 litros de café en grano.

3.7 Residuos de los Aserraderos

Los residuos de los aserraderos se pueden dividir en dos grandes categorías: sólidos y aserrín. El primero se refiere a aquella parte que resulta de la troza al aserrarla y que comúnmente se le llama "costilla" y la segunda se refiere al aserrín y la burucha que resultan del proceso más duro de aserrado y cepillado respectivamente. El Anexo 3 muestra los resultados de la muestra y el Cuadro 3.7.1 a su vez muestra las concentraciones de aserraderos a excepción de los que se encuentran en la parte sur del país.

La "costilla" que se produce en aserraderos del Valle Central y Limón por lo general tienen demanda. Solamente en San Carlos es donde se desechan importantes cantidades de este residuo. Este hecho se observa claramente en el Cuadro 3.7.1 donde se muestra la disponibilidad de residuos de proceso de aserradero por región.

Solamente San Carlos produce alrededor del 90% de las 46 toneladas diarias (peso madera húmeda) que de este residuo se producen durante todo el año. De ahí que si tomamos en cuenta un año laboral de 275 días y un cambio de humedad del 35% resultan casi de 8 - 9.000 toneladas de material seco por día.

La situación es diferente con el aserrín. Este se encuentra como un residuo inservible en la mayoría de los aserraderos.

La cantidad producida anualmente entre "aserrín" y "burucha" alcanza las

7-8.000 toneladas (material seco) distribuidas entre más de 200 aserraderos. Actualmente, se presenta como alternativa potencial del bunker en la producción de cemento. Esta posibilidad es detalladamente revisada en el Capítulo VI donde se evalúan sus posibilidades de sustitución en una industria de cemento en particular.

CUADRO 3.7.1

RESUMEN DE LA PRODUCCION Y DISPONIBILIDAD DE RESIDUOS EN LAS ZONAS ESTUDIADAS

JULIO - 1983

Zona	Número de Aserraderos	Promedio de Producción (m^3 de madera aserrada por día)	Residuos sólidos (m^3 de volúmen aparente por día	Residuos Finos (m^3 de volúmen aparente por día	Disponibilidad m^3/día	Residucs sólidos toneladas secas por día	Disponibilidad de Finos m^3/día	Toneladas secas por día
San Carlos	33	16,3	141	70,8	126	41	63,7	14
Cartago	12	15	45	23	8	2,6	18,4	5,5
Alajuela	5	16	16	12,8	-	-	9	2,7
Heredia	3	16	12	18,8	6	1,98	10,2	3
San José	14	15	52,5	42	-	-	29,5	8,8
Guápiles	15	7	26,2	21	-	-	21	6,3
Guácimo	4	6	7	4	-	-	5	1,5
TOTAL					140	45,58	156,8	41.8

10

MAPA DISTRIBUCION Y DISPONIBILIDAD DE RESIDUOS DE ASERRIO

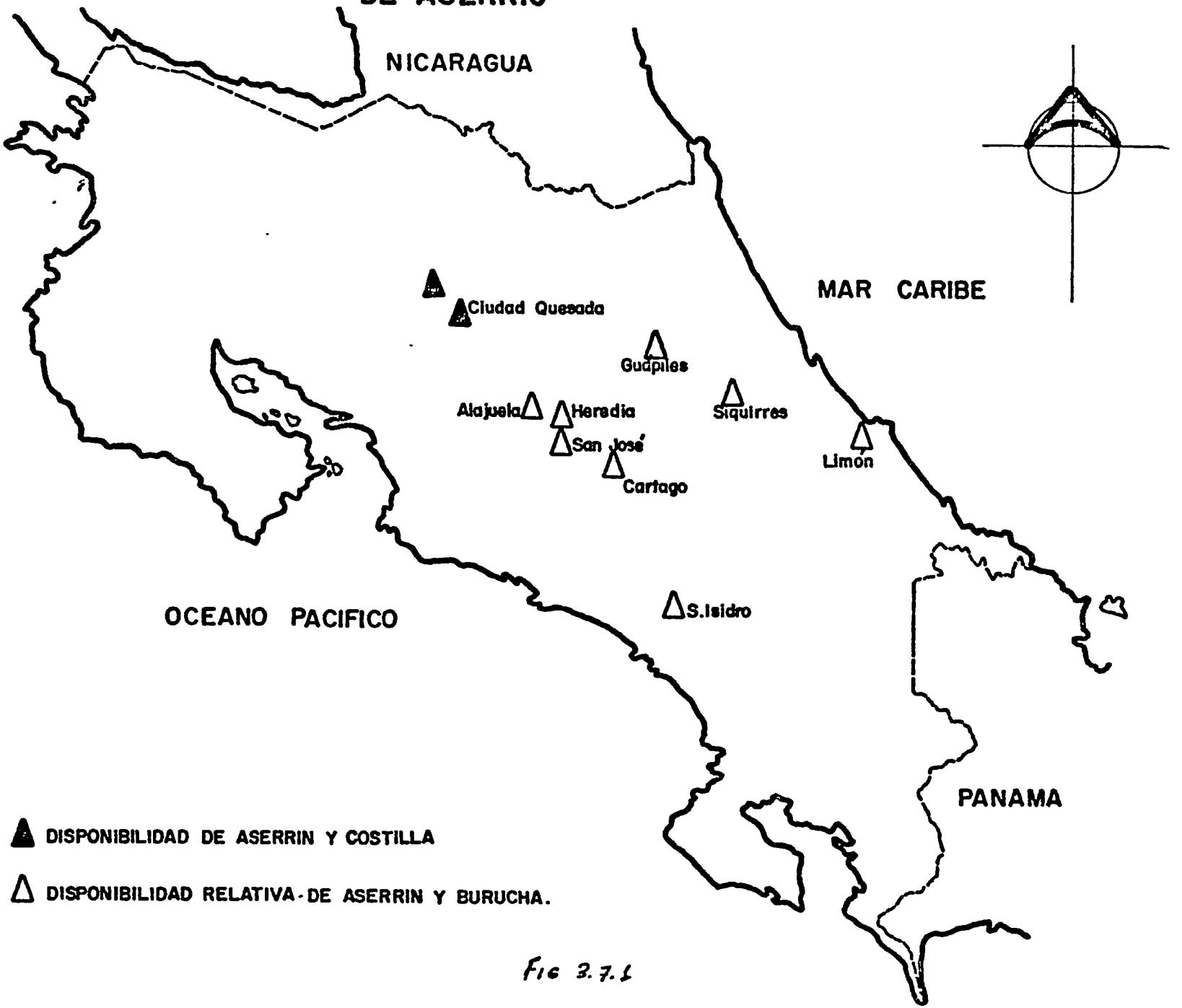


Fig 3.7.1

3.8 Residuos del Proceso de Explotación Forestal.

La explotación forestal en Costa Rica toma principalmente dos formas: extración de madera solamente, y extracción de madera seguida por un cambio a uso de la tiene para paseos o cosechas. Ambas formas se califican como deforestación, un tanto en el uso general del término como en los registros estadísticos.

El Cuadro 3.8.1. nuestra, por provincia, las áreas donde la explotación de madera esta permitida mientras que la figura 3.8.1. muestra la explotación de áreas clave, es precisamente para cambio de uso de la tierra. Se estima que el área explotada ilegalmente alcanza un 30% de aquella donde sí es permitido hacerlo, por lo tanto entre 26.000 y 32.000 hectáreas están siendo explotadas en realidad cada año. Este estimado está muy por debajo de las 60.000 hectáreas de deforestación que se mencionan frecuentemente. El Anexo 4 se refiere al trabajo básico sobre el cual este breve resumen está principalmente basado.

En un trabajo de esta naturaleza es prudente ser conservador respecto a la disponibilidad de recursos. Treinta mil hectáreas es entonces una extensión tomada simplemente como referencia. De ésta, el 40% o sea 12.000 hectáreas están dedicadas al cambio de uso de la tierra y talado con un promedio de aproximadamente 80 m^3/Ha o sea 36 tons/Ha (msh) con una disponibilidad promedio de 430.000 Ton. material seco al horno (msh). De este total, cerca de 1/3 se encuentra en las zonas de mayor potencial inmediato desde el punto de vista de la distancia de acarreo entre las que aparecen

en la Figura 3.8.1 Sarapiquí, Cariari, Río Jiménez y Siquirres. La región de San Carlos (zonas 1-3 en el mapa) suma otras 5.000 hectáreas anuales de extensión para cambio de uso de la tierra, pero esta extensión no es muy significativa.

Las áreas que todavía permanecen como reserva forestal después de que la explotación comercial de madera ha sido llevada a cabo, ofrecen alrededor de 30 m^3/ha (unas 13.5 T/ha) de residuos potencialmente explotables, o sea unas 240.000 T (msh) en todo el país.

A excepción de una limitada actividad de extracción de carbón, estos dos recursos aparentemente distintos entre sí, parecen virtualmente no haber sido utilizados para propósitos energéticos.

La disponibilidad futura de estos residuos dependerá tanto de los recursos forestales disponibles, como de la taza contínua de explotación de los mismos. El cálculo de la cantidad de recursos forestales que en realidad se encuentran disponibles es una tarea compleja. Para dar una idea, se hizo una comparación detallada de los mapas de las reservas forestales actualmente protegidas con aquellos de tierras potencialmente aptas.

Todas las reservas forestales del tipo I y II, las cuales tienen más del 90% y 60%, respectivamente de su superficie cubierta de bosques; lo mismo que aquellas tierras aptas para cultivo clases 1-6, fueron consideradas como potenciales para cambio de uso de la tierra. Las clases de tierras aptas para cultivo se muestran en el Cuadro 3.8.1.

Con estas restricciones, un total de 167.000 Ha se encontraron disponibles y se distribuyen como se muestra en el Cuadro 3.8.3. Esta es claramente una definición mucho más restrictiva que la oficial, a partir de la cual resultan casi 700.000 ha. de bosques potencialmente disponibles para cambio de uso de la tierra. Existen dos posibles razones para esta discrepancia. Primero, el estimado oficial puede incluir los bosques del tipo III, (los cuales suman menos del 60% de las reservas forestales) así como posiblemente algunas áreas de tierras aptas para cultivo de la clase 7. Varias definiciones pueden justificar el estimado oficial.

Otro resultado del cambio de definiciones se deriva de una distribución geográfica cambiante, el cual, en efecto, puede incidir en los factores económicos relacionados con el transporte. Se trató en un principio, en realidad, de evaluar cómo los factores económicos del transporte y la importancia regional pueden cambiar en el tiempo que nos llevó definir el potencial. La figura 3.8.1 muestra las áreas disponibles para cambio de uso de la tierra en el futuro bajo un criterio más restrictivo. Un perfil del cambio:

- distribución geográfica
- área total
- probable impacto en el medio ambiente

Serían útiles con un criterio cambiante, pero irían más allá de los términos de referencia de este proyecto. Lo mismo se puede decir de un estudiode la disponibilidad futura de los residuos de la explotación forestal,

la cual no incluye cambio de uso de la tierra, aparentemente, el caso dominante en términos de área.

Este último recurso parece más atractivo de lo que fue en la última evaluación hecha en 1982 (ref. 8), en principio es bastante más económico extraer los residuos y llevarlos a la carretera (¢ 110/m^3) con bueyes. La proposición del uso de bueyes es el mayor cambio en referencia con el estudio previo. Desafortunadamente, los bueyes son bastante escasos en las áreas de explotación forestal, pero el uso de tractores sería idóneo. Sin embargo, a este atractivo potencial solamente (somos un poco escépticos acerca de la posibilidad práctica de extraer esta clase de madera) hace que valga la pena considerar la geografía de este recurso en estudios futuros.

El costo de extraer leña en tierras de cambio de uso, utilizando tractores, es también de alrededor de ¢ 110.00 por m^3 (sólido). Se incurre en este costo el talado de todas formas, si se desea limpiar el terreno. El relativo bajo costo y las grandes cantidades potencialmente disponibles hacen de esta fuente un recurso estratégico para la puesta en marcha de cualquier programa de sustitución del petróleo en la industria.

La Dirección Sectorial de Energía pidió como una tarea específica una comparación actualizada de un estimado anterior de recursos forestales. El estimado anterior se describe en la figura 3.8.2 y ver nota adjunta. La figura 3.8.3 muesta una actualización basada en estimados de:

- deforestación desde 1977

- el factor de que alrededo de $80m^3$ por ha. de madera en el 60% de la tierra que no experimenta cambio de uso permanece en el bosque en lugar de ser residuos potenciales para producción de energía. Este importante detalle no se muestra en la primera versión. El resultado es reducir considerablemente el potencial teórico; sin embargo, a pesar de ésto es grande.

CUADRO 3.8.1

AREAS OTORGADAS PARA EXPLOTACION POR PROVINCIAS DE 1975 A 1982

PROVINCIA	1975 HAS	1976 HAS	1977 HAS	1978 HAS	1979 HAS	1980 HAS	1981 HAS	1982 HAS
SAN JOSE	478	339	384	236	481	536	451	848
ALAJUELA	4 067	5 703	8 649	13 341	17 391	11 848	13 929	6 191
HEREDIA	2 738	2 766	2 267	2 268	3 474	1 141	1 824	1 507
CARTAGO	1 381	818	465	518	277	550	666	564
PUNTARENAS	5 256	2 271	1 180	5 578	5 581	2 061	832	1 424
GUANACASTE	5 690	4 402	2 411	1 372	1 148	864	803	702
LIMON	3 747	3 456	3 992	3 526	4 993	4 350	5 692	4 714
T O T A L	23 637	19 815	19 348	27 227	33 345	22 375	24 204	15 452

CUADRO 3.8.2

CLASIFICACION DE CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA EN COSTA RICA

TIERRA APROPIADA PARA COSECHAS:

I - Sin ninguna precaución especial

II - Con métodos simples

III - Con métodos intensivos

TIERRA APROPIADA PARA COSECHAS, PERO ADECUADA PARA PASTOS Y ARBOLES (SILVICULTURA):

V - Sin restricciones o métodos especiales

VI - Con moderadas restricciones

VII - Con severas restricciones

NO ADECUADA PARA PASTOS O COSECHAS DE ARBOLES (SILVICULTURA):

VIII - No adecuada para pastos o cosechas de árboles

CUADRO 3.8.3

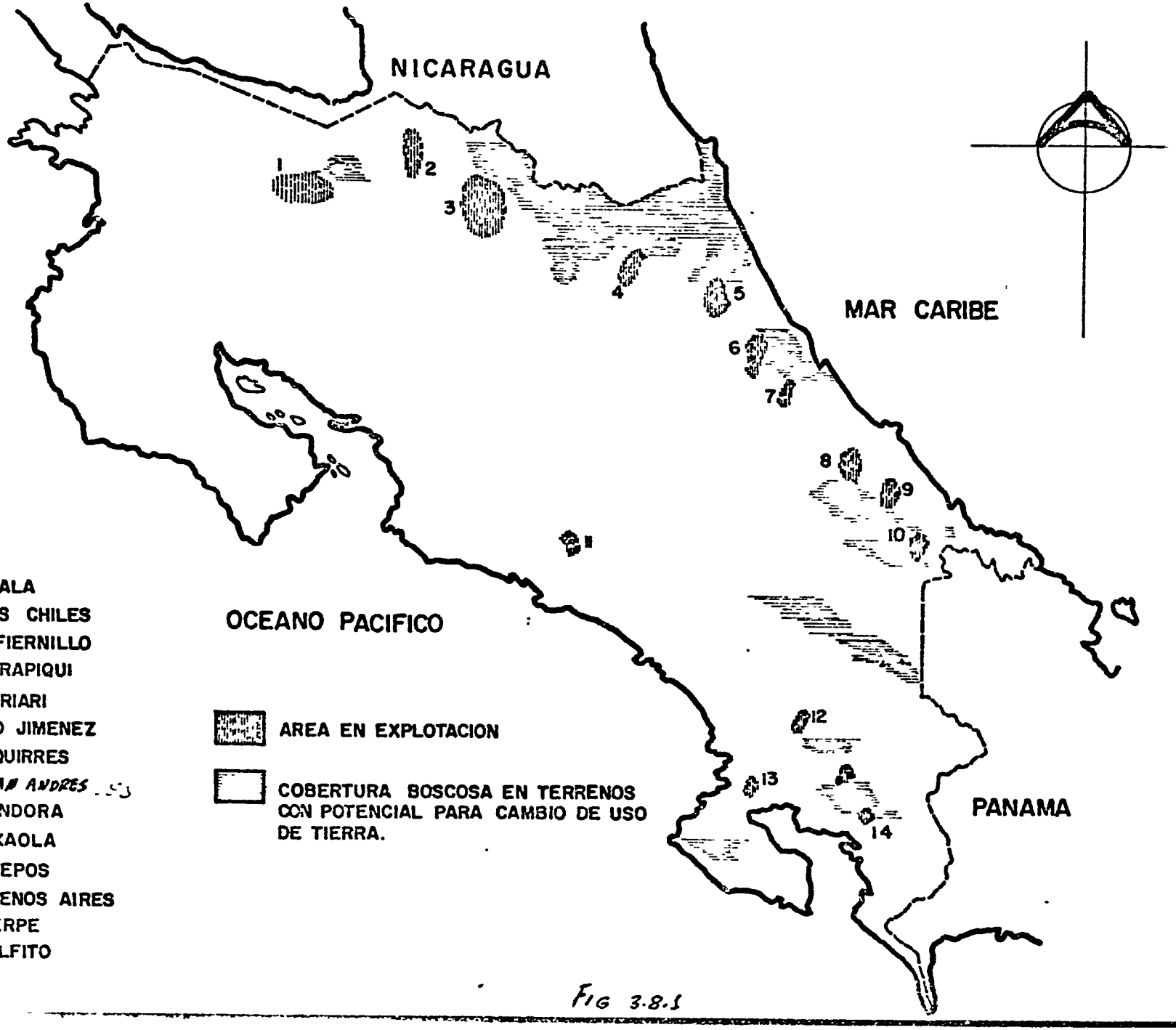
Zona [1]	Tierra con Cubierta Forestal Tipo 1 y 2 en Capacidad de Uso de Tierra Clases de 1 - 6 (Hectáreas)
Nicoya	6.700
Liberia	7.800
San Carlos	77.100
Barra del Colorado	--
Limón	5.000
Talamanca	28.100
Golfito	41.100
Quepos	500
TOTAL [2]	166.800

1- Como se define por mapas de cambio de uso

2- El mapa del Valle Central falta para análisis, sin embargo, la tierra disponible de este tipo podría ser muy pequeña

3- Cubierta Forestal tipo 1 tiene más de 90% de cubierta forestal; el tipo 2 tiene más de 60%. Capacidad de uso de la tierra se muestra en el cuadro.

MAPA ZONAS DE EXPLOTACION



1 – UPALA
2 – LOS CHILES
3 – INFIERNILLO
4 – SARAPIQUI
5 – CARIARI
6 – RIO JIMENEZ
7 – SIQUIRRES
8 – SAN ANDRES
9 – PANDORA
10 – SIXAOLA
11 – QUEPOS
12 – BUENOS AIRES
13 – SIERPE
14 – GOLFITO

FIG 3.8.1

FIGURA 3.8.2

BALANCE DE RECURSOS FORESTALES EN BOSQUES PRODUCTORES DENSOS Y MENOS DENSOS

(10^6 m^3)

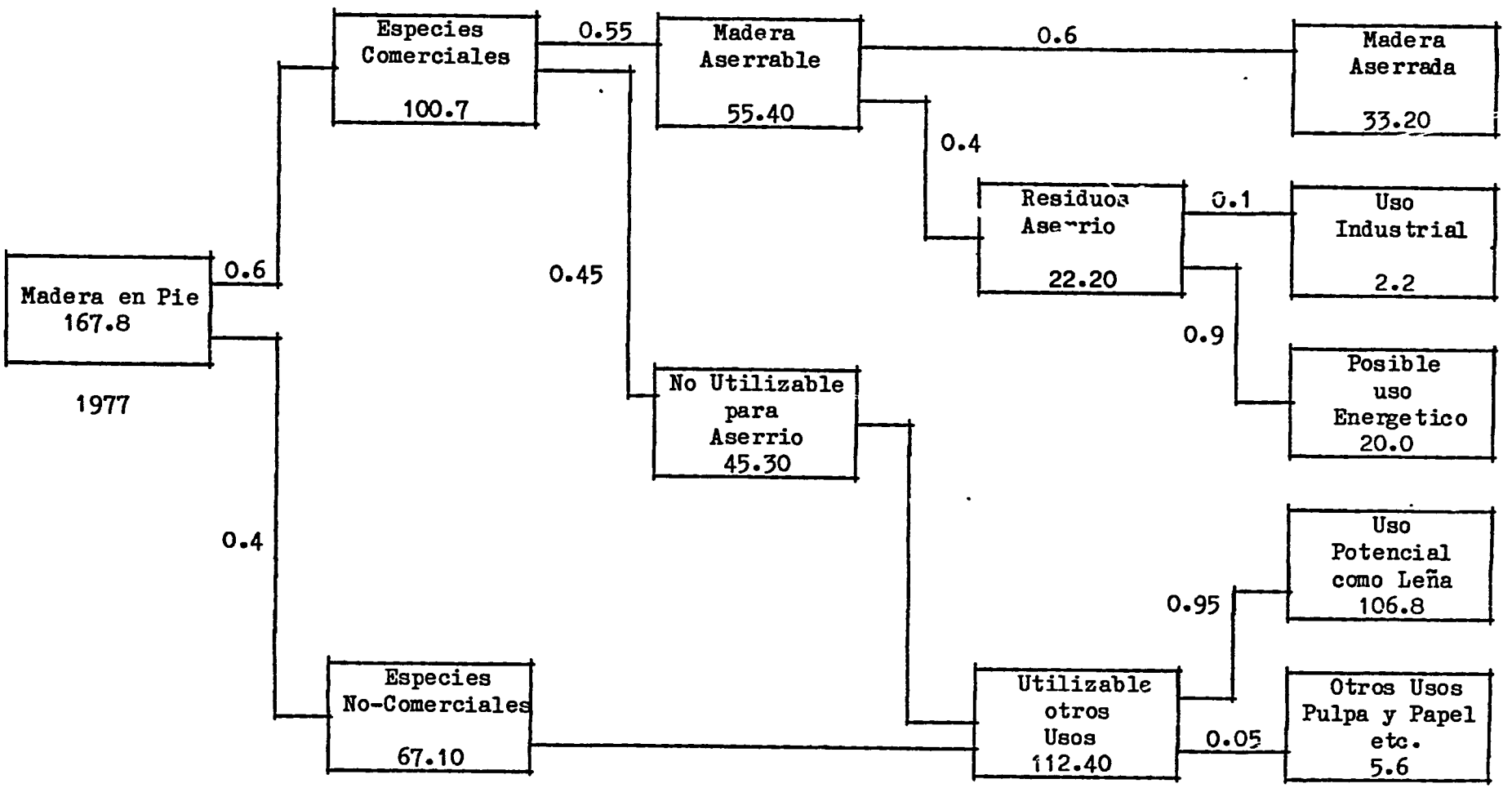
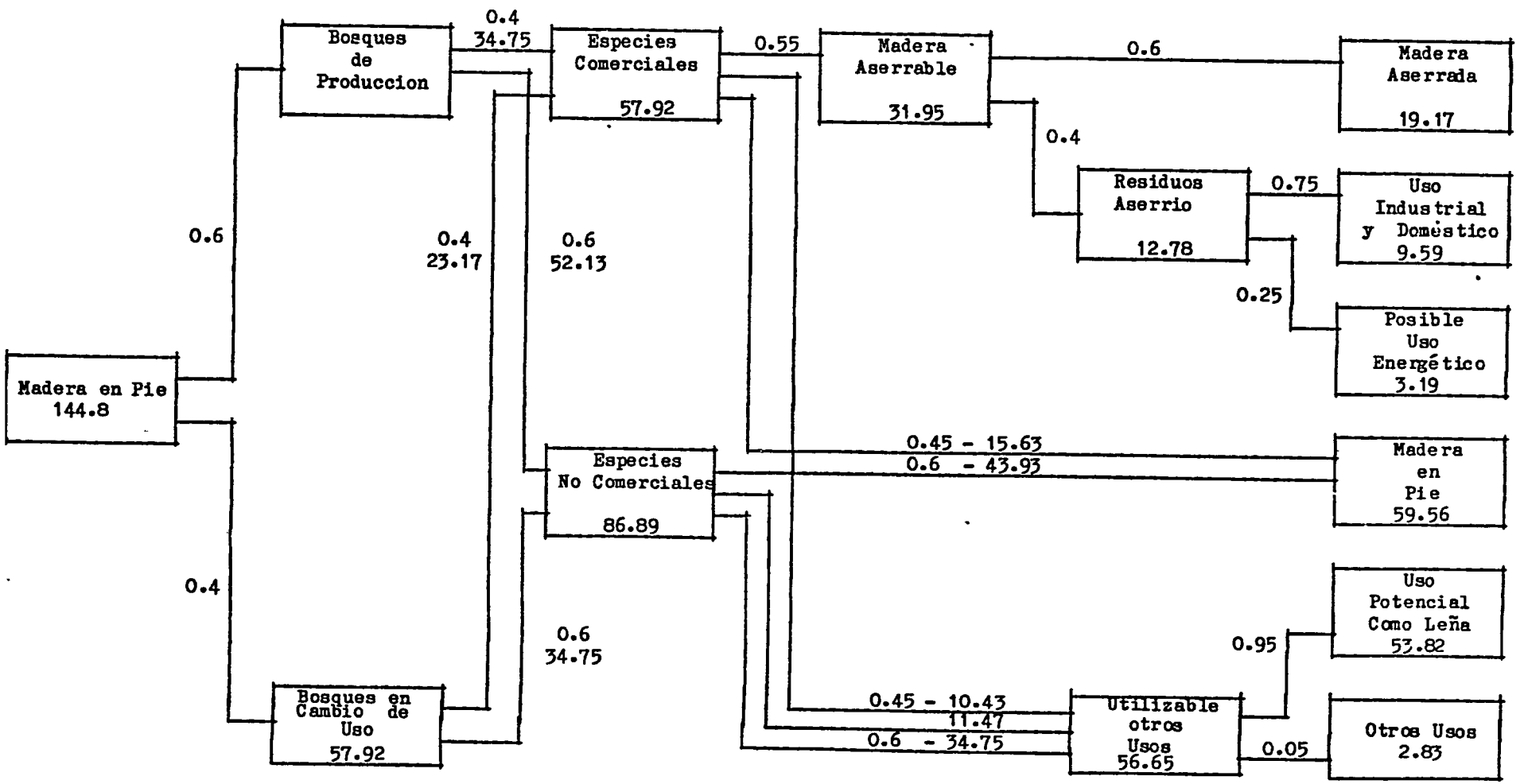


FIGURA 3.8.3

BALANCE DE RECURSOS FORESTALES EN BOSQUES DENSOS Y MENOS DENSOS, INCLUYENDO MODIFICACIONES POR BOSQUES EN PRODUCCION Y EN CAMBIO DE USO
(10^6 m^3)



C A P I T U L O I V

TOPICOS GENERALES DE LA OFERTA

4.1 Introducción

El propósito de este capítulo es el de dar una idea más general de las fuentes de subproductos que se pueden alcanzar simplemente juntando los recursos individuales discutidos en el Capítulo III. Como una base para desarrollar esta perspectiva, el concepto del ciclo de combustible es una herramienta útil.

Todos los combustibles están asociados a un ciclo de combustible -un concepto que introduce las diferentes etapas en cuanto a producción, transporte, transformación y el usuario final de varias facilidades energéticas. El concepto se muestra esquemáticamente en la figura 4.1.1. El ciclo de la leña-biomasa difiere dramáticamente de aquellos más convencionales basados en energía fósil. Las diferencias no se refieren tanto a la presencia o ausencia de etapas particulares del ciclo, todos los productos que proporcionan energía deben ser producidos o extraídos, transportados y almacenados y deben llevar una cierta forma de tratamiento/mejora/conversión/refinamiento, en la refinación de crudo; separación de gas/astillado de leña/producción de carbón o el lavado de la hulla. Desde el punto de vista económico las diferencias recaen no solo en el número de etapas o en las diferencias en la tecnología, sino más bien en las diferencias de la geografía económica de las etapas de los ciclos de combustibles de biomasa en comparación con los combustibles derivados del petróleo. Las dimensiones pertenecientes a los ciclos de leña

combustibles de biomasa son generalmente muy pequeños comparados a la mayoría de los combustibles fósiles y la parte relativa al costo/valor al punto de uso final se encuentran más influenciadas por las etapas intermedias y finales del ciclo que la mayoría de los ciclos que utilizan combustibles fósiles. Esto se debe, mayormente, a la densidad relativa de la enegía y a las opciones técnicas disponibles para el transporte y el usuario final. Los ciclos de leña-combustible de biomasa generalmente no se extienden más allá de diez, o a lo más, unos cientos de kilómetros en espacio; los de fósiles, más frecuentemente a cientos si no a miles de kilómetros.

La densidad energética junto con otras características de los combustibles de biomasa y la leña, particularmente el contenido de humedad, también afectan la posible necesidad de almacenamiento (para secarlos) y/o la eficiencia (y el costo) de las etapas de transporte y uso final de los sistemas que utilizan leña o biomasa. El conocimiento, evaluación y selección de los posibles sistemas de biomasa se facilitan por medio del examen de ambas etapas y los factores económicos del ciclo de combustible para biomasa.

Los sistemas para leña y biomasa existentes y potenciales tienen algunas características comunes y cómo afecta el potencial económico y técnico para que dichos sistemas se conviertan en los mayores contribuyentes de toda la estrategia energética de ciertos países. Visto desde el punto del suministro, las características importantes son particularmente únicas en los sistemas de leña y biomasa, y se pueden agrupar en tres grandes categorías

relacionadas con la no-homogeneidad, la calidad y la escala de las fuentes de energía.

Los suministros de leña y biomasa no son homogéneos. La clasificación de la leña potencialmente utilizada como una fuente energética pueden variar dramáticamente en tamaño, densidad, y contenido de calor como se muestra en el Cuadro 4.1.1. El contenido de humedad es una característica crítica de los sistemas que utilizan leña y biomasa. Existe cierto número de factores técnicos que afectan la eficiencia, y por lo tanto el costo de, primero, la combustión final y segundo, el costo de transporte. Estos impactos pueden ser lo suficientemente significativos para recomendar sistemas que incluyen, almacenamiento con el único propósito de un secado natural al aire libre, o equipo especial (y costos de operación y capital) para reducir el contenido de humedad antes de las etapas de transporte o uso final del ciclo de combustible. Desafortunadamente, estos factores no son tratados, frecuentemente, en detalle en los análisis económicos de sistemas de biomasa.

En este capítulo trataremos, primero, el factor de calidad haciendo énfasis en el contenido de humedad y su impacto en la eficiencia y en el transporte. Luego discutiremos el transporte, una etapa esencial en el ciclo de combustible. Los costos del combustible enviado serán expuestos en el contexto de otras características importantes de la escala del ciclo de combustible.

CUADRO 4.1.1

CARACTERISTICAS REPRESENTATIVAS DE VARIAS FUENTES DE ENERGIA

FUENTE	Contenido Humedad %	Densidad Aparente Kgr/m^3	Dimensiones Típicas (Diámetro) cm	Contenido Energético Kcal/Kg
Mezcla de Foresta Nativa Recién Cortada (Costa Rica)	50%	434	8-65	1575
Explotaciones de Cambio de Uso de la Tierra	20%	330	15-75	3096
Plantación Cosechada	20%	295	20	3096
Corta de Arboles de Sombra de Café (Seco al Aire)	20%	487	12-20	3096
Arboles de Café (Secos al Aire) Picados	15% 10% 50%	260 166 320	4	
Costillas de Aserradero Recién cortadas Secas al Aire	45% 20-25%	417 294	varios	
Olote de Maíz	10% 25%	200 230	15L, 2.5D	2600
Cascarilla de Arroz	10%	130		3279
Aserrín	45% 25%	300 220		
Bunker				9112
Diesel				9094

4.2 Contenido de humedad: Impacto en el usuario y en el transporte

La relación entre el contenido de humedad y la eficiena de la combustión depende de la combustión química del combustible biomásico derivado de madera (en particular del porcentaje de hidrógeno) y de la naturaleza del proceso de combustión en términos de la cantidad de exceso de aire usado en tal proceso y de la capacidad de recobrar el calor de deshecho que tenga el sistema de combustión en sí. Las pérdidas de humedad en la madera provienen de la necesidad de usar calor para vaporizar el agua y el calor se pierde conforme el vapor escapa en la chimenea. Durante la combustión el hidrógeo se combina con el oxígeno y forma vapor de agua, el calor en el vapor de agua también escapa. Otras pérdidas de calor ocurren de los gases producto de la combustión además, el exceso de aire (que es la cantidad de aire sobre los requerimientos teóricos de combustión) entra en el sistema y escapa a altas temperaturas.

El contenido energético de los combustibles es usualmente reportado en un valor superior o inferior. El valor calórico superior es el calor de combustión de una unidad de combustible seco. La diferencia en entre el valor calórico superior y el valor calórico inferior, es la energía consumida en la evaporación de la humedad y el contenido de hidrógeno del combustible, pero no las pérdidas asociadas con el aire de combustión. De aquí el valor calórico inferior es independiente de la eficiencia de combustión y es más grande que el valor calórico efectivo, el cual incluye estas otras pérdidas de combustión, según se muestra en la figura 4.2.1.

En el caso de la leña las relaciones son similares. La figura 4.2.1 presenta la relación entre el poder calórico y el contenido de humedad para una muestra típica de leña quemada bajo condiciones particulares. Esta figura sugiere que tanto el contenido de calor disponible como el poder calórico efectivo varían dramáticamente en relación con el contenido de humedad. Por ejemplo, de un trozo de leña de 1 Kg con un contenido de humedad del 40%, se obtiene un calor disponible de solo alrededor de 12.500 KJ (unos 8.300 KJ de calor efectivo), mientras que de un trozo secado al horno, también de 1 Kg de peso, se obtienen alrededor de 19.700 KJ de calor aparente. En principio, con sistemas de recuperación de calor se puede disminuir la diferencia entre el calor efectivo y el calor disponible. Dado que estas diferencias son generalmente mayores un porcentaje para combustible biomásico derivado de madera que para combustible derivado del petróleo, la recuperación del calor de deshecho desperdiciado puede ser muy importante en los sistemas alimentados con leña.

El aumento del contenido de humedad afecta adversamente la eficiencia con la cual el poder calórico con que el material lignocelulósico en el combustible puede ser usado. Este efecto, por sí mismo, no es muy fuerte si el nivel de humedad involucrado en el proceso de calor no es muy elevado; cual parece ser el caso en la industria costarricense. El Cuadro 4.2.1 muestra este efecto. Nótese que para un combustible que contenga entre el

10 y el 40% de humedad[1], la cantidad de material lignocelulósico secado al horno requerido para producir una cantidad dada de "calor efectivo neto" aumenta en sólo 11%, mientras que el valor calorífico de este material seco en el combustible cae a un 10%. Recordemos que nos referimos únicamente al material seco en el combustible. Desde luego, el peso de combustible requerido (incluyendo el agua) aumenta mucho más. Esto nos dice que nuestra necesidad de una fuente básica de recursos biológicos secos, que debe existir donde sea, ha aumentado en un 11%. En la práctica, las decisiones sobre el contenido aceptable de humedad de los combustibles a utilizar en los procesos de calor estarán a menudo, dentro de un ámbito pequeño.

Volviendo al punto de uso final, existen varios factores adversos que aparecen cuando el contenido de humedad aumenta y que pueden hacer que el efecto sea más serio que el que se indica anteriormente. Primero, la eficiencia puede caer más rápidamente de lo que se deduce de los relativamente simples cálculos teóricos anteriormente apuntados. El acelerado deterioro en el rendimiento variará tanto de un proceso final a otro como de una marca de equipo a otra. La figura 4.2.2 ilustra lo que sucede con la eficiencia de un gasificador brasileño cuando aumenta el contenido de humedad, en comparación con los simples cálculos teóricos.

---

[1]El contenido de humedad en este reporte es siempre sobre base húmeda, que es:

$$\% \text{ de contenido de humedad} = \frac{\text{Peso Verde} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Verde}}$$

Podemos generalmente esperar, en sistemas de fuego directo, que el exceso de aire necesario para alcanzar la misma conversión de eficiencia del carbón en combustión, aumentará, lo que significa mayor peso de aire caliente inútil y menor temperatura de la llama. Este efecto debe agregarse a la baja temperatura de la llama, lo cual es debido únicamente al contenido de humedad. La figura 4.2.3 muestra el sinergismo. La temperatura de la llama influencia la eficiencia, por ejemplo, de las calderas ya que disminuye la transferencia del calor radiado.

El aumento en el contenido de humedad produce a su vez un aumento en la cantidad de gases de combustión (Cuadro 4.2.1), aún sin considerar el efecto de un incremento posible en el exceso de aire, el cual podría a su vez afectar aún más la producción de gases. En cuanto a calderas, especialmente las de quemador horizontal (este es el tipo de caldera más utilizado en Costa Rica), este incremento en gases de combustión puede disminuir su eficiencia.

Estas complicaciones no sólo se limitan a disminuir la eficiencia, sino que tienden también a reducir la capacidad del equipo en el proceso. La importancia de la reducción en la capacidad dependerá del grado al que la capacidad del proceso de calor existente sea usado y también en la posibilidad de reducir los requerimientos del proceso de calor a través de la conservación de energía (uno de los muchos ejemplos del por qué proyectos de conservación y sustitución deberán ser considerados en conjunto a través de un auditoraje energético), pero esto significa agregar una limitación potencial.

Podemos tomar las pérdidas de eficiencia estimadas anteriormente en el Cuadro 4.2.1 como un mínimo conservador para estimar los beneficios de llevar el material combustible a un contenido de humedad aceptable para el proceso final.

Sin embargo, el más serio costo de alto contenido de humedad puede no ocurrir al punto de uso final, sino en el costo del transporte del combustible desde el punto de abastecimiento. Este costo depende de la distancia a que se encuentre el punto de uso final con respecto del punto de abastecimiento. Parece ser que en la mayoría de los "mercados tradicionales" esta distancia no es muy grande, siendo aproximadamente de 30 Km tanto en el Valle Central como en Guanacaste.

Con cualquier cambio significativo en la demanda por parte de los consumidores no tradicionales, la distancia de transporte se aumentará sustancialmente en la mayor parte de los casos. Un ejemplo de este fenómeno lo representa la Industria Nacional de Cemento, la cual está transportando coquito de palma africana desde Quepos hasta Cartago (casi 150Km). Veamos qué sucede a los costos de transporte en relación con la distancia, cuando la misma es de 125 Km. En este caso consideramos los efectos del contenido de humedad en el combustible tanto en su relación con el transporte como cuando éste es utilizado (ambos efectos podrían ser, y frecuemente lo son, bastante diferentes especialmente si el secado adicional tiene lugar en el punto de uso final).

El Cuadro 4.2.2 suministra una vista esquemática de cómo los costos de

transporte por GJ de energía entregada, están influenciados por el contenido de humedad. Este Cuadro nuestra claramente dos aspectos. Primero, que el contenido de humedad tiene un impacto importante en el transporte, y segundo, que hay un impacto mucho mayor si el contenido de humedad puede ser reducido antes de que el material sea embarcado, un vez de secarlo en el punto de uso final. Considérese el caso de alguien a quien se le ha entregado un material con un 40% de humedad (que es bastante común en industrias tradicionales) y que lo usa poco tiempo después casi con el mismo contenido de humedad. Este individuo pagará ¢ 83.50 por GJ solamente en lo que se refiere a transporte. Asumamos que este individuo seca su combustible biomásico hasta alcanzar un 20% el mismo contenido de humedad. Los costos de transporte se reducirán entonces en un 26% adicional o sea ¢19.85 por GJ. De esta forma, tomando en cuenta el factor de contenido de humedad, el usuario ha ahorrado ¢ 26 por GJ en los costos de transporte, casi un 80% del este ahorro se debe al reducir el contenido de humedad del conbustible antes de que éste sea transportado.

Una objeción a estos cálculos es que nuestra relación entre el contenido de humedad y la eficiencia del combustible es bastante conservadora, y por lo tanto,, subestima (como se había explicado anteriormente) el horro en el punto de uso final. Mientras se hacen ajustes para esta conservación se aumentaria el valor relativo del beneficio del secado en el uso final en comparación con el secado en el punto de abastecimiento, ésto no cambiaría el ahorro adicional absoluto de secado en el punto de abastecimiento.

Este punto se podría aclarar más haciendo el análisis para dar un paso más adelante al considerar el efecto del contenido de humedad un el precio de entrega del combustible (i.e. el costo en el punto de abastecimiento más el transporte). Esto se muestra en el Cuadro 4.2.3 tomando en cuenta dos casos. El primer caso, con un precio típico en el mercado actual del combustible un el punto de abastecimiento (¢ 500 por tonelada de material secado al horno) y el segundo, a un precio más alto que puede asemejarse al precio téorico de la leña proveniente de las plantaciones (¢1.150 por tonelada de material secado al horno). En este último caso, se ahorran ¢ 12 por GJ si se transporta el combustible con un contenido de humedad del 40% y se consume a un 20% de contenido de humedad, comparado a consumido con un 40% de contenido de humedad. Si se transporta a un 20% de contenido de humedad se ahorra ¢ 19.85 por GJ adicionales,lo mismo que en nuestra primeros cálculos. El ahorro total en el costo del combustible es de alrededor del 20%.

Estos cálculos están hechos asumiendo que el costo del transporte está determinado por el peso en vez de por el volumen del material. ¿Hasta qué punto es este el caso? Para contestar esta pregunta es útil dividir el combustible biomásico en dos categorías: aquellos que se encuentran por encima a debajo de la densidad a la cual la carga cambia de ser limitada por el peso a su limitada por el volumen. Los materiales de la primera categoría son: granza de arroz, olotes de maíz, aserrín y bagazo. En el Cuadro 4.1.1 se mostraron las densidades de masa y el contenido de humedad de estos materiales. El problema que se debe vencer con estos materiales

127

EFECTOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y EXCESO DE AIRE

es cómo o cuándo aumentar su densidad. La mayoría de las tecnologías de densificación requieren materiales bastante secos. El tema del secado se convierte en un tópico que está estrechamente ligado al problema del manejo de materiales (al menos cuando el material debe ser transportado), lo cual será descutido en la sección siguiente.

En el caso de las segunda categoría, madera, la situación es un poco diferente. Un buen punto para comenzar es considerar la densidad aparente a la cual el vehículo de transporte se ve limitado por volumen y no por peso. La figura 4.2.4 muestra la relación entre la altura de la carga y la densidad aparente para una carga patrón de 22 toneladas. El punto de cruce está en el ámbito de 270 - 300 kg/m^3 de densidad aparente.

Por debajo de esta densidad la carga (en peso) que puede ser transportada cae rápidamente. Así, un camión de 22 toneladas puede solamente transportar unas 9 toneladas de granza a 120 kg por m^3 de densidad aparente. Por encima de esta densidad, aún cuando se puede encontrar alguna incomodidad en los tipos de camiones disponibles, el costo de transporte está esencialmente determinado por el peso. La densidad de la madera sólida varía considerablemente en relación con su especie y la edad del árbol. Maderas comunes en la selva natural de Panamá tienen una "densidad específica básica"[2] que varía desde los 250 kg/m^3 hasta los 800 kg/m^3. Maderas que se encuentran dentro de un rango que va de liviano moderado a pesado, tienen densidades específicas básicas de 350 - 600 kg/m3 (ref.12). La densidad

---

[2]Densidad específica básica, o gravedad, es el peso secado al horno dividido entre el volumen verde.

verde, incluyendo agua, podría ser el doble de estas cifras.

Hasta ahora no se ha encontrado información específica de las especies más comunes plantadas en el área de producción energética potencial. Sin embargo, en Brasil la densidad específica básica del Eucalipto saligna con cinco años de plantado es de 500 kg/m^3 (580 kg/m^3 a los 7 años). El saligna tiene una densidad similar a la de otras especies de eucalipto usadas como leña (ref. 14). El eucalipto es la especie que ha sido más plantada en el Proyecto Leña de CATIE. Uno de los factores más atractivos del eucalipto es su relativa alta densidad aún a los pocos años de plantada. Muchas otras especies tienen una densidad específica básica sustancialmente más baja en corta rotación (en el ámbito de 330 - 350 kg/m^3).

Por debajo del punto de saturación de las fibras (25 - 30% humedad) la madera se comienza a contraer. Para maderas de bosque natural esta contracción promedia alrededor del 15% en volumen a un estado seco al horno (ref 12). Para plantaciones más jóvenes estas contracciones pueden ser más pronunciadas.

Esta contracción significa que por debajo de alrededor de un 25% de contenido de humedad, la densidad total de una madera sólida cae considerablemente menos con una disminución del contenido de humedad fue lo que se estimaría con base de la densidad específica únicamente.

Para obtener la densidad de carga de la madera es necesario estimar los espacios vacíos entre las piezas sólidas de material apilado. Esto puede variar considerablemente de acuerdo al tamaño y forma de la madera. Un

129

NOTAS A LA FIGURA 4.2.4

estereo (un metro cúbico apilado) de madera de plantación relativamente recta es equivalente a aproximadamente 0.7 m^3 de madera sólida, mientras que un estereo de madera proveniente de un bosque natural es equivalente a alrededor de 0.6 m^3 (o menos) de madera sólida. Las costillas, que son bastante irregulares, pueden tener aún más espacios vacíos entre sí cuando se apilan.

Hagamos una estimación teórica basados en madera relativamente liviana (densidad baja) con una densidad específica básica de 350 kg/m^3 y con contenido de humedad del 20%. No se tomará en cuenta la contracción ya que a este nivel de contenido de humedad la misma es limitada. Un metro cúbico sólido pesará alrededor de 440 kg, un estereo pesará cerca de 310 kg si la madera es relativamente uniforme (de plantación) o 260 kg si proviene de un bosque natural.

Estos cálculos ilustran varios puntos. Primero, el secado aún de madera relaticamente liviana proveniente de plantaciones no nos conduce a los problemas donde el transporte se vuelve limitante debido al volumen. Segundo, podrían existir problemas con mezclas de madera proveniente de bosques naturales, la cual tiende hacia un promedio relativamente liviano. Esto tiende a reforzar el argumento expuesto anteriormente de que una parte de la madera más liviana proveniente de los raleos podría no estar, en efecto, económicamente disponible.

Por dos razones hemos insistido sobre los temas de densidad de la madera y el transporte. Primero, hay cierta tendencia en la literatura a ser un

tanto desdeñoso acerca de todo el tema, lo cual es incongruente con la importancia generalmente conocida del transporte. En tanto no podamos ofrecer todas las estimaciones útiles, desearíamos recomendar a todos aquellos que trabajan en este campo, la necesidad de desarrollar una confiable base de datos.

Esto es cierto no solamente para los factores relacionados con el transporte, sino también para factores tales como rendimiento y consumo en plataciones. Un metro cúbico de madera con 600 kg de materia seca es algo bastante diferente a un metro cúbico con 350 kg. Este punto es más que obvio, pero no ha sido incorporado a los negocios cotidianos de recolección y análisis. Segundo, existe un punto de vista general, raramente escrito pero frecuentemente expresado, de que el transporte de madera se ve limitado por el volumen. ¿De dónde se obtuvo este punto de vista? Esto parece surgir de la práctica general de transportar madera para energía o pulpa en forma de virutas de pulpa; situación que especialmente se presenta en los países desarrollados. Todos los estimados que hemos visto, aunque todavía no los hemos podido corroborar, sugieren que por debajo de un 40% de contenido de humedad, el transporte de la madera en virutas se vuelve un problema limitante por volumen y no por peso.

Este tipo de manejo y transporte de materiales, es una reacción a los altos costos de mano de obra. En un país con costos de mano de obra bastante bajos, es menos factible que sea económico (se estima que cuesta de ¢ 1.20/GJ a ¢ 2.39/GJ cargar manualmente un camión aquí en Costa Rica). Es interesante notar que en Brasil, donde los costos de mano de obra son

comparables, la madera es casi siempre transportada en troncos apilados y no en virutas.

Dado que parece haber distintos beneficios derivados de secar la madera en el campo, es razonable preguntarles cómo se puede hacer ésto? La respuesta es simple, el secado al aire, con una pequeña modificación que consiste en cubrir las pilas de troncos con un plástico o hierro galvanizado, es probablemente la mejor alternativa. Esto podría acelerar considerablemente el proceso de secado.

El "contenido de humedad de equilibrio" de la madera, aún en zonas húmedas como Limón, es 15% (ref 14). En Guanacaste durante la estación seca, ésta parece alcanzar un valor cercano al 10%. Desafortunadamente no disponemos de curvas de secado para troncos de diferentes dimensiones, sin embargo, estimados verbales sugieren que la madera cubierta en Limón alcanza valores de contenido de humedad del 20% en varios meses. Esto implica costos de inventario para madera plantada del orden de ¢ 2.40/GJ y la mitad de esta cifra para madera proveniente de otras fuentes. La idea de secar madera bajo cubierta, es comúnmente empleada en Costa Rica (especialmente para uso doméstico y en beneficios), y parece ser rápidamente aceptada. Debido a que no es usual encontrar maderas con contenido de humedad del 20% los fabricantes de equipo norteamericano, y probablemente también los europeos, han diseñado máquinas que procesan eficientemente maderas con contenidos de humedad de 40 a 50%, según podría verse más adelante.

Los sistemas de secado activo han sido revisados y generalmente no parecen

ser conflictivos. Una oferta de un fabricante norteamericano de sistemas gasificadores muestra la posibilidad de instalar un secador mecánico junto con un gasificador, en módulos con salida de 50-200 toneladas por día (tpd). La oferta seca por la escala tan grande en la que trabaja (pues se requiere de una plantación mínima de una 1.500 Has. solo para suministrar el material al módulo más pequeño); por los altos costos de inversión que se estiman en más de $2000 por tonelada por día (tpd) de madera seca y por el hecho de que el material a secar podrían ser virutas en vez de troncos, para las cuales siendo el volumen una limitación para el transporte, aún con costos de transporte reducidos. Otra posibilidad que parece bastante factible es la de adaptar hornos tipo colmena "beehive" normalmente usados para carbón, para secar madera. El concepto parte del principio de que el primer paso en la producción de carbón es, en cualquier caso, el secado; por lo tanto el proceso podría simplemente detenerse cuando el color del humo cambie. La inversión se estima en alrededor de $500/tpd de madera seca. Una batería para dos trabajadores a tiempo completo podría producir de 15-20 tpd (a medio tiempo la producción sería menos sin embargo, la escala sería todavía grande en relación con el promedio de la demanda). En este caso la madera puede utilizarse en troncos, lo que permite aprovechar los beneficios del transporte anteriormente mencionados.

La clave de la viabilidad de tales "sistemas de secado activo" consiste en el bajo costo en que se incurriría para la alimentación de los hornos. Sus ventajas son: pequeños inventarios, la posibilidad de alcanzar bajos contenidos de humedad (10% ó menos, aún permitiendo en algunos casos el

reabsorver humedad) y un mejor "control de calidad" para el consumidor.

Este último punto, el control de calidad, es muy importante. Como ya hemos observado, el concepto del control de calidad es casi completamente inexistente en el mercado actual de madera. ¿Sería posible que pequeños productores puedan cambiar el sistema tradicional y responder a un mercado que diga: "yo quiero "X" toneladas de leña a no más de 20% de contenido de humedad y con una densidad aparente no menor de 300 kg/m^3? ¿Cuáles podrían ser la rutinas de medición empleadas? Este tipo de especificaciones son normales em mercados organizados. Los vendedores de residuos agrícolas concentrados pueden probablemente responder razonablemente a este tipo de especificaciones. sin embargo en lo que a productores de madera se refiere parece existir aún mucho camino por recorrer.

El problema podría ser resuelto si la venta a consumidores industriales individuales se realizara a través de una entidad centralizada que pudiera mantener el control de calidad y que oblige a las fuentes de suministro a apegarse a este control de calidad. El concepto de una planta centralizada de preparación y manejo de combustibles será frecuentemente mencionado y desarrollado en este reporte. Este concepto parece ser una forma prometedora de resolver los problemas estructurales de mercado que efrenta la bionergía debido a sus características particulares. Con relación a "control de calidad" en lo que se refiere a contenido de humedad, los beneficios podrían resultar en:

a- una combustión más eficiente

b- costos de transporte más bajos

c- la posibilidad de uar sistemas de bajo precio que requieran combustible seco.

Este último punto será desarrollado en el Capítulo VI.

CUADRO 4.2.1

PARA ABASTECER 4.18 GJULIOS (1 Gcal) DE ENERGIA NETA DISPONIBLE SE REQUIERE:

Bases de combustión total Indice relativo al Bunker	C.H. %	Kgs de Combustible como se recibe	Kgs de combustible seco al horno requerido	gases de combustión del combustible (Kg)	Vapor de humedad de madera (Kg)	gases de combustion totales	gases de combustión totales Indice 10% CH = 100
111	0	247	247	2,030	0	2030	97
114	10	280	252	2,071	28	2079	100
119	20	323	258	2,121	65	2186	104
126	30	381	267	2,195	114	2309	110
135	40	465	279	2,293	186	2479	118
150	50	597	299	2,458	298	2756	131

C-4.2.1

CUADRO 4.2.2

COSTOS DE TRANSPORTE COMO UNA FUNCION DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Para entregar una Kcal (4.18 KJ):

CONTENIDO DE HUMEDAD AL CUAL DE TRANSPORTA	CONTENIDO DE HUMEDAD AL CUAL SE CONSUME	Kg DE COMBUSTIBLE TRANSPORTADO	COSTOS DE TRANSPORTES
10%	10%	280	210
20%	10%	315	236
	20%	323	240
30%	10%	360	270
	20%	368	276
	30%	381	285
40%	10%	420	315
	20%	430	323
	30%	445	334
	40%	465	349
50%	10%	504	378
	20%	516	387
	30%	534	400
	40%	558	419
	50%	598	449

NOTA: Los costos de transporte es de ¢6,00 colones por ton=Km = ¢750/ton.

CUADRO 4.2.3

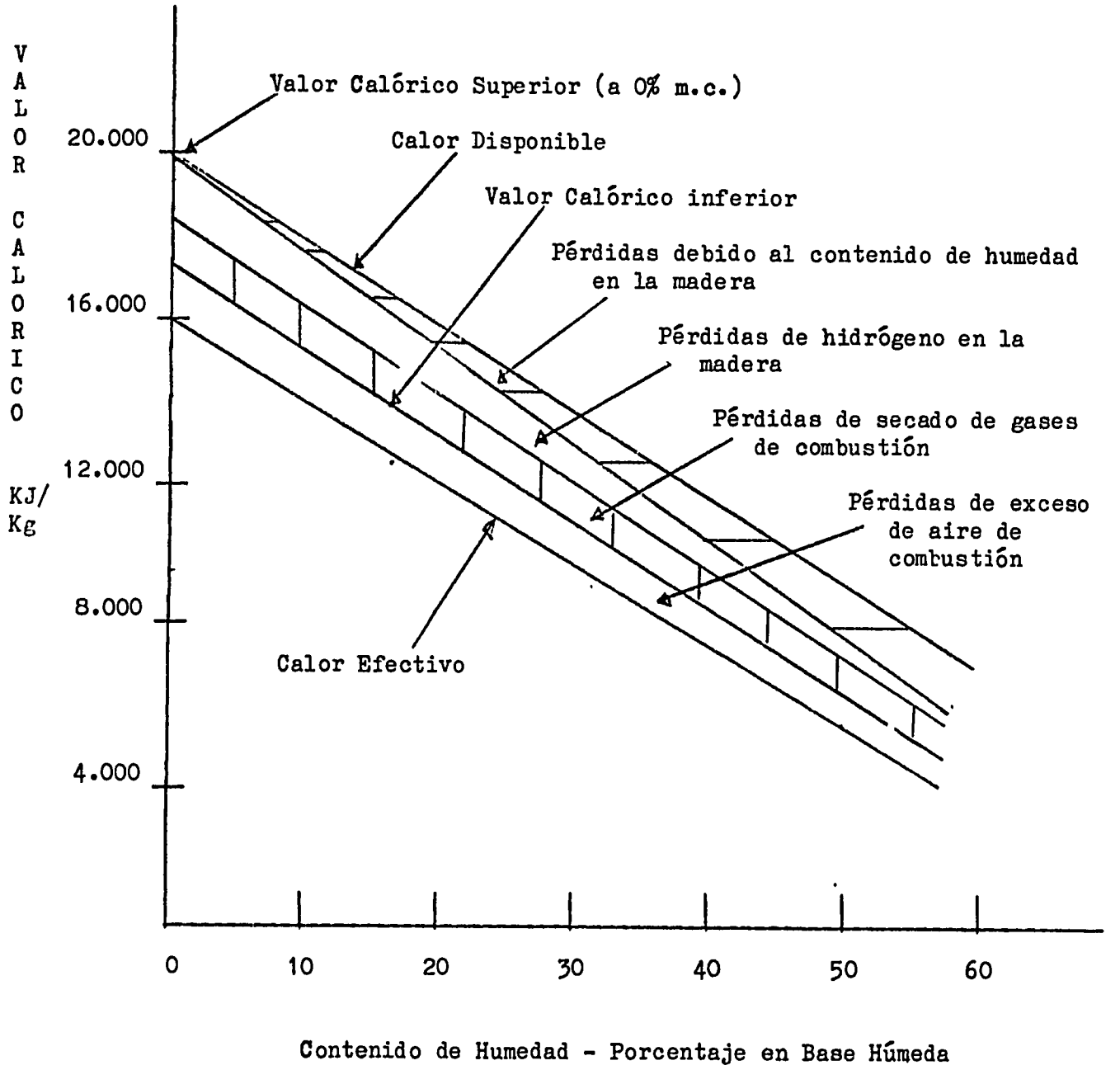
MODELO SIMPLIFICADO DE COSTOS DE COMBUSTIBLE ENTREGADO COMO UNA FUNCION DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Contenido de Humedad al cual se transporta	Contenido de Humedad al cual se consumirá	Costo de Transporte por GJulio (/GJulio)		Costo del Recurso por GJulio A	B	Costo del Combustible entregado por GJulio A	B
10%	10%	210	50.239	126	290	336	500
20%	10% 20%	236 240	56.45 57.41	126 129	290 297	362 369	526 537
30%	10% 20% 30%	270 276 285	64.6 66.0 68.1	126 129 133	290 297 307	346 405 418	560 573 592
40%	10% 30% 30% 40%	315 323 334 349	75.36 77.2 79.9 83.5	126 129 133 140	290 297 307 321	441 452 467 489	605 620 641 670
50%	10% 20% 30% 40% 50%	378 387 400 419 449	90.4 92.6 95.7 100.24 107.	126 129 133 140 149	290 297 307 321 343	504 516 533 559 598	668 684 707 740 792

FIGURA 4.2.1

RELACION DEL VALOR CALORICO DE MADERA TIPICA

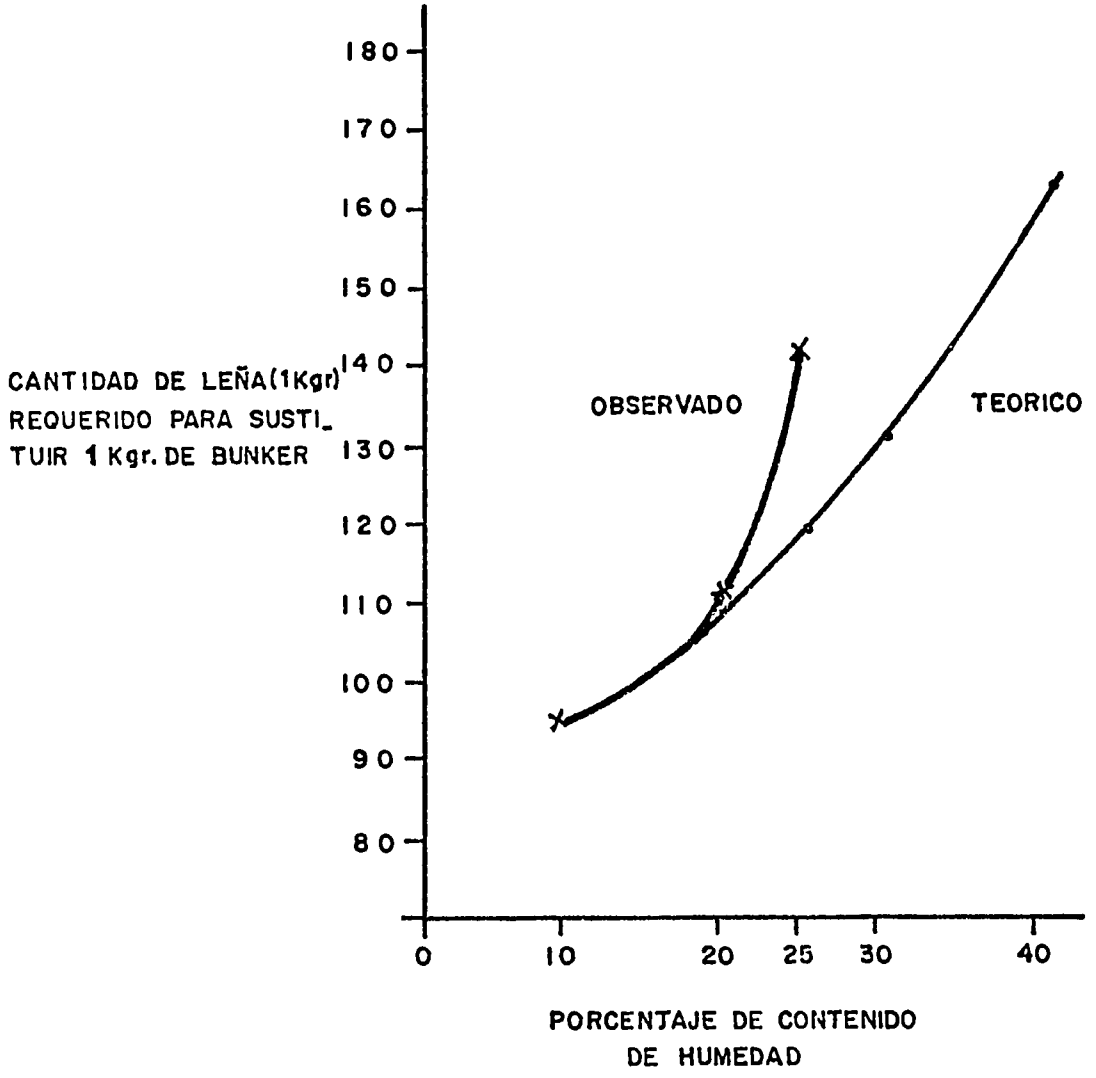
AL CONTENIDO DE HUMEDAD



Suposiciones: Valor calórico superior 19700 KJ/Kg. Temperatura de chimenea de 260° C y 40% de exceso de aire utilizado

COMPARACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL CONSUMO DE LEÑA COMO ESTIMADO EN EL CALOR EFECTIVO NETO.

ANALISISIS TEORICO Y ANALISIS OBSERVADO EN UN GASIFICADOR.



NOTA: BASADO EN UN GASIFICADOR BRASILEÑO

FIGURA 4,2,2

combustible biomásico en dos categorías: aquellos que se encuentran por encima a debajo de la densidad a la cual la carga cambia de ser limitada por el peso a su limitada por el volumen. Los materiales de la primera categoría son: granza de arroz, olotes de maíz, aserrín y bagazo. En el Cuadro 4.1.1 se mostraron las densidades de masa y el contenido de humedad de estos materiales. El problema que se debe vencer con estos materiales

EFECTOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y EXCESO DE AIRE EN LA TEMPERATURA DE LA LLAMA

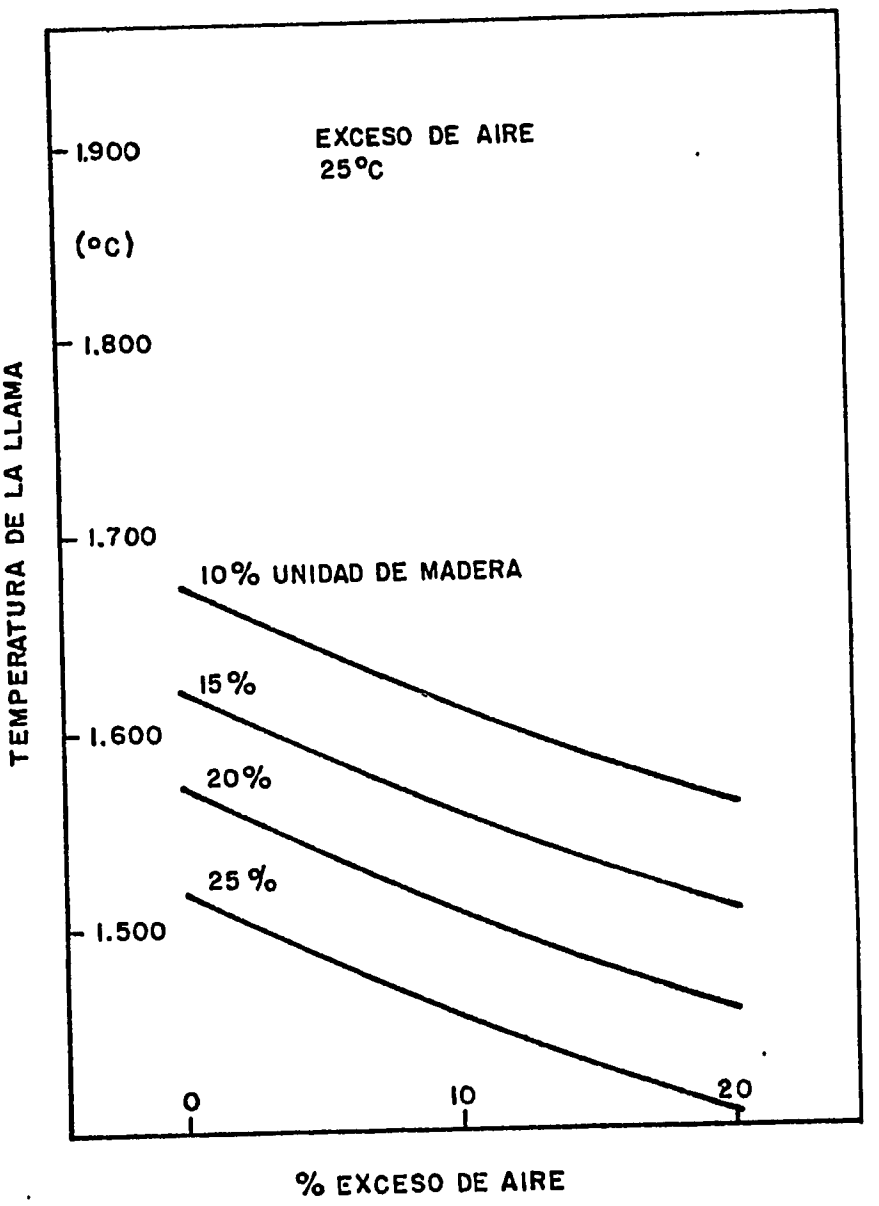


FIGURA 4.2.3

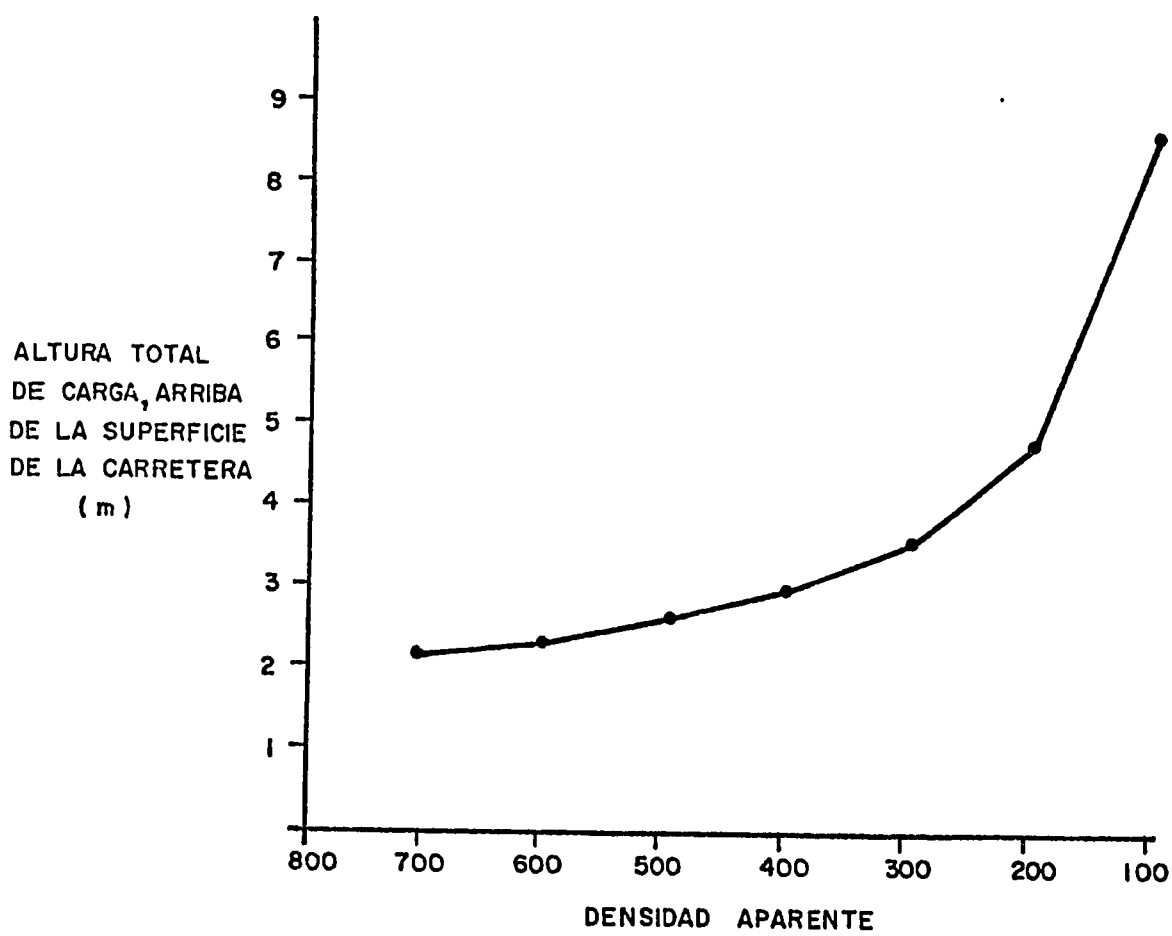
considerablemente en relación con su especie y la edad del árbol. Maderas comunes en la selva natural de Panamá tienen una "densidad específica básica"[2] que varía desde los 250 kg/m^3 hasta los 800 kg/m^3. Maderas que se encuentran dentro de un rango que va de liviano moderado a pesado, tienen densidades específicas básicas de 350 - 600 kg/m3 (ref.12). La densidad

---

[2]Densidad específica básica, o gravedad, es el peso secado al horno dividido entre el volumen verde.

128

ALTURA DE CARGA REQUERIDA PARA ALCANZAR PESO LIMITE DE UN CAMION NORMAL DE 22 TONELADAS COMO UNA FUNCION DE LA DENSIDAD APARENTE DEL COMBUSTIBLE.



NOTAS: LA PLATAFORMA DEL CAMION SE ASUME TENER LAS SIGUIENTES DIMENSIONES INVARIABLES.
LONGITUD = 12 METROS
ANCHO = 12 METROS

LA ALTURA DE LA PLATAFORMA ARRIBA DE LA SUPERFICIE DE LA CARRETERA ES DE 1,1M.

FIGURA 4,2,4

nido de humedad, la densidad total de una madera sólida cae considerablemente menos con una disminución del contenido de humedad fue lo que se estimaría con base de la densidad específica únicamente.

Para obtener la densidad de carga de la madera es necesario estimar los espacios vacíos entre las piezas sólidas de material apilado. Esto puede variar considerablemente de acuerdo al tamaño y forma de la madera. Un

129

- 4.2.23 -

NOTAS A LA FIGURA 4.2.4

AREA DE PLATAFORMA DE CAMION 28.8 m^2

Densidad Aparente (Km/m^3)	A Volumen requerido (m^3)	B Altura de carga	C Total de altura (B + 1.1 m)
800	27.5	0.95	2.05
700	31.4	1.09	2.19
600	36.7	1.27	2.37
500	44.0	1.53	2.63
400	55.0	1.91	3.01
300	73.3	2.55	3.65
200	110.0	3.82	4.92
100	220.0	7.64	8.74

NF-4.2.4

4.3 Transporte

Con relativamente pocas excepciones (tales como el acceso de productos agrícolas) será necesario transportar el combustible de las áreas abastecedoras a los usuarios. Este gasto puede llegar rápidamente a ser una parte importante del total de costo del combustible entregado incluso para una fuente de abastecimiento bastante cara (como se discutió en la sección previa. La importancia del transporte se puede notar también en el mercado tradicional. De esta manera los beneficios de café al norte y oeste de Alajuela no han comenzado aún a usar los residuos aparentemente libres de los aserraderos al norte de Ciudad Quesada, ubicados de 60 a 90 kilómetros de distancia.

La figura 4.3.1 da énfasis a la geografía de los centros potenciales de demanda y de las regiones abastecedoras. Cuantitativamente los más importantes encuentro centrados son las tierras para cambio de uso en San Carlos y Limón, los aserraderos de San Carlos, y los residuos de grasas de aceite y bagazo situados a lo largo de la costa pacífica. Los centros primarios de demanda están diseminados por todo el Valle Central de Cartago a Alajuela, con centros subsidiarios en Coloradito, Puntarenas y Ciudad Quesada. En el Valle Central, al excluimos la industria del cemento, la mayor parte de la demanda industrial está entre San José y Alajuela. Con algunas pocas excepciones los centros mayormente consumidores se sitúan de 90 a 190 kilómetros de los centros de mayor demanda. La figura 4.3.2 muestra un mapa del sistema de transporte existente.

La figura 4.3.3 muestra una estimación para el costo del tranporte por tonelada-kilómetro como una función de distancia para camiones y carga por ferrocarril. La tarifas de carga presentan gran variación.

Algo de esto se puede atribuir a las diferencias de ruta, por ejemplo el ir hacia el sur a través de San Isidro y Quepos es demasiado caro. Hay también algunas diferencias sistemáticas entre los recursos (una encuesta hecha al aserrín es consistentemente alto).

Para el propósito del análisis general hemos asumido que los costos del transporte están a ¢6/T- km en el recorrido de 80 a 125 kilómetros y ¢5.5/T- km a partir de ahí para el peso (no el volumen) del material limitado. estas cifras pueden equivocarse moderadamente, o sea en la parte más elevada. Hay, por ejemplo un conjunto de estimaciones de ¢ 4 - ¢ 4.5 para una distancia de 110 a 170 kilómetros. De esta manera los costos de transporte pueden reducirse, especialmente si se trata de grandes volúmenes contínuos. Es recomendable de todas maneras, dejar un cierto margen para errores.

El sistema ferroviario podría convertirse en un transporte importante de combustible desde la región abastecedora de Limón hasta la región del Valle Central. La estructura actual de las tasas es favorable a esto. El costo por tonelada/km [1] para Limón ¢ 1.7 por tonelada/kilómetro es mucho menor que la estimación más baja para camión de carga, a pesar de que a

---

[1] El costo asume que aunque la leña es limitante en volumen (el límite en un vagon de ferrocarril de 22 toneladas es la densidad aparente de 450Kg/m^3) la leña es cargada proporcional a su peso.

esta se le debe agregar por lo menos una ganancia pequeña por camión. Las tarifas para Puntarenas son aún mucho más favorables.

El transporte ferroviario es más económico donde las cantidades de carga se han concentrado. De esta manera la alternativa ferroviaria se hace más práctica con las estrategias de distribución de combustible que comprendan cantidades concentradas de leña en algún punto de ciclo del combustible y en contraste con el sistema actual que comprenda el embarque directo desde algunos puntos dispersos a otros puntos dispersos.

La posibilidad de una alternativa de estrategia, que comprendo una preparación centralizada abastecedoras de la leña (incluyendo el almacenamiento central en despósitos en las areas abastecedoras de la leña de las tierras para cambio de uso) y por consiguiente las cantidades concentradas de carga han sido ya aumentadas y serán mayormente incrementadas.

En este punto la carga ferroviaria aparece como una posibilidad seria y podría reducir los costos de transporte sustancialmente.

Si el material va a ser transportado en camión, la interrogante real es el suministro de energía en forma de diesel. La figura 4.3.4 compara el diesel consumido con el valor de la energía del combustible que se transporta de 50 a 200 km al 20% - 40% del contenido de humedad. A los 150 Km y al 20% del contenido de humedad el consumo del combustible es del 3% del valor de la energía que se transporta. Los valores aquí suministrados corresponden a un camión con una capacidad de 22 toneladas de carga. Para un camión de 15 toneladas, el consumo sería más o menos un 50% más alto.

Llevando el 40% de material húmedo llegaríamos a un 6%. No obstante el hecho de que los camiones más grandes son considerablemente más eficientes que los pequeños y que hasta en grandes camiones el diesel es responsable por un tercio del costo total estimado, una investigación realizada no encontró diferencia en el precio de los servicios ofrecidos para los diferentes camiones.

El Anexo 7 proporciona más detalles acerca de las tarifas ferroviarias, tipos de camiones y sus costos, como base a esta discusión. También se suministra un gráfico detallado de kilometraje en Costa Rica. En el Capítulo VI observaremos los costos de transporte en el caso específico de proporcionar aserrín para la Industria Nacional de Cemento (INCSA).

SITUACION DE RESIDUOS FORESTALES Y AGRICOLAS EN RELACION A LA DEMANDA EN COSTA RICA.

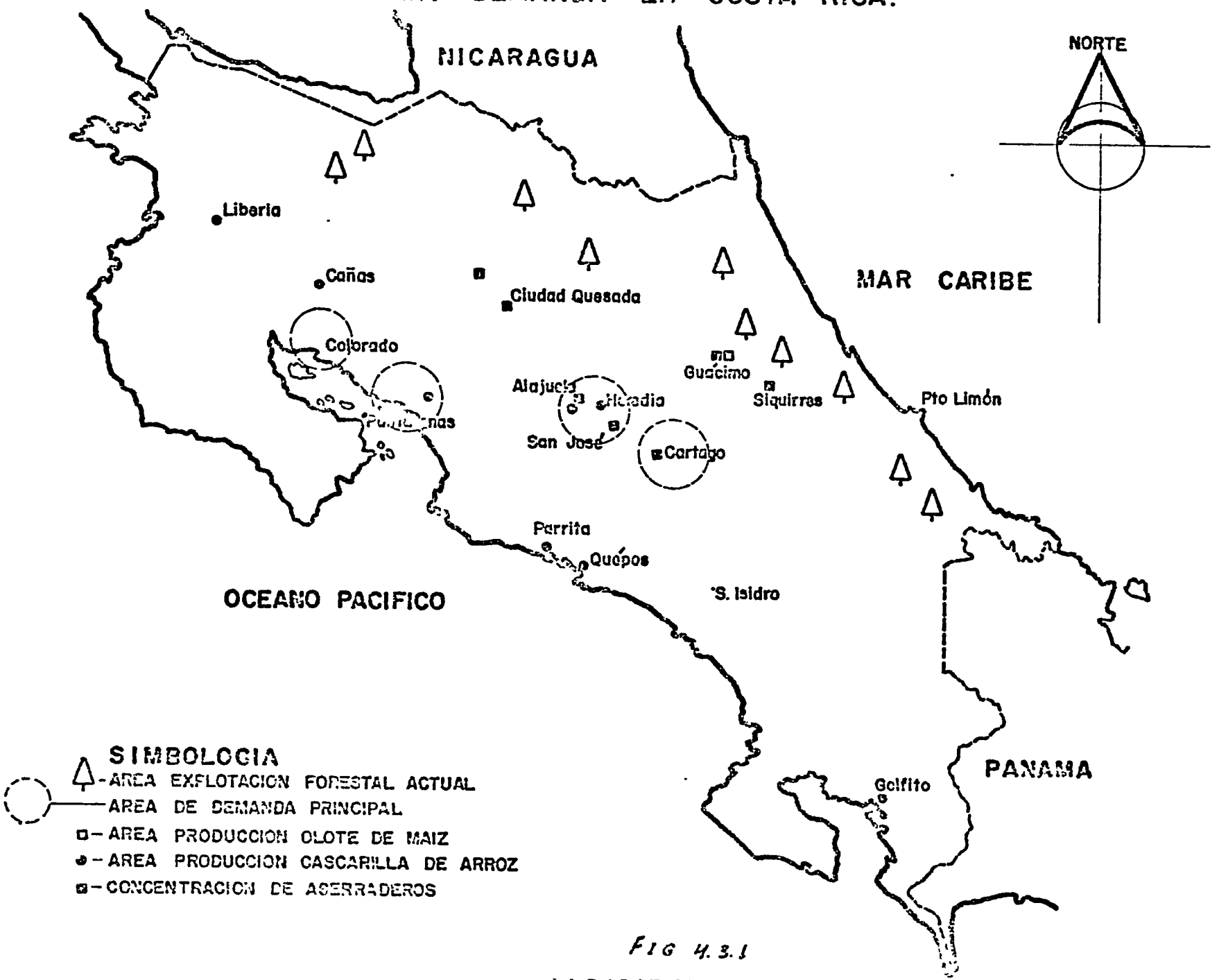


FIG 4.3.1

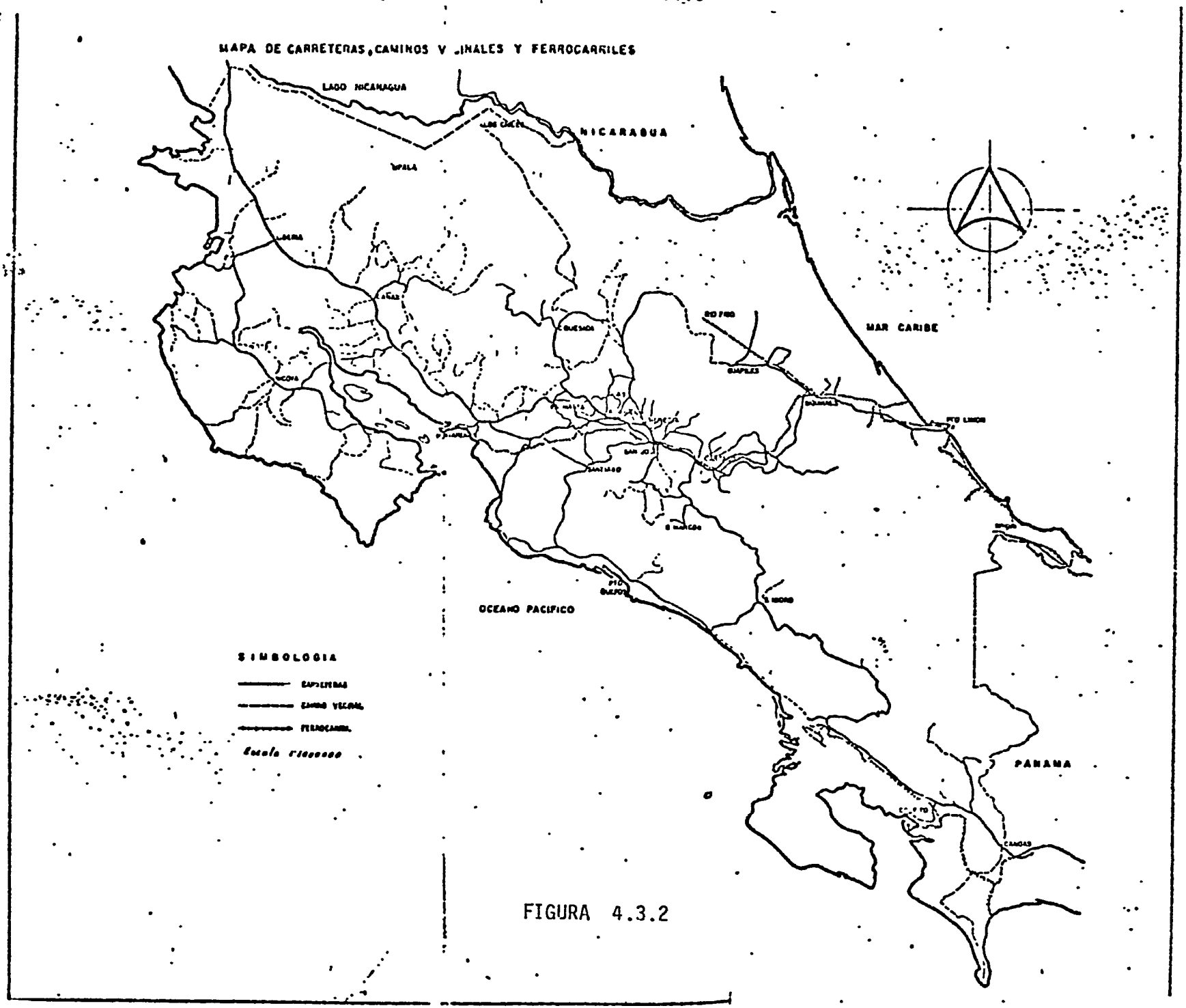
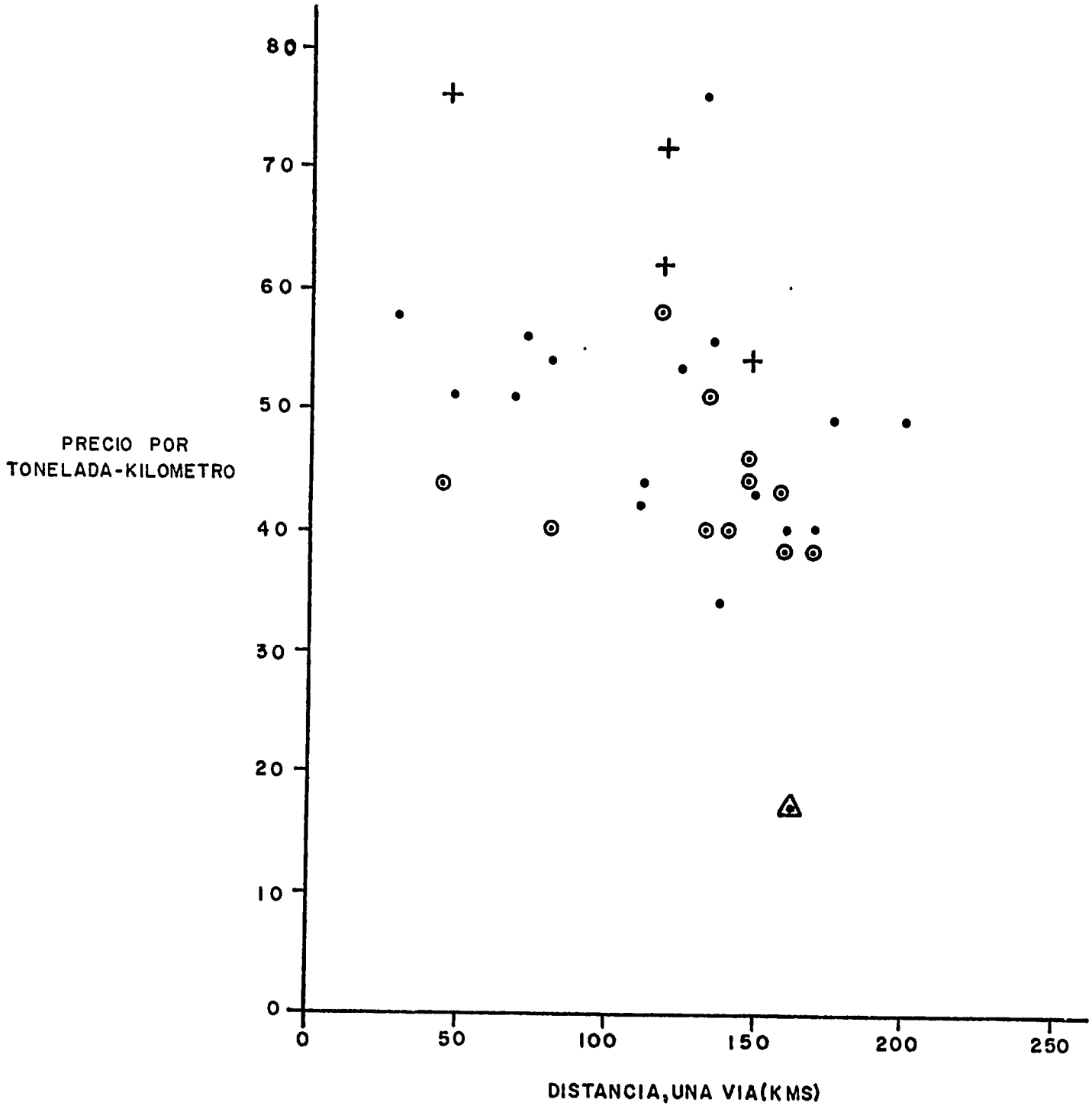

MAPA DE CARRETERAS, CAMINOS V INALES Y FERROCARRILES
LAGO NICARAGUA
NICARAGUA
MAR CARIBE
OCEANO PACIFICO
PANAMA
SIMBOLOGIA

FIGURA 4.3.2

RELACION DEL COSTO POR TONELADA-KILOMETRO DE DISTANCIA A TRANSPORTAR



SIMBOLOGIA:

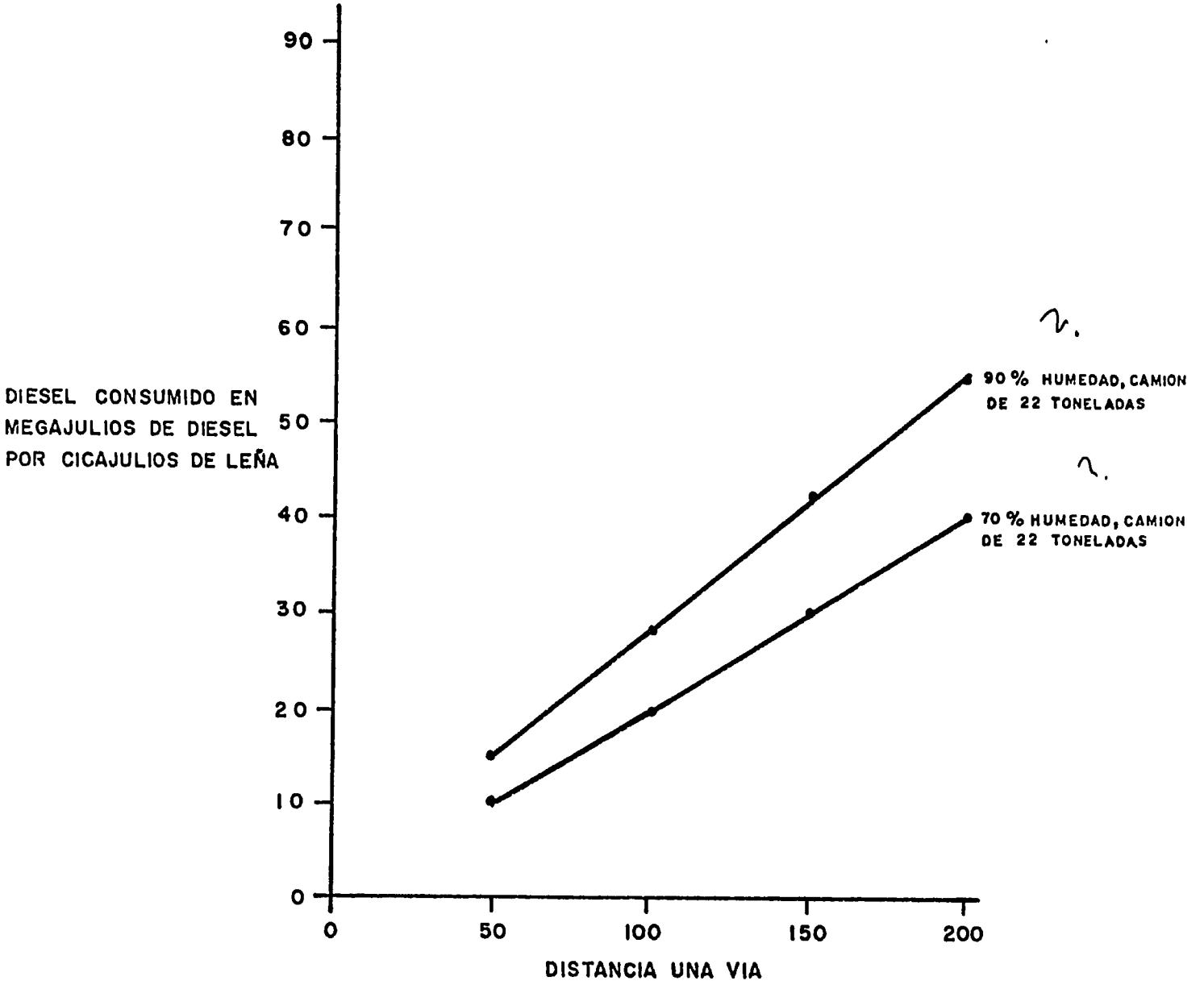
- • COSTOS PARA GRANOS DEL C.N.P.
- ⊙ TARIFAS DE FLETES EN LA ENCUESTA GENERAL
- + ENCUESTA ESPECIFICA PARA INCSA
- △ FERROCARRIL (FECOSA)

FIGURA 4,3,3

NOTAS A LA FIGURA 4.3.3

1- Los costos estimados mostrados aquí provienen de varias fuentes encuestadas, las cuales contienen los costos entre localidades específicas. La figura usa esta información para mostrar las relaciones entre el precio por ton-km del flete de transporte y la distancia en una vía. El precio asume una vuelta (camino de regreso vacío). La información básica se encuentra en el Anexo 7.

COMBUSTIBLE CONSUMIDO PARA TRANSPORTAR MADERA



NOTA: EL DIESEL CONSUMIDO INCLUYE EL VIAJE DE VUELTA

FIGURA 4,3,4

4.4 Escala y Costos

En Costa Rica, así como en la mayoría de los países, el combustible biomásico se encuentra en muchas fuentes. En este estudio se tomaron en cuenta seis fuentes existentes o potenciales, las cuales son:

1- residuos de madera provenientes de los aserraderos y de la industria del mueble.

2- residuos de madera que son subproductos de la producción y/o procedimientos agrícolas.

3- madera que queda en el bosque luego de que se han talado los árboles para los aserraderos y el cual va a ser destinado para cambio de uso de la tierra.

4- bosques plantados específicamente con el fin de proporcionar energía a la industria.

5- protección de los bosques naturales por medio de la regeneración natural.

6- residuos del talado de árboles en los bosques naturales.

La segunda fuente representa, actualmente, muchos tipos de recursos diferentes dependiendo del tipo de cosecha.

Estas seis fuentes representan las diferencias en tamaño, concentración y

costo de los recursos, los cuales deben ser considerados al medir la factibilidad técnica y económica de cualquier biomasa para aplicación energética y la complicación de la organización del mercado que se debe llevar a cabo si se desea hacer un programa significativo regional o nacional de sustitución de combustible por medio de la biomasa.

El cuadro 4.4.1 muesta algunos estimados de escala y costos característicos para las categorías de recursos que existen en Costa Rica. Unos cuantos puntos son evidentes inmediatamente. Uno es la gran variación dentro de las categorías en el tamaño del recurso y la concentración del sistema lo cual sugiere un mercado que no está fácilmente organizado. Los tamaños del suministro se encuentran en un ámbito que va desde unas 6.000 toneladas de olotes de maíz hasta cientos de miles de toneladas de material proveniente del raleo de tierras para cambio de uso. La granza del arroz es similar al olote de maíz en que, aunque no representan una de las fuentes más grandes, están concentrados en relativamente pocas industrias y también, por ser subproductos, casi no tienen costo. Por supuesto, la granza de arroz y el olote de maíz (especialmente el primero) presentan dificultades por su tamaño y baja densidad aparente y en consecuencia poca energía. Además, la concentración de las fuentes productoras de granza y olote, sólo, una pequeña cantidad de industrias, combinado con su ínfimo costo de producción, hacen de ellos un recurso atractivo de explotar si fuera factible.

Es útil subrayar lo que se señala en el cuadro que aunque el costo de producción es prácticamente cero, esto no implica que el precio de venta será

cero en el mercado actual o futuro. Existen, como se discute más adelante, rentas económicas que están siendo capturadas y es posible que se produzca un sobrante si el mercado evoluciona.

En constraste con las fuentes productoras más frecuentes de olote, granza y bagazo; el aserrín y los costeros provenientes de los aserraderos y de la industria de la carpintería, mientras tienen también bajo costo, están mucho menos concentrados y por esto, menos facilmente organizados en un mercado que funcione bien. Sin embargo, los residuos de los serraderos se producen a lo largo de todo el año y de aquí, que proveen potencialmente una fuente más estable opuesto a lo que sucede con los residuos del maíz y del arroz, los cuales son producidos únicamente durante un corto período y por lo tanto, se requerirá de almacenamiento para mantener el mercado ordenado. Las fuentes más grandes, las ya existentes y las potenciales, también están fragmentadas. Considera la gran fuente abastecedora adicional que representa el raleo de la tierra. Esta tierra es, generalmente, talada bajo contrato para una pequeña parcela (digamos 5 Ha) con un sólo trabajador que va de un contrato a otro. Este trabajador puede producir menos de 100 toneladas anualmente. Esta fragmentación de los proveedores existentes y potenciales tiene implicaciones significativas en la organización del mercado si se desea que ocurra un desarrollo real en la sustitución con combustible biomásico.

Pocos proveedores tienen la envergadura necesaria (i.e. llenan los requisitos) para ser puestos en contacto con compradores potenciales excepto en las más pequeñas aplicaciones. También, en algunos casos se

requerirían decenas de proveedores para llenar las necesidades potenciales de ciertos usuarios. Esto sugiere la necesidad de intermediarios para organizar y hacer el mercado, negociando, almacenando, y teniendo control de calidad, así como talvez otros servicios tales como el astillado de madera; si se desea asegurar a los usuarios con una estable y confiable calidad y cantidad, y se desea evitar que "tengan que entrar ellos mismos en el negocio de los suministros".

Esta necesidad está reforzada por el hecho de que los más importantes recursos potencialmente disponibles para el mercado se encuentran localizados a cierta distancia -como ya se mostró en la sección 4.3 (Transporte).

Un importante programa de sustitución, en realidad cualquier programa capaz de mantener la fabricación local del equipo, requerirá el uso de recursos más allá de aquellos que son muy baratos y se encuentran a la mano. Dos recursos potenciales clave son aquellos de la explotación forestal para cambio de so de la tierra y plantaciones. Son "nuevos" en el sentido de que en la actualidad no son virtualmente utilizados con propósitos energéticos. Existen otros recursos significativos tales como el bagazo y la granza de arroz. Sin embargo, la granza de arroz no se puede transportar de manera económica la distancia necesaria con algún sistema que podría ser costeable., La economía del uso del bagazo está más allá de nuestros términos de referencia. Como un recurso, el bagazo peca debido a su fuerte estacionalidad. Esto, además de la geografía, limitará al bagazo a unas pocas posibilidades específicas:

- cogeneración de energía para venta al sistema interconectado durante la estación seca.

- uso talvéz como complemento de la granza de arroz, en mercados específicos que utilizan combustibles derivados del petróleo principalmente en la costa Pacífica.

Otros recursos son bastante pequeños, aún cuando pueden ser la base para sustituciones con altas tasas de utilidad como se mostrará en los Capítulos VI y VII.

Un recurso de precio intermedio y de dimensiones considerables es el del raleo y explotación de los bosques en zonas que no están muy lejanas de los centros de demanda. El costo de la leña apilada en el camino no es muy alta (alrededor de $0.50/GJ). El transporte es el costo predominante dada la distancia de la fuente principal de las áreas de demanda. Si tomamos un punto central en el Valle Central los costos de transporte utilizando camiones serán de aproximadamente ¢ 900 - ¢ 1.000 por tonelada desde las áreas de raleo más importantes.

El tren desde Limón podría ser tan bajo como ¢ 10.60/tonelada aún dejando ¢ 190/tonelada para el costo de transporte en camiones de bajo tonelaje dentro de un radio de 30 km de Limón.

El ámbito del costo[1] para el recurso entregado es de este modo aproximadamente de $1.40 - 2.25 por GJ dependiendo de la zona y del transporte uti-

[1]Asumiendo 17.6 GJ por tonelada de material secado al horno y material a 20% de contenido de humedad.

lizado.

Mientras que el costo del biomasa proveniente de bosques naturales apilada y lista para transportar es más barata ($ 0.50/GJ comparado con $1.40-1.75/GJ) que la madera plantada, esta última tiene la ventaja de que puede ser plantada cerca de la zona de uso final o de una línea de ferrocarril. (este es uno de los muchos aspectos del término general de bioenergía y uso de la tierra al que se le debe prestar mucha atención en el futuro, podría, por ejemplo, influenciar el énfasis geográfico de in vestigación y desarrollo en especies de rápido crecimiento). Debido a ésto se espera que el acortar las distancias y bajar los costos del transporte compensaría parcialmente por los altos costos iniciales. Los costos del combustible entregado varían desde $ 2.15 hasta $ 2.70 por GJ, basado en madera procedente de pequeñas fincas y de plantaciones industriales de bajo costo estudiados en la sección 3.2, y dependiendo de la distancia y el modo de transporte. Los precios anteriormente mencionados será usados posteriormente en las ilustraciones de los análisis económicos de los ciclos de combustibles.

Costa Rica es todavía principiante en lo que se refiere al aprendizaje de la curva para la explotación del crecimiento potencial sostenible de los sistemas alimentados con combustibles biomásicos. Sin embargo, el potencial relativo parece alto. El análisis de investigación y desarrollo en esta área podría tener un útil impacto sobre los sectores agroindustriales circundantes. Un programa de plantaciones aún cuando fuera del todo experimental en sus inicios, podría ser un elemento necesario en el principio

de cualquier programa importante para la sustitución de derivados del petróleo por combustibles de biomasa.

CUADRO 4.4.1

CARACTERISTICAS DE ESCALA Y COSTO DE POSIBLES FUENTES DE BIOMASA LEÑOSA EN COSTA RICA

Tipo de Fuente	No. de Fuentes en el país	Escala Típica de Fuente Unica	Producción Típica Fuente Unica	Costos Representativos/Precio			Estimados de Producción Total
				Costos de Producción $/tsh	Costos de Producción $/GJ	Precio Corriente de Venta $/GJ	
Plantaciones Energéticas Forestales a Escala Industrial	n.d.	20 a 100 Ha	7.5 - 15 tsh/Ha	31	1.75[1]	n.d	-50.000 Ha. necesarias para satisfacer todas las industrias en 1980.
Plantaciones Energéticas Forestales	Potencialmente en los miles	Menos de 5 Ha.	5 - 15 tsh/Ha.	22	1.30[1]		
Explotación de cambio de uso de la tierra	Limpieza Individual	Cada operación cerca de 5Ha.	30 tsh/Ha. Una vez nada más	14.95	.85[1]		7 Ha/año (210.000 tsh/año)
Extracción de agricultura existente y otras tierras	Miles[2]	n.d	n.d	n.d	n.d.	.70 ÷ 1.05[3]	-300.000 m^3/año[4]
Virutas y aserrín de aserraderos	Cerca de 100	n.d	70 tsh/año	0 sub-producto			7.000 tsh/año
Costillas	Cerca de 100	n.d	150 - 200 tsh/Ha.	0 sub-producto			17.000 tsh/año[5]
Cascarilla de arroz	20	n.d.	Arriba de 6.000 ton/año	0 sub-producto		.5[6]	-48.000 ton/año
Olote de maíz	2 Plantas	n.d.	2.500 - 3.500 ton/año	0 sub-producto		-8	-6.000 ton/año
Bagazo	7 Plantas mayores	n.d	10.000 ton/año	0 sub-producto		0	-80.000 tsh/año

NOTAS AL CUADRO 4.4.1

tsh - Toneladas secas al horno
n.d. - No disponible

1. Se asume una producción que almacena hasta 20% de contenido de humedad. Valor calórico efectivo (condiciones normales) de 16.175 KJ/Kg.

2. Incluye ambos residuos que son sub-productos de cúltivos permanentes semejantes a podas de café y leñas de fincas y árboles forestales.

3. Precio de venta de 100 - 150 colones/m^3 apilado 434 Kg/m^3, 50% CH.

4. Llendo hacia mercados tradicionales, hay una tendencia mayor hacia mercados domésticos.

5. El material disponible normalmente va hacia mercados domésticos.

6. ¢ .33/Kg = ¢ 24/GJ con cascarilla de arroz; 13.700 KJ/Kg de valor calórico inferior. Este mercado es ampliamente determinado por demanda diferente a la de calor, ya que la cáscara se vende para relleno de alimento de ganado.

7. Hay muchas fincas las cuales son fuentes potenciales pero solo dos plantas concentradas para el desgranado de maíz.

8. Normalmente las plantas pagan por deshacerse del residuo.

C A P I T U L O V

CARACTERISTICAS DEL MERCADO EXISTENTE PARA COMBUSTIBLE EN EL SECTOR INDUSTRIAL

5.1 Introducción

El potencial para la sustitución de combustibles depende de las caracteristicas de la oferta y demanda en el mercado. La oferta en sí ya la hemos discutido en los dos capítulos anteriores por lo que en este capítulo nos ocuparemos de la demanda.

El análisis de la demanda potencial se centra en el estudio de dos grandes áreas: Las caracterísitcas de los mercados existentes para combustibles sobre lo que nos ocuparemos de estudiar en este capítulo y las características de aqullos sistemas que permiten la sustitución; por estudiar en el siguiente capítulo.

5.2 Características del Mercado que Actualmente Consume Derivados de Petróleo.

Una adecuada clasificación en términos de la relación industria/energía de las instalaciones que representan un mercado potencial para los combustibles bromásicos, es una tarea un tanto compleja como exhaustiva y aunque no pretendemos haber ido tan lejos en el presente estudio, creemos establecer las bases y ofrecer alguna guía para el análisis del mercado en función de inversiones específicas o decisiones políticas.

Más de 44 instalaciones diferentes fueron estudiadas según el siguiente criterio:

- Ubicación geográfica
- Escala (sistemas individuales y planta)
- Tipo de proceso (vapor, alta temperatura directa, etc.)
- Temperatura o presión
- Factor de carga
- Cantidad de sistemas (tanto en total como operando en un momento dado).
- Combustible utilizado (tipo y cantidad)
- Disponibilidad de espacio según planta física al momento de estudio
- Horas de operación promedio diarias

De donde resultan, dada la profundidad del análisis, 4 casos especiales

que hemos llamado "casos de estudio" mismos que utilizamos como referencia para elaborar un detallado cuadro de especificaciones que se suministrará a los fabricantes de equipo a efecto de solicitar cotizaciones. Todos los restantes casos generales fueron analizados por un estudiante del Instituto Tecnológico de Costa Rica, bajo nuestra supervisión.

La metodología empleada tiene distintas limitaciones entre las que se destaca la técnica de entrevistas en sí en un contexto donde quien se presume es la mejor fuente de información, el Ingeniero de planta, tiene aconsejadamente poca informacción básica que suministrar.

En Costa Rica son muy pocas las instalaciones industriales que mantienen registros estadísticos actualizados sobre consumo o transformación de energía que puedan confrontar con las especificaciones de los equipos. Más aún, conocemos, entre muchos otros por el estilo, el caso de una importante compañía local orgullosa de su imagen tecnológicamente progresista, donde no conocen la capacidad nominal de su quemador principal alimentado con bunker.

Sería deseable que en futuro toda encuesta sobre el uso industrial de la energía incluyera datos basados en mediciones reales. Sin embargo, aún teniento en cuenta las limitaciones de nuestra encuesta, sus resultados pueden ser de mucha utilidad.

La información básica para esta breve discusión, incluyendo planos elementales de distribución de planta, puede encontrarse en los anexos 9, 10, y 11. La encuesta y la consiguiente discusión, no cubren todo el consumo

industrial. Sin embargo, se estudia alrededor del 85% del consumo industrial de derivados del petroleo para calentamiento. La encuesta no cubre adecuadamente el rango inferior, especialmente por debajo de 4-6 Gj/hr donde pueden existir algunas posibilidades de mercado interesantes.

La localización geográfica de la demanda se logra en tres formas. La figura 5.1.1, muestra la ubicación de las plantas encuestadas en el Valle Central, donde se encuentra la mayoría de ellas. El Cuadro 5.1.1, codificada en el mapa descubre muchos parámetros de plantas individuales, incluyendo su localización. El Cuadro 5.1.2 complementa las tablas anteriores en lo que se refiere a proceso tipo y región.

Este material muestra un panorama de los cuatro polos más importantes en lo que a demanda de energía se refieren; cada uno con sus diferentes características.

Alajuela/San José: este importante polo se caracteriza por un predominio en la demanda de calderas y por una cantidad relativamente grande de consumidores de diferentes tamaños.

Cartago: este es un polo subsidiario del Valle Central, que está dominando por la demanda que exige la Industria Nacional de Cemento (INCSA) los estimados para otros tipos de proceso que aparecen en la Cuadro 5.1.2, incluye industrias del extremos este de San José las que podrían abastecerse desde un centro de distribución en Cartago.

Puntarenas: La demanda de unos pocos consumidores esta dominada por la

gran carga de vapor de FERTICA (la más grande del país) y por la demanda de alta temperatura de ALUNASA.

Colorado de Abangares es un polo muy inestable. Esta ubicado en un importante pero decayente mercado de leña para la producción de sal mediante un muy ineficiente proceso tradicional. Una gran demanda potencial está emergiendo a raíz de la operación de la nueva fábrica de cemento. En esa región se encuentra CONAPROSAL, la única refinadora de sal del país, consumidora de vapor que tiene planos reales para cambiar de bunker a combustibles bromásicos.

Un análisis de las firmas que aparecen en Cuadro 5.1.1 indica que los polos de demanda en el Pacífico estan dominados por el estado mientras que los dos polos en el Valle Central están dominados por la industria privada. Esta diferencia prodría tener influencia en las políticas de comercialización que tendría lugar en las dos regiones.

La construcción dominante se encuentra dentro de un radio de 15 a 20 km de un punto cercano a Heredia y que se caracteriza por numerosos sitios de pequeña a gran escala. Las plantas tienen diversos parámetros que influenciarían la viabilidad de sustitución de energía.

En esta región industrial, casi indivisible, no se encuentran consumidores "gigantes". Si excluimos el cemento, que es un sistema de importancia "sui genéris"; alrededor del 65% del total de la demanda industrial de calor está en esta región. Si excluimos además a los dos mayores consumidores estatales: FERTICA y ALUNASA, alrededor del 90% del total está dentro

de este radio. En general, estamos hablando de la demanda por aplicaciones de proceso de calentamiento diferentes a la Industria Nacional de Cemento y sobre industrias privadas, básicamente estamos hablando acerca de la región dentro de este pequeño radio.

Esta observación deberá a ayudar a definir la estrategia de como comercializar el concepto de combustibles biomásicos para el sector privado tanto como para el Valle Central (los cuales hasta hoy son virtualmente sinónimos).

La distancia promedio, relativamente corta, a los cargos dentro de este radio hasta un punto cercano a Heredia combinado con:

- Cantidades potenciales substanciales de residuos de bajo costo, accesibles por ferrocarril en Limón, que pueden ser descargados en forma barata (y un potencial de reforestación) si se pica eficientemente y es entregada a los clientes confiablemente con inventarios muy pequeños.

- La posibilidad para los clientes de tener un sistema que requiere únicamente una pequeña área para el manejo automático de combustibles con costos relativamente bajos si reciben el material ya preparado. Para equipos de conversión de alta eficiencia, también existe la posibilidad, con un centro, para mantener un control real del contenido de humedad de la leña que llega a la planta, de manera que los usuarios no tengan que comprar equipos de secado los cuales son realmente caros. Este tema será discutido más adelante en este reporte.

- El espacio es frecuentemente un problema. Como se observa en la Cuadro 5.1.1, el espacio para manejar grandes inventarios y el procesamiento individual de combustible (Ab ó AB) esta disponible solamente en muy pocos casos sin embargo, existe espacio suficiente para un trailer con fondo móvil y si fuera necesario un silo de almacenamiento con alimentación manual o semiautomática lo que no es muy caro (categoría "A" en el cuadro 5.1.1).

- La disponibilidad de recursos substanciales provenientes del cambio de uso de la tierra en Sarapiquí, que puede ser económicamente posible trasladarlos por tierra a Heredia, especialmente cuando la descarga pueda hacerse rápidamente, como sería posible en un centro de procesamiento.

Estos y otros factores hacen posible la creación de un centro de procesamiento de residuos con la capacidad para aumentar la confiabilidad del abastecimiento con un mínimo de inventario por cliente sin demandar excesivo cuidado atención administrativa.

Este mercado, dentro de un radio de 15 a 20 kms de Heredia, es especialmente importante debido a que representa un 80 ó 90% del mercado que podría usar equipo de sustitución, el cual podría ser fabricado en el país. Como tal, esta posibilidad es de nuestro interés al considerar cualquier estrategia de transferencia de tecnología.

Independientemente del punto de vista que se pueda tener en cuanto a si se desea o no la creación de una planta regional de procesamiento centrali-

zado, la cantidad de sistemas existentes y su factor de carga son algunas estimaciones analíticas que debe tomar en cuenta cualquiera que trate de entrar al mercado.

La figura 5.1.2, muestra los estimados para un sector crucial del mercado: las calderas. Las calderas son, como se observan en el cuadro 5.1.2, el asombroso consumidor de combustible industrial cuando excluimos la industria de cemento. Los cuadros 5.1.3 y 5.1.4, toman el análisis de un paso adelante, mostrando las cantidades estimadas de consumo de combustible respectivamente el número de calderas, en relación con el factor de carga y el tamaño. Estás estimaciones conllevan un cierto grado de error.

El factor de carga es, particularmente, un parámetro difícil de medir. Nuestros estimados aquí pueden ser ligeramente conservadores cuando pensamos en términos de sistemas alimentados con combustibles biomásicos donde una unidad principal tiene un precio elevado y bajos costos de operación en vez de la situación actual donde en todo se utilizan derivados de petróleo. Esta unidad principal puede tener factores de carga más altos de los que se sugieren en el cuadro 5.1.3. Otro elemento que nos dispone a ser conservadores es el hecho de que en 1982 fue un año de contracción en la actividad económica.

Es de esperar que el incremento en la actividad económica se refleje también en un incremento en los factores de carga.

Resulta que por posibles razones transitorias, al ser evaluadas en el

siguiente capítulo, la escala puede no probar ser un factor crítico para distinguir la viabilidad para proyectos de sustitución bioenergética. En efecto la realidad de la relación escala/costo puede ser inversa a la que usualmente se supone en pequeña escala, pues pequeñas plantas (<150 bhp) pueden ser más baratas en la práctica hoy en día.

El factor de carga es, sin embargo, un parámetro poderoso para evaluar la demanda potencial; pués como puede verse hay una amplia variedad de factores de carga en la industria. Factor de carga de un 25% "bajo", factor de carga de un 45% "medio" y factor de carga de un 65% "alto"; son tres valores que han sido tomados como representativos.

Cuadro 5.1.1

Resúmenes de Características Técnicas de los Equipos Encuestados

INDUSTRIA	No. de Quemadores	No. de Calderas	Capacidad MJ/hr	Capacidad Kg/hr	Presión/temperatura Kg/cm²	Presión/temperatura °C	Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982 D	B	O	Factor Carga %	Espacio para sustitución	Localización
REGION CENTRAL NORTE														
a. Calderas														
Linda Vista S.A.		2	(5432) (8148)	1568 2352	9.5 9.5		1050 1050	Bunker Bunker	891	836		12 12	(AB) SI	Area Calderas
Compañía Textil Centroamericana		2	(3855) (19012)	1113 5498	10.5 10.5		4600 4800	Bunker Bunker				55 55	(A)	San Rafael de Montes
Productos de Concreto		5	(13580) (5432) (5432) (8148) (10864)	3920 1568 1568 2352 3136	8.5 9.5		2056 1192	Bunker Bunker Bunker Bunker Bunker	855	1997		24 14	(AB)	San Antonio de Pavas
Costa Rica Cocos Products		3	(2172) (4344) (8148)	627 1254 2352.3	7.5 7.80 6.80		468 2088 6264	Bunker Bunker Bunker		1857		5.3 24 71.5	Con algunas modificaciones	Zapote
Chocolates Costarricense		3	(10864) (16296) (16296)	3136 4704 4704	9.2 8.5 8.5		1320 315	Bunker Bunker		1650	144	22 3.5	(AB) SI	Pavas San José
Cerber, S.A.		3	(10864) (10864) (27160)	3136 3136 7840	9.1 9.1 9.1		4080 4080 4080	Bunker Bunker Bunker		7021		46.5 46.5 46.5	Muy poco	Barrio Escalante
Embotelladora Tica		2	(8148)	2352	5.1		3720	Bunker	1465	4677		42	SI	Calle Blancos San José

Continuación Cuadro 5-1-1...../2

INDUSTRIA	No. de Quemadores	No. de Calderas	Capacidad MJ/hr	Capacidad Kg/hr	Presión/temperatura Kg/cm²	Presión/temperatura °C	Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982 D	B	O	Factor Carga %	Energía eléctrica	[illegible]
Embotelladora Tica			(10864)	3136	5.8		3720	Bunker				42		
Republic Tobacco Co.		2	(13560) (21728)	3920 6272	8.8 8.8		2205 774	Bunker Bunker		2072		25 9	(A) SI	[illegible]
Nativo		2	(2716) (2716)	784 784	8.5 8.5			Diesel			Están	cambiando a calde	ras eléctricas	[illegible]
Conservas del Campo		2	(32596) (32596)	9409 9409	6.12 6.12		4200	Bunker		1425		48	(A) SI	[illegible]
Texturizados y Teñidos		2	(5432) (10864)	1568 3136	6.8 6.8		3675 3675	Bunker Bunker		1403	1997	42 42	(A) SI	[illegible]
b. Fuego Directo Baja Temperatura														
Ingenio de Costa Rica (Durpanel)	2		4180 4180				4968 4968	Bunker Bunker	620	5572	-	56.7 56.7	SI	[illegible]
Café Dorado	8						3107	Bunker		2650		35	Con modificaciones	[illegible]
Café Rey	10							Bunker		2505			SI	[illegible]
c. Fuego Directo Alta Temperatura														
CONAVSA	1		19575				2000	Bunker	1405	502		22	(AP) SI	[illegible]
Laminadora Centarricense	8		47652				3192			13605			(Con algunas modificaciones)	[illegible]

172

Continuación Cuadro 5-1-1/3

INDUSTRIA	No. de Quemadores	No. de Calderas	Capacidad MJ/hr	Capacidad Kg/hr	Presión/temperatura Kg/cm²	Presión/temperatura °C	Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982 D	B	O	Factor Carga %	Espacio para sustitución	Localiza
Cerámica Industrial de Centroamérica	30		10000				8160	Propano				93	(AB) SI	Cartago
	30		10000				8160	Propano		2650		93		
	1		1741				8160	Bunker				93		
Industria Nacional de Cemento	1		125400			1200°	6720	Bunker	3072	3645		77	(AB) SI	Cartago
II. REGION CENTRAL OESTE														
a. Calderas														
Tica Tex		4	(21728)	6272	7		1080	Bunker				12		San Antonio
			(21728)	6272	7		3750	Bunker		13514		43		
			(21728)	6272	7		2800	Bunker				32	SI	
			(21728)	6272	7		1737	Bunker				20		
Tubotico	1	1	1801	6272	10	700	3120	Bunker				35		Paraíso
	1	1	1801	6272	10	700	5760	Bunker		1785		65		
Punto Pojo, S.A.		4	(13611)	3929	8.8		4104	Bunker				47		Alajuela
			(13611)	3136	8.8		4104	Bunker		6189		47	(A) SI	
			(21728)	6272	8.8		4104	Bunker				47		
			(5432)	1568	8.6		4104	Bunker				47		
Tica Knit, S.A.		2	(8148)	2352	6.12		3720	Bunker				96		Paraíso
			(10864)	3136	6.12		3720	Bunker		1680		95	(A) SI	
Scott Paper C.	1		3657			80°	8760	Diesel				100	(AB) SI	San Antonio
		4	(27160)	7840	9.5		3080	Bunker	2822	33159	372	28	Parcelle	

173

Continuación Cuadro 5-1-1/4

INDUSTRIA	No. de		Capacidad		Presión/temperatura		Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982			Factor Carga %	Espacio para sustitución	Localización
	Quemadores	Calderas	MJ/hr	Kg/hr	Kg/cm²	°C			D	B	O			
Scott Paper Co.			(27160)	7840	9.5		3080	Bunker	2822	33159	372	28		Heredia
			(27160)	7840	9.5			Bunker				28		
			(27160)	7840	9.5		3080	Bunker				28		
Nuzar, S.A.		3	(62995)	18181	10.2		7200	Bunker	6759	28306	336	82	(A)	Barrio Cuba
			(31491)	9090	10.2		640	Bunker				7.3		San José
			(7874)	2273	10.2		480	Bunker				5.4		
Cervecería Tropical		1	(24444)	7056	6.8		3360	Bunker		3927		38	(AB) SI	San Joaquín
Inter Fashion, S.A.		2	(5432)	1568	6.8		8160	Bunker	1403	1997		42	SI	Heredia
			(8148)	2352	6.8		8160	Bunker				42	SI	Barrio Cuba
Olympic Fibers		2	(10864)	3136	9.5		8760	Bunker				100		Rivera de S
			(10864)	3136	9.5		8760	Bunker		1813		100	(A) NO	
Orange Crush		1	(5432)	1568	5.1		3874	Bunker	1546	1092		+14	Muy poco	Urbana Sán J
Fábrica Nacional de Licores		2	(38028)	10977	6.5		7200	Bunker		14741		82	Con modificac.	Rincón de S
			(38028)	10977	6.5		7200	Bunker				82	(AB)	
Envaco		2	(16296)	4704			8306	Bunker				95		
			(16296)	4704			8306	Bunker	168	5317		95		La Uruca
Coope Montecillos		3	(27160)	7840	6.8		2587	Bunker				29		
			(21728)	6272	6.8		2587	Bunker	704	12811	360	29	(AB) SI	Alajuela
			(10864)	3136	6.8		312	Bunker				3.56		
Florida Ice & Farm		3	(32596)	9409.1	5.4		7488	Bunker	6406	11803	657	85	(AB) SI	San Joaquín

74

Continuación Cuadro 5-1-1/5

INDUSTRIA	No. de Quemadores	No. de Calderas	Capacidad MJ/hr	Capacidad Kg/hr	Presión/temperatura Kg/cm²	Presión/temperatura °C	Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982 D	Consumo total Barriles-1982 B	Consumo total Barriles-1982 O	Factor Carga %	Espacio para sustitución	Localización
Florida Ice & Farm			(21728)	6272	5.4		1498	Bunker				17		
			(9232)	2665	5.4		1498	Bunker				17		
Pieles de Costa Rica		2	(17138)	4947	7.5		3700	Bunker				41		
			(8868)	2560	7.5		3700	Bunker	264	6069		41	Con modificac.	San Rafael
Hospital San Juan de Dios		4	(16296)	4704	9.5		4200	Bunker				48		
			(16296)	4704	9.5		4200	Bunker				48	Con modificac.	San José
			(10864)	3136	9.5		4200	Bunker				48	(A)	
			(21728)	6272	9.5		4200	Bunker				48		
Hospital México		4	(10864)	3136	8.5		[illegible]940	Bunker				66		
			(10864)	3136	8.5		[illegible]	Bunker				33	NO	La Uruca
			(10864)	3136	8.5		[illegible]	Bunker				33		
			(21728)	6272	8.5		5840	Bunker				66		
Cinta Azul		2	(8148)	2352	10.2		4466	Bunker				51	(AB)	San Antonio Alajuela
			(3256)	940	10.2		4466	Bunker		1805		51	Con modificac.	
b. Fuego Directo Baja Temperatura														
Sub Productos del Café	1		3700				2000	Bunker		2727		22	(AB) SI	San Rafael
c. Fuego Directo Alta Temperatura														
Crown Corporation de Centroamérica	12		15048				2400	Propano			2532	27	(A) SI	Heredia
	3		10032				2400	Canfín				27		
INCESA	2 (hornos)		8934			1200°		Kerosene	4453		4047		(A) SO	La Uruca

Continuación Cuadro 5-1-1/.....6

INDUSTRIA	No. de		Capacidad		Presión/temperatura		Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982 D B O	Factor Carga %	Espacio para sustitución	Localización
	Quemadores	Calderas	MJ/hr	Kg/hr	Kg/cm²	°C						
Ladrillera La Uruca	8		3076 (total)			1200°	3230	Bunker	2715	37	(AB) SI	La Uruca [illegible]
Atlas Eléctrica	3		1506 2368 1506			538 154	5184 2880 2736	Bunker Bunker Bunker	1785	59 33 31	Haciendo pequeñas modificaciones (A)	Carretera a [illegible]
II. REGION PACIFICO												
a. Calderas												
Fertica, S.A.	2	4	(93460) (43460) (32596) (32596) 7460 7460	12545 12545 9409 9404	15 15 15 15			Bunker Bunker Bunker Bunker Bunker Bunker	1308 70979		(AB) Con pequeñas modificaciones	Barranca de [illegible]
Sardimar, S.A.		3	(16296) (2986) (3256)	4704 862 940	7.5 7.5 7.5		2700 No hay Seguridad	Bunker Bunker	1785	31	(A) SI	Puntarenas
Compañía Enlatadora Nacional, S.A.		3	(8148) (6790) (4344)	2352 1960 1254	6.8 6.8 6.8		5360 Relativo 0	Bunker Bunker Leña	2625	61	Muy poco (A)	Canal de [illegible]
Coopecafira		1	(13580)	392016			4392	Bagaso Leña		50		San Pedro de [illegible]

176

Continuación Cuadro 5-1-1/.....7

INDUSTRIA	No. de		Capacidad		Presión/temperatura		Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982			Factor Carga %	Espacio para sustitución	Localización
	Quemadores	Calderas	MJ/hr	Kg/hr	Kg/cm²	°C			D	B	O			
								Cascarilla (usaban Bunker)						
Compañía Bananera de Costa Rica		2	13580	3920			3000	Bunker	4665	2209	3761	34		Ciudad [illegible]
			(16296)	4740			3000	Bunker				34		
	5 plantas diesel		300	Kw				Diesel						
			600	Kw				Diesel						
			300	Kw			Variable	Diesel						Golfito
			600	Kw				Diesel						
			1200	Kw				Diesel						
		1		13627	10	816		Coquito						Coto
	6 plantas diesel		500	Kw				Diesel						
			550	Kw				Diesel						
			500	Kw			Variable	Diesel						
			500	Kw				Diesel						
			500	Kw				Diesel						
			500	Kw				Diesel						
	3 plantas diesel		500	Kw			8760	Diesel				100		Palmar Sur
			500	Kw			8760	Diesel				100		
			500	Kw				Diesel						
Cooperativa de Productores de Sal		1	(32596)	9409	10			Bunker	3500	3840			(AE) SI	Colorado
b. Fuego Directo Alta Temperatura														
ALUNASA	5		7940			860°		Bunker						

Continuación Cuadro 5-1-1...../8

INDUSTRIA	No. de Quemadores	No. de Calderas	Capacidad MJ/hr	Capacidad Kg/hr	Presión/temperatura Kg/cm²	Presión/temperatura °C	Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982 D	B	O	Factor Carga %	Espacio para sustitución	Localización
Cementos del Pacífico	1		7942 4180 4180 4180 39416			1450°		Bunker Bunker Bunker Bunker Bunker		13615 6944			(AB) SI (AB) SI	Esparza de Punta Colorado de Abangares
IV. REGION ATLANTICA														
a. Calderas														
Cooperativa de Productores de Leche (San Carlos)	1	2	(19012) (27160)	5488 7840	9.5 9.5		7300 7300	Bunker Bunker Bunker				83 83	Con modificaciones (A)	San Carlos
Standar Fruit Company Decar		2	(13777) (13777)	3977 3977	10.5 10.5		1820 1820	Bunker Bunker	21404	3384	3275	20 20	(A) NO	Limón
Hospital de Guápiles		2	(2172) (2172)	627 627	9.5 9.5		5475 5475		608			62.5 62.5	(AB) SI	Guápiles
b. Fuego Directo Baja Temperatura														
Consejo Nacional de Producción Planta Guácimo	4		1254 1254			80° 80° 80° 80°	2000 2000 2000 2000					23 23 23 23	(AB) SI	Guácimo

Continuación Cuadro 5-1-1...../9

INDUSTRIA	No. de		Capacidad		Presión/temperatura		Horas/año	Combustible	Consumo total Barriles-1982			Factor Carga %	Espacio para sustitución	Localización
	Quemadores	Calderas	MJ/hr	Kg/hr	Kg/cm²	°C			D	B	O			
c. Plantas de Generación														
Banana Development Co.	5 plantas de generación		60	Kw			6205					70		Pococí Limón
			75	Kw			6205		3452		156	70		
			125	Kw			6205					70		
			110	Kw			6205					70		
			60	Kw										
Tico Frutica	4 plantas de generación		75	Kw			4980					56		
			3	Kw			4980		151			56		Limón
			35	Kw			4980					56		

NOTAS AL CUADRO 5.1.1

1- El cuadro 5.1.1 se ha dividido por regiones y subdividido por el tipo de proceso.

2- La columna de "capacidad" se ha dividido en dos, una en unidades de MJ/hr, especialmente para quemadores y la otra en Kgr/hr para calderas; sin embargo, estas últimas también se indica su capacidad en MJ/hr en paréntesis.

3- Todas las calderas presentadas aquí son calderas de vapor saturado, en este caso solamente necesita un parámetro para definir su estado, en este caso presión. La columna de temperatura se usa para hornos o quemadores.

4- La columna de "Horas/año" significa las horas de funcionamiento por año.

5- En la columna de consumo, D = diesel, B = bunker, O = otros.

6- El factor de carga está en base al tiempo = horas trabajadas por año/8760.

CUADRO 5.1.2

DESGLOSE PRELIMINAR DEL CONSUMO EN 1982 POR
REGIONES Y TIPOS DE PROCESO DE LAS INDUSTRIAS ENCUESTADAS
(Barriles por Año)

	CALDERA	CALENTAMIENTO DIRECTO	
		Baja Temperatura	Alta Temperatura
Central	31.300	10.727	18.162
Central-Oeste	152.762	5.549	15.532
Pacífico	81.402	--	13.616
Atlántico	n/d (pequeño)* 15.000	n/d (pequeño)*	n/d*

*n/d: no disponible

CUADRO 5.1.3

MATRIX POR TAMAÑO Y FACTOR DE CARGA DE BUNKER

EN LAS CALDERAS ENCUESTADAS

Factor de Carga % Capacidad de caldera MJ/Hr	Barriles de bunker consumidos por año								
	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90
0- 5000									
5100- 10000		1925			1997	1805		1857	
10100- 15000			4719		1997			4677	
15100- 20000				1785					3927
20100- 25000					19700				
25100- 30000			45970		704				
30100- 35000					1425				
35100- 40000									1470
40100- 45000									
45100- 50000					70979				
50100-100000									28306

CUADRO 5.1.4

NUMERO DE CALDERAS vrs FACTOR DE CARGA

Factor de Carga % Capacidad de caldera MJ/Hr	Numéros de sistemas de calderas									
	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100
0- 5000	5	2	1			1	2			
5100- 10000	3	3			6	1	1	1		2
10100- 15000	2	2	3	2	7		2		1	2
15100- 20000	2	1		1	3					2
20100- 25000	1	2	2		4					
25100- 30000			5		1				1	
30100- 35000	1				2				1	
35100- 40000									2	
40100- 45000										
45100- 50000										
50100-100000									1	

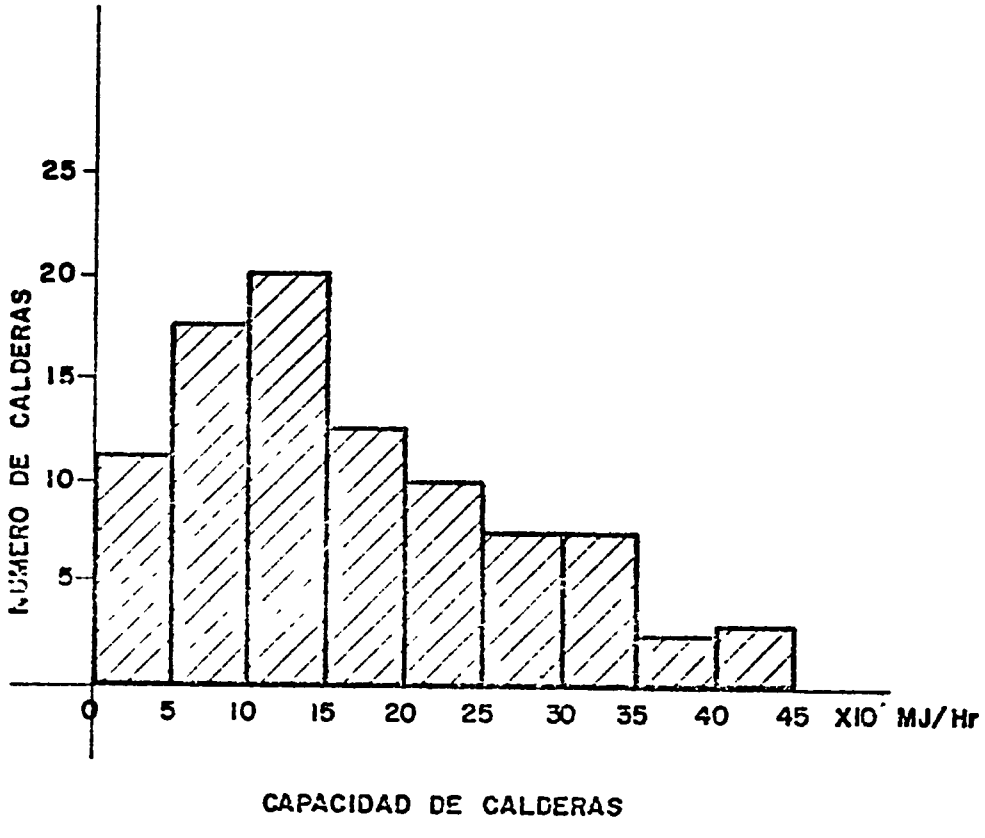
DISTRIBUCION DE INDUSTRIAS ENCUESTADAS EN EL VALLE CENTRAL

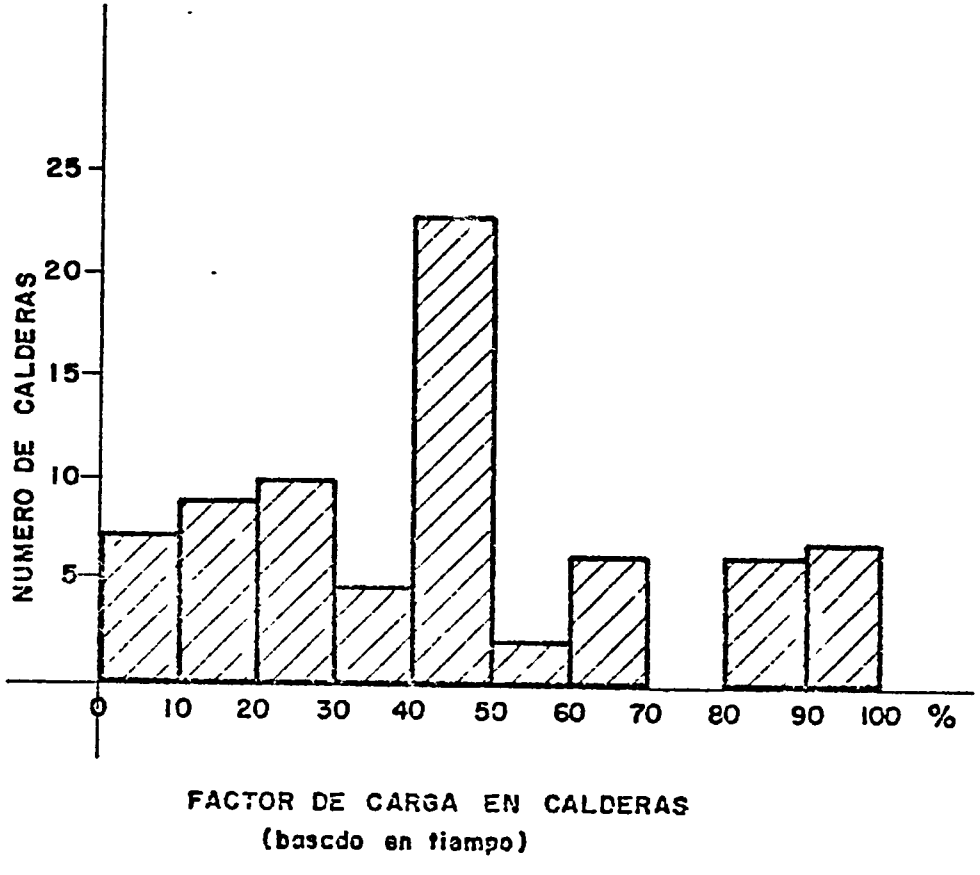
FIG 5.1.1.

1 — LINDA VISTA S.A
2 — COMPANIA TEXTIL S.A
3 — PRODUCTOS DE CONCRETO S.A
4 — COSTA RICA COCOA PRODUCTS.
5 — TABACALERA COSTARRICENSE S.A
6 — GERBER S A
7 — EMBOTELLADORA TICA S A
8 — REPUBLIC TABACO CO.
9 — KATIVO S A
10 — CONSERVAS DEL CAMPO
11 — TEXTURIZADOS Y TEÑIDOS
12 — PLYWOOD DE COSTA RICA
13 — CAFE DORADO
14 — CAFE REY
15 — COMANSA
16 — LAMINADORA COSTARRICENSE
17 — CERAMICA INDUSTRIAL
18 — INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO
19 — TICA TEX S A
20 — TUBOTICO
21 — PUNTO ROJO S.A
22 — TICA KNIT S.A
23 — SCOTT PAPER CO.
24 — NUMAR S.A
25 — CERVECERIA TROPICAL
26 — INTERFASHION S A
27 — OLYMPIC FIBERS
28 — ORANGE CRUSH
29 — FABRICA NACIONAL DE LICORES
30 — ENVACO
31 — COOPEMONTECILLOS R.L
32 — FLORIDA & ICE FARM.
33 — PIELES DE CR
34 — HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS
35 — HOSPITAL MEXICO
36 — CINTA AZUL
37 SUB-PRODUCTOS DEL CAFE
38 — CROWN CORPORATION
39 — INC .SA
40 — LADRILLERA LA URUCA
41 — ATLAS ELECTRIC

FIGURA 5/2

CAPACIDAD Y FACTOR DE CARGA DE LAS CALDERAS ENCUESTADAS EN COSTA RICA





5.3 Usuarios Tradicionales

Encuesta realizada por la Dirección General Forestal y el CATIE, sobre beneficios de café, caleras, ladrilleras y panaderias en el Valle Central y sobre plantas procesadoras de sal en Guanacaste, pueden ser consultadas. Los beneficios de café y las caleras son consideradas en los anexos 8 y 13 de este trabajo. No se intentó estimar el consumo total por sector en las encuestas, sino más bien el objetivo fué, dentro del alcance de los límites de las técnicas de entrevistas, determinar cómo se utiliza el combustible y cómo funciona el mercado.

Una característica que surge claramente en muchos casos, es la baja eficiencia con que el combustible es usado en el mercado tradicional. Lo cual, es un efecto, una regla general ya que estás industrias probablemente consumen, un conjunto, varos cientos de miles de metros^3 (conservadoramente 75.000 toneladas de material ya seco). Un aumento en la eficiencia podría tener un apreciable impacto en el mercado de leña, redituando así importantes utilidades para la firma en particular. La técnica para mejorar la eficiencia en las industrias tradicionalmente consumidoras de combustibles biomásicos está probablemente desarrollada. Aún en lo que a café se refiere las ganancias son vagamente comprendidas.

Un importante factor que probablemente pasa desapercivido y que se relaciona con la urgencia y viabilidad económica de las inversiones para la conservación de este sector, es el anunciado incremento real en los precios de la madera (sin tomar en cuenta el indicador PIB), los cuales han

promediado más de un 30% durante los últimos 4-5 años. En contraparte, la tecnología empleada en estos sectores casi no ha cambiado.

Si se tratara de comercializar nueva tecnología final, el sector consumidor tradicional podría presentar ventajas. Primero, este sector tradicional consume actualmente madera por consiguiente, todas las conclusiones que se refieren a éste mercado y que ya hemos mencionado (y que relacionamos) para nuevos consumidores estan considerablemente atenuadas. La conclusión se referirá así el incremento en eficiencia esta en relación con la inversión.

Cualquier clase de equipo para nuevos mercados que pueda también competir con éxito en mercados tradicionales, tendrá una significativa ventaja comercial.

C A P I T U L O V I

SISTEMAS DE SUSTITUCION AL PUNTO DE DEMANDA

6.1 Preparación de la Leña y Manejo de Materiales

En este capítulo veremos sistemas desde el punto de consumo asumiendo que se llevara a cabo la sustitución. Sin embargo, antes de que el combustible pueda ser introducido en el horno o gasificador, pudiera necesitar de almacenamiento tanto a corto como a largo plazo. Pudiera necesitar ser secado, mobilizado o picado.

Esto es especialmente válido para la leña, potencialmente el recurso más importante. Por consiguiente, comenzaremos analizando este importante paso de "manejo de materiales y preparación de combustible". Paso que pudiera ser especialmente importante al observar medios prácticos de reducir los costos de transacción para las empresas al sustituir por biomasa. La decisión se concentra en la leña y desechos de leña a manera de combustibles substitutos de relativa alta eficiencia. Aspectos importantes con relación al manejo de materiales de desecho de ciertos cultivos que pudieran ser transportados (e.g. bagazo y granza de arroz) fueron ya tratados en los capítulos III y IV, en parte porque los problemas principales se encuentran del lado de la oferta y deben ser resueltos antes de que el combustible sea transportado, en vez del lado de la demanda.

Existe una amplitud considerable de sistemas de manejo de materiales para la sustitución de la biomasa. Van desde lanzar leños al fuego hasta sistemas casi automáticos que controlan la entrega y combustión del elemento.

La preparación del combustible y los subsistemas de entrega para la conversión básica de subsistemas descritos brevemente más abajo pueden tener un efecto total importante en el ciclo económico de los combustibles. Esto es especialmente cierto para leña sólida, ya que todo este equipo requiere que la leña sea astillada en tamaños relativamente pequeños (el tamaño más grande es de 12 por 10 cm., mientras que el mínimo es 2.5 por 0.6 cm). En los Estados Unidos, la preparación del combustible y el sistema de entrega para leña generalmente implica una inversión igual y aún mayor que la que corresponde al equipo basico de conversión. En países en desarrollo la tendencia ha sido la de simplificar estos pasos del manejo de material, sustituyendo mano de obra por capital.

En algunos casos esta sustitución es notoria. El diseño Brasileño de poco tamaño, descrito más abajo, generalmente viene acompañado de una inversión en preparación y manejo del combustible de alrededor de 15 - 20% de la inversión en la unidad básica. Esta inversión consiste en un cortador de leña de diseño simple con un par de peldaños para el cortador y un par de peldaños cómodos para los operarios que llevan la carga. Los bloques cortados son ensacados y luego llevados manualmente al punto de descarga utilizando los peldaños.

El sistema no sólo es de bajo costo de inversión sino que también pudiera serlo en costos de operación, dados los salarios y las tasas de productividad del trabajo en Brazil. Se requieren hasta dos horas hombre por hora de operación al máximo del gasificador, que es 4.2 GJ/hora. La cifra pudiera ser tan baja como 0.7 horas hombre por hora de operación. Por

debajo de 1.50 horas hombre, este sistema pudiera verse como razonablemente atractivo comparado con otros sistemas más mecanizados y automáticos. Un sistema como este, muy atractivo desde muchos puntos de vista, tiene, sin embargo, límites como serían la escala de planta, su distribuición, ciclo diario de operación, actitudes laborales y culturales, tipos de material disponibles y los requisitos de alimentación de la unidad de conversión.

¿Qué compromisos tendrán sentido en Costa Rica entre sistemas de uso de mano de obra intensiva picando su propia madera con una inversión de $65/caballo de fuerza caldera, y sistemas automáticos con una inversión de $300 - 500 (bhp) recibiendo leña picada? Consideraremos una cadena de procesos de los componentes comenzando por la leña entera hasta que ésta sea alimentada dentro de ciertas especificaciones a la tolva de alimentación medidora como se ilustra en la figura 6.1.1.

El análisis de esta figura permite organizar una discusión del complejo rango de factores que pueden influenciar el diseño de un sitema de manejo y preparación de un combustible. Es util considerar la relación de estos componentes pensando tanto hacia adelante como hacia atrás. Requisitos de entrada para un componente pueden imponer barreras importantes en el diseño de componentes que preceden.

1) <u>Recibo de Leña e Inventario</u> -La leña será usualmente entregada por camión. La mayor parte de la leña comercial es transportada en tamaños de un metro de largo aunque los cortes en los aserraderos usualmente

tienen un largo de cuatro metros (en el aserradero). Mecanización y optimización del sistema pudieran llevar trozas de tamaño más largo (2 metros y más) para obtener una carga y descarga más eficiente. Por el momento, el diámetro de la mayoría de la leña usada en la industria es bastante modesto y fácilmente manejable manualmente. Sin embargo, el diámetro promedio de la madera que pudiera ser extraída debido al cambio en el uso de la tierra en la foresta de bajura es de unos 45 cm.,lo cual pudiera presentar problemas a los sistemas manuales (y requerir picadores más grandes y robustos).

Un punto a discutir es el grado al cual se debiera mecanizar el recibo de la madera. Hay varios grados de mecanización posibles. La descarga y ordenamiento de la leña por el sistema convencional manual requiere aproximadamente 0.5 horas hombre por tonelada, aunque el tiempo de descarga del camión puede ser sustancialmente menor.

Un inventario excesivo representa un gasto considerable. Con el abastecimiento para un mes con un factor de carga del 60% y con madera entregada a 1.200 colones/tonelada de material secado al horno, típico de plantaciones forestales, sólo la inversión en inventario puede alzanzar el 10% del costo de la unidad de combustión, instalada.

El inventario actúa como un amplificador entre la planta de uso final y las debilidades del mercado de la oferta. Hay dos factores principales: el grado de confiabilidad de la oferta y la calidad del material -por ejemplo parte del inventario es usado para secar leña. En industrias tra-

dicionales en Costa Rica existe una tendencia común a mantener inventarios grandes. Muchos beneficios de café mantienen "stocks" muy por encima del necesario para una cosecha. En Brazil, industrias que han convertido a leña y que tienen que comprarla generalmente mantienen inventarios para 15 - 30 días de operación y algunas de estas industrias se mantienen con sólo lo necesario para unos cuantos días. Es interesante hacer notar que muchos de los sistemas que operan en los Estados Unidos el inventario de mateial recibido (el la forma de virutas de madera) es de 3 días o menos. Esto sugiere una mayor confiabilidad y/o menor impedimento en calidad, tal como exceso de contenido de humedad, lo que requeriría que parte del inventario sea parte del flujo del proceso en vez de ser el inventario final.

2) Transporte hacia el area de picado. Es necesario mobilizar el material del punto de recibo/almacenaje hasta el picador, o bien desde éste hacia el primero. En principio es perfectamente posible utilizar un picador portátil para este propósito y hay situaciones donde esto efectivamente ocurre. Pero existen algunas desventajas:

- Son movidos a diesel en vez de electricidad.

- Sistemas de uso industrial que pueden manejar un flujo continuo de leña de mayor diámetro que el usual y que estan disponibles comercialmente y están diseñados para grandes volúmenes p.e. 40 toneladas por hora para virutas con 50% de humedad. Una capacidad de este tamaño es adecuado para astillar en una hora al día toda la

leña diaria necesaria para una sustitución total de bunker de las industrias más grandes en el país después de FERTICA y las fábricas de cemento.

- Esta capacidad subutilizada es muchas veces más cara que la que se encuentra en picadores estacionarios comparables.

Aunque existen picadores portátiles de menor capacidad no es claro que puedan manejar una proporción grande de leña con diámetros grandes. La ventaja de un picador portátil está en la simplificación del manejo usualmente torpe entre el punto de almacenamiento hasta el picador; probablemente requerirá un movimiento posterior de las astillas mediante carretillas o camiones. Que esto sea una desventaja o no, dependerá del resto del proceso en el sistema.

Con un picador estacionario el material sería entregado, manual o mecánicamente hasta un sitio con (en aplicaciones de gran volumen) una faja transportadora. La opción de un sistema manual en vez de uno mecánico que efectúe la entrega dependerá de la tasa de flujo de material requerido, el tamaño de la leña, niveles de salarios y las distancias de acarreo. Si las distancias son cortas, ya sea porque la unidad es pequeña o porque la mayor parte de la leña es casi inmediatamente seca del punto de recibo, las técnicas manuales pudieran ser muy atractivas. Existe una grande y moderna gasificadora a base de leña para hornos de cal, en Sao Paulo, Brasil, donde el consumo de leña es equivalente a cualquiera de las fábricas de cemento aquí y donde toda la leña es transportada manualmente, si bien

en carretillas especiales, desde el area de recibo hasta el gasificador (esta unidad usa leña de un metro de largo, es confiable y barata, pero nunca se ha utilizado en otras aplicaciones fuera de las caleras). El cuadro 6.1.2 ilustra esquemáticamente este sistema junto con otros que se han mencionado anteriormente.

3) Reducción en Tamaño -El grado de reducción en tamaño varía con la necesidad de uso final. La mayoría requieren virutas de un largo de 3.5 - 4 cm. Algunos requieren material de menor tamaño lo cual significa que el material astillado deben entonces ser triturado.

Dado un modelo de picador la cantidad de salida definida, en términos de cantidad por minuto, es una función del tamaño de la viruta y del diámetro promedio de la leña que está siendo alimentada (Cuadro 6.1.1). Es poco probable que la capacidad de salida sea una limitante seria, y si lo es, el problema probablemente radique en el sistema de alimentación. Un picador estacionario que cueste $14.000, operando durante 8 horas con un factor de carga de 50% podría picar suficiente leña par mantener cuatro calderas de 600 bhp operando a capacidad y en forma continua.

Un impedimento más serio puede ser el tamaño variable y amenudo las grandes dimensiones de la leña primaria. Algunos cortes en los aserraderos pueden llegar a tener 65 cm de diámetro, mientras que leña sacada de la montaña en el proceso de preparar un terreno para cultivo pueden alcanzar 80 cm o más. También, alguna leña es muy dura de cortar.

Con el fin de solventar estas situaciones, el picador es muy probable que

tenga una capacidad nominal considerablemente mayor que lo que la demanda de consumo de la planta indicaría como apropiada.

Dos puntos deben estar claros de la discusión anterior. Primero, puede haber una variedad de soluciones a los problemas de manejo la leña para la obtención de combustible. Segundo, el manejo de la leña puede convertirse en una operación con secuencias relativamente complejas. El Cuadro 6.1.3 muestra un par de configuraciones genéricas semimecanizadas que pudieran ser adaptadas con variantes en Costa Rica. Y esto es un asunto muy diferente al de llenar un tanque con bunker cada pocos días.

Los requisitos de espacio, relativa complejidad y su potencial de requerir la atención de la gerencia en cuanto a la preparación de la leña en los sistemas más modernos argumentan, en principio, a favor de una centralización de la preparación de la leña y control de inventario.

La conveniencia de un procesamiento central se discutió anteriormente en este documento (capítulo V) principalmente en el contexto de una concentración geográfica excluyendo la posible demanda del mismo por las fábricas de cemento. Es esta demanda, especialmente la del sector privado, la que sería del mayor interés desde el punto de vista del establecimiento de un mercado para la sustitución de equipos de bunker. La geografía de algunos de los flujos de oferta de leña también pudieran favorecer un punto central de procesamiento. Desde la perspectiva del manejo y preparación de la leña existen varias ventajas que apuntan hacia un centro de procesamiento, incluyendo:

- Se resuelven problemas con relación a espacio y distribuciones de planta existentes en muchas industrias donde la sustitución sería difícil si la preparación de la leña y su espacio de inventario estuvieran ubicadas en forma descentralizada a la par de cada planta consumidora. Esto incrementa el tamaño del mercado físicamente disponible.

- Equipos de preparación de relativa gran capacidad de volumen (como lo sería un picador y fajas transportadoras) pueden ser utilizados más completamente. La productividad tanto de capital como de mano de obra pueden ser aumentados significativamente.

- El total de los inventarios probablemente se puedan reducir.

- El consumidor tiene a su disposición una fuente de combustible que es más sencillo de ordenar, confiable y de relativa consistencia. Le es posible tener virtualmente sistemas automáticos si esta simplicidad le es importante. Esta característica simplificante y estandarizadora enfoca directamente varios factores cruciales de mercado vistos como impedimentos a la sustitución y que tienen que ver con tiempo de administración y la confiabilidad de la fuente.

- El control de la calidad de la leña primaria entrante puede ser mantenido con más facilidad; esto permite a los usuarios con equipos de bajo costo y alta eficiencia eliminar secadoras, tamizadoras, o inventarios grandes; probablemente permite mayor amplitud de presionar prácticas de más costo-benefcio por parte del suplidor de la leña

(tales como despacho de leña con menor porcentaje de humedad), ayudando a reducir los costos en general.

Existen dos grandes desventajas en un sistema central de preparación. Primeramente es una situación algo así como el problema del huevo y la gallina, cómo y cuándo se financia su creación en ausencia de una demanda establecida? Segundo, involucra un ciclo adicional de transporte de carga y descarga, el cual tiende a ser caro.

Dos factores pueden mitigar este impacto negativo en los costos de transporte. El centro se visualiza en algún lugar entre Alajuela y San José dentro de la mayor concentración de consumidores industriales del país. El ciclo de transporte de corta distancia adicional (digamos un promedio de 10 km) con un camión mediano de cajón metálico que transporte virutas a granel, lo cual sería un relativo buen medio de manejo de materiales. La carga del material presenta pocos problemas. Equipo relativamente barato es capaz de llenar uno de estos camioncitos en menos de veinte minutos. Un proceso de descarga rápida tiende a ser relativamente más caro.

Un centro de tal naturaleza también pudiera ser capaz de reducir los costos de transporte desde las fuentes de materia prima en los alrededores del Valle Central. Volúmenes más grandes a través del tiempo demandan tarifas más bajas. El transportista se puede especializar más y así lograr factores de carga más elevados. Con un flujo más elevado, sistemas de menor costo de descarga se vuelven más económicos, lo cual a su vez

reduce el tiempo que dura el ciclo de carga y descarga para el transportista. Y éste, a su vez, con flujos mayores puede sacar ventaja del ciclo de carga y descarga.

Es posible que en el caso de la provincia de Limón la estrategia de un centro permitiría el uso de costo-beneficio de transporte intermodal de ferrocarril/camión. El transporte a granel por ferrocarril es económico pero requiere que los flujos sean concentrados.

Conversamente, una vez que se tiene un flujo concentrado, vale la pena picar la leña desde un punto central. Un centro de preparación de combustible central sinergiza con el transporte por ferrocarril. Cada opción refuerza el argumento para los otros.

Literalmente existen docenas de configuracione potenciales para una unidad central de procesamineto de leña. Un análisis preliminar de una configuración sugiere que la leña pudiera ser picada esde un punto central por aproximadamente 12 a 14 colones por GJ. A esta cifra hay que agregar aproximadamente 6.5 a 9 colones por GJ al costo de distribución de la leña picada. Análisis preliminares sugieren que sistemas descentralizados serán poco más caros a menos que se escojan algunas opciones que son muy intensivas en cuanto a mano de obra y administración se refieren. No se ha identificado ningún modelo que sea directamente transferible y que sea preferible de manera unívoca. Todavía queda por hacer mucho trabajo en cuanto a optimización de manejo de leña y preparación del combustible. La importancia de refinar las estimaciones en esta area se hace más evidente

por la asociación íntima con el tema más amplio de cómo desarrollar un mercado que sea más asequible. Una preparación de conbustible centralizado claramente mejora algunos problemas de mercado. Sería prematuro afirmar que las opciones de procesamiento central sean más económicas o superiores a las opciones descentralizadas, pero deben ser consideradas seriamente, así como sus implicaciones para políticas. Con el fin de simplificar análisis económicos subsecuentes, se asume un sistema de procesamiento central, excepto cuando se indica lo contrario.

CUADRO 6.1.1

PRODUCCION DE VIRUTAS COMO UNA FUNCION DEL TAMAÑO

DE VIRUTA Y DIAMETRO DE LEÑA

Tasa aproximada de producción (tons/minuto) (50% contenido de humedad).

TAMAÑO DE VIRUTA (cms)	MATERIAL	DIAMETRO (cms)	CMS DE ENTRADA DE MADERA
		45.72	45.72	50.8
1.6		2.92	3.68	4.57
1.9		3.55	4.44	5.46
2.22		4.06	5.2	6.35
2.54		4.7	6.1	7.5

FUENTE: Especificaciones Morbak para un modelo 20.

C-6.1.1

UN DESGLOSE DEL PROCESO AL PUNTO DE USO FINAL PARA PREPARAR COMBUSTIBLE

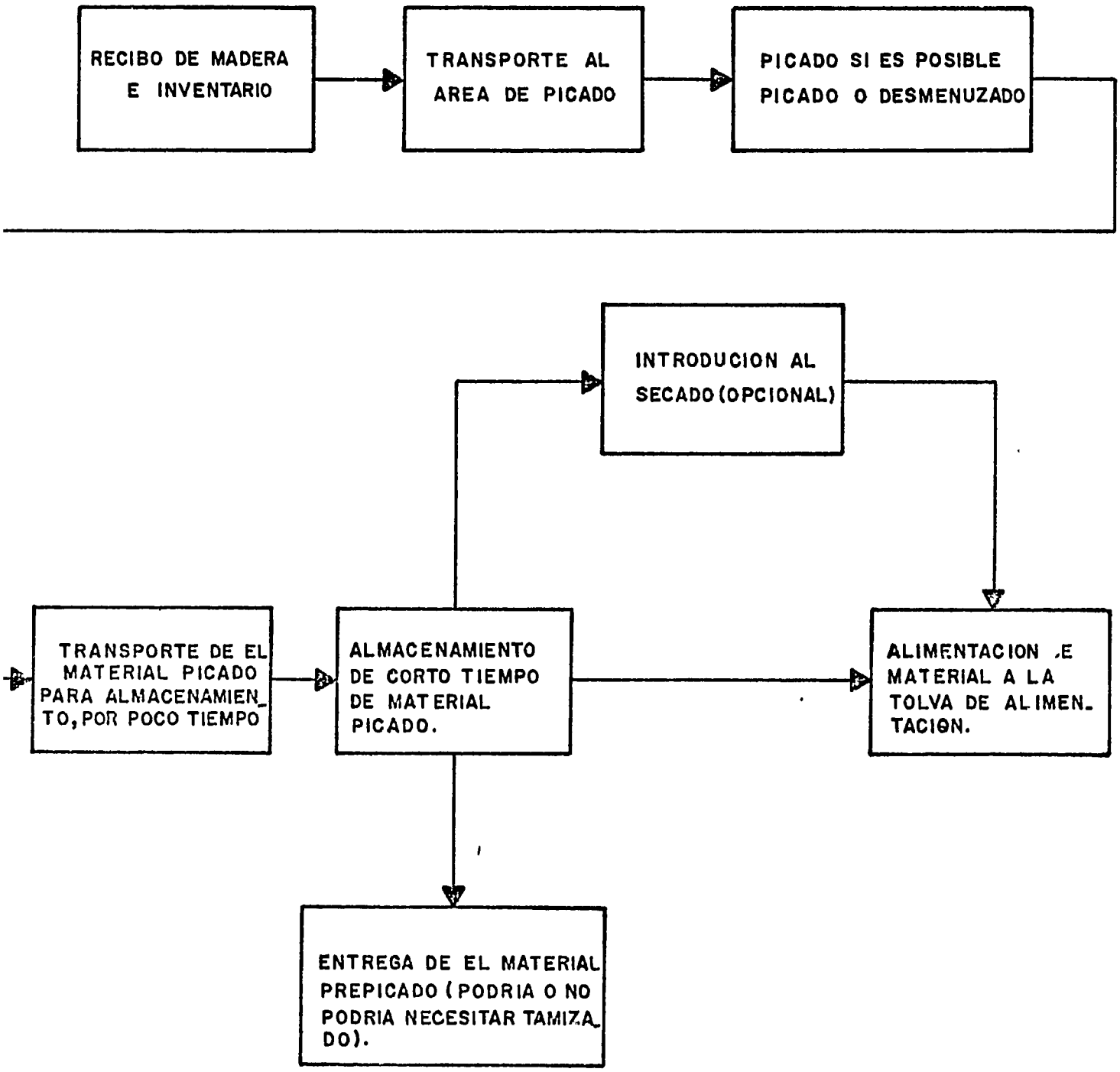
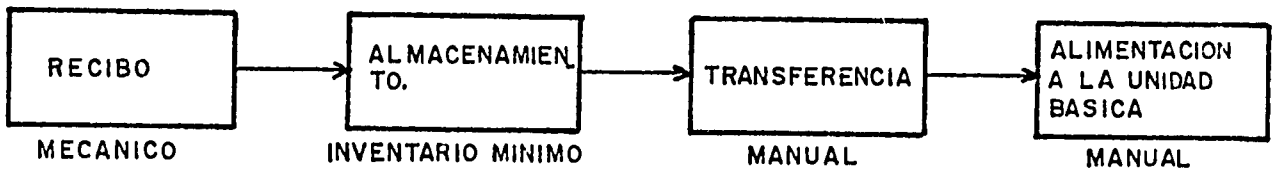


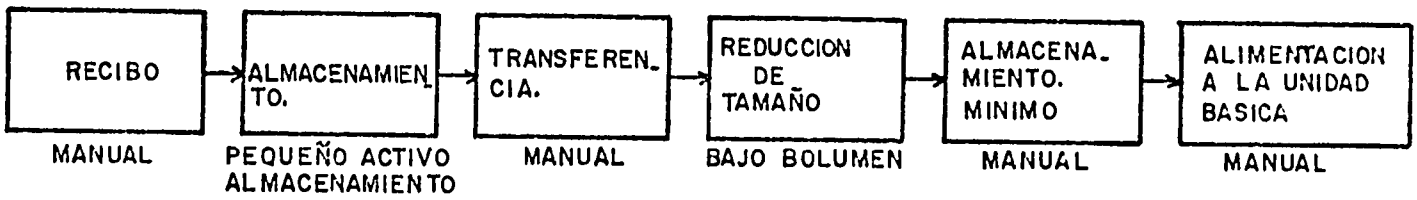
FIGURA 6,1,1

MANEJO DE MATERIALES/SISTEMAS DE PREPARACION DE COMBUSTIBLE AL PUNTO DE USO FINAL.

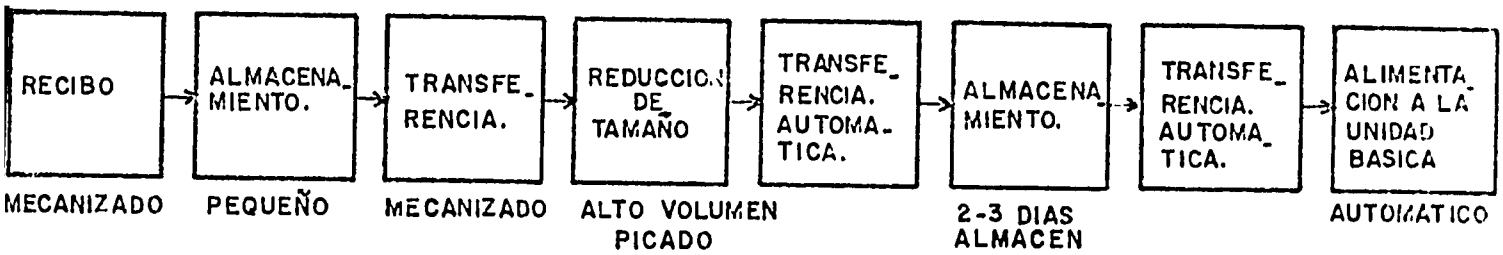
(A) SISTEMA SIMPLE DE MANEJO DE MATERIALES - HORNOS DE CAL - SAN PABLO-BRASIL



(B) SISTEMA SIMPLE DE MANEJO DE MATERIALES - SISTEMA TIPICO TERMOQUIP-BRAZIL



(C) SISTEMA TIPICO AMERICANO - RECIBO DE LEÑA PARA SER PICADA



(D) SISTEMA TIPICO AMERICANO - RECIBO VIRUTAS

FIGURA 6,1,2

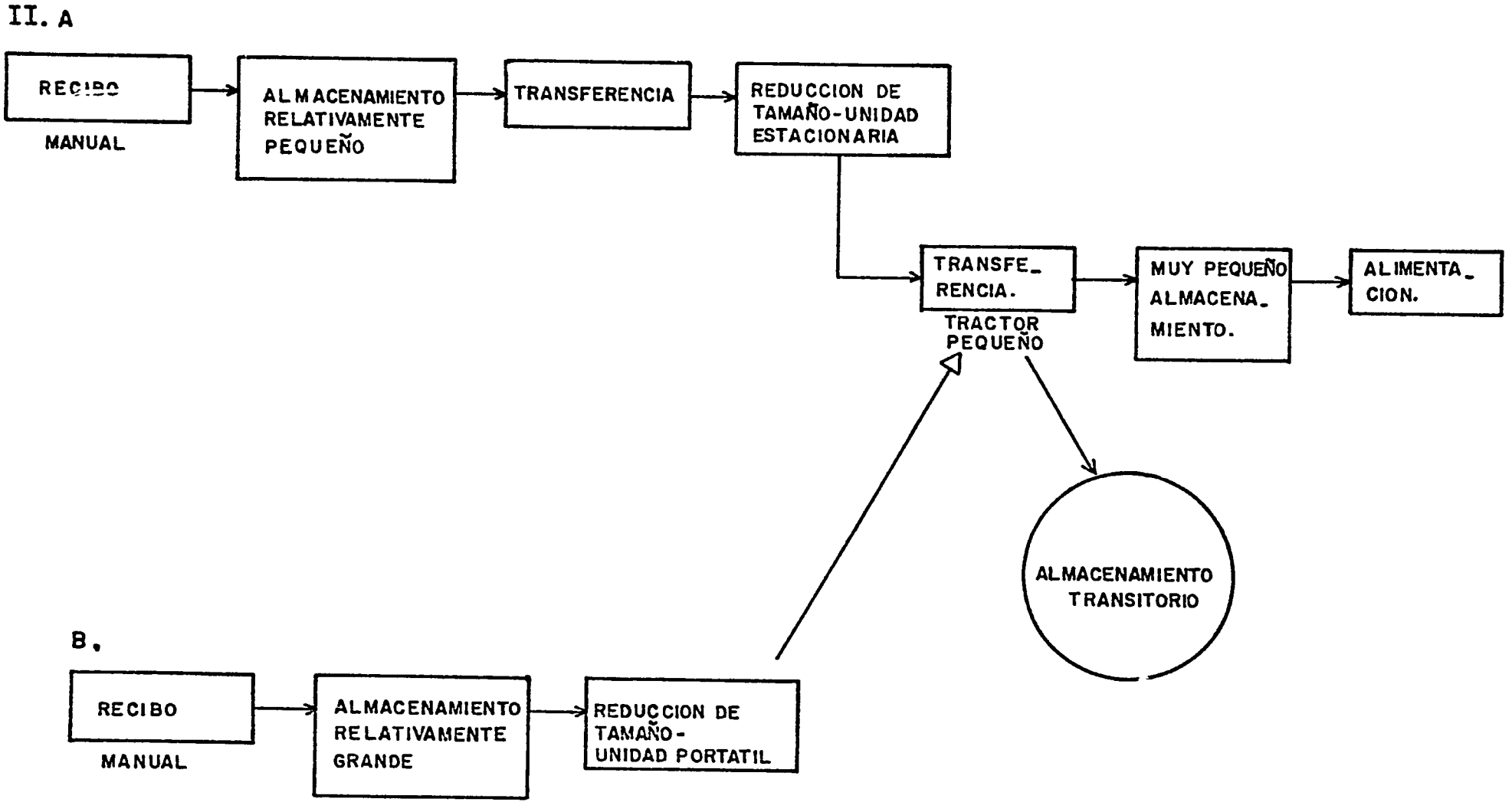

II. A
RECIBO
MANUAL
ALMACENAMIENTO RELATIVAMENTE PEQUEÑO
TRANSFERENCIA
REDUCCION DE TAMAÑO-UNIDAD ESTACIONARIA
TRANSFE_ RENCIA.
TRACTOR PEQUEÑO
MUY PEQUEÑO ALMACENA_ MIENTO.
ALIMENTA_ CION.
ALMACENAMIENTO TRANSITORIO
B.
RECIBO
MANUAL
ALMACENAMIENTO RELATIVAMENTE GRANDE
REDUCCION DE TAMAÑO- UNIDAD PORTATIL

FIGURA 6,1,3

6.2 Características de Equipo para Sustitución al Punto del Usuario Final - Calderas

En esta sección veremos los tipos de equipos y sistemas que el usuario industrial final debe instalar a fin de sustituir combustible biomásico por petróleo. Comenzaremos la revisión con algunos artefactos representativos de combustión para sustitución del petróleo en calderas. Una breve discusión técnica será seguida de una breve discusión de las economías. Después de calderas, aplicaciones directas de calor de baja temperatura (secado) y alta temperatura (cerámica) basadas en parte en la discusión anterior serán vistas brevemente.

Para cada tipo de equipos de combustión existen generalmente varios fabricantes. Sólo un número relativamente pequeño de marcas diferentes de equipo serán consideradas explícitamente aquí, principalmente de los Estados Unidos y Brasil, y han sido escogidos dentro de un número de marcas consideradas originalmente. Para seleccionar una marca, ésta tenía que estar disponible comercialmente, tener una buena reputación técnica, ser competitiva en precio relativo a otras marcas para ese tipo y tamaño de equipo y la filosofía de ventas de la empresa ser tal que un mínimo de información pudiese ser obtenido. Hay grandes diferencias en la disponibilidad de información por parte de las diferentes empresas.

Las empresas representadas aquí venden todas sus productos en un ambiente competitivo. Aunque no representan el rango de posibilidades sí representan los aspectos más sólidos del mercado en los Estados Unidos y Brasil,

lugares ambos en donde la sustitución ha estado ocurriendo con mucha intensidad.

El hecho que algunas firmas comerciales no hayan sido incluidas, de ninguna manera significa que su línea de productos sea inferior. De hecho, este reporte no busca señalar una o dos marcas de equipo o siquiera recomendar un tipo en particular, pero más bien aclarar las características de varios sistemas y puntos que debieran ser considerados.

Consistentes con esta filosofía hemos tratado, generalmente, evitar nombrar firmas particulares, especialamente en situaciones competitivas. En su lugar hemos codificado las marcas. Sin embargo, todas las líneas de productos mencionadas aquí son reales y comerciales excepto cuando se indica lo contrario.

Características Técnicas Iniciales

Hay tres opciones técnicas amplias para la sustitución de petróleo para la generación de vapor. Gasificadores y precombustores los cuales pueden ser modificados o ser instalados con un equipo nuevo de caldera y calderas combustión sólida que requieren un nuevo sistema de genera ción de vapor. Dentro de cada opción técnica amplia pueden existir diferencias significativas entre tipos de equipo y filosofías de diseño.

Los precombustores son unidades en donde la biomasa combustible es quemada completamente despúes de lo cual gases calientes de combustión entran a la caldera para así tranferir su calor. Los Cuadros 6.2.1 y 6.2.2 muestran

dos tipos diferentes de unidades de precombustión comúnmente vendidos en los Estados Unidos. La primera unidad aparenta ser de interés limitado porque el fabricante definitivamente no recomienda su uso en equipos de caldera de sistema de combustión horizontal (esencialmente el único tipo que existe en Costa Rica) y porque no puede usar combustible seco (20% o menos de humedad). No analizaremos este sistema.

La segunda unidad, designada como Unidad A en este informe, está adaptada a este tipo de caldera y puede usar combustibles secos (con un contenido tan bajo de humedad como un 10%) así como combustibles húmedos (con un contenido de humedad de hasta el 55%). El Cuadro 6.2.1 resume algunas características importantes. Una consideración importante a tomar en cuenta es la dimensión del combustible que se puede usar. Esta unidad acepta desde aserrín hasta piezas de 5 cm. Se han llevado a cabo pruebas con cáscara de arroz, pero no se ha usado comercialmente.

Todos los diseños de pre-combustores estudiados (estudios no limitados a las dos marcas aquí mencionadas), requieren un disminución substancial de la potencia o capacidad de la caldera adaptada. En el caso de la unidad dos, esta disminución es de un 25%. Es más, el fabricante no recomienda la adaptación, sino la instalación de un sistema completamente nuevo, en el cual la caldera de recuperación de calor representa solamente una pequeña parte del costo (aprox. un 16% para un sistema de 800 hp o 12.650 kg de vapor/hr).

El combustor en sí (Cuadro 6.2.2) es una cama fluidificada y, como se men-

cionó anteriormente, tiene la ventaja de poseer un rango considerable de tolerancia en cuanto a tipo, tamaño y contenido de humedad del combustible.

Otra ventaja es que la misma unidad se encuentra disponible en Costa Rica en todo el rango de tamaños (ver Cuadro 6.2.1). Sin embargo, tiende a ser un tanto cara, especialmente a escala más pequeña. El fabricante le está haciéndo frente al problema de por lo menos dos maneras. Primero, está desarrollando un combustor ciclón menos caro, especialmente diseñado para aplicaciones de menor escala. Existe una interesante posibilidad de realizar una demostración de riesgo reducido de esta unidad aquí en Costa Rica. Segundo, en situaciones de cargas muy estables, donde no se requiere más de un 10% de oscilación, se puede duplicar la capacidad de la unidad por medio de una adaptación barata.

Los gasificadores se diferencian de los pre-combustores en que, bajo condiciones controladas, el combustible no es quemado completamente a fin de obtener un volumen menor de gas caliente, donde el 15-20% del valor energético es en forma de calor sensible (en lugar del total como en el caso de los pre-combustores) y el resto es en CO, H, CH_4 y alquitranes. Existe una gran variedad de conceptos de diseño, cada uno con sus propias características, en términos de especificaciones de materiales y calidad de gas.

Después de la selección inicial descrita arriba, se escojieron tres unidadas diferentes para discusión. En Cuadro 6.2.1 se muestra un resumen de

ciertas características técnicas.

UNIDAD B

El diseño básico de la unidad se muestra en Cuadro 6.2.3. El gasificador es bastante compacto (frecuentemente es montado sobre rieles a fin de poder movilizarlo rápidamente durante el mantenimiento de la caldera o para el cambio a aceite combustible).

Las especificaciones de combustible son bastante estrictas. Este debe tener un contenido de humedad menor del 20% (15% ± 5%) y la unidad viene dotada de un secador como equipo estándar. La unidad está diseñada para aceptar virutas de un tamaño aproximado al estándar de los aserraderos, aunque acepta piezas de hasta 10 cm.) de largo.

No se han realizado pruebas con más del 6% de material fino. La configuración sugiere que el contenido de alquitrán del gas debe ser relativamente alto pero por otro lado, el de ceniza es probablemente bastante bajo. Una prueba para el secado de textiles auspiciada por el Departamento de Energía de los EEUU, mostró que con un ciclón no ocurría la descoloración de las telas. En el comercio se encuentran disponibles unidades desde 24 a 400 bhp -el extremo menor del mercado costarricense. Se han vendido más de veinte, y algunas están funcionando desde 1979.

UNIDAD C

Este es un gasificador co-corriente de diseño brasileño, que se encuentra en el mercado en tamaños desde 25 a 100 hp. En el Brasil se han vendido aproximadamente 40 unidades. Como se trata de un gasificador co-corriente con garganta, el combustible se ve forzado a pasar a través de una zona de alta temperatura, lo cual ocasiona destilación fraccionada de los alquitranes en el gas. En este sentido, probablemente el gas es más limpio que por ejemplo el de la Unidad B aunque en compensación, el contenido de ceniza es probablemente más alto, ya que el gas pasa a considerable velocidad sobre la cama de cenizas. La unidad requiere -especialmente las de mayor tamaño- un combustible de mayor dimensión que las astillas de pulpa de papel estándar (el tamaño recomendado es de piezas de 8-10 cm x 10-12 cm, para el cual se ha diseñado una unidad de preparación de combustible especial). Esto se debe a parámetros de diseño a más grande escala, para gasificadores co-corriente. La preparación del combustible de madera proveniente de algunas fuentes a esta dimensión, podría presentar problemas. Así mismo, esta unidad parece tener una eficiencia de conversión de energía significativamente más baja que la del resto, aunque esto está por confirmarse en medidas comparables. De acuerdo al fabricante, las unidades han sido instaladas a 100 metros del punto de uso final y estan funcionando.

UNIDAD D

Se trata de un gasificador co-corriente modificado algo pequeño, recien-

temente desarrollado y lanzado al comercio. La unidad tiene algunas características de diseño poco usuales. Opera por succión en lugar de por presión y la alimentación de aire a la cama es casi contínua alrededor del perímetro, en lugar de ser inyectado por medio de boquillas. Como consecuencia de estas características de diseño, la unidad tiene dos características de operación importantes. Primero, la parte superior se puede abrir, cosa que simplifica los problemas de alimentación de combustible (generalmente el impedimento más serio en cuanto a la confiabilidad de los gasificadores más complejos). Segundo, si bien la unidad produce gas con un bajo contenido de alquitranes, característico en los gasificadores cocorriente, es probable que esté menos restringido en cuanto al uso de material de menor tamaño. La unidad ha sido probada minuciosamente solamente en cuanto al uso de virutas de pulpa. El Cuadro 6.2.4 muestra el diseño de la unidad. Esta unidad es atractiva debido a su muy bajo precio, el más bajo de todas las unidades estudiadas (aún tomando en cuenta la secadora). Existen, sin embargo, algunas desventajas. Primero, se encuentra disponible solamente en la escala más pequeña. Posiblemente pasará un año antes de que el fabricante saque un modelo más grande que esta unidad nominal de aproximadamente 75 bhp, aunque el fabricante mantiene que la potencia de salida es muy conservativo. Aún el modelo más grande (aprox 150 bhp) resulta pequeño y no existen planes actualmente para producir unidades mayores. Esto restringe el potencial de mercado para este modelo.

El segundo problema es que la unidad no ha sido realmente diseñada primor-

dialmente para ser instalada con calderas convencionales, razón por la cual las unidades más grandes no estan siendo desarrolladas. El mercado que les interesa es el del aire acondicionado para áreas comerciales/industriales. Aunque la adaptación de la unidad para uso con calderas debería ser simple y de poca monta, no se ha realizado aún.

Las calderas de combustible sólido para biomasa representan una tercera amplia opción. Existe una gran variedad de diseños y fabricantes en el mundo, que varían en el tipo de combustible que pueden aceptar y su eficiencia. La unidad E seleccionada para los propósitos de este estudio, tiene un costo específicamente más bajo que las producidas por los demás fabricantes estadounidenses a quienes consultamos. Además tiene buena reputación como sistema de generación de vapor y varios de ellas estan funcionando en S.E. Asia. Aunque no pretende ser la mejor marca (estadounidense u otras) ciertamente es representativa de un buen sistema de generación de vapor de combustible sólido.

Como se muestra en Cuadro 6.2.1, la unidad puede aceptar una variedad bastante grande de los combustibles más finos, incluyendo cáscara de arroz. Sin embargo, una unidad diseñada para usar con cáscara de arroz no puede aceptar madera y vice versa. El tamaño máximo de partícula es bastante más pequeño que para algunas calderas modernas de combustible biomasa solido y requerirá un triturador cuando se quiera utilizar combustible de leña. El diseño básico exterior se muestra en Cuadro 6.2.5.

El Cuadro 6.2.2 resume las dimensiones físicas de las unidades básicas de

diferentes tamaños. En general las dimensiones del aparato básico de combustión y su equipo inmediato de registro de combustible son tales, que no se preveen problemas en cuanto al espacio para estos componentes en la mayor parte de las instalaciones en Costa Rica.

Consideraciones Económicas

Un buen punto de partida para incorporar el criterio económico, es considerar la relación entre la escala y el costo del equipo por capacidad de unidad. Aunque es altamente simplificado y de ninguna manera sustituye un análisis económico completo, este parámetro fundamental nos puede ayudar a comenzar a clasificar algunas de las amplias características de las opciones bajo estudio. El Cuadro 6.2.6 resume los resultados para este parámetro conforme aparecen, para cinco unidades diferentes. Las líneas sólidas están basadas en estimaciones para equipo tomando en cuenta el aspecto de mercadeo de hoy día. Concentrémonos en éstas por un momento, comenzando con las unidades A, B, y E. Estas se venden en un rango relativamente amplio de tamaños y representan las tres opciones técnicas básicas disponibles - caldera de combustible sólido (E), pre-combustor (A), y gasificador (B). Aunque puede haber diferencias substanciales en precio (p. ej. $400 por bhp entre A y B a 200 bhp), pueden considerarse como un grupo pobremente competitivo en precio dado el impacto posible de otros factores (eficiencia, costo de operación, etc). Como se podría esperar, se observa una economía de escala pronunciada desde 50 a 300/400. Después de 300 el efecto global es mucho menos pronunciado. Dentro de del mercado existen-

te, las economías de escala se agotan más bien pronto.

Las Unidades C y D agregan un elemento de complicación al cuadro general de escala y costo. Estos gasificadores se obtienen hoy solamente a pequeña escala. Son técnicamente distintos, siendo los dos variaciones del gasificador tipo co-corriente (ver referencias 11 y 21), y existe duda sobre hasta que grado viable se puede escalar. Sin embargo, dentro de su limitado rango de escala, son decididamente menos costosos que el primer grupo. Tanto así, que encontramos que se pueden obtener sistemas a 100 bhp con una inversión por capacidad de unidad menor que para los sistemas a 600 bhp.

La consecuencia de estudiar la envolvente de posibilidades de costo mínimo, nos puede llevar a conclusiones algo diferentes sobre la probable relación entre escala e inversión del criterio convencional sobre economías de escala, como las reflejadas en el último estudio que realizamos en este país (ref 8). Esto a su vez puede influenciar la política al hacer relativamente más atractiva la sustitución a menor escala. Al agregar una clara alternativa de pequeña escala, también se puede crear un problema de transferencia de tecnología al pequeño mercado costarricense.

Dos de las unidades analizadas B- y D- son gasificadores que requieren combustible seco (con un contenido de humedad menor del 20%) como se muestra en Cuadro 6.2.1. Por este motivo, se venden con las secadoras como equipo estándar. Sin embargo, si fuera posible garantizar el abastecimiento de combustible suficientemente seco, la secadora se podría elimi-

nar. Aún cuando no se pudiera garantizar el combustible suficientemente seco para eliminar la secadora, el abastecimiento de combustible relativamente seco podría permitir el uso de una secadora de menor tamaño. Estas opciones podrían producir ahorros económicos importantes -Cuadro 6.2.6. Las líneas formadas por puntos para D y B, muestran el precio del equipo eliminado la secadora. El efecto es particularmente dramático con relación a la Unidad B.

Ya se había discutido el punto sobre control del contenido de humedad en capítulo IV, enfatizando el efecto sobre los costos de transporte y eficiencia. Ahora emerge otro punto. El control de humedad nos permite ahora imaginar un escenario técnico basado en tecnología de gasificadores con costos relativamente bajos de inversión por unidad ($200-300 por bhp para equipo en la fábrica - ver Cuadro 6.2.6). La importancia de este posible "escenario de bajo costo de capital" se hará más patente en breve. Le agrega interés al potencial de la opción del gasificador. Sin embargo, cualquier estrategia que visualice el abastecimiento garantizado de combustible de leña con un contenido del 20% de humedad o menor a muchos consumidores, requeriría probablemente el tipo de sistema de manejo y preparación de combustible propuesto en este capítulo por otros motivos también. Los gasificadores son tan solo una opción y la estrategia de gasificadores de combustible seco/bajo precio sugerida aquí es tan solo una variante de esta opción (aunque pensamos que es interesante).

El sistema pre-combustor representado por la Unidad A es otra opción importante con varias características positivas. Es más flexible en térmi-

nos de clase de combustible y contenido de humedad a usar. En términos de las industrias del Valle Central, que como ya se indicó dominan el mercado, esta flexibilidad puede que no valga mucho en la práctica, ya que es probable que predomine el uso de leña. En la Región Pacífica, la situación podría ser diferente.

Se puede fabricar en Costa Rica (así como los gasificadores). Volveremos a discutir este tema en breve.

Los sistemas son relativamente caros. Existen varias maneras de manejar este problema:

- Como ya se señaló, se está diseñando una unidad de precio más bajo con diferente tecnología para uso a menor escala, que podría ser demostrado aquí.

- En situaciones donde existe una carga muy estable es posible doblar la capacidad del combustor con solo un aumento del 10% de la inversión de capital. El efecto de esto sobre la inversión por bhp se muestra en Cuadro 6.2.7.

- La línea en Cuadro 6.2.6 es para un sistema completo, que incluye una caldera de calor de desecho. En principio es posible adaptar el combustor a una caldera existente. Sin embargo la adaptación significa un 25% de pérdida de la capacidad de la caldera existente. (Nota: La adaptación del gasificador B no involucra pérdida de potencia, mientras que para C y D esto no es seguro). Hasta qué punto esto pueda ser un

problema, depende de la situación específica. El ahorro es significativo -ver Cuadro 6.2.7. Como el fabricante de combustores también fabrica calderas, la tendencia sería de tratar de adoptar el sistema completo.

La ventaja principal de la opción de la caldera de combustible sólido, representada por la Unidad E, es la mayor eficiencia de buenas unidades en relación con las otras opciones. La eficiencia es un factor que se hace más importante conforme se encarece el combustible y la biomasa no es la excepción.

Un problema que surge al hacer un análisis económico, es que las estimaciones estándar de eficiencia de combustible son generalmente pobres. De hecho, no existe un estándar internacional. Las diferencias en las estimaciones de eficiencia de combustible pueden tener un impacto importante sobre los costos totales del ciclo de combustible para diferentes unidades. Bajo condiciones que podrían ser típicas de la sustitución en los sectores más tradicionales de Costa Rica, una incertidumbre de la eficiencia del combustible del 5% es comparable a aproximadamente un 15% de incertidumbre en el precio de inversión para el equipo de sustitución en el punto de uso final. Muy poco se puede hacer por ahora sobre esta inseguridad, excepto aceptar claramente que existe. Más adelante, en las conclusiones, se harán recomendaciones para ampliar el pequeño programa existente del Banco Mundial para la dirección del funcionamiento de los gasificadores.

La principal desventaja de esta opción es que parece poco probable que se puedan fabricar calderas modernas en Costa Rica con las capacidades metalúrgicas existentes actualmente. Dos motivos nos preocupan en relación con esta capacidad. El costo adicional de importación y la fuerte probabilidad de que la fabricación de precombustores y gasificadores sea de hecho más barata en Costa Rica que en los EEUU.

El trabajo metalúrgico requerido es intensivo en el uso de mano de obra especializada, donde Costa Rica tendría una ventaja de costos significativa en relación a los Estados Unidos. Nuestra propia experiencia en la construcción de varios gasificadores pilotos en este país, sugiere que probablemente se podría obtener un precio de venta "ex fábrica" más bajo que en los EEUU aquí con pequeñas producciones. Aún si los precios ex-fábrica fueran iguales, las unidades fabricadas aquí costarían menos porque el precio ex fábrica no tendría que soportar los costos de embarque y de importación-distribución que juntos pueden sumar otro 30%.

Que significancia podría tener este factor? Como se discutirá más detenidamente en capítulo VIII bajo "Transferencia de Tecnología", una reducción del 20% en el precio ex fábrica, parece razonable. El cuadro 6.2.8 muestra el impacto que esta suposición tiene sobre el costo instalado de algunos sistemas candidatos. Los posibles ahorros obtenidos son sustantiales y pueden ser críticos para la factibilidad de toda la política de sustitución.

Podemos examinar el análisis más detenidamente mirando el posible efecto

de la fabricación local sobre los costos totales del lado de la demanda. Esto se ilustra en el cuadro 6.2.9 para un rango de casos de interés a 100 o 600 bhp. Esta cifra muestra ante todo que el costo de inversión por instalación por unidad de salida ($/bhp) es un indicador relativamente bueno de los costos totales del lado de la demanda por unidad de energía consumida[1]. Esto incluye:

- Costos de capital para el equipo de sustitución en la configuración indicada (A1, D3, etc.);

- necesidades de fuerza de mantenimiento y auxiliar adicionales a las necesarias para una caldera de petróleo;

- costos estandarizados para manejo y preparación de combustible.

Lo que es más interesante, nos permite visualizar como la opción de fabricación local podría influenciar la economía global de la sustitución de combustible. La suposición de una fabricación local abre un grupo de posibilidades que tienen un costo del lado de la demanda de como $1.55 por GJ al factor de carga supuesto, que es bastante típico de la industria costarricense (45% -ver cuadro 5.1.2). Sin esta suposición nuestro grupo principal de posibilidades es de $2.00/GJ.

Los casos estan identificados en las "notas a la figura" y descritos con

---

1 Bajo suposiciones normales, desde luego. En esta figura un factor de carga de 45% se asumió en todos los casos.

mayor detalle en el cuadro 6.2.3 donde los costos de demanda se han pormenorizado y estimado a tres factores de carga representativos de consumidores de factores de carga bajo, medio y alto.

Como podemos observar en el Cuadro 6.2.10 donde se muestra un rango de opciones para la substitución en una caldera de 600 bhp., el impacto del factor de carga sobre el costo es muy importante. Parece que con un factor de carga del 25% y tomando en cuenta los precios actuales, únicamente algunas facilidades con residuos en el sitio podrán llevar a cabo la sustitución por bunker.

Volviendo al Cuadro 6.2.9, observamos dos líneas horizontales. La inferior representa el precio actual del bunker subsidiado ($3.61/GJ del equivalente del crudo), y la inferior el precio de paridad del mercado internacional ($4.51/GJ). Dependiendo de la proyección escogida, la distancia de la línea a un punto dado es igual al "precio que se puede pagar" -por GJ del equivalente del crudo- por la biomasa combustible[2].

Asumamos que el "precio que se podría pagar" por GJ del equivalente del crudo para sistemas con una demanda derivada es de $1.55 por GJ. Referiéndonos de nuevo al capítulo IV, aunque esto es adecuado para la compra de algunos recursos, parece inadecuado para otros recursos mayores,

---

[2]Para convertir el valor pagado por GJ de bunker al valor "que se puede pagar" por un GJ de biomasa, multiplicamos por un coeficiente de eficiencia relativa del equipo de sustitución dado a equipo de bunker. Aquí la eficiencia relativa se asume como: A, P, y D -0.87; C - 0.82; E - 0.94.

o a plazo más largo, y que son importantes para la evolución del mercado; como por ejemplo, el recurso proveniente del cambio del uso de la tierra en Limón, recurso que puede ser de importancia fundamental para establecer un mercado que probablemente alcanzará precios cerca de alrededor de $2.00 por GJ de biomasa transportada por camión y de $2.30 por GJ del equivalente de bunker.

Con los actuales precios de bunker no sería económico usar este recurso -aún con una proyección optimística- si tuviera que ser transportado por camión, aunque quizás el transporte por ferrocarril lo haga económico. En este sentido, el actual subsidio de bunker está obstaculizando fuertemente el desarrollo del mercado de sustitución, ya que hace antieconómico o marginal el tipo de recurso que deberá ser usado si fuera a darse la fabricación local, que probablemente está implícita en la proyección de bajo costo de capital ($1.55/GJ de la demanda derivada). Posiblemente los pequeños mercados restringidos podrían ser abastecidos totalmente por importaciones lo que tendería a implicar una proyección más "conservadora" de $2.05/GJ de la demanda derivada. De esta manera, el subsidio del bunker debilita doblemente la estrategia de sustitución por biomasa.

Si los precios tuvieran el valor de paridad del mercado internacional de $4.50/GJ, los costos bajos de capital no solo arrojaría números positivos, sino que en ciertos casos mostraría una sustancial rentabilidad. La proyección conservadora también podría usar este recurso (que hemos tomado como especie de campanazo de corto plazo) pero sin virtualmente ninguna rentabilidad.

Tomando en cuenta que los recursos como el combustible de leña proveniente del cambio de uso de la tierra en Sarapiquí, San Carlos y Limón, son importantes para el establecimiento de un mercado para la fabricación en Costa Rica, es difícil aceptar una demanda de paridad de más de alrededor de $2.00/GJ[3] aún con el precio de paridad del mercado internacional para el bunker de $4.50/GJ. Esto ayuda a estrechar el rango de interés en sistemas con costos de instalación de alrededor de $500/bhp o menos. Muy preferentemente menos.

Para la siguiente discusión económica nos basaremos en las dos proyecciones o escenarios desarrollados en páginas anteriores. Estas han sido designadas de acuerdo a sus tendencias.

	Costo Aproximado de Inversión por bhp $	Demanda Derovada Costo por GJ Factor de Carga de 45% $
Costos bajos de capital/ probablemente fabricación local	300 - 350 (325)	1.40 - 1.60 (1.55)
Proyecc. conservadora/import.	475 - 575 (525)	1.90 - 2.10 (2.05)

El tema caldera/vapor ha sido sometido a un estudio mucho más cuidadoso y sistemático del que se llevará a cabo para las otras categorías de demanda que representan mercados potenciales para la sustitución (p. ej. calor de baja temperatura). Esto se debe a que el mercado de calderas es, en mucho, el más importante, después del caso especial del cemento. Es tam-

bién el más rico en diferentes alternativas tecnológicas fundamentales para sustitución y en la variedad del mercado en sí. También es la categoría principal de demanda en donde menos ha ocurrido la sustitución de combustible biomasa (sin contar los venerables ingenios de azúcar). Este mercado, si es que se ha de desarrollar, requerirá un análisis muy cuidadoso.

CUADRO 6.2.1

ALGUNOS PARAMETROS TECNICOS DE UNIDADES ENCUESTADAS

TYPO DE UNIDAD	CAPACIDAD SIMULTANEA DE DOBLE FUEGO	AMBITO DE CAPACIDAD COMERCIALMENTE DISPONIBLE (bhp)	NUMERO DE UNIDADES VENDIDAS	AMBITO DEL TAMAÑO DE COMBUSTIBLE ACEPTADO	TIPOS DE COMBUSTIBLE ACEPTABLE (EXPERIENCIA COMERCIAL	TIPOS DE COMBUSTIBLE ACEPTABLE (EXPERIENCIA COMERCIAL
Pre-Combustor A	Sí	110 - 2700	40	finos hasta virutas menos de 5 cms	Hasta 55% (No se conoce reducción en potencia	Madera,aserrín
Gasificador B	No	24 - 400	20	Virutas Comúnmente usadas en Pulpa para papel de hasta 10 cm y hasta 6% de Finos	15% 5%	Madera
Gasificador C	Sí	25 - 100	40	Virutas de alrededor de 5 x 3 cms	Hasta 30%	Madera
Gasificador D		40 - 80	12	Virutas usadas en pulpa papel	diseño 15% hasta 20%	Madera
Caldera Combustible Sólido				Finos a virutas pequeñas 2.5 x 0.6 x 0.6 cms	20% diseño	Madera, Aserrín Cascarilla, de arroz

Observaciones: (*) Pruebas exitosas, pero no se ha usado comercialmente.

(**) Pruebas de tamaño y tipo de material todavía en ejecución, probablemente puede aceptar tamaños más grandes y más pequeños y una variedad de materiales.

CUADRO 6.2.2

DIMENSIONES APROXIMADAS DE LOS SISTEMAS

Tipo de Unidad		Caldera Incluida	Unidad Pequeña		Unidad Media		Unidad Grande	
			Escala (caballos de calderas	Dimensiones (L x a x a) m	Escala (caballos de caldera	Dimensiones (L x a x a) m	Escala (caballos de caldera	Dimensiones (L x a x a) m
Pre-Combustor	A	Si	112	10.1x9.2x10	270	11.6x11.3x9.8	800	16.5x14.3x11.2
Gasificador	B	No	140	2.7x1.8x1.5	250	3.3x2.1x1.6	--	--
Gasificador	C	No	100	2.5x2.5x7	--	--	--	--
Gasificador	D	No	40	2.4x1.0x2.2	--	--	--	--
Caldera de combustible sólido	E	Si	100	4.7x2.6x2.3	300	6.5x3.6x3.1	800	7.3x4.4x4.5

NOTA: (1) La unidad A puede ser cambiada de acuerdo al sitio.

CUADRO 6.2.3

RESUMEN DE COSTOS SECTOR DEMANDA POR FACTOR DE CARGA

PARA OPCIONES DE SUSTITUCION EN CALDERAS A 600 Y 100 CABALLOS DE CALDERA (BHP)

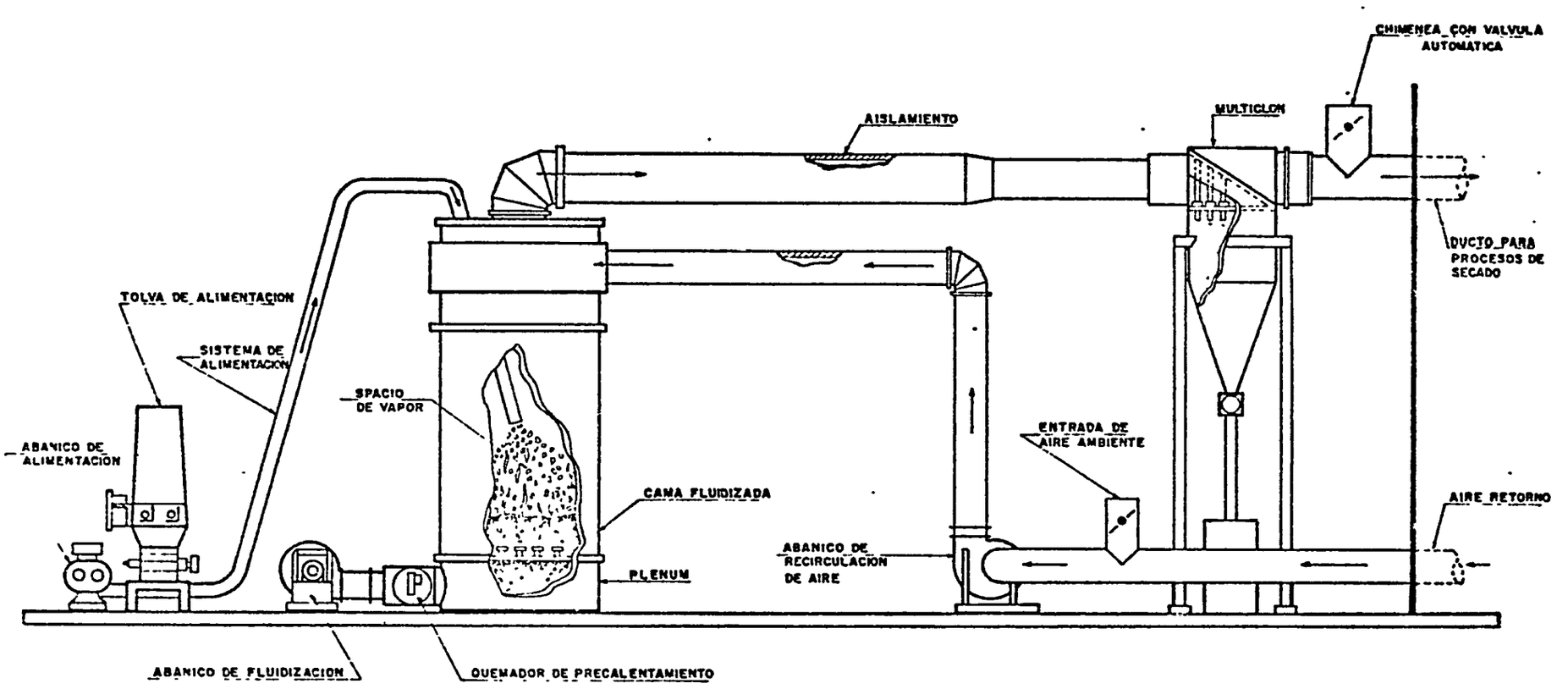
	FACTOR DE CARGA %	CARGOS DE CAPITAL POR GJ $	OPERACIONES ADICIONALES Y MANTENIMIENTO POR GJ $	MANEJO COMBUSTIBLE & PREPARACION POR GJ $	TOTAL COSTO DEL SECTOR DE DEMANDA POR GJ $
A: 600 bhp					
A1 Cámara de pre-combustión solamente fabricada en C.R.	25 45 65	1.34 0.74 0.52	0.45 0.33 0.28	0.63 0.63 0.63	2.42 1.70 1.43
A2 Solamente combustor importado	25 45 65	2.04 1.13 0.78	0.45 0.33 0.28	0.63 0.63 0.63	3.12 2.09 1.69
A3 Paquete completo/ Combustor fabricado en Costa Rica	25 45 65	1.93 1.07 0.74	0.45 0.33 0.28	0.63 0.63 0.63	3.01 2.03 1.65
A4 Paquete completo/ Combustor importado	25 45 65	2.62 1.45 1.05	0.45 0.33 0.28	0.63 0.63 0.63	3.70 2.41 1.92
B: 600 bhp					
B1 Sin Secador/fabricado en Costa Rica	25 45 65	1.4 0.62 0.43	0.34 0.24 0.20	0.63 0.63 0.63	2.08 1.49 1.26
B2 Con Secador/fabricado en Costa Rica	25 45 65	2.24 1.24 0.86	0.68 0.49 0.41	0.63 0.63 0.63	3.55 2.36 1.90

. . . Continúa Próxima Página

CUADRO 6.2.3

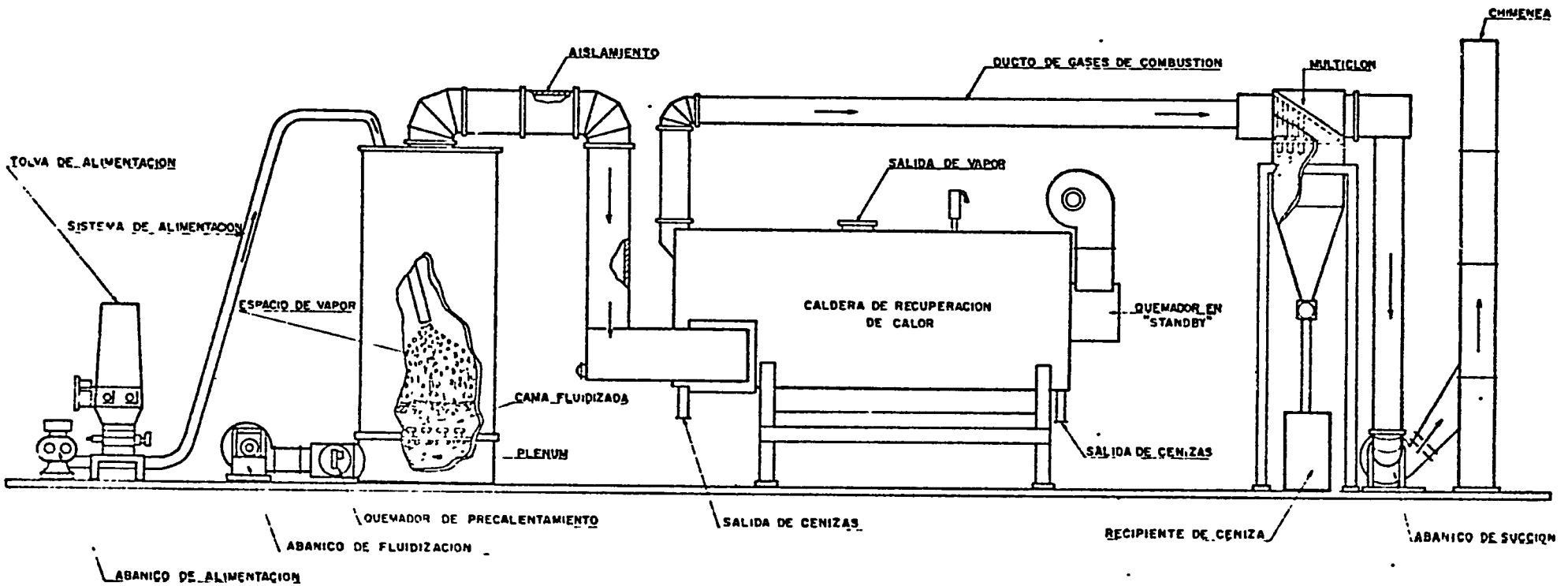
• • • Continuación

	FACTOR DE CARGA %	CARGOS DE CAPITAL POR GJ $	OPERACIONES ADICIONALES Y MANTENI - MIENTO POR GJ $	MANEJOL COM- BUSTIBLE & PREPARACION POR GJ $	TOTAL COSTO DEL SEC TOR DE DEMANDA POR GJ $
B3 Sin secador/ Importado	25 45 65	1.67 0.92 0.64	0.34 0.24 0.20	0.63 0.63 0.63	2.64 1.79 1.47
B4 Con Secador/ Importado	25 45 65	3.38 1.87 1.30	0.68 0.49 0.41	0.63 0.63 0.63	4.69 2.99 2.34
C: 100 bhp					
C1 Fabricado en C.R.	25 45 65	1.29 0.71 0.49	0.25 0.17 0.14	0.67 0.67 0.67	2.21 1.55 1.30
D: 90 bhp					
D1 Gasificador sola- mente fabricado en Costa Rica	25 45 65	1.06 0.59 0.41	0.31 0.23 0.20	0.63 0.63 0.63	2.00 1.45 1.24
D2 Gasificador+Secador Fabricado en C.R.	25 45 65	1.24 0.69 0.48	0.47 0.37 0.33	0.63 0.63 0.63	2.34 1.69 1.44
D3 Gasificador+Secador Fabricado en C.R.	25 45 65	1.80 1.00 0.69	0.47 0.37 0.33	0.63 0.63 0.63	2.90 2.00 1.65
E: 600 bhp					
E1 Importado	25 45 65	2.13 1.18 0.82	0.38 0.27 0.22	0.58 0.58 0.58	3.09 2.03 1.62



SISTEMA DE FUEGO DIRECTO

FIGURA 6.2.1.



SISTEMA DE SUSTITUCION EN CALDERA

FIGURA 6.2.2.

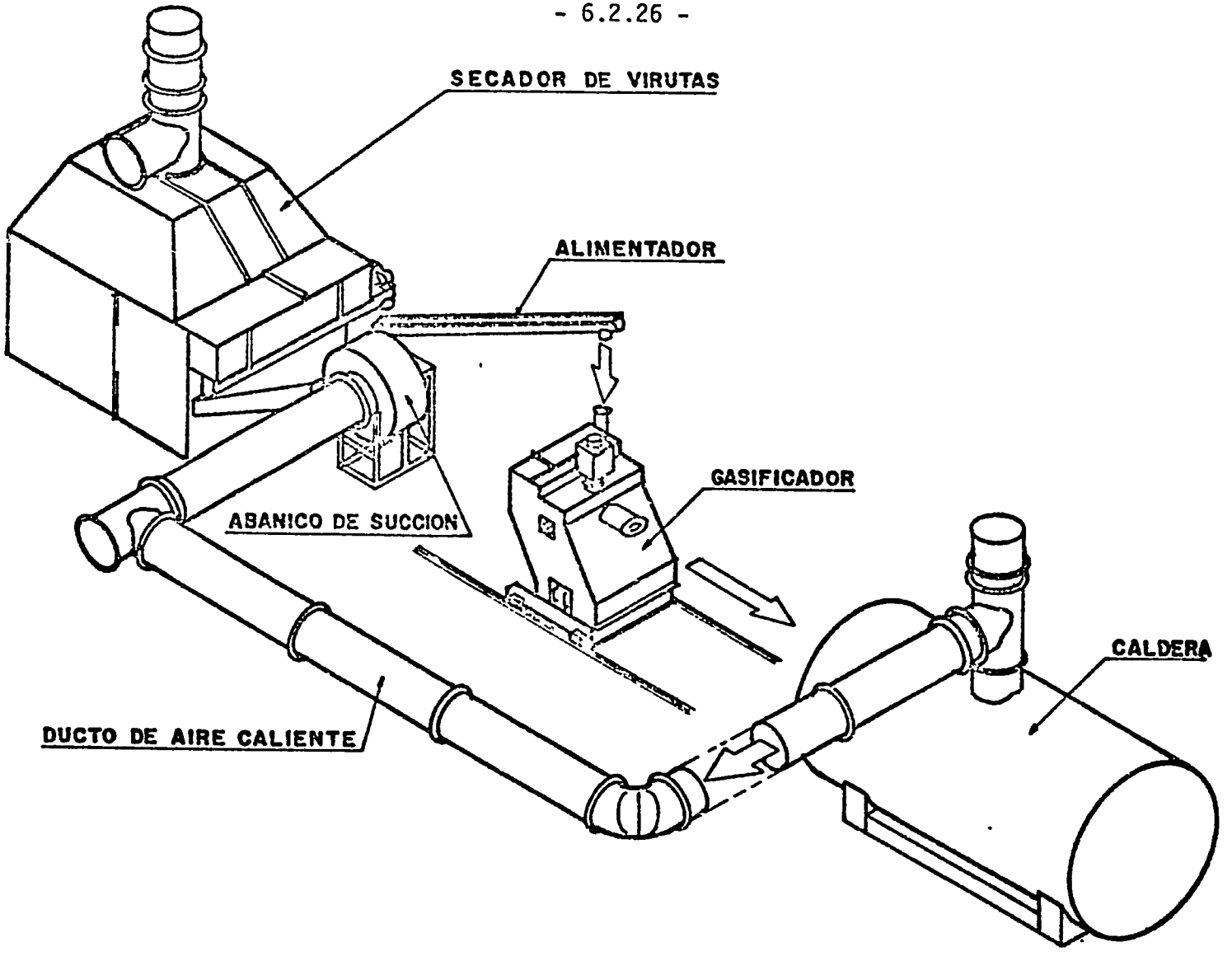
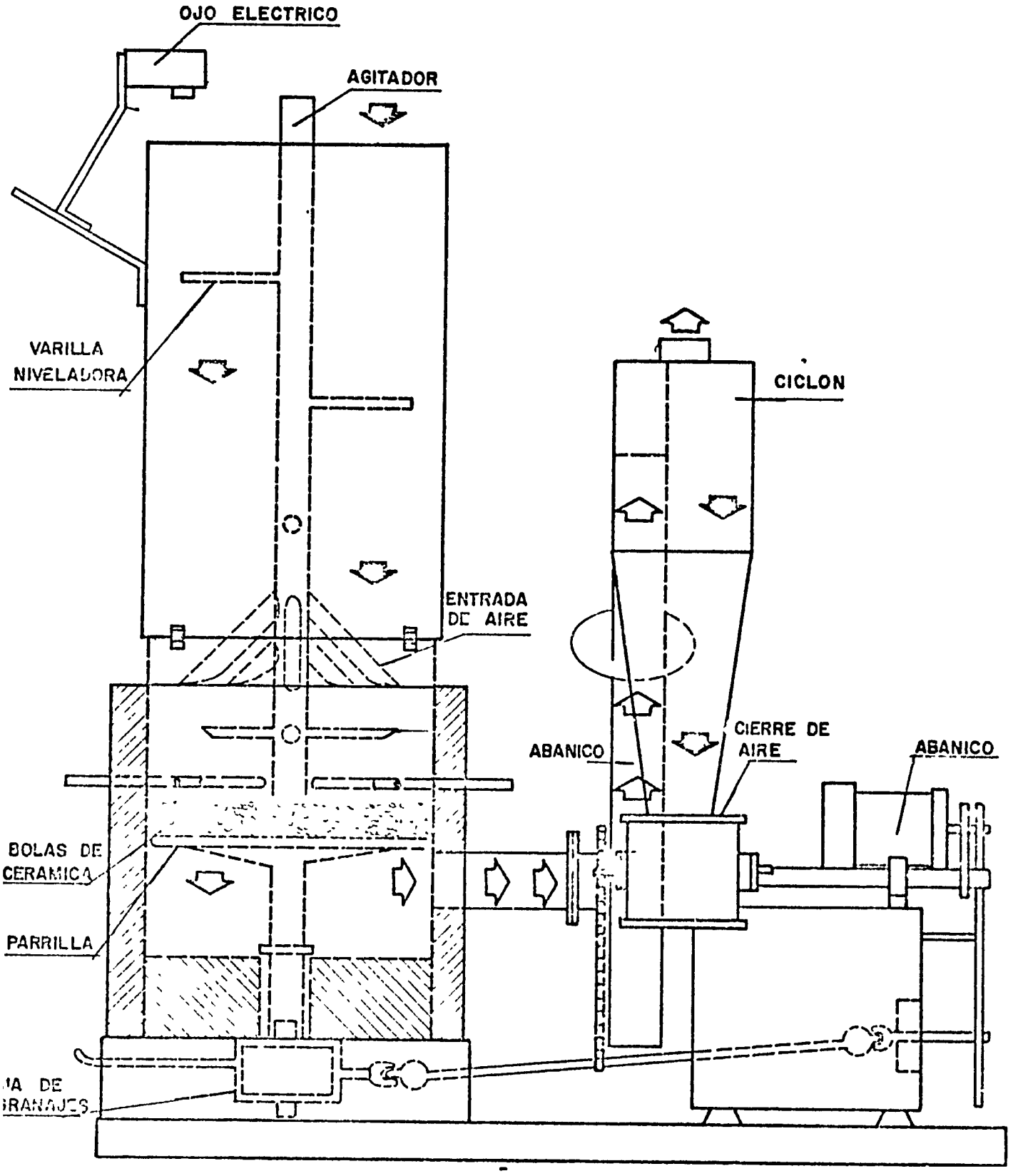


FIGURA 6.2.3.

SISTEMA DE GASIFICACION PARA USAR EN CALDERAS A BUNKER

FIGURA Nº 6.2.4

GASIFICADOR DE MADERA TRABAJANDO EN SUCCION



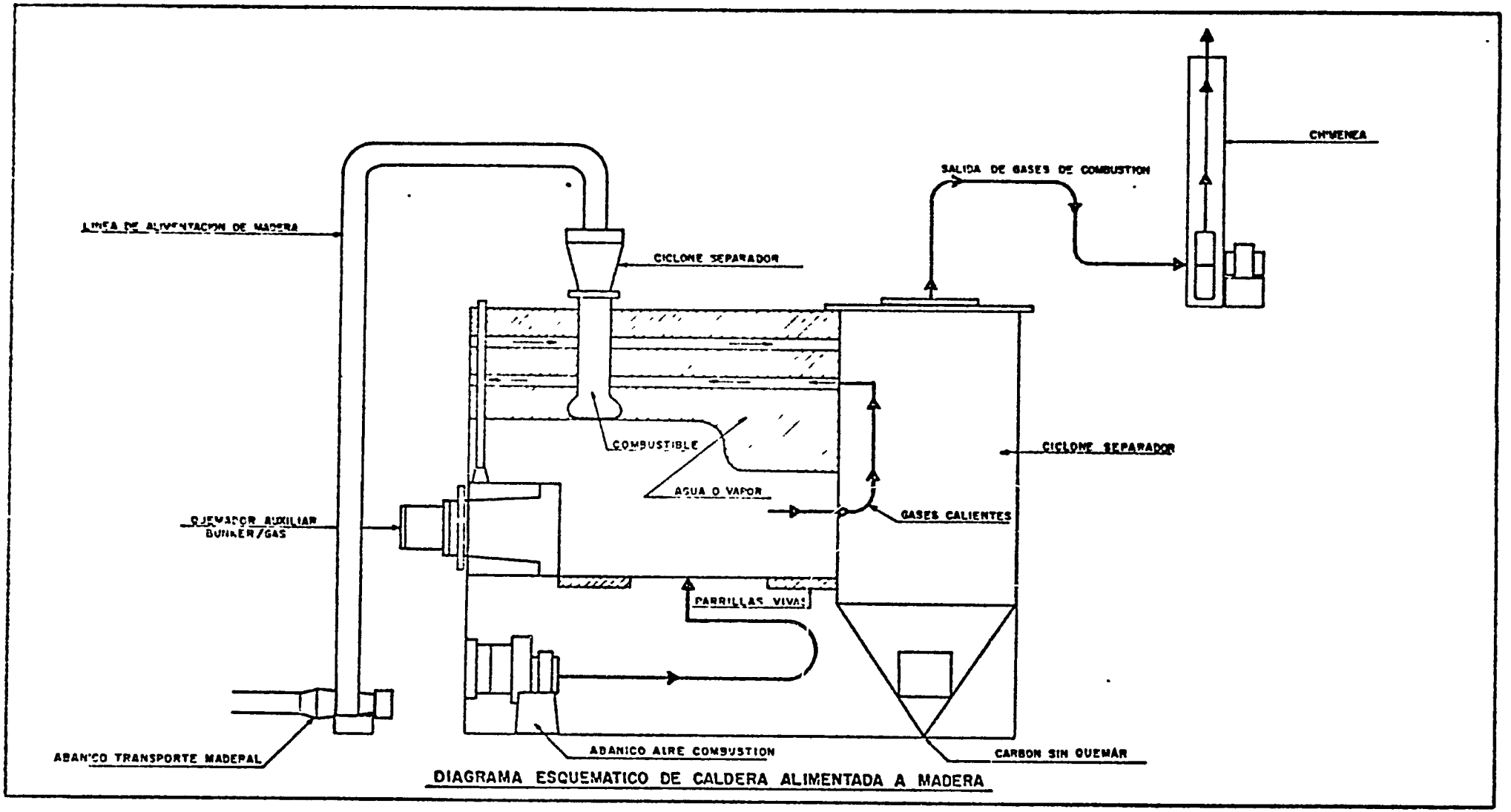
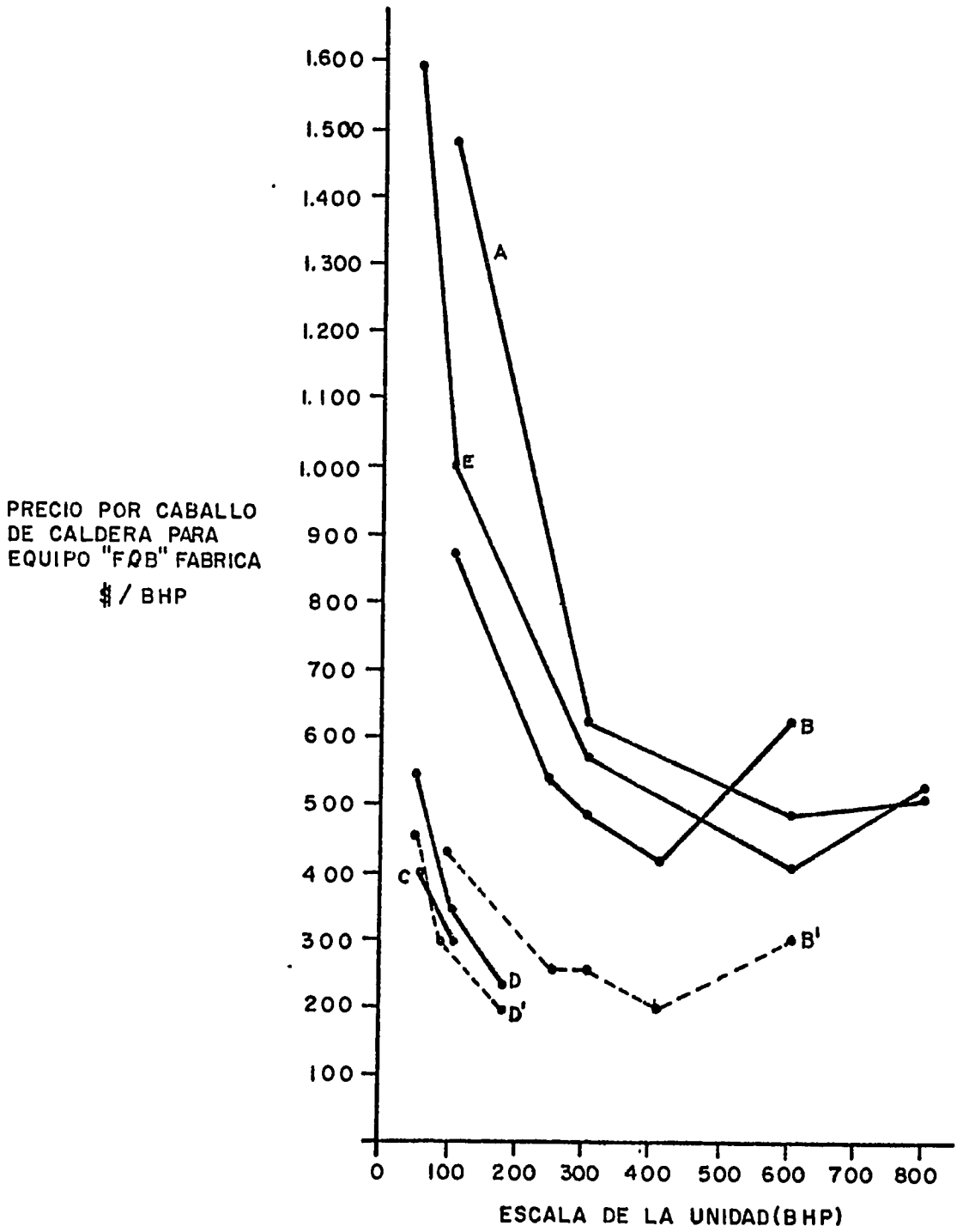


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE CALDERA ALIMENTADA A MADERA

FIGURA 6.2.5.

RELACION DE LA ESCALA DEL EQUIPO AL COSTO DEL MISMO



NOTA: LOS COSTOS DEL EQUIPO CONSISTEN DE LA TOLVA DE ALIMENTACION EN ADELANTE.

. FIGURA 6,2,6

VARIACIONES DEL SISTEMA DE COSTOS EN LA UNIDAD A

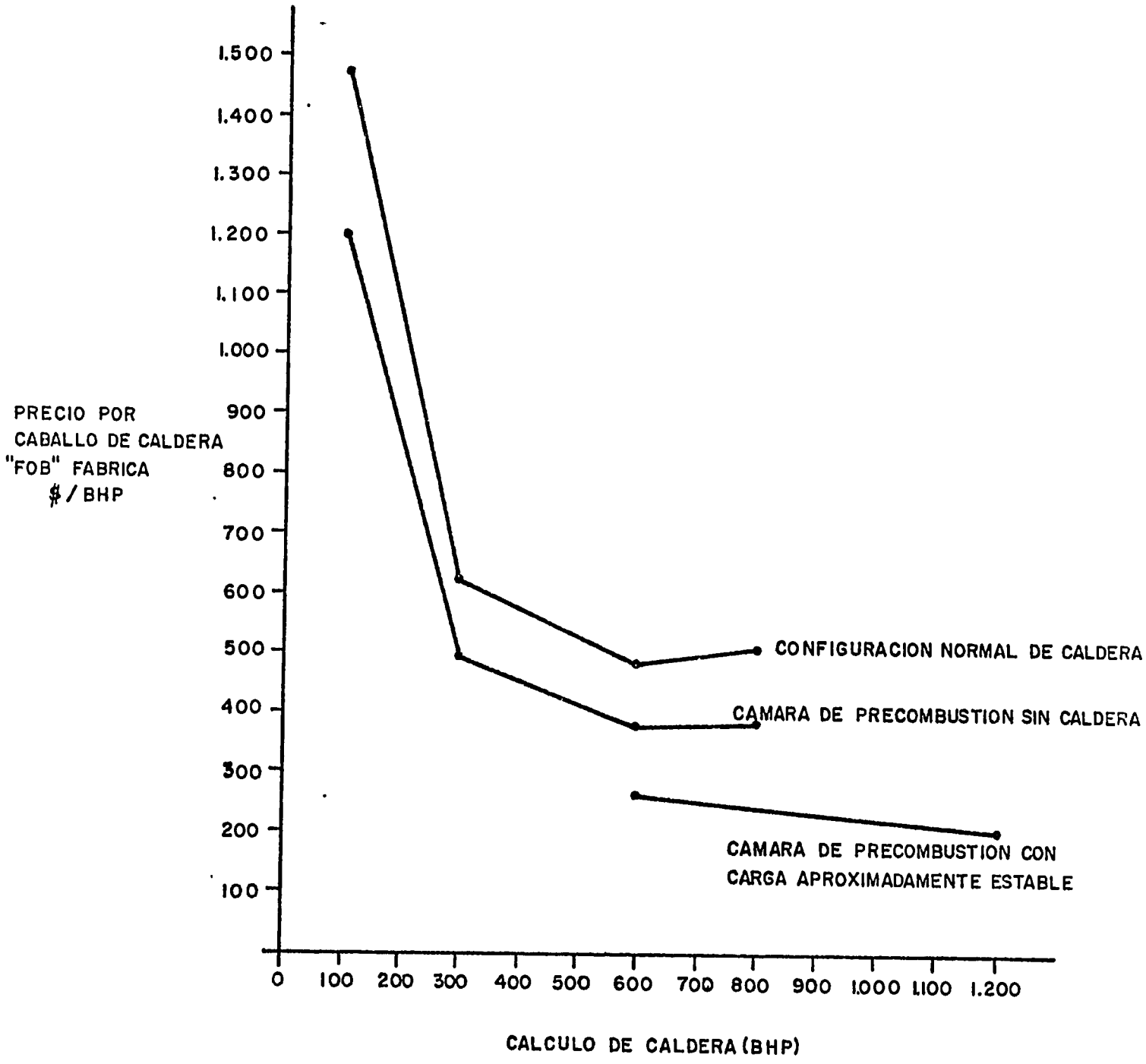
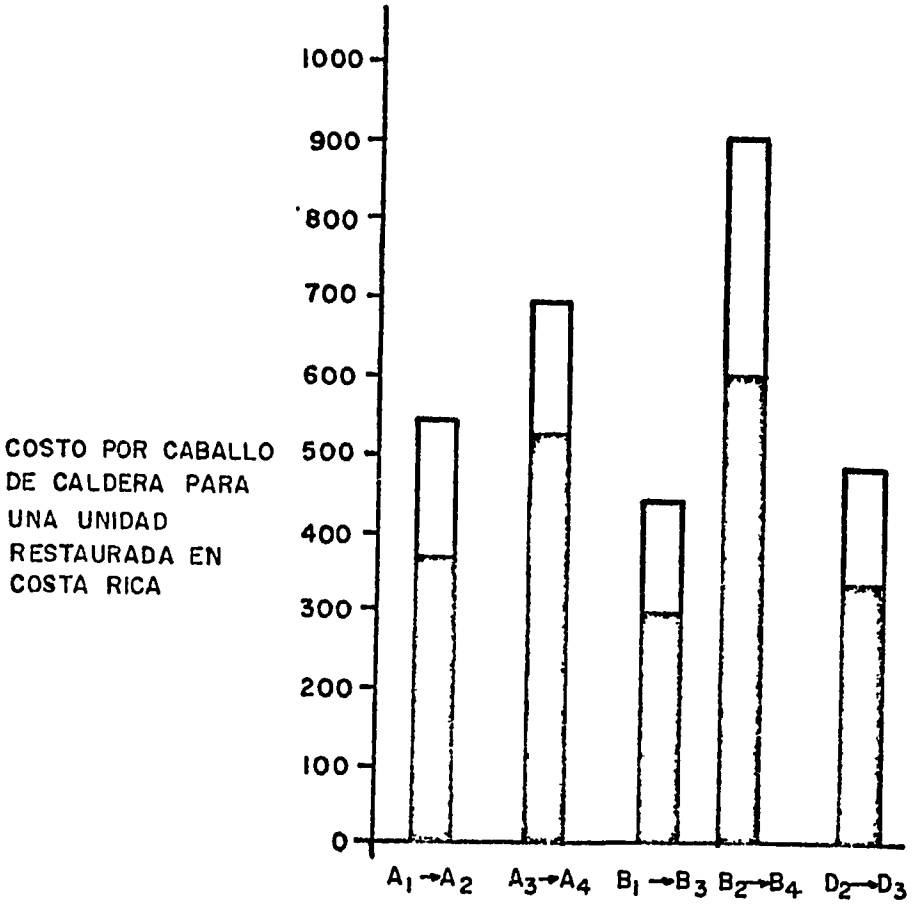
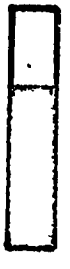


FIGURA 6,2,7

IMPACTO DE UNA DISMINUCION DEL 20% EN LOS COSTOS DE MANUFACTURA DE COSTA RICA Y LOS ESTADOS UNIDOS SON LOS COSTOS DE INSTALACION DE LOS SISTEMAS



CAMBIOS EN LOS COSTOS, CUANDO UN MODELO ES HECHO EN COSTA RICA, A_1 EN RELACION AL IMPORTADO A_2
LOS CASOS SON IDENTIFICADOS EN EL CUADRO 6,2,3

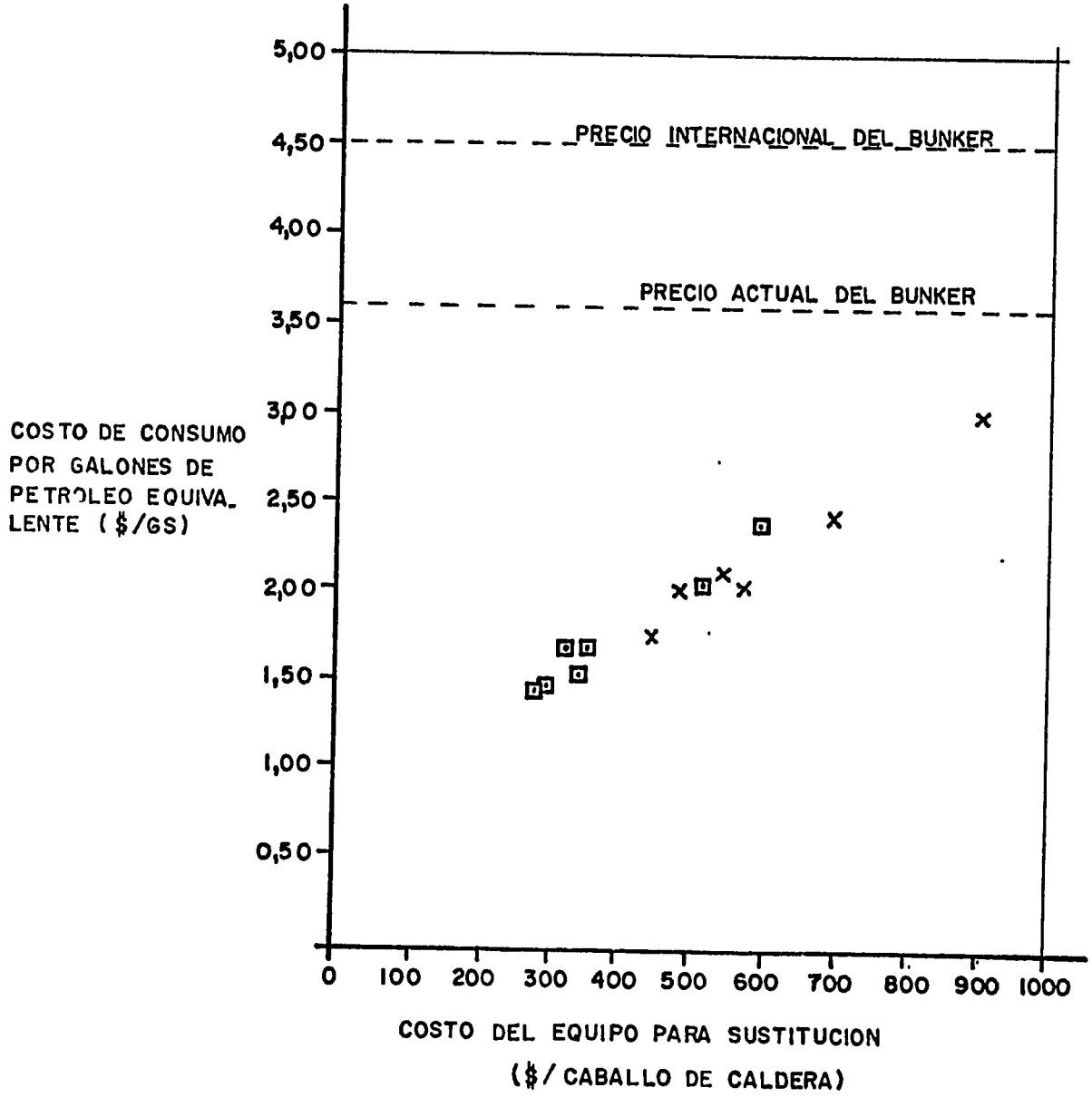


COSTO POR BHP, CUANDO LA UNIDAD ES IMPORTADA.

COSTO POR BHP PARA UNIDADES FABRICADAS EN COSTA RICA.

FIGURA 6,2,8

RELACION COSTOS DE CONSUMO TOTALES A LOS COSTOS DE VARIAS OPCIONES DE EQUIPO INSTALADO



VER OBSERVACIONES AL CUADRO 6,2,3 EL CUAL TAMBIEN IDENTIFICA PUNTOS.

FIGURA 6,2,9

NOTAS A LA FIGURA 6.2.9

Unit 1	Escala (bhp)	Costo del consumo por GJ al 45% Factor Carga $	Costos de Inversión Instalados ($/bhp)	Importado
A1	600	1.70	360	-
A2	600	2.09	544	Sí
A3	600	2.03	516	Caldera, Sí
A4	600	2.41	700	Sí
B1	600	1.49	296	-
B2	600	2.36	600	-
B3	600	1.79	447	Sí
B4	600	2.99	906	Sí
C	100	1.55	345	-
D1	90	1.45	285	-
D2	90	1.69	331	-
D3	90	2.00	483	Sí
E	600	2.03	570	Sí

(NF-6.2.9)

EFECTOS DEL FACTOR DE CARGA Y VARIANTES TECNICAS SOBRE LOS COSTOS DE DEMANDA CUANDO SE HACE SUSTITUCION CON UNA CALDERA DE 600 B.H.P.

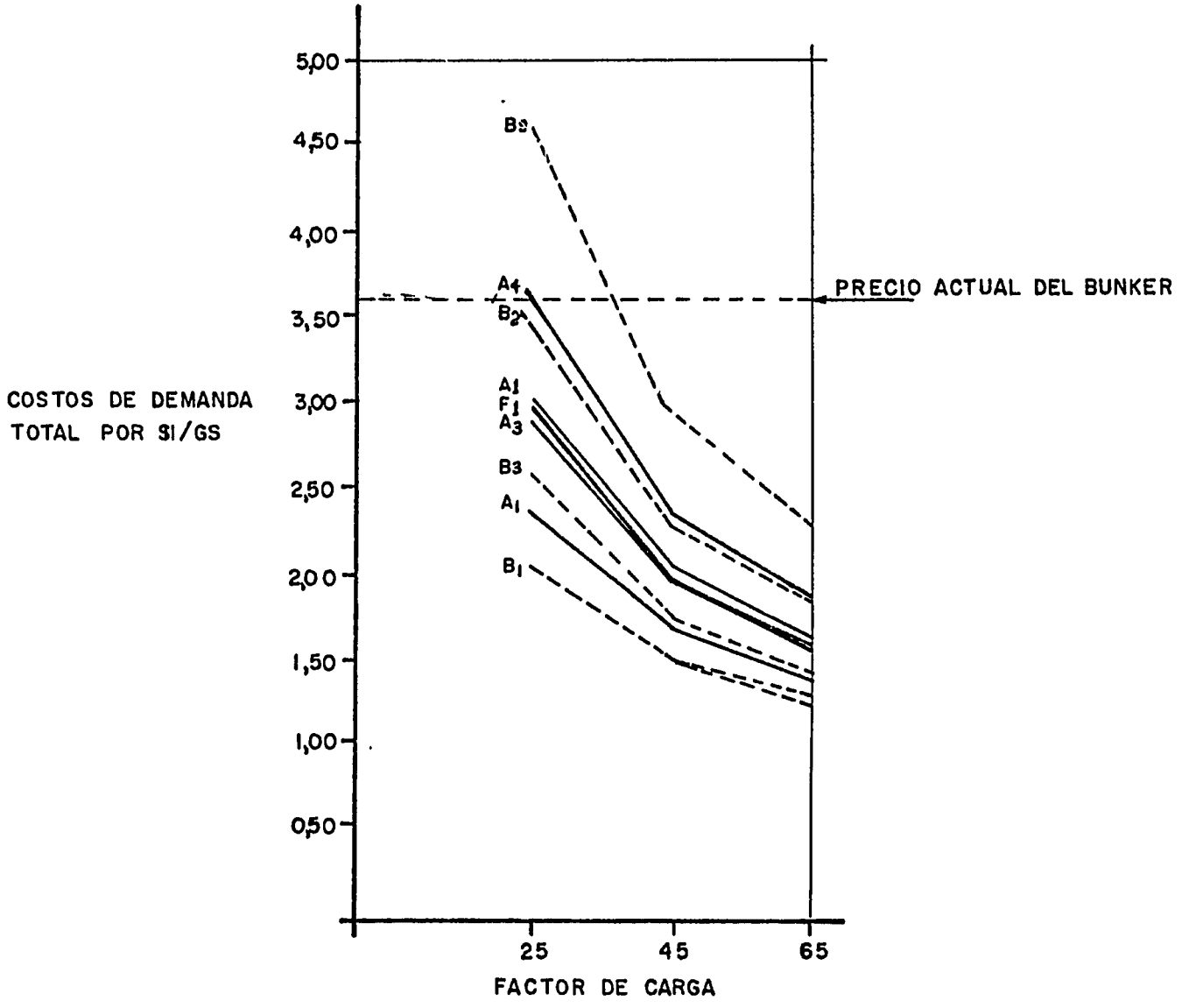


FIGURA 6,2,10

6.3 Características de Equipo para Sustitución al Punto de Uso Final para procesos de Calentamiento

Fuego Directo

Procesos de fuego directo son aquellos donde el medio de transporte del calor desde la llama es el aire, a diferencia de agua o vapor. Este rango va desde secado de maíz hasta fabricación de cemento. Una división común de estas clases de procesos es la división entre procesos de baja y alta temperatura.

No hay una definición estándard para "baja temperatura", en este informe la hemos tomado como temperaturas bajo 400° C.

Otra división que podría ser útil está en los procesos con temperaturas de 1.100 a 1.200° C, el cual es el límite superior de funcionamiento para los sistemas de biomasa, con la excepción del carbón vegetal.

La categoría de alta temperatura es dominada por la industria cementera, que es todo un sector por sí mismo. La industria cementera era responsable por más del 50% del total de consumo industrial en 1981, y las plantas de cemento individual (hay dos) son la clase más grande de consumidores en el país.

La categoría de baja temperatura es dominada por procesos de secado. Es en esta categoría donde la biomasa ha mantenido su aplicación tradicional más grande.

Sistemas de Procesamiento de Calor Directo de Alta Temperatura

En términos de requisitos para el procesamiento, esta es la categoría más diversa. Comúnmente existen tres impedimentos capaces de limitar el uso de la biomasa entre los sistemas de alta temperatura:

- Se requiere la temperatura de la llama - esto no elimina necesariamente el uso de la biomasa pero lo limita.

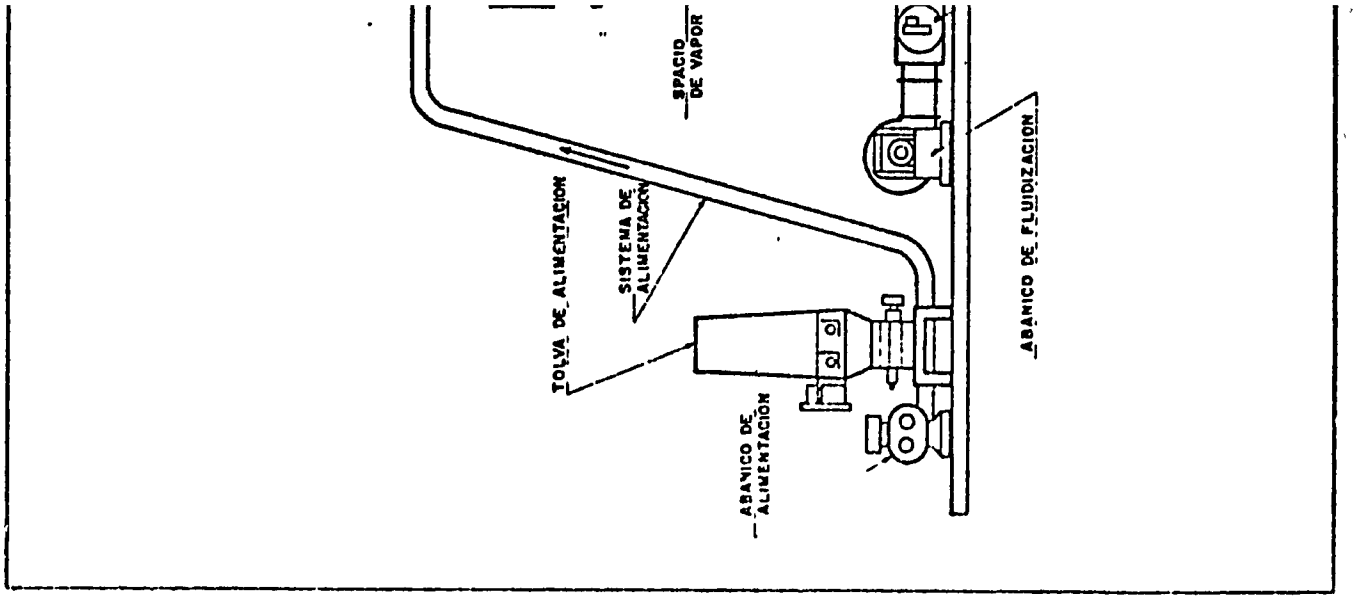
- Limpieza del gas de combustión - esto podría presentar un problema en el caso de cualquier sistema que utilice los derivados de petróleo en lugar de bunker.

- Estabilidad de temperatura - los sistemas de alta temperatura tienden a demandar más en términos de estabilidad de la llama, pero frecuentemente este problema existe únicamente en la mente del consumidor. Existen sistemas bastante estables. Comercialmente se han desarrollado máquinas de precisión para aplicaciones en fundiciones en pequeña escala. Sin embargo, debido a la comprensible ignorancia y conservativismo, no es probable que sean las aplicaciones que demandan una gran estabilidad de la llama las que se intenten primero.

Cuando estos impedimentos no aparecen (o hasta el punto donde comienzan a aparecer), los procesos directos de alta temperatura pueden ser puntos muy atractivos para la sustitución. El ejemplo principal de ello es la industria del cemento, industria que ha experimentado en todo el mundo la más pronunciada sustitución de petróleo por otros combustibles. Existe

considerable flexibilidad en la clase de combustible que puede usarse y en la manera en que éstos se pueden utilizar. En este estudio restringiremos nuestra discusión a la opción primaria seleccionada para evaluación por la firma privada INCSA. La discusión de otras opciones está disponible en volumen cuatro -donde INCSA es uno de los casos detallados presentados, así como en referencias 8 y 20. Un proyecto de inversión canadiense dos veces mayor que éste y enfocado directamente hacia el problema de la sustitución con biomasa, se encuentra ya en marcha en la planta de Cementos del Pacífico. Por este motivo nuestra discusión aquí será breve.

INCSA ha estado usando coquito comercialmente por algún tiempo. El coquito ha sido inyectado en las torres de precalentamiento. Se ha alcanzado una sustitución de alrededor del 20% que parece rentable, con el uso del coquito. El abastecimiento de coquito, sin embargo, es limitado y la opción de sustitución por vía de la torre de precalentamiento también es limitada (20 - 25% del total). La respuesta de INCSA fue proponer una estrategia para: tomar biomasa leñosa con un contenido de humedad de hasta un 50%, reducirla al tamaño aproximado de aserrín e inyectarla dentro de un ducto caliente (450°C) de aire caliente de desecho que sale del enfriador (figura 6.3.1). Este aire caliente seca el material fino, que entonces es separado en un ciclón e inyectado dentro del quemador para el horno giratorio grande. Se puede obtener hasta un 15% de sustitución y la inversión es relativamente baja, en el orden de 7,9 millones de colones. Con los factores de alta carga esto puede ser muy atractivo. La compañía ha estado buscando un combustible adecuado, pero no se ha podido encontrar



un combustible biomásico verdaderamente adecuado que satisfaga los bastante severos criterios financieros. El proyecto, trabajando en estrecha colaboración con el personal de INCSA, encontró una alternativa que parece satisfacer aquellos criterios y que permite alguna renta económica para los productores principiantes aún durante el primer año. Este recurso es el aserrín. Es atractivo por las siguientes razones:

- el costo de oportunidad para el aserrín es muy bajo. Es quizás el único recurso de residuo biomasa altamente disponible en el Valle Central, disponible a la industria (ver sección 3.7);

- gran parte del combustible requerido está disponible relativamente cerca y es muy barato; el resto se puede obtener por un poco más en Limón y San Carlos a costos de transporte, lo que todavía hace rentable su uso;

- con la configuración estándar de equipo se puede esperar un tiempo de recuperación del dinero de 12 - 15 meses;

- los costos de aserrío se reducen grandemente. Es más, quizás sea posible eliminar la mitad de la inversión necesaria, por medio de un triturador de madera, lo cual cortaría drásticamente el tiempo de recuperación del dinero.

Como se puede observar en Cuadro 6.3.1, solamente el aserrín del Valle Central, que tiene un costo promedio entregado de solamente 40 colones por GJ, podría potencialmente responder por casi el 80% de los ahorros finan-

cieros requeridos[1] aún cuando solo puede suplir un 40% de la capacidad física de sustitución de diseño del sistema (estimado como 15% a 225,000 tpy de la producción clinker). El costo del transporte para los abastecimientos de aserrín de Limón y San Carlos es más caro de (el costo entregado es de 100 colones por GJ) pero sin embargo su sustitución es rentable. Incluyendo estas áreas, existe más que suficiente aserrín para obtener una sustitución hasta la meta técnica posible y aún sin considerar recursos útiles de aserrín almacenados durante 1 - 2 años en algunos aserraderos. Como se muestra en Cuadro 7.1.2, la renta económica en esta opción es considerable. Existen otros recursos que posiblemente podrían ser utilizados (p. ejemplo limpieza de bosques y siembra en tierras cercanas a la compañía) pero la evidencia sugiere que éstos serían complementarios al recurso crítico de aserrín para una sustitución económicamente posible.

El problema principal que enfrenta INCSA es cómo asumir un abastecimiento confiable a un precio contratado de tantos proveedores y cómo alcanzar un esquema eficiente de transporte. Las estimaciones de costo de transporte en Cuadro 6.3.1 están basadas en la ubicación de aserraderos individuales en relación uno con otro en una región de recolección. Rutas, frecuen-

---

[1]En este ahorro está incluída una concesión de ¢100.00 por tonelada de aserrín mojado al dueño del aserradero y un costo de corretaje de ¢50.00 por tonelada. Este es el costo para mantener los itinerarios de abastecimiento y transporte organizados sobre una base confiable. Los ahorros requeridos son ¢7-8 millones por año.

cias, y tamaño del camión fueron basados en estas ubicaciones y consideraciones de capacidad de almacenamiento a corto plazo en los aserraderos. Los costos de servicio de transporte y rutas fueron discutidos con transportistas. Una ruta posible para la recolección de aserrín de los aserraderos se muestra en figura 6.3.2. Al menos un transportista está interesado activamente en la posiblidad y sugirió modificaciones para aumentar la eficiencia.

El aspecto de transporte y recolección parece así tener solución, y nuestra estimación de precios podrá ser bastante exacta.

Durante la contratación y organización del abastecimiento surgen problemas específicos que no se pueden atender de lleno hasta que la planificación esté más avanzada. Es obvio que uno de los prerequisitos para el éxito es una persona con conocimientos especializados que funcione como corredor. Esta persona podría ser un empleado de INCSA o de otra firma y llevaría el control de los aserraderos (por ejemplo, un aserradero podría dejar de funcionar por un período) niveles de demanda, disponibilidad de camiones, y demás.

La experiencia diaria y más amplia obtenida al organizar y concentrar 10,000 - 15,000 toneladas por año sobre una base confiable de 40 - 60 sitios, hasta 160 kilómetros de distancia, es importante para resolver algunos de los problemas de mercadeo señalados en este estudio. La habilidad de algunos corredores para proporcionar un servicio confiable de rutina de este tipo a clientes industriales puede ser crítica para la

evolución del mercado potencial. El tener la mayor capacidad brindada por esta experiencia prontamente disponible para ofrecerla a otras firmas industriales (especialmente las más pequeñas, de 1.000 kgal) podría fortalecer grandemente un esfuerzo serio de comercialización para la substitución industrial del combustible bunker.

Esto es más fácil que ocurra si la función de "brokerage" fuera llevada a cabo fuera de INCOA (aún cuando INCOA podría participar en ella).

Dada la inmediata importancia de organizar el abastecimiento para INCOA y los más amplios puntos de mercado, los esfuerzos del Gobierno de Costa Rica y AID para alentar la cuantificación podrían incluir primeramente un estudio detallado de factibilidad para el abastecimiento de INCOA (que abarcaría explícitamente):

- La organización, inventario y movilidad de equipo para asegurar un abastecimiento confiable (puntos como estimaciones detalladas de tiempo de descarga son importantes).

- La interacción potencial con un posible "centro regional" (esta interacción, a nivel físico de planta probablemente será mayor con los residuos provenientes de Dinoa).

- Un rango de opciones y subopciones institucionales (por ejemplo, INCOA podría contratar directamente con los acopiadores del fruto (manual) y dejar el resto a otra entidad).

En general buscaría reducir los costos de transacción para la organización

del mercado.

La misma adaptación es técnicamente factible en Cementos del Pacífico, la planta de CODECA ubicada en Colorado en el Golfo de Nicoya. El recurso básico sería diferente. Los dos candidatos más interesantes son la cáscara de arroz y el bagazo. No se ha hecho ningún esfuerzo por realizar un análisis económico, en parte porque el estudio canadiense, mucho más grande, ya está comenzado. En el caso del bagazo, su uso durante la temporada debería compararse con la opción de cogenerar fuerza durante la estación seca. Un programa de cogeneración basado en bagazo está ahora evaluado por la Compañía Energética de Sao Paulo.

Otro proceso importante de alta temperatura es la producción de cal. En este caso, las oportunidades para el cambio no están en la sustitución de aceite sino en mayor eficiencia en el uso de leña, costos totales más bajos, más alta y confiable calidad, y condiciones de trabajo más seguras.

No solamente existe un potencial técnico para el mejoramiento de costo-eficacia, sino que el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) está comenzando un proyecto sustancial de equipo con precisamente este objetivo, con la cooperativa de productores de cal en Patarrá. En Brasil se ha estado llevando a cabo una transición calladamente pero de mucho éxito de los hornos tradicionales de leña y hornos modernos de aceite a sistemas modernos de biomasa. La mayor de estas plantas es más grande que INCSA (que el consumidor industrial mayor en Costa Rica). Tiene unidades de más de diez años con un tiempo de paro para mantenimiento promedio (todo

programado) de siete años por año. Esta tecnología en particular quizás no sea, sin embargo, apropiada a escala costarricense.

Muchos de los procesos de calor directo a alta temperatura requieren un control estricto de varias características de combustión -especialmente llama nivel de output temperatura/termal y estabilidad, y limpieza de los gases. Entre las plantas de este tipo, fue investigada ALUNASA. Parece que esta planta podría ser adaptada para usar leña. En los hornos principales de fundición las temperaturas deberán mantenerse a 780°C ± 10°C. En la producción de azulejos, un fabricante brasileño reclama tolerancias de ± 5°C a temperaturas más altas. Sin embargo, no es probable que procesos industriales de este tipo (con un control estricto de calidad) sean importantes en las fases tempranas del desarrollo del mercado. Para poder establecer una credibilidad global, será necesario presentar operaciones exitosas de los sistemas de sustitución en situaciones menos exigentes (como calderas o la mayoría de procesos de calor directo a baja temperatura.

Sistemas de Calor Directo de Baja Temperatura

Los sistemas de calor directo de baja temperatura (menos de alrededor de 400 °C) son un importante mercado tradicional de combustible biomásico (e.g. beneficios de café, salinas, panaderías, etc.). Un submercado, el secado, ha tenido alguna actividad en años recientes y representa el área de mayor interés.

El secado en el país presenta tres grupos distintos de situaciones. Primero se encuentran los usuarios tradicionales de biomasa para el secado. El caso más importante en esta categoría es el secado del café; discutido en detalle en el anexo 8. El objetivo principal es reducir el consumo de leña. Esto es tan importante (si no es más importante) como la sustitución por diesel, lo cual ha venido ocurriendo de cualquier forma. Los beneficios de café constituyen el ejemplo de por qué es importante considerar la sustitución y conservación al mismo tiempo. El anexo 8 sugiere que el 80% de las necesidades de combustible para el secado del café se pueden obtener de la pergamina (la cascarilla que es secada con el grano antes de ser quitada). Si esto es cierto, el impacto en los beneficios de café podría eventualmente ser bastante grande. Desafortunadamente, no se podrían hacer estimados del porcentaje actual del total de combustible requerido para el secado, el cual es suministrado por la pergamina; pero es claramente mucho menos del 80%. Esto se debe a que la eficiencia de los sistemas de secado generalmente es muy baja. Se han hecho unos pocos experimentos comerciales para probar varias maneras de aumentar esa eficiencia. Estos experimentos parecen ser el resultado de decisiones aisladas de varios beneficios de café. Algunos hasta han pensado eliminar el uso de toda la biomasa (incluyendo su propia pergamina!) por medio de la

instalación de secadores eléctricos. Estos experimentos con electricidad no parecen haber sido muy exitosos. Por otra parte, muy prometedoramente, algunos de los sistemas de calor directo con un precombustor, utilizando pergamina como combustible y sin un intercambiador de calor están trabajando muy satisfactoriamente y parecen ser más eficientes que los sistemas tradicionales con intercambiadores de calor. El hecho de que el grado de calidad del café producido no ha decaído como resultado de la eliminación del intercambiador de calor es particularmente importante. El control de calidad ha sido la principal justificación para el uso de intercambiadores de calor. Desafortunadamente se han hecho pocas mediciones cuidadosas. Se requiere una serie de auditorías profesionales de los sistemas de secado convencionales e innovadores como mínimo para una base de información para lo que podría convertirse en una transición importante para la industria del secado del café.

El segundo grupo se compone del secado de productos en industrias, las cuales producen residuos biomásicos como un subproducto de todo el proceso industrial pero que no son consumidores tradicionales de combustible biomásico. Ejemplos de esto son el secado del arroz y del maíz, así como también algunas industrias de productos de madera. En la industria del secado de granos la disponibilidad de residuos y el alto costo del diesel hacen la sustitución protencialmente muy atractiva y de hecho está ocurriendo bastante rápidamente en las secadoras de arroz. Alrededor de la mitad de la capacidad de secado del arroz ha cambiado espontáneamente de diesel a cascarilla de arroz como combustible en los últimos años, utilizando precombustores fabricados localmente. El retorno de inversión estimado es alto; como se puede ver en la figura 7.1.1 y según todas las

apariencias el proceso de sustitución continúa. Un retorno de inversión similar se puede esperar de la sustitución en el secado del maíz, la cual es llevada a cabo por el Consejo Nacional de Producción. Hasta el momento no ha ocurrido ninguna sustitución, pero se ha hecho como parte de este proyecto para la planta que está operando en Limón un estudio de prefactibilidad incluyendo el diseño de un prototipo fabricado localmente. En general este segundo grupo representa un área relativamente simple para la sustitución. Desafortunadamente es bastante pequeño.

El tercer grupo está compuesto por industrias que tradicionalmente no han consumido combustibles biomásicos y que no generan residuos apropiados en la planta. Generalmente estas unidades son algo más grandes que los otros secadores considerados. Por otra parte, los secadores más grandes encontrado (p.e. Fertica) son equivalentes a calderas relativamente pequeñas (150 caballos de caldera). En general la tecnología para sustitución discutida para calderas (especialmente precombustores y gasificadores) puede ser aplicada aquí. Desafortunadamente muchos factores hacen que este grupo potencialmente importante sea menos atractivo, que por ejemplo las calderas:

- Diferente de las calderas, las cuales están situadas generalmente en un área separada, los secadores industriales tienden a estar localizados en el centro de la planta. Simplemente al encontrar espacio para equipo, aunque sea compacto, puede ser un problema importante en plantas más grandes y complejas.

- Mientras que generalmente los sistemas de generación de vapor tienen una caldera de respaldo, los secadores comunmente no la tienen. Esto

inicialmente puede hacer que los operadores de la planta estén menos dispuestos a instalar tecnología relativamente poco probada.

- Algunas veces se requiere gas muy limpio (en donde el diesel debe ser sustituido generalmente este es el caso).

En el volumen II un análisis de prefactibilidad del secador de la Scott Paper es un ejemplo de estas dificultades. Habiendo dicho ésto, es posible que existan oportunidades en plantas industriales menos complejas. Un fabricante brasileño de gasificadores ha hecho exitosamente, de tales aplicaciones (p.e. secado de kaolin) una parte clave de su estrategia de mercadeo.

CUADRO 6.3.1

CANTIDADES, COSTOS Y AHORROS RELATIVOS AL BUNKER PARA

LA INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO

Area de Colección	Aserrín seco (ton.) disponible por año del area de colección	Costo de[4] transporte por GJ (¢)	Otros[2] costos por GJ (¢)	Total[3] de ahorro por GJ (¢)	Total[1] de ahorro por año (C) (millon C)
Cartago	756	12.75	15.25	129.0	1.75
San José	1.320	26.25	15.25	115.50	2.73
Alajuela/ Heredia	860	32.50	15.25	109.25	1.68
SUBTOTAL VALLE CENTRAL	2.936	-	15.25	117.25	6.16
Limón/ Siquirres	1.660	89.50	15.25	56.25	1.67
San Carlos	2.750	85.50	15.25	56.25	2.77

1- 17.9 GJ/ton de material seco al horno

2- Incluye ¢100 por tonelada húmeda (a 45% contenido de humedad).y ¢50 por tonelada de costos de administración

3- Bunker a ¢6 por litro o ¢157/GJ menos transporte y otros costos

4- Estudio realizado en estudio de pre-factibilidad

ALIMENTACION DE MADERA A UN HORNO DE UNA FABRICA DE CEMENTO

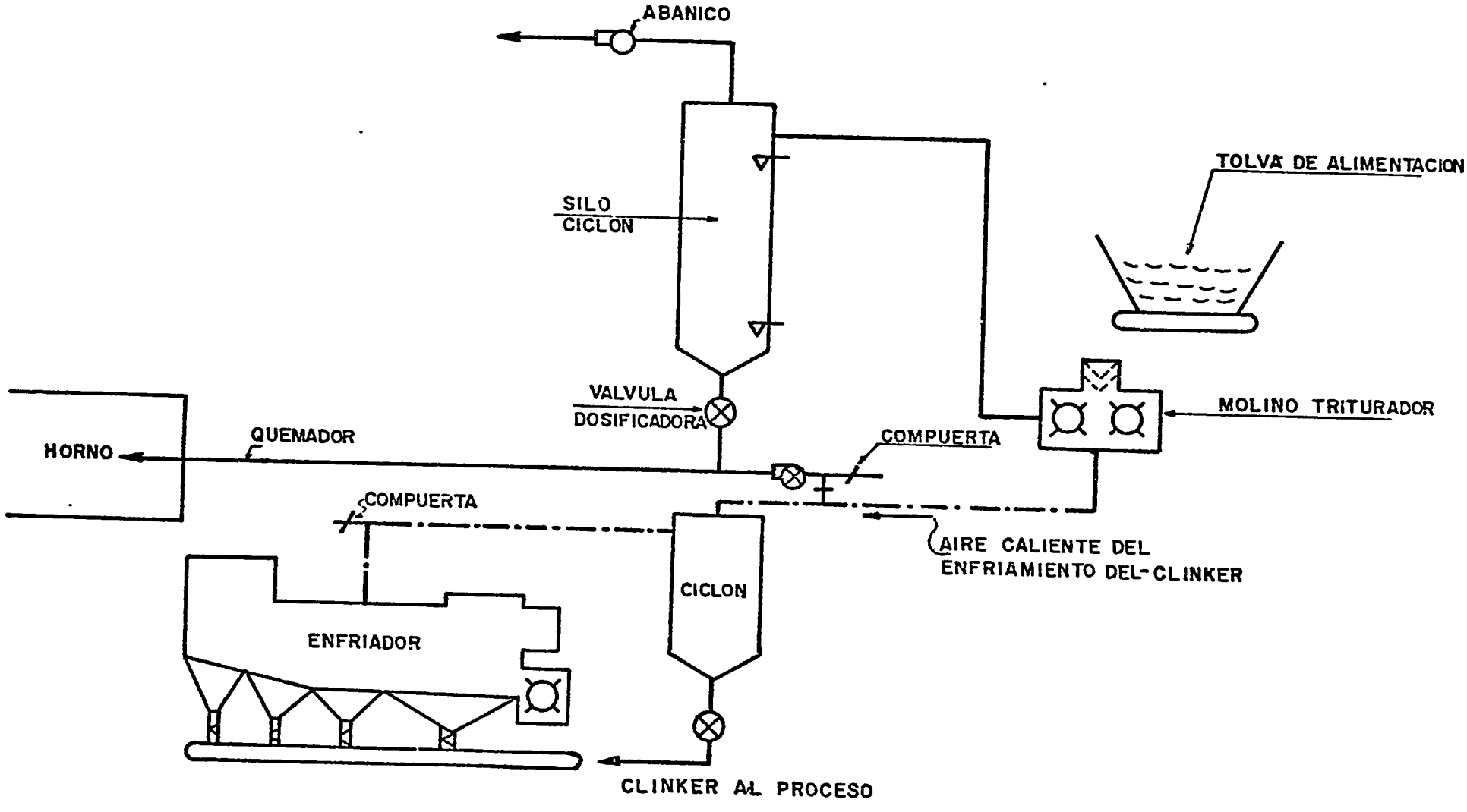


FIGURA 6.3.1

RECORRIDO DE LOS DIFERENTES ASERRADEROS . DEL VALLE CENTRAL HASTA CARTAGO.

(RECOLECCION DE ASERRIN)

FIG 6.3.2

C A P I T U L O . V I I

ECONOMIA DE CICLOS DE COMBUSTIBLE Y EVOLUCION DEL MERCADO

7.1 Algunos ciclos de Combustible Representativos

En situaciones donde hay diversas existencias de fuentes potenciales de abastecimiento y localizaciones (como en Costa Rica), dónde estas pueden ser combinadas con una variedad de aplicaciones de uso final (y características de uso final) el número de alternativas para la determinación del total de los costos del ciclo de combustible, es realmente grande. Sin embargo, algunos agrupamientos pueden ser hechos para presentar las características más pertinentes de los sistemas que deberían ser examinados para permitir amplias referencias. La figura 7.1.1 presenta un selecto grupo de ciclos de combustible representativos en los cuales el total de los costos de los ciclos han sido construidos de cuatro componentes distintos; el costo de la producción del recurso primario, el cual normalmente incluye algunos costos de inventario/almacenamiento para reducir el contenido de humedad de la biomasa antes del embarque; costos de transporte, un manejo m 'eriales general, operaciones y picado lo cual se asume que incluye un pequeño costo de transborde; y costos de adaptación de equipo para la sustitución en el uso final. Para simplificar la presentación del manejo de materiales y los costos de sustitución en el uso final han sido combinados dentro de una categoría de costos "del lado de la demanda", siguiendo el procedimiento ya establecido en el Capítulo VI. En todos los análisis detallados, los costos de capital han sido analizados usando 5 años, 20% de tasa de descuento, de capitalización[1].

---

[1]Una taza de descuento del 10% se usa en producción forestal.

Otros ciclos de combustible podrían ser fácilmente construidos de los componentes de costos usados; pero los ciclos particulares escogidos son suficientes para facilitar la discusión de temas pertinentes. Todos los costos son expresados en términos de costo/precio por GJ excepto uno (recurso 9, el ciclo de secadores de cascarilla de arroz). Normalmente en Costa Rica el bunker tiene un precio de refinería de $3.61/GJ; lo cual es menor que el precio internacional de $4.50/GJ entregado. Si un precio sombra de divisas de 15% fuera apropiado, el valor económico podría ser de $5.15/GJ . Para la secadora de arroz, ciclo 7, la sustitución es por diesel, el cual tiene un precio de refinería de $12.00/GJ, lo cual es bastante superior del mercado mundial.

Los precios normales de la paridad mundial del bunker son mostrados gráficamente en la figura 7.1.2 junto con histogramas del total de costos de ciclos de combustibles definidos en la figura 7.1.1.

Las comparaciones son, en general, términos financiables aunque algunas inferencias referentes a finanzas versus criterio económico serán hechas al momento que sean preguntas críticas de la evolución del mercado.

Un escenario para casos de costos de capital fue definido en el Capítulo VI como una fabricación local con costos totales exfábrica de 20% más bajo que en Estados Unidos (ver también Capítulo VIII) y una tecnología, la cual probablemente, requiere la capacidad institucional para entregar seca la leña (menos de 20% de contenido de humedad).

Las presentes políticas de precios del bunker subsidiados pueden presentar

problemas, ya que estos hacen que la sustitución a mediano y largo plazo sea antieconómica. Tendiendo hacia precios de paridad mundial las opciones se vuelven más económicas y en algunos casos, generan interesantes cantidades de beneficio. Sin embargo, en pocos casos podría la renta ser equivalente a lo ganado por aquellas sustituciones en diesel en el mercado del secado del arroz (caso C) a la posible sustitución en INCSA con aserrín (caso D). Estos ciclos son, ambos, casos especiales ya que son bastante atractivos. Tal vez las comparaciones más relevantes son aquellas del recurso 3, el cual incorpora la fuente de plazo medio (una finca plantada forestalmente), que es una fuente de alto costo pero no tan alto como una plantación a escala industrial, principalmente debido a los menores costos de infraestructura. Este potencial categóricamente es grande.

Acoplando estos costos de producción con acarreos, que son representativos del ligamen del potencial demanda/oferta, conducen a que los costos de abastecimiento no son viables a precios normales de bunker, inclusive bajo ambos conceptos "costos bajos de capital" y "costos conservativos" en los escenarios del lado de la demanda. Pero la naturaleza típica de este caso garantiza alguna examinación adicional de los costos financieros versus los costos económicos y sus implicaciones. Las distorciones vienen, no solamente porque el precio del bunker está bajo su valor económico, sino porque los costos financieros son distorcionados por significantes impuestos que son parte de estos costos y por otros componentes de los ciclos de combustible, particularmente costos de transporte (los costos de capital del equipo de transporte reflejan altas obligaciones y el diesel es grava-

do muy por encima del importe de la paridad) y cargas sociales. Dado que los componentes económicos de los ciclos de combustible involucran divisas, estos deben ser incrementados ya que un precio sombra está involucrado. El resultado de todas estas distorciones hace que los cálculos sean desfavorables a sustitución. El Cuadro 7.1.1 presenta en una forma somera un estimado de ajustes para reflejar las comparaciones de costos financieros y costos económicos. Dos diferentes ajustes son hechos, uno reflejando ambos impuestos y precios mundiales y el otro también incluyendo precio sombra para divisas. En ambos ajustes, cambiando a biomasa leñosa bajo un interesante panorama es ahora económicamente posible y es importante enfatizar que es para un caso con un 40% de factor de carga. Más altos factores de carga o más bajos costos de capital por unidad serían casos más atractivos.

CUADRO 7.1.1

APROXIMADO ANALISIS ECONOMICO VERSUS COMPARACION FINANCIERA

PARA CICLOS DE COMBUSTIBLE BASADO EN EL RECURSO N°3

Componente Ciclos de Combustible	Financiero	Económico A	Económico B
Recurso & Transporte	2.45	2.50	3.20
Manejo Combustible & Uso Final	1.55	1.65	1.55
TOTAL	4.00	3.95	4.75
COMPARACION CON BUNKER	3.60	3.15	4.50

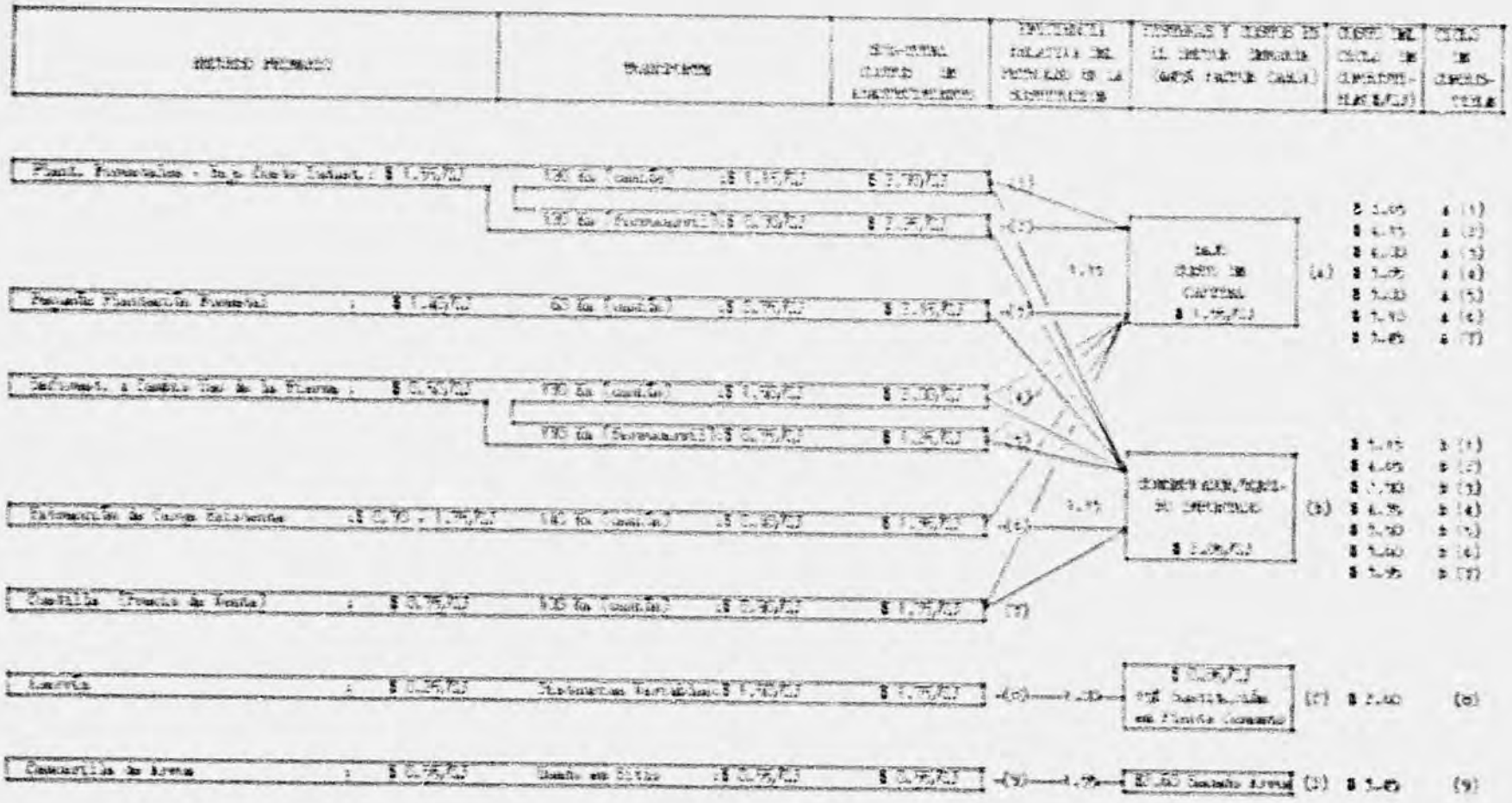
A = Ajustes de impuesto, petróleo a paridad del importado, y 15% precio sombra para divisas.

B = Ajuste de impuestos, petróleo a paridad del importado, no precios sombras.

C-7.1.1

FIGURA 7.1.1

REPRESENTACIÓN DE MODELOS CICLO DE INVERSIÓN PARA ANÁLISIS ECONÓMICO (CIFRAS EN DÓLARES POR C/U DE PLANTA CALCULADA IMPORTE)



COSTOS TOTALES DE CICLOS DE COMBUSTIBLE PARA LOS CASOS EN LA FIGURA 7,1,1

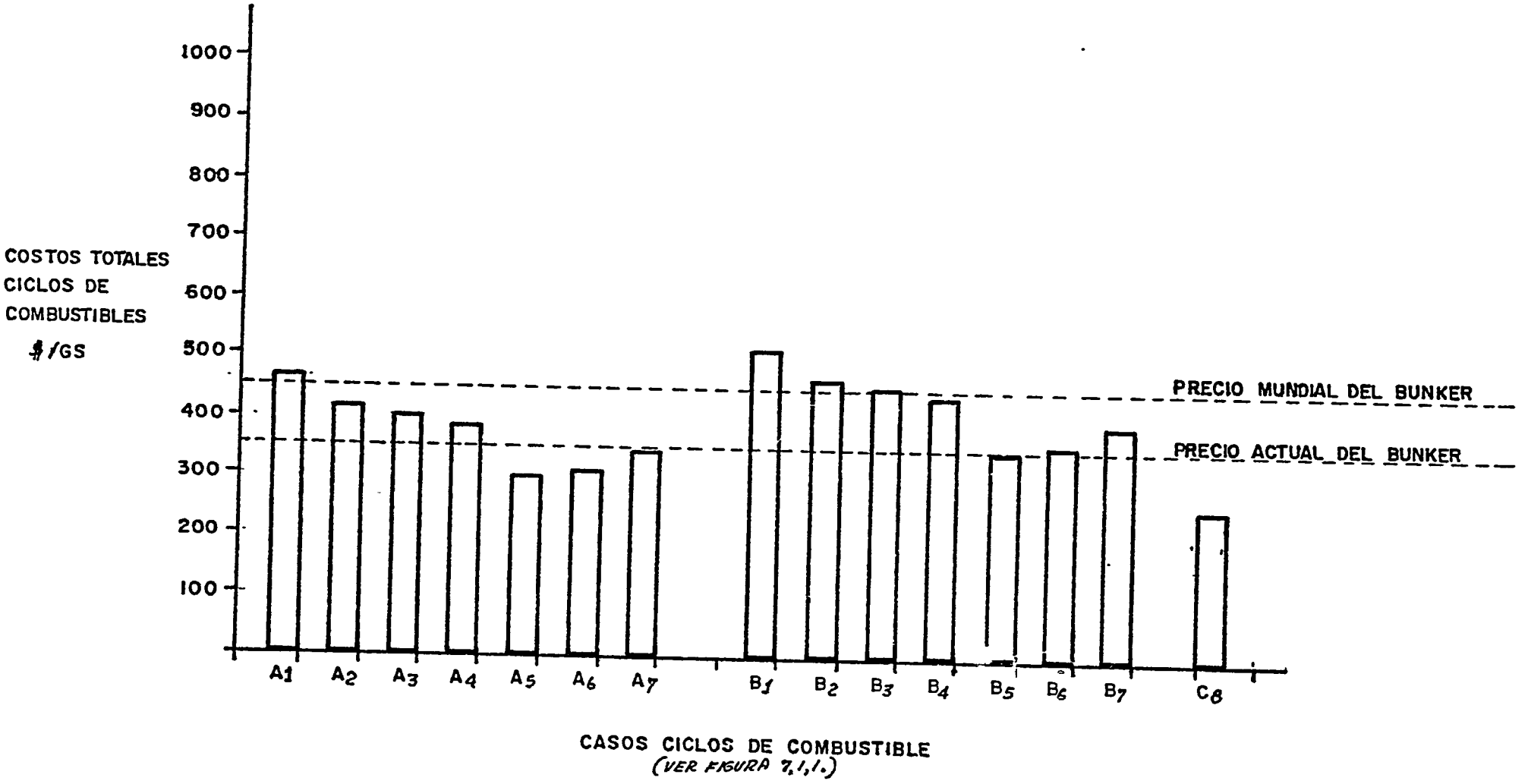


FIGURA 7,1,2

7.2 Evolución de Mercados

Los costos de inversión para sustitución podrían no ser tan grandes en relación al potencial de sustitución de combustible. El ejemplo exclusivo de sustitución en la industria del cemento, requiere $3.4 millones de inversión de lado de la demanda para sustituir 200.000 barriles de bunker por año[1]; y si se usan recursos de plantaciones forestales se deben hacer algunas inversiones del lado del abastecimiento, en este caso de al menos $4.5 millones en un período de 4 a 5 años. Pero podría pasar ésto? Probablemente no, a menos que suceda uno o varios cambios en los precios efectivos del combustible; en los costos de transacción y organización del mercado.

En principio podría darse alguna sustitución en extensiones del mercado tradicionales, semejantes a beneficios de café, donde los costos de organización y de transacción son bajos. Hace años los beneficios de café quemaban leña, de ahí que existan fabricantes de equipo de combustión aunque no muy eficientes, pero con un buen grado de aceptabilidad. Los beneficios no tienen que organizar demasiado el abastecimiento ya que este combustible proviene principalmente de cortes de la sombra de café y de la poda de los mismos árboles y son los mismos propietarios que llevan el grano de café hasta el beneficio.

Deberán haber otros cambios, tales como cuando el abastecimiento de un

---

[1]Asumiendo 45% de factor y el equivalente de $450 por caballo de caldera.

combustible es realmente obvio y localizado relativamente cerca y la tecnología para usarlo está disponible en el país; como es el caso de los hornos que queman cascarilla o granza de arroz. También en aquellos casos que resultaran de este y el anterior trabajo, así como de otros trabajos recientes en el campo[2]; algunos usuarios entenderán los costos y los beneficios de la sustitución y por lo tanto, no serán ahogados con los problemas de trasacción y organización. Aún con las condiciones financieras que son:

a- Rentas considerables a ser capturadas en el ciclo de combustible D-9 ($12.00 - $3.45 = $8.55/GJ).

b- Recursos cercanos y conocidos por el usuario potencial.

c- Necesidades pequeñas, de tal forma que los problemas de organización no sean muy grandes.

Qué pasa con otras situaciones? Si no hay intervención estatal probablemente será poca o ninguna la acción a seguir, porque las rentas a ser capturadas no son lo suficientemente altas para sobrellevar los impedimentos de organización y de manejo. Aún cuando la situación es mejor que una sustitución marginal (por ejemplo, Ciclo A-4), no pasará bajo condiciones normales. En este caso hay una posible renta a ser capturada especialmen-

---

[2]Ver Meta Systems Inc. 1983. En particular, vea los casos de estudio los cuales enfatizan en el conocimiento en detalle de los beneficios y costos. También Meta Systems Inc, 1982 (ref. 8); el reciente seminario de gasificación en el ITCR y el proyecto de gasificación financiado por AID.

te a más altos factores de carga ($0.90/GJ). Por qué? Primero, mientras $0.90/GJ con un 20% de tasa de retorno es considerable, los costos básicos de combustible no son componentes muy grandes según los cálculos de muchos administradores en Costa Rica. Hay muchos otros problemas que requieren atención, que para tales posibilidades de sustitución los problemas de organización son significativos; por ejemplo esta aplicación probablemente requeriría gran número de suplidores, tal vez a 170 kilómetros de distancia y movimiento constante. Nadie está normalmente organizando o garantizando al usuario un estable, confiable y controlado abastecimiento. En este caso, probablemente no será conveniente que los usuarios hagan ellos mismos el trabajo. Tampoco será conveniente que esos usuarios organicen el mercado.

Este tema de la organización del mercado no puede ser sobreestimado. Si un programa considerablemente grande evoluciona, los mercados deberán funcionar con precios razonablemente estables así como contidades y calidad. (Probablemente se originarían diferentes mercados regionales debido al agrupamiento natural de oferta y demanda.) No hay actualmente un mercado bien organizado y los usuarios tradicionales deben hacer su propio control y mantener su propio inventario. Los beneficios de café frecuentemente almacenan leña hasta por un año; la cual es disponible estacionalmente. Este mercado contrasta con los mercados regionales de leña que están emergiendo en Brasil y los Estados Unidos, en los cuales se suple combustible a grandes consumidores industriales y éstos almacenamientos son de pocas horas o pocos días debido a que existe una fuente confiable de suministro

de leña.

En algunos casos, aún cuando el tema de la organización es importante, podría haber un movimiento de corto plazo si la renta es suficientemente alta. La planta de cemento es un caso semejante aunque esta aplicación requeriría cuando mucho 50 a 70 aserraderos[3] (sin mencionar los camiones) para suplir suficiente material; las rentas son significantes ($1.00/GJ) y la energía es un importante factor en el total de los costos de producción. También nuestro estudio, incluyendo la encuesta y otros trabajos, ha reducido los costos potenciales de transacción y organización. Pero en la mayor parte de los casos, sin políticas estatales de intervención esto no pasará.

Qué pasa con la tecnología? Aquí, otra vez, tenemos que confrontarla con las limitaciones del mercado; si es que se van a usar las tecnologías más relevantes, tales como gasificadores y unidades de combustión controlada. Ninguno de los suplidores potenciales de equipo mencionados anteriormente están activamente mercadeando en Costa Rica, ni aún como representantes de fabricantes[4]. Mientras que nuestro estudio y otros esfuerzos podrían reactivar su interés (como lo manifestaron en nuestras conversaciones con ellos), los temas más relevantes no tratan de si se debe importar tecnolo-

---

[3]Vea la discusión de aserraderos específicos encuestados para estimados de abastecimiento.

[4]Un suplidor fabrica otras tecnologías y tiene muchas representaciones.

gía sino de cómo se puede estimular a los fabricantes locales; y si ésto puede pasar por medio de licencias de fabricación y transferencia de conocimientos; o si la "rueda debe reinventarse" en Costa Rica. Basado en una revisión de la industria metalmecánica, experiencia anterior con fabricación contratada (Meta Systems Inc., 1982) y esfuerzos paralelos con colegas en la producción de pequeñas unidades, es claro que las gasificadoras y unidades de combustión controlada pueden ser fabricadas en Costa Rica. Con arreglos razonables de transferencia de tecnología, tales faricaciones probablemente reducirían los costos de capital en las vecindades del 20% o más, y reducirían dramáticamente los componentes de divisas en los costos de capital, dado que estas unidades serían fabricadas en un "taller" con producción limitada y obreros altamente especializados. La importancia de ésto para la economía de sustitución se discutió ya en el Capítulo VI. Los "bajos costos de capital" del caso en la figura 7.1.1, virtualmente implican tal transferencia de tecnología. Pero otra vez mientras los suplidores (basado en las discusiones preliminares) están abiertos en principio a los arreglos de transferencia de tecnología, ésto es la clave para los costos de transacción. El conocimiento puede ser transferido, sin embargo, esta transferencia de tecnología puede ser un procedimiento engorroso; particularmente con fabricantes sin experiencia en esas áreas, lo que puede conllevar al inicio a las fabricaciones de equipo bajo licencia. Existen mecanismos para burlar el abismo entre la relación de dueños de licencias y usuarios de licencias que puede ser aventuras conjuntas (Joint Ventures), donde el usuario de la licencia suministra el mercado y los conocimientos de fabricación y el dueño de la licencia la tecnología. No es

muy claro si ésto podría pasar dado los altos costos de transacción relativos al tamaño del mercado.

Pueden existir muchas intervenciones por el gobierno e instituciones de asistencia técnica que serán beneficiosas para facilitar el cambio de uso de combustible. Los objetivos de la intervención podrían ser para disminuir el abismo entre precios económicos y financieros, y/o proveer incentivos para estimular la organización del mercado - reducir los costos de transacción. Esto es discutido en el próximo capítulo.

C A P I T U L O V I I I

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

8.1 La Lógica para la Transferencia de Tecnología

La presentación hecha en el reporte, discute la factibilidad técnica y financiera de la sustitución de combustibles biomásicos leñosos en varias industrias que actualmente utilizan productos derivados del petróleo. El atractivo de las inversiones necesarias para permitir esta sustitución depende del tipo y escala de la aplicación industrial y del factor de carga, todo lo que influencia el costo de capital por unidad de combustible sustituido. Las políticas gubernamentales en relación al precio de los productos derivados del petróleo, afectan dramáticamente el aspecto económico versus el atractivo financiero de tales inversiones. Cualquier esfuerzo que pudiera bajar tanto el costo absoluto de capital para inversiones de sustitución particulares y al componente extranjero de cambio de tales inversiones, aumentaría el atractivo financiero y económico de las mismas. Estas reducciones podrían ocurrir si la fabricación local de la tecnología faránea más aplicable frecuentemente disponible, se arregla bajo términos razonables. De hecho en los capítulos VI y VII, sugieren, si la fabricación local reduce el costo de capital, aumentaría dramáticamente el atractivo económico y financiero de tales inversiones, y podría proveer el incentivo extra para inducir tal sustitución.

Hay varias formas en las que podría darse tal transferencia de tecnología. Una solución podría ser el que una o más firmas abrieran una sucursal para la fabricación y venta, en Costa Rica. Sin embargo, cualquier esfuerzo en este sentido requiere de una gran inversión, lo que lo hace poco atractivo

para los proveedores, dado el tamaño y la segmentación del mercado. Alternativamente, se podrían estructurar acuerdos de transferencia de tecnología, entre la firma que suple y la firma local, "comprando" esta última los derechos de esa tecnología. Tal arreglo podría estar acoplado con una inversión de una firma local por la firma que suple, o con la creación de una empresa conjunta. Hay numerosas formas de concernir estas alternativas. Sin embargo, un aspecto más importante es si es posible estructurar los términos para tal acuerdo, y que sea visto como razonable y equitativo para ambas partes. si esto es o no un problema, se analizará más adelante en este capítulo. Sin embargo, primero es más relevante discutir la viabilidad de tal fabricación.

8.2 Fabricantes

Es tal fabricación posible, y son tales ahorros factibles? Los análisis preliminares, indican que la respuestaa ambas preguntas es positiva en un sentido técnico restringuido, pero, como se discutió anteriormente, existen barreras significativas. Esta factibilidad está limitada a todos los componentes de los sistemas biomásicos leñosos, excepto a la calderas[1] y algunos quemadores, pero si incluye el manejo de combustible, secadores, gasificadores, cámara fluidizada y otras cámaras de combustión, por supuesto, con la importación de muchos componentes tales como motores, controles, etc.

La factibilidad inmediata de la fabricación local está en función de la capacidad de la industria metal-mecánica local, en relación al proceso de fabricación empleado por los fabricantes extranjeros. La factibilidad inmediata es de importancia primordial, debido a que el pequeño tamaño del mercado potencial argumenta la construcción sobre fabricantes locales, y no por ninguna nueva inversión significativa. Los ahorros posibles serían dependientes de la productividad de los fabricantes locales, la comparativa unidad de costo de los materiales y la mano de obra, y los costos asociados con la patente y la transferencia de tecnología.

La industria maetal-mecánica de Costa Rica consiste de mercadear diferen-

---

[1]La fabricación y las pruebas de cilindros de presión, para lograr las especificaciones de los E.U., requiere de habilidades y equipo marcadamente diferentes a los otros componentes de sistemas de combustible considerados en este reporte.

tes tipos de firmas. Nuestra revisión, indicó por lo menos tres categorías difeentes. Por un lado hay Divisiones de grandes organizaciones como Coopesa, la cual ha tenido mucha experiencia en la ingeniería, el ensamblaje y la fabricación, y está equipada para ahacer la mayoría de las operaciones de fabricación, pero carece de la experiencia con equipo par procesar combustible. Un representante de otra categoría es Traversa, una firma más pequeña, pero que opoera solo en la industria metal-mecánica y ofrece solo cierto número de productos, además de realizar algunas tareas de taller para otras organizaciones, incluyendo firmas norteamericanas. Es este caso, recientemente han iniciado con una nueva línea el de producción de unidades de combustión para quemar cascarilla de arroz. Otras firmas tienen experiencia en unidades de combustión simples las que son vendidas a usuarios tradicionales tales como los beneficios. Hay también una categoría más pequeña de organizaciones que trabajan el metal que pueden o no ofrecer sus propios productos, pero que operan principalmente como taller. Finalmente, hay por lo menos una organización, la cual, aunque no es estrictamente metal-mecánica, se ha iniciado recientemente con el propósito expreso de fabricación y venta de gasificadores tanto como de otro equipo para combustible.

Los fabricantes de equipo extranjero que hemos revisado y visitado, también varía considerablemente. Algunas son firmas de tamaño mediano, subsidiarias de organizaciones más grandes (Conglomerados) y que ofrecen una gran variedad de productos complementarios como calderas, hornos, cámara fluidizadas/gasificadores y otras tecnologías de combustión controlada,

engranada con el mercado de biomasa y otros combustibles, tanto como al mercado de otros combustibles líquidos y gaseosos. Algunos de esto fabricantes, ofrecen generalmente una covertura mayor de los segmentos del mercado, como se muestra en la figura 6.2.1. Otros fabricantes están en la industria principal de fabricación de equipo/metal, especializados en la fabricación de equipo para industrias particulares, tales como la de productos forestales, y ofrecen productos tales como gasificadores, que han sido desarrollados en forma original, como complemento para otro tipo de productos hechos para sus clientes principales. Otras firmas producen menor variedad de productos y varían desde "operaciones en un garage", hasta operaciones nuevas y bien capitalizadas que han gastado una cantidad de fondos para desarrollo, considerable, para producir nuevos productos, tales como gasificadores.

La discusión con los representates de esta firmas y la revisión de sus operaciones de fabricación, sugieren que la fabricación, en Costa Rica, es bastante factible, a la luz de la capacidad costarricense. la mayoría de los diseños[2] de los fabricantes extranjeros, no requieren de equipo o materiales sofisticados, se usa aceros corrientes y algunos inoxidables y generalmente refacciones estandares, aunque, en por lo menos un diseño, las refracciones especializadas tendrían que ser importadas. Algunos de los fabricantes, ha organizado sistemas de porducción que se asemeja más a una línea de ensamblaje que a un taller que produce uno a la vez. Sin

[2]Recuerden que excluimos las calderas.

embargo, para la mayoría las corridas de producción aún son pequeñas.

La entradas de mano de obra, son considerables y para los fabricantes norteamericanos, por ejemplo, el salaio es de alrededor de $10/hora para un soldador, y deberá ser posible obtener la mayor parte de los materiales (acero, etc) en una forma competitiva, de manera que sea posible obtener ahorros superiores al 25%[3].

Al menos, una compañía norteamericana sugiere que aún con regalías del 10%, son factibles ahoros del hasta un 50%, una vez que la manufacturera local este bien organizada. Todo esto suena bastante atractivo, pero hay que salvar grandes problemas. Uno de los problemas más serios, es el pequeño tamaño, y la segmentación del mercado, el cual es visto como un inconveniente por los fabricantes potenciales. Esto lo veremos inmediatamente pero hay problemas más serios que también discutiremos junto con algunas ideas en relación a los esfuerzos para resolver esos problemas.

---

[3]Por supuesto, no es posible obtener listados de materiales para verificar esta hipótesis por medio de los estimados locales debido a que tal información es considerada como secreta. Sin embargo, la experiencia en Costa Rica, fabricando variaciones de diseños públicos de gasificadores, refuerza este punto de vista, en relación a los costos locales. Existe más evidencia en el trabajo que realizan algunas firmas locales, como subcontratos de firmas metal-mecánicas en los Estados Unidos, en otra línea de producción.

8.3 Tamaño del Mercado y Segmentación

El tamaño del mercado potencial es un factor importante que influencia la posición de quien aplica la tecnología. Este factor influye su cálculo combinado acerca de las inversiones en mercado y/o la demostración y su apertura, y si es positivo, los términos para obtener la licencia, inversiones locales, empresa conjuntas y otros acuerdos de transferencia de tecnología en contraposición acuerdos de exportación, extrictamente.

Desafortunadamente, desde la perspectiva de Costa Rica, el mercado local es pequeño. Para fabricantes de tamaño de unidades particulares, el segmento del mercado (por ejemplo, de 100 a 200 BHP) es de un tamaño medido en decenas, y raramente en centenas. Aún si, para propósitos de discusión, uno incluye todos los mercados de Centroamérica, el tamaño total del mercado es, por ejemplo, menor que del potencial que existe en uno de los estados más pequeños de los Estados Unidos, en donde la mayoría de los fabricantes, dirigen sus esfuerzos. Este problema se complica por el hecho de que muchos de los proveedores brindan equipo que cubre únicamente un segmento de la gama relevante de tamaños de equipo (ver figura N° 6.2.1). Esto significa que, para la mayoría de los proveedores, los costos administrativos y de transacción para lograr, ya sea, una confianza fuerte en el mercados o acuerdo de colaboración en la transferencia de tecnología, no puede capturar las económicas complementarias de segmentos del mercado posiblemente combinados, incurriendo, por lo tanto en costos administrativos y de transacción, menores.

El tamaño relativo del mercado y la segmentación de los proveedores de

tecnología con respecto a cubrir los requerimientos de diferentes tamaños de este mercado, tiene implicaciones importantes para cualquier proveedor de tecnología que la desarrolle y la fabrique. Una firma local podría concentrarse únicamente en uno o dos segmentos del mercado, limitando considerablemente su mercado potencial y sus oportunidades para esparcir los costos de desarrollo, mercadeo y otros, en una base de grandes ventas. Para cubrir todos o muchos de los segmentos del mercado, cualquier fabricante local tendría que tomas el costo de desarrollar múltiples productos y/o arreglar convenios de transferencia de tecnología con muchos proveedores entranjeros. Sin embargo, estos convenios, podrían implicar que tales proveedores extranjeros cooperen (al menos indirectamente) con otros proveedores, algo a lo cual no estarían muy dispuestos, debido a que compiten entre sí en otros mercados y se preocuparían por controlar esos mercados así como otros secretos. También hay problema con repecto a la diferencia inherente en puntos de vista tecnológicos. Los proveedores de cámaras fluidizadas no creen que la gasificación es lo apropiado, o vice versa. La posible necesidad para tal colaboración acoplado con el tamaño limitado del mercado y con la segmentación , hacen que los proveedores extranjeros se interesen menor en lograr convenios de transferencia de tecnología, pero hay otros problemas serios, algunos de los cuales se discuten a continuación.

8.4 Experiencia, Percepción y Otros Problemas

Desafortunadamente, los participantes potenciales costarricenses y extranjeros en la transferencia de tecnología brindan experiencias mezcladas y tienen una tendencia a hacer asociaciones no necesariamente válidas. Unicamente algunas firmas locales tienen experiencia en convenios de transferencia de tecnología, las firmas locales grandes, tales como Coopesa, tienen una considerable experiencia en tratar con firmas extranjeras pero no la licencia de las líneas dc productos relevantes consideradas en este reporte. También su experiencia, particularmente con automóviles, es con productos que se venden sin haber sido rediseñados para el mercado local.

Otras firmas no han tenido experiencia en las líneas de productos relevantes. Sin embargo, tal vez han visto otras líneas de productos extranjeros que consideran inapropiadas para el mercado local o que requieren de un rediseño. En tales casos las firmas locales piensan que los pagos por transferencia de tecnología no son apropiados, o aún cuando no se necesite el rediseño, pueden pensar que los pagos por transferencia de tecnología y/o licencias, son muy altos. Algunas veces los pagos de derecho son muy altos, pero otras veces, reflejan costos de desarrollo significativos y la percepción del riesgo de parte del vendedor. Esto es, en parte, el resultado de la forma en que las firmas extranjeras puedan escoger ponerle precio a la transferencia de tecnología, a la luz de lo que ellos percivan como riesgo de mercado. Pueden haber tenido experiencias negativas premiar, o haber oido de otras compañías que han roto acuerdos con firmas extranjeras, o de paises que han cambiado las regulaciones en detrimento

del proveedor de la teccnología. Por lo tanto, cuando se consideran los convenios de transferencia de tecnología, puede haber una tendencia, por parte del proveedor, de enfrentar el convenio por medio de pagos de derecho altos u otra clase de arreglos[1]. Si las firma no tiene experiencia en Costa Rica o no pueden ser convencidas en relación al negocio y al clima legal en este país, podrían considerar al sector comercial costarricense análogo al de otros países de Latinoamérica, en donde, en algunos casos, hay algo de historia en la eliminación de relaciones comerciales.

En nuestra discución con los proveedores potenciales, hemos encontrado la necesidad contínua de depender la historia política e institucional de Costa Rica, la cual es diferenta a la de otros países de la región.

Generalmente, las firmas has respondido, pero el proceso educativo debe continuar si se van a hacer acuerdos y, dado que el tamaño del mercado limita el interés de los proveedores potenciales, la carga de esto recaerá sobre las firmas costarricenses o otras terceras partes.

Algunos de los proveedores foráneos, generalmente se preocupan de protejer su tecnología tanto en casa como en otros mercados. Algunos han tenido poco menos que experiencia exitosa al respecto en situaciones anteriores. Los problemas se han producido cuando la información no se mantuvo en secreto. Los socios de transferencia de tecnología, no siempre cumplen dicho acuerdo. Algunas veces, el socio termina compitiendo en el

---

[1]En términos de análisis de flujo de caja, tal enfretamiento refleja una alta tasa de descuento a la luz de los riesgos percibidos.

mercado local. Cuando esto sucede, aún despues del tiempo especificado en un convenio de transferencia, por medio de acción legal, el proveedor inicial no está satisfecho y desea arreglar futuros para asegurarse de que eso no sucederá, a menos que ellos lo controlan. Mientras que muchos de los proveedores tiene patentes que los protejen tanto en los Estados Unidos como en otros lugares, hay, por parte de alguno de los proveedores, poco conocimiento acerca del grado de protección que brinda la patente bajo las leyes de Costa Rica, y algún nivel de desconfianza de protección ofrecida por los sistemas legales de los países en vía de desarrollo. Los proveedores desean más que protección legal, generalmente, algún grado de control sobre las operaciones en el extranjero. Este interés en tener algún control, parcialmente, se basa en el entendimiento de que, aún cuando haya patente y otras formas de protección legales, si se llegan a conocer los dibujos detallados y los secretos de mercado sobre temas como escalar o bajar y cambios para diferentes reservas, no es una tarea muy difícil para un competidor potencial, adquirirlos.

Los acuerdos en transferencia de tecnología entre proveedores de tecnologías extranjeros y firmas locales, pueden ser documentos legales muy complicados, pero para propósitos de discución sólo hay unos pocos puntos críticos:

1) El alcance de lo que se transfiere por ejemplo, es sólo una licencia para producir y vender una tecnología patentada o que tan amplio "Know-how" tal como pericia de fabricación, es parte de la transferencia.

2) Qué restricciones tiene el que recibe la licencia, para el uso de la misma? por ejemplo, límites territoriales del mercado, derechos de mejoramientos del proceso, revender la licencia, etc.

3) Cómo se le pone el precio a la transferencia? Por ejemplo, cuál es el precio del costo inicial? Los pagos de derechos de transferencia de tecnología, y las regalías? Como se cobrarán la asistencia técnica y el "know-how" que vayan surgiendo en el camino?.

Basados en la discusión con los proveedores de muchas de las tecnologías que se discuten en este reporte, los proveedores esperarían los pagos de derechos de transferencia de tecnología y las regalías, siendo esos pagos de derechos tan altos como $100.000,00 y para las regalías alrededor del 10%, con el precio del "know-how" basado en el salario diario de una persona, ganando entre $200,00 a $500,00 al día, más gastos, dependiendo de su pericia. Las firmas locales, por otro lado, no querrían, lógicamente, pagar los derechos de la transferencia de tecnología, argumentando, en algunos casos, que ellos están "ofreciendo las facilidades para la fabricación y el acceso al mercado" o "que las unidades tendrán que ser diseñadas", las firmas locales querrían regalías más bajos. Hay suficiente espacio para negociaciones tales que a la vista de una tercera persona hay una solución razonable, que el proveedor así como la firma local podrían encontrar aceptable. Para una firma local aceptable, algunos proveedores (pero no todos) pueden ser muy flexibles en otros asuntos. Y en algunos casos, esto incluiría ejercer un considerable control sobre las operaciones locales, esto podría traer consigo la formación de una empresa

conjunta. Pero mientras, en principio, parece que los acuerdos razonablemente equitativos podrían ser factibles, podrían tomar un manejo considerable lo mismo que tiempo de personal, y tiempo calendario, a menos que estos costos de transacción sean minimizados, el mercado no será suficientemente grande para que los proveedores inicien tal acción.

Finalmente, casi todos los proveedores se muestran reacios para iniciar un arreglo de transferencia de tecnología en forma inmediata, queriendo tener primero algunas ventas de exportación, pero, talvez, ventas que podrían ser arregladas por una entidad que sería luego el socio local. Algunos de estos problemas podrían obviarse si se tomaran medidas para obviar los costos administrativos y la falta de información para los proveedores y se hicieran esfuerzos preliminares para definir la estructura de las firmas locales posibles que podrían formar parte del acuerdo de transferencia de tecnología.

8.5 Como Facilitar la Transferencia de Tecnología

La discusión anterior, indicó que hay que salvar algunas barreras considerables si se piensa iniciar, a corto plazo, la transferencia de la tecnología para los fabricantes locales de gasificadores actualmente disponibles, camas fluidizadas, u otros sistemas de combustión controlados de biomasa leñosa. Mientras que todos los fabricantes con quienes nos reunimos, están claramente interesados en las ventas para exportación y están abiertos al menos en principio, a alguna transferencia de tecnología, ninguno de ellos está buscando activamente, ventas en Costa Rica[1], para no mencionar la exploración de la manufactura local. Y si esto fuera a suceder, el esfuerzo tendrá que venir, por lo menos inicialmente, principalmente o de las firmas costarricenses o de las agencias de asistencia para el desarrollo o por intervención del gobierno. Un primer paso para facilitar las cosas será la diseminación de los resultados de este estudio a los fabricantes locales potenciales, a los compradores locales potenciales, y a los proveedores. Esta información, por sí sola, bajará los costos de transacción, sirviendo tanto como un estudio de mercado para los proveedores así como un analisis parcial de inversión para los clientes. Algo de esto se verá en un próximo seminario.

Otro paso sería financiar una serie de proyectos demostrativos que servirían como las exportaciones iniciales, las cuales son el primer paso

---

[1]Como se ha mencionado, una de las firmas extranjeras que también fabrica calderas, ha tenido un representante de ventas local durante años.

necesario para los proveedores. Si se financian suficientes demostraciones, sería posible cubrir la mayoría de los segmentos del mercado y por lo tanto iniciar las demostraciones dentro del país de las tecnologías de diferentes proveedores.

Tales proyectos demostrativos se encuentran detallados en este reporte, pero debe aclararse que la selección de los proveedores para las demostraciones no deberían basarse únicamente en el costo, pero también en criterios como por ejemplo, como tales demostraciones podrían ser la primera parte de un mayor esfuerzo de transferencia de tecnología.

Podría no ser factible pedirle a los proveedores hacer compromisos extensos como parte de solo una o pocas ventas de exportación, pero sería claramente posible requerir esto como parte de una adquisición mayor. En ese momento, se debería considerar la disponibilidad de garantías gubernamentales o de financiamiento de asistencia de desarrollo para un número significativo de unidades, digamos 10 millones de dólares de financiamiento para ser controlado y asignado por los proveedores a los clientes. Luego sería más razonable seleccionar, en una competencia por el control de este financiamiento, uno o algunos proveedores basándose, no solo en el costo de sus tecnologías, sino en la porción local del costo de sus tecnologías y en otros criterios, tales como la participación local en el consorcio, la capacidad comercial demostrada y en su propuesta sobre cómo desarrollar el mercado en Costa Rica.

Pero en ausencia de fondos para un gran número de demostraciones, o de una

competencia para el acceso a una fuente de financiamiento grande, hay algunos pasos que podrían ayudar. El complementar algunas demostraciones, proyecto que minimiza los costos de información y de transacción en forma parcial para los proveedores, podría ser de utilidad. Los componentes de tal proyecto sería la organización y el patrocinio para realizar una reunión en Costa Rica con la participación de proveedores de equipo, posibles socios locales, y posibles usuarios, con material escrito sobre los antecedentes del campo, obtenidos principalmente de este reporte, disponible a los participantes a la reunión. Esto podría estar complementado con un esfuerzo para crear una firma local. Esto requeriría de la selección de una o más firmas locales y otros tipos de ayuda para minimizar el costo de investigarse uno al otro y al mercado, y para asistirlos en la definición un acuerdo de transferencia de tecnología equitativo. Algunos proveedores han expresado su disposición para tales esfuerzos, para lo que disminuirían sus costos de transacción, lo que elevaría la posibilidad de que tal entidad llegara a ser realidad a corto plazo.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones de Política

Como se discutió en el Capítulo VII, es legítimo, pensando en términos de análisis económico, considerar precios más altos de los que actualmente se pagan por el petróleo. Estos precios más altos causan que muchas situaciones importantes del ciclo de combustible lleguen a ser lo suficientemente atractivas desde el punto de vista económico para potencialmente sustentar una industria doméstica que fabrique, al menos, algunos tipos de equipo.

El gobierno puede sostener y/o suplementar una política de precios de los combustibles con medidas más directas hacia: (las categorías no son completamente exclusivas)

- reducir los costos de transacción
- organizar el mercado
- ofrecer créditos para inversiones a través de todo el ciclo de combustible (incluyendo reforestación).

A los precios actuales, los cuales subsidian el bunker, el incentivo financiero no parece ser, en general, lo suficientemente atractivo para soportar los costos de transacción. Esto hace que estas medidas complementarias cobren importancia. Apropiadamente, ellas complementan

una eficiente política de precios. Sin embargo, también pueden anticipar un cambio a tal política. Teniendo programas de este tipo bien implementados (no sólamente en lo que a sustitución de biomasa se refiere, sino también para otras alternativas tales como conservación) la industria puede reaccionar más efectivamente.

Ellas operan de una manera similar a los catalíticos en reacciones química, en los procesos de "nuevo equilibrio termodinámico". Un nuevo precio para el proceso y estos programas, como los catalíticos, pueden enormemente acelerar el ritmo al cual el nuevo equilibrio es alcanzado.

9.2 Conclusiones

- El manejo de materiales, inventarios, y a menudo el control de calidad pueden causar serios problemas a los consumidores industriales. El espacio por sí solo es una limitación absoluta. Un sistema óptimo, desde la perspectiva del lado de la demanda del mercado, requeriría espacio mínimo, ninguna preparación de combustibles, mínimo manejo de combustibles y permitiría considerable flexibilidad con respecto a la intensidad del trabajo o la automatización de la etapa final de medición de combustibles. Hay disponibles etapas finales completamente automatizadas y que no son muy caras, lo que requeriría también un inventario mínimo.

Algún tipo eficiente de procesamiento centralizado de combustibles, especialmente para el crucial Valle Central (con uno o dos centros de procesamiento), pueden ser un prerequisito para una significativa penetración de la biomasa en el mercado en nuevos sectores aparte de la industria cementera. Esto permite un confiable, accesible y comprensible organización del mercado para el consumidor industrial. El espacio y los problemas administrativos quedarían así drásticamente reducidos. Además, una instalación centralizada puede:

- utilizar el equipo a factores de carga mucho mayores.

- usar eficientemente métodos de trabajo intensivo en ciertas etapas a lo largo del proceso.

- sinergizar con transporte por ferrocarril (una posibilidad para el área de suministro clave de Limón).

- mantener el control del contenido de humedad, permitiendo a los usuarios el empleo de máquinas de bajo costo y alto rendimiento a efecto de evitarles inversión en secadores.

- sinergizar con el concepto de depósitos en regiones de suministros.

- permitir al consumidor mantener inventarios mínimos.

- ser completamente automatizada, si se desea.

- permitir, probablemente, organizar un transporte terrestre de bajo costo y cortas distancias (110-180 Km) y reducir los costos de transacción de mantener el enlace entre muchos suplidores dispersos y muchos pero pequeños consumidores.

- La fabricación local se presenta como una alternativa verdaderamente rentable para la mayoría de los componentes de gasificadores y precombustores.

- La cantidad de residuos que podrían estar disponibles por un precio que parece interesante, es probablemente una base adecuada para la fabricación local.

- La leña que resulta del raleo de bosques con fines de cambio de uso de la tierra, representa un recurso potencialmente crítico si el mercado se expandiera dinámicamente. Hoy día la leña esencialmente no se uti-

liza y la disponibilidad de este recurso llega a casi 200.000 toneladas por año.

Dos áreas de explotación resultan de especial interés, debido a sus magnitudes y proximidad relativa: Cariari/Río Frío, Siquirres y Matina en Limón y Sarapiquí en Heredia. El área de Limón es particularmente atractiva debido a su cercanía a la línea férrea.

La adquisición de estos materiales se facilitaría enormemente mediante la existencia de alguna forma de depósito en el área.

Dado que el transporte por ferrocarril también requiere de un depósito en la zona de suministro podría haber una interesante sinergesis de eficiencias a diferentes etapas en el ciclo de combustibles.

- Nuestra segunda aproximación para el área de bosques existente idónea para cambio de uso es considerablemente menor de la que prevalece en los estimados oficiales. Se debe hacer una reevaluación continua tomando en cuenta el impacto de los diferentes criterios acerca de lo que está disponible. Nuestro estimado actual es que menos de 170.000 hectáreas están "disponibles". Mientras que estimados posteriores aumentarán estas cifras, la consideración de áreas sólo dentro del alcance efectivo de demanda industrial reducirán más esta cifra. Este bajo estimado conlleva dos importantes consecuencias:

  - La leña proveniente de tierras de cambio de uso tiene costo relativamente bajo pero no estará disponible en cantidades significativas

por muchos años más. Si queremos aprovechar este recurso de bajo costo para ayudar a absorver el impacto del costo de transferencia de tecnología y obtener el sitio las curvas de aprendizaje tendríamos que actuar relativamente pronto. De lo contrario, este recurso será simplemente comido por las termitas o quemado sin provecho.

- La reserva relativamente pequeña aparentemente disponible de tierras de cambio de uso hace de la política de reforestación, incluyendo tentativas de desarrollo y créditos para reforestación, una parte integral de cualquier política general de sustitución.

- Es importante continuar y acelerar el proceso de prueba y análisis económico de sistemas de plantaciones para leña, teniendo en mente las distintas características del mercado industrial.

  Un análisis preliminar sugiere que las plantaciones de pequeñas parcelas (aunque no necesariamente limitadas a una o dos hectáreas) podría ser la estrategia más interesante a seguir. Esto dependería, sin embargo, de un sistema bien organizado de suministro para la recolección de material.

- El transporte es un factor crucial en los costos del material entregado. El tomar medidas para el secado cuidadoso de la leña en el campo, permite concentrar el flujo de material en las largas distancias y proveer una base lo suficientemente confiable para que los transportistas alcancen algún grado de especialización en el manejo de este

material, y así poder reducir estos costos. La opción de transporte por ferrocarril parece ser atractiva pero ésta, probablemente, requerirá la intervención del Estado para adecuadamente organizar y concentrar los flujos. Una razón para ésto es que las agencias de gobierno son ellas mismas (al menos en Limón), un factor importante en el proceso de cambio de uso de la tierra.

- El uso de aserrín y otros combustibles derivados de la madera para sustituir el bunker en la Industria Nacional de Cemento (INCSA) parece ser una base prometedora para una inversión temprana en lo que a sustitución de combustible se refiere. El área potencial más útil para la intervención estatal, lo constituye la organización de un confiable suministro. Un rol similar podrían jugar el bagazo y la granza de arroz en Cementos del Pacífico, usando la misma tecnología de sustitución propuesta por INCSA.

- Existe la necesidad de una relativamente pequeña escala de tecnología de bajo costo para compactar la cascarilla de arroz en un factor de 2 - 3.

9.3 Recomendaciones

Estas recomendaciones son propuestas como intervenciones complementarias a corto plazo, a la política de precios (la implicación de las cuales ha sido señalada) por parte del gobierno, la cual puede ayudar en la comercialización y sustitución de combustibles biomásicos en la industria.

- La necesidad de vencer los altos costos de transacción a efecto de tener un mercado operante. Estos costos incluyen: las dispersas y a menudo no confiables fuentes de suministro, el desconocimiento del mercado y las tecnologías potenciales entre los consumidores industriales y las posibles complicaciones de manejo de combustibles en el punto de uso final.

- La necesidad de vencer los problemas que representa un mercado de tamaño limitado, incluyendo las limitaciones que éste puede imponer a la transferencia de tecnología.

- La importancia de vencer las limitaciones de transferencia de tecnología en general.

- La necesidad de mover hacia adelante una situación donde los resultados de criterio financiero para la toma de decisiones rigurosamente aproximan los resultados de criterio económico.

Organización de Mercado

Dos detallados estudios adicionales, relacionados entre sí, serían útiles. Uno enfocaría el problema de abastecer a la Industria Nacional de Cemento con residuos, especialmente aserrín, como ya se discutió en mayor detalle en el Capítulo VI. Este sería el paso inmediato más útil para incentivar no solo una rentable sustitución a corto plazo, sino potencialmente una "demostración visible" del modo en que las complejidades de suministro pueden de hecho ser superadas. Este efecto de "demostración visible" puede ser mejorado dependiendo probablemente, de la forma en que se organice.

El otro observaría en detalle el costo del procesamiento centralizado de la leña y compararía esta alternativa con la de procesamiento descentralizado. Observaría además la relación de una planta central con respecto a los costos de transporte a largas distancias, observando con particular detalle el potencial de uso del sistema ferroviario. Finalmente, evaluaría las consecuencias de tener un depósito regional en las áreas de abastecimiento.

Reducción del Costo de Transacción para Transferencia Tecnológica de Uso Final y Equipo de Manejo de Materiales

Se debería convocar a una reunión que coloque a los actores potenciales clave a un nivel de relación personal. Estos actores incluyen:

- posibles industrias de uso final.

- proveedores de equipo de los Estados Unidos (los proveedores de otros países serían bienvenidos, pero ellos o sus países deberían pagar).

- posibles concesionarios locales para la producción, incluyendo representantes de industrias metalmecánicas.

Parte del contexto para tal reunión podría ser un seminario donde el material, incluyendo este reporte, sería presentado proporcionando una amplia perspectiva y una mejor base para la evaluación idependiente de posibilidades por los varios actores. Los párrafos siguientes se elaboran sobre la presunción de tal reunión, bosquejando un proyecto que pudiera emprenderse a fin de sustentar tal esfuerzo. Otro proyecto enfocado hacia "poner juntos a los mercaderes de transferencia de teconología", también se esquematiza.

- Este proyecto o componente de un proyecto mayor sería la organización en Costa Rica de una reunión con la asistencia y participación de:

  1- Suplidores de equipo extranjero, quienes enviarían personal, tanto corporativo como técnico, a fin de entablar discusiones sobre cualquier alternativa de exportación y/o, esperanzadoramente, colaboraciones locales;

  2- representantes de posibles usuarios. En este caso, personal técnico sería suficiente, asumiendo que el personal corporativo estaría dis-

ponible en cualquier momento;

3- representantes de posibles competidores locales. En este caso, personal tanto técnico como corporativo sería requerido (en algunas firmas, los mismos individuos) y

4- representantes del gobierno y de AID.

Los suplidores extranjeros participarían únicamente por invitación, y sus gastos serían total o parcialmente cubiertos. Se esperaría que ellos hicieran presentaciones tanto técnicas como de mercadeo. La reunión formal duraría sólo unos pocos días, pero se esperaría que los suplidores permanecieran disponibles por al menos dos días más para entablar discusiones informales y trabajo de campo. Otras presentaciones consistirían de una o dos discusiones resumidas sobre energía y la situación económica. Una presentación adicional debería hacerse por un representante de la comunidad bancaria, y otra por algún empresario con experiencia, colaborando con firmas extranjeras (de EUA).

Un paquete de material resumido, basado parcialmente en este reporte, pero también incluyendo información legal y comercial sobre Costa Rica, sería preparado y puesto al alcance de los participantes extranjeros más adelante.

- Un proyecto/componente más interesante (y potecialmente útil) sería "tratar de poner juntos los mercaderes de transferencia de tecnología".

Esto podría lograrse mediante:

1- un seguimiento a la reunión discutida anteriormente;

2- un complemento para uno o más de los proyectos de demostración (los cuales se recomiendan abajo) o;

3- como un proyecto independiente. Acompañando una de estas alternativas con una demostración, tal que como se mencionara en la discusión sobre transferencia de tecnología en el Capítulo VIII, permitiera la importación inicial y la demostración de la posible fuente futura de transferencia tecnológica.

El propósito básico sería el de reclutar un tercer elemento constituido por un grupo consultor. Este grupo suministraría información y facilitaría el proceso, limitando de esta forma, los costos de transacción. El proyecto se propondría identificar una o más firmas locales elegibles (o colaboración entre firmas locales) así como uno o más proveedores extranjeros. Cada uno de ellos recibiría información acerca de los demás, acerca del mercado potencial y de otros aspectos. Se sostendrían extensas entrevistas y discusiones a efecto de determinar los posibles términos de un contrato. Un contrato borrador y planes comerciales serían preparados para su revisión basados en sus comentarios y reuniones, organizados (y facilitado por los consultores) con el fin de llegar a cerrar un contrato.

Existen dos perspectivas presupuestarias para esta posibilidad. Una es cubrir todo o parte de los costos de los suplidores y la otra sería no hacerlo y esperar que la participación del tercer grupo será suficiente

para enfrentar los altos costos de transacción y el beneficio de bajos intereses (ver Capítulo VIII).

Proyectos Demostrativos - Corto Plazo

Los proyectos demostrativos cumplen la importante función de ayudar a la gente a visualizar un nuevo sistema, lo que lo hace más interesante, informativo y creíble. Aquellos sugeridos aquí están también dirigidos a fortalecer de varias formas, la capacidad técnica en el país para operar y adaptar sistemas comerciales. Ambos propósitos generales son importantes a corto plazo.

Se recomiendan tres de los siguientes proyectos de demostración. Ellos se basan en estudios de pre-factibilidad que aparecen en el volumen II de este informe.

- La sustitución en la Industria Nacional de Cemento, haciendo uso de la tecnología descrita en el Capítulo VI, requeriría de un cuidadoso reanálisis previo de varios recursos, con planes detallados de operación. Esto puede demostrar, inclusive más que la tecnología misma, cómo un suministro disperso puede ser organizado. Dos recursos potenciales pueden servir para tal demostración: aserrín y madera de ralea que ha sido recogida (y posiblemente secada y picada) para la unidad gasificadora en Horquetas. En Horquetas existen flujos de material concentrado, los cuales, consecuentemente, constituyen un depósito en una zona de abastecimiento. La tecnología en cuestión, es comercial.

- El segundo proyecto de demostración podría ser el Hospital de Guápiles. Un sistema comercial totalmente automático, alimentado con virutas secas (ya que se pueden conseguir en la zona), debería ser instalado para sustituir el diesel que actualmente se consume. La razón para escoger el Hospital de Guápiles es su proximidad a Horquetas. La demostración de Horquetas/Guápiles funcionando de esta manera, mostraría algunos aspectos esenciales de cómo un sistema "centro de preparación de combustibles - consumidor industrial" podría parecer de escala muy pequeña (menor de 50 bhp) y bastante más automatizado de lo que la industria encontraría rentable. Esto también mostraría, muy gráficamente, que su industria no tiene que lucir como un beneficio de café para consumir leña, sin duda, un tema primordial para muchos industriales, aunque no se menciona. Horquetas/Guápiles usaría solamente equipo comercial adquirido mediante licitaciones públicas internacionales invitando a suministrar el equipo que maneje todos los materiales del sistema en Horquetas. El equipo sería simplemente importado, pero habría considerable asistencia técnica en cuanto a operación, mantenimiento y reparación.

- El tercer proyecto demostrativo a corto plazo serviría para fortalecer la capacidad técnica costarricense en el área y proporcionaría la información de referencia sobre los costos relativos de fabricación en el país y en los Estados Unidos (o en cualquier otra parte). Esto sería muy valioso para los grupos que traten de iniciar el proceso de transferencia tecnológica. La demostración consiste en la adaptación de un

gasificador para la planta de secado de maíz del Consejo Nacional de Producción en Guácimo, la cual actualmente consume diesel. Si este proyecto tuviera éxito, podría inmediatamente ser reproducido varias veces en otras partes, con muy altos retornos para el CNP. No se pudo encontrar ningún sistema extranjero completo que garantizara el funcionamiento con olote de maíz. Podría hacerse algún arreglo para que en compensación, el CNP conceda un contrato a largo plazo para usar los olotes ahora desperdiciados. Este recurso podría proveer las bases para el abastecimiento, entre otros, de la planta de cemento. Parece ser que los olotes deben ser densificados o carbonizados para que puedan penetrar un mercado interesante. Dado su costo de oportunidad negativo, existe una buena posibilidad de encontrar una solución rentable. Esto involucraría pruebas adicionales del equipo, de una naturaleza más investigativa, en el área de Guácimo.

- El cuarto proyecto demostrativo recomendado, está diseñado para disminuir los requerimientos de leña de los beneficios de café, al mismo tiempo que elimina completamente el uso de los derivados del petróleo. Este consta de dos fases diferentes: una primera fase de auditoría determinaría la eficiencia, parámetros claves energía/material, costos de inversión de las unidades existentes, costo de modificaciones y costos de operación y mantenimiento de 6 - 10 beneficios. Los beneficios escogidos incluirían diseños innovativos de interés para pruebas, así como aquellos diseños más típicos de eficiencias estándard en la industria. La segunda fase financiaría la construcción de las unidades

recomendadas en la fase I y luego se probarían.

Podríamos seguir mencionando más proyectos demostrativos, pero los citados anteriormente mantendrían a todo el mundo ocupado por más de un año. Por ahora, la demostración puede simplemente llegar a ser parte de un más amplio programa de incentivos, discutido a continuación.

Un Amplio Programa de Incentivos

A continuación se presentan algunas de las ideas de un programa amplio con capacidad financiera para proveer los incentivos que hagan posible la transferencia de tecnología mediante la concesión de licencias para fabricación y en conjunto con firmas internacionales. El bosquejo hecho aquí es preliminar y debería hacer más énfasis en aspectos tales como reforestación. Sin embargo, aquí se suministran las bases para la discusión.

1- Debería crearse un fondo considerable, en términos de millones de dólares, de donde los usuarios finales puedan financiar la sustitución por biomasa. El fondo podría formarse mediante una combinación de aportes de AID, BIRF, etc. y capital aportado por el gobierno costarricense. La instituciones privadas podrían también suministrar co-financiamiento. AID podría administrar todo el fondo o podría concentrar su acción en organizar otro fondo y/o subsidiando un poco las tasas de interés (dependiendo de la diferencia entre los precios económicos y financieros del bunker y todo el capital, etc.).

2- Tendrían derecho a hacer uso del fondo solamente aquellos clientes que compren sistemas fabricados casi totalmente en el país, por firmas acreditadas. Existirían tal vez, una o dos firmas/consorcios acreditadas y demostradas. AID estaría suministrando el financiamiento designado para los proyectos en conjunto con firmas internacionales, a efecto de establecer un mercado.

3- Estas una o dos firmas/consorcios designados (o más, si hubiera suficiente dinero), serían seleccionados mediante concurso. Aquellas firmas/consorcios que resulten seleccionadas obtendrían:

a- una modesta concesión/préstamo para realizar estudios adicionales, montar demostraciones, etc. y

b- la garantía de que sus clientes futuros obtendrán financiamiento de este fondo.

4- El concurso seleccionará las firmas/consorcios que obtengan el primero, segundo y tercer lugar, dependiendo de cuánto dinero haya disponible. Cada uno tendría acceso garantizado a cierto porcentaje del fondo financiero para préstamos para sus clientes.

5- El criterio de selección sería tal, que aliente la transferencia de tecnología, desarrollo de mercado y participación local. Por tanto, este criterio alentará la formación creativa de grupos costarricenses/estadounidenses (también firmas de otros países, si hubiera financiamiento multilateral). Estos grupos podrían y deberían

ser precalificados. El criterio de selección incluiría:

a- capacidad demostrada (i.e. el consorcio debe incluir un grupo, el cual haya vendido comercialmente),

b- participación local en fabricación, ventas, etc. (i.e. que es lo que significa una subsidiaria o proyecto en conjunto con firmas internacionales.

c- el plan comercial, tanto para negociar como para desarrollar las más importantes ideas acerca del mercado o obtener un impacto significativo.

d- criterio usual para la selección de personal.

e- después de la selección los fondos deberán estar disponibles para clientes de cualquiera de los grupos seleccionados, quizá al menos el financiamiento de la compra del primer sistema.

REFERENCIAS

1. Carl Shields, Boilers, McGraw Hill, New York, 1961.

2. SEPSE, Anuario Estadístico - Sector Energía, San José 1981.

3. PEICA, Alternativas de Desarrollo Energético Período 1981-2000 San José, 1981.

4. Herman Hess and Juan Rodríguez, Proyección del Consumo de Hidrocarburos en Costa Rica 1981 - 2000, Dirección Sectorial de Energía San José, 1983.

5. Banco Central de Costa Rica, Cuentas Nacionales de Costa Rica 1971-80, San José

6. Termoquip, "Gaseificacao de Madeira", Campinas, Brazil, 1981.

7. FAO, Agricultural Wastes and Solar Technologies for Energy Needs in Farms, Baangkok, Thailand, 1983.

8. Meta Systems Inc. An Examination of the Substitution of Woody Biomass Based Fuel Oil in the Industrial Sectors of Costa Rica prepared for the ITCR and CEC program, May 1982.

9. Forest Products Laboratory, Estimating Effective Heating Valve of Wood or Bark Fuels at Varions Moisture Contents, USDA Forest Service, General Technical Report FPL 13, Madison Wisconsin, 1977.

10. A. Kaupp and J.R. Goss, State of the Art for Small Scale (to 50 kw) Gas Producer - Engine Systems, Report to U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Waschington DC, 1981.

11. Ehrlich. P. and A., and J. Holdren, Ecosciense: Population, Reources, Environment. With Freeman and Company, San Francisco, 1977.

12. FAO, Propiedades y Usos de Ciento Trece Especies Maderables de Panamá, PNUD, Panamá, 1971.

13. E.P. Jara, L.C.S. Oliveira "Método Rápido e Prático para se Estimar a Umidade de Madeira no Campo", Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Sao Paulo, Brasil, 1982.

14. FAO, Eucalypts for Planting, Rome, 1979.

15. Florestal Acesita SA, State of the Art Report on Charcoal Production in Brazil, prepared for U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Project number 53-319 N-0-141, Washington DC, 1982.

RECURSOS BIOENERGETICOS Y POSIBILIDADES DE SUSTITUCION EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE COSTA RICA

VOLUMEN II

UN REPORTE PARA LA AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (AID), COSTA RICA; Y LA DIRECCION SECTORIAL DE ENERGIA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA ENERGIA Y MINAS DE COSTA RICA

PREPARADO POR:

META SYSTEMS INC.

- ABRIL 1984 -

304

I N D I C E

CASO	DESCRIPCION	PAGINA
	INTRODUCCION	I-1
A	SUSTITUCION DEL BUNKER EN LA INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO.	
	Conclusiones del Análisis	A-1
	Antecedentes	A-3
	Fuentes de Combustible	A-10
	Tecnologías que pueden ser usadas en la industria del cemento para sustitución de burker por biomasa.	A-14
	Análisis de Tecnologías	A-17
B	SUSTITUCION DE DIESEL EN UNA PLANTA DE SECADO DEL CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION -GUACIMO-.	
	Conclusiones del Análisis	B-1
	La cosecha de maíz	B-[illegible]
	Planta de Guácimo	B-[illegible]

CASO	DESCRIPCION	PAGINA
C	SUSTITUCION DEL DIESEL EN LA CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOCIAL -HOSPITAL GUAPILES-.	
	Conclusión del Análisis	C-1
	Descripción Técnica	C-7
	Apéndice	C-19
D	SCOTT PAPER CO.	
	Situación General	D-1
	Localización del Gasificador	D-7

INTRODUCCION

Uno de los primeros objetivos de este proyecto era "preparar un estimado de costo más detallado para seleccionar al menos tres casos específicos los cuales serían candidatos proritarios para cambiar el combustible a base de petróleo por combustibles lignocelulósicos". Está implicito que algunos o todos de estos casos podrían ser propuestos para inversión o para proyectos de transferencia de tecnología. Por lo tanto en cada caso se estudia esa posibilidad.

Se escogieron cuatro casos para tener al menos tres con buenas posibilidades de ser factibles. Estos casos fueron:

a) Industria Nacional de Cemento S.A., una compañía privada multinacional con el más grande consumo de bunker en el país.

b) Consejo Nacional de Producción - Guácimo - esta es la única planta en el país diseñada para desgranar y secar el maíz; una segunda planta se está diseñando. Esta consume diesel y paga para deshacerse del residuo que son olotes de maíz.

c) Caja Costarricense de Seguro Social - Hospital de Guápiles - tiene un cuarto de calderas los cuales usan diesel como combustible en una zona rica en recursos biomásicos.

d) Scott Paper Co. un gran consumidor de diesel por medio de un quemador, la cual cuenta con recurso forestal y además de residuos lignocelulosicos provenientes del procesamiento de la madera, que es la materia prima para su producción de papel.

De estos cuatro casos, el último (Scott Paper Co.) ha sido eliminado para análisis económico debido a dificultades técnicas provenientes de la limpieza de gas requerido en el secado del papel y también a dificultades de espacio para instalar los equipos de sustitución. Sin embargo este caso presenta una excepcional alternativa para emplear electricidad.

Los otros tres casos parecen en forma individual ser bastante favorables económicamente aún permitiendo altos costos para demostraciones pioneras cada uno de llos es propuesto como un proyecto.

Cada caso de estudio inicia con una revisión general de las principales conclusiones y de los análisis económicos; después continua con una discusión técnica más detallada.

SUSTITUCION DEL BUNKER EN LA INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO (INCSA)

I Conclusiones del Análisis

Este caso representa una posibilidad altamente rentable para la sustitución del bunker, si ciertas dificultades administrativas pudieran ser superadas. En esta primera sección presentamos el caso económico básico y los principios administrativos; en las secciones subsiguientes revisamos los aspectos técnicos específicos de la sustitución. Con el fin de simplificar el análisis y a la vez suministrar soluciones al proceso de planificación en INCSA, hemos concentrado nuestro análisis en la tecnología particular de sustitución propuesta por ellos. Esta tecnología de sustitución puede usar material biomásico húmedo (50% humedad), moliendo y secándolo con calor de desecho antes de inyectarlo en el quemador del horno, obteniendo una sustitución de hasta un 15%. La figura A-1 y el cuadro A-1 muestran, respectivamente, el esquema técnico y la inversión requerida según información suministrada por INCSA. Esta particular tecnología es discutida más detalladamente en el capítulo V del volumen I, precedida por una revisión técnica más general, que se presenta en el capítulo VI. Nuestra principal responsabilidad estribó en investigar las posibilidades de suministro de biomasa para esta posible adaptación del sistema.

El problema principal fue encontrar un conjunto de recursos suficientemente barato y abundante para generar ahorros en el precio del combustible entregado (con respecto al bunker) de hasta ¢ 7.8 millones en un año, o sea el equivalente de la inversión estimada en equipo para re-adaptar la planta. Con estas pautas INCSA busca capturar una gran porción de la ren-

tabilidad económica de la sustitución.

Luego de muchos análisis, parte de ellos realizados junto con personal de INCSA, parece que el aserrín representa un recuso inicial económicamente atractivo sobre el cual planear inversiones en una readaptación. Como se mostró en el reporte central, el aserrín, es, en su mayor parte, un material sin uso, aún en el Valle Central. Este material se encuentra disponible en cantidades importantes a cortas distancias de INCSA.

Solo el aserrín del Valle Central, el cual tiene un costo promedio de transporte de solamente ¢ 24.50/GJ (cuadro A-2), puede potencialmente representar casi el 80% de los ahorros requeridos[1], aún cuando éste puede suministrar únicamente el 40% de la capacidad de sustitución total de combustible a 225.000 toneladas por año de producción de clinker. El aserrín producido en Limón y San Carlos tiene un costo de transporte más elevado (¢85.5/GJ) pero a pesar de todo puede ser una sustitución rentable del bunker, el cual tiene un precio de C 6.00 por litro (¢ 157/GJ). Hay aserrín más que suficiente para alcanzar la sustitución hasta el nivel planeado, aún sin considerar reservas útiles de hasta 2 años en algunos aserraderos. Si este nivel fuera alcanzado, el ahorro en un año excedería lo previsto. Una ventaja del aserrín es que el picador presupuestado en la inversión podría resultar innecesario, reduciendo así la inversión en

---

[1]Este ahorro contempla un margen de ¢100.00 por tonelada húmeda de aserrín, como pago al dueño de aserradero y ¢50/ton por costos de corretage. Este es el costo de mantener organizados tanto el suministro como los itinerarios de transporte, sobre una base confiable.

equipo hasta en un 60% (ver el cuadro 1).

Otro recurso bastante prometedor a corto plazo es el raleo del bosque de Orosi, cual es una opción que INCSA ha estado considerando. Existen alrededor de 375 Ha. cubiertas en su mayoría por bosques secundarios que deben ser raleadas a razón de 50 Ha. por año según cierto programa de reforestación. Y dado que estos bosques se encuentran localizados cerca de la planta, este material sería bastante barato. El precio del material entregado sería similar al precio promedio de entrega del aserrín proveniente del Valle Central estimado en el cuadro 2, o sea alrededor de ¢ 40/GJ [2]. La cantidad de madera disponible de este recurso es incierta y necesita ser re-estimada ya que la estimación hecha por un grupo de consultores forestales parece ser muy elevada. Cálculos aproximados sugieren que cerca del 4% del consumo total del horno, operando al 100% de su capacidad, podría ser obtenido de este recuso en particular, lo que representaría entre un 25 y 30% de la capacidad de sustitución planeada, durante los próximos 6 a 8 años. Esta opción por sí sola podría ser inadecuada para justificar la inversión, sin embargo, combinada con el uso de aserrín podría ser atractiva.

Otros recursos, además de éstos, fueron considerados en el capítulo III; sin embargo, ellos son menos atractivos, a corto plazo, que los dos anteriormente mencionados. En realidad no se intentó analizar las plan-

---

[2]Los costos de madera entregada a INCSA se estiman en C150/stere, o sea unos C30/GJ.

taciones como un posible recurso a largo plazo dado que la inversión en la readaptación no dependería de un análisis de esta clase. Sin embargo, un análisis preliminar sugiere que el área de plantación requerida para alcanzar el nivel de sustitución previsto, es mucho menor que lo estimado por INCSA. Otra opción prometedora, no considerada, es el uso de la infraestructura del proyecto en Horquetas para suministrar madera proveniente del raleo de los bosques.

El principal problema al que se enfrenta INCSA con el aserrín es el de cómo asegurar un suministro confiable a un precio único (tomando en cuenta que son tantas y tan variadas las fuentes de suministro) y a la vez implantar un esquema eficiente de transporte. Los costos estimados de transporte que aparecen en el cuadro 2, se basan en la localización de los aserraderos (relacionados entre sí) en una región de recolección dada. Una posible ruta de recolección para los aserraderos del Valle Central se muestra en la figura A-2. La frecuencia de recolección y el tamaño de los camiones se basaron en estas localizaciones y tomando en cuenta una pequeña capacidad de almacenamiento de aserrín en los aserraderos. Los costos del servicio de transporte y las rutas, fueron discutidas con los transportistas. De los cuales, al menos uno está activamente interesado en la posibilidad y sugirió modificaciones a efecto de aumentar la eficiencia. La madera resultante de la realea de los bosques de Orosi, en la situación considerada, parece ofrecer menos problemas de organización de este tipo, ya que solamente un suplidor se encuentra involucrado. La combinación de suministros de esta fuente, podría ayudar a incrementar la

confiabilidad y a disminuir el riesgo percibido.

El aspecto de transporte y recolección de suministros parece tener solución. La contratación y organización del suministro de aserrín conlleva una serie de aspectos específicos que no pueden ser tratados completamente hasta que la planificación haya avanzado más. Está claro que un prerrequisito para el éxito de esta situación es, el contratar una persona con conocimientos especializados para actuar como agente. Esta persona se encargaría de coordinar con los aserraderos, (por ejemplo, algún aserradero puede cerrar por un tiempo), de los niveles de demanda, de la disponibilidad de los camiones, etc. Esta persona sería más que un comprador, se asegura que la mercadería esté ahí. Un salario para alguien que realice este trabajo, así como un precio del aserrín de ¢ 100.00/ton, ha sido incluido en los cálculos de ahorro que aparecen en el cuadro A-2.

No es de extrañarse que la tendencia en INCSA sea la de llevar a cabo esta función de corretaje dentro de su misma organización. Se tiene que comenzar con una seguridad y control sobre el suministro mayor que el percibido hasta ahora, cual es una preocupación enfatizada también por otras firmas. Aún cuando esta labor de corretaje pueda, probablemente, ser manejada con éxito por INCSA, en este caso, debido a la escala y al alto costo de operación involucrado, podría ser más eficiente y más interesante desde una perspectiva más amplia, si esta actividad fuera controlada por una firma independiente que se encargara del corretaje en general[3], sumi-

[3]Nos referimos aquí solamente a algunos residuos, ya que INCSA podría, preferiblemente, ejercer un fácil control sobre los materiales provenientes de Oro

nistrando puntualmente el material a sus clientes en una forma similar a como lo hace RECOPE.

La amplia experiencia cotidiana que puede ser obtenida de organizar y concentrar de 10.000 a 15.000 toneladas por año sobre una base confiable proveniente de 40 a 60 aserraderos, localizados a distancias hasta de 160 kilómetros, representa la clave para resolver algunos de los problemas del mercado ya destacados en este reporte. La habilidad de algunos agentes para ofrecer un servicio rutinario y confiable de este tipo a industriales, puede ser crítico para la evolución del mercado potencial. El tener la creciente capacidad derivada de esta experiencia, rápidamente disponible para suministrar a otras firmas industriales (especificamente las pequeñas), podría grandemente fortalecer un esfuerzo serio de comercialización para la sustitución de combustible biomásico en la industria. Esto tiene más posibilidad de ocurrir si la función de corretaje se llevara a cabo fuera de INCSA (aunque INCSA pudiera participar de ella).

Dada la inmediata importancia de organizar el abastecimiento para INCSA, y los muchos problemas del mercado destacados en nuestro reporte central, los esferzos por parte del gobierno de C.R. y A.I.D para incentivar la sustitución, podría rentablemente incluir un detallado estudio de factibilidad para el suministro de INCSA, que abarcaría explícitamente.

La tecnología dentro de la planta de cemento puede razonablemente dejarse bajo el control de INCSA, la cual esta empezando a usarse comercialmente en la industria. Mientras algunas otras tecnologías se discuten en el

texto, la configuración escogida es la de más bajo costo y parece ser, a nuestro juicio, la más barata para procesar residuos finos húmedos. La misma adaptación es técnicamente posible para Cementos del Pacífico. Sin embargo, la solución al problema de abastecimiento podría ser diferente.

II Antecedentes

INCSA es la industria de cemento más antigua del país, tiene una capacidad instalada de 1260 toneladas de cemento por día. Para esto cuenta con dos hornos de producción 860 toneladas y 400 toneladas por día cada uno, ambos trabajan por vía seca. Los hornos usan bunker como fuente de energía. El cuadroA-3 muestra el consumo de los tres últimos años y que incluye una proyección del presente.

En el año 1983 se ha presentado una situación especial en la industria cementera. El mercado nacional es pequeño para mantener tres fábricas de cemento, al momento de escribir ete reporte se espera el cierre de la más pequeña de ellas.

Con esta información se comprende el deseo del gobierno y en especial de INCSA de estudiar los parámetros que más afectan los costos. Uno de ellos es sin lugar a dudas el combustible usado en el horno, este representa más que del costo final del producto.

Esta empresa durante el año 1983 ha intentado sustituir el bunker por algunos combustibles, entre ellos el coque de petróleo y el coquito o sea la cáscara del coco usado para extraer el aceite vegetal. Las procedencias de estos combustibles son, Estados Unidos y la zona sur del país respectivamente, este último ya había sido utilizado por la industria de Cementos del Valle S.A..

Para sustituir un porcentaje de bunker por coque, se hicieron por parte

de INCSA grandes inversiones y modificaciones e la planta, así como la importación del quemador para operar con doble combustible, sólido y líquido.

La inyección del combustible por la parte frontal del quemador permite incrementar el grado de sustitución y abre la posibilidad de 100% de sustitución, lo que es limitante cuando el combustible se introduce por la parte posterior del horno, conociéndose que el límite es 30%.

El proceso de clinkerización requiere temperaturas de 1450°C en los gases provenientes de la combustión, por lo que los sustitutos deberán satisfacer al menos esta temperatura; así mismo temperaturas menores pueden reducir la eficiencia y si bajan de 1450°C no obtendrían la temperatura requerida para el proceso de formación de clinker.

Al pensar en sustitutos es importante considerar las variaciones de temperatura en el horno, así como otros factores, que pueden perjudicar el proceso, tales como sulfatos, sodio y potasio.

En estos momentos se inicia la sustitución del coquito en un 20% por la torre de precalentamiento, al mismo tiempo se planean usar otros combustibles locales y paa esto el personal de la industria ha colaborado con este proyecto, y se formó un grupo de trabajo en conjunto para analizar la posibilidad de sustitución.

III Fuentes de combustible

Las fuentes de combustible analizadas y con ayuda de los datos recabados por este proyecto, se pueden dividir en:

a. Residuos agrícolas, cascarilla de arroz y olote de maíz.

b. Residuos forestales, aserraderos, mueblerías, bosque.

c. Plantaciones forestales, propias y compra de madera proveniente de plantaciones existentes.

La energía proveniente de petróleo gastada por hora en el horno No. 1, el cual es el principal, es de aproximadamente 125x106 KJ/hr.

Los residuos antes mencionados en el caso de mostrar su factibilidad técnica y económica, se pretende usarlos para la parte frontal del horno, de antemano pulverizados.

a. Residuos agrícolas

1. Cascarilla de arroz

Las posibilidades de uso de este residuo existen si se acompaña de un sistema de densificación ya que su baja densidad y los costos de transporte hacen prohibitivo el uso de la cascarilla en su forma original. La densificación se puede llevar a cabo en la propia arrocera y obtener una densidad apropiada para el transporte, una vez en la fábrica puede ser pulverizada e inyectada en el quemador, sin embargo la densificación tiene también sus problemas entre los que se encuentran:

a. La maquinaria para densificar la cascarilla de arroz se efectúa a niveles comerciales, (alta producción) en maquinaria bastante cara.

b. La cascarilla de arroz necesita ser parcialmente molida para que la peletización ocurra.

c. Se necesita aglutinante.

d. El alto contenido de silice que la cascarilla de arroz contiene, hace a este subproducto altamente abrasivo y por lo tanto incrementa el mantenimiento del equipo.

Para efectos de que INCSA utilice este residuo se puede pensar en la zona Sur como probable abastecedor ya que en la zona Central quedarán muy pocas arroceras operando y el ya existente mercado de relleno para alimentación animal hace más competitivo el obtener este recurso. La zona de Guanacaste presenta buenas posibilidades pero debe recordarse que exite otra fábrica de cemento en esa área y resulta lógico que esta pueda usar este recurso.

Se conoce que dos fábricas de cemento en América Latina la usan como combustible.

2. <u>Olote de maíz</u>

Al estar concentrado este residuo en dos lugares y en el futuro en 3, presenta la posibilidad de utilizarlo para cemento, al igual que en el caso anterior su baja densidad podría ser un parámetro antieconómico. La peletización es una tecnología disponible pero habría que triturar

primero. Una posibilidad bastante probable es la carbonización.

b. **Residuos forestales**

Estos se dividen en:

1. **Residuos industriales**

Pueden ser sólidos y finos, los sólidos tienen un buen mercado en el Valle Central, casi nulo en San Carlos y Guápiles zonas de mayor concentración. Los finos no tienen un mercado definido y más bien representa un problema deshacerse del residuo; estos representan un buen recurso para una fábrica de cemento. Los contenidos de humedad varían dependiendo de la industria forestal que se originan, de aserraderos normalmente el contenido de humedad a veces alcanza 80% CH base seca más y de mueblerías con 18% CH base seca. La alternativa de sustitución en la industria de cemento en términos de la disponibilidad es favorable para finos en el Valle Central y para sólidos en la zona de San Carlos. Debe tomarse en consideración que al seleccionar áreas debe considerarse que las políticas forestales pueden cambiar para una región y pueden incidir en aumentar o disminuir los residuos. Plantas europeas están usando este combustible en forma sencilla y sin mucha inversión.

2. **Residuos del bosque**

Esta es definitivamente una buena fuente de energía, toda la madera proveniente de esta fuente presenta un gran contenido de humedad,

en este caso los puntos de extracción de madera están diversificados y presenta un problema de costos y de ineficiencia administrativa traer desde cada punto de extracción la madera a la fábrica una solución a este punto sería colocar centros de acopio, por ejemplo en Siquirres, San Carlos, y Palmar Norte. (para más detalle vease el capítulo de "Manejo de materiales"). En estos centros la madera puede ser picadda y secada, de estos centros puede ser transportada por camión o por tren en el caso de Siquirres. Puede también hacerse carbón con los residuos forestales.

c. <u>Plantaciones forestales</u>

Las plantaciones forestales con fines energéticos es una modalidad nueva que depende del mercado potencial actual y futuro para que los productores incrementen el área de plantaciones. Las áreas ya sembradas obedecen a una política de producción de madera, la cual difiere en muchos aspectos de plantaciones con fines energéticos, sin embargo puede existir materia para energía en una plantación con fines madereros, este combustible se produce, por medio de podas y raleos sanitarios. En este momento existen investigaciones tendientes a determinar las mejores especies para determinada zona, con base en el crecimiento y en sus propiedades calóricas.

IV Tecnologías que Pueden ser Usadas en la Industria de Cemento para Sustitución de Bunker por Biomasa.

Estas tecnologías pueden dividirse en dos a) inyección del combustible por la parte posterior del horno y b) inyección del combustible por la parte frontal del horno. Como se explicó anteriormente el límite de esta última alternativa es 30% de sustitución y los combustibles pueden introducirse por la "cámara de humos," se conoce de la utilización de esta posibilidad con combustibles no biomásicos como por ejemplo llantas y neumáticos de desecho. No existen mayores complicaciones técnicas ni grandes inversiones para este propósito. El coquito de palma africana está siendo inyectado por la cámara de humos. La otra tecnología de suministrar combustibles al horno presenta mayores complicaciones tecnológicas y por ende mayores inversiones, el ejemplo claro lo tiene la misma empresa INCSA, cuando decidió substituir parcialfmente el bunquer por coque petrolero que tuvo que incurrir en considerables inversiones para llevar a cabo el proyecto.

Dentro de estas tecnologías se encuentran las siguientes:

a. Para usar carbón vegetal.

Este producto puede usarse en el caso de INCSA, sin ningún problema debido a las instalaciones ya construidas para poder usar el coque de petróleo.

b. Uso de cascarilla de arroz

Este producto proviene de las arroceras con un 10% a 12% de CH base verde, este contenido de humedad es perfecto, su uso pude ser directo sin proceso previo.

Siendo su constitución bastante fina puede también introducirse a un quemador de doble o triple combustible tal y como lo efectúan en la "Fábrica Goiás" de Brasil.

Productos forestales y olote de maíz

a. Inyección Directa de Combustible

Se ha querido unir estos dos productos debido a que la técnica propuesta para utilizarlos es la misma. Este consiste de un picador de madera u olote, un dosificador, triturador al cual también se le inyecta aire caliente, previamente filtrado en el ciclón y que conduce el material hasta un silo ciclón en este trayecto el material se debe secar en un rango de 10% y 15%. El material se traslada hasta el abanico de aire primario que inyecta el material al horno.

b. Gasificación

Tecnología que se detalló en el Volumen I y la cual está siendo usada por la "Fábrica Goiás", el gas producido, se inyecta en el quemador la madera o el olote son gasificados en un gigantesco gasógeno de 5 x 10^6 Kcal/hr, los detalles específicos del mismo no se conocen pero si la posibilidad de uso, es lógico que es un doble proceso de la biomasa y por lo tanto menos eficiente. No se prevee un uso próximo en la

industria nacional ya que se prefiere usar tecnologías más sencillas y económicas.

V Análisis de las Tecnologías

De las tecnologías descritas se profundizará en el sistema para usar madera descrita en la figura No. A-1, este sistema también puede ser usado para olote de maíz y cascarilla de arroz en este último caso, se puede inyectar directamente.

Para enunciar este análisis deben conocerse las propiedades energéticas de cada material.

El poder calórico superior (PCS) de la madera secada al horno se puede estimar en 19 646 KJ/Kg.

El cuadro No. 4 muestra la situación actual en lo referente a la disponibilidad de residuos forestales de aserraderos que pueden ser un potencial para la industria cementera.

El cuadro muestra claramente que la diponibilidad de residuos sólidos (costillas) es nula en el valle central en contraste radical con la zona de San Carlos, en menor esacala se presenta la zona de Limón. Los residuos finos si presentan disponibilidad y aunque la cantidad no es grande la cercanía a la planta (INCSA) hacen a este residuo un material bastante aceptable para sustitución, aunque sea en pequeñas cantidades.
Es claro que este material está usualmente húmedo, ya sea el que se encuentra en las tolvas de los aserraderos o el que se ha botado por años y se encuentra almacenado, este último presenta contenido de humedad mayores.

Un muestreo llevado a cabo en este proyecto presenta que los contenidos de humedad de estos residuos tienen una variación considerable ya que dependen del tiempo que las trozas de madera hayan sido almacenadas en el patio. Para efectos de cálculo se ha escogido un valor riguroso de 45% CH base verde.

VI Aspectos Técnicos de un Plan de Abastecimiento de Aserrín Y Virutas

El transporte es un rubro sumamente importante y altamente incidente en el costo total de la energía. Para efectos de determinar la factibilidad económica se presenta un plan de abastecimiento de aserrín virutas hacia la Industria Nacional de Cemento, el cual ha sido elaborado en conjunto con transportistas por lo que los precios, rutas y alternativas son reales y prácticas por lo menos a la fecha (nov. 83).

En primer término se modificó por los datos de disponibilidad el volumen y peso de los vehículos. Esta modificación es posible mediante la negociación y la contratación de los residuos con cada uno de los aserraderos.

El tipo de transporte de acuerdo a la capacidad de los vehículos se propone de acuerdo al cuadro A-5 con los costos anotados allí.

Se considera necesario cambiar el tipo de vehículo de furgón a tandem con carreta para las zonas de San Carlos y Limón, ya que el acceso y disponibilidad de residuos en los aserraderos permite con mucho mayor factibilidad el uso de tandeo y no del furgón. Otra ventaja del uso de carreta es que pude (disponer) dejarse cargando en un aserradero, mientras con el tandem se carga en uno o dos aserraderos hasta llegar a la carga completa. Las dimensiones del cajón para el tandem y la carreta se muestran en el cuadro No. A-6.

Este mismo tipo de transporte, mediante el uso de carreta, pude ser usado en todas las zonas por su disponibilidad de operación y carga en los

diferentes aserraderos.

CUADRO A-1

ESTIMACION DE LA INVERSION

		miles de ¢ ¢ x 10^3
1	Equipo	
	1.1 Quemador para madera	10
	1.2 Ventilador	90
	1.3 Ciclón	120
	1.4 Exclusa	70
	1.5 Alimentador (reacondicionamiento)	100
	1.6 Exclusa doble (válvula rotatoria)	150
	1.7 Triturador usado (30% del valor nuevo)	550
	1.8 Silo/ciclón	250
	1.9 Ventilador	90
	1.10 Exclusa	70
	1.11 Tubería	80
	1.12 Picadora de madera	3200
	1.13 Aislante	300
	Sub Total	5080
2	Instalación (16% de lo que cuesta el equipo)	800
3	Instrumentación (6% de lo que cuesta el equipo)	300
4	Instalación eléctrica (8% de lo que cuesta el equipo)	400
5	Gastos de construcción y contratistas (12% de lo que cuesta el equipo)	600
6	Imprevistos (10% de la inversión total)	500
	T O T A L	7680

CUADRO A-2

CANTIDADES, COSTOS Y AHORROS RELATIVOS AL BUNKER PARA LA INDUSTRIA NACIONAL DE CEMENTO

Area de Colección	Aserrín toneladas secas disponibles/año	Costos de transporte por GJ (¢)	Otros costos[2] por GJ (¢)	Ahorro total por GJ (¢)	Ahorro total por GJ ¢ x 10^6
Cartago	756	12.75	15.25	129.0	1.75
San José	1,320	26.25	15.25	115.50	2.73
Alajuela/ Heredia	860	32.50	15.25	109.25	1.68
SUBTOTAL CENTRAL VALLEY	2,936	24.50	15.25	117.25	6.16
Limón/ Siquirres	1,660	89.50	15.25	56.25	1.67
San Carlos	2,750	85.50	15.25	56.25	2.77

1- 17.9 GJ/ton material seco al horno.

2- Incluye ¢100 por tonelada humeda (a 45% de contenido de humedad) y ¢50/ton de costos de intermediarios.

3- Bunker a ¢ 6/litro o ¢ 157/GJ menos costo de transporte y otros

CUADRO A-3

TRAYECTORIA DE PRODUCCION DE INCSA

AÑO	PRODUCCION TONS	ENERGIA/PRODUCTO KJ/KG DE CLINKER
1980	408 000	4 213
1981	400 000	4 230
1982	305 000	4 171
1983	187 000	3 607

CUADRO A-4

SITUACION DE RESIDUOS FORESTALES

Zona de Residuos	Kms de ** la planta (promedio)	Residuos * sólido tons/día	Residuos * finos tons/día
San Carlos	154	108	14,0
Cartago	10	---	5.5
Alajuela	59	---	2,7
Heredia	50	---	3,0
San José	41	---	8,8
Guápiles	160	---	6,3
Guácimo	145	---	1,5
Siquirres/Limón	130	5	5,0

* Disponibles (11-83)- Suponiendo una densidad aparente $300 \frac{kg}{m^3}$

** Distancias incluyen movilización en la ciudad.

CUADRO A-5

LUGAR	COSTOS	TIPO TRANSPORTE	TONELADAS
Cartago	¢ 1.000	camión sencillo	8
San José	¢ 3.000	Tandem	11
Alajuela y Heredia	¢ 3.750	Tandem	11
Limón y Siquirres	¢ 15.000	Tandem con carreta	19
San Carlos	¢ 16.000	Tandem con carreta	19

CUADRO A-6

VEHICULO Categoría	DIMENSIONES (metros) A	L	A	CAPACIDAD	TONELAJE
Tandem	2.5	6.7	1.8	30	9-11
Carreta	2.5	6	1.8	27	7-9

ALIMENTACION DE MADERA A UN HORNO DE UNA FABRICA DE CEMENTO

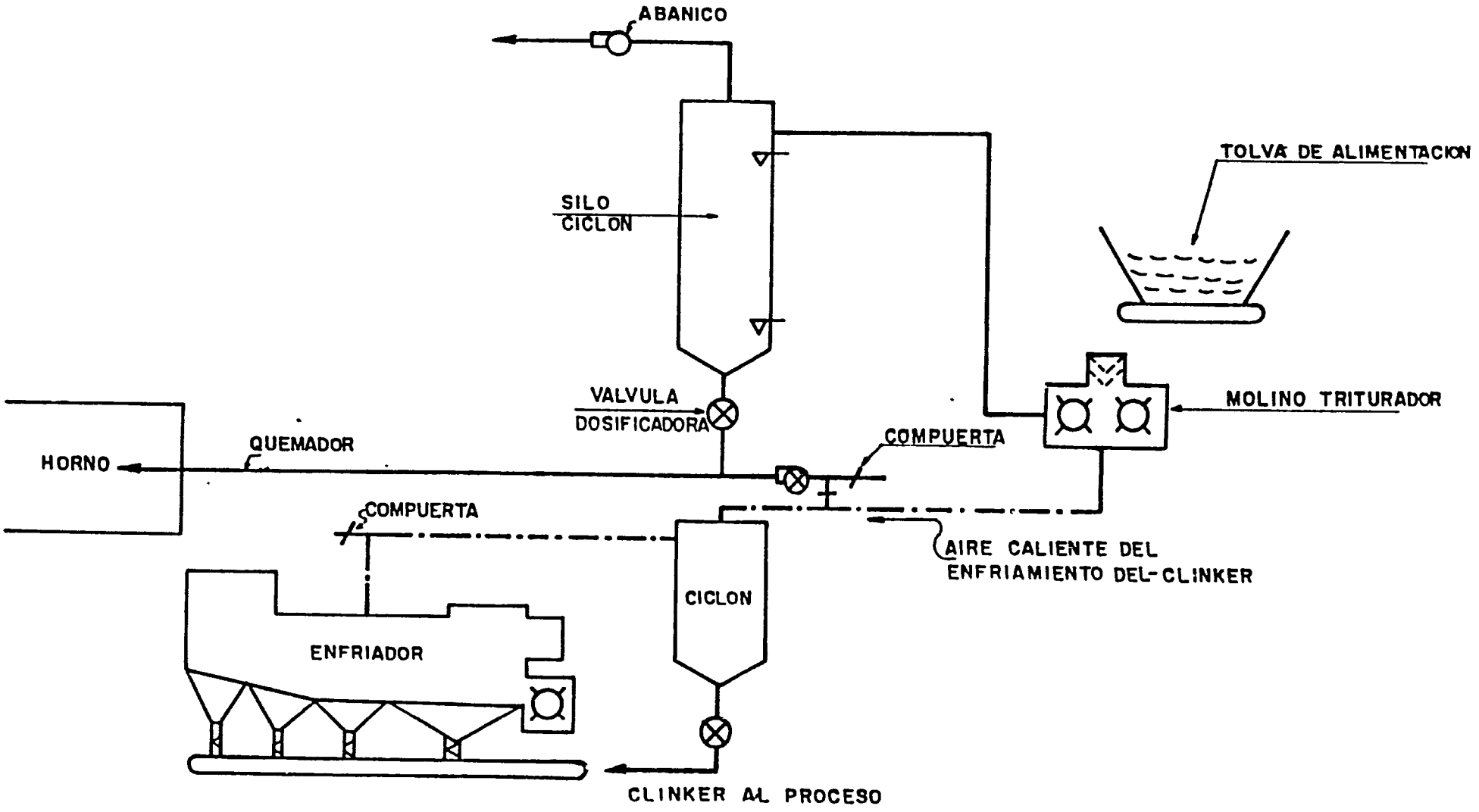


FIGURA A-1

RECORRIDO DE LOS DIFERENTES ASERRADEROS
DEL VALLE CENTRAL HASTA CARTAGO.

(RECOLECCION DE ASERRIN)

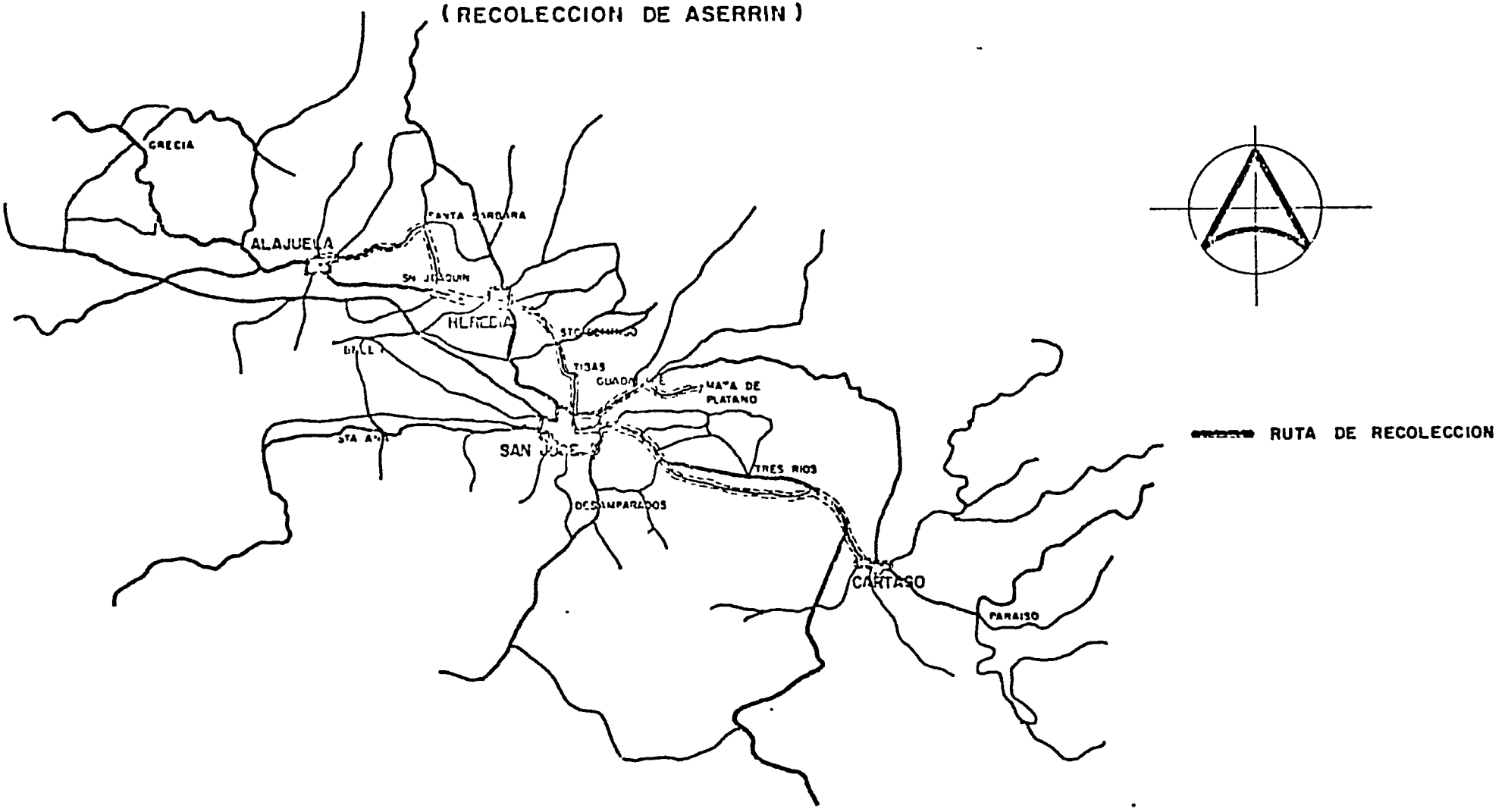


FIGURA A-2

SUSTITUCION DE DIESEL EN UNA PLANTA DE SECADO DE EL CONSEJO

NACIONAL DE PRODUCCION - GUACIMO -

1. Conclusiones del Análisis.

El caso analizado aquí es para una única planta en el país que seca maíz el cual es recibido en mazorca. La planta pertenece al Consejo Nacional de Producción (CNP) y se localiza en Guácimo de Limón. Esta planta produjo cerca de 80.000 toneladas de maíz seco en la cosecha de 1982/83, dejando cerca de 3000 toneladas de olote de maíz a aproximadamente 25-30% de contenido de humedad, el combustible consumido fue de 169.000 litros, y la planta pagó para deshacerse del olote.

Se decidió basar el análisis de sustitución en esta planta usando un sistema de gasificación desarrollado localmente por las siguientes razones.

- No existieron costos confiables en unidades extranjeras (fueron gasificadores o precombustores); además de que ninguna garantizaba a niveles comerciales que pudieran trabajar usando olotes de maíz.
- Los olotes de maíz presenta un material listo para gasificar y un gasificador corriente ha estado trabajando y energizando un motor diesel a base de olotes como combustible. El ingeniero que diseñó esta unidad estuvo en Costa Rica en Noviembre de 1983 y de hecho sirvió como consultor para el proyecto de gasificación de la planta de Guácimo.
- Un gasificador prototipo corriente ha sido construido por el equipo de este proyecto, en parte para obtener una base para estimado de costos de equipo importados y locales de lo cual se menciona en el volumen I.

El gasificador prototipo fue probado en forma satisfactoria en períodos cortos con olote de maíz hasta que la tolva de alimentación se expandió, esta modificación además del tamaño de los olotes de maíz conllevaron a problemas en el flujo del material. Las adaptaciones en el diseño fueron hechas bajo las experiencias de Tanzania para evitar estos problemas. Un sistema de alarma basado en la temperatura de gas de salida podría haberse usado.

La unidad resultante se describe posteriormente en este reporte. Esta tiene un salida de 1.25 GJ/hora y podría ser adaptada a una de las cuatro secadoras en la planta. Un estimado de los costos instalados de la unidad se muestra en la tabla B-1. Estos estimados representan un modelo comercial hipotético y asume que un primer prototipo del equipo ha sido instalado y trabaja perfectamente; con el propósito de que los costos reflejen la instalación de una unidad comercial a instalar en Guácimo o en cualquier otra planta. Sin embargo la primera unidad deberá ser tratada como un experimento demostrativo y podría ser más costoso principalmente debido a:

- mayor supervisión de ingeniería y asistencia técnica permitiendo asegurar una exitosa puesta en marcha y monitoreo.
- la necesidad de instalar un sistema transportador de olotes y que deba cargarse los costos a una unidad en vez de dos.
- una previsión adecuada para imprevistos.

Vamos a asumir que cada una de las categorías en el cuadro B-1 se duplica,

lo cual incrementará el costo de la unidad en ¢ 208.000. A un costo total instalado de ¢ 900.000 [1]. El cuadro B-2 presenta los estimados de un simple período de pago para los dos casos. El primero es el "prototipo experimental", el cual usa un rango de costo de ¢ 900.000 a ¢ 100.000, tiene un período de pago simple de 1.21 a 1.34 años. Este período de pago simple ingnora los costos de capital invertidos hasta que estos han sido pagados con 20% de tasa de interés lo que representa ¢120.000 para el caso 1 ¢ 70.000 para el caso 2. En el caso anterior esto podría incrementar el período de pago por cerca de 0.1 año. El período de pago simple para el caso 2, sistema comercial, es de 0.72 años o cerca de 0.79 años permitiendo un interés al capital invertido.

Un factor importante en los costos de operación del sistema es de mano de obra, debido a que un sistema de alimentación manual de combustible ha sido escogido y requiere un operador a tiempo completo mientras la unidad está operando; la escogencia del sitema ha sido hecha para simplificar el sistema. El operador podría ser capaz de manejar varias unidades al mismo tiempo y esto es asumido en el caso del modelo comercial de tal forma que los costos son compartidos sobre dos unidades.

El relativamento corto período de pago, aún con el prototipo experimental siguiere que la sustitución debe hacerse tan pronto como sea posible.

---

[1] En particular esto implica un incremento permitido de impuestos ¢ 55.000.
Ingeniería, supervisión y asistencia técnica, ¢ 83.000.

La instalación de la primera unidad podría ser un interesante proyecto para la AID; lo cual podría conducir en un período bastante corto ahorros que podrían ser reinvertidos para financiar la conversión de la planta total y la segunda planta que exitirá. Al mismo tiempo que se sigue con la estrategia de usar una unidad diseñada localmente se incrementará la capacidad tecnológica local y se afinarán los estimados de los costos de fabricación local para ser comparados con los costos de las unidades importadas. El incremento en su capacidad técnica local tiene varias consecuencias.

- Esto proveé el embrión de una posible alternativa para importar paquetes tecnológicos comerciales, especialmente para algunas pequeñas unidades. Esto es una opción de "transferencia de tecnología", la cual tiende a reforzar la capacidad local de adaptar diseños;

- Esto proveé más contraparte especializada en Costa Rica, lo cual podría ayudar a reducir los costos y riesgos de transferencia de tecnología comercial.

- Esto proveé mejores bases técnicas para comercializar y negociar transferencia de tecnología.

Un atractivo final de el proyecto para realizar una sustitución es que en compensación AID podría obtener derechos para usar el exceso de olotes de maíz en otros proyectos. Esto representa un recurso potencial e interesante para otras aplicaciones.

En resumen la planta del CNP en Guácimo representa un lugar atractivo para una inversión en sustitución y un proyecto atractivo para AID, de tal forma que es claramente reconocido por todas la partes que existe un cierto elemento experimental en el proyecto, los recursos potenciales del CNP son tan altos que aún con la experimentación el proyecto es beneficioso.

Lo siguiente en este reporte es revisar en mucho más detalle la situación de la planta de Guácimo, estimar los flujos de materiales y descubrir las características de la tecnología incluyendo dibujos de ingeniería de la propuesta de adaptación.

II La Cosecha de Maíz

El maíz al igual que el arroz es un producto que se cosecha en muchas zonas del país, una vez cosechado debe procesarse. En este proceso se produce un residuo denominado olote de maíz, esta parte del informe se enfoca a la cuantificación y utilización de este residuo.

Existen dos cosechas de producción de maíz en la zona atlántica, una que se inicia de mayo a agosto, aproximadamente 3 meses efectivos de cosecha la cual es la más grande del año, y la otra de noviembre a febrero, en este caso también se estiman 3 meses efectivos de procesamiento del maíz.

De acuerdo con la información del Consejo Nacional de Producción (CNP) para el período de cosecha 1982/1983 la producción total bruta de maíz es de 81.197 toneladas métricas, grano húmedo, que corresponde a una producción neta (grano seco y limpio) de 71.532 tons.

El proceso del maíz comprende: (esquemáticamente se presenta en figura N°B-1)

a. Recibo del maíz verde.

b. Desgrane de la mazorca.

c. Secado del maíz.

d. Almacenaje, y

---

[2]C.N.P. Compendio Mensual Estadístico de las actividades de la División de Fomento.

e. Venta.

Este proceso se lleva a cabo únicamente en la planta de Guácimo. El CNP mantiene en Campo 2, cerca de Guápiles una estación de recibo de maíz en mazorca y procesa este hasta el punto del desgranado, luego el grano verde se traslada al Valle Central para el resto del proceso.

En el desgranado es precisamente donde se obtienen como subproductos el olote del maíz.

El olote de maíz seco al horno, constituye 12% del peso húmedo de la mazorca. El poder calórico superior es de 16 511 KJ/Kgr en base seca.

El maíz se seca industrialmente por medio de flujo de aire caliente, a temperaturas entre 80°C y 90°utilizándose diesel como fuente de energía. El tipo de maquinaria es variado ya que existen secadoras tipo "batch" y secadoras contínuas siendo estas las más nuevas. No se conoce que existan plantas de secado de maíz particulares por lo que este estudio se enfocará en las plantas del Consejo Nacional de Producción y en particular en la planta de secado de Guácimo; aunque existen planes de instalar otra planta de secado, también por el CNP en Guápiles a 15 Km de distancia, este proyecto está en la etapa de diseño.

Los pequeños productores de maíz lo desgranan por medio de máquinas accionadas manualmente y la mayor parte de estos agricultores desgranan de forma manual. Esto hace que los residuos se produzcan totalmente diseminados, normalmente estos residuos presentan un problema y son eliminados, algunos los usan como combustible único y a veces mezclado con le-

ña, otra pequeña porción se usa como relleno de alimento de ganado, se muele y se mezcla con el producto nutritivo.

El olote de maíz tiene una densidad aparente de 200 Kgr/m^3 a un contenido de humedad de 9%[2]/. El porcentaje de cenizas es de 1.5% y una composición química típica es de 47 C, 10 H_2, 43% O_2 . [3].

III Planta de Guácimo

La planta de secado de maíz en Guácimo, localizada a 140 km de San José, es una de las más importantes plantas de secado del Consejo Nacional de Producción (CNP). Tiene una capacidad de secado, (de acuerdo con los administradores) de 15 ton/hora.

El maíz llega a la planta proveniente de la mayor parte de la zona atlántica con una humedad promedio de 28% base húmeda, este se desgrana y se deposita en silos, de aquí pasan a las secadoras donde la humedad se reduce a un 13% de promedio, para ser almacenada en silos secos.

Dada la reducida capacidad de secado, la cual es mucho menor que la capacidad de desgranado, que tiene esa planta, mucho del maíz desgranado debe ser enviado a otra planta de secado del mismo CNP en el Valle Central.

El equipo con que cuenta esta industria especialmente secado se especifica en el cuadro N: B-3.

---

[3] Dato obtenido por métodos experimentales.

El cuadro No. B-3 presenta el gasto máximo de las secadoras Aeroglide y Mathews. Las primeras son secadoras columnares tipo depósito (batch) y las segundas son secadoras contínuas. Resulta extraño que las secadoras Aeroglide tengan un consumo superior a las Mathews siendo su capacidad bastante inferior. Debido a la importancia que este dato tiene para una eventual sustitución, se procedió a verificar la información a través de visitas y catálogos de las máquinas; la carencia de medidores de flujo de combustible individuales por secadora obstaculizó una información más real, asimismo al momento de efectuar este estudio la planta estaba parada y no se pudo hacer mediciones de campo. Personal técnico especializado del CNP colaboró ampliamente para corregir y corroborar los datos suministrados. Este informe recomienda fuertemente la medición de campo en las secadoras Aeroglide y Mathews aunque en estos últimos, los datos fueron confirmados por varias fuentes.

Como se explicó anteriormente, esta planta no posee la misma capacidad de secado que de desgranado, el secado se vuelve un "cuello de botella" en la cosecha mayor y parte del maíz en grano debe secarse en otra planta del C.N.P. La cosecha de noviembre a febrero es una cosecha pequeña, sin embargo es la más grande del país en la zona Huetar; la cosecha de marzo a agosto es la mayor y a medida que alcanza el pico de la cosecha se incrementa la jornada de trabajo hasta alcanzar las 24 horas/día y los 7 días por semana, aún así el maíz recibido sobrepasa la capacidad de secado y este se debe enviar a otro lugar para ser secado, esto aproximadamente ocurre de finales de junio hasta mediados de julio.

El cuadro No. B-4 muestra datos de las dos últimas cosechas.

La información del cuadro No. B-4 muestra una producción de olote de maíz de 3005 toneladas, de acuerdo con el proceso el olote se genera en la desgranadora y se envía a un depósito y de ahí por medio de camiones se lleva al botadero municipal a un kilómetro de distancia. El sistema de transporte para acarrear el olote lo contratan a terceros, como es lógico el valor de los fletes es función directa del combustible y actualmente al costo por ton-kilómetro es bastante alto. En la última cosecha se pagó a ¢ 126/Ton y se espera un incremento brusco para cosechas futuras. Para dar una idea de la magnitud de la cantidad de olote, se tienen dos camiones trabajando constantemente para deshacerse de este residuo.

El costo de secado es bastante considerable ya que el gasto de diesel en un promedio es de 21,32 litros de diesel/ton de maíz seco (13%), esto representa ¢ 400, 81/ton de maíz seco únicamente en combustible y un gasto de combustible anual de ¢3 171 256,20.

Se estima que el costo de secado es un 65% del costo total de secado, esto equivale a un costo de secado de ¢ 616,63/ton de maíz seco. Como se ve el peso del combustible en el costo total de secado es bastante considerable y cualquier alteración en el precio del diesel incrementaría el precio de maíz en el mercado nacional, y por otro lado una reducción en el precio del combustible o cualquier sustitución parcial o total incidiría beneficiosamente en el precio del maíz en el mercado nacional. Como no es tan factible reducir el precio del diesel los esfuerzos deben dirigirse a la

sustitución parcial o total del diesel, en el secado del maíz.

Hasta ahora no se han reportado esfuerzos aquí en Costa Rica por usar el olote como fuente de energía y así sustituir el diesel, de acuerdo con las investigaciones llevadas a cabo, el secado que se hace por medio de combustión directa puede presentar problemas cancerógenos especialmente cuando no se tiene combustión perfecta. Métodos indirectos de calentamiento de aire podrían obviar este problema, aunque es lógico que se obtendría una disminución en la eficiencia hay que recordar que la materia prima es totalmente gratis, además de que con un buen diseño pueden obtenerse altas eficiencias.

Otra forma de utilizar el olote del maíz es gasificándolo, con lo cual se obtendría un gas combustible que bien puede ser quemado y así substituir el diesel.

Las experiencias piloto aquí en Costa Rica, llevadas a cabo por personal que trabaja en este campo, demuestran la posibilidad técnica para obtener gas combustible del olote de maíz.

Como se sabe el gas producido sale a alta temperatura, aproximadamente 500°C y una instalación conveniente podría tomar ventaja de este calor sensible, el cual resultará en un aumento de eficiencia del sistema de hasta un 85%, un esquema de esta se muestra en figura No.B-2.

Aunque las pruebas en Costa Rica no muestran cuál es la composición química del gas de salida, se sabe que existe variación de acuerdo con el con-

tenido de humedad de la materia prima, entre más húmedo el olote menor será el contenido calórico del gas. Las pruebas nacionales se llevaron a cabo con olote traído del Consejo Nacional de Producción aproximadamente a un 28% (base húmeda) y los resultados de gasificación fueron bastante satisfactorios.

El siguiente análisis químico corresponde al gas producido con olote de maíz en otros países.[4]

	% por volumen
Monóxido de Carbono CO	21,7
Hidrógeno H_2	16,9
Metano CH_4	4,46
Bióxido de carbono CO_2	10,2
% de humedad del combustible	11% (B.H)

Para efectos de comparación se presenta aquí una composición típica de gas de virutas de madera.

---

[4]A. Kaupp, J.R. Cross. "State of the art for small scale gas producer". USDA. Forest Service.

	% por volumen
Monóxido de carbono CO	29
Hidrógeno H_2	13,6
Bióxido de carbono CO_2	6,6
Metano CH_4	6,3
Contenido de humedad	10,8% (B.H.)

Siendo los tres elementos combustibles el CO, H_2 y CH_4 y se nota que el poder calórico del gas producto del olote de maíz es similar al de madera, ya que los gases que más contribuyen al poder calórico son el H_2 y el CO, y ambos tienen poderes caloríficos similares.[5]

No se ha encontrado en la literatura una curva que muestre la variación del poder calorífico del gas producido con olotes y el contenido de humedad, sin embargo se conoce que con experiencias en otros combustibles que la reducción del poder calórico del gas con la humedad del material es considerable, por ejemplo en madera con 0% OH el poder calorífico inferior es aproximadamente 5.434 KJ/m^3 y con un 50% OH alcanza solamente 3.971 KJ/m^3.

De acuerdo con el cuadro B-4 el gasto de diesel en la cosecha 82-83 fue de 158.704 litros, tomando el poder calorífico del diesel en 36.616 KJ/lt

---

[5]Zeledón M., Rodolfo. "Cascarilla de arroz como fuente de energía disponible en Costa Rica". Universidad de Costa Rica.

(8.760 kcal/litro), la energía total usada fue de 6.177.265 MJ (1.477.814 Mcal). Manteniendo la eficiencia de un sistema de gasificación en 85%: la energía requerida en una cosecha similar es de 7.267.370,58 MJ (1.738.605,4 Mcal). Usando olote de maíz como fuente de energía se requerirían 560.840 Kgr de olote de maíz; (561 tons). En el cuadro N. B-4 se observa que la cantidad de olote producido es de 3.005 tons, esto significa que la cantidad de olote para secar toda la cosecha es el 18,7% de la producida en la planta de Guácimo.

Este porcentaje indica que aunque se pueda ahorrar el diesel, siempre se tendría que gastar dinero en deshacerse del olote, en una cantidad de 81,3%, lo cual significa 2.443 tons. La cantidad de energía que se botaría es bastante considerable, lo que obliga a pensar en una forma de cómo aprovecharla; la demanda de energía a nivel industrial en esa zona es realmente baja y casi nula, además la densidad del olote es muy baja y esto lo demuestra el actual destino de este residuo.

Una industria secundaria que puede surgir a partir de ese residuo es la industria del carbón de olote. Las pruebas nacionales llevadas a cabo en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, muestran la posibilidad de hacer carbón de olote con un alto valor calorífico, (25.000 KJ/Kgr, Poder Calórico Superior) este carbón podría ser "briqueteado" y transportado a las zonas de demanda como por ejemplo el Valle Central.

Las pruebas de carbonización de olote de maíz llevadas a cabo en Costa Rica no han concluído y todavía no se tienen rendimientos propios de este

producto. Si estos rendimientos son similares a los de la madera, es decir aproximadamente un 25% del peso original y un 50% del volumen original, esto significa que en Guácimo se pueden obtener 610 tons. de carbón de olote. Durante este proceso se pueden recuperar los alquitranes mediante una pequeña inversión adicional, los cuales se se estiman en 488 tons. de alquitranes o aceite pirolítico. Los alquitranes son aceites combustibles y en el caso del alquitrán de madera se pueden alcanzar poderes calóricos superiores del orden de 25.080 KJ/Kgr[6].

La tecnología y procesos de carbonización para este residuo específico pueden ser similares a los usados en el carbón de madera; se puede decir que dos tipos de procesos pueden trabajarse con buenos resultados; usando el horno tipo colmena, el cual puede carbonizar grandes volúmenes de material y tradicionalmente usados para grandes producciones. Otro tipo de tecnología más apropiado es el sistema de retorta, el cual se puede construir de estañones, ocupando poco espacio. La producción bajo este sistema no es grande, pero es barato y rápidamente se pueden producir pequeñas cantidades.

Si se pretende montar una industria grande que procese todo el olote, la recomendación es usar hornos tipo colmena, de gran producción, pero para pequeños productores el tipo retorta es bastante aceptable.

De acuerdo con los rendimientos se pueden obtener 638 tons de carbón anua-

---

6 Estas son aproximaciones ya que no se tiene información del verdadero porcentaje por peso de aceite pirolítico que se produce cuando se carboniza olote de maíz.

les solamente en Guácimo, además de la recuperación de alquitranes que puede hacerse sin mucha inversión adicional, lo cual produciría 500 tons. de aceite pirolítico.

Anteriormente se había explicado que existe otra fuente de olote de maíz localizada en Campo 2, de acuerdo con las informaciones obtenidas el olote producido es del orden de 2.500 tons por año (cosecha 82-83), este lugar se localiza a 20 kms. de Guápiles por una excelente carretera, actualmente este residuo corre con la misma suerte que en Guácimo, todo se quema, lo cual también obliga a buscar una utilización factible. Si este producto se carboniza se harían 625 tons. de carbón más la recuperación de alquitranes que puede ser aproximadamente 450 tons.

A la fecha presente, en las zonas de Guácimo y Campo 2 se tiene una energía disponible de 1.263 tons de carbón de olote de maíz y 950 tons de aceite pirolítico por año.

La distribución geográfica de estos lugares hacen a Guápiles sin lugar a dudas idónea para usar la energía disponible, ya que está en el centro de las dos áreas de producción, además que en el futuro será instalada otra planta de secado de maíz.

Ya se ha explicado el objetivo de usar gasificación de olote de maíz para substituir los quemadores de diesel en el proceso de secado de maíz, haciendo referencia al mecanismo de gasificación, el cual se inicia al introducir los olotes al gasificador tal y como saldrán de la desgranadora, es decir al tamaño natural y contenido de humedad de la mazorca de maíz.

La primera etapa que se encuentra es la zona de secado, la cual se mantiene en un rango de temperatura de 150°C a 400°C, luego pasa a la zona de pirólisis donde se destilan los aceites de aquí en un rango de temperaturas de 400°C a 500°C. Sigue la zona de combustión, en el caso de que el gasificador sea co-corriente donde se llegan a alcanzar temperaturas de hasta 1.200°C, luego sigue una zona de reducción que se localiza a 800°C de temperatura. La cantidad de aceite pirolítico en la zona de pirólisis, en conjunto con el tamaño y cantidad de olote de maíz, provocan la formación de "puentes" en el sistema de gasificación. Los "puentes" se pueden definir como la unión del combustible entre sí, teniendo el aceite pirolítico como aglutinante, normalmente este fenómeno ocurre en la parte superior de la zona de pirólisis y la zona de secado, los resultados de estos puentes son que el material no baja y por lo tanto, el proceso de gasificación se detiene.

Especiales diseños de la zona de secado pueden evitar estos "puentes", también se logra un resultado favorable si la capa de material sobre la zona de combustión es de bajo espesor.

Este problema distorsiona la versión usual de las gasificadoras, de madera y carbón, ya que a mayores zonas de secado, mayor autonomía tiene la gasificadora. Hasta el momento en la literatura consultada no existen diseños de gasificadoras de olote de maíz para fuego directo y con alimentación contínua. Existe un modelo de gasificadora de olote de maíz para manejar un motor de combustión interna. La solución dada al sistema de almacenaje consiste en construir en forma de cono la zona de secado y no en forma

circular como tradicionalmente se había diseñado. Este diseño con algunas modificaciones podría servir para gasificadoras que trabajan a fuego directo, bajo presión y contínuas, debido a que el diseño anterior son para gasificadoras de depósito (batch), que trabajan a vacío y para mover motores.

En relación con las pruebas nacionales mencionadas anteriormente se hicieron con un gasificador de pequeña zona de secado y en todas las pruebas llevadas a cabo, no se percibieron problemas de "puentes", por otras razones la zona de secado se incrementó y los problemas de "puentes" se presentaron. Para el diseño de las gasificadoras del Consejo Nacional de Producción, se ha preferido escoger el sistema ya probado, con motores o sea el de zona de secado en forma cónica. El diseño se elaborará para las dos secadoras Mathews, únicamente motivado por el hecho que los datos de las secadoras Aeroglide son totalmente inciertos.

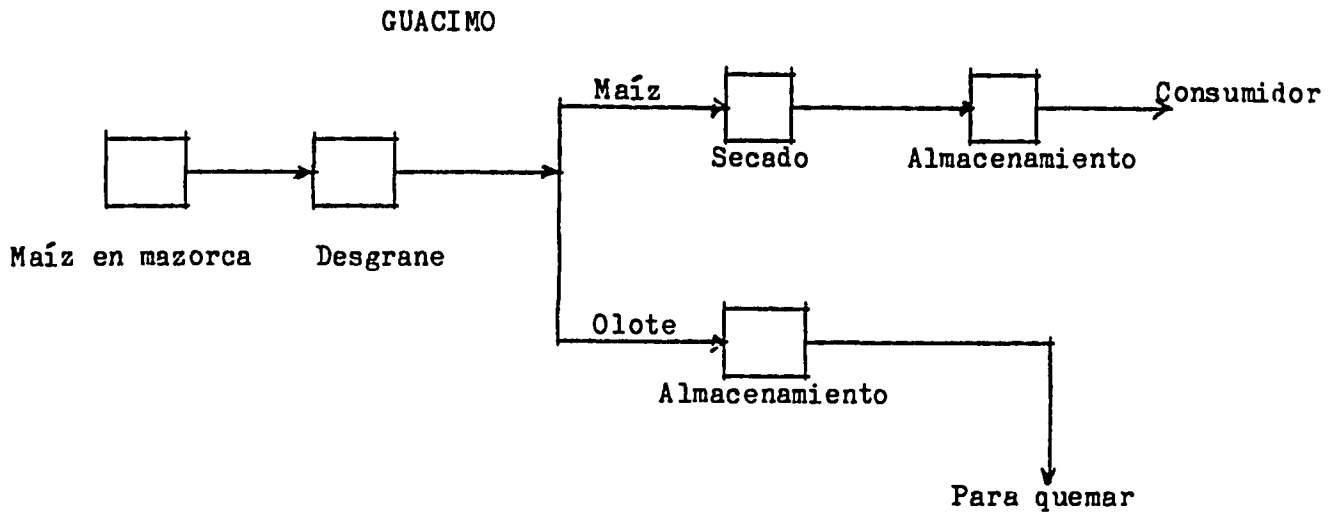
La figura B-3 muestra la distribución de planta y localización de las gasificadoras respecto a las secadoras en este caso se ha seleccionado la alternativa de un gasificador por secadora para permitir flexibilidad de operación que de acuerdo a los responsables de la planta es sumamente importante.

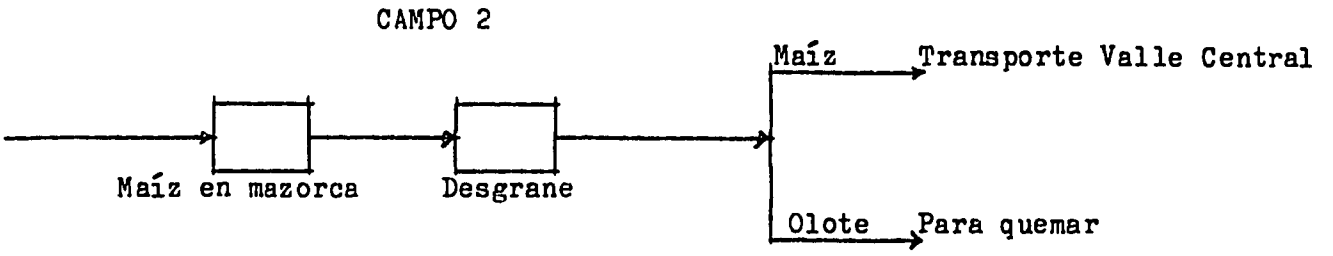
La figura B-4 muestra un esquema de la instalación así como los controles.

La figura B-5 establece las dimensiones del gasificador.

ESQUEMA DEL PROCESAMIENTO DEL MAIZ

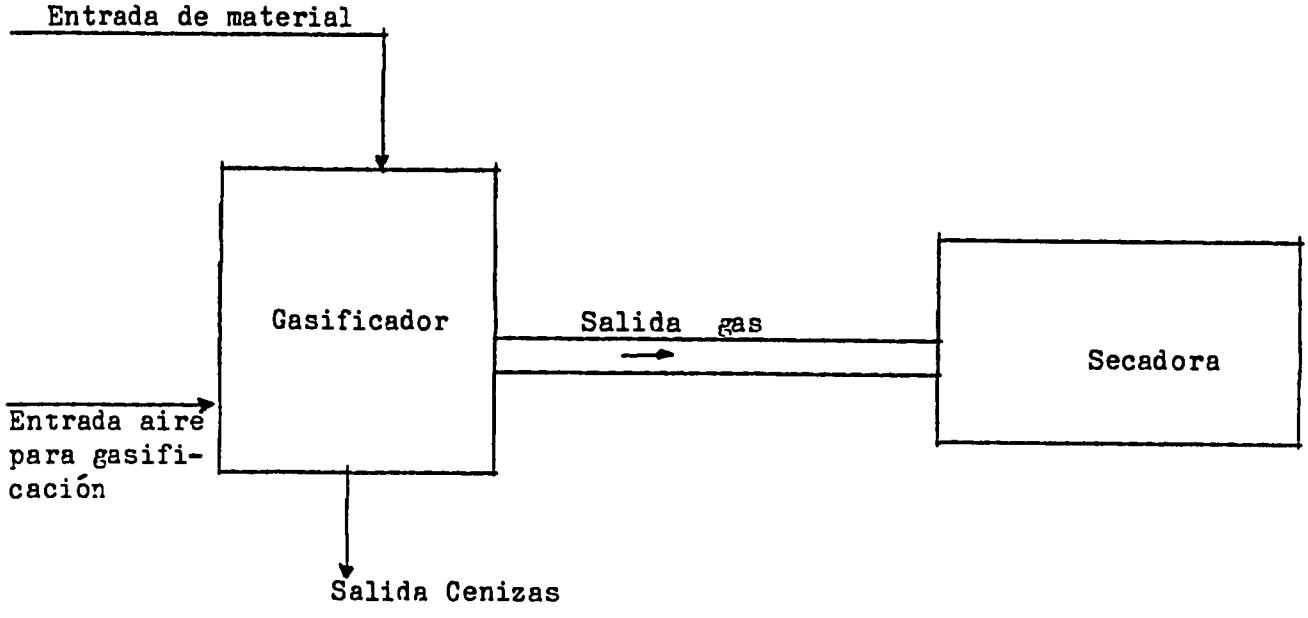
FIGURA No. B-1





SISTEMA DE GASIFICACION A SECADORA DE GRANOS

FIGURA No. B-2



CUADRO No. B-3

EQUIPO DE SECADO DE PLANTA GUACIMO

Secadora	Capacidad Ton/hora	Gasto Nominal Max. Lt/hora	Marca	Modelo
1	1,04	30,24	Aeroglide	DGB-350-Do
2	2,09	40	Aeroglide	61-CO-RH
3	5,70	30,24	Mathews	900 C
4	5,70	30,24	Mathews	900 C

F-3

CUADRO B-4

SITUACION ACTUAL PLANTA DE GUACIMO

Cosecha	Secado Tons. (13% CH)	Comprado mazorcas Tons.	Olote producido Tons.	Diesel gastado Lts.
1	1 960	3 061,1	551	54 236
2	5 952	13 633	2 454	114 468
TOTAL	7 912	16 694,4	3 005	168 704

Cosecha 1 Nov. 1982 - Febrero 83

Cosecha 2 Mayo 1983 - Agosto 83

C;F-4

CUADRO B-1

COSTOS APROXIMADOS DE INSTALACION DE UN GASIFICADOR

EN EL CNP - GUACIMO

Equipo y componentes de sistemas	colones
Faja transportadora [1]	70.000
Ventilador	29.000
Gasificador	248.000
Tubería	27.000
Aislamiento	5.000
Ciclón	12.000
Quemador	33.000
Plataforma Observación	13.000
Eléctrico	5.000
Monitoreo de temperaturas	24.000
Válvula de control con servomotor	38.000
Subtotal de Equipo	504.000
Instalación a 10% de los costos	50.000
del subtotal de equipo	554.000
Impuestos a 10% de los costos directos	55.000
ingeniería, supervisión y asistencia técnica a 15% de los costos directos	83.000
Total de costos de instalación	692.000

1) Asumir que los costos de transporte de material se divide en dos unidades.

C;F-5

CUADRO B-2

ANALISIS ECONOMICO SIMPLIFICADO DE ADAPTAR UN GASIFICADOR

EN LA PLANTA DE GUACIMO

	I Estimación para prototipo experimental (miles de colones)	II Estimación para unidad comercial (miles de colones)
Valor de combustible sustituido por año (64.800 litros disel/unit)[1]	1220	1220
Crédito por costos desechables no incurridos por año (244 toneladas/año)[2]	30.7	30.7
Beneficios totales	1250.7	1250.7
Menos costos operación total por año	292	505
- mano de obra [3]	(215)	(428)
- energía [4]	(8)	(8)
- matenimiento [5]	(69)	(69)
Beneficios netos por año	959	746
Costos instalados de la unidad	692	900-1000
Perído de pago simple	0.72 año	1.21-1.34 año

NOTAS AL CUADRO B-2

1) Se asume que las dos secadoras Mathews (son las únicas que serían sustituidas) operan a un promedio de 80% de capacidad y 2700 horas por año. 90 días se opera en un promedio de 20 horas/día mientras que los otros 90 dás se operan 10 horas/día. Precio del diesel ¢ 18.80/litro en (Octubre 1983).

2) 3.75 kg de olote de maíz son requeridos para sustituir y 1 litro de diesel, costos de deshecho son ¢ 126/ton.

3) La mano de obra se estima a ¢ 15.000 por hombre mes (definido como 6 horas por día x 22 días e incluyendo cargas sociales). Se asume que un operador siempre atenderá las unidades cuando estas están operando; también se asume que un operador trabajará horas extras durante 900 horas.
Finalmente se asume que los dos operarios son contratados por todo el año sin importar si la planta trabaja. En la unidad comercial se asume que los costos de mano de obra se dividen en don unidades.

4) 4.000 kwh a ¢ 2.00/kwh.

5) 10% de los costos comerciales instalados.

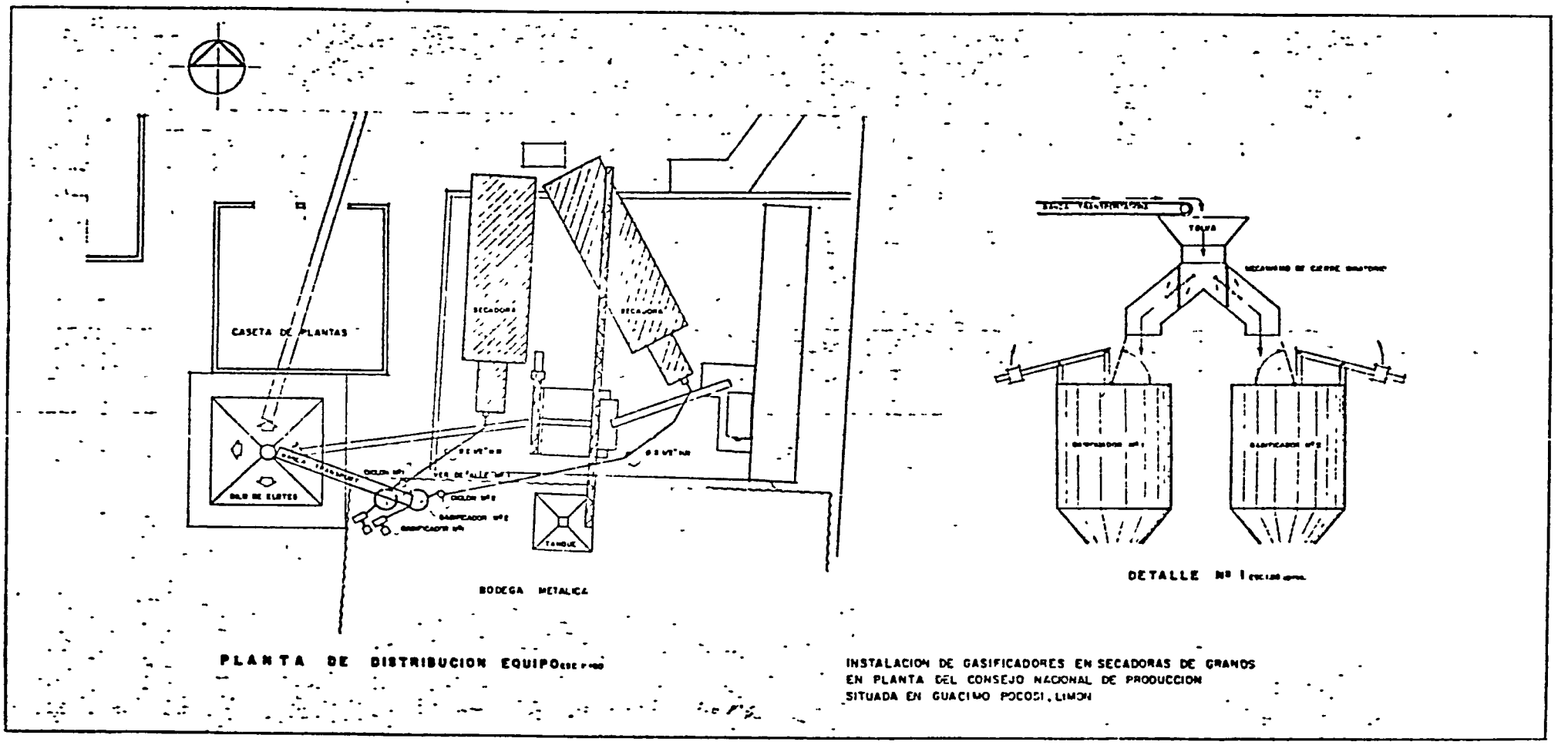
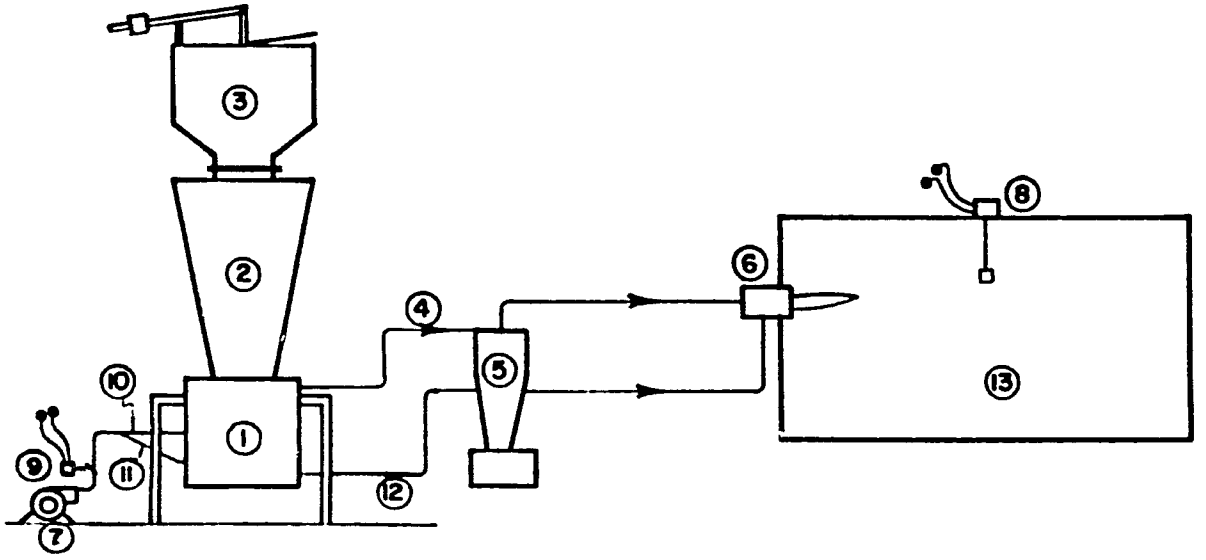

CASETA DE PLANTAS
SECADORA
SECADORA
TANQUE
BODEGA METALICA
TOLVA
DETALLE Nº 1
PLANTA DE DISTRIBUCION EQUIPO
INSTALACION DE GASIFICADORES EN SECADORAS DE GRANOS
EN PLANTA DEL CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION
SITUADA EN GUACIMO POCOSI, LIMON

Figura B-3

DIAGRAMA DEL SISTEMA DE LA GASIFICACION PARA UNA SECADORA DE MAIZ



ZONAS DE LA GASIFICADORA

1 — ZONA DE OXIDACION, COMBUSTION Y PIROLISIS
2 — ZONA DE SECADO Y ALMACENAMIENTO
3 — ZONA DE ALIMENTACION
4 — LINEA DE GAS CALIENTE (450°-500°C)
5 — CICLON
6 — QUEMADOR CON ARCO ELECTRICO PERMANENTE
7 — ABANICO AIRE DE COMBUSTION Y PRIMARIO
8 — SENSOR Y COMANDO DE TEMPERATURA
9 — VALVULA CON SERVOMOTOR PARA CONTROL DE TEMPERAT.
10 — LINEA DE AIRE DE COMBUSTION
11 — LINEA DE AIRE PRIMARIO
12 — LINEA DE AIRE PRIMARIO PRECALENTADO
13 — SECADORA MATHEWS PARA SECADO DE MAIZ

FIG. B-4

GASIFICADORA PARA INSTALACION EN LA SECADORA MATHEWS DEL C.N.P

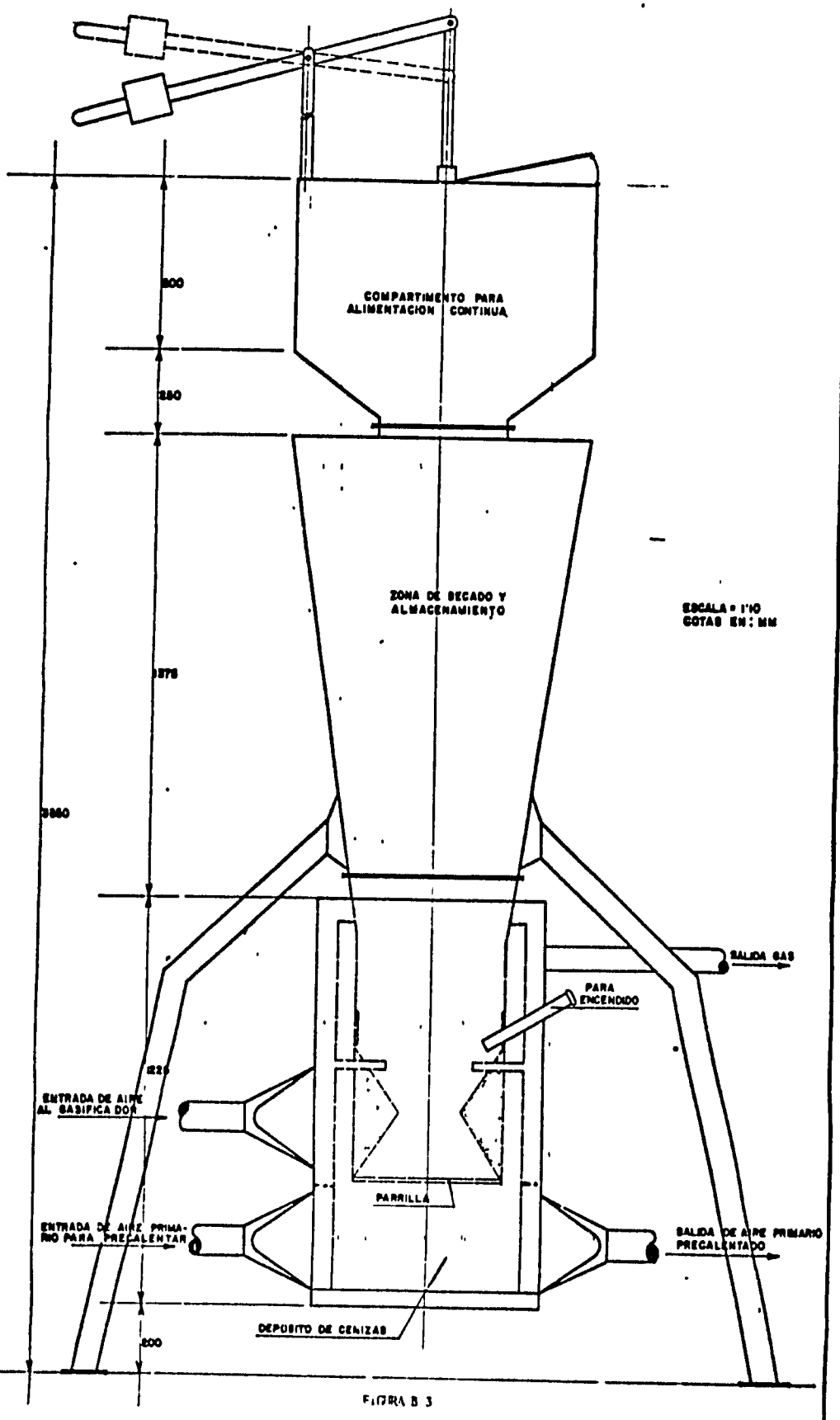


FIGURA B 3

SUSTITUCION DEL DIESEL EN LA CAJA COSTARRICENSE

DEL SEGURO SOCIAL -HOSPITAL DE GUAPILES-

I Conclusión del Análisis.

Este pequeño hospital se seleccionó como caso de estudio porque sus unidades de generación de vapor (2 calderas de 40 bhp) consumen diesel y el hospital está localizado en una zona rica en biomasa, ambos factores son determinantes y de primaria preocupación en este estudio.

El caso presenta varios problemas; primero; el sitio no presenta condiciones apropiadas para picado de madera; y la demanda de combustible biomásico es tan pequeña que no justifica la adquisición de un secador solamente para el hospital. Segundo, la importación de una cámara de precombustión capaz de usar aserrín, el cual es otra fuente abundante en la zona y disponible todo el año, es astronómicamente cara lo cual puede ser visto en la sección 6.2 del volumen I.

Se decidió proceder con un análisis basado en un gasificador el cual presenta condiciones similares al propuesto para el CNP de Guácimo, y puede trabajar con dos combustibles, carbón y olote de maíz, que están disponibles en la región y que podrían ser entregados sin un procesamiento en el sitio de uso final.

Los costos estimados de instalación de la unidad de gasificación son mostrados en el cuadro C-3, mientras que el cuadro C-4 resume la economía de la adaptación. El período de pago simple es cerca de un año, excluyendo el interés de la inversión antes que esta se pague, como se puede ver los costos de mano de obra son relativamente altos, igual o más

de un 40% de la inversión inicial. Esto se debe al hecho de que se asume que un operador estará dedicado a la unidad, mientras esta está funcionando. Todavía no es claro si este operador es necesario ya que la carga de trabajo adicional es modesta (alimentar el gasificador con menos de 200 kgs de material por hora).

Los diseños de ingeniería fueron finalizados antes de noviembre de 1983 especialmente para usar carbón y olote de maíz. Sin embargo un nuevo factor a considerar ha surgido en estos primeros meses del año 1984, y es la posibilidad de usar los virutas de madera proveniente del proyecto de electrificación rural de Horquetas de Sarapiquí el cual cuenta con todo un sistema de preparación de combustible sobrediseñado y con posibilidad de abastecer a terceros.

Dada la economía de los sitios y la posibilidad de contar con una excelente carretera como medio de comunicación la utilización de ese combustible se vuelve sencillamente ideal. La constancia del abastecimiento alrededor del año podría permitir un abastecimiento de combustible más barato que lo que se ha estimado, lo más importante se debe a que la disponibilidad de usar virutas secas abre la posibilidad de usar equipos automáticos o semiautomáticos en pequeña escala. En los sistemas semiautomáticos se debe tener un operador para la alimentación y probablemente es de un costo mayor que el contar con un sistema automático.

Lo que se ve aquí es un ejemplo práctico en pequeña escala de como un "centro de procesamiento" discutido en el Volumen I en el área pueda

simplificar los procesos de sustitución y probablemente mejorar su economía, la relación hospital Guápiles/Horquetas puede ser un proyecto de demostración a pequeña escala de un concepto mayor. Este caso es por lo tanto una demostración, más que un modelo de proyecto y así será analizado en su economía aunque en los diseños y la descripción detallada del mismo se ha tomado como un modelo de proyecto. Esta demostración podría ser bastante diferente del CNP en Guácimo el cual podría ser un prototipo de una tecnología local, no comercializada y en un contexto donde el abastecimiento de combustible no es un problema, la demostración en Guápiles podría:

- demostrar en pequeña escala comercial tecnología capaz de usar virutas de madera.

- demostrar la confiabilidad del abastecimiento en este caso con requisitos de contenido de humedad.

- Un sistema de abastecimiento de combustible que sea compacto y escencialmente automático.

El costo-beneficio de la sustitución podría alcanzar sin temor que conllevan los tres puntos anteriores, por ejemplo la alimentación de el combustible no necesita ser automático, sin embargo este criterio podría convencer y probar que un sistema de sustitución en pequeña escala y un sistema de manejo y abastecimiento de combustible podría ser atractivo para algunas industrias en el Valle Central, lo cual también mostraría a los industriales que no tiene que ser un beneficio de café para usar leña.

Tal demostración podría ser menos rentable en términos comparativos con una unidad local según se comenta en la siguiente sección. Pero por otro lado una "demostración comercial de equipo importado":

- Sería más confiable dado que son unidades comerciales.

- Daría una idea clara de lo que es posible a gran escala.

- Aún con altos costos incluyendo la previsión de asistencia técnica adicional, el proyecto demostrativo podría costar $ 70.000 y por lo tanto tener un simple período de pago de 2 años.

El tema de confiabilidad es importante en este contexto porque estamos tratando con un hospital. El abastecimiento de vapor no está en peligro ya que existe otra caldera que puede operar con diesel, la cual también trabaja en los períodos de mantenimiento de la caldera adaptada. Otra razón es que el administrdor del hospital no desea tener complicación con su planta de vapor (aún si ésta está ahorrando dinero), además de que muy pocos doctores tienen interés en calderas.

La necesidad del "usuario amigable" del nuevo sistema y reducir al mínimo los dolores de cabeza, son razones para adquirir un sistema más o menos automatizado de abastecimiento de material; en una planta industrial se podría usar mayor mano de obra que en este caso en particular. Además de que un sistema completamente automatizado podría ser más estético y más placentero. Sin embargo también los sistemas semiautomáticos con poca mano de obra deberán considerarse.

La demostración deberá basarse en una licitación abierta a los fabricantes. Ellos competirán sobre la base de garantizar cantidad características de combustible con referencia a la distribución de planta de la casa de máquinas del hospital y Horquetas; se debe especificar la infraestructura del transporte y características detalladas de los camiones usados localmente para acarreos. El proceso de licitación deberá ser cuidadosamente preparado para permitir que:

- Las licitaciones se fundamenten en una precisa y suficientemente detallada información para diseño (especialmente en el manejo de combustible y el transporte).

- Mantener los costos de transacción relativamente bajos, esto se puede lograr suministrando la información adicional básica para el diseño según se solicite por los participantes. Es importante recordar que muchos de los participantes potenciales son relativamente pequeñas compañías y no estña orientadas a la exportación, mucho menos tratar con la burocracia internacional.

Algunas compañías son muy serias acerca de la necesidad de tener asistencia en el país donde usarán su equipo. El costo de esta asistencia podría reducirse teniendo técnicas costarricenses e ingenieros en el proyecto de Horquetas como entrenamiento para este propósito. Estos individuos estarían mejor preparados para absorber la asistencia de los operadores de equipo. Este es otro bonito sinergismo entre la existencia del proyecto de Horquetas y el proyecto propuesto aquí.

La siguiente sección incluye detalle de la situación existente en el hospital y el sistema de adaptación que originalmente se propuso y sus costos se presentan en los Cuadros C-3 y C-4.

II Descripción Técnica

Este es un hospital pequeño, diseñado para 80 camas, localizado en la zona Huetar del país, específicamente en Guápiles.

Este hospital tiene dos calderas pequeñas que funcionan con diesel y se usan para abastecer sus necesidades de vapor, tales como lavandería, cocción, esterilización, etc. el cuadro N. C-1 refleja las características de éstas calderas.

Como se puede ver en el cuadro anterior solamente utilizan una caldera por año, alternamente.

De acuerdo con los registros que tienen en el hospital, el gasto anual es de 96.735 litros que transformados en colones a una razón de ¢18.80/litro (Oct-83) significa un monto de ¢1.818.616.

El Departamento de Mantenimiento de la C.C.S.S. ya había hecho trámites para cambiar el quemador diesel a quemador de bunker, siendo tres veces menor de precio, el diesel que el bunker, las perspectivas económicas parecen bastante buenas y podrían tener un período de pago bastante rápido. Existen algunos problemas internos a la caldera de aislamiento que deben corregirse, pero perdura la posibilidad técnica de hacer la modificación.

En la zona donde está localizado el hospital es una zona de oferta de combustible biomásico más que de demanda. Por esta razón se ha escogido el hospital de Guápiles como caso de estudio y se pretende ahondar en la posibilidad

de sustitucción.

La disponibilidad de residuos en la zona se acentuará en olote de maíz principalmente y en madera. La zona está rodeada por aserraderos y no existe un sobrante grande en los residuos sólidos de estas industrias, ya que mayor parte se usan para hacer carbón. la cantidad de carbón necesario para alimentar la caldera de este tamaño a través de un sistema indirecto es relativamente poco y existe seguridad que no había desplazamientos de mercados existentes. Por otro lado el uso de madera o carbón se hará unicamente cuando no hay olotes lo cual ocurre 6 meses al año.

El sustituir un combustible fósil por biomasa tradicionalmente involucra cambiar el generador de vapor. La relación de precios entre una caldera que queme diesel o bunker y una caldera que use biomasa es normalmente grande en favor de las calderas a petróleo, por lo que el aspecto económico imposibilita a muchas industrias hacer el cambio aún cuando tengan recursos biomásicos para usar.

En el caso particular del hospital de Guápiles de la Caja Costarricense de Seguro Social se ha escogido el sistema de gasificación para modificar la caldera a usar gas. Experiencias de este tipo ya se han llevado a cabo en Brasil, estados Unidos y otros países de Europa. Los combustibles a usar son olote de maíz según las cosechas que se produzcan y carbón. En el apéndice No. 1 se muestra los cálculos energéticos de material para el gasificador.

La figura N.C-1 muestra el diseño de la gasificadora para la capacidad calculada.

Los olotes estarán disponibles en esa zona en los meses de mayo, junio y julio, lo que es la primera cosecha, la segunda cosecha correspondiente a los meses de noviembre, diciembre y enero. Esta discontinuidad de las cosechas presentan un problema de abastecimiento al sistema propuesto, una solución al problema podría ser el almacenamiento del producto en la época en que no existe olote, desde un punto de vista práctico no es recomendable ya que la infraestructura necesaria es demasiado grande y costosa, por lo tanto se ha adoptado la idea de usar este recurso cuando se produzca y usar carbón de madera, abundante en el área, cuando no existe cosecha de maíz.

Los datos del apéndice No. 1 muestran que la cantidad de olote cuando el gasificador está trabajando a carga máxima es de 174 kg/hr asumiendo una humedad del olote de maíz de 25% C.H. en base húmeda.

Realmente esta cantidad de material no es constante a través del tiempo y dependerá de la variación de la carga durante el día. De acuerdo con los responsables del manejo de la caldera en el Hospital de Guápiles la demanda de vapor es muy alta de 5 a.m' a 12 p.m., que es cuando la lavandería funciona; de 12 p.m. a 8 p.m. la demanda baja aproximadamente a la mitad. Al no contar con instrumentos de medición por flujo de combustible o para medición del flujo de vapor se hace imposible determinar con exactitud la cantidad de energía consumida, estimaciones de los funcionarios del hospital señalan que en la mañana la caldera entrega una cantidad de vapor muy cercano al máximo posible.

La figura N.C-2 muestra la distribución de planta, para el sistema de gasi-

ficación, como se puede observar el sistema que se instalará en una área paralela al edicifico principal del hospital, donde también se preveé área para almacenaje de material. Dada la altura del gasificador y la no conveniencia de estar subiendo sacos o bolsas con combustible a una altura de 3 metros se decisión instalar un elevador que permita localidad en el manipuleo del material.

Uno de los objetivos de este estudio es economizar la demanda de combustible con la oferta del mismo en una forma económica, por eso se ha escogido el olote de maíz para este efecto como combustible principal y el carbón como combustible secundario. Si existiera abundancia de carbón y se usará este material todo el tiempo la gasificadora en sí tendría diferencias a la que se propone.

Una comparación entre gasificadoras de carbón y olote, puede presentar lal siguentes diferencias.

El recipiente de almacenaje es una gasificadora a carbón puede ser hecho de un material más delgado. El volumen de almacenaje es más pequeño dado el alto poder calórico del carbón lo que reduce el costo de la misma.

Los materiales de la zona de combustión de un gasificador a carbón deben ser más resistentes a las altas temperaturas generadas. Al estar casi libre de alquitranes el gas es más puro que el generado por otros materiales no carbonizados, además el gas contiene menos elementos corrosivos sin embargo, aumenta el contenido de polvo en el gas.

CUADRO C-1

CALDERAS HOSPITAL GUAPILES

Caldera	Marca	Modelo	Capacidad	Factor de carga 1/	Máximo Consumo lt/hr	Factor de carga 2/	Hrs/año
1	York Shipley	SPHV-40	627	62,5%	45,3	30%	5 475
2	York Shipley	SPHV-40	627	____	45,3	___	____

1/ Basado en tiempo

2/ Basado en combustible

CUADRO No. C-2

CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA UNA CALDERA GUAPILES

Horario Funcionamiento	Cantidad de[1/] Combustible diesel lt/hr	Cantidad de olote de maíz consumido kg/hr [2/]	Cantidad de carbón Carbón consumido[2/] kg/hr	Total diesel lt	Total olotes kg	Total carbón kg	Vapor producido kg/hr
Mañana[3/]	45,36	174	80	317,52	1 218	500	627
Tarde[4/]	22,68	87	40	181,4	696	320	313,5
Total	-----	---	--	497	1 914	830	-----

1/ Situación actual

2/ Situación propuesta

3/ Mañana= 7 horas trabajo

4/ Tarde= 8 horas trabajo

CUADRO C-3

COSTOS DE INSTALACION

Gasificador	275.000,00
Abanico	50.000,00
Tubería	21.000,00
Válvulas con servomotor	76.000,00
Aislante	10.000,00
Accesorios	21.000,00
Ciclón	16.000,00
Quemador	43.000,00
Elevador	75.000,00
Area de construcción 28 m^2	70.000,00
	657.000,00
Imprevistos 10%	66.000,00
Montaje 10%	66.000,00
Supervisión 15%	55.000,00
Instrumentación 10%	66.000,00
	954.000,00

CUADRO C-4

PERIODO DE PAGO SIMPLE PARA EL HOSPITAL DE GUAPILES CUANDO SE ADAPTA UNA CALDERA

	Miles de Colones
Valor del combustible ahorrado 1)	1728
Menos operación total	
- combustible (carbón y olote de maíz 2)	(246)
- mano de obra 3)	450
- energía 4)	12
- mantenimiento 5)	95
Ahorros netos por año	925
Costo de instalación	954
Período de pago simple	1.03 año

1) 95% de 96.755 litros de diesel consumidos anualmente en la planta si asume que es la sustitución.

2) Un medio de la biomasa se asume que sea carbón y la otra mitad olote de maíz. Siguiendo con los parámetros tomados:

	Sustitución (Kg/litro de diesel)	Tons por año	Costo por ton (colones)	Costo Total (colones)
Carbón	1.76	80.9	2,500	202,000
Olote	3.84	176.5	250	44,000

3) 2.5 operadores a ¢15,000 por mes (incluyendo cargas sociales)

4) 6000 Kwh a ¢2 por Kwh

5) 10% de costo de equipo

GASIFICADORA PARA MODIFICAR CALDERA 40 B.H.P USANDO OLOTE DE MAIZ EN EL HOSPITAL DE GUAPILES

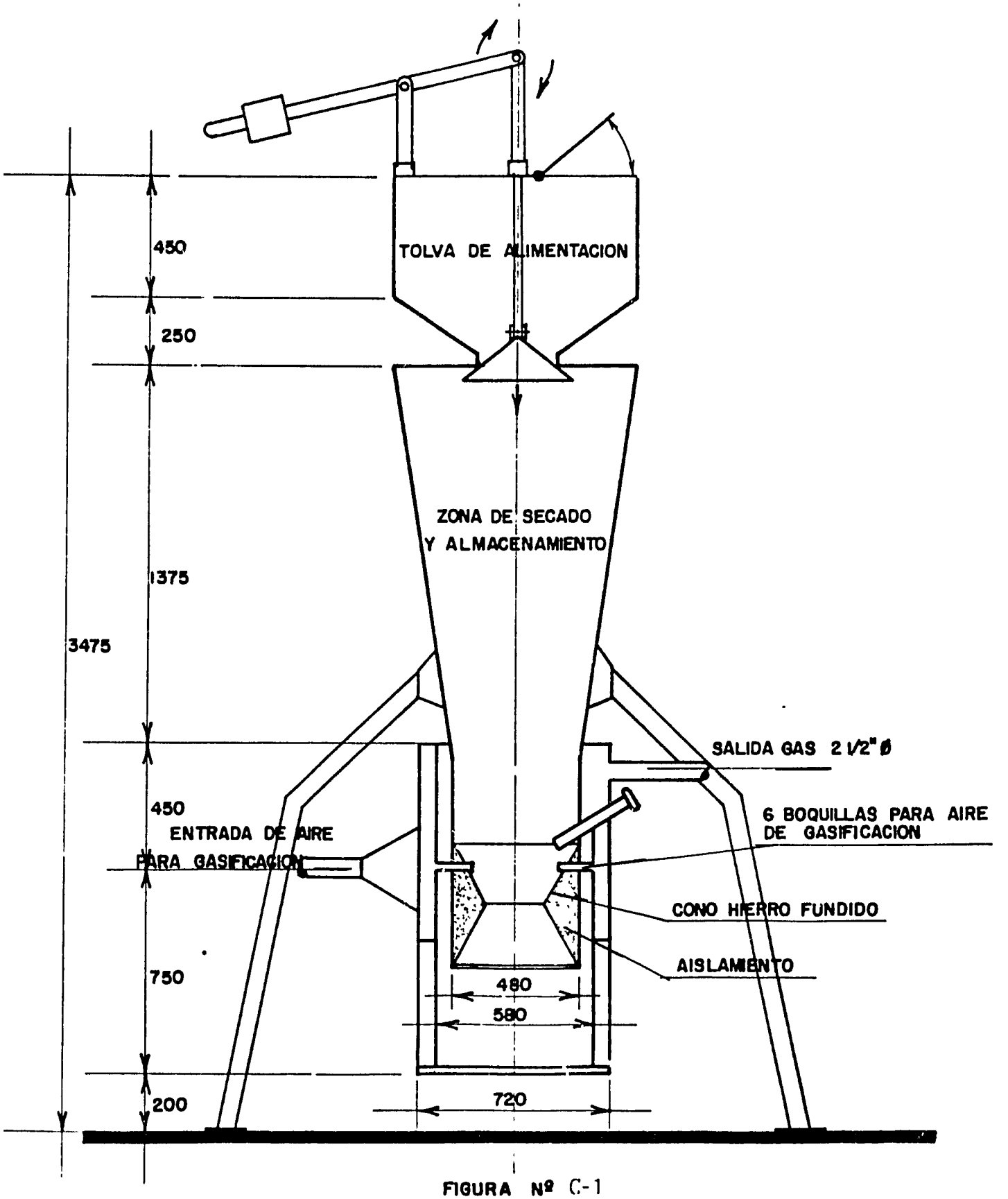


FIGURA Nº C-1
ESCALA 1:20

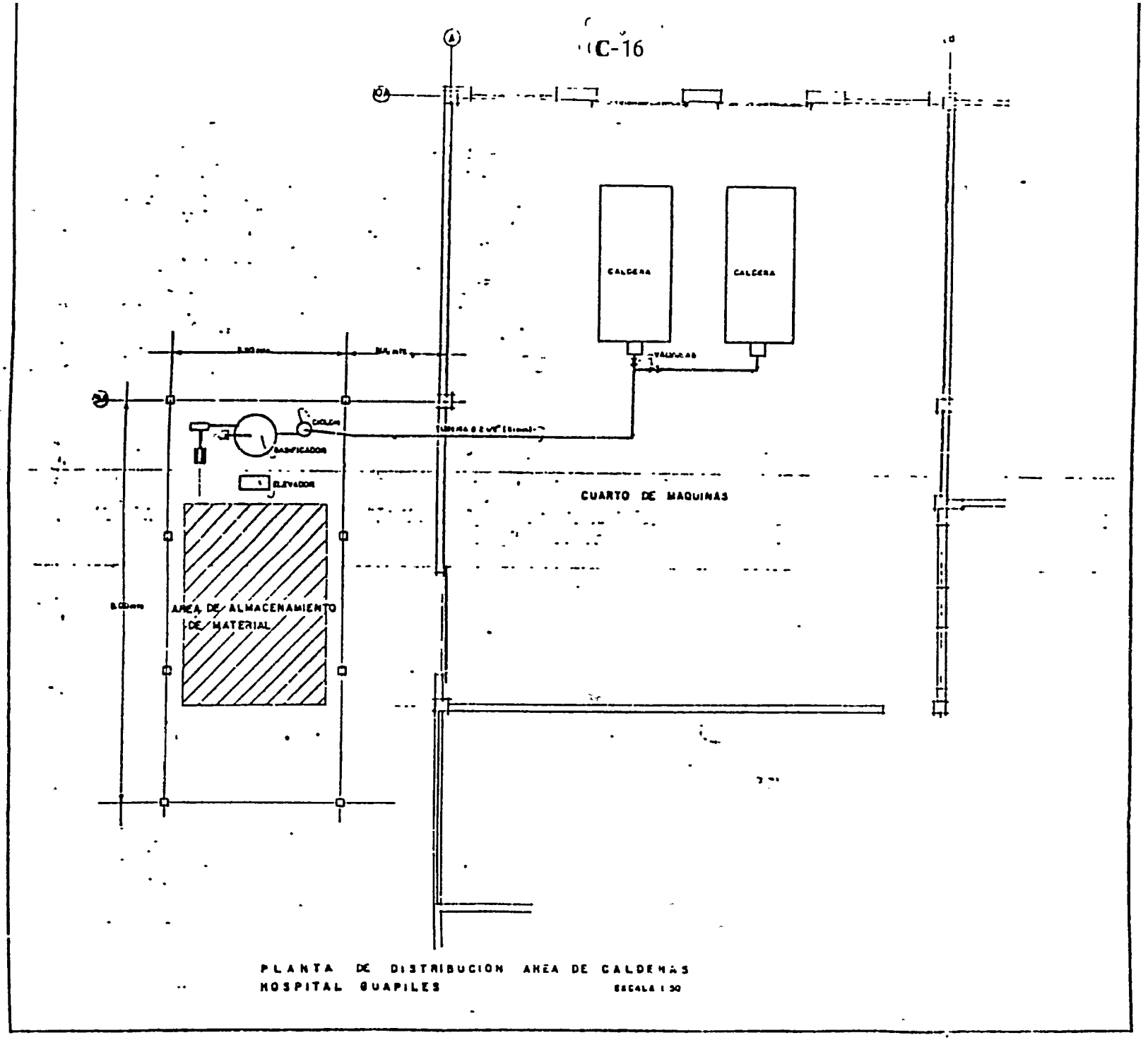
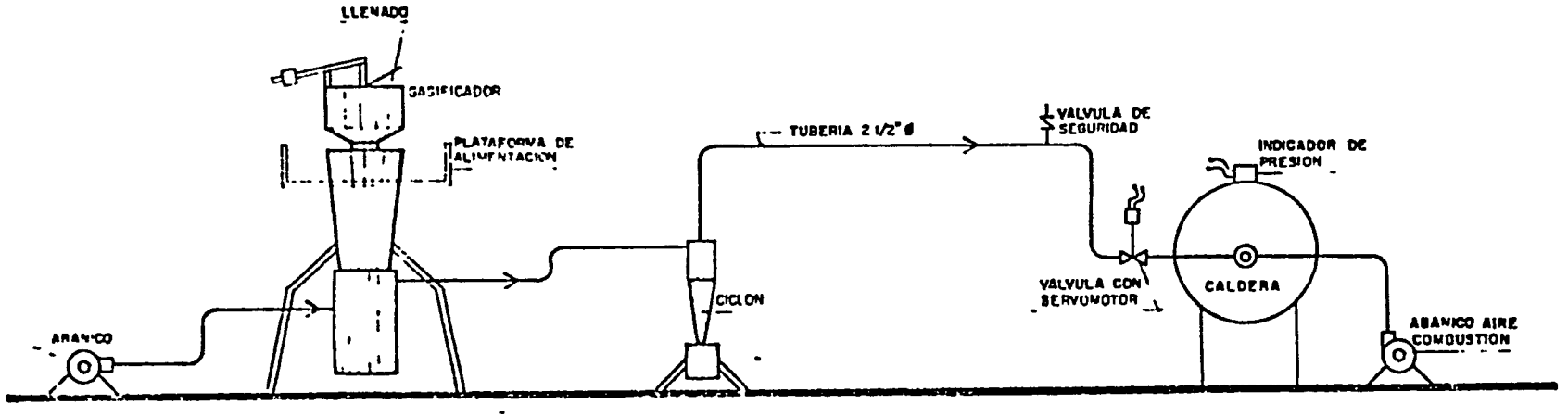

CALDERA
CALDERA
VALVULAS
CUARTO DE MAQUINAS
AREA DE ALMACENAMIENTO
DE MATERIAL
PLANTA DE DISTRIBUCION AREA DE CALDERAS
HOSPITAL GUAPILES
ESCALA 1:50

FIGURA C-2

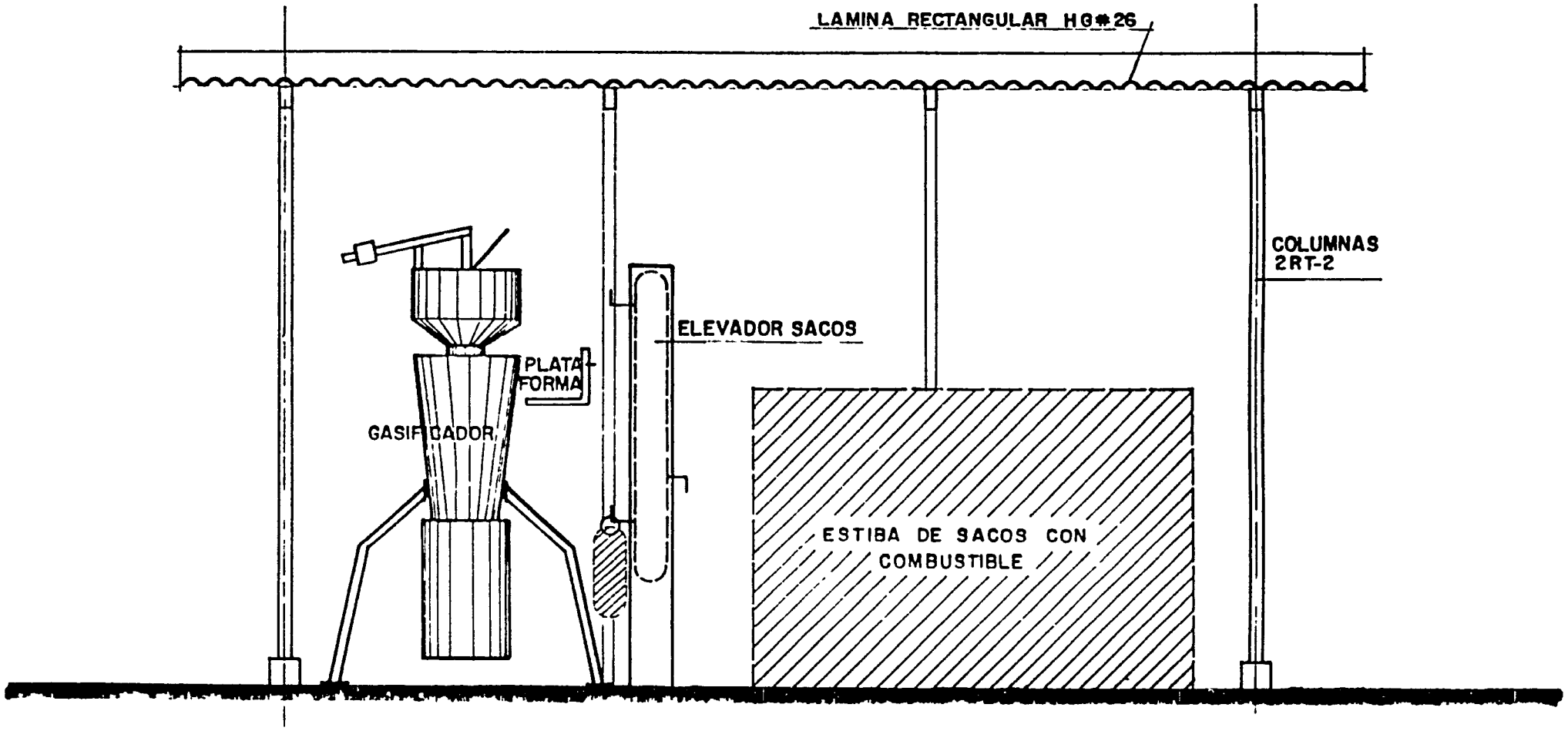
FIGURA Nº



PERFIL DE INTEGRACION ESC 1:50

FIGURA C-3

FIGURA Nº C-4



ELEVACION AREA DE ABASTECIMIENTO ESC. 1:50

APENDICE

Cálculo para el diseño de un gasificador a olote de maíz y carbón vegetal para el Hospital de Guápiles.

- Caldera 40 BHP (caballos de caldera), Modelo SPHV-40

  Presión de trabajo

  Uso de la caldera= 15 horas por día, 365 días/año

  Máxima demanda de combustible diesel= 45,36 litros

  Presión de trabajo= 8,16 kgf/cm^2

  Máxima producción de vapor= 627,27 kg/hr

  Poder calorífico superior del diesel= 9 158 kcal/litro= 38 281 KJ/litro

  Poder calorífico inferior PCI 8 579 kcal/litro= 35 862 KJ/litro

  Energía máxima consumida por la caldera (EM)= 162570N KJ/hr (basado en el PCI)

  Asumiendo el poder calórico inferior del gas en 4 600 KJ/Nm^3 de gas (Nm^3= metro cúbico de gas a 0° C y 760 mm Hg)

  Se asume un 12% CHv

El calor específico del gas a una temperatura de 350°C, que se supone que llega al quemado alrededor de 0,21 kcal/kg° C= 0,58 KJ/kg° C

Densidad del gas a 20° C y 760 mmHg es de 1,01 m^2/kgr

La masa del gas puede calcularse de la expresión

$$M = \frac{EM}{\frac{PCI}{D} + CpAT}$$

Esta expresión incluye el poder energético y el calor sensible donde:

M = flujo de gas

PCI= Poder calorífico inferior

Cp = Calor específico a presión constante

AT = cambio de temperatura a 350° C

Sustituyendo los datos anteriores en esa expresión la masas resulta ser 328 kg de gas por hora.

La densidad del gas a 20° C y 760 mmHg es de 1,10 kg/m^3
La cantidad de gas es de 324 m^3/hr

La magnitud del material que debe ser gasificado en el caso de olotes, suponiendo con poder calorífico inferior de 11010KJ/kg y una eficiencia de gasificación de 85% es de 173,82 kg de olote/hora (capacidad del gasificador 191 375 KJ/kg)

Para efectos de diseño se pretende incrementar el tamaño del gasificador a 200 000 KJ/kg

Las condiciones de consumo de combustible se incrementará hasta 181, 6 kg de olote/hora.

En épocas en que no existe olote de maíz se pretende usar carbón vegetal que es abundante en la zona. El poder calórico superior seco al horno es de 27 379 KJ/kg y el poder calórico inferior a 10% CHv= 24 200 KJ/kg. La cantidad de carbón es de 79 kilos/hora hasta un máximo de 32, 6 Kilos/hora (máxima capacidad de diseño).

SCOTT PAPER CO.

II Situación General

La Scott Paper Co. es una industria cuya actividad princiapl es la producción de papel "Tissue" para lo cual utiliza madera y papel de reciclaje.

Los consumos de energía son bastantes considerables especialmente en hidrocarburos y electricidad.

Los consumos de hidrocarburos en la industria se llevan a cabo en las calderas y en un quemador de diesel usado para el secado del papel.

El siguiente es un análisis de la energía gastada en las calderas, las cuales usan como combustibles bunker.

Calderas	Marca	Modelo	Consumo Máximo lt/hr	Consumo Normal lt/hr	# horas trabajadas	Factor Carga 1/	Factor carga 2/
1	Kewanee	H35-500-06	525	1309747	3 080	35%	28%
2	Kewanee	H35-500-06	525	1309747	3 080	35%	28%
3	Kewanee	H35-500-06	525	1309747	3 080	35%	28%
4	Kewanee	H35-500-06	525	1309747	3 080	35%	28%

1/ Factor de carga = $\frac{\text{horas de uso}}{\text{total horas en el año}}$

2/ Factor de carga = $\frac{\text{consumo/año}}{\text{consumo pico x 8760}}$

El quemador de diesel tiene una capacidad normal 3 667 500 $\frac{KJ}{hr}$ (875 000 kcal/hr). Siendo un combustible relativamente limpio el proceso de secado se lleva a cabo sin que existan problemas de contaminación en el producto terminado. El hecho de quemar diesel en un proceso industrial hace a esta industria un caso importante y al cual se le pretende hacer un estudio de preinversión.

Esta industria utiliza partículas de madera como materia prima para la producción de papel, así mismo tiene bosque propio y todo un sistema instalado para la producción de las partículas y transporte de las mismas. Los porcentajes de utilización en la fábrica depende del tipo de papel a manufacturar. En promedio se cortan 50 ha por año. En los últimos 2 años la empresa ha estado usando la especie forestal de nombre científico melina arborea que crece con bastante rapidez en la zona atlántica, la plantación está localizada en Matina de Siquirres y desde ahí se transporta la madera en trozas de diámetros mayores de 10 cm hasta Turrialba y para ser transportada luego hasta la planta de partículas localizada a 15 km de Turrialba. En este lugar las trozas son descortezadas, hechas en partículas e inmediatamente y por vía neumática "inyectadas" a los furgones para ser llevadas hasta la planta procesadora de papel localizada en San Antonio de Belén.

Otra especie forestal que usan es el Pinus Caribea o pino hondureño, esta especie está plantada en el mismo lugar donde está el astillador. La plantación tiene 7 años de edad y en este momento se están explotando 14 has. Los contenidos de humedad con que las partículas llegan a la fábrica son bastante altos alcanzando a veces 65% de contenido de humedad base verde.

De acuerdo a los registros de rendimientos en la explotación forestal se extraen 300 toneladas de melina por hectárea en una plantación que tiene 15 años de edad, este número incluye toda la madera con diámetros mayores de 10 cm. '' estima que existen resìduos en el orden de 30 toneladas por hectárea lo que equivale a un 10% de la explotada.

Residuos también se producen en la misma planta de partículas, a) cuando se descorteza se generan alrededor de 7 toneladas/día y b) en el tamizado de virutas se generan partículas finas en una proporción de 1 tonelada/día; ambos datos corresponden al peso verde.

Considerando el tamaño del quemador diesel y el tipo de proceso donde es usado se vislumbra la posibilidad de usar gasificación de madera como fuente de sustitución.

En el apéndice se muestra los cálculos del sistema de gasificación, necesitándose un equipo que entregue al quemador de gas una potencia de 3 657 000 kj/hr (875 000 kcal/hr), tomando en cuenta la eficiencia del sistema la necesidad de materia prima para el gasificador es de 9 375 kgr/día a un contenido de humedad del 19% base húmeda.

Con el fin de obtener datos que muestran la posibilidad técnica de usar gasificación se hicieron pruebas de gasificación con partículas de madera usadas para la fabricación de papel y con el contenido de humedad inicial 65% C.H., en este caso no se llegó a resultados favorables, lo que implica que no es posible la gasificación a este contenido de humedad. Por medio de secado natural se redujo el contenido de humedad de 19% obteniéndose resultados muy favorables en la gasificación y la estabilidad de la temperatura de la llama era sorprendente, esto comprobó que el tamaño de partículas es apropiado para un gasificador co-corriente. Debido a la escases de equipo no fue posible obtener la composición de gas ni tampoco el poder calorífico del mismo.

Como se dijo anteriormente la cantidad de material necesario para satisfacer las demandas energéticas del secado de papel en uno de los molinos de la fábrica es de 9 375 kg por día a un 19% C.H.; esto significa que debe haber un proceso de secado antes de usarse como combustible de gasificación. La cantidad de madera verde que debe suministrar el bosque y/o residuos es de 12 000 kg/día.

Si el material se seca a contenidos de humedad inferior al citado la cantidad de materia prima disminuye.

Asumiendo que la corteza se puede gasificar y considerando que el poder calorífico de esta es muy parecido al de la madera y algunos tipos de corteza ligeramente superior[1/] se podría utilizar todos los residuos de la planta; que son 7 toneladas/día y si esta se seca hasta un 15% C.H. podría representar e- 38% de la materia prima para gasificarla, el resto puede ser obtenido de la madera que queda en el bosque de bajo diámetro.

1/ USDA FOREST SERVICE GENERAL TECHNICAL REPORT "Estimating Effective Heating Value of Wood or Bark Fuels at Various Moisture Contents" FPL 13. 1977.

El cuadro No.D-2 hace un resumen de las necesidades de madera.

CUADRO No.D-2

SINTESIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIAL

	Cantidad de Has/año	Contenido Humedad % que debe ser usado	Rendimiento x tons/has
Usando corteza	10,7	15	330
Usando solamente partículas	18,45	15	330

* Bosque 15 años de edad de melina

Considerando los residuos dejados actualmente en el bosque que se estiman 30 tons/ha podrían producir alrededor de 1 500 ton/año que vendrían a representar el 25% del material necesario para substituir el diesel, necesitándose únicamente 13,9 has/año para complementar el combustible. Si el usar la corteza es posible técnicamente, se necesitarán las 7 tons/día de corteza.

Asumiendo que las virutas de madera se pueden secar hasta un 15% se deben cortar 18,45 hectáreas por año para abastecer el gasificador lo que significa un 36% más de lo que actualmente cortan (rendimientos basados en las plantaciones existentes de 15 años).

Las pruebas de campo en gasificación se hicieron únicamente con virutas de madera y no con los residuos del decortezamiento o del tamizado. Pruebas anteriores de gasificación usando corteza únicamente fueron bastante satisfactorias, sin embargo, la granulometría que presenta los residuos de la descortezadora es diferente y no hay seguridad que puedan ser usados. Se recomienda hacer estas pruebas por parte de la Scott Paper; como una opinión personal se preveen buenos resultados para los desechos de descortezado, no así para los residuos de partículas finas y podría complementarse con 7.53 ha/año.

Lo anterior demuestra que desde el punto de vista de materia prima la Scott Paper Co. puede substituir el quemador de diesel que posee actualmente por el sistema de gasificación, usando sus propios residuos y una parte del bosque.

LOCALIZACION DEL GASIFICADOR

De acuerdo con el plano que se adjunta de la industria, el sistema de gasificación debe ser colocado a 120 metros de distancia del lugar donde se quemaría, debido principalmente a problemas de espacio y a centralización de la producción de energía.

La recomendación general para los sistemas de gasificación es que estos deben acoplarse lo más cerca posible del quemador, aprovechándose el calor sensible del gas y el alquitrán que en un gasificador a madera es bastante considerable.

El proceso de secado de papel requiere gases de combustión bastante limpios, el secado es a fuego directo, y los gases se mezclan con aire secundario y son transportados hasta el molino donde el papel se forma, cualquier impureza en el gas puede aherirse al papel, ocasionando un producto de mala calidad.

Con el marco de referencia anterior se procede a hacer una discusión técnica de los sistemas que pueden ser convenientes y que llenan los requisitos de calidad de gas.

A.- Esta alternativa corresponde el transportar el gas que sale del gasificador por medio de tubería aislada, 5 cm de aislamiento, hasta el quemador situado a 120 m de distancia.

Ventajas y desventajas pueden derivarse de esta alternativa.

Las ventajas se fundamentan en el hecho de que el sistema es simple, solamente el gasificador, el sistema de alimentación al gasificador y la tubería. El programa 1 de computadora muestra los datos para la

variación de temperatura del gas con respecto a la distancia, temperatura en grados kelvin de gas de salida es de 773°K. El programa de computadora 2 muestra la distribución de temperatura con respecto a la distancia cuando la tubería no está aislada, la caída de temperatura es realmente considerable y al final el gas llegaría a temperatura ambiente. Cuando la tubería se aisla el gas llega al quemador a una temperatura de 465°K (192°C).

Otra ventaja es el aumento de eficiencia total del sistema, ya que se aprovecha, en el caso de aislar la tubería, el calor sensible del gas.

A continuación se adjunta los programas y resultados de computadora 1 y 2. El siguiente es un significado de las variables y sus unidades.

Tempe = temperatura en grado kelvin
P Mole = peso molecalor del gas kgr/kg mol-mezcla
CP = calor específico del gas kcal/kg °K
Dens = densidad del gas en kg/m^3
Flujo = flujo de gas m^3/hr
Calor = calor saliendo del tubo = kcal/metro °K

PROGRAMA DE COMPUTACION 1

```
:C      PROGRAMA PARA CALCULAR PERDIDAS DE CALOR SENSIBLE EN TUBERIAS DE
:C      GAS
:C      A-CALOR ESPECIFICO DEL GAS (KCAL/KG*K)
0001    :       K=120
0002    :       T=773.
0003    :       WRITE (6,3)
0004    :       DO 2 J=1,K
0005    :       CPH2=2.85+(5.161*T*1.E-4)+(7.39/T**0.5)
0006    :       CPCO=0.338-(65.28/T)+(1.18E04/T**2)
0007    :       CPCO2=0.368-(82.45/T)+(0.989E04/T**2)
0008    :       CPCH4=0.211+(11.2*T*1.E-4)-(26.8*T**2*1.E-8)
0009    :       CPN2=0.338-(68.78/T)+(1.28E04/T**2)
0010    :       CPH2O=1.102-(24.6/T**0.5)+(2.31/T)
:C      B-CALCULO DE PORCENTAJES POR PESO
:C      PV=PORCENTAJE POR VOLUMEN
0011    :       PVH2=0.17
0012    :       PVCO=0.255
0013    :       PVCO2=0.09
0014    :       PVN2=0.433
0015    :       PVH2O=0.02
0016    :       PVCH4=0.02
:C      PP=PORCENTAJE POR PESO (KGR/KGRMOL-MEZCLA)
0017    :       PPH2=PVH2*2.
0018    :       PPCO=PVCO*28.
0019    :       PPCO2=PVCO2*44.
0020    :       PPCH4=PVCH4*16.
0021    :       PPN2=PVN2*28.
0022    :       PPH2O=PVH2O*18.
:C      PMGAS=PESO MOLECULAR DEL GAS (KGR/KMOL-MEZCLA)
:C      CPGAS=CALOR ESPECIFICO DEL GAS
0023    :       PMGAS=PPH2+PPCO+PPCO2+PPCH4+PPN2+PPH2O
0024    :       CPGAS=(CPH2+CPCO+CPCO2+CPCH4+CPN2+CPH2O)/PMGAS
:C      C-CALCULO DE DENSIDAD DE GAS (KGR/METRO CUBICO)
0025    :       R=0.08206
0026    :       RH2=R/2.
0027    :       RCO=R/28.
0028    :       RCO2=R/44.
0029    :       RCH4=R/16.
0030    :       RN2=R/28.
0031    :       RH2O=R/18.
0032    :       RGAS=R/PMGAS
0033    :       DGAS=1./(RGAS*T)
0034    :       PCI=1200.
0035    :       CASI=675000.
:C      D-CALCULO DE PERDIDAS DE CALOR (KCAL/METRO GRADO K)
0036    :       TAMB=293.
:C      AKAISL=KCAL/H*M*C
0037    :       AKAISL=0.134
0038    :       EAISL=0.05
0039    :       DI=0.127
0040    :       DEXT=(2*EAISL)+DI
0041    :       HINT=4830.
0042    :       HEXT=18.18
0043    :       AINT=3.1416*DI
0044    :       AEXT=3.1416*DEXT
0045    :       R1=1./(AINT*HINT)
0046    :       R2=2.67E-4
0047    :       R3=1./(AEXT*HEXT)
0048    :       R4=ALOG(DEXT/DI)/(2*3.1416*AKAISL)
0049    :       AMASA =721.
0050    :       CALOR=(TAMB-T)/(R1+R2+R3+R4)
0051    :       FLOW=AMASA/DGAS
0052    :       WRITE (6,10) J,T,PMGAS,CPGAS,DGAS,FLOW,CALOR
0053    :       T=CALOR/(AMASA*CPGAS)+T
0054    :     2 CONTINUE
0055    :     3 FORMAT(6X,5HTEMPE,2X,5HPMOLE,5X,2HCP,5X,4HDENS,3X,5HFLUJO,
0056    :      *4X,5HCALOR)
0057    :    10 FORMAT(I4,2X,F5.0,2X,F5.2,2X,F6.2,2X,F4.2,2X,F7.2,2X,F7.1)
0058    :       STOP
0059    :       END
```

RESULTADOS PROGRAMA DE COMPUTACION 1

DIST	TEMPE	PMELE	CP	DENS	FLUJC	CALCR
1	773.	24.24	0.23	0.38	1886.44	-625.1
2	769.	24.24	0.23	0.38	1877.06	-620.1
3	765.	24.24	0.23	0.39	1867.75	-615.1
4	762.	24.24	0.22	0.39	1858.50	-610.4
5	758.	24.24	0.22	0.39	1849.31	-605.8
6	754.	24.24	0.22	0.39	1840.19	-600.6
7	750.	24.24	0.22	0.39	1831.12	-595.8
8	747.	24.24	0.22	0.40	1822.12	-591.0
9	743.	24.24	0.22	0.40	1813.18	-586.2
10	739.	24.24	0.22	0.40	1804.30	-581.5
11	736.	24.24	0.22	0.40	1795.49	-576.7
12	732.	24.24	0.22	0.40	1786.73	-572.1
13	729.	24.24	0.22	0.41	1778.03	-567.4
14	725.	24.24	0.22	0.41	1769.39	-562.8
15	722.	24.24	0.22	0.41	1760.81	-558.2
16	718.	24.24	0.22	0.41	1752.29	-553.7
17	715.	24.24	0.22	0.41	1743.83	-549.2
18	711.	24.24	0.22	0.42	1735.43	-544.7
19	708.	24.24	0.22	0.42	1727.08	-540.2
20	704.	24.24	0.22	0.42	1718.80	-535.8
21	701.	24.24	0.22	0.42	1710.57	-531.4
22	698.	24.24	0.22	0.42	1702.40	-527.1
23	694.	24.24	0.22	0.43	1694.28	-522.7
24	691.	24.24	0.22	0.43	1686.22	-518.4
25	688.	24.24	0.22	0.43	1678.22	-514.2
26	684.	24.24	0.22	0.43	1670.28	-509.9
27	681.	24.24	0.22	0.43	1662.39	-505.7
28	678.	24.24	0.22	0.44	1654.56	-501.5
29	675.	24.24	0.22	0.44	1646.78	-497.4
30	672.	24.24	0.22	0.44	1639.06	-493.2
31	668.	24.24	0.22	0.44	1631.39	-489.0
32	665.	24.24	0.22	0.44	1623.77	-485.1
33	662.	24.24	0.22	0.45	1616.21	-481.1
34	659.	24.24	0.22	0.45	1608.71	-477.0
35	656.	24.24	0.22	0.45	1601.26	-473.1
36	653.	24.24	0.22	0.45	1593.86	-469.1
37	650.	24.24	0.22	0.45	1586.51	-465.2
38	647.	24.24	0.22	0.46	1579.22	-461.3
39	644.	24.24	0.22	0.46	1571.98	-457.4
40	641.	24.24	0.22	0.46	1564.79	-453.6
41	638.	24.24	0.21	0.46	1557.66	-449.8
42	635.	24.24	0.21	0.46	1550.57	-446.0
43	632.	24.24	0.21	0.47	1543.54	-442.3
44	630.	24.24	0.21	0.47	1536.56	-438.5
45	627.	24.24	0.21	0.47	1529.62	-434.8
46	624.	24.24	0.21	0.47	1522.74	-431.2
47	621.	24.24	0.21	0.48	1515.91	-427.5
48	618.	24.24	0.21	0.48	1509.13	-423.9
49	616.	24.24	0.21	0.48	1502.40	-420.3
50	613.	24.24	0.21	0.48	1495.72	-416.7
51	610.	24.24	0.21	0.48	1489.09	-413.2
52	607.	24.24	0.21	0.49	1482.51	-409.7
53	605.	24.24	0.21	0.49	1475.97	-406.2
54	602.	24.24	0.21	0.49	1469.48	-402.7
55	600.	24.24	0.21	0.49	1463.05	-399.3
56	597.	24.24	0.21	0.49	1456.66	-395.9
57	594.	24.24	0.21	0.50	1450.31	-392.5
58	592.	24.24	0.21	0.50	1444.02	-389.1
59	589.	24.24	0.21	0.50	1437.77	-385.8
60	587.	24.24	0.21	0.50	1431.57	-382.5
61	584.	24.24	0.21	0.51	1425.41	-379.2
62	582.	24.24	0.21	0.51	1419.30	-375.9
63	579.	24.24	0.21	0.51	1413.24	-372.7
64	577.	24.24	0.21	0.51	1407.22	-369.5
65	574.	24.24	0.21	0.51	1401.25	-366.3
66	572.	24.24	0.21	0.52	1395.32	-363.1
67	569.	24.24	0.21	0.52	1389.44	-360.0
68	567.	24.24	0.21	0.52	1383.60	-356.9
69	565.	24.24	0.21	0.52	1377.81	-353.8
70	562.	24.24	0.21	0.53	1372.06	-350.7
71	560.	24.24	0.21	0.53	1366.35	-347.7
72	558.	24.24	0.21	0.53	1360.69	-344.7
73	555.	24.24	0.21	0.53	1355.07	-341.7
74	553.	24.24	0.21	0.53	1349.50	-338.7
75	551.	24.24	0.21	0.54	1343.97	-335.7
76	548.	24.24	0.21	0.54	1338.48	-332.8
77	546.	24.24	0.21	0.54	1333.03	-329.9
78	544.	24.24	0.21	0.54	1327.62	-327.0
79	542.	24.24	0.21	0.55	1322.26	-324.1
80	540.	24.24	0.21	0.55	1316.94	-321.3
81	537.	24.24	0.21	0.55	1311.66	-318.5
82	535.	24.24	0.21	0.55	1306.42	-315.7
83	533.	24.24	0.21	0.55	1301.22	-312.9
84	531.	24.24	0.21	0.56	1296.06	-310.2
85	529.	24.24	0.20	0.56	1290.94	-307.4
86	527.	24.24	0.20	0.56	1285.86	-304.7
87	525.	24.24	0.20	0.56	1280.82	-302.0
88	523.	24.24	0.20	0.57	1275.82	-299.3
89	521.	24.24	0.20	0.57	1270.86	-296.7
90	519.	24.24	0.20	0.57	1265.94	-294.1
91	517.	24.24	0.20	0.57	1261.06	-291.5
92	515.	24.24	0.20	0.57	1256.22	-288.9
93	513.	24.24	0.20	0.58	1251.41	-286.3
94	511.	24.24	0.20	0.58	1246.65	-283.8
95	509.	24.24	0.20	0.58	1241.92	-281.3
96	507.	24.24	0.20	0.58	1237.23	-278.7
97	505.	24.24	0.20	0.58	1232.57	-276.3
98	503.	24.24	0.20	0.59	1227.96	-273.8
99	501.	24.24	0.20	0.59	1223.38	-271.4
100	499.	24.24	0.20	0.59	1218.83	-268.9
101	498.	24.24	0.20	0.59	1214.33	-266.5
102	496.	24.24	0.20	0.60	1209.86	-264.1
103	494.	24.24	0.20	0.60	1205.42	-261.8
104	492.	24.24	0.20	0.60	1201.02	-259.4
105	490.	24.24	0.20	0.60	1196.66	-257.1
106	489.	24.24	0.20	0.60	1192.33	-254.8
107	487.	24.24	0.20	0.61	1188.04	-252.5
108	485.	24.24	0.20	0.61	1183.78	-250.2
109	483.	24.24	0.20	0.61	1179.56	-248.0
110	482.	24.24	0.20	0.61	1175.37	-245.7
111	480.	24.24	0.20	0.62	1171.21	-243.5
112	478.	24.24	0.20	0.62	1167.09	-241.3
113	477.	24.24	0.20	0.62	1163.00	-239.1
114	475.	24.24	0.20	0.62	1158.95	-237.0
115	473.	24.24	0.20	0.62	1154.93	-234.8
116	472.	24.24	0.20	0.63	1150.94	-232.7
117	470.	24.24	0.20	0.63	1146.98	-230.6
118	468.	24.24	0.20	0.63	1143.06	-228.5
119	467.	24.24	0.20	0.63	1139.17	-226.4
120	465.	24.24	0.20	0.63	1135.31	-224.3

PROGRAMA DE COMPUTACION 2

```
:C      PROGRAMA PARA CALCULAR PERDIDAS DE CALOR SENSIBLE EN TUBERIAS DE
:C      GAS
:C      A-CALOR ESPECIFICO DEL GAS (KCAL/KG*K)
:       K=120
:       T=773.
:       WRITE (6,3)
:       DO 2 J=1,K
:       CPH2=2.85+(5.161*T*1.E-4)+(7.39/T**0.5)
:       CPCO=0.338-(65.28/T)+(1.18E04/T**2)
:       CPCO2=0.368-(82.45/T)+(0.989E04/T**2)
:       CPCH4=0.211+(11.2*T*1.E-4)-(26.8*T**2*1.E-8)
:       CPN2=0.338-(68.78/T)+(1.28E04/T**2)
:       CPH2O=1.102-(24.6/T**0.5)+(2.31/T)
:C      B-CALCULO DE PORCENTAJES POR PESO
:C      PV=PORCENTAJE POR VOLUMEN
:       PVH2=0.17
:       PVCO=0.255
:       PVCO2=0.09
:       PVN2=0.433
:       PVH2O=0.02
:       PVCH4=0.02
 C      PP=PORCENTAJE POR PESO (KGR/KGRMOL-MEZCLA)
:       PPH2=PVH2*2.
:       PPCO=PVCO*28.
:       PPCO2=PVCO2*44.
:       PPCH4=PVCH4*16.
:       PPN2=PVN2*28.
:       PPH2O=PVH2O*18.
:C      PMGAS=PESO MOLECULAR DEL GAS (KGR/KMOL-MEZCLA)
:C      CPGAS=CALOR ESPECIFICO DEL GAS
:       PMGAS=PPH2+PPCO+PPCO2+PPCH4+PPN2+PPH2O
:       CPGAS=(CPH2+CPCO+CPCO2+CPCH4+CPN2+CPH2O)/PMGAS
:C      C-CALCULO DE DENSIDAD DE GAS (KGR/METRO CUBICO)
:       R=0.08206
:       RH2=R/2.
:       RCO=R/28.
:       RCO2=R/44.
:       RCH4=R/16.
:       RN2=R/28.
:       RH2O=R/18.
:       RGAS=R/PMGAS
:       DGAS=1./(RGAS*T)
:       FCI=1200.
:       CASI=875000.
:C      D-CALCULO DE PERDIDAS DE CALOR (KCAL/METRO GRADO K)
:       TAMB=293.
:C      AKAISL=KCAL/H*M*C
:       AKAISL=0.134
:       EAISL=6.35E-3
:       DI=0.127
:       DEXT=(2*EAISL)+DI
:       HINT=4880.
:       HEXT=18.18
:       AINT=3.1416*DI
:       AEXT=3.1416*DEXT
:       R1=1./(AINT*HINT)
:       R2=2.07E-4
:       R3=1./(AEXT*HEXT)
:       AMASA =721.
:       CALOR=(TAMB-T)/(R1+R2+R3)
:       FLOW=AMASA/DGAS
:       WRITE (6,10) J,T,PMGAS,CPGAS,DGAS,FLOW,CALOR
:       T=CALOR/(AMASA*CPGAS)+T
:     2 CONTINUE
:     3 FORMAT(6X,5HTEMPE,2X,5HPMOLE,5X,2HCP,5X,4HDENS,3X,5HFLUJO,
:      *4X,5HCALOR)
:    10 FORMAT(I4,2X,F5.0,2X,F5.2,2X,F8.2,2X,F4.2,2X,F7.2,2X,F7.1)
:       STOP
:       END
```

RESULTADOS PROGRAMA DE COMPUTACION 2

[illegible]	TEMPE	PMCLE	CP	DENS	FLUJC	CALCR
1	773.	24.24	0.23	0.38	1886.44	-3808.0
2	750.	24.24	0.22	0.39	1825.34	-3622.4
3	727.	24.24	0.22	0.41	1774.60	-3444.4
4	706.	24.24	0.22	0.42	1722.14	-3273.5
5	685.	24.24	0.22	0.43	1671.88	-3110.5
6	665.	24.24	0.22	0.44	1623.77	-2954.1
7	647.	24.24	0.22	0.46	1577.74	-2804.4
8	628.	24.24	0.21	0.47	1533.71	-2661.3
9	611.	24.24	0.21	0.48	1491.62	-2524.6
10	595.	24.24	0.21	0.50	1451.42	-2393.6
11	579.	24.24	0.21	0.51	1413.03	-2269.0
12	564.	24.24	0.21	0.52	1376.39	-2149.5
13	550.	24.24	0.21	0.54	1341.45	-2036.3
14	536.	24.24	0.21	0.55	1308.13	-1928.0
15	523.	24.24	0.20	0.56	1276.39	-1824.8
16	511.	24.24	0.20	0.58	1246.16	-1726.8
17	499.	24.24	0.20	0.59	1217.38	-1633.0
18	488.	24.24	0.20	0.6.	1190.01	-1544.0
19	477.	24.24	0.20	0.62	1163.98	-1459.4
20	467.	24.24	0.20	0.63	1139.24	-1379.0
21	457.	24.24	0.20	0.65	1115.74	-1302.8
22	448.	24.24	0.20	0.66	1093.43	-1230.1
23	439.	24.24	0.20	0.67	1072.25	-1161.2
24	431.	24.24	0.19	0.69	1052.17	-1095.9
25	423.	24.24	0.19	0.70	1033.12	-1034.0
26	416.	24.24	0.19	0.71	1015.08	-975.4
27	409.	24.24	0.19	0.72	997.98	-919.8
28	402.	24.24	0.19	0.73	981.79	-867.2
29	396.	24.24	0.19	0.75	966.47	-817.3
30	390.	24.24	0.19	0.76	951.98	-770.2
31	384.	24.24	0.19	0.77	938.27	-725.7
32	379.	24.24	0.19	0.78	925.31	-683.5
33	374.	24.24	0.19	0.79	913.06	-643.7
34	369.	24.24	0.19	0.80	901.49	-606.1
35	365.	24.24	0.19	0.81	890.57	-570.6
36	361.	24.24	0.19	0.82	880.25	-537.1
37	357.	24.24	0.19	0.83	870.52	-505.4
38	353.	24.24	0.19	0.84	861.33	-475.8
39	349.	24.24	0.19	0.85	852.67	-447.4
40	346.	24.24	0.18	0.85	844.50	-420.9
41	343.	24.24	0.18	0.86	836.80	-395.6
42	340.	24.24	0.18	0.87	829.54	-372.2
43	337.	24.24	0.18	0.88	822.71	-350.0
44	334.	24.24	0.18	0.88	816.26	-329.1
45	332.	24.24	0.18	0.89	810.20	-309.3
46	330.	24.24	0.18	0.90	804.49	-290.8
47	327.	24.24	0.18	0.90	799.11	-273.3
48	325.	24.24	0.18	0.91	794.05	-256.8
49	323.	24.24	0.18	0.91	789.28	-241.3
50	322.	24.24	0.18	0.92	784.80	-226.8
51	320.	24.24	0.18	0.92	780.58	-213.1
52	318.	24.24	0.18	0.93	776.62	-200.2
53	317.	24.24	0.18	0.93	772.89	-188.0
54	315.	24.24	0.18	0.94	769.38	-176.6
55	314.	24.24	0.18	0.94	766.08	-165.9
56	313.	24.24	0.18	0.94	762.98	-155.8
57	311.	24.24	0.18	0.95	760.06	-146.4
58	310.	24.24	0.18	0.95	757.32	-137.5
59	309.	24.24	0.18	0.96	754.75	-129.1
60	308.	24.24	0.18	0.96	752.33	-121.2
61	307.	24.24	0.18	0.96	750.05	-113.8
62	306.	24.24	0.18	0.96	747.92	-106.9
63	306.	24.24	0.18	0.97	745.91	-100.4
64	305.	24.24	0.18	0.97	744.02	-94.2
65	304.	24.24	0.18	0.97	742.25	-88.3
66	303.	24.24	0.18	0.97	740.59	-83.0
67	303.	24.24	0.18	0.98	739.02	-78.0
68	302.	24.24	0.18	0.98	737.56	-73.2
69	302.	24.24	0.18	0.98	736.18	-68.7
70	301.	24.24	0.18	0.98	734.88	-64.5
71	301.	24.24	0.18	0.98	733.67	-60.5
72	300.	24.24	0.18	0.98	732.52	-56.8
73	300.	24.24	0.18	0.99	731.45	-53.4
74	299.	24.24	0.18	0.99	730.44	-50.1
75	299.	24.24	0.18	0.99	729.50	-47.0
76	299.	24.24	0.18	0.99	728.61	-44.1
77	298.	24.24	0.18	0.99	727.76	-41.4
78	298.	24.24	0.18	0.99	727.00	-38.9
79	298.	24.24	0.18	0.99	726.26	-36.5
80	297.	24.24	0.18	0.99	725.57	-34.2
81	297.	24.24	0.18	0.99	724.93	-32.1
82	297.	24.24	0.18	1.00	724.32	-30.2
83	297.	24.24	0.18	1.00	723.75	-28.3
84	296.	24.24	0.18	1.00	723.21	-26.6
85	296.	24.24	0.18	1.00	722.71	-24.9
86	296.	24.24	0.18	1.00	722.24	-23.4
87	296.	24.24	0.18	1.00	721.80	-22.0
88	296.	24.24	0.18	1.00	721.38	-20.6
89	295.	24.24	0.18	1.00	720.99	-19.3
90	295.	24.24	0.18	1.00	720.62	-18.2
91	295.	24.24	0.18	1.00	720.28	-17.0
92	295.	24.24	0.18	1.00	719.96	-16.0
93	295.	24.24	0.18	1.00	719.65	-15.0
94	295.	24.24	0.18	1.00	719.37	-14.1
95	295.	24.24	0.18	1.00	719.10	-13.2
96	295.	24.24	0.18	1.00	718.85	-12.4
97	294.	24.24	0.18	1.00	718.62	-11.6
98	294.	24.24	0.18	1.00	718.40	-10.9
99	294.	24.24	0.18	1.00	718.19	-10.2
100	294.	24.24	0.18	1.00	718.00	-9.6
101	294.	24.24	0.18	1.00	717.82	-9.0
102	294.	24.24	0.18	1.00	717.64	-8.5
103	294.	24.24	0.18	1.00	717.48	-7.9
104	294.	24.24	0.18	1.01	717.33	-7.5
105	294.	24.24	0.18	1.01	717.19	-7.0
106	294.	24.24	0.18	1.01	717.06	-6.6
107	294.	24.24	0.18	1.01	716.94	-6.2
108	294.	24.24	0.18	1.01	716.82	-5.8
109	294.	24.24	0.18	1.01	716.71	-5.4
110	294.	24.24	0.18	1.01	716.61	-5.1
111	294.	24.24	0.18	1.01	716.51	-4.8
112	294.	24.24	0.18	1.01	716.42	-4.5
113	294.	24.24	0.18	1.01	716.33	-4.2
114	293.	24.24	0.18	1.01	716.25	-3.9
115	293.	24.24	0.18	1.01	716.18	-3.7
116	293.	24.24	0.18	1.01	716.11	-3.4
117	293.	24.24	0.18	1.01	716.04	-3.3
118	293.	24.24	0.18	1.01	715.98	-3.1
119	293.	24.24	0.18	1.01	715.92	-2.9
120	293.	24.24	0.18	1.01	715.87	-2.7

391

Las desventajas mayores que este sistema tiene al igual que otras gasificadoras a madera es la cantidad de alquitranes que salen sin "quebrarse" que se estiman en 6 gr por cada m^3/de gas para un buen diseño de gasificadora, los alquitranes son altamente combustibles con poderes calóricos de alrededor los 35 000 KJ/kg, estos se mantienen como vapor por encima de los 140°C, lo que significa que cuando la tubería es aislada los alquitranes todavía llegan como gas y no existe condensación en la tubería, al llegar al quemador si combustionan casi todos pero parte de ellos que entra en contacto con el aire primario de combustión que normalmente se introduce a temperatura ambiente, se condensan y son arrastrados por el aire secundario y pueden dañar el papel. Una solución consistiría en precalentar el aire primario de combustión, en este caso no es muy práctico, por lo que debe tomarse otra alternativa.

B.- Una tecnología ya discutida aquí es la utilización de este gas para mover motores de combustión interna, la limpieza de este gas es una de las precauciones mayores de los fabricantes de sistemas de gasificación. Un gas con alto grado de alquitranes puede dañar un motor en pocas horas, debido a que los residuos de alquitrán que son bastantes adherentes se depositan en la cámara de combustión del motor. Un sistema de este tipo normalmente tiene los siguientes elementos, la gasificadora, ciclón(es), enfriados y filtro, la temperatura final del gas es aproximadamente de 40°C.

Todo este equipo se puede poner inmediatamente después de la gasificadora y al final del filtro se tendría un gas frío y limpio que puede ser transportado los 120 m de distancia hasta el quemador

. Bajo esa perspectiva el problema parece estar resuelto, sin embargo la relativamente poca experiencia mundial de filtros y limpiar un flujo de gas de esa magnitud hacen que se presente una dificultad adicional al tener que introducirse un diseño no probado. Otra preocupación al respecto es el uso de virutas de madera, provenientes del

picador que tiene la industria para procesar la madera, estas aparentan ser demasiado pequeñas para alimentar una gasificadora co-corriente (downdraugh) con garganta simple. Pruebas experimentales en gasificadoras pequeñas han mostrado que este tamaño de virutas funciona sin problema, la tasa de gasificación corresponde* a 1 200 kg/hr m^2, sin embargo, si esta tasa se mantiene de la opinión técnica que pueden presentarse problemas de gasificación, debe comprenderse que la teoría de gasificación se base en gran parte en experiencias previas, y uno de los aspectos que más influyen en un buen proceso es el tamaño del combustible.

En este marco de incertidumbre como referencia esta alternativa parece contar con pocas posibilidades de implementación en forma definitiva y más bien se hace necesario tener una etapa de investigación de la cual pueden obtenerse los parámetros técnicos y económicos para una decisión definitiva.

Conscientes que para la empresa privada la seguridad del proceso es fundamental y que muchos no les es posible desde el punto de vista económico, aventurarse en investigaciones se previó que es necesario buscar otra alternativa más viable.

---

* tasa de gasificación se puede definir como la cantidad de material que fluye por una sección transversal.

C.- Hasta el momento se ha pensado en transportar el gas hasta el quemador que se encuentra a 120 m de distancia, pero también se puede transportar gases de combustión hasta el molino de papel, esto significa que el quemador se debe instalar los más cerca posible de la gasificadora y se transporta dos gases calientes hasta un filtro situado antes de entrar al molino de secado, la tubería que transporta los gases calientes tiene un aislamiento tal que los gases llegarían al filtro a una temperatura apta para usar filtros de baja temperatura que son más baratos que los de alta temperatura, este filtro serviría como purificador de los gases al molino. El problema mayor es que estos gases llevan oxígeno que a altas temperaturas reacciona con el carbón del acero de la tubería y degradándolo con el tiempo, parcialmente se puede evitar esto con acero galvanizado en la tubería.

Sin embargo, las dimensiones de los ductos y el aislamiento de la tubería hacen bastante desagradable estas alternativas. La figura D-1 muestra la distribución de la planta, el área sombreado muestra la localización de la gasificadora y el uso final del gas.

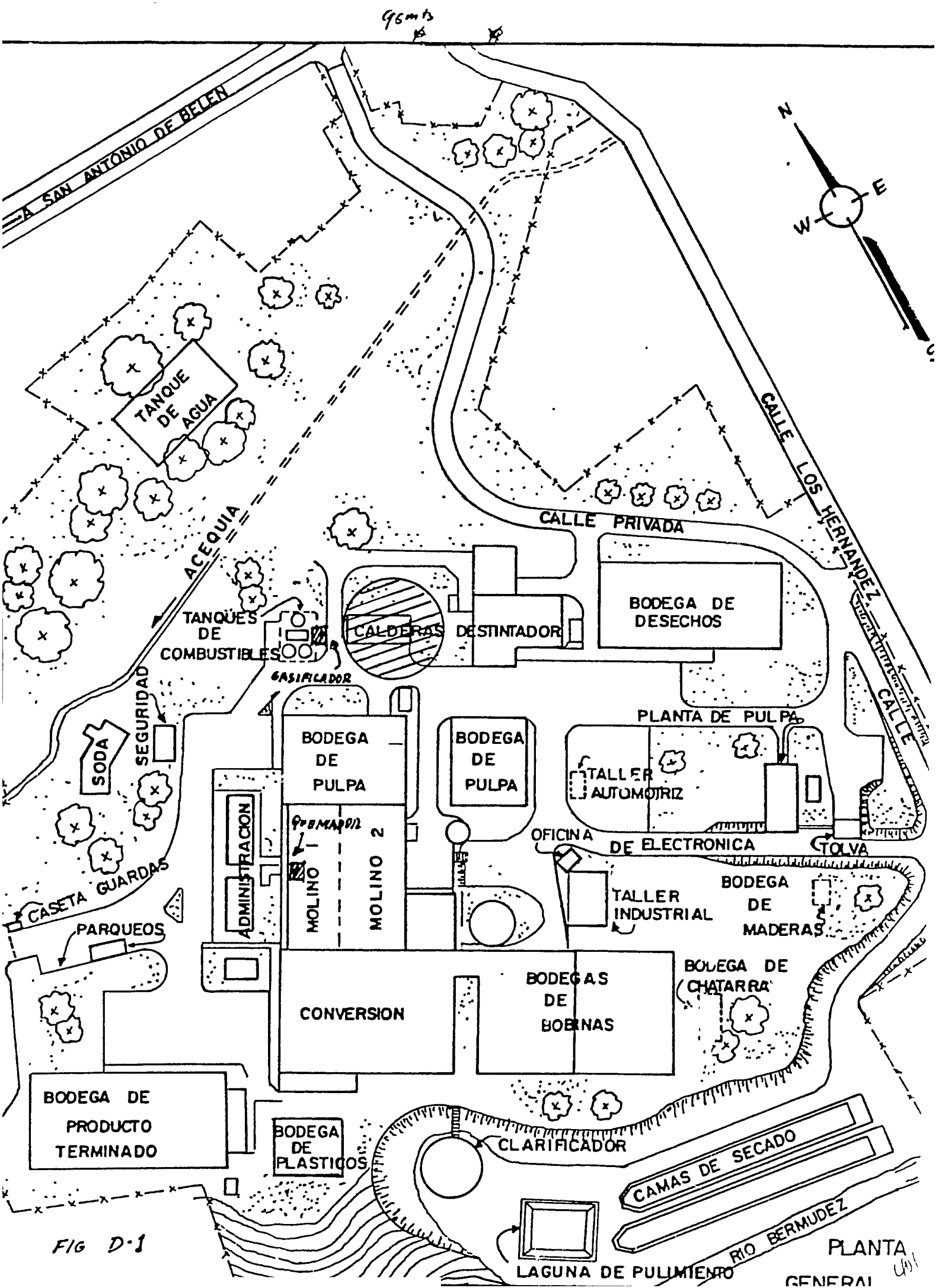


FIG D-1

PLANTA GENERAL

RECURSOS BIOENERGETICOS Y POSIBILIDADES DE SUSTITUCION EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE COSTA RICA

VOLUMEN III

ANEXOS

UN REPORTE PARA LA AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (AID), COSTA RICA; Y LA DIRECCION SECTORIAL DE ENERGIA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA ENERGIA Y MINAS DE COSTA RICA

PREPARADO POR:

META SYSTEMS INC.

- ABRIL 1984 -

402

RECURSOS BIOENERGETICOS Y POSIBILIDADES DE SUSTITUCION EN EL SECTOR INDUSTRIAL DE COSTA RICA

VOLUMEN III

ANEXOS

UN REPORTE PARA LA AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL (AID), COSTA RICA; Y LA DIRECCION SECTORIAL DE ENERGIA DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA ENERGIA Y MINAS DE COSTA RICA

PREPARADO POR:

META SYSTEMS INC.

- ABRIL 1984 -

402

I N D I C E D E A N E X O S

ANEXO	DESCRIPCION
1	Cálculos del Poder Calórico
2	Residuos de Arroz y su Situación General
3	Disponibilidad de Residuos de Aserradero
4	Residuos de Explotaciones Forestales
5	Plantaciones Forestales
6	Características de Algunas Especies que Crecen en Costa Rica
7	Transporte
8	Beneficios de Café
9	Breve Descripción y Distribuciones de Planta de las Industrias Encuestadas
10	Breve Descripción de las Compañias Bananeras sobre el Gasto de Combustible con Enfasis en Plantas de Generación
11	Datos de Casos de Estudio
12	Cuestionarios
13	Usuarios Tradicionales de Leña
14	Cálculos Economicos para Equipos de Sustitución

A N E X O 1

CALCULOS DEL PODER CALORICO

NOTAS SOBRE PODERES CALORICOS Y CALCULOS DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

El propósito de esta sección es explicar términos que van a ser de uso frecuente en este informe y que ayudarán al lector a comprender la complejidad de los mismos términos corrientemente empleados en la literatura.

La biomasa conlleva siempre una cantidad de agua producto de su proceso biológico en tal cantidad que normalmente requiere proceso previo de extracción de este líquido si se quisiera usarla con fines energéticos.

La cantidad de agua en estos productos se denomina "contenido de humedad", normalmente puede determinarse por métodos gravimétricos de laboratorio que consiste en pesar la muestra verde, lo que representa el peso verde (PV), luego se introduce en un horno de laboratorio, preferiblemente de corrección forzada, a una temperatura de 105°C por 24 horas o hasta que el peso no varíe con respecto al tiempo, lo que representa el peso seco al horno (PS).

El contenido de humedad puede expresarse en dos formas, base seca o base verde, y estas son usadas indistintamente por lo que es necesario aclarar que referencia se está usando, las expresiones aritméticas para cada una son:

$$\% \text{ Contenido de humedad base verde (CHv)} = \frac{\text{Peso verde (PV)} - \text{Peso seco (PS)}}{\text{Peso verde PV}} \times 100$$

$$\% \text{ Contenido de humedad base seca (CHs)} = \frac{\text{Peso verde (PV)} - \text{Peso seco (PS)}}{\text{Peso séco (Ps)}} \times 100$$

Las siguientes ecuaciones pueden establecer la relación entre ambos contenidos de humedad.

$$CHs = \frac{CHv}{100 - CHv}$$

$$CHv = \frac{CHs}{100 + CHs}$$

Existen también indicadores eléctricos portátiles que son usados para una gran variedad de productos y su diseño es diferente con cada producto aunque el principio de funcionamiento es igual para todos, sin embargo, la precisión no es grande; este método es un buen indicador de campo cuando se necesita mediciones rápidas.

El contenido de humedad es un dato importante para varios efectos, tales como transporte, preservación de productos, uso final, etc. El CH también incide en la energía liberada por unidad de peso de combustible cuando la biomasa se usa para fines energéticos y existen valores límites de CH donde ni siquiera hay combustión del material.

El valor calórico de un material se define como la cantidad de calor que ceden los productos de la combustión, a base de que se enfrían hasta su temperatura inicial" (1).

---

(1) Faires, Virgil M. "Termodinámica" Unión Tipográfica. Editorial Hispanoamericana. México 1965.

Al hablar de energía y de utilización de productos biomásicos, es necesario conocer los valores calóricos de los combustibles a usar, para cuantificar la biomasa necesaria para alimentar los equipos consumidores de energía.

Existen varios valores calóricos, a saber valor calórico superior, valor calórico inferior y valor calórico neto. Las siguientes son las definiciones que se seguirán en este informe.

Valor calórico superior (PCS) se define como el calor liberado cuando el combustible es completamente combustionado a dióxido de carbono y agua condensada a 25 °C (2).

El valor calórico inferior (PCI) se define como el calor liberado cuando el combustible está completamente combustionado a dióxido de carbono y agua en estado gaseoso (temperaturas superiores a 100 °C).

Valor calórico neto (PCN) se define como la energía liberada y realmente entregada al material receptor.

El PCS se obtiene por medio de una bomba calorimétrica y PCI y el PCN se derivan conociendo otros datos este proceso se ilustrará más adelante.

Las definiciones anteriores son válidas para cualquier combustible, sea este fósil o biomásico; la diferencia en el análisis de estos valores estriba en el hecho de que los combustibles fósiles o derivados del petróleo no contienen agua, mientras que los combustibles biomásicos poseen gran cantidad de humedad.

La siguiente tabla muestra la relación existente entre el contenido de humedad base verde y el PCI, y se adjunta para ilustrar el comportamiento de un combustible como madera y con un PCS de 20 000 KJ/kg.

TABLA No. 1

EFECTO DEL SECADO EN EL PODER CALORICO INFERIOR

Peso seco de la madera Kg	Agua en la madera Kg	Contenido de humedad base verde %	Calor requerido para evaporar el agua en la madera KJ	Poder calórico inferior KJ/kg
1	7,24	86,19	18 612	0
1	4,00	80	10 280	8 332
1	2,33	70	5 988	12 624
1	1,50	60	3 855	14 757
1	1,00	50	2 570	16 042
1	0,67	40	1 722	16 890
1	0,43	30	1 105	17 507
1	0,25	20	642	17 970
1	0,11	10	283	18 329
1	0,00	0	0	18 612

Uno de los materiales biomásicos más abundantes y que presenta mayores posibilidades para usar como energía y en forma masiva es la madera, tradicionalmente se ha usado como combustible y mundialmente se estima que un tercio de población depende de madera para cocinar y calentamiento y el 90% del total de madera consumida en países en desarrollo es usado como combustible y la mitad de este para cocinar.

La composición química de la madera seca al horno en forma ponderada se estima en 50% carbón, 41% oxígeno y 6% de hidrógeno, 1% nitrógeno. La energía intrínsica en la madera se ve reducida a la hora de la combustión por varios factores:

a) Contenido de humedad
b) Hidrógeno, que forma agua al combinarse con el oxígeno de combustión y
c) Gases de combustión y exceso de aire.

Todos los combustibles biomásicos y especialmente la madera contienen humedad según se había mencionado anteriormente, la ecuación que indica la energía perdida en un combustible a un contenido de humedad definido es:

(1) Energía perdida por humedad (EPH) = CHv x (538,9 + (100 - T1) + 0,253 T2)*

donde:

EPH = kilocalorías por kilogramo (multiplíquese por 4,18 para obtener KJ/kg)
CHv = contenido de humedad en base verde
T1 = temperatura ambiente °C
T2 = temperatura de salida de los gases °C

La ecuación (1) para efectos de obtener el poder calórico inferior se puede escribir:

---

* Tomada de Tropical Products Institute "Calorific values for wood and burk and a bibliography for fuelwood" 1982.

* 538,9 es el calor latente de evaporación del agua kcal/kgr

(2) $EPH = CHv \times 538,9$

Las pérdidas causadas por hidrógeno se producen al combinarse el hidrógeno contenido en el combustible con el oxígeno del aire de combustión que se condensa al bajar la temperatura de los gases de combustión de 100°C.

Las reacciones químicas que gobiernan la combustión son:

(3) $C + O_2 = CO_2$

(4) $H_2 + 1/2\ O_2 = H_2O$

La ecuación (4) muestra como se forma el agua de combustión, en el caso de madera, un kilo de madera seca al horno es decir a cero contenido de humedad produce 0,54 kilos de agua al combustionarse, la ecuación (5) indica las pérdidas por hidrógeno.

(5) $EPH_2 = 0,54\ (1 - CHv) \times / 538,9 + (100 - T1) + 0,253 \times T2) /$

donde:

EPH_2 = energía perdida por hidrógeno en kcal/kgr (multiplíquese por 4,18 para obtener KJ/kgr)

Para efectos de cálculo de podr calórico inferior la ecuación (3) se puede resumir en:

(6) $EPH_2 = 291,0\ (1 - CHv)$

Las pérdidas causadas por gases de combustión se deben a que estos normalmente están a alta temperatura cuando salen del horno secado o cualquier otro tipo de maquinaria que utiliza combustión para su proceso. Las pérdidas causadas por exceso de aire se debe al aire adicional que debe introducirse al que teóricamente se necesita para la combustión.

La ecuación que indica estas pérdidas es:

(7) $EPA = (T2 - T1)(1 - CHv) / (0{,}132 \times \% EA \times A) + N_2 \times 0{,}134 + CO2 \times 0{,}121$

donde:

EPA = energía perdida por exceso de año y gases de combustión en kcal/kgr*

EA = exceso de aire

A = cantidad de aire en kilogramos (para madera úsese 6,03 kg)

N_2 = cantidad de nitrógeno (para madera úses 4,64 kg)

CO_2 = cantidad de dióxido de carbono (para madera úsese 1,83)

Nota: Las constantes numéricas significan el calor específico en kcal/kgr

Existen otras pérdidas menores, semejantes a pérdidas por radiación, carbón no quemado, humedad absoluta del aire de combustión y otras, estas pérdidas son bastante difíciles de cuantificar ya que dependen de cada situación específica, en el caso de hornos que queman madera se estiman un 5% del calor disponible, el cual posteriormente se definirá.

Debido a que se combustiona en el caso de madera y otros productos biomásicos es la esencia lignocelulosa, o sea la madera como producto seco al horno el calor disponible se especifica.

(8) $ED = (1 - CHv)\ PCS$

donde:

ED = energía disponible en kcal/kgr (multiplíquese por 4,18 para obtener KJ/kgr

* Multiplíquese por 4,18 para obtener KJ/kgr

El PCS es un dato de laboratorio y se encuentra en algunos textos. El poder calórico inferior de un combustible se define por:

$$PCI = (8) - (2) - (6)$$

El poder calórico neto se calcula con la ecuación:

$$PCN = (8) - (1) - (5) - (7)$$

Con esta breve reseña técnica se espera que el lector pueda entender los diferentes conceptos que se detallan en este informe.

REFERENCIAS

1) Faires, Virgil "Termodinámica" Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1965.

2) Forest Products Laboratory "Estimating effective heating value of wood or burk fuels at various moisture contents". Madison Winsconsin, 1977.

3) Marks, Lionel "Standar handbook for mechanical engineers". Seventh Edition, Mc Graw Hill Book Company.

4) Tropical Products Institute "Calorific values for wood and bark and bibliography for fuelwood". London, England, 1982.

A N E X O 2

RESIDUOS DE ARROZ - SITUACION GENERAL

415

SITUACION GENERAL DEL ARROZ

El arroz es un producto básico para el ciudadano costarricense, no solamente en la dieta diaria sino también en la cantidad de personas que dependen directa o indirectamente de esta actividad.

Las áreas de siembra se que se encuentran son tres principalmente, Guanacaste, la zona sur y poco en la provincia de Limón.

El Consejo Nacional de Producción ha dividido las zonas de siembra en diferentes regiones:

a) Central, comprende la Meseta Central y Orotina

b) Chorotega, corresponde Barranca, Cañas, Liberia, Carrillo, Santa Cruz, Nicoya y Upala.

c) Brunca comprende Pérez Zeledón, Corredores, Osa, Puerto Jiménez, Parrita, Aguirre y Coto Brus.

d) Huetar comprende, Limón, Pococí, San Carlos, Los Chiles, Limón.

El siguiente cuadro presenta la producción por regiones[1].

1/ Compendio Mensual Estadística de la División de Fomento. Departamento Estudios Económicos, año 1983- mes Enero.

CUADRO No. 1

PRODUCCION DE ARROZ EN GRANZA EN C.R.

Regiones	1era. Cosecha Area (Ha)	1era. Cosecha Prod. (Ton)	2da. Cosecha Area (Ha)	2da. Cosecha Prod. (Ton)	Total Area (Ha)	Total Prod. (Ton)
Central	2 025	4 658	—	—	2 025	4 658
Chorotega	39 964	36 841	88	264	40 052	37 105
Brunca	24 546	85 133	6 376	10 913	30 922	96 046
Huetar	2 650	8 093	950	2 560	3 600	10 653
Total	69 185	134 725	7 414	13 737	76 599	148 462

Según el cuadro anterior existe una cosecha que es realmente importante, donde se produce el 90,7% de la producción anual. La zona Brunca es la mayor productora de arroz con un 64,7% de la producción total.

El siguiente cuadro enmarca el período de cosechas[1].

CUADRO No. 2

PERIODO DE LAS COSECHAS

Región	1era. Cosecha	2da. Cosecha
Central	Noviembre	---
	Diciembre	---
Chorotega	Octubre	Febrero*
	Noviembre	Marzo *
	Diciembre	
Brunca	Agosto	Diciembre
	Setiembre	Enero
	Octubre	Febrero
	Noviembre	
Huetar	Setiembre	Febrero
	Octubre	Marzo
	Noviembre	Abril
		Mayo

* Solamente Upala

El total de la cosecha del período 81-82 fue de 202 037 tons para una área sembrada de 72 294 has, lo cual significa una reducción de 53 575 tons, a pesar de haber sembrado 4 305 ha menos que en la cosecha del 81-82, la razón para este cambio se deben a problemas climatológicos principalmente.

Se estiman que producciones futuras alcanzarán cifras superiores a las 200 000 tons de arroz en granza. Todos los datos anteriores han sido en base a arroz húmedo y en granza.

A pesar de que la producción de arroz se encuentra concentrada en las regiones Brunca y Chorotega las mayores productoras de arroz están localizadas en el Valle Central, la tabla No.3 muestra la ubicación de las arroceras privadas.

Un porcentaje de aproximadamente 90% del arroz es procesado por arroceras particulares. Esto obedece normalmente a políticas gubernamentales dado que el gobierno cuenta con instalaciones para procesar más del 10% del arroz producido. Dependiendo de la administración y sus planes así juega el uso de la capacidad instalada de las plantas del Consejo Nacional de Producción para el procesamiento de arroz.

TABLA No. 3

Procesadoras de arroz por área del país.

Chorotega	Ubicación
Norteña S.A.	Liberia, Guanacaste
Molinos de Guanacaste	Liberia, Guanacaste
Miramar S.A.	Miramar, Puntarenas
El Porvenir S.A.	Barranca, Puntarenas
Liberia S.A.	Cañas, Guanacaste
El Relón de la Bajura	Liberia, Guanacaste
Santa Marta	Cañas, Guanacaste
Brunca	
Del Ceibo S.A.	Golfito, Puntarenas
Nira	——
Molinos del Sur S.A.	Ciudad Neilly, Puntarenas
San Isidro	San Isidro del General, San José
La Julieta	Parrita, Puntarenas
Central	
Costa Rica	Bo. San José, Alajuela
Los Sauces, S.A.	Heredia, San José
La Gilda, S.A.	Río Segundo, Alajuela
La Espiga S.A.	San Rafael de Ojo de Agua, Alajuela
San Antonio S.A.	San Rafael de Ojo de Agua, Alajuela
Atenas Ltda.	Atenas, Alajuela
Sucesores Ignacio Zamora	San Ant. Belén, Alajuela
Araujo Ltda.	San Rafael de Ojo de Agua, Alajuela

El arroz es uno de los productos agrícolas que generan más subproductos entre lo que se encuentra, la paja de arroz que es la planta propiamente dicha, esta normalmente queda en el campo, la cáscara de arroz, la semolina de alto poder nutritivo y arroz quebrado. Este estudio enfoca hacia la utilización de la cascarilla de arroz como elemento energético y el cual puede llegar a sustituir parcial o totalmente los productos derivados del petróleo.

El arroz llega a las plantas con un contenido de humedad de 22% y se seca hasta un 13% aproximadamente. El secado debe llevarse a cabo lo más pronto posible debido al degradamiento que podría sufrir si se almacena húmedo. Una vez seco el arroz se almacena y se pila de acuerdo a las necesidades del mercado, debido a que el mercado es más o menos constante a través del año, la producción de cascarilla es continua en el tiempo.

Usos de la cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz seca al horno (0% CH) constituye un 16% del peso original del arroz en granza (22% CH).

Un promedio del valor calórico superior es de 15 349 $\frac{KJ}{Kg}$ (3 672 $\frac{kcal}{kg}$) (10% CH)[3/] y el contenido de cenizas es de 17% por peso[2/], lo cual sin duda representa un gran portecentaje que debe ser tomado en consideración en cualquier diseño tendiendo a aprovechar este residuo. En el caso específico de utilizar la cascarilla de arroz como combustible donde la ceniza se mezcla con la materia prima (Fábrica de Cemento) es importante conocer la composición química de la ceniza para determinar los inconvenientes que se acarrearían en dicho caso.

2/

3/ Flores R. y Zeledón R. "Cuantificación del potencial energético de la cascarilla del arroz y el olote de maíz en Costa Rica". Tecnología en Marcha- Vol. 5 No. 3, Octubre-Diciembre 1982.

De la referencia 31 se tiene el siguiente análisis:

ANALISIS QUIMICO DE LA CENIZA

SiO_2 más insolubles	83,80%
Al_2O_3	0,15%
Fe_2O_3	0,40%
CaO	0,57%
MgO	2,00%

Este residuo tiene la característica de estar concentrado en las plantas procesadoras de arroz por lo que significa un potencial energético bastante importante y el cual hoy en día se desaprovecha en gran parte o se subutiliza.

Uno de los mayores problemas de la cascarilla de arroz es su baja densidad aproximadamente 130 kgr/m^3 a 13% CH, lo cual presenta grandes problemas de costo en transporte desde las zonas productoras de residuos hasta las industrias que utilizarán el residuo.

Todos las plantas procesadoras de arroz particulares tienen sistemas de pilado y por lo tanto producción de cascarilla de arroz. En el caso del Consejo Nacional de Producción únicamente dos plantas tienen sistemas de pilado localizado una en la planta de Barranca y la otra en el Valle Central.

Algunos de los usos que se han estudiado están[4/]:

a) Utilización como abono, debe quemarse antes de usarse.

b) Preparación del negro humo

c) Material aislante y refractario

4/ Zeledón, R. "Cascarilla de arroz como fuente de energía disponible en en Costa Rica". Universidad de Costa Rica. Julio 1982. Proyecto de Graduación-Escuela Ingeniería Mecánica.

d) Correctivo para fundición

e) Producto abrasivo

f) Preparación del furfurol (aldehido furanico)

g) Relleno para alimiento de ganado

Este último es el más usado actualmente y un alto porcentaje de la cáscara de arroz que se genera en la meseta central se utiliza en esta actividad, el proceso es simple y solamente se muele y se mezcla con el alimento para animales.

Como se dijo anteriormente este trabajo enfatiza en el uso de la cascarilla como sustituto del petróleo.

Con el objeto de analizar el potencial energético de la cascarilla de arroz en los diferentes lugares, se procedió a hacer una encuesta limitada de este recurso en las arroceras nacionales.

De acuerdo con la tabla No. 1 las arroceras de mayor producción del Valle Central son Costa Rica, Los Sauces, La Gilda, La Espiga y Araujo, estas industrias procesan más del 90% del arroz que llega al Valle Central, por lo que se definieron como lugares de encuesta. Para esto se procedieron a visitar estas fábricas, la arrocera La Gilda fue totalmente imposible contactar por lo que los datos se han obtenido en forma indirecta. Arrocera Araujo y Arrocera La Espiga se están trasladando a Parrita y Guanacaste respectivamente; desmantelando totalmente las instalaciones en el Valle Central. De acuerdo a las informaciones suministradas por las otras arroceras existen planes también para trasladar parcialmente los equipos existentes en el área a las zonas productoras de arroz en un plazo relativamente corto.

TABLA No. 4

Producción de Arroceras Particulares en Zona Central

Arrocera	Arroz en grano ton/año	Arroz en granza ton/año	Cascarilla arroz ton/año
Costa Rica	18 000	30 508,47	6 101,69
Sauces	18 000	30 508,47	6 101,69
Gilda	16 000	27 118,64	5 423,6
Otros	5 200	8 813	1 762
Total	57 200	96 947	19 388,98

De las arroceras mencionadas en la tabla No. 2 dos de ellas, Los Sauces y la Gilda usan hornos que queman cascarilla de arroz para secar el arroz en granza. El tipo de horno obedece al deseo particular y privado de usar los propios residuos como fuente de energía, llevados tal vez por las circunstancias de alto precio de los productos de petróleo especialmente del diesel, el cual es el combustible usado en el secado de arroz tradicionalmente. El horno de cascarilla de arroz fue introducido al país hace aproximadamente 3 o 4 años proveniente de Colombia, en algunos casos este tipo de horno ha sufrido cambios para adaptarlo a las condiciones de determinada arrocera. Esto ha originado que en la actualidad existen dos fábricas que manufacturan este equipo. Existen también otros modelos de equipos para utilizar la cascarilla como fuente de energía diseñados y construidos en Costa Rica. En el apéndice No. 2 se encuentra el cálculo de la eficiencia de los hornos que queman cascarilla de arroz con datos obtenidos de las arroceras que tienen este equipo. Como se ve en el análisis este tipo de horno tiene una eficiencia relativa al quemador de diesel del 64%, aunque este aparezca bajo el combustible no les cuesta nada y la inversión la pueden recuperar en menos de un año. Se puede observar la

eficiencia del quemador de diesel y la secadora de 53% respecto a la eficiencia teórica del sistema, y de 34,5% de eficiencia del horno de cascarilla y la secadora como un sistema respecto a la eficiencia través del mismo. Esto da una idea de que el sistema de secado de arroz por lo menos en la forma que lo hacen estas arroceras no es muy eficiente.

El ahorro de diesel que registran cada una de estas arroceras es considerable y se estima en aproximadamente 381 350 litros/año de diesel (2 402 barriles) (ver apéndice) para Arrocera Los Sauces, 338 975 litros/año (2 135 barriles) para Arrocera La Gilda. De estos resultados se desprende que al haber sustituido el diesel por la cascarilla de arroz han hecho una contribución al balance energético nacional.

Arrocera Costa Rica una de las grandes del país cambió los quemadores de diesel por quemadores de bunker, de acuerdo a sus informaciones el gasto para la producción de 18 000 ton de arroz en grano es de 300 000 litros/año de bunker (1 900 barriles). Como se explicó anteriormente el residuo de cáscara de arroz ss vende totalmente a los fabricantes de alimento para ganado y es usado para relleno.

Existen varias arroceras pequeñas en esta zona que algunas usan diesel y otros hornos de quemar cascarilla, no se procedió a encuestar estas industrias debido al porcentaje que representan en el total de la producción del Valle Central.

Los resultados explicados anteriormente pueden ser explicados en la siguiente tabla.

TABLA No. 5

ESTADO DE LAS ARROCERAS QUE HACEN SUBSTITUCION
EN LA ZONA CENTRAL

Arrocera	Ahorro de combustible diesel (lt/año)	Gasto de cascarilla en secado Ton/año	Disponibilidad ton/año
Los Sauces	381 350	1 733	4 368,7
La Gilda	338 975	1 540,8	3 882,2

Zona Chorotega

Según la tabla No. 1 la zona de Chorotega es la segunda en importancia en la producción de arroz, mucho del arroz producido es trasladado a la zona central para ser procesado, también parte de este arroz se queda para procesarse en la misma área y luego seco y limpio se transporta a los lugares de mercado. Los costos de transporte están obligando a los productores de arroz y dueños de arroceras a pensar en no tansportar más que el arroz cro, por lo tanto ya se han trasladado industrias del Valle Central a las zonas de producción. Una desventaja en esta situación es el mercado para los subproductos especialmente la cascarilla de arroz. Según se puede apreciar en el apéndice una procesadora de arroz es totalmente autosuficiente en lo que a secado se refiere, es decir con el subproducto de cáscara de arroz pueden abastecer perfectamente sus secadoras y todavía sobra suficiente combustible para utilizarlo en otros mercados.

La demanda para la cascarilla de arroz en la zona chorotega corresponde actualmente al uso como combustible en algunas arroceras y relleno de alimento para ganado, no obstante la mayor parte es eliminado. La tabla No. 5 muestra la producción actual de la zona de chorotega.

TABLA No. 5

Producción de Arroceras Particulares
en Zona Chorotega

Arrocera	Producción Arroz** en Grano Ton/año	Procesamiento Arroz*** en Granza Ton/año	Producción Cascarilla Ton/año
Norteña	20 060	30 000	7 000
Liborio	5 000	8 474	1 949
Molinos de Guanacaste	8 541	14 477	3 329
El Porvenir	4 704	7 973	1 833
Miramar	6 624	11 776	2 708
Otros*	1 347	2 283	525
TOTAL	46 276	74 983	17 344

* No se incluyen la o las arroceras que al momento de este trabajo se están trasladando a la zona, debido a problemas de cuantificación de producción

** Seco (13% CH) y limpio (solo grano)

*** Húmedo (22%CH) y en granza (cascarilla, semolina y grano).

También en este caso los combustibles fósiles han obligado desde hace aproximadamente tres años una sustitución para usar su propio residuo. La arrocera Norteña, Molinos de Guanacaste y Miramar usan hornos descritos más adelante para quemar cascarilla haciendo una sustitución total en las plantas. Liborio actualmente usa diesel para secar el arroz pero está cambiando resistencias eléctricas, algunas otras pequeñas todavían usan diesel.

TABLA No. 6

Estado de las Arroceras que hacen substitución en la zona Chorotega

Arrocera	Ahorro de combustible* (diesel) (lt)/año)	Gasto de cascarilla en secado Ton/año	Disponibilidad Ton/año
Norteña	407 600	1 852	5 148
Miramar**	115 131	523	-----
Molinos de Guanacaste	160 000	727	13 750

*Ver apéndice

** Toda la cascarilla se usa en una planta de concentrado de animal

La localización de estas plantas y la baja densidad de la cáscara de arroz señalan que la utilización de este residuo como combustible debe darse en un lugar cerca de esos centros de producción, es decir la demanda tiene que estar cerca de la oferta. En este caso específico, las fábricas de cemento de Pacífico y Conaprosal se perfilan como los usuarios potenciales de este combustible (ver estudio de caso correspondiente). Compactación, o cualquier clase de densificación se hace obligatorio para mercados a grandes o medianas distancias de los centros de residuo.

Zona Brunca

La información mostrada en esta sección ha sido generada por medios indirectos ya que no se llevó a cabo encuesta formal para cada planta de arroz. La casi carencia de demanda en esta área prevee un uso relativamente bajo de este recurso. La única forma de poder darle una utilización es por medio de la densificación para que al aumentar su densidad el precio que puede pagarse en la meseta central; la cual es el área de mayor demanda, sea competitivo con otros combustibles.

La tabla No. 6 ha sido generado en base a la capacidad de pilado y la pretención es mostrar un orden de magnitud de un potencial de energía, estos datos deben tomarse con discreción.

TABLA No. 6

Producción de arroceras particulares
en Zona Blanca (Sur)

Arrocera	Arroz en Grano Ton/año	Arroz en Granza Ton/año	Cascarilla de arroz Ton/año
Del Ceibo	17 700	30 000	6 000
Molinos del Sur	8 422	14 275	2 855
San Isidro	3 864	6 550	1 310
La Julieta	3 864	6 550	1 310
Otros	6 440	11 000	2 200
TOTAL	40 290	68 375	11 475

Sistemas que usan cascarilla de arroz como energía

Equipos para utilización de cascarilla de arroz en el secado del arroz

Esta sección debe considerar primero todas las ventajas y desventajas de los métodos directos de secado de arroz y de los métodos indirectos del mismo secado. Realmente no se encontró ninguna arrocera de las encuestadas que secará con métodos indirectos, es decir por medio de intercambiadores de calor, sin embargo, es una alternativa técnica disponible.

Anteriormente se mencionó que el secado del arroz es una etapa localizada antes del pilado, esto significa que el arroz se seca con la cáscara, condición que permite más flexibilidad en cuanto a la calidad de secado y a que se podrían usar combustibles no muy limpios sin alterar la calidad del grano, sin embargo, solamente una arrocera se conoce que utilice un combustible no muy limpio como lo es el bunker, en fuego directo, el resto usa diesel, combustible relativamente limpio u hornos que quman cascarilla.

La ventaja del método indirecto es un proceso corriente de secado, está en la no contaminación del grano ya que recibe aire caliente en vez de gases de combustión caliente. En granos como maíz, café, frijol, etc. el uso de métodos indirectos ha probado ser efectivo y de gran calidad de secado, en arroz como se explicó anteriormente no existe experiencia previa pero se puede preveer que la calidad de secado es también bastante buena.

Otra ventaja es el sistema de control de temperatura. Mantener una temperatura constante es normalmente más fácil en métodos indirectos que métodos directos.

Desventajas del método indirecto son principalmente la reducción en eficiencia de los sistemas ya que como su nombre lo indica son métodos que ocupan varias etapas de transferencia de calor. Normalmente se usa una unidad control de generación de calor y cada sistema de secado tiene su propio intercambiador

de calor, esto significa que una avería en esa unidad central pararía toda las unidades de secado que están conectadas a esa unidad. Aunque no se puede generalizar pero en la mayor parte de los casos los sistemas indirectos requieren más inversión inicial que los sistemas directos.

Ejemplos de estos sistemas son calderas, de vapor, calderas de aire caliente, hornos o quemadores usando intercambiadores gas a gas.

Los métodos directos son ampliamente usados en el secado de granos usando combustibles sólidos y líquidos. Inicialmente la generación de carlo está cerca de la secadora y en muchos casos especialmente en el secado de arroz los quemadores de combustibles líquidos (diesel y bunker) están instalados una por cada secadora y los hornos de combustibles sólidos abastecen dos o máximo tres secadoras. Su ventaja principal es la eficiencia en el uso de energía y en algunos casos su baja inversión inicial. La desventaja mayor está en la dificultad de conseguir una combustión aceptable para la calidad del grano requerido, ya sea en quemadores de combustibles líquidos u hornos de combustibles sólidos. Es realmente difícil encontrar condiciones de combustión perfecta y la mayor parte de estas industrias no conocen la cantidad de exceso de aire que está usando para la combustión.

En este capítulo ya se ha mencionado las arroceras que queman cascarilla de arroz como combustible para secado. Los métodos usados en las diferentes arroceras son bastante similares, el cual consiste de un horno alimentado por la parte superior, la cascarilla cae a la zona de combustión, los gases de combustión pasa a través de un intercambiador de calor, parte interna del horno y salen hacia las secadoras, normalmente dos secadoras conectadas a un horno. Existen varios tipos, aunque son bastante similares entre sí, localmente dos industrias costarricenses están fabricando esta unidades las cuales en general tienen un funcionamiento parecido o los hornos introducidos. La figura No. muestra en forma esquemática este tipo de hornos.

APENDICE 1

Autosuficiencia energética

Se pretende mostrar en estos cálculos que una arrocera es totalmente autosuficiente.

Se consume 1 tonelada de arroz en granza al 22% C.H.

Producción de cascarilla (13%C.H.) = 211 kilos de cascarilla de arroz en granza.

Cantidad de cascarilla necesaria para secar una del 22% C.H. al 13% C.H. ((b.h.) una tonelada de arroz en granza = 62,5 kilos

Sobrante real de cascarilla = 148,5 kilos/tonelada arroz en granza

APENDICE 1

Autosuficiencia energética

Se pretende mostrar en estos cálculos que una arrocera es totalmente autosuficiente.

Se consume 1 tonelada de arroz en granza al 22% C.H.

Producción de cascarilla (13%C.H.) = 211 kilos de cascarilla de arroz en granza.

Cantidad de cascarilla necesaria para secar una del 22% C.H. al 13% C.H. ((b.h.) una tonelada de arroz en granza = 62,5 kilos

Sobrante real de cascarilla = 148,5 kilos/tonelada arroz en granza

1 planta de Barranca y la otra en el Valle Central.

Algunos de los usos que se han estudiado están[4/]:

a) Utilización como abono, debe quemarse antes de usarse.

b) Preparación del negro humo

c) Material aislante y refractario

4/ Zeledón, R. "Cascarilla de arroz como fuente de energía disponible en en Costa Rica". Universidad de Costa Rica. Julio 1982. Proyecto de Graduación-Escuela Ingeniería Mecánica.

Haciendo los cálculos para 1 tonelada de arroz en granza y con los seguimientos de humedad contenidos, la cantidad de agua que debe extraerse es de 80 kilos.

Energía requeridad para esa cantidad de agua es de 238 321 KJ. Volviendo a los parámetros prácticos obtenidos de la industria arrocera, los siguientes resultados reales emergen.

Diesel

Poder calorífico superior del diesel = 36 616 KJ/litro = 45 770 KJ/kg.

Pérdidas por:

A-Hidrógeno = 2 982 KJ/kg de diesel
B-Gases y exceso de aire = 544,5 KJ/kg
C-Otras = 1 830,80 KJ/kg

El poder calorífico inferior es por lo tanto 40 413 KJ/kg (7 526 kcal/kg) = 32 330 KJ/litro.

Para realizar el cálculo se estima que los gases de salida tienen una temperatura de 80°C y que la temperatura ambiente es de 20°C, además el exceso de aire en el quemador es solamente 20%.

Para la cascarilla de arroz se conoce el poder calorífico superior suministrado por la bomba calorimétrica y alcanza un valor de 15 349 KJ/hr (3 672 kcal/kg). En ocasiones anteriores se ha justificado la necesidad de contar con el poder calorífico inferior que representa la verdadera energía utilizada en el proceso.

Haciendo los cálculos para 1 tonelada de arroz en granza y con los seguimientos de humedad contenidos, la cantidad de agua que debe extraerse es de 80 kilos.

Energía requeridad para esa cantidad de agua es de 238 321 KJ. Volviendo a los parámetros prácticos obtenidos de la industria arrocera, los siguientes resultados reales emergen.

Diesel

Poder calorífico superior del diesel = 36 616 KJ/litro = 45 770 KJ/kg.

Pérdidas por:

A-Hidrógeno = 2 982 KJ/kg de diesel
B-Gases y exceso de aire = 544,5 KJ/kg
C-Otras = 1 830,80 KJ/kg

El poder calorífico inferior es por lo tanto 40 413 KJ/kg (7 526 kcal/kg) = 32 330 KJ/litro.

Para realizar el cálculo se estima que los gases de salida tienen una temperatura de 80°C y que la temperatura ambiente es de 20°C, además el exceso de aire en el quemador es solamente 20%.

Para la cascarilla de arroz se conoce el poder calorífico superior suministrado por la bomba calorimétrica y alcanza un valor de 15 349 KJ/hr (3 672 kcal/kg). En ocasiones anteriores se ha justificado la necesidad de contar con el poder calorífico inferior que representa la verdadera energía utilizada en el proceso.

para adaptarlo a las condiciones de determinada arrocera. Esto ha originado que en la actualidad existen dos fábricas que manufacturan este equipo. Existen también otros modelos de equipos para utilizar la cascarilla como fuente de energía diseñados y construidos en Costa Rica. En el apéndice No. 2 se encuentra el cálculo de la eficiencia de los hornos que queman cascarilla de arroz con datos obtenidos de las arroceras que tienen este equipo. Como se ve en el análisis este tipo de horno tiene una eficiencia relativa al quemador de diesel del 64%, aunque este aparezca bajo el combustible no les cuesta nada y la inversión la pueden recuperar en menos de un año. Se puede observar la

2) Rendimiento del sistema de secado, secadoras y quemador de diesel respecto al gasto teórico de energía

$$N_2 = \frac{238,3 \text{ MJ/ton}}{444,5 \text{ MJ/ton}} \times 100 = 53,6\%$$

3) Rendimiento del sistema de secado, secadoras y horno que quema cascarilla respecto al gasto teórico de energía

$$N_3 = \frac{238,3 \text{ MJ/ton}}{691,25 \text{ MJ/ton}} = 34,47\%$$

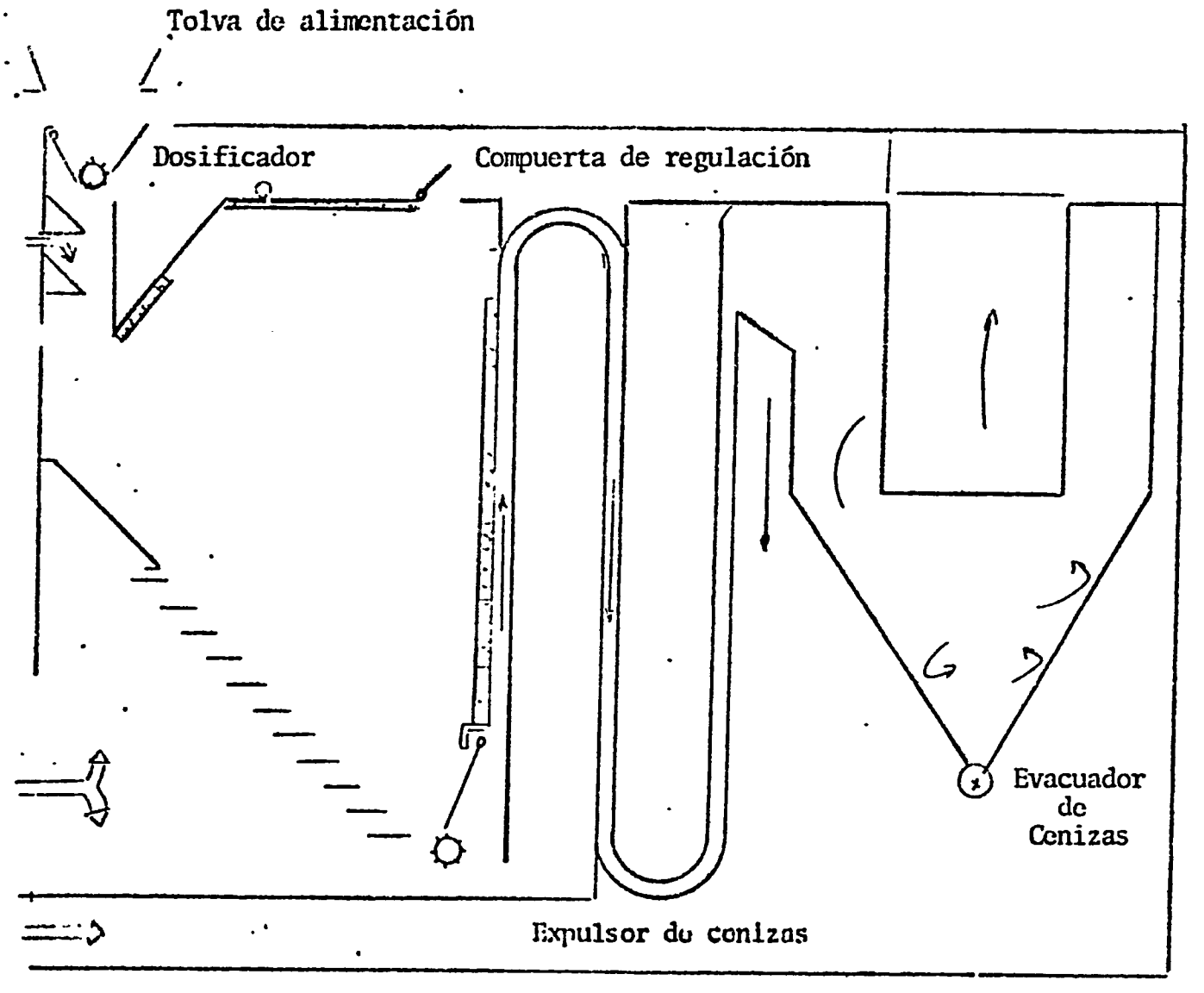
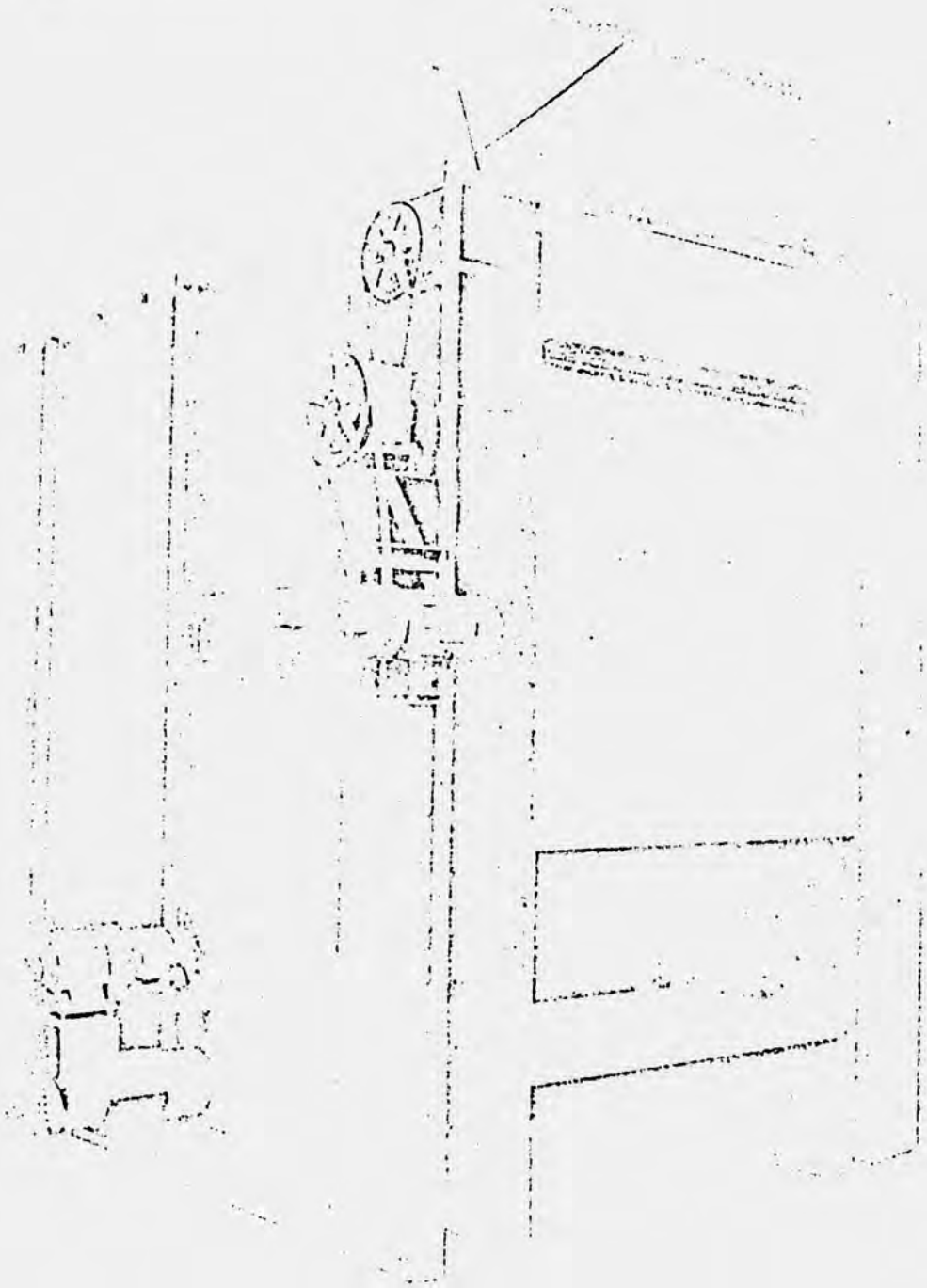


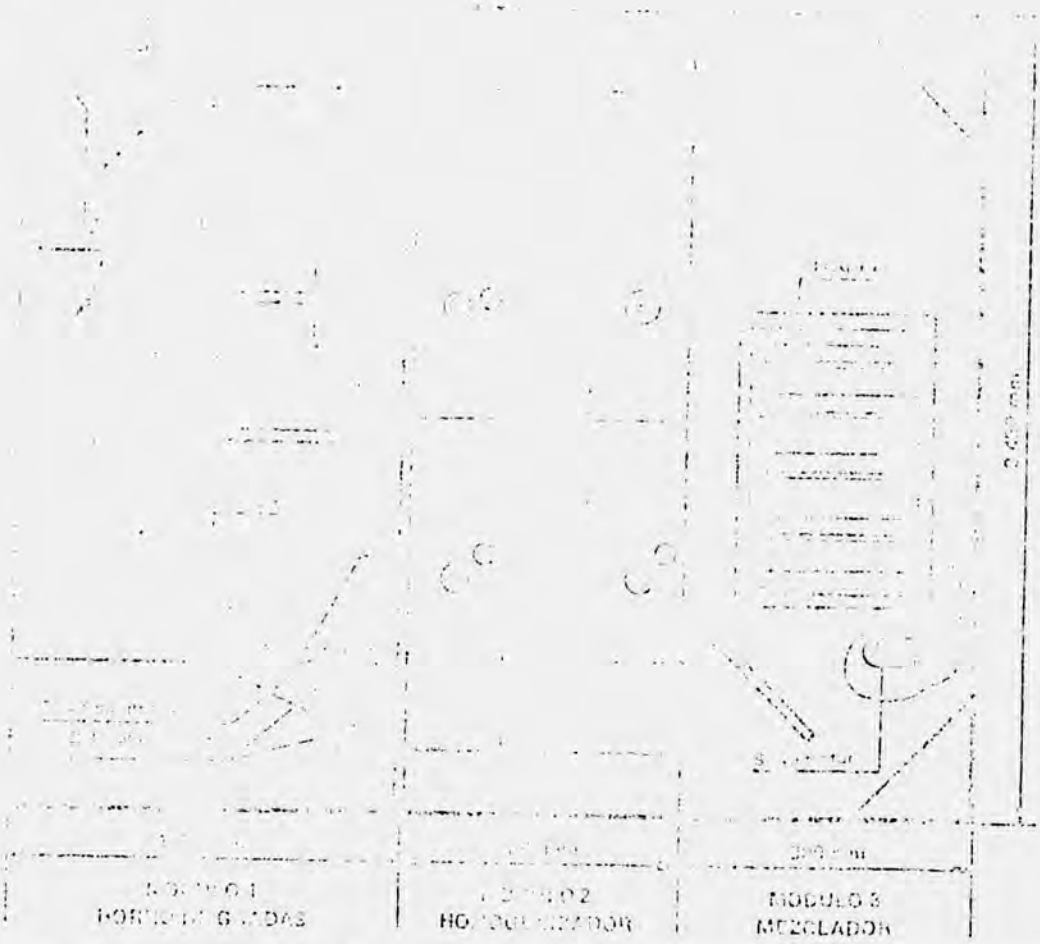
FIGURA N° 1

Esquema de horno que quema cáscara de arroz

Horno Quemador de grapa



DAVIDSA



CARACTERISTICAS: ¢ 700,000 + instalación

- Horno diseñado para generar calor a dos secadoras de 400 quintales cada una.
- Consumo máximo de granza: 10 quintales por hora.
- Consumo mínimo de granza: 5 quintales por hora.
- Temperatura transferida al abanico de secadora de 82°C. (180°F.)
- Control automático de temperatura.
- Hogar recubierto de ladrillo refractario.
- Alimentador automático de granza.
- Botador de ceniza por medio de tornillo.

ESTE DISEÑO ES DE NUESTRA PROPIEDAD INTELECTUAL. QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCION Y USO DEL CONTENIDO SIN NUESTRA AUTORIZACION POR ESCRITO.
NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE CAMBIOS Y MEJORAS.

A N E X O 3

DISPONIBILIDAD DE RESIDUOS DE ASERRADERO

DISPONIBILIDAD DE RESIDUOS EN INDUSTRIAS DE ASERRIO

INTRODUCCION

La presente revisión de la disponibilidad de residuos de aserrío en Costa Rica, se llevó a cabo, dado que los datos considerados para estimar el potencial disponible en 1981 se basó en el censo de aserraderos 1979-1980.

En los últimos tres años las variaciones en lo referente al uso de residuos ha sido muy grande dada la crisis energética; la orientación general que se le dió al estudio fue la disponibilidad para contratar los residuos y el volumen de estos, así como la concentración de residuos.

RESULTADOS GENERALES

Los cuadros del 1 al 5 muestran resúmenes por zonas; se puede observar que el uso más común de los residuos es el doméstico y la disponibilidad se encuentra en los residuos finos.

COMENTARIOS

Las zonas que presentan algún grado de concentración de residuos son:

LUGAR	PROVINCIA
San Carlos	Alajuela
Cartago centro	Cartago
Alajuela Cantón Central	Alajuela
Guácimo	Limón
San Isidro del General	San José
San José	San José.

La provincia de San José fue analizada por la dirección General Forestal, llegando a esta conclusión de que los residuos sólidos no son disponibles pero sí en cambio, los residuos finos como el aserrín.

Cartago fue analizada intensivamente dada la cercanía de los aserraderos, al igual que San José no hay disponibilidad de residuos sólidos como son las costillas y recortes de recanteo, pero si un potencial en aserrín y burucha que mediante contrato puede obtenerse.

Alajuela y Heredia presentan características similares a las anteriores provincias.

Los aserríos de residuos sólidos más importantes del Valle Central según la encuesta realizada fueron: uso doméstico, caleras y ladrilleras.

Existe una disponibilidad apreciable de residuos finos sobre todo aserrín.

San Carlos tiene la mayor concentración de aserraderos así como la mayor disponibilidad de residuos sólidos y finos.

Fueron visitados en esta zona 10 de 24 aserraderos operando y todos manifestaron estar en disposición de contratar los residuos ya que el consumo de estos es mínimo. En esta zona hasta hace poco, la leña o residuos se regalaban, hoy día se cobra un precio promedio de 25 colones por metro cúbico.

La alta concentración de aserraderos y disponibilidad de residuos hace de San Carlos una zona con alto potencial para ubicar un centro de acopio de residuos.

En la provincia de Limón, las zonas de mayor concentración de aserraderos son Guácimo y Guápiles, sin embargo la mayor parte de los aserraderos son del tipo circular, los cuales son de baja productividad y rendimiento, por lo que la cantidad de residuos es baja.

Como se puede observar en los cuadros del 1 al 5, existe una variabilidad

CUADRO No. 1

PRODUCCION Y USO DE RESIDUOS EN CARTAGO

Aserradero #	P.P.	V.S.*	Producción diaria m^3	Sólidos Res/día m^3	Sólidos Precio ₡	Sólidos Uso	Finos Res/día m^3	Finos Precio ₡	Finos Uso	Observaciones
1	X		22	7	300	Ladrillera	6	--	--	Todo se vende
2	X	X	8	3	120	Ladrillera	4,5	25	Ganadero	Aserrín disponible
3		X	14	4	150	Ladrillera	2	—	---	Aserrín disponible
4		X	12	3	400	————	6	—	---	Todo se lo lleva el cliente menos el aserrín
5		X	22	7	300	Doméstico	--	---	---	Aserrín disponible
6	X		9	4	—	Doméstico	2,5	--	---	Ocasionalmente se vende
7	X	X	20	7	60	Doméstico	6	--	---	No hay control
8	X	X	12	4	--	Doméstico	4	--	---	Cliente se lleva todo
9		X	12	2	80	Doméstico	2,5	--	---	Disponible
10	X	X	20	4	---	Doméstico	2	--	---	Disponible

P.P. = producción propia
V.S. = venta de servicios

CUADRO No. 2

PRODUCCION Y USO DE RESIDUOS EN ALAJUELA

Aserradero #	P.P.	V.S.*	Producción diaria m^3	Sólidos Res/día m^3	Sólidos Precio ¢	Sólidos Uso	Finos Res/día m^3	Finos Precio ¢	Finos Uso	Observaciones
1		X	25	4	100	Calera	2	80	----	Contrato con caleros
2		X	12	–	100	Panadería	4	--	----	Se regala
3		X	9	2,5	125	Doméstico	--	40	---	
4		X	16	2,5	200	Doméstico	6	200	Granjas	

P.P. = producción propia
V.S. = Venta de servicios

CUADRO No. 3

PRODUCCION Y USO DE RESIDUOS EN ASERRADEROS DE SAN CARLOS

Aserradero #	P.P.	V.S.*	Producción diaria m^3	Sólidos Res/día m^3	Sólidos Precio ¢/m^3	Sólidos Destino	Finos Vol/día m^3	Finos Precio ¢/m^3	Finos Destino	Observaciones
1		X	14	5	—	Doméstico	3	—	Se bota	
2	X		14	5	25	Doméstico	4	--	Se regala	
3		X	10	2	25	Doméstico	3	--	Se bota	Acumulaciones 3 años
4	X		18	6	—	Doméstico	2	—	Se bota	Residuos muy mezclados
5	X	X	22	10	—	Doméstico	6	—	Se bota	Puntualidad en recoger residuos
6		X	14	5	---	Doméstico	6	—	Se bota	Compromiso formal
7		X	14	8	—	Doméstico	2	--	Se bota	
8		X	14	5	—	Doméstico	4	—	Se bota	Puede montar un horno
9	X		26	8	25	Doméstico	5	—	Se bota	Vende burucha
10	X		17	10	—	Queman	—	—	Se quema	10 años quemando todo

P.P. = producción propia

V.S. = venta de servicio

CUADRO No. 4

HERIDIA

Aserradero	P.P.	V.S.	Producción diaria m^3	Sólidos Res/día m^3	Precio	Uso	Finos Res/día m^3	Precio	Uso	Observaciones
1	X	X	17	6	725	Calera	4	12	Granjas	Tiene disponibilidad de aserrín y bucula. Puede contestar parte de residuos
2	X	X	14	6	—	doméstico	3,5	8	Granjas	Hay disponibilidad de aserrín

Cuadro No. 5

Limón

Aserradero	P.P.	V.S.	Producción diaria m^3	Res/día m^3	Precio	Uso	Res/día m^3	Precio	Uso	Observaciones
1	X	X	17	10	102	Doméstico	5	---	----	Disponible aserrín
2	X	X	5-3	1,5	----	----	1	---	---	Disponible aserrín bajo pro1.
3	X	X	14	6	----	doméstico	35	----	----	Disponible aserrín bucula y leña
4	X	X	14	4	75	doméstico	4	---	----	Disponible aserrín y leña
5	X	X	5	1,5	--	carbón	1	----	----	Se produce carbón

CUADRO N°6

RESUMEN DE PRODUCCION Y DISPONIBILIDAD DE

RESIDUOS EN LAS ZONAS ESTUDIADAS

Zona	Aserradero	Prod. Prom. m^3/día	Residuos Sólidos A m^3/día	Residuos Sólidos B m^3/día	Residuos Finos A m^3/día	Residuos Finos B m^3/día	Sólidos dispon. m^3/día	Sólidos dispon. Ton/día	Finos dispon. m^3/día	Finos dispon. Ton/día
S. Carlos	33	16,3	165	141	108	70,8	126		63,7	14
Cartago	12	15	34	45	42	23	8		18,4	5,5
Alajuela	5	16	-	16	-	12,8	-		9	2,7
Heredia	3	16	12	12	16,5	18,8	6		10,2	3
San José	14	15	-	52,5	-	42	-		29,5	8,8
Guápiles	15	7	-	26,2	-	21	-		21	6,3
Guácimo	4	6	-	7	-	4	-		5	1,5
TOTAL										

A= Cantidad de residuos según datos de la encuesta.

B= Cantidad de residuos según datos del estudio de rendimiento hecho por la DGF, Ofiplan e ITCR-1981-1982.

Conversión de m^3/día de residuos Finos a Ton/día a razón de 300 Kg/m^3.

Conversión de m^3/día de residuos Sólidos a Ton/día a razón de 300 Kg/m^3.

CUADRO No. 7

PRODUCCION Y DISPONIBILIDAD DE RESIDUOS EN OTRAS INDUSTRIAS FORESTALES

Total industrias	Total residuos sólidos producidos m^3/día	Total residuos finos producidos m^3/día	Residuos sólidos disponibles m^3/día	ton/día	Residuos fin Disponibles m^3	Ton
17	18	20	10,5	315		

A N E X O 4

RESIDUOS DE EXPLOTACIONES FORESTALES

EXPLOTACION FORESTAL

En los últimos años la Dirección General Forestal ha introducido un nuevo sistema para el otorgamiento de permisos de explotación, esto con el fin de reducir la tasa de deforestación y orientar el uso de la tierra de acuerdo a su potencial.

La clasificación general utilizada en el mapa de uso actual de la tierra, realizados por la DGF, con lo cual se orienta el tipo de permiso otorgado es la siguiente:

A- Suelos de aptitud agrícola (permisos con posibilidad de cambio de uso de la tierra)

B- Cultivo permanente (cambio de uso de la tierra)

C- Plantación forestal (cambio de uso para planificación)

F Forestal (Permisos de aprovechamiento)

Fx
X
Xf

Zonas de protección, reservas, parques, etc. (Uso sin valor económico ni posible explotación actual.)

Se puede esperar que en un futuro cercano, con la nueva práctica de otorgamiento de permisos, se puede ubicar y aprovechar lo mejor posible los residuos forestales.

ZONAS DE EXPLOTACION

Las zonas de mayor explotación forestal son: la zona norte y Limón.

Por provincias se pueden mencionar algunos lugares como;

Alajuela

Terrón Colorado

Cutris

Upala

Limón

La explotación en esta provincia se produce en todos los cantones, con más intensidad en;

Valle de la Estrella

Pococí

Guácimo

Siquirres

Matina

San José

San Isidro del General

Puntarenas

Quepos

Buenos Aires

Heredia

Sarapiquí

Cartago

Turrialba

NIVELES DE EXPLOTACION

El cuadro número uno, muestra las extensas zonas deforestadas por provincia del año 1975 hasta 1982.

Como se observa en el cuadro #1 la tasa de forestación se ha mantenido en el ranto de 20,000 h o 25.000 h por año, se supone que hasta el momento la deforestación ilegal puede ser de un 30%, lo que implica que la deforesta-

ción real puede ser de 26.000h a 32.000h, por año.

Nótese que considerando un 30% de explotación ilegal no se alcanza las 60.000 ha de deforestación anual anotadas en muchos estudios, el objetivo de este estudio de explotación forestal es el aprovechamiento de residuos forestales, por tal motivo las cifras que se toman con fines de aprovechamiento deben ser las más seguras, por lo tanto conservadoras ya que el comprobar las 60.000 h es más difícil que demostrar un 30% de explotación ilegal.

Según criterios de funcionarios de la Dirección General Forestal, la tasa de deforestación (dadas las restricciones y requisitos para explotar el bosque), se verá reducida considerablemente en los próximos años.

EXISTENCIA DE BOSQUES EN COSTA RICA

Costa Rica cuenta con una serie de estudios sobre la cobertura boscosa del país, estimaciones realizadas en 1978 por el SEPSA, indicaron un total de bosques existentes de 19.618.03 Km^2.

De estos un 13.7% (2689 Km^2), se encuentran bajo cierto régimen, un 6,7% (1245 Km^2) son bosques en terrenos de protección por lo que el area disponible era de 15.632 Km^2.

Actualizando este dato con una deforestación de 40.000 nos resulta un total de aproximadamene 11432 Km^2 en 1983.

Según estudios de SEPSA, sólo 6434 Km^2 son bosques comerciales; el resto son bosques con poco valor económico, como se aprecia en el cuadro #2, las regiones Huetar Atlántica y Brunca, poseen la mayor cobertura boscosa con 6.076 y 4070.76 Km^2 (datos de 1978).

En 1981 otro estudio indicó un total de bosques densos para el país de 13.629.6 Km^2 los cuales se distribuyen de acuerdo al piso basal, según cuadro #3.

De acuerdo al uso actual la capacidad de uso del suelo la distribución de la tierra en Costa Rica hasta 1980, se encontraba de acuerdo al cuadro #4.

Se nota que las tierras de vocación forestal se ubican principalmente en la región Central y la Brunca, las cuales en este momento son las que menos bosque explotable tienen.

La DGF, declaró en 1982-83, mapas actualizados de uso actual de la tierra. Con estos mapas y los mapas de capacidad de uso declarado por OPSA y FAO, DGF en el año 1978, se realizó un estudio de áreas boscosas tipo I y II (es decir, con coberturas de 90% a 100% en el tipo I y de 60% a 90% en el tipo II), que se hallan en suelos con potencial para cambio de uso, se consideró como suelo con potencial para explotación y cambio de uso las categorías de 7 a 6, según el mapa de capacidad de uso de la tierra.

El cuadro # 4, muestra la disponibilidad de bosque en suelos aptos para cambio de uso.

Se aprecia en el cuadro #4 que la cantidad de bosque disponible en suelos aptos para cambio de uso de acuerdo al mapa de capacidad de uso es muy baja y difiere mucho de los datos anotados anteriormente sobre el bosque comercialmente explotable.

Esta situación de incertidumbre deberá ser aclarada posteriormente con el fin de que los proyectos sobre aprovechamientos forestales gengan bases sólidas.

Es importante aclarar que no se han incluido dentro del análisis los bosques del tipo III los cuales tienen una cobertura boscosa de 30% a 60% y que han sido fuertemente explotados por lo que su vegetación no es exhuberante; se puede suponer que estos bosques tipo III se hayan en su mayoría en tierras para cambio de uso por su aprovechamiento, bien puede ser para uso energético.

Costos de preparacion y extraccion de residuos de la montaña

=

Los costos de preparacion y extraccion de residuos de la montaña deben analizarse dependiendo del tipo de explotacion que se realice el aspecto mas critico lo constituyen los caminos, ya que las trochas por donde se saca la madera del bosque son transitables solamente por tractor de orugas y en algunos casos por tractor de llantas.

En los bosques explotados para cambio de uso se puede utilizar tractor de orugas, ya que al eliminar la vegetacion en una forma total la humedad se reduce considerablemente, por lo que los suelos son mas transitables por mas tiempo.

La posibilidad mas factible de extraccion de residuos en bosques de aprovechamiento es por medio de bueyes, esto disminuye el rendimiento pero los costos son mas bajos; un inconveniente en el uso de los bueyes es que estos son muy escasos, sobre todo en las areas rurales por lo que deberan se llevados a las zonas de aprovechamiento.

Otro factor muy importante para la extraccion de los residuos del bosque es considerar las limitaciones naturales como las pendientes muy fuertes, suelos anegados, asi como la falta de caminos cuando la madera se extrae por medio de canales de agua.

costos de preparacion y e traccion en bosques con cambio de uso de la tierra

costos por diá

Mano de obra

1 motosierrista	c 455,00	
1 ayudante	c 329,00	
(se incluyen viaticos)		c 784,00
combustibles		c600, 0
aceite		c 240,00
depreciacion motosierra		c 108,00
alquiler tractor		c 3600,00
total		c 5332,0

se estima un rendimiento por dia de 50 metros cúbicos por dia.

El costo por metro cúbico diario es de c 106,64.

Costo de preparacion y e tracción en bosques sin cambio de uso

costos por dia.

mano de obra

1 motosierrista	455,00	
1 ayudante	329,00	
		c 784
combustibles		c 600,00
aceite		c 240,00
depreciacion motosierra		c 138,00
total		c 1688,00

rendimiento de preparacion 30 m/ dia

costo por metro cubico extraido

c 56,20

costo de extraccion

alimentacion y otros bienes	c 38,5
depreciacion	c 46,15
total	866 [illegible]

rendimiento por dia 16.9 m

costo c 51,40

costo total .o. metro cubico c 107.66

CUADRO No. 1

AREAS OTORGADAS PARA EXPLOTACION POR PROVINCIA DE 1975 a 1982

Provincia	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
	Has	Has	Has	Has	Has	Has	Has	Has
San José	478	399	384	263	481	536	451	948
Alajuela	4 067	5 703	8 649	13 341	17 391	11 848	13 929	6 191
Heredia	2 738	2 766	2 267	2 628	3 474	2 141	1 824	1 507
Cartago	1 381	818	465	518	277	550	366	564
Puntarenas	5 256	2 271	1 180	5 578	5 581	2 061	832	1 424
Guanacaste	5 960	4 402	2 411	1 372	1 148	864	803	702
Limón	3 747	3 456	3 992	3 526	4 993	4 350	5 692	4 714
Total	23 637	19 815	19 348	27 227	33 345	22 375	24 204	15 452

CUADRO #2

Areas boscosas a nivel nacional y regional

REGION	COBERTURA ENKm^2	%RESPECTO AL AREA TOTAL DEL BOSQUE	%RESPECTO AL AREA TOTAL DEL PA
Central	3.571.84	18.2	7.0
Chorotega	2026.18	10.3	3.9
H.Atlántica	6.072.48	31.0	11.9
H.Norte	3.576.77	18.2	7.0
Brunca	4370.76	22.3	8.0
TOTAL	19.618.03	100	38.4

Fuente:SEPSA,Unidad de recursos naturales(1972-1978)

CUADRO 3

BOSQUES DENSOS; ESTIMACION DEL AREA, VOLUMEN/Ha y VOLUMEN TOTAL POR PISO ALTITUDINAL

PISO BASAL	AREA	m^3/Ha	Total Millones de m^3
Basal	5.039.11	203.2	103.4
Premontano	5.274.2	177.1	13.4
Montano Bajo	2.380.7	238.3	56.7
Montano	884.8	291.0	25.7
Total	13.629.6		279.2

Fuente: SEPSA. Unidad Recursos Naturales, 1981.

CUADRO #4

ZONAS	TERRENOS CON BOSQUE 1 Y 2, PARA CAMBIO DE USO Km^2	BOSQUES CON TERRENOS DE PROTECCION Km^2
Nicoya	67,606	2473.240
Liberia	78.873	3374.648
San Carlos	771.831	433.803
Barra del Colorado	06	33,24
Limón	50.704	1864.784
Talamanca	281.690	2146.784
Golfito	411.268	861.972
Quepos	5.634	1554.93
Total Km^2	1667.606	12.783.101
Has.	166.760.6	1.278.310.1

A N E X O 5

PLANTACIONES FORESTALES

- A: Análisis detallado del Flujo de Caja, y otros cuadros que respaldan el Documento Central

- B: Material inicial de fondo, preparado para el proyecto

TABLE Nº ~~[illegible]~~ A 5-1

DISCOUNTED CASH FLOW ANALYSIS OF PLANTATION COSAS AND OUTPUT

FOR GUANACASTE AND CENTRAL VALLEY

	EXPENSE (COLONES)	DISCOUNTED EXPENSE	DISCOUNT FACTOR	OUTPUT (m^3)	DISCOUNTED ~~OUTPUT~~ OUTPUT (m^3)
0	32,915(3230)	32,915(3230)	1.000	-	
1	2 307	2 097	909	-	
2	3 728	3 079	826	-	
3	17,020	12,782	751	90	67.6
4	2 344	1 610	683	-	
5	1 191	750	621	-	
6	17,020	9 616	565	90	50.0
7	2 344	1 202	513		
8	1 191	556	467	-	
9	17 020	7 216	424	90	38.2
10	2 344	905	386	-	
11	1 191	417	350	-	
12	17,020	5 429	319	90	28.7
		78,564(81,793)			185.4

DISCOUNTED PRICE= ¢423.8/m^3 (A)

¢441.2/m^3 (B)

NOTE: 3230 added in first year in for 14 days of weed and pest control included in first draft but excluded in second, though this point is made ambiguous by apparently first draft.

The figures are in parenthis and case B.

at 35% m.

¢ 1260 per oven dry ton

¢ 350 kg/m^3 vie

464

TABLE N° 2 ~~[illegible]~~ A5.2

DISCOUNTED CASH FLOW ANALYSIS OF PLANTATION COSTS AND OUTPUT FOR LIMON (COSTA ATLANTICA) - SAN CARLOS PRODUCING REGIONS

YEAR	EXPENSE (COLONES)		DISCOUNTED EXPENSE (COLONES) A	B	DISCOUNT FACTOR	OUTPUT (m^3) STANDARD YIELD	HIGH YIELD	DISCOUNTED OUTPUT (m^3) C	D
0	35,220	(4612)	35,220	(4612)	1.000				
1	0	(6457)	0	(5869)	909				
2	6.946		5 737		826				
3	17.020		12 782		751	90	(120)	67.6	(90.1)
4	6.496		4 437		683				
5	1.883		1 169		621				
6	17.020		9 616		565	90	(120)	50.9	(67.8)
7	6.496		3 332		513				
8	1.883		879		467				
9	17.020		7 216		424	90	(120)	38.2	(50.9)
10	6.496		2 507		386				
11	1.883		659		350				
12	17.020		5 429		319	90	(120)	28.7	(38.3)
			88.983	99,464				185.4	(247.1)

DISCOUNTED PRICE

A ÷ C	¢ 480.0/m^3
A ÷ D	¢ 360.1/m^3
B ÷ C	¢ 536.5/m^3
B ÷ D	¢ 402.5/

TABLE N° A 5-3

DISCOUNTED CASH FLOW ANALYSIS FOR FAMILY FARM MODEL

	EXPENSE (COLONES	DISCOUNTED EXPENSE	DISCOUNT FACTOR	OUTPUT	DISCOUNTED OUTPUT
0	15,911	15,911	1.000		
1	1.153	(1 048)	909		
2	1.153	952	826		
3	11.534	8 662	751	90 (75)	67.6 (56.3)
4	1.153	787	683		
5	1.153	716	621		
6	11.534	6 517	565	90 (75)	50.9 (42.7)
7	1.153	591	513		
8	1.153	538	467		
9	11.534	4 890	424	90 (75)	38 2 (31.8)
10	1.153	445	386		
11	1.153	404	350		
12	11.534	3 679	319	90 (75)	28.7 (23.9)
		44,092 (5,140)			185.4 (154.4)

COST PER CUBIC METER

	YIELD (30 m^3/year)	YIELD (25m^3/year)
COST PER m^3		
original	¢238	¢285
including extra needing in this year	¢243.5	¢297.4

Table: A 5-4

Unskilled labor costs assumed in different reforestation studies ~~Labor costs assumed~~.

	US$ /day		date
Philippines/FAO	1.18		1979
Korea/FAO	2.37		1979
Kenya/FATO (unskillen)	0.68		1979
Honduras/FAO	1.08		1980
Nicaragua/CATIE		$50,00	1981
Costa Rica/CATIE	3.2o	¢64,oo	1982
This study	5.3o	¢231	1983

Table: A 5-6

MODIFICATION OF SMALLHOLDER LABOR REQUIREMENTS

1.	Man-days of labor added	Total man-days	Expense (colones)	Discounted expense (colones)
0	14	50	15,911+3230	15,911+ 3230
1	15	20	1153 +3460	1048 + 3145
2	15	20	1153 +3460	952 + 2858
3	as in earlier analysis			

2. Total additional discounted expense per hectare= ¢9.233

3. New total discounted expese ¢54,373

3. Modified cost per m^3:

at	30 m^3/ ha-yr	¢293
	25 m^3/ ha-hr	¢352

468

A N E X O 5B

MATERIAL INICIAL DE FONDO PREPARADO PARA EL PROYECTO

-I: Documento Inicial de Noviembre

-II: Revisión hecha en Diciembre

CONTRIBUCION

AL ESTUDIO DE LA PRODUCCION DE LEÑA

EN COSTA RICA

INFORME

SAN JOSE, COSTA RICA

NOVIEMBRE, 1983

471

INTRODUCCION

La energía biomásica está emergiendo en el cuadro de la actual situación económica-financiera del país como alternativa importante para sustituir en forma parcial el consumo convencional de hidrocarburos fósiles de algunas industrias nacionales. La producción de leña, como una categoria especial del uso de la biomasa, viene a ser opción importante dentro de un esquema nacional de fomento y desarrollo de la plantación forestal para estas necesidades. Diversos especialistas del trópico en el campo forestal enfatizan en este modelo dendro-energético, como una de las varias alternativas que tienen nuestros paises sub-desarrollados para equilibrar la balanza de importaciones y el mercado de divisas que supone la importación de derivados del petróleo. Por otra parte, la necesidad nacional de generar empleo y rehabilitar biológica y económicamente un porcentaje significativo de tierras deprimidas, encuentran en la actual coyuntura nacional una oportunidad singular para la producción de leña, tanto a través de plantaciones homogéneas, como del manejo del bosque primario o de regeneración.

2.- JUSTIFICACION.

El presente estudio , de càrácter preliminar exploratorio, pretende contribuir de alguna forma, a complementar otros estudios de cambio técnológico, factilibilidad económica y política energética nacional.

El componente silvicola-forestal, dentro del estudio integral que se promueve es importante en el tanto intenta recopilar información desperdigada, identifica la ausencia total de otros datos, señala el nivel incipiente en que halla algunas investigaciones nacionales y finalmente recoge cifras de rendimientos y costos de plantaciones de aprovechamientos de leña para comúnes e industrial. Es necesario para este perfil preliminar, no agotar el tema, por el contrario, más bien identificar la necesidad de profundizar la investigación y en otras cosas la de generar datos por primera vez.

3.- METODOLOGIA

El estudio identificó 3 fuentes de información, para la búsqueda de datos:

a) Evaluación de programas regionales de investigación formal, dirigidos a la producción de leña,

b) Consulta y análisis de literatura técnica sobre experiencia con producción de leña en América Tropical,

c) Entrevista con agro-industriales y productores de leña,

d) discusión de datos con técnicos de campo.

Se visitaron parcelas experimentales en proyectos pilotos en la región central y pacífico norte de Costa Rica. Se confrontaron datos y elaboró un cuestionario para adquirir y procesar información de campo.

Con el universo de datos cualitativos y cuantitativos obtenidos en plazo de 15 días, se elaboró el presente informe.

4.- MODELOS DE PLANTACION

Existen dos posibles modelos de plantación aptos para la producción de leña que son: plantación por pseudo-estaca y plantación de árboles en bolsa o adobe. Ambos sistemas son aptos, pero los costos son variables de un sistema a otro. También existen dos modelos de plantación diferentes según su objetivo: producción de leña para uso industrial y el de producción para consumo casero (doméstico).

En el caso de producción para consumo casero, tenemos que las parcelas o bloques a plantar, podrán ser pequeños, en tanto alcancen el consumo anual de la familia y que puedan formar ciclo rotativo para que siempre tengan leña. Este tipo de plantación tiene un costo bastante menor respecto al de producción industrial, por cuanto no existen gastos de infraestructura, administración, asistencia técnica, etc.

En el caso de producción de leña para consumo industrial, el establecimiento de una plantación tiene los mismos costos que el establecimiento de una plantación para obtención de madera de aserrío para industrias. El modelo que se presenta adjunto en el cuadro 3 se estimó para una plantación de 50 ha. y que incluye gastos adicionales como son: administración, asesoría técnica, cargas sociales, equipo, etc.

En ambos modelos se estimó un rendimiento (incremento volumétrico) de 30 m^3/ha./año, que es un buen promedio en especies de crecimiento rápido para producción de leña.

Otro factor a tomar en cuenta es que se estimaron costos y rendimientos para especies que rebrotan después de la corta y que posee un crecimiento muy rápido con lo cual se eliminan tratamientos silvícolas posteriores, como lo son las chapias de maleza por competencia.

Se encuentran en el país tipos de plantación modelo con tratamientos silvícolas sofisticados y fertilizaciones periódicas a escala comercial. Por ejemplo, en Pérez Zeledón, se ha utilizado la especie eucalipto (Eucalyptus deglupta) a un espaciamiento de 2,0 x 2,0 m., lo que da una densidad de 2.500 árboles/ha. A la edad de un año, en parcelas muestreadas, se obtuvieron los siguientes rendimientos:

Estimación de Volúmen (m^3)

para Eucalyptus deglupta

Pérez Zeledón, Costa Rica

Parcela	# árboles	D.A.P. $\bar{x}$	ALT $\bar{x}$	Vol/árb.	Vol/parc.	Vol/ha.	Superv.
MP1	169	4,126	4,54	0,002974	0,437	6,47	87%
MP2	169	5,226	5,85	0,006146	0,805	11,91	78,5%

475

Notas: $\bar{x}$ = promedio

D.A.P. = diámetro medido a 1,30 m. del suelo (Cm)

Como se puede notar existe un promedio anual (incremento anual) de 9,19 m^3/ha.

En esta plantación se espera un incremento anual significativo para los años 3 y 4 que supera los 30 m^3/ha./año que comunmente podría obtenerse en otras especies de rápido crecimiento.

Cabe destacar que cuando esta especie alcance la edad de 2-3 años, tendrá una altura considerable y su crecimiento se volcará hacia volúmen y no en la altura, con la ventaja que el mínimo crecimiento en grosor aumenta gradualmente el volúmen. Estos promedios son récords para producción de madera de uso industrial (aserrío). Para uso de leña según estudios del CATIE, se da un incremento en volúmen de 50% concepto de ramas. Esto quiere decir que el volúmen promedio aumentará considerablemente y probablemente la plantación sea rentable.

5.- RENDIMIENTOS

5.1 En plantaciones homogéneas

A continuación presentamos una tabla de especies potenciales productoras de leña junto a edades, densidades e incrementos medios anuales, en volúmen/año/hectárea. (Ver anexo I)

Dentro de esta gama de especies, las más sobresalientes son:

Gmelina arborea

Calliandra calothyrsus

Leucaena leucocephala

Estas especies se pueden trabajar a 3 años de ciclo de corta con rebrotes hasta 12 - 15 años. Su rendimiento promedio oscila entre 28 y 30 m^3/ha./año, incluyendo ramas.

5.2 En bosque natural secundario

En bosques naturales tipo pluvial montano bajo y pluvial premontano (zona de Orosi-Cartago), pero de tipo secundario (regeneración) los rendimientos alcanzados (volúmen total) son aproximadamente 150 m^3/ha.

477

En toda esta zona difícilmente se han podido alcanzar mayores rendimientos. Probablemente en bosque de zonas altas de tipo primario se pueda aumentar a 200 m^3/ha.

Todos los precios por metro cúbico en el valle central oscilan entre ¢100 y ¢150 por m^3 y este precio puesto en "cargadero" (a nivel de finca).

A estos precios hay que sumarles los costos de transporte, que varía según la distancia y el sitio donde está, así como la época.

6.- COSTOS

En el presente estudio se determinó que los costos varían según el objetivo de la plantación. En los cuadros 1 y 4 se muestran los diferentes rubros estimados para la producción de leña.

CUADRO 1

Costos de establecimiento para 1 ha. de plantación con fines de leña (modelo doméstico)

AÑO	DETALLE	COSTO (₡)	TOTAL (₡)
1	Establecimiento	₡ 16.000,00	
	Chapia (10 j)	1.580,00	
	Prevención (4 j)	632,00	₡ 18.212,00
2	Chapia (10 j)	1.580,00	
	Prevención (2 j)	316,00	1.896,00
3	Voltea	11.000,00	11.000,00
4	Chapia (5 j)	790,00	790,00
5	-	-	-
6	Voltea	11.000,00	11.000,00
7	Chapia (5 j)	790,00	790,00
8	-	-	-
9	Voltea	11.000,00	11.000,00
10	Chapia (5 j)	790,00	790,00
11	-	-	-

479

12	Voltea	11.000,00	11.000,00
TOTAL			₡ 66.478,00

Notas;

j : Jornal

* Especies de crecimiento rápido

48

7.1 RENDIMIENTOS

En el cuadro 2 se presentan los rendimientos e ingresos estimados en colones para cada tipo de plantación. En los cuadros 3 y 5 se presetan los flujos de costos y fondos para esos tipos de plantación industrial.

CUADRO 2

Rendimientos e ingresos estimados para una plantación forestal con fines de leña. Densidad : 2.500 plantas/ha.

AÑO	PRODUCCION (m3)	INGRESO * (¢)	TOTAL ACUMULADO (¢)
3	90	11.700,00	11.700,00
6	90	11.700,00	23.400,00
9	90	11.700,00	35.100,00
12	90	11.700,00	46.800,00
TOTAL	360	46.800,00	

Especies de crecimiento rápido

*: Se adoptó un precio de mercado de ¢ 130/m^3 a nivel de finca.

Los calculos de rendimientos se han obtenido sobre datos promedio de in-

cremento medio anual (I.M.A.) en volúmen por hectárea y para especies de crecimiento rápido, tanto latifoliadas nativas como coníferas introducidas. El Anexo I presenta los datos extremos (inferior y mayor), obtenidos en plantaciones homogéneas en América Tropical y Costa Rica.

En el cuadro 5 se presenta el flujo de fondos (egresos - ingresos) generada en una plartación de 2.500 plantas/ha. para Gmelina arborea.

CUADRO 3

Costos de establecimiento, mantenimiento de 1 ha. para producción de leña para un turno de 12 años con especies de rebrote (modelo industrial de 50 ha.)

AÑO	DETALLE	COSTO (¢)	TOTAL (¢)
1	Establecimiento	16.000,00	
	Prevenci'on (4 j)	632,00	
	Chapia (10 j)	1.580,00	
	Cargas sociales	6.361,80	
	Infraestructura	300,00	
	Asistencia técnica	500,00	
	Adminstración	550,00	25.923,80
2	Chapia (10 j)	1.580,00	
	Prevención-Protección (2 j)	316,00	
	Cargas sociales	872,15	2.768,15

482

3	Voltea	11.000,00	
	Cargas sociales	5.060,00	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	16.260,00
4	Chapia (5 j)	790,00	
	Prevención	158,00	
	Cargas sociales	436,10	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	430,70
5	Prevención (1 j)	158,00	
	Cargas sociales	72,70	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	430,70
6	Voltea	11.000,00	
	Cargas sociales	5.060,00	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	16.260,00
7	Chapia (5 j)	790,00	
	Prevención (1 j)	158,00	
	Cargas sociales	436,10	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	1.584,10
8	Prevención	158,00	
	Administración	100,00	
	Cargas sociales	72,70	
	Asistencia técnica	100,00	430,70
9	Voltea	11.000,00	
	Cargas sociales	5.060,00	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	16.260,00
10	Chapia (5 j)	790,00	
	Prevención (1 j)	158,00	
	Cargas sociales	436,10	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	1.584,10

483

11	Prevención	158,00	
	Cargas sociales	72,70	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	430,70
12	Voltea	11.000,00	
	Cargas sociales	5.060,00	
	Administración	100,00	
	Asistencia técnica	100,00	
TOTAL			¢ 99.776,35

NOTA: j = Jornales

CUADRO 4

Flujo de fondos para 1 ha. de plantación de leña

(Modelo industrial; especie: Gmelina arborea)

AÑO / CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
EGRESOS	25.923,80	2.768,15	16.260,00	1.584,10	430,70	16.260,00	1.584,10	430,70	16.260,00	1.584,10	430,70	16.260,00	99.775,35
INGRESOS	-	-	11.700,00	-	-	11.700,00	-	-	11.700,00	-	-	11.700,00	46.800,00
DEFICIT SUPERAVIT	-25.923,80	-2.768,15	-4.560,00	-1.584,10	-430,70	-4.560,00	-1.584,10	-430,70	-4.560,00	-1.584,10	-430,70	-4.560,00	-52.976,35
ACUMULADO	-25.923,80	- 28.691,95	-33.251,95	-34.836,05	-35.266,75	-39.826,75	-41.410,85	-41.841,55	-46.401,55	-47.985,65	-48.416,35	-52.976,35	-52.976,35

CUADRO 5

Flujo de Fondos para 1 ha. de plantación de leña

(Modelo doméstico; especie: Gnelina arborea)

AÑO / CONCEPTO													
EGRESOS	18.212	1.896	11.000	790	-	11.000	790	-	11.000	790	-	11.000	66.478
INGRESOS	-	-	11.700	-	-	11.700	-	-	11.700	-	-	11.700	46.800
DEFICIT SUPERAVIT	-18.212	-1.896	+700	-790	-	+700	-790	-	+700	-790	-	+700	-19.678
ACUMULADOS	-18.212	-20.108	-19.408	-20.198	-20.198	-19.498	-20.288	-20.288	-19.588	-20.378	-20.378	-19.678	-19.678

7.1 Ingresos por uso forestal (leña) y ganadero

En la actualidad se puede estimar que con los costos de establecimiento , mantenimiento para una hectárea dedicada a la producción de leña es menos rentable que una hectárea con ganado, en el Pacífico Seco al tercer año, si se toma en cuenta que 1 cabeza/ha. puede ser producida en un terreno marginal.

Se ha considerado el uso de una hectárea, pastoreando una res de doble propósito una cría anual más la leche;.este modelo comparado en un flujo de ingresos con esa misma hectárea forestada de leña y para consumo casero. Se puede estimar que toda la producción de leche constituye el superavit anual de la ganadería sobre el modelo forestal, con propósitos de leña a 2.500 plantas/ha:

8.- CONCLUSIONES

8.1 De acuerdo con los datos obtenidos, se concluye que las plantaciones forestales con fines exclusivos de aprovechamiento de leña no son rentables si se toma en cuenta los costos e ingresos con valores actuales de Costa Rica. Una opción factible es promover plantaciones con altas densidades de siembra (2.500 plantas/ha. o más) y efectuar raleos fuertes para producción de leña y a la vez se mantendrá la plantación para otros fines comerciales (madera).

8.2 En bosque natural, asimismo se deben aprovechar las áreas de tacotal natural efectuando en ellas tala rar , pues de esta forma se prepara el terreno para plantar y se aprovecha toda la leña existente. El valor de la leña compensa así la inversión inicial en preparo de terreno.

8.3 Para la producción de leña se concibe también la idea de aprovechar los bosques naturales secundarios mediante manejo técnico orientado a tal fin o manejo de sombríos de cultivos permanentes como café.
En vista de quela tendencia hacia el uso de la leña y carbón es creciente se espera que al aumentar la demanda, las existencias de leña proveniente de bosques naturales disminuyan sensiblemente, amenazando la oferta futura, por lo que se espera que el precio actual de venta suba notoriamente

488

Ahora, si los precios del petróleo aumentan, las industrias que requieren combustibles en grandes cantidades afrontarán problemas mayores de costos de producción por lo que paulatinamente estas deben ir transformando sus sistemas para utilizar leña y carbón vegetal pues el precio de los energéticos se volverá prohibitivo.

8.4 En el caso de los beneficios de café se obtuvieron costos como que una fanega de café seca requiere 0,12 m^3. de leña por lo cual un beneficio de 100.000 fanegas producidas al año necesitaría 12.000 m^3. de leña, o sea, aprovechamiento de 400 ha./año. Para sostener un ciclo continuo se requiere plantar 1.200 ha. al cabo de 3 años, por lo que se espera que al dificultarse la obtención de leña, deba recurrirse a plantaciones, conllevando esto a una mejor valoración de energéticos biomásicos (leña).

BIBLIOGRAFIA CITADA

1.- Canet Gilbert - Entrevista personal.

2.- Combe, J. y Gewald N. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1979.

3.- INFOREST, Registro de crecimiento de plantaciones forestales. (Documentos de archivo).

4.- National Academy of Sciences. Firewood Crops. Shrub and Tree Species for Energy Production. National Academy of Sciences. Washington D.C. 1980.

5.- National Academy Press. Calliandra. A versatile small tree for the humid tropics. National Academy Press. Washington D.C. 1983.

6.- National Academy Press. Mangium and another Acacias of the humid tropics. National Academy Press. Washington D.C. 1983.

7.- Otárola, T.A. y Ugalde, A.L. Productividad y tablas de biomasa de Gliricidia sepium. (Jack Stend) en bosques naturales de Nicaragua. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1983.

8.- Todríguez, Emel. Entrevista personal.

9.- Salazar F. Rodolfo. Costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones de Pinus caribaea en Turrialba. Costa Rica. 1978.

10.- Ugalde, A.L. Comportamiento inicial de Acacia auriculiformis, Albizia falcataria, Calliandra calothyrsus, Leucaena leucocephala, y Sesbania grandiflora en dos sitios en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1983.

ANEXO I

RENDIMIENTOS DE VOLUMEN PARA DIFERENTES

ESPECIES PRODUCTORAS DE LEÑA

ESPECIE	EDAD (años)	DENSIDAD (árboles/ha)	I.M.A. VOLUMEN (m3./ha/año)
Acacia auriculiformis	10	2.000	10
Calliandra calothyrsus	1	2.000	10
Sesbania frandiflora	3	3.000	20 - 25
Albizia falcataria	8,5	2.000	42
	13	2.000	52
Leucaena leucocephala	3	4.444	20 m. altura
Gmelina arborea	7	1.200	26 - 49
Cupressus lusitanica	7	1.111	24,81
Pinus caribaea var. hondurensis	5	1.200	38,45
Alnus acuminata	7	1.200	19,47
Eucalyptus deglupta	1	2.500	7,49

A N E X O II

Desglose de costos de establecimiento y mantenimiento

de 1 ha. para producción de leña al primer año

ACTIVIDAD	JORNALES	COSTO/HA.
A.- MANO DE OBRA		
Limpieza de terreno (*)	10	¢ 1.580,00
Combate de plagas y enfermedades	1	158,00
Trozado y estaquillado	4	632,00
Rodajea	10	1.580,00
Hoyada	5	790,00
Distribución de plantas	1	158,00
Plantación	5	790,00
Reposición de plantas	1	158,00
Fertilización	2	316,00
Chapias(2) **	20	3.160,00
SUB-TOTAL	59	9.322,00
B.- CARGAS SOCIALES. (46%)		
SUB-TOTAL		4.288,12
C.- MATERIALES		
Arboles (2.200/ha.)		7.700,00
Agroquímicos		300,00
SUB-TOTAL		8.000,00
D.- IMPREVISTOS (15%)		

SUB- TOTAL	3.241,50
T O T A L	₡ 24.851,60

NOTAS:

A.- (*) : Si el terreno no posee una cobertura vegetal densa se puede limpiar con 10 jornales/ha. Pero si es muy difícil, el número de jornales será de 20/ha.

B.- (**): Se harán 2 chapias al primer año porque las especies de leña tienen un rapido crecimiento y rápidamente podrán dejar atrás a la mala hierba. Además hay que restringir en lo posible todos los gastos y cuidados innecesarios.

C.- Arboles : Para una densidad de 2.000 árboles/ha más un 10% de reposición con 2.200 árboles a un costo de ₡3.50 c/u (precio sub-sidiado por el M.A.G.)

Agroquímicos: Para especies de rápido crecimiento no se harán abonadas. Pero si se mantendrá un rubro para agroquímicos extras como insecticidas para combate de hormigas y otros.

D.- No se tomó en cuenta ningún costo de infraestructura ni de asistencia técnica para hacer el proyecto lo más sencillo posible.

Costos minimos de reforestación para 1 ha. de leña

con 5 años de rotación

AÑO 1	₡ 24.851,60
AÑO 2	6.969,95
AÑO 3	6.716,20
AÑO 4	6.716,20
AÑO 5	4.187,75
TOTAL AL FINAL DEL TURNO (UNICA CORTA)	₡ 49.432,70

A N E X O III

ENCUESTA SOBRE CONSUMO DE LEÑA

CONSULTADOS ENCUESTA	BENEFICIO SAN ANDRES CARTAGO	BENEFICIO SAN CARLOS SAN CARLOS	BENEFICIO SAN RAFAEL PURISCAL	BENEFICIO COOPE SANTA ROSA HEREDIA	BENEFICIO SAN RAFAEL DESAMPARADOS	BENEFICIO COOPEJORCO RR JORCO, ACOSTA
1.- Consumen leña?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
2.- Qué requerimientos tiene de leña en la producción anual?	Para 100.000 fanegas 2.000 m3. de leña + residuos de cascarilla (0,02 m3/fan.)	Para 29 896 fanegas 3.586 m3. de leña + cascarilla (0,13 m3. por fanega)	17.000 fanegas, 350 m3. de leña + cascarilla y granza (0,02 m3./fanega)	3.000-4.000 m3. de leña para 30.000 o 40.000 fanegas (0,1 m3./fanega)	No saben porque nunca lo han medido	1983 - 1.500 m3. de leña máximo (se usa bunker)
3.- Cuáles especies prefieren o cuáles son las que más compran?	Roble y encino, leña de café o cualquier otro	no reportado	Excepto poró, destronca de café, guaba y árbol de montaña	Destronca del café y guaba	Café y poró	Especies de montaña (socole).
4.- De dónde proviene la leña?	Provincia de Cartago y carretera Interamericana.	De montaña, costilla de aserraderos y hasta de Naranjo	Puriscal, descumbras y volteas de montaña	Todo Heredia	San Rafael - San Antonio San Juan De Dios y Salitrillos	Santa María de Dota y El Empalme
5.- Forma de adquisición; propia (prod/área) o comprada (precio/unidad)	¢250-¢350/m3. medido y puesto en el beneficio	Costilla la compran a ¢125/m3. puesta en el beneficio	Parte es propia, de ¢100-150/m3 puesta en el cargadero de la finca y de ¢150-160/m3 en el beneficio	¢120/m3 en la finca y ¢155/m3 en el beneficio	Es propia; no saben rendimientos	Se compró a ¢400/m3. puesta en el beneficio
6.- La leña es producto de qué?	De apeo de montaña	Podas, raíz de café, residuos de aserradero.	Volteas de montaña, destroncas de café.	Destroncas y renovación de café	Podas	Socoles y limpias de montaña
7.- Ventajas del uso de la leña y desventajas.	Precio Manejo	Precio Propenso a incendios	Precio, mejor calidad del café. Almacenamiento	Precio Escasez y manipulación	Combustible prioritario No hay desventajas	No hay ventaja de peso Difícil manejo, no se regula bien temperatura. Precio.
8.- Es factible usar carbón o polvo de carbón	Sí y gas a base de combustión de leña	Sí se puede	No	No	No	Se puede usar combustibles sólidos o líquidos
9.- Tamaño, forma y calidad.	D. máx. = 40 cm. Largo = 1 m.	Pequeña	D. mín. = 3 ", D. máx. = 8", 1 m. de largo	D. 20 cm. largo = 1m.	Largo = 0,5 m.	D. = 8" mínimo Largo = 1 m.
10.- Seca o húmeda	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Semi-seca	Cualquiera	Seca

A N E X O IV

Observaciones sobre cuestionario sobre consumo de leña

1.- Todos los beneficios consumen leña.

2.- El requerimento de leña en la producción anual varía poco en cada beneficio. Se podría decir que un consumo promedio sería de 0,1 m3./fanega. Ya que en los beneficios donde es menor este promedio usan otro tipo de combustible como es la cascarilla del café en algunos casos granza.

3.- La especie preferida por los beneficios es el café (troncos, raíces, podas), no es muy gustado el poró, pero cualquier especie de montaña, producto de apeos, es muy bien vista.

4.- Generalmente compran leña de lugares cercanos al beneficio, por ejemplo del mismo cantón o la misma provincia.

5.- La mayoría compran la leña y algunos aunque tengan leña propia, compran otras cantidades para tener un buen "sotck". El precio de la leña puesta en el beneficio escila entre ₡125 y ₡350/m3. El precio de la leña en la finca puesta en cargadero escila entre ₡100 y ₡150/m3.

6.- La leña de café es producto de troncos, podas y renovación. La leña de montaña es producto de apeos. Y otras especies son producto de podas como Ingas o Poró.

7.- La mayoría coincide en que el bajo precio es una de las mayores ventajas y entre las desventajas están el manejo, el almacenamiento, la escasez y que es propenso a incendios.

8.- Depende de la maquinaria que posea el beneficio se puede usar o no el carbón.

9.- La mayoría de los beneficios prefieren diámetros pequeños y largos máximos de 1 m.

10.- Es indiferente comprarla seca o húmeda ya que tiene que estar almacenada por algún tiempo mientras la utilizan.

11.- Otra desventaja anotada es que la regulación de la temperatura en el proceso de secado se hace más difícil, además de que el proceso es más lento, por ejemplo en CoopeJorco, con bunker, 18 horas de secado y con leña, 40 horas de secado.

REVISION HECHA EN DICIEMBRE

NOTAS COMPLEMENTARIAS AL ESTUDIO PRODUCCION DE LEÑA

Los temas están presentados en el siguiente orden:

1.- Costos de establecimiento de 1 Ha en la Zona Atlántica y San Carlos.

2.- Densidades en plantaciones para leña.

3.- Comparación de 1 Ha de leña con uso ganadero.

4.- Comparación de 1 Ha de leña con uso ganadero.

5.- Costos de establecimiento y mantenimiento de 1 Ha con 1 turno de 12 años en Valle Central y Guanacaste incluye flujo de fondos.

6.- Anexo II que explica detalladamente el punto anterior.

7.- Descripción de los terrenos según sea un modelo industrial o casero.

Costos de establecimiento y mantenimiento de 1 Ha para producción de leña en Zona Atlántica y San Carlos en un turno de 12 años con Gmelina arborea (modelo industrial).

Se establece un cuadro igual al No.III con un turno de 12 años pero con 4 ciclos de corta a tala rasa cada 3 años, con la diferencia de que el mantenimiento en estas zonas ha de ser más intensivo ya que el crecimiento de la mala hierba y en general de la vegetación es muy agresivo.

Así por ejemplo si en el cuadro No. 3 en el año 4 aparece una chapia con 5 jornales, en estas zonas serán necesarias al menos 2 chapias de 10 jor. cada una.

El combate de plagas y enfermedades se aumentaría de 1 jornal en 4 jornales y lógicamente el rubro de cargas sociales aumentará con ellos.

AÑO	DETALLE	COSTO ₡	TOTAL ₡
1	Mano de obra	9.322,00	
	Cargas Sociales	4.288,12	
	Materiales	8.000,00	
	Infraestructura	9.450,00	
	Asistencia técnica	960,00	
	Imprevistos	3.202,01	₡ 35.222,13
2	Chapia (20 J)	3.160,00	
	Prevensión protección (4J)	632,00	
	Cargas sociales	1.744,32	
	Asistencia técnica	960,00	6.946,32
3	Voltea	11.000,00	
	Cargas sociales	5.060,00	
	Asistencia técnica	960,00	17.020,00.

4	Chapia (20j)	3.160,oo	
	Prevensión (4j)	632,oo	
	Cargas sociales	1.744,32	
	Asistencia técnica	960,oo	6.496,32
5	Prevención (4j)	632,oo	
	Cargas sociales	290,72	
	Asistencia técnica	960,oo	1.882,72
6	Voltea	11.000,oo	
	Cargas sociales	5.060,oo	
	Asitencia técnica	960,oo	17.020,oo
7	Chapia (20j)	3.160,oo	
	Prevención (4j)	632,oo	
	Cargas sociales	1.744,32	
	Asistencia técnica	960,oo	6.496,32
8	Prevención (4j)	632,oo	
	Cargas sociales	290,72	
	Asistencia técnica	960,oo	1.882,72
9	Voltea	11.000,oo	
	Cargas sociales	5.060,oo	
	Asistencia técnica	960,oo	17.020,oo
10	Chapia (20j)	3.160,oo	
	Prevención (4j)	632,oo	
	Cargas sociales	1.744,32	
	Asistencia técnica	960,oo	6.496,32
11	Prevensión (4j)	632,oo	
	Cargas sociales	290,72	
	Asistencia técnica	960,oo	17.020,oo
TOTAL.....			¢ 134.935,57

Olvidó 120 ant.

503

La diferencia entre ela zona Atlántica y San Carlos y la Zona del Valle Central es de 15% más alta en la primera. Ya que el costo al final del turno para cada una es como sigue:

Zona Atlántica y San Carlos	₡ 134.935,57
Valle Central y Guanacasto	117.634,62
Diferencia.....	₡ 17.300,95

Esta diferencia obedece a los costos más altos de mantenimiento dadas las razones apuntadas al principio del cuadro.

Flujo de Fondos para 1 Ha de plantación de leña según Cuadro I, Zona Atlántica y San Carlos Gmelina arborea modelo industrial

AÑO CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
EGRESOS	35222,13	6496,32	17020,00	6496,32	1882,72	17020,00	6496,32	1882,72	17020,00	6496,32	1882,72	17020,00	134935,57
INGRESOS*			11700,00			11700,00			11700,00			11700,00	46800,00
DEFICIT SUPERAVIT	-35222,13	-6494,32	-5320,00	-6496,32	-1882,72	-5320,00	-6496,32	1882,72	-5320,00	6496,32	1882,72	5320,00	- 88135,57
ACUMULADO	35222,13	41718,45	47038,45	53534,77	55417,49	60737,49	67233,81	69116,55	74436,53	80932,85	82815,57	88135,57	

* Tomando un incremento medio anual de 30 m^3/ Ha/ año resulta en 90 m^3/Ha cada 3 años con un precio de ₡ 130/m^3 puesto en cargadero.

Densidades de árboles para producción de leña

Las densidades se dan según el número de árboles por héctáreas en una plantación.

Aún sabiendo que el destino del productor será leña, es muy importante saber cuáles serán los propósitos en que utilizarán (leña para beneficio, panadería, carbón, etc). Porque en cada caso serán deseables diámetros diferentes. Para la producción de leña para carbón la madera debe ser un poco gruesa para que al final queden trozos considerables de carbón. Si la leña espara combustible de un beneficio, el diámetro será muy variable, incluso no importará si son pequeños, lo mismo si fuera para usos caseros o para panaderias.

De esta forma el número de árboles que se plantean por hectárea nos va a dar árboles más gruesos y de mejor forma.

Si se siembran más juntos a 2 X 2.5 m con 2000 árboles por Ha.los árboles crearán una mayor competencia entre ellos y ese poco tiempo alcanzarán una buena altura, aunque sus diámetros no serán muy gruesos. Es importante hacer notar que el volumen es constante en un determinado sitio.

Así que ponemos muchos árboles o pocos árboles, la diferencia estará en la calidad del producto y no en la cantidad de volumen que tengamos. Porque en el primer caso, este estará distribuido en unos pocos más gruesos y de buena forma, mientras en el segundo, el volumen se distribuirá en muchos muy altos pero muy delgados.

Si todavía usamos especies de rápido crecimiento la altura será el factor que nos indica este rápido crecimiento. Y con ellas el dosel superior se cierra más pronto que con una especie tradicional, obteniendo el volumen deseado en menos tiempo.

Una alta densidad seperará en menos tiempo el control de malezas en la plantación que una de baja densidad, en la cual el dosel superior de los árboles cerrará más lento.

Cuadro comparativo de 1 Ha para producción de leña y 1 Ha con ganado en la Zona de San Carlos

Ganado:

Un animal adquirido al destete anda en un costo aproximado de ₡ 6.000,oo. Este animal lleva entre 34 y 36 meses para estar en edad de matanzas para carne. Este período de tiempo es más o menos la edad de corta que se lleva una plantación de Gmelina para producción de leña.

En muy óptimas condiciones una res para carne adulta (36 meses) puede andar en un precio de ₡ 18.000,oo cada una.

Según entrevistas realizadas los gastos del engorde son muy altos en la actualidad.

₡ 720,oo de pasto anual
₡ 700,oo de medicamentos
Gastos administrativos
Intereses bancarios
Planillas
Imprevistos.

En la actualidad el negocio del ganado no es rentable como para iniciarse en este tipo de empresa. Las opiniones en en que para los que están metidos en el negocio pueden subsistir con margen mínimo de ganacias y con riesgos muy elevados. Una condición en ganado muy adversa al negocio, es la fluctuación en el mercado de los precios de la carne.

Se puede estimar en un 10% el margen de ganacias con ganado lo cual no es rentable si se utilizan recursos propios. En el ejemplo de ₡ 18.000,oo/res tendríamos una ganancia de ₡ 1.800,oo/animal con

una inversión de casi ₡ 15.000,oo

Esta actividad trabaja con préstamos bancarios y de ahí que la actividad subsiste grandemente.

Si comparamos que una Ha sembrada de árboles para producción de leña en la zona Atlántica, da un déficit de ₡ 47.038,oo en 3 años según el flujo de fondos es más rentable tener ganado que madera.

Hay que tener en cuenta que despúes de los primero toda la madera no existirán costos de establecimiento por cuanto existe el rebrote; pero aún así habrá un déficit muy grande.

C U A D R O II

Costos de establecimiento y mantenimiento de 1 Ha para producción de leña (modelo casro) para Gmelina arborea con un ciclo de 3 años *

AÑO	DETALLE	COSTO ₡	TOTAL ₡
1	Mano de obra:		
	Chapia inicial (10j)**	1.580,oo	
	Trazado y estanquillado (4j)	632,oo	
	Rodajea (11j)	1.738,oo	
	Hoyada (5j)	790,oo	
	Distribución de plantas (1j)	158,oo	
	Plantación (5j)	790,oo	₡ 5.688,oo
	Cargas sociales:		
	46% de la mano de obra		2.616,48
	Materiales:		
	1760 árboles a ₡ 3.5oc/u (se incluye 10%pérdida)		6.160,48
	Imprevistos:		
	10% del subtotal		1.446,45
	Total..... ..		₡ 15.910,93

2	Chapia de rosa (5j)	790,oo	
	Cargas sociales	363,4o	₡ 1.153,4o
3	Voltea final a tala rosa(50j)+	7.900,oo	
	Cargas sociales	3.634,oo	11.534,oo
	GRAN TOTAL.....		₡ 28.598,33

* Se harán cortes cada 3 años a tala rasa y se dejarán los rebrotes en ciclos iguales hasta un turno de 12 años.

** Cada jornal cuesta ₡ 158,oo

\+ Cortado a 1 m de largo y apilado.

4	Chapia de rosa (5j)	790,oo	
	Cargas sociales	363,4o	1.153,4o
5	Chapia de rosa (5j)	790,oo	
	Cargas sociales	363,4o	1.153,4o
6	Voltea (50j)	7.900,oo	
	Cargas sociales	3.634,oo	11.534,oo

Flujo de fondos para 1Ha de plantación de leña según Cuadro II Zona Guanacaste

(modelo casero) con Gmelina arborea

AÑO COMCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
EGRESOS	15910,93	1153,4o	1153,4o	1153,4o	1153,4o	1153,4o	1153,4o	1153,4o	1153,4o	1153,4o	1153,4o	1153,4o	70.120,73
INGRESOS*			11700,oo			11700,oo			11700,oo			11700,oo	46.800,oo
DEFICIT SUPERAVIT	-15910,93	-1153,4o	-166,oo	-1153,4o	-1153,4o	166,oo	-1153,4o	-1153,4o	166,oo	-1153,4o	-1153,4o	166,oo	-23.320,73
ACUMULADO	-15910,93	-17063,4o	-16898,33	18051,73	19205,13	-19039,13	-10192,53	-21345,93	-21179,93	-2233,33	-23486,73	-23.320,73	

Observaciones:
Este cuadro es un detalle más minusioso del cuadro No.3 del informe primero.

C U A D R O III

Costo de establecimiento y mantenimiento de 1 Ha para producción de leña con un turno de 12 años con especies de rebrote Gmelira aroborea (modelo industrial de 50 Has para Valle Central y el Guanacaste

AÑO	DETALLE	COSTO ₡	TOTAL ₡
1	Mano de obra por establecimiento	9.322,00	
	Cargas sociales	4.288,12	
	Materiales	8.000,00	
	Infraestructura	9.450,00	
	Asistencia técnica	960,00	
	Imprevistos	3.202,01	₡ 35.222,13
2	Chapia (10j)	1.580,00	
	Prevención-Protección (2j)	316,00	
	Cargas sociales	872,15	
	Asistencia técnica	960,00	3.728,15
3	Voltea	11.000,00	
	Cargas sociales	5.060,00	
	Asistencia técnica	960,00	17.020,00
4	Chapia (5j)	790,00	
	Prevención (1j)	158,00	
	Cargas sociales	436,08	
	Asistencia técnica	960,00	2.344,08

5	Prevención (1j)	158,oo	
	Cargas sociales	72,7o	
	Asistencia técnica	960,oo	1.190,7o
6	Voltea	11.000,oo	
	Cargas sociales	5.060,oo	
	Asistencia técnica	960,oo	17.020,oo
7	Chapia (5j)	790,oo	
	Prevencion (1j)	158,oo	
	Cargas sociales	436,o8	
	Asistencia técnica	960,oo	2.344,o8
8	Prevención (1j)	158,oo	
	Cargas sociales	72,7o	
	Asistencia técnica	960,oo	1.190,7o
9	Voltea	11.000,oo	
	Cargas sociales	5.060,oo	
	Asistencia técnica	960,oo	17.020,oo
10	Chapia (5j)	790,oo	
	Prevensión (1j)	158,oo	
	Cargas sociales	436,o8	
	Asistencia técnica	960,oo	2.344,o8
11	Prevención (1j)	158,oo	
	Cargas sociales	72,7o	
	Asistencia técnica	960,oo	1.190,7o
12	Voltea	11.000,oo	
	Cargas sociales	5.060,oo	
	Asistencia técnica	960,oo	17.020,oo
TOTAL.....			₡ 117.634,62

Explicación al Cuadro No. 3

Se tomó para este caso una especie con un alto poder de rebrote. (Gamelia arborea).

En el primer año es el establecimiento de la plantación, los datos están basados en los rubros contemplados en el Anexo II adjunto.

En el segundo año se harán 2 chapias altas cada una de 5 jornales y se seguirá la prevención de hormigas y plagas con 2 jornales por año.

La asistencia técnica se seguirá dando hasta el final del turno.

Al año 3 se hará una tala rasa, dejándose la plantación lista para aprovechar los rebrotes.

En el año 4 será necesario una chapia porque el dosel superior aún no ha cerrado. Lo mismo que continuar con la prevención y combate de plagas.

En el año 5 ya losrebrotes habrán alcanzado una altura que inhibe la mala hierba y en el año se volverá a hacer tala rasa para seguir con otro ciclo de rebrotes, los cuales serán manejadas de la misma forma para ser aprovechados en los años 9 y 12.

Se ha estimado un volumen de 90 m^3/ha en cada tala rasa, según reportes de crecimiento de Gmelina Arborea de 30m^3/ha/año. El estudio de los rebrotes aún se encuentran en una etapa experimental pero se espera que el incremento medio anual (I M A) aumente ya que no se va a tener la altura deseada en menos tiempo.

Flujo de fondos Cuadro III

AÑO CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
EGRESOS	35222,13	372815	17020,oo	2344.o8	1.190,7o	17020,oo	2344,o8	1190,7o	17020,oo	2344,o8	1190,7o	17020,oo	117634,62
INGRESOS			11700,oo			11.700,oo			11700,oo			11700,oo	46800,oo
DEFICIT SUPERAVIT	-35222,13	-3728,15	-5320,oo	-2.344,o8	-1190,7o	-5320,oo	-2344,o8	-1190,7o	-5320,oo	-2344,o8	-1190,9o	-5320,oo	-70834,62
ACUMULADOS	35222,13	38950,28	44270,28	46614,36	47805,o6	53125,o6	55469,14	56659,84	61979,84	64323,92	65514,62	70834,62	

Anexo II

Costos de establecimiento y mantenimiento de 1 Ha para Para producción de leña al primer año en el Valle Central y Guanacaste*

A-	Mano de obra:		
	Limpieza de terreno:	10	1580,oo
	Combate de plazo y enferm.	1	158,oo
	Trazado y estaquillado	4	632,oo
	Rodajea	10	1580,oo
	Hoyada	5	790,oo
	Distribución de plantas	1	158,oo
	Plantación	5	790,oo
	Reposición de plantas	1	158,oo
	Fertilización	2	316,oo
	Chapias (2)	20	3160,oo
		59	9322,oo
B-	Cargas sociales:		
	46%		4.288,12
C:	Materiales:		
	2.200 árboles		7.700,oo
	Agroquímicos		300,oo
			8.000,oo
D-	Infraestructura		
	Ver cuadro adjunto de explicación		9.450,oo
E-	Asistencia técnica		960,oo
F-	Imprevistos		3.202,01
G-	TOTAL.....		¢ 35.222,13

* Usando Gmelina arborea:

Es importante anotar que la Gmelina tiene un valor calórico de

4.800 Kcal./Kg, que para la producción de carbón no es muy bueno, pero sí para quemarla en cualquier otrá industria.

Leña: Explicación del Anexo II

A- Mano de obra:

Limpieza del terreno esta es una limpieza inicial en la que hay que dejar el terreno lo más limpio que se pueda.

Si el área es de montaña, esta debe apearse con anticipación y y de jarla podrir para que a la hora de ser utilizada sea más fácil de trabajar.

Combate de plagas y enfermedades incluye el control de hormigas, e insectos dañinosos a la plantación así como prevensión de enfermedades, eliminando posibles focos de infección.

Trazado y estaquillado: con esto se pretende que la plantación mantenga áreas uniformes para un mejor ordenamiento y aspecto, así como para facilirar el manejo.

Rodajea: Es la limpieza que se hace alrededor del sitio donde se plantará el árbol, se debe eliminar todo tipo de maleza y se puede efectuar con pala o machete en un diámetro de 0.80 m.

Hoyada: La apertura de hoyos se hace en los sitios rodajeados, en algunos casos si no hay mucha lluvia se puede combinar de una vez con la fertilización.

Distribución de plantas: habrá una persona encargada de transportar los arbolitos hasta las zonas de plantación.

Plantación: Si los árboles están en bolsas, esta debe ser separada en el momento de plantar cada árbol y si son ese pseudoestacas se debe tener cuidado de acomodar la tierra muy bien alrededor del eje del árbol.

Chapias y posteriores: Servirán para mentener los arbolitos sin competencia mientras que alcanzan una altura conveniente para valerse por sí mismos.

Todos los cálculos de rendimientos de las actividades anteriores están basados en promedios reales obtenidos de diferentes proyectos.

B- Cargas sociales: Es el 46% del total de la mano de obra.

C- Materiales: Usando un distanciamiento de 2X 2.5m para una densidad de 2.000 árboles /Ha y tomando en cuenta un 10% de pérdida, nos da un total de ₡ 7.700,oo con un costo por árbol de ₡ 3,5o.

Los agroquimícos empleados en un proyecto para leña se refieren principalemente al combate de hormigas. No se harán aplicaciones de fertilizantes ya que se usarán especies de rápido crecimiento. También se usarán algún insecticida y algún fungicida si se presentara el caso.

D- Infraestructura: Se tendrá que montar una infraestructura sencilla porque el proyecto no es muy grande y además porque será muy necesario.

Incluye:

1 bodega de materiales	₡ 22.500,oo
1 oficina ($4m^2$)	10.000,oo
1 Galerón (16 m^2)	40.000,oo
1 casa para peón.	200.000,oo
Combustibles, herramientas y otros	200.000,oo
TOTAL.....	₡ 472.500,oo

El costo por hectárea será de ₡ 9.450,oo

E- Asistencia técnica: Se hará visita (1) cada 3 meses (₡5.000,oo) durante 12 años, deducibles en un período de 5 años. El costo por Ha será de ₡ 960,oo (en 50 Ha).

F- Imprevistos:

Es el 10% del total de todos los rubros anteriores.

G- Total: Es la suma de todos los gastos.

Descripción de terrenos de modelo industrial y casero

Para un modelo casero la extensión de los terrenos no deberá ser muy grande, inclusive con algunas especies será suficiente los cercos vivos o la sombra de cafetales, que tienen muy buen poder para la producción de leña, estas parcelas puedón ser de un tamaño desde 400 m^2 con un distanciamiento entre árboles de 2X2M, a aumentarse según las necesidades del propietario.

Pero un modelo industrial persigue un objetivo de abastecimiento constante y por lo tanto debe aumentar el tamaño de la plantación. Esto significa que tiene que conseguir una gran cantidad de árboles, peones que preparen el terreno adecuadamente para la plantación y dejar instalado todo lo necesario, cargas sociales que acarrean los jornales empleados, una infraestructura necesaria para la realización, de las operaciones dentro de la plantación (casa de peones, cercas, caminos, etc), una asistencia técnica y un rumbro de administración que cuide la plantación en todos sus detalles. Ya no se puede pensar entonces en que ese terreno estará completamente limpio, sino que tendrán que usarse tocotales y charrales, incluso hasta montañas bien pobres en madera que van a requerir de un preparo adecuado y con cierta anticipación o a lo que es lo mismo, una plantación para fines de leña a nivel industrial es exactamente que hacer una con fines de aserrío comercial.

A N E X O 6

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS ESPECIES QUE CRECEN EN COSTA RICA

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS ESPECIES QUE CRECEN EN COSTA RICA

Debido a la crisis energética que ha afectado a una buena parte del mundo, se han incrementado los esfuerzos para usar combustibles propios, como arma para evitar la fuga de divisas y los incrementos abruptos de los combustibles fósiles de las cuales carecen en su totalidad muchos países..

En el caso particular de Costa Rica dos fuentes de energía se perfilan como grandes sustitutos del petróleo estos son la energía eléctrica y la energía biomásica. La energía eléctrica generada por medios hidoeléctricos. tiene gran potencial y actualmente se explota unicamente un 5% del total. La energía biomásica fuente renovable de energía constituye una de las riquezas del país.

Esta puede dividirse en madera y residuos agrícolas. Dentro de los recursos forestales para energía se encuentran residuos de industrias forestales, residuos de explotaciones forestales, plantaciones energéticas y explotación del bosque natural.

Tradicionalmente el recurso forestal, además de servir para construcción y manufacturas productos forestales ha sido usado como energía en la forma de leña y carbón.

Los consumos de estos productos se efectúan en el área doméstica e industrial y ha tomado tal importancia que recientemente se han originado plantaciones forestales con el fin único o secundario de energía.

Conocer las características energéticas de crecimiento, procedencia, etc., de las especies que crecen y que puedan ser usadas para energía en Costa Rica, es sumamante importante por lo que este informe ha elaborado una lista de especies donde se destacan algunas de sus características.

La lista se ha elaborado en función de las especies que tienen poder calórico superior en base seca determinado. Se hace la observación que pueden existir otras especies con buenas características energéticas.

Nombre científico: Acacia farnesiana (L) Willd
Nombre común: aromo

Arbusto que se extiende desde el Sur de los Estados Unidos hasta Argentina, en zonas bajas y medianas con climas húmedos y secos. Sus flores han sido usadas en perfumería, en Francia donde se cultiva para este fin.

Valor calórico 19 218 kj/kg (1) List 2

Nombre científico: Albizzia falcata (L) Backer
Sin. Albizzia moluccana Mig.

Es un árbol mediano nativo de las islas Molucas y Java. En Costa Rica se ha adaptado bien en zonas bajas y medianas con climas húmedos, el crecimiento es rápido como puede observarse en plantaciones experimentales establecidas en Buenos Aires, provincia de Puntarenas pese a que son suelos empobrecidos.
Valor calórico 19 525 kj/kg (22) List 2

Nombre científico: Alnus nepalensis o Don
Nombre común: Nepalese alder

Es un árbol mediano nativo de Birmania y montes de Himalaya pero plantado extensivamente en zonas altas tropicales. En Costa Rica ha sido plantado por el CATIE en Turrialba.
Valor calórico 20 749 kj/kg (25) List 2

Otra especie similar en Costa Rica es Alnus acuminata H.B.K., nombre común jaúl. Es un árbol mediano de las montañas entre 1 400 -3 000 msnm del bosque pluvial montano y montano bajo. Ampliamente utilizado como una de las mejores leñas combustibles, como madera, es excelente en pulpa para papel de acuerdo al factor Runkel, de rápico crecimiento y fijador del nitrógeno del aire. Es abundante.

Nombre científico: Andira inermis (Swartz) H.B.K.
Nombre común: carne asada

Arbol mediano de México a Brasil y Africa en zonas bajas con climas secos húmedos y muy húmedos, bajo estas condiciones aún queda algo de esta especie en Costa Rica.
Valor calórico 19 904 (9) List 2

Nombre científico: Araucaria sp

Arboles grandes plantados en parques y jardines de la meseta Central Costa Rica.
Valor calórico 20 093 kj/kg (9) List 2
Como se ve no es abundante

Nombre científico: Artocarpus integrifolia L.f.
Nombre común: jackfruit

Arbol nativo del Este de las Indias, pero cultivado en la Provincia de Limón y en algún jardín de San José, Costa Rica, de aquí la amplitud de su rango.
Valor calórico 21 565 (18) List 2
Es una especie ocasional, pero puede cultivarse

Nombre científico: Aspidosperma megalocaspum Muell Arg.
Nombre común: Amargo

Arbol grande acreditado por la excelencia de su madera. Crece en zonas bajas del bosque húmedo tropical.
Valor calórico 19 716 kj/kg (9) List 2
Relativamente queda poco de esta especie

Nombre científico: Bombax malabaricum D.C.

Arbol grande nativo desde el Sur de Asia hasta Australia en zonas bajas con climas secos y húmedos, plantado en Costa Rica por el CAITE en Turrialba. La madera puede ser usada así como el algodón de sus frutos en almohadas. Puede cultivarse.

Valor calórico 19 722 (18) List 2

Nombre científico: Bombax sp

Arbol mediano de fuste recto nativo del suroeste de Costa Rica hasta Panamá en zonas bajas con climas muy húmedos. Visto en Golfo Dulce, pero no abundante.

Valor calórico 19 506 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Carapa guianensia Aubl

Nombre común: cedro macho

Arbol grande nativo dese Belice y las Antillas hasta el Valle del Amazonas Brasil y Guayanas, en zonas bajas del bosque húmedo y muy húmedo tropical. De Costa Rica se ha exportado grandes cantidades de esta madera, pero aún es una especie de las que más quedan en el país.

Valor calórico 19 569 (9) List 2

Nombre científico: Cassia fistula L

Nombre común: caña fistula

Arbol mediano originario del Sur de Asia, ampliamente distribuido en zonas bajas y secas de países tropicales. Es un ornamental muy atractivo tanto que se le llama también "Cassia lluvia de Oso".

Valor calórico: 18 363 kj/kg (1) List 2

Por la belleza de sus flores podría propagarse parece muy ornamental en algunos lugares de la provincia de Guanacaste.

Nombre científico: Cassia siamea Lam

Arbol mediano nativo del Sur de Asia en zonas bajas y bajas medianas del bosque húmedo tropical. En Costa Rica ha sido plantado en avenidas de San José donde se nota un buen crecimiento. Algunos árboles se ven atacados por un moho negro, pero aparte de esto es de rápido crecimiento y bueno para leña.
Valor calórico 19 381 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Casuarina cunninghamiana Mig
Nombre común: Casuarina

Arbol mediano de rápido crecimiento en zonas medianas con climas húmedos. Esta especie es originaria de Australia, pero se ha propagado ampliamente como rompevientos y ha sido usada como leña.
Valor calórico 19 981 kj/kg (16) List 2

Nombre científico: Casuarina equisetifolia L
Nombre común: Casuarina

Arbol grande nativo de Asia tropical y Australia ha sido plantado en avenidas y también como rompevientos. Solo se ha usado como leña.
Valor calórico 19 580 kj/kg (7) List 2

Esta especie y la anterior se han propagado y aunque no siven como madera, muestran ser un potencial energético.

Nombre científico: Cocos nucifera L
Nombre común: coco

Es la palma de coco nativa de los trópicos de Asia pero distribuida en el mundo por su importancia comestible de su fruto.

La madera de la palma puede ser utilizada, presenta buenas características además es muy importante como combustible.
Valor calórico: 21 052 kj/kg (25) List 2

Nombre científico: Cryptomeria japonica D. Don
Nombre común: japnonese Fir

Esta especie de Japón ha sido ampliamente distribuida en mcuhas partes del mundo. Aquí en Costa Rica ha sido plantada en las partes altas hacia arriba de Pacayas y en algunos otros lugares similares en clima. La madera es liviana, pero de las más nobles en trabajos de ebanistería y como leña es excelente.
Valor calórifo 22 672 kj/kg (25) List 2

Nota: Debe intensificarse las plantaciones con esta especie, todo indica que es un buen potencial económico, tanto por su madera como por su fuente de energía.

Nombre científico: Dillenia indica L
Nombre común: Dilenia

Arbol mediano de Asia tropical, pero plantado en zonas bajas con climas húmedos y secos. Hay muy pcoo de esta especie.
Valor calórifo 21 730 kj/kg (18) List 2
21 692 kj/kg (18) List 2

Nombre científico: Eucalyptus camaldulensis Dehin

Esta especie introducida con buen crecimiento, y prácticamente sin problemas.
Valor calórico 19 737 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Eucalyptus deglupta Blume

Especie introducida de rápido crecimiento. Existe en plantaciones y se intensifica su cultivo.
Valor calórico 21 107 kj/kg (25) List 2

Nombre científico: Eucalpyptus globulos Labill

Esta especie es de la parte este de Tasmania pero ampliamente distribuido por el mundo. En la India es cultivado para carbón.
Valor calórico 20 719 kj/kg (18) List 2

Nota: El género Eucalyptos reune muchas especies y en general todas presentan un valor calórico muy bueno, además por sus características de crecimiento, los silvicultores se interesan en su cultivo.

Nombre científico: Ficus retusa L

Arbol de las zonas bajas del sureste tropical asiático conocido como laurel de la india en Costa Rica visto en el parque de Limón. El género Ficus está muy bien representado, pero en otras especies.
Valor calórico 19 314 kj/kg (22) List 2

Nombre científico: Gliricidia sepium (Jacq) Steud
Nombre común: madero negro

Arbol mediano, de México y las Antillas hasta el norte de Suramárica en elevaciones bajas y medianas con climas de seco a muy húmedos. Madera de alta duración. Es una especie abundante, Fácil de propagar.
Valor calórico 20 566 kj/kg (1) List 2

Nombre científico: Gmelina arborea Roxb
Nombre común: melina

Arbol mediano originario de india Central y el Sureste de Asia en zonas bajas con climas húmedos. En Costa Rica, bajo estas condiciones crece muy rápidamente y de buena forma. La madera es buena por sus propiedades y excelente en pulpa para papel. Promete para un futuro inmediato.

Valor calórico	19 608 kj/kg	(18)	List 2
	20 302 kj/kg	(8)	List 2
	22 260 kj/kg	(25)	List 2

Nombre científico: Grevillea robusta A Cunn
Nombre común: gravilea

Arbol mediano introducido a la Meseta Central de Costa Rica donde su crecimiento ha sido satisfactorio y puede pensarse en reforestar con esta especie, ya que no ofrece problemas y su madera es durable apta para muebles y construcción, como leña es muy bueno y aún queda en el Valle Central.
Valor calórico 20 367 kj/kg (18) List 2

Nombre científico: Hymenolobium SP
Nombre común: cola de pavo

Arbol grande de zonas bajas en el bosque muy húmedo tropical, la madera es de excelente calidad y muy buena como leña y carbón. Aún queda en los bosques.
Valor calórico 20 197 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Laetia procera Eichl
Nombre común: manga larga

Arbol grande del bosque muy húmedo tropical importante por su regeneración secundaria cerca del Río San Juan, Costa Rica.
Valor calórico 20 323 kj/kg (9) List 2

Nota: Esta especie ha sido investigada en el ITCR por sus propiedades y características y hay regulares cantidades.

Nombre científico: Lagerstroemia speciosa Pers
Nombre común: reina de las flores

Arbol mediano originario del sur de Asia y de las Islas del Océano Indico, pero introducido como ornamental en zonas bajas con climas húmedos.
Es poco lo que hay de esta especie, solo en parques.
Valor calórico 19 306 kj/kg (1) List 2

Nombre científico: Manguifera indica L
Nombre común: mango

Arbol mediano de Asia Tropical, pero introducido en zonas bajas y medianas su madera no ha sido usada, pero es excelente para ciertos trabajos dado el entrelace de sus fibras que la hace resistente al agrietamiento y quebrantos por flexión de sus fibras.
Valor calórico 18 692 kj_kg (18) List 2

Nombre científico: Melia azederach L
Nombre común: Paraíso

Arbol mediano del hemisferio Oriental plantada como ornamental en zonas bajas y medianas, en Costa Rica no se ha usado la madera, pero es fina y durable. En realidad no es una especie abundante a no ser como ornamental.
Valor calórico 21 092 kj/kg (18) List 2

Nombre científico: Ormosia SP

Este género contiene varias especies pequeñas y medianas en el bosque húmedo tropical, algunas con buenas maderas pero la mayoría de buen valor calórico. En los bosques hay muchas especies en el género.
Valor calórico 20 155 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Parinari excelasa Sab
Nombre común: Parinari

Arbol grande de la América Tropical. Encontrado en las montañas del norte de Costa Rica en 1981 por Rojas R. Poveda.

La madera es fuerte y durable, pero difícil de aserrar, por lo que no se utiliza. Como no se utiliza este especie queda aún en los bosques, a no ser que se le queme en hechura de potreros.
Valor calórico: 20 068 kj/kg (25) List 2

Nombre científico: Pinues caribea Morelet
Nombre común: Pino

Arbol que se ha introducido en plantaciones pero con problemas que restringen su buen desarrollo. Con esta especie se intensifican las plantaciones.
Valor calórico 20 298 kj/kg (25) List 2

En general los pinos son muy buenos así tenemos que Pinus rigida Mill es la especie que se reporta con mayor valor calórico 28 477 kj/kg (17) List 2.

Nombre científico: Pouteria SP
Nombre común: níspero

En este género hay varias especies de árboles grandes, pocas veces utilizados como madera. Son muy similares y generalmente se conocen cmo sapotes, sopotillos o nísperos. Se encuentran en zonas bajas del bosque húmedo y muy húmedo tropical. De estas maderas quedan muchas en los bosques.
Valor calórico 19 674 kj/kg (9) List 2
20 804 kj/kg

Nombre científico: Porouma aspera Trécul
Nombre común: lija

Arbol mediano que se extiende desde Nicaragua hasta América del Sur, en zonas bajas con climas húmedos. Muy conocido en el campo por el suo de sus hojas secas en la limpieza de utensilios de cocina y su leña como combustible. Aparte de este uso no se le conocen más, por lo que algo queda.
Valor calórico 19 611 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Protium SP
Nombre común: copales

Este género reúne varias especies, algunas con árboles grandes que dan maderas pero todas excelentes por su leña en combustión, tanto que se les conoce algunas como canfín.
Valor calórico 20 361 kj/kg (22) List 2
21 838 kj/kg (22) List 2

Nombre científico: Podocarpus milankianus Rendle

Se incluye esta especie porque el género podocarpus está presente en las montañas altas de Costa Rica, es la única conífera nativa con características similares y son conocidas como cipresillos, que han dado excelente madera y carbón, pero es poco lo que hay de esta especie, a lo más en reservas.
Valor calórico: 22 723 kj/kg (25) List 2

Nombre científico: Populus SP

Se incluye este género por su importancia, en Costa Rica se ha plantado la especie populus alba L principalmente en el Valle Central, pero es nativa de Europa y no hay mucho que pueda favorecer.
Valor calórico 20 096 kj/kg (21) List 2

Nombre científico: Psidium guajaba L
Nombre común: guayaba

Arbol pequeño cuyo fruto es materia prima para jaleas y mermeladas, se ha industrializado ampliamente. Su crecimiento es espontáneo en suelos degradados. La leña ha sido de utilidad como combustible en zonas rurales.
Valor calórico 18 556 kj/kg (1) List 2

Esta especie es abundante en terrenos abandonados al pastoreo.

Nombre científico: Pterocarpus officianlis Jack
Nombre común: Sangrillo

Arbol mediano o grande, se extiende desde México y las Antillas hasta el norte de Su América, en zonas bajas anegadas periódicamente por agua dulce. La madera ha sido usada en construcción interior y paletas. Aún queda en los bosques.
Valor calórico 19 590 kj/kg (9) List 2

Los consumos de estos productos se efectúan en el área doméstica e industrial y ha tomado tal importancia que recientemente se han originado plantaciones forestales con el fin único o secundario de energía.

Conocer las características energéticas de crecimiento, procedencia, etc., de las especies que crecen y que puedan ser usadas para energía en Costa Rica, es sumamante importante por lo que este informe ha elaborado una lista de especies donde se destacan algunas de sus características.

Nombre científico: Quecus SP
Nombre común: robles

Se incluye el género Quercus que reúne varias especies de importancia como madera y en la producción de carbón vegetal, aunque los Quercus en Costa Rica ya son pocos.

Valor calórico	19 901 kj/kg	(21)	List 2
	19 590 kj/kg	(9)	List 2

Nombre científico: Rhizophora mangle L
Nombre común: mangle colorado

Arbol grande de raíces fulcreas en bahías y esteros donde llega la marea de agua salada. La especie es pantropical y pionera en la comunidad del manglar.

Esta especie ha sido ampliamente explotada por sus taninos en la corteza, como madera en construcción rural y como carbón de buena calidad, hoy se restringe su uso.

Valor calórico 18 962 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Sacoglottis SP
Nombre común: Chiricano

Arbol grande en zonas bajas del bosque húmedo tropical importante por su madera de buena calidad y queda en algunas cantidades.

Valor calórico 20 993 (9) List 2

Nombre científico: Sapium SP Yos

Arbol mediano de zonas bajas y medianas en climas de secos a pluviales, es un género pantropical. La madera es blanca y liviana, pero ha sido utilizada. Es poca la existencia.
Valor calórico 19 570 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Simarouba amara Aubl
Nombre común: Aceituna

Arbol mediano que se extiende desde Belice hasta Sur América en zonas bajas con climas de muy húmedos a pluviales. La madera es blanca y excelente para producir fósforos de acuerdo a una investigación reciente. Es de muy buena trabajabilidad y mantiene el color blanco y la estabilidad dimensional por lo que se exportó a Estados Unidos como sustituto del pino blanco para la fabricación de moldes. Queda muy poco de esta especie aunque es del bosque secundario.
Valor calórico 20 344 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Sterculia Urens Roxb

Arbol mediano o grande nativo de la India en zonas bajas, con climas húmedos y secos. Esta espeice es introducida y plantada en San Isido del General Costa Rica, pero en poca cantidad podría intensificarse su propagación.
Valor calórico 21 460 kj/kg (18) List 2

Nombre científico: Stercula apetala (Jack) Karst
Nombre común: Panamá

Es un árbol grande nativo de las antillas, Sur de México y Norte de Sur América en zonas bajas con climas secos y húmedos en Costa Rica. La madera solo se ha usado como formaletas. Puede verse ejemplares de esta especie en el Parque Vargas Provincia de Limón, Costa Rica. De esta especie si hay mayor cantidad.

Nombre científico: Swietenia macrophylla G. King
Nombre común: caoba

Arbol grande nativo desde México a Sur América en zonas bajas con climas de seco a húmedos. En Costa Rica se encuentra en la Provincia de Guanacaste, pero ha sido plantado en otros lugares con poco éxito. Madera excelente, hoy agotada.
Valor calórico 19 779 kj/kg (22) List 2

Nombre científico: Symphonia globulìfera L
Nombre común: cerillo

Arbol grande con raíces fulcreas. Se extiende desde México, las Antillas, Sur América y Africa Occidental, en zonas bajas y medianas con climas de muy húmedos a pluviales. La madera es excelente para trabajo de construcción. Arboles grandes de esta especie pueden verse en la provincia de Limón por los canales de Tortuguero donde son visibles las raíces fulcreas. Hay algunas reservas.
Valor calórico 19 799 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Symplocos SP
Nombre común: Corral

Unico género en la familia symplocaceae con arbustos y árboles medianos de importancia local como leña en elevaciones de 1500 a 3000 msnm de bosques pluviales. Queda poca por su utilización como leña.
Valor calórico para las especies

S. fasciculata Roxb	19 984 kj/kg	(22)	List 2
S. Sheaefolia Boch Han	20 436 kj/kg	(18)	List 2

Nombre científico: Tabebuia serratifolia (Vahl) Nichols

Se incluye esta especie y su valor por lo característico de su género que representa a especies como tabebuia palmeri Rose que se encuentra en la provincia de Guanacaste, Costa Rica y llega hasta México en zonas bajas con climas secos o húmedos pero con verano largo.
Valor calórico 20 135 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Tabebuia Guayacan (Seeman) Hensley

Arbol grande conocido como guayacán que viene de México hasta el norte de Sur América, se encuentra en zonas bajas con climas húmedos y muy húmedos

Nombre científico: Tabebua Chrysantha (Jacq) Nichol

Esta especie es la conocida como corteza de madera excesivamente pesada y resistente al igual que las anteriores especies del género tabebuia.

De estas maderas queda poco, se ha usado en construcción pesada, como carrocerías de camiones, muelles portuarios, guillas para barcos.

Nombre científico: Tamarindus indica L
Nombre común: Tamarindo

Arbol mediano o grande originario de Asia tropical, pero distribuido en los trópicos en zonas bajas con climas de seco a húmedos. Este es el tamarindo cuya pulpa pastosa envuelta en semillas, está a la venta en los mercados para hacer frescos. La madera es buena como combustible.
Valor calórico 20 003 kj/kg (18) List 2
20 112 kj/kg

Nombre científico: Talisia squamosa Radlk

Se incluye esta especie por su valor y relación con las siguientes especies que se encuentran en Costa Rica.
Valor calórico 23 723 kj/kg (18) List 2

Nombre científico: Talisia oliviformis Radlk
Nombre común: dantisca

Arbol de pequeño a mediano, se extiende de México a Venezuela. en Costa Rica se encuentra en el noroeste a unos 600 m. Hay poco de esta especie.

Nombre científico: Talisia nervosa Radlk
Nombre común: Huesillo

Arbol pequeño se cuentra en el suroeste de Costa Rica. En zonas bajas con climas muy húmedos. Madera fuerte, pero no ha sido utilizada. Hay poco de esta especie.

Nombre científico: Tectona grandis L.f.
Nombre común: teca

Arbol grande del Sur de Asia, India y Malaya. Es de zonas bajas y climas húmedos pero con veranos largos. Fue introducido y plantado en Costa Rica hace 40 años, produce una de las maderas más valiosas por su durabilidad natural y resistencia al ataque marino.

Valor calórico	20 398 kj/kg	(18)	List 2
	22 892 kj/kg	(18)	List 2
	20 545 kj/kg	(22)	List 2

Nota: el valor más alto corresponde al duramen y los dos más bajos a secciones de albura.

Nombre científico: Terminalia

Este género reúne especies muy importantes como madera y como valor calorífico. Por ejemplo:

Terminalia lucida	Sura
Terminalia amazonia	Amarillón
Terminalia bucidiodes	Guayabo negro

De estas especies hay algunas cantidades considerables que se explotan por su madera de construcción.

Nombre científico: Tetragastris panamensis O. Kuntze
Nombre común: canfín

Arbol mediano, nativo de Centro América hasta Perú, y Brasil en zonas bajas con climas húmedos y muy húmedos. El nombre vulgar canfí, obedece a que la leña arde fácilmente en condición verde.
Valor calórico 19 339 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Toona ciliate M Roem
Nombre común: cedro australiano

Arbol grande, nativo desde el sur de Asia hasta Australia en zonas bajas a medianas condiciones climáticas de húmedos a muy húmedos. Esta especie ha sido plantada en Costa Rica, observa un rápido crecimiento y pese a que la madera aún es joven, presenta buenas características como aquellas para cedrela. La leña obtenida en releos de plantaciones, ha tenido muy buena aceptación como combustible.
Valor calórico 21 186 kj/kg (18) List 2
21 216 kj/kg (18) List 2

Los resultados indican valores muy parecidos para albura y duramen. Esta especie solo existe en plantaciones experimentales y uno que otro árbol aislado.

Nombre científico: Vatairea Guianensis Aubl
Nombre común: amargo amargo

Arbol grande del Sur de Costa Rica a Sur América en zonas bajas del bosque húmedo y muy húmedo tropical. La madera fuerte y utilizable en la construcción de viviendas, pero hay que tener cuidado con la albura que es succeptible al ataque de insectos.
Valor calórico 19 318 kj/kg (9) List 2

Nombre científico: Vatairea lundellii (Standl) Killip
Nombre común: Cocobolo de San Carlos

Esta especie es similar a la anterior y va del norte y noroeste de Costa Rica hasta México. Se encuentra en zonas similares y hasta más secas o con veranos fuertes. Prácticamente es mucho lo que existe de esta especie sobre todo al norte de San Carlos.

A N E X O 7

TRANSPORTE

ESTUDIO DE TRANSPORTE

La cantidad de empresas y empresarios del transporte en Costa Rica es difícil de determinar, existen algunas uniones de transportistas como "La Unión de Transportistas de Cartago, UNITRACSA" que agrupan entre 20 y 30 empresarios, así como la Cooperativa de Transportistas de Tejar, el cual es constituida por más de 60 empresarios, en el resto del país existen empresasa industriales organizadas en su mayoría son transportistas con 2 o 3 camiones.

Actualmente, son pocas las empresas que poseen un control eficiente de los gastos en que incurre cada uno de los tipos de transporte, para los cuales se les solicita. De darse el caso, con residuos se establecerían tarifas en el transporte acordes de acuerdo con el volumen, peso o distancia.

Algunos parámetros utilizados para la determinación de costos de transporte son:

a) Carretera (plana o montañosa)
b) Tipo de carga (frágil, peligrosa, etc.)
c) Por peso
d) Por distancia

Sin embargo, hay algunas empresas que utilizan como parámetros principalmente el precio del combustible y llantas.

Tipo de vehículos utilizados

Es sumamente variable, tanto en marcas como en tonelaje útil (carga útil). De las encuestas realizadas se puede determinar que existen vehículos comprendidos en un rango de 6 a 22 toneladas (ver cuadro No. 3).

CUADRO No. 3

CLASIFICACION DE LOS VEHICULOS
Según tonelaje permitido

Descripción	Tonelaje Util
Sencillo	6 - 8
Tandem	12 - 15
Cabezales	23

Otra clasificación que se ha establecido a nivel gubernamental la es la dada a conocer por el Departamento de Control de Pesos y Dimensiones de los automotores de carga (ver cuadro No. 4).

Como se aprecia en dicho cuadro, los valores dimensionales rigen para cualquier tipo de carrocería que se le coloque a los vehículos. Otra observación necesaria es referente al peso máximo autorizado, el cual incluye el peso del vehículo (con cada correspondiente carrocería) más el peso de la mercadería a transportar (o carga útil).

COSTA RICA

DEPARTAMENTO CONTROL DE PESOS Y DIMENSIONES

DIMENSIONES Y PESOS DE LOS VEHICULOS AUTOMOTORES DE CARGA

PESOS Y DIMENSIONES

CLASE DE VEHICULO	DIMENSIONES MAXIMAS EXT. Largo	Ancho	Alto	PESO MAX. autorizado
C-2 (1, 2) Sencillo	10.00m	2.50m	4.00m	Kgs. ~~12.000~~ 11000
C-3 (1, 2, 3) tandem o con eje loco	11.00m	2.50m	4.00m	Kgs. 20.000
C2-R2 (1, 2, 3, 4)	1830m	2.50m	4.00m	Kgs. 28.000
C3-R2 (1, 2, 3, 4, 5)	18.30m	2.50m	4.00m	Kgs. 32.500
T2-S1 (1, 2, 3)	16.75 Mts ~~15.75m~~	2.50m	4.00m	Kgs. 20.000
T2-S2 (1, 2, 3, 4)	16.75 Mts ~~15.75m~~	2.50m	4.00m	Kgs. 26.500
T3-S1 (1, 2, 3, 4)	16.75 Mts ~~15.75m~~	2.50m	4.00m	Kgs. 26.500
T3-S2 (1, 2, 3, 4, 5)	16.75 Mts ~~15.75m~~	2.50m	4.00m	Kgs. 32.500

LONGITUD MAXIMA ENTRE LAS DEFENSAS ANTERIOR Y POSTERIOR DE LOS VEHICULOS

ANCHO ENTRE LOS EXTREMOS LATERALES

ALTURA DESDE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO HASTA EL EXTREMO SUPERIOR

DISTANCIA ENTRE EJES TANDEM MAXIMA 2.10m MINIMA 1.00m

CONCENTRACIONES maximas por eje sencillo 8000 kgs y por eje tandem 14.500 kgs.

Según reporte efectuado en noviembre de 1982, se determinó que en Costa Rica existen 64 971 para el transporte de carga liviana, 12 971 vehículos dedicados al transporte pesado.

Comentarios

En el cuadro No. 6 se aprecian los diferentes gastos de combustible y costo por tonelada-kilómetro, además otros valores de importancia como lo son el costo/ton, distancia, tipo de vehículo, etc.

En el primer caso (combustible/ton-km), los datos dan a conocer una uniformidad casi constante que en promedio es 0,0325 ton para la determinación del anterior dato, no se tomó en cuenta el valor de 0,043 de la ruta San José-Limón, pues el dato de combustible incluido en la encuesta por UNITRACSA de 315 lts se considera anormal pues la mayoría de los empresarios que cubren esa ruta consideran que el gasto de combustible es de 267 lts.

En el cuadro No. 7 se da a conocer algunos de los valores de costo de transporte, kilometraje, etc., que cubren los empresarios encuestados que cuentan con vehículos tipo tandem (capacidad útil aproximada 15 tons). En dicho cuadro se observa que se consume mayor cantidad de combustible por cada tonelada en kilómetro transportado que si se utiliza un vehículo de mayor capacidad (cabezal-22 tons = 0,0325 lt/ton-km), sin embargo, los costos km son menores que los del cuadro anterior.

El Consejo Nacional de Producción cuenta con vehículos con capacidad útil de aproximadamente 15 tons, en el cuadro No. 8 están establecidas tanto las rutas que cubre el Consejo como aquellas que el Consejo da en contrato, en algunos de estos casos se da a conocer la distancia (kms) entre los diferentes lugares (una sola vía), además, el costo tonelada transportada.

Estos valores de costo de transporte aportados por el Consejo Nacional de Producción son facilitados por las diferentes empresas las cuales licitan el transporte de granos de diferentes lugares del país.

Las empresas que concursan para obtener los desechos en el transporte de diferentes productos para el CNP, presentan el presupuesto de gastos que ocacionarían los transportes y la oferta que presenta mejores condiciones y precio.

El Consejo utiliza esos costos de transporte para establecerlos en otras rutas.

CUADRO No. 6

COSTOS DE TRANSPORTE EN CAMIONES DE 22 TONELADAS

Ruta	Tipo vehículo (ton)	Distancia (km) recorrido ida y regreso	Cantidad de Combustible (lts)	Costo Total (₡)	Costo combustible/ ton-km	Costo/ton	Costo/md	Costo/Ton
Cartago-Puntarenas	22	264	152	12 000	0,026	545	455	2,0
Cartago-Limón	22	290	227	15 000	0,036	281	44	2,3
San José-Guácimo	22	334	208	13 000	0,028	590	389	1,9
Cartago-Golfito	22	640	322	25 000	0,023	681	45	1,77
San José-Limón	22	334	315	15 000	0,043	680	458	2,0
San José-Guápiles	22	320	254	15 000	0,035	681	46,01	2,0
San José-Parrita	22	220	172	13 000	0,036	591	59	2,6
San José-Liberia	22	452	300	20 000	0,031	909	46,3	2
Liberia-Puntarenas	22	272	190	16 000	0,031	727,3	59	2,0
San José-C. Quesada*	22	232	181	13 000	0,035	590,0	56	2,9
C.Quesada-Alajuela	22	160	125	10 000	0,036	454	22,5	2
C.Quesada-Cartago	22	234	182	13 000	0,035	590	55,5	2,5

*San José-Ciudad Quesada y Parrita-Puntarenas tienen igual comportamiento

Fuente: Encuestas realizadas en las diferentes empresas dedicadas al transporte

CUADRO No. 7

COSTOS DE TRANSPORTE Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE
EN DIFERENTES RUTAS UTILIZANDO VEHICULO TANDEM

Ruta	Ton	Km	Lts	Costo total	Comb/ton-km	Costo/ton	Costo/km	Costo/ton-km
Cartago-Limón	15	290	300	9 000	0,096	200	31	2,069
San José-Upala	15	472	328	15 000	0,046	1 000	31,78	2,118
Grecia-Alajuela	15	60	77	2 000	0,052	133	33	2,22
Grecia-San José	15	90	70	3 200	0,051	200	33,3	2,22
Upala-Puntarenas	15	312	218	10 000	0,046	666	32,05	2,13
Cartago-Puntarenas	15	264	185	8 000	0,057	750	31	2,58
					$\pm$ 0,050		$\bar{x}$=32,3	

CUADRO No. 8

COSTO EN EL TRANSPORTE DE GRANOS

De	A	Km	Costo ¢ Ton
San Isidro del General	San José	133	736
	San Joaquín	148	778
	Barrancas	243	1 118
	Cenada	141	818
Buenos Aires	San José	197	966
	Cenada	205	966
	San Joaquín	212	1 340
	Palmar Norte		300
Palmar Norte	San José		1 100
	San Joaquín		1 150
	Barrancas		1 450
	Cenada		1 150
Golfito	Palmar		400
	San José	338	1 452
	Cenada	346	1 540
	San Joaquín	353	1 500
Paso Canoas	San José	360	1 520
	Cenada		1 600
La Cuesta	San José		1 562
	Cenada		1 640
Laurel	Palmar Norte		598
	San Joaquín		1 660
	Barrancas		1 960
	Cenada		1 748
La Vaca	Palmar Norte		600
	San Joaquín		1 671
	Barrancas		471
	Cenada		1 747

CUADRO No. 8

COSTO DE TRANSPORTE DE GRANOS (15 tons)

De	A	Kms	Costo ₡ tons
Zarcero	San José	67	340
C. Quesada	Cenada	90	
Aguas Zarcas	San Joaquín	183	
Venecia	Barranca	116	
Fortuna			
Florencia	Pavas	110	
Santa Rosa			
Río Frío	San José		
	Cenada		
	San Joaquín		1 100
	Barranca		
	Pavas		
Cartago	Cenada	30	260
Turrialba		72	400
Juan Viñas		61	380
San Ramón		67	340
S. Pedro Poás		34	400
Palmares		55	240
Naranjo		47	240
Pejivalle-Suiza			800
Orosi			500
Cachí			500
Tucurrique			800
Las Juntas	San José	148	640
Las Juntas	Cenada	148	710
Colorado	Barranca	80	430
	San José	168	680
	Cenada	168	760

De		Kms	Costo ₡ tons
Liberia	Barranca	136	460
	San José	216	400
	Cenada	224	480
	Pavas	216	400
	S. Joaquín	205	400
Hojancha	Liberia	98	540
	Barranca	234	710
	San José	314	1 210
	Cenada	322	1 280
Puntarenas	Barranca	---	240
	S. Joaquín	99	480
	San José	110	480
	Cenada	118	580
Miramar	San José		460
	Cenada		550
	Barranca		201
Parrita	San José	116	960
	Barranca	222	960
	Cenada	124	1 040
	S. Joaquín	127	960
Quepos	Parrita	25	320
	San José	141	1 075
	S. Joaquín	152	1 075
	Cenada	149	1 004

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCION GENERAL DE PLANIFICACION
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS BASICOS

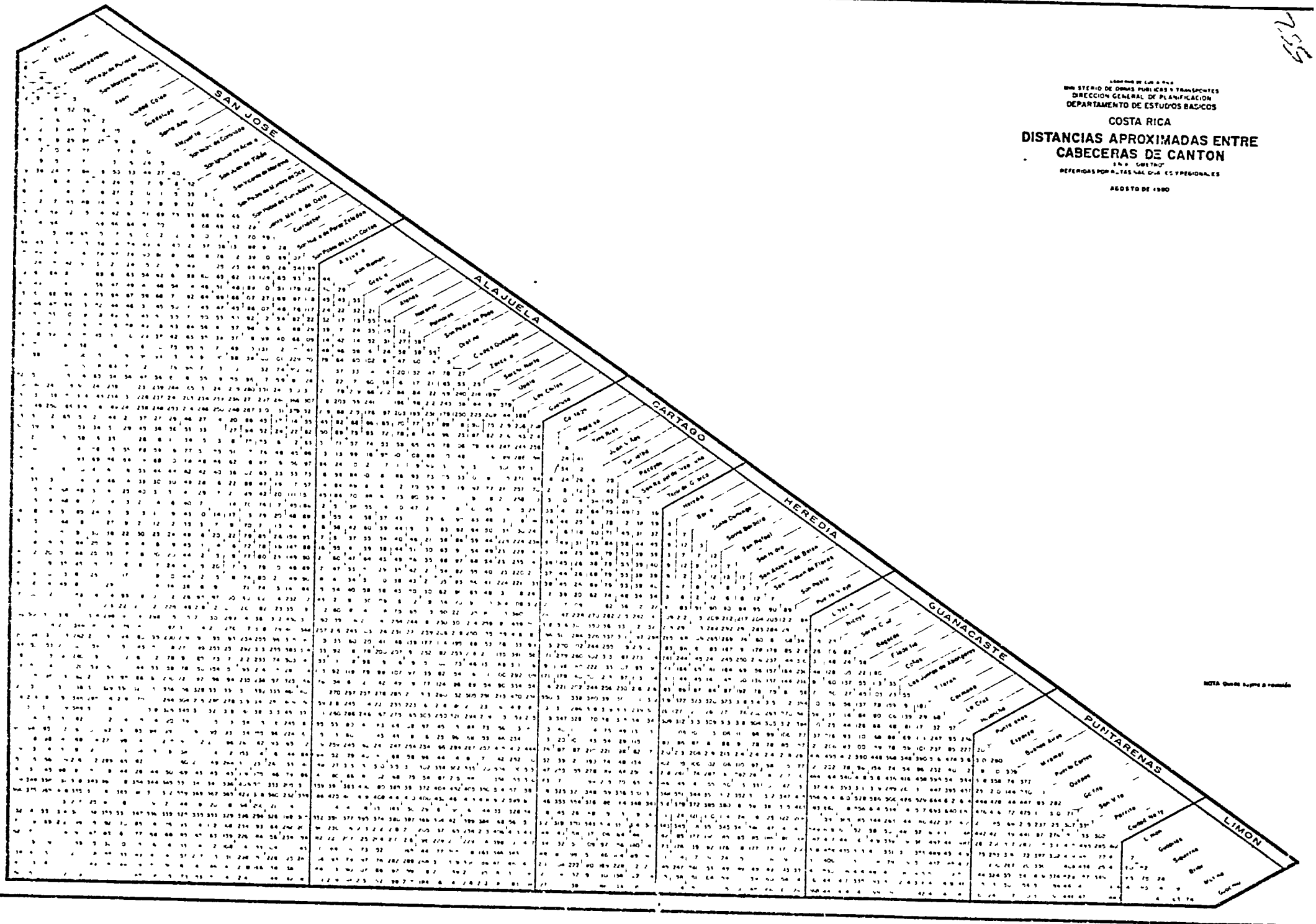
COSTA RICA

DISTANCIAS APROXIMADAS ENTRE CABECERAS DE CANTON

EN KILOMETROS

REFERIDAS POR RUTAS NACIONALES REGIONALES

AGOSTO DE 1980



NOTA Donde sigue a revisión

Para efectos de información, el anexo 1 ofrece un desglose de gastos que se producen en dos tipos diferentes de rutas (montaña y plana) según la empresa UNITRACSA.

En el presente estudio se realizó básicamente en empresas dedicadas al transporte pesado, sin embargo, para tener mayor información, se consultó a empresas que usan diferentes tipos de vehículos y a empresarios, que llevaban cierto control de costos en las diferentes rutas que ellos cubren. El cuadro No. 9 muestra algunos datos aportados por estos empresarios.

CUADRO No. 9

RUTA	kms.	Ton.	Costo	C/ton	C/km
Cartago-Heredia	33,2	15	2 500	1 66¢	37,88
Cartago-S. Isidro	114,2	15	8 000	533	35,09
Colorado-Cartago	171,2	22	16 500	750	49,24
Cartago-San José	44	15	1 900	133	93
Cart.-Alaj.- Heredia	80	14	2 000	146	29
Cartago-Limón-San Isidro	230	14	6 800	480	29,6

Los costos son menores ya que probablemente no se cubren gastos administrativos, y pertenecen o dan servicio a una empresa que requiere el servicio del transporte durante unos meses del año, por lo que estan disponibles cierto período del año.

ESTIMACION DE COSTOS

RUTA SAN JOSE - CORINTO

(Vertiente plana)

SUPUESTOS

1.-Distancia: 1200 kilometros, ida y regreso
2.-Se opera solamente en una via cargada
3.-Tiempo necesario para la realizacion del viaje: 3 dias habiles
4.-Se estima poder realizar 6 viajes por mes, o sean 1,5 viajes por semana
5.-Se le brinda al equipo el mantenimiento preventivo del caso

ELEMENTOS DEL COSTO

1.- Combustible (833 litros de diesel a ¢ 19,50 c/u)	¢ 16.243,50
2.- Llantas (18 llantas a ¢ 12.660 c/u. Vida estimada:50.000 Kms)	5.460,oo
3.- Aceite de motor (10 galones de Rimola:¢ 2.854.Cambio c/8.000 Kms)	420,oo
4.- Aceite de transmision (12 galones:¢3.545. Cambio c/40.000 Kms)	96,oo
5.- Filtros (Agua + aceite + diesel:¢ 2.330. Cambio c/4.000 Kms)	348,oo
6.- Bateria (Juego de cuatro:¢ 10.400. Vida estimada: 1 ano)	133,33
7.- Salarios (¢ 250 diarios)	750,oo
8.- Cargas sociales patronales (33,18% de los salarios)	248,85
9.- Viaticos (¢ 250 diarios)	750,oo
10.- Lavado y encerado	150,oo
11.- Engrase (¢ 300 c/2 viajes)	150,oo
12.- Seguro obligatorio (Prima anual: ¢ 855)	10,96
13.- Seguro de carga (Prima anual: ¢ 6.500)	83,33
14.- Seguro voluntario (Prima anual:¢ 29.000. Cobertura: ¢ 500.000)	371,79
15.- Derechos de circulacion (Tasa anual: ¢991)	12,70
16.- Depreciacion del equipo (Costo:¢ 1.500.000; Valor residual: 20%; Vida util estimada: 5 anos)	3.076,92
17.- Gastos generales y de administracion (Sueldo, cargas sociales, telefono, electricidad, alquiler, publicidad, papeleria y utiles de oficina, gastos de representacion, etc.)	1.205,88
18.- Financiamiento (tasa de interes: 25% flat. Deuda: ¼ parte del valor de adquisicion del equipo: ¢ 375.000)	1.201,92
19.- Cuota de camion pagada a UNITRACSA	16,67
20.- Comision de UNITRACSA	500,oo
21.- Gastos de frontera	600,oo
TOTAL DE COSTOS ESTIMADOS, APRECIOS DEL DIA 3-ENERO-1983	¢31.829,85

RESUMEN

Costo por kilometro recorrido en zona plana:	¢ 26,52
Costo por tonelada transportada (Peso promedio: 21 tonaladas)	¢ 1.515,70

ESTIMACION DE COSTOS
RUTA SAN JOSE - LIMON
(vertiente montanesa)

SUPUESTOS

1.- Distancia: 340 kilometros, ida y regreso
2.- Se opera solamente en una via cargada
3.- Tiempo necesario para la realizacion del viaje: 2 dias habiles
4.- Se estima poder realizar 10 viajes por mes, o sean 2,5 viajes por semana
5.- Se le brinda al equipo el mantenimiento preventivo del caso

ELEMENTOS DEL COSTO

1.- Combustible (265 litros de diesel a ¢ 19,50 c/u)	¢ 5.167,50
2.- Llantas (18 llantas a ¢ 12.660 c/u. Vida Estimada: 20.000 Kms)	3.872,60
3.- Aceite de motor (10 galones de Rimola:¢ 2.854. Cambio c/4.000 Kms)	241,40
4.- Aceite de transmision (12 galones:¢ 3.545. Cambio c/20.000 Kms)	57,80
5.- Filtros (Agua + aceite + diesel:¢ 2.330. Cambio c/4.000 Kms)	198,05
6.- Baterias (juego de cuatro: ¢ 10.400. Vida estimada: 1 ano)	86,67
7.- Salarios (¢ 250 diarios)	500,oo
8.- Cargas sociales patronales (33,16% de los salarios)	165,80
9.- Viaticos (¢ 200 diarios)	400,oo
10.- Lavado y encerado	150,oo
11.- Engrase (¢ 300 c/5 viajes)	50,oo
12.- Seguro obligatorio (Prima anual: ¢ 855)	7,12
13.- Seguro de carga (Prima anual: ¢ 6.500)	54,16
14.- Seguro voluntario (Prima anual:¢ 29.000. Cobertura ¢ 500.000)	241,64
15.- Derechos de circulacion (Tasa anual: ¢ 991)	8,25
16.- Depreciacion del equipo (Costo:¢ 1.500.000; Valor residual: 20%; Vida util estimada: 5 anos)	2.000,oo
17.- Gastos generales y de administracion (Sueldo, cargas sociales, telefono, electricidad, alquiler, publicidad, papeleria y utiles de oficina, gastos de representacion, etc.)	803,92
18.- Financiamiento (tasa de interes: 25% flat. Deuda: ¼ parte del valor de adquisicion del equipo: ¢ 375.000)	781,24
19.- Cuota de camion pagada a UNITRACSA	10,oo
20.- Comision de UNITRACSA	500,oo
TOTAL DE COSTOS ESTIMADOS, A PRECIOS DEL DIA 3-ENERO-1983	¢15.296,24

RESUMEN

Costo por kilometro recorrido en zona montanesa:	¢ 44,98
Costo por tonelada transportada (Peso promedio: 22 toneladas)	¢ 695,28

Comentarios generales sobre el estudio de transporte

Las experiencias y datos sobre el transporte de residuos ya sea agrícolas como forestales son muy escasos, por lo que la mayor parte de la información se refiere al transporte de mercaderías de cualquier género.

Con el fin de hacer más específicos los datos se consultó a 3 de los empresarios encuestados, sobre los costos partiendo de varias hipótesis en cuanto al tipo de residuo y la regularidad en el transporte sin embargo, lo único en firme que se pudo obtener fue que el costo se puede reducir en un 15% al ser más constantes los transportes.

En el caso de UNITRACSA que no cuenta con carretas sino que solo trailer al utilizar carreta el costo puede también verse disminuido.

El factor que más preocupa a los transportistas sobre trabajar con residuos es la carga y descarga que debe aligerarse los más posible, ya que dependiendo de tiempo requerido con el ciclo ida y vuelta ahí podrá negociarse el precio sobre todo cuando el peso no es un factor determinante.

A N E X O 8

BENEFICIOS DE CAFE

META SYSTEMS INC.

SUSTITUCION DE COMBUSTIBLES IMPORTADOS POR NACIONALES EN LA INDUSTRIA COSTARRICENSE.

BENEFICIOS DE CAFE

Eduardo Sibaja
Ronald Bolaños

Noviembre, 1983

INTRODUCCION

I

El encarecimiento drástico de los combustibles derivados del petróleo ha afectado, en mayor o menor grado, los costos de producción de las industrias nacionales y por ende la posibilidad de competencia de éstas en los mercados internacionales.

La industria cafetalera, al igual que las principales agroindustrias costarricenses (azucarera, arrocera, etc.) no escapa a este fenómeno, razón por la cual dentro de este estudio se ha incluido el análisis de los beneficios de café, con el propósito de buscar alternativas de sustitución y eficiencia energética del proceso.

Alrededor de 100 beneficios de café (pequeños, medianos y grandes) que utilizaban diesel, bunker y leña, han modificado en los últimos 3 años sus hornos y calderas, para utilizar en mayor o menor grado, leña y cascarilla de café (pajilla, pergamino).

La búsqueda de alternativas de sustitución pretende eliminar totalmente del secado de café los combustibles derivados del petróleo, en aquellos beneficios donde aun persiste su uso, e introducir combustibles nacionales que representen un ahorro significativo al empresario y al país en términos de dinero, divisas e independencia energética.

La expresión "eficiencia energética" se refiere al uso eficaz del combustible. En el pasado la mayoría de las fuentes energéticas tradicionales eran abundantes y relativamente baratas, por lo que este aspecto era poco importante. En la actualidad, y por los motivos anteriormente señalados, este aspecto se vuelve sumamente importante y debe ser tomado en consideración en todos los análisis energéticos, de la industria en general y de la cafetalera en particular. Una mejora en la eficiencia energética del proceso de beneficiado del café resultará en una

reducción del consumo de energía, en una reducción del costo de operación, en la conservación de los recursos naturales y en un mejoramiento de la economía nacional.

I OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1 Determinar el patrón histórico de consumo de energía en los beneficios de café, y estimar el comportamiento futuro de este patrón y las consecuencias e implicaciones de ello.

1.2 Analizar la situación energética actual de los beneficios de café, determinar los parámetros técnicos y económicos, así como el consumo de energía por unidad de café oro, para los diversos sistemas de secado utilizados.

1.3 Estudiar varios beneficios, los cuales serán representativos de las diversas opciones energéticas, vigentes en el campo del beneficiado de café.

1.4 En base al análisis de los puntos anteriores, presentar conclusiones y recomendaciones sobre posibles sustituciones de combustibles, nuevas tecnologías, mejoramiento de la eficiencia energética de los beneficios, y dar respuesta a la interrogante de si los beneficios pueden ser energéticamente autosuficientes.

II METODOLOGIA

El método seguido en este estudio para el logro de los objetivos establecidos fue el siguiente:

2.1 Análisis, procesamiento y empleo de la información existente sobre uso, consumo, valor, etc., de la energía utilizada en el beneficiado del café en Costa Rica y en otros países productores de este grano. (Colombia, Brasil, etc.).

2.2 Encuesta muestral de beneficios para actualizar la información al año 1983. Por medio de entrevistas con propietarios, gerentes o encargados técnicos de beneficios y de instituciones relacionadas con el café. La encuesta muestral fue seleccionada de manera tal que permitiera utilizar la información estadística existente, correlacionar esta información, comparar y actualizar otras encuestas realizadas por instituciones o empresas en años anteriores. Los datos solicitados corresponden a la cosecha 1982-1983 y los datos de otras cosechas son tomados de las encuestas de Bienville (1980), el ICE (1982) y CATIE (1982), de los boletines e informes de labores de OFICAFE. La encuesta se realizó en los meses de setiembre y octubre de 1983 y en el cuadro N° 1 se observan los datos de la misma.

2.3 Estudios de caso en 6 beneficios, que se seleccionaron de la muestra como representativos de diferentes modificaciones y usos de energía, los cuales contemplan, entre otros, los siguientes aspectos:

- Diagramas esquemáticos de planta
- Parámetros técnicos y económicos
- Análisis y comentarios.

CUADRO Nº 1

TOTAL DE BENEFICIOS POR ESTRATO Y MUESTRA PROPORCIONAL SELECCIONADA

C.T.M. (D.H.L.)	CLASIFICACION	BENEFICIOS Nº	%	MUESTRA SELECCIONADA	%
0 a 23.000	pequeño	21	20,6	12	57
23.000 a 50.000	mediano	41	40,2	24	59
más de 50.000	grande	40	39,2	24	60
TOTALES		102	100,00	60	59

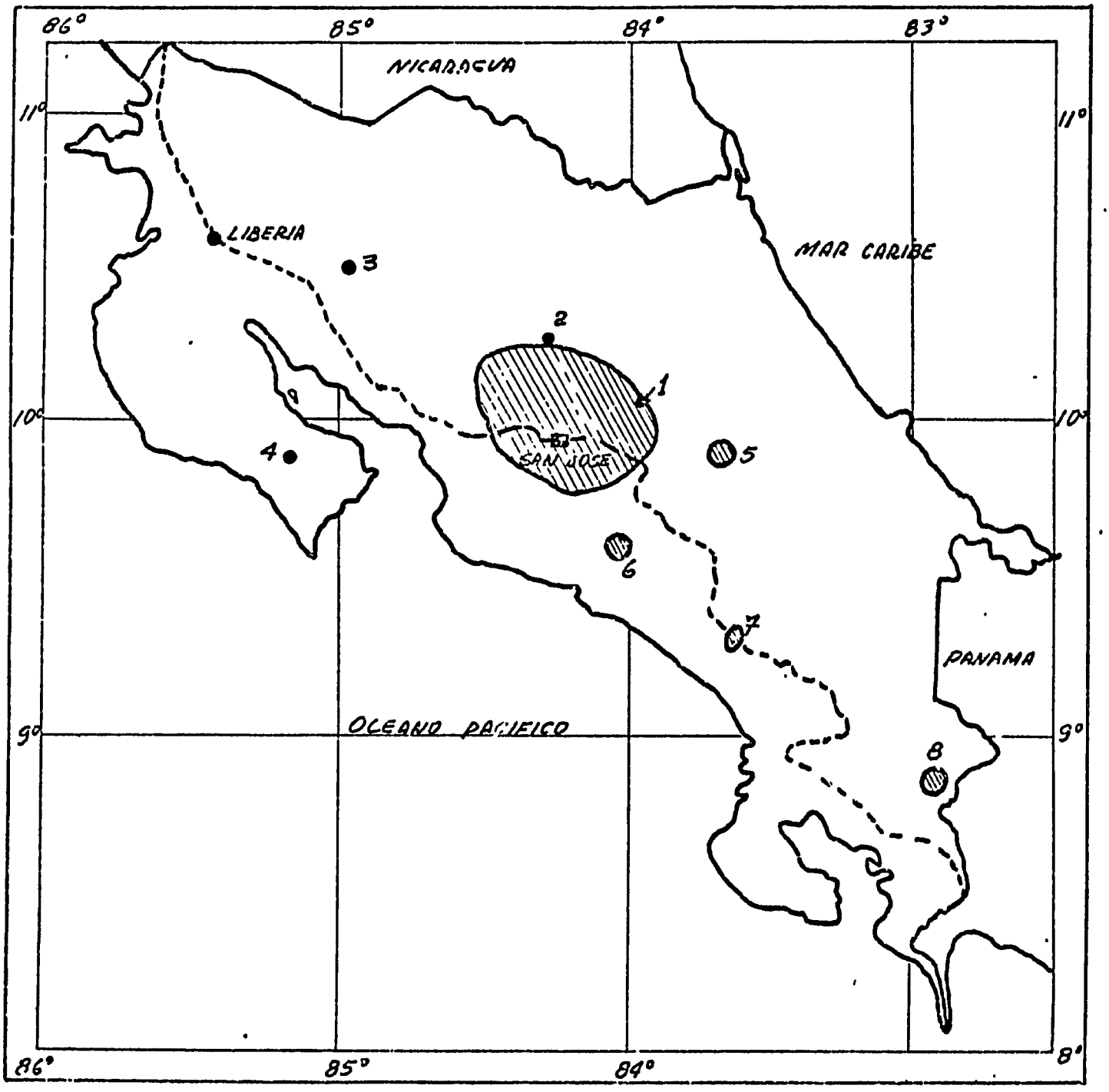
C.T.M. = Capacidad Teórica Media Anual

D.H.L. = Dobles hectolitros

Geográficamente la muestra se distribuyó en las regiones cafetaleras del Valle Central, San Carlos, Tilarán, Nandayure, Turrialba, Los Santos, San Isidro del General y San Vito de Java (ver mapa N° 1). El número y distribución de los beneficios fue idéntico al de la muestra de la encuesta del CATIE (1982), aunque algunos beneficios son diferentes a los de la otra encuesta. Esto se ha hecho así con el propósito de unificar yuniformar la información estadística sobre el particular.

El fin de realizar la encuesta fue el actualizar lo más posible la información existente, debido al gran cambio en el uso de combustibles que han experimentado los beneficios en los últimos 3 años.

MAPA I: DISTRIBUCION DE LA MUESTRA DE BENEFICIOS DE CAFE EN COSTA RICA



ESC. 1:520.000

REGIONES CAFETALERAS	Nº DE ENCUESTAS
1 VALLE CENTRAL	38
2 SAN CARLOS	1
3 TILARAN	1
4 NANDANYURE	2
5 TURRIALBA	4
6 LOS SANTOS	3
7 SAN ISIDRO DEL GENERAL	3
8 SAN VITO DE JAVA	5

III BENEFICIOS DE CAFE

La evolución histórica de la producción e industrialización del café (que según referencias históricas comienza en Costa Rica, con el cultivo del café a nivel familiar alrededor de 1808); ha experimentado a la par del crecimiento de la producción de café, la introducción de innovaciones y modificaciones en los sistemas de beneficiado del café, para lograr una mayor eficiencia y calidad del grano. La introducción de maquinaria abrió las posibilidades para el uso de otros energéticos.

En el cuadro N° 2, se presenta un resúmen derivado de la evolución histórica del beneficiado de café y de los tipos de energía usados.

CUADRO N° 2

EPOCA HISTORICA, FUENTE ENERGETICA Y USO DE COMBUSTIBLE EN LOS BENEFICIOS DE CAFE, COSTA RICA

EPOCA HISTORICA	FUENTE DE ENERGIA PRINCIPAL	USO
1808-2da mitad siglo XIX	solar	Patios de tierra y pavimentados
2da mitad siglo XIX y principios del siglo XX	biomasa	leña y cascarilla d café
mitad del siglo XX	petróleo	diesel y bunker
1980	electricidad	beneficios en exper mentación
1977-1983	biomasa (retorno)	leña y cascarilla de café

Tomado de la referencia 6.

La mayoría de los beneficios adoptan el diesel y el bunker como combustibles principales para el secado del café, a mediados del siglo XX. Pero el encarecimiento de estos, induce a los beneficios a un proceso de ajuste y modificación de las unidades, para retornar a la leña y cascarilla como combustibles principales para el secado de café.

3.1 EL MERCADO CAFETALERO Y SU SITUACION ACTUAL.

Pese a los esfuerzos de diversificación agrícola emprendidos por varios gobiernos a través de los años, el café sigue siendo el principal producto de exportación y una importantísima fuente de empleo estacional o temporal. (Ver cuadro N° 3).

CUADRO N° 3

VALOR F.O.B. EN DOLARES DE LAS EXPORTACIONES DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS DE COSTA RICA

(Valor en millones de dólares)

DETALLE	1978		1979		1980		1981		1982	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%
CAFE	307,4	35,54	315,4	33,76	247,8	24,74	240,0	23,73	127,7	26,9
BANANO	169,9	19,64	190,5	20,39	207,5	20,71	224,8	22,23	129,3	27,3
CARNE FRESCA	60,3	6,97	81,7	8,74	70,7	7,06	33,2	3,28	33,0	6,9
OTROS PRODUCTOS	327,3	37,85	346,7	37,11	475,7	47,49	513,2	50,76	183,6	38,7
TOTAL DE EXPORTACIONES	864,9	100	934,3	100	1001,7	100	1011,2	100	473,6	10

FUENTE: Dirección General de Estadística y Censos

1/ Primer semestre del año 1982.

Del total de la producción de café en 1982, un 14% se destinó al consumo nacional; un 60% a la exportación de acuerdo a la cuota fijada al país, por la Organización Internacional de Países Extranjeros Exportadores de café; y el 26% restante de la producción, es colocado en los llamados mercados no tradicionales.

La competencia que tiene que librar Costa Rica con los grandes exportadores de café (Brasil, Colombia, Los Países Africanos, El Salvador, etc.) en cuanto a cantidad, calidad y precio, ha hecho que los productores, beneficiadores y torre factores busquen mejorar la productividad, como única alternativa de competencia.

Sin embargo analizando en detalle este hecho, nos encontramos conque realmente solo los productores agrícolas del grano han incrementado su productividad, utilizando técnicas modernas de agronomía (nuevas especies, técnicas de sembrado y abonado, etc.). En el cuadro N° 4 se presenta un resúmen estadístico que comprende cifras sobre productividad, uso de factores productivos y de los principales indicadores tecnológicos, que permiten visualizar en forma suscinta el cambio tecnológico ocurrido en la agricultura del café.

La evolución de algunos indicadores tecnológicos durante el período 1950-1980 se muestra en los gráficos 1, 2 y 3. Como se induce de estos cuadros y gráficos, esta tecnología de producción requiere de uso intensivo de los factores tierra y mano de obra, complementados con el uso de agroquímicos y prácticas de manejo del cultivo (nuevas variedades y mayores densidades), que han mejorado los rendimientos de la producción cafetalera en más de dos veces y media a lo largo del período mencionado.

Si vemos el caso de los beneficiadores, nos encontramos con que la única preocupación que han tenido en el período 1950-1980 ha sido al final del mismo y ha consistido más en un proceso de sustitución de combustibles, que en uno de mejora de la productividad de esta agroindustria, vía un uso eficiente de estos combustibles, como se observa en el cuadro N° 2.

CUADRO Nº 4

EVOLUCION DE LA PRODUCTIVIDAD, USO DE FACTORES PRODUCTIVOS Y VARIABLES TECNOLOGICAS RELEVANTES

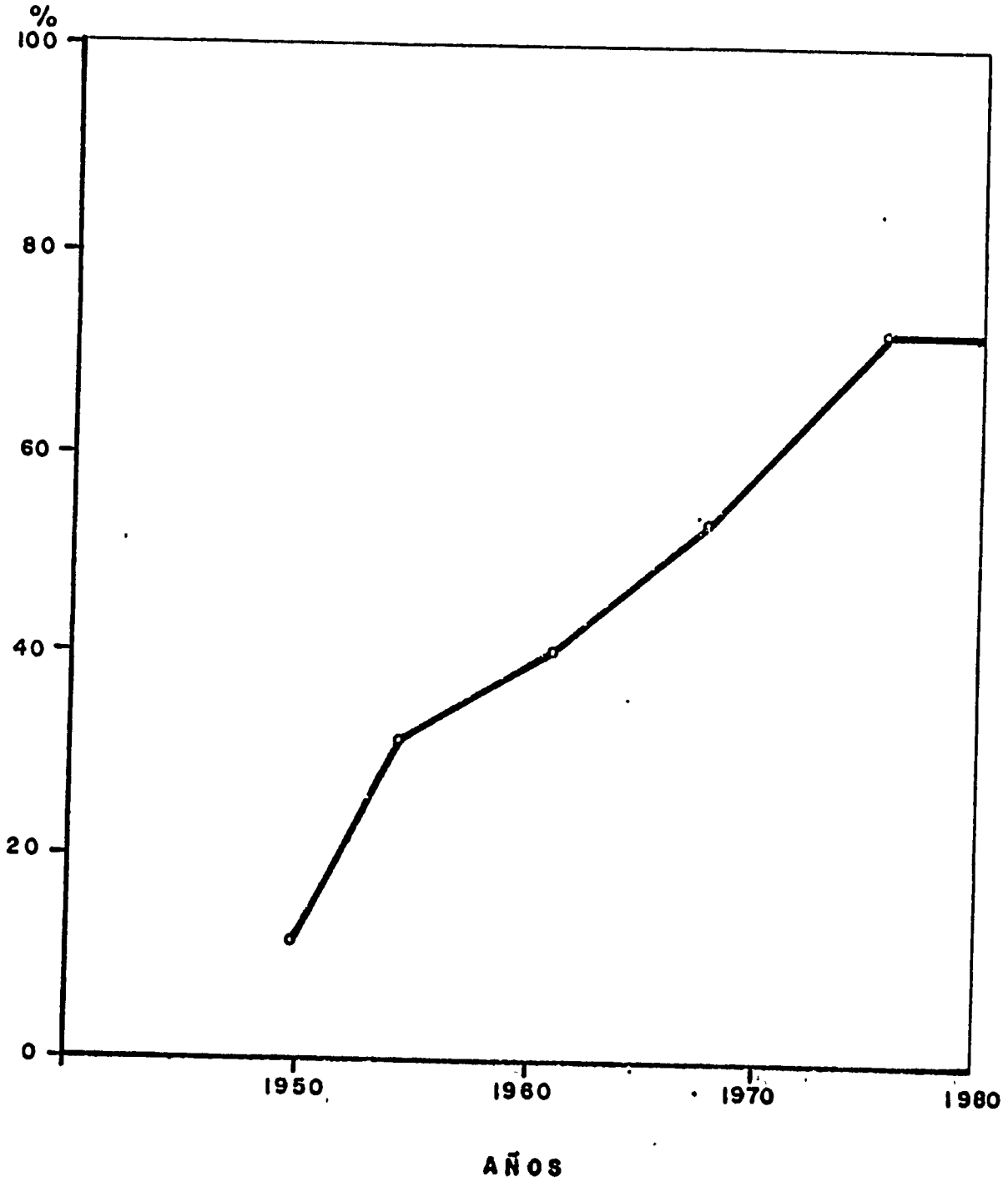
(Años Seleccionados del Período 1935-1981), Costa Rica

	AÑOS									
	1935	1950	1955	1963	1968	1973	1976	1979	1980	1981
Productividad (T.M.C/Ha)	2,6	2,4	2,4	3,8	-	4,7	6,0	-	5,8	7,2
Uso de factores Productivos										
a) Factor trabajo: horas-hombre/Ha.	276	-	300	-	400	473	493	-	466	-
horas-hombre/T.M.C.	106	-	125	-	-	101	82	-	80	-
b) Tierra (Ha)	46.677	48.885	56.402	81.465	-	83.407	-	-	87.639	95.742
Indicadores tecnológicos										
a) Tecnología biológica										
variedades mejoradas como % del área cultivada:										
- Híbrido tico	-	-	-	-	37%	-	36%	-	23%	-
- Caturra	-	-	-	-	9%	-	22%	-	33%	-
b) Tecnología química uso de fertilizantes										
- T.M.F/Ha.	0,34	-	0,40	-	-	0,64	-	0,88	-	-
- T.M.F/T.M.C.	0,13	-	0,17	-	-	0,14	-	-	-	-
- como % del área cultivada	30%	-	31%	46%	-	75%	-	85%	-	-
c) Tecnologías agronómicas										
(número cafetos /Ha)	1.525	1.575	-	-	-	3.036	3.200	-	3.365	-

Fuente: Aguilar, Justo; Barboza, Carlos; León, Jorge.
El Desarrollo Tecnológico del café en Costa Rica y las políticas científico-tecnológicas. San José, CONICIT, Junio 1982.

T.M.C.= tonelada métrica de café fruta T.M.F.= tonelada métrica de fertilizante Ha.= hectárea

USO DE VARIEDADES MEJORADAS



(% DEL AREA TOTAL)

GRAFICO Nº 2

EMPLEO DE FERTILIZANTES

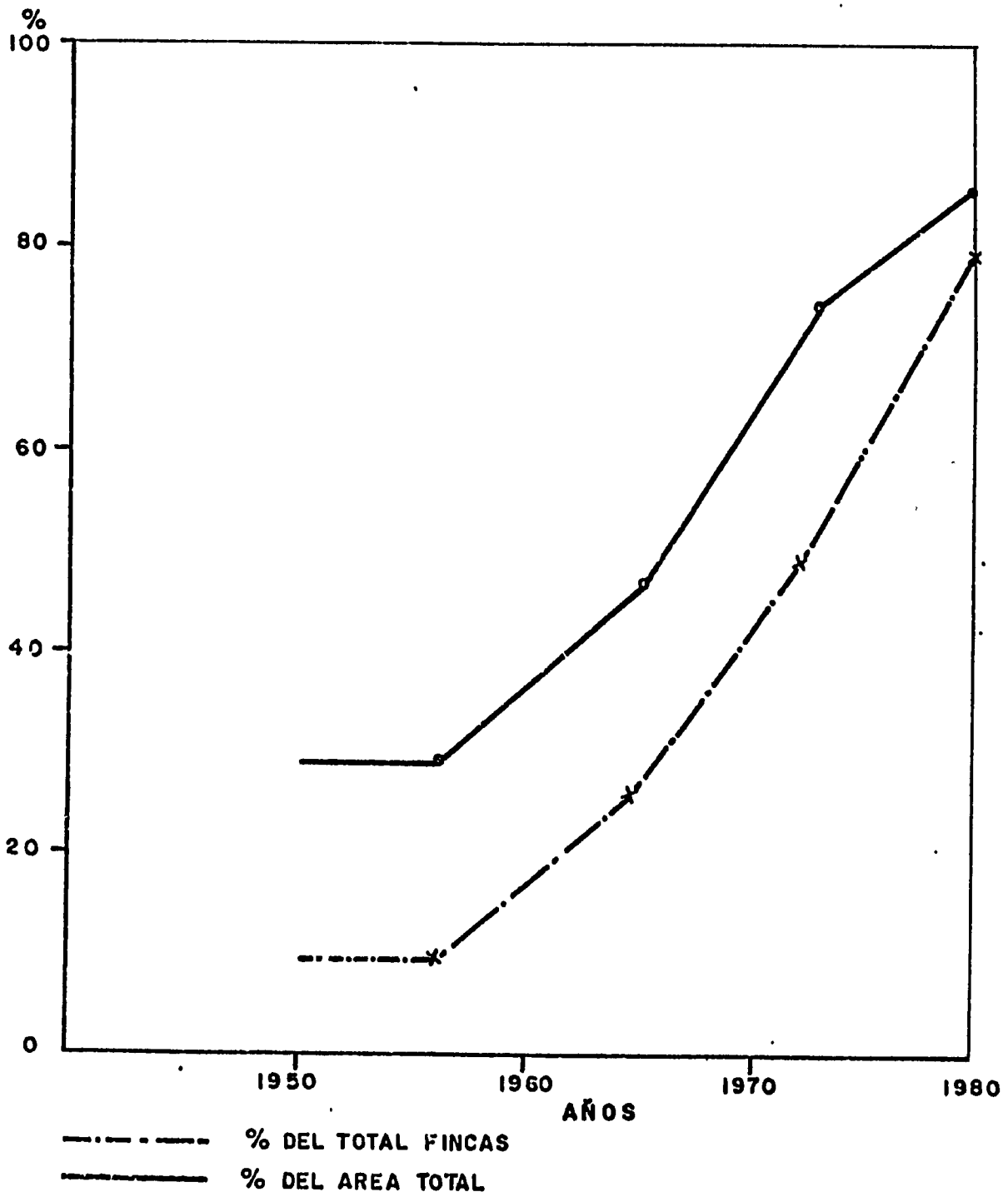
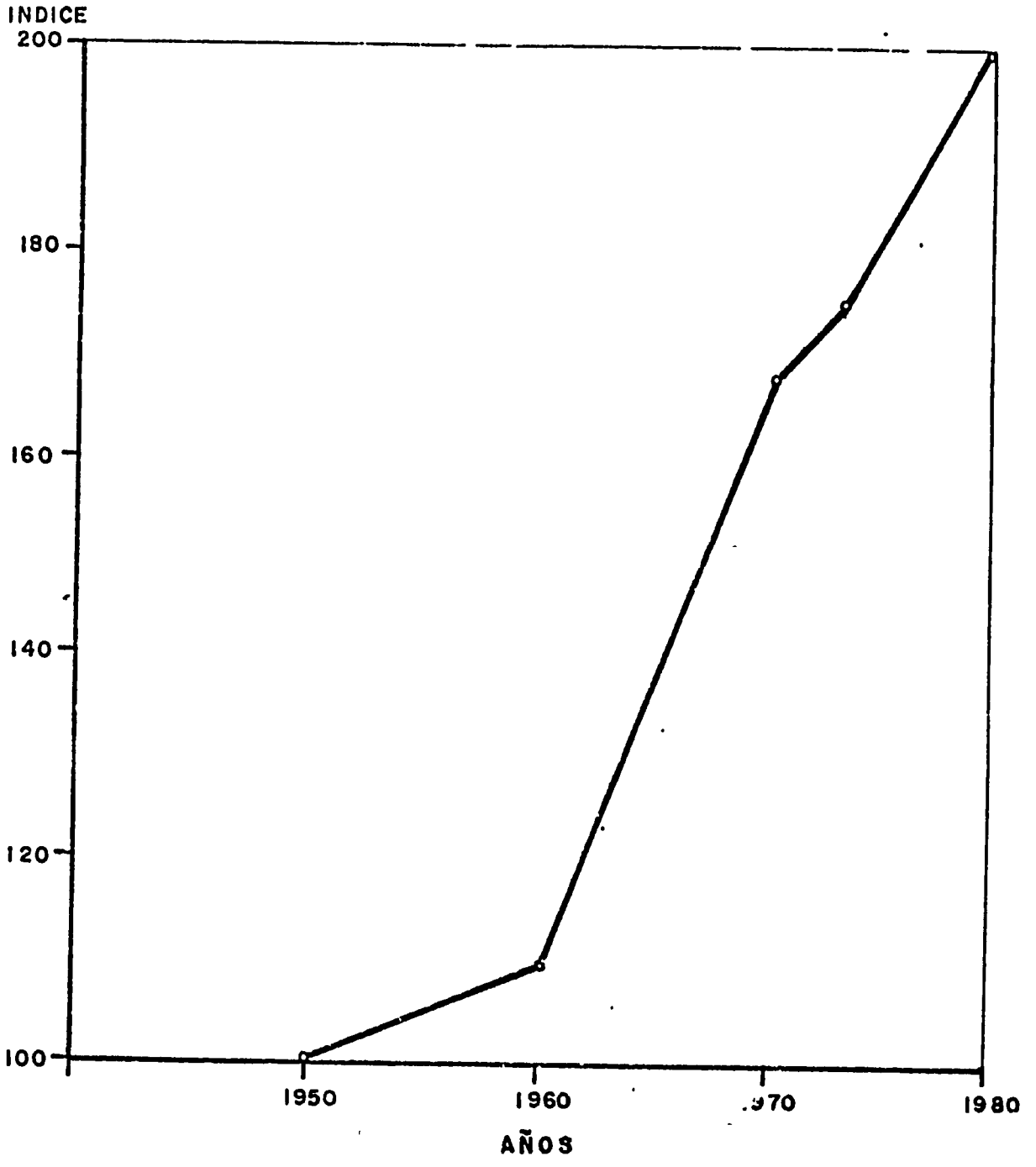


GRAFICO I.

INDICE DE LA DENSIDAD DE PLANTACION



1950-1975 PLANTACIONES/HABITANTES

GRAFICO Nº 3

570

3.2 LA PROBLEMATICA ENERGETICA

La situación energética de los beneficios de café ha sido estudiada hasta el momento con un nivel de detalle o profundidad medio, debido principalmente a dos problemas fundamentales:

a) La operación de los beneficios se realiza, aún hoy día, en forma poco profesional, es decir por experiencia o intuición, con una baja participación del criterio técnico y de ingeniería, debido a la ausencia casi total de técnicos titulados o profesionales en la administración y operación de ellos.

b) El déficit de información básica disponible, así como de estadísticas contiables, tanto en los datos técnicos energéticos, como en los de producción y costos, pese a ser esta una de las agroindustrias más antiguas del país.

De acuerdo con la metodología ya mencionada para la elaboración de este estudio, presentamos a continuación los datos más relevantes sobre el uso de energía en el beneficiado de café, actualizados a 1983.

3.2.1 PROCESAMIENTO DEL CAFE

Para realizar el proceso de transformación de café fruta a café oro, se requieren de actividades como recibir de los productores el café fruta, fermentarlo, despulparlo, lavarlo, cribarlo, pre-secarlo y finalmente secarlo. En la figura N° 1 se puede apreciar el diagrama de flujo del beneficiado del café cada una de las fases busca la eliminación del contenido de pulpa, agua y humedad, tratando de mantener la calidad del grano. El objetivo de estas fases es el de llevar el grano de café al estado de café oro. El procesamiento del café da como resultado 3 tipos principales de desecho: pulpa, mucílago y cascarilla. En el cuadro N° 5, se dan las relaciones por peso de los subproductos del café, en las diferentes etapas de procesamiento.

ETAPAS DEL BENEFICADO DEL CAFE.

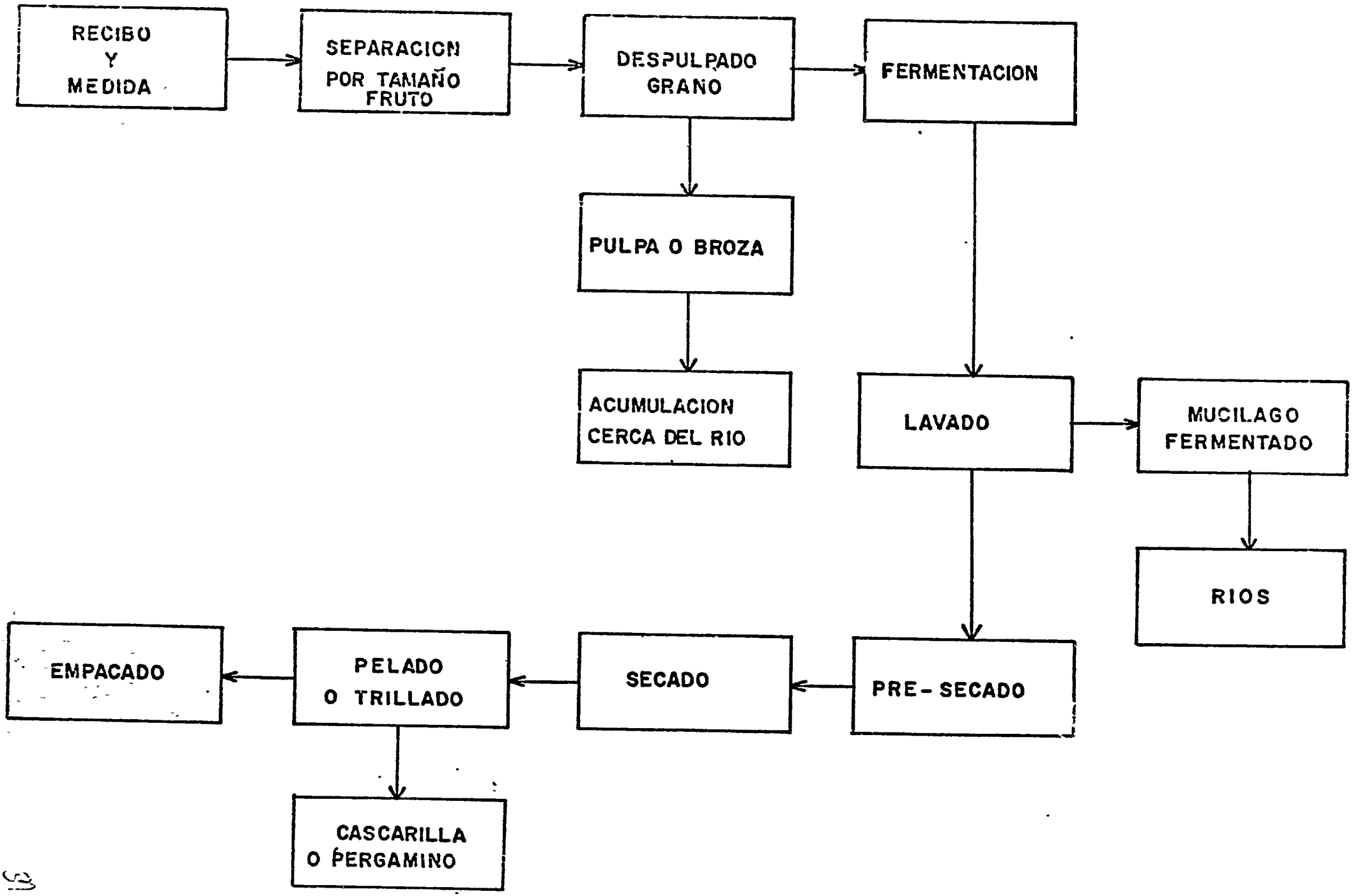


FIGURA Nº I

34

CUADRO N° 5

RELACIONES POR PESO DE LOS SUBPRODUCTOS DEL CAFE

Para un 1kg de: / Equivalente de:	Pulpa húmeda (kg)	Mucílago (kg)	Agua extraída (secado) (kg)	cascarilla (kg)	café oro (12% H_2O)
CAFE FRUTA (CEREZA) (65% H_2O)	0,40	0,20	0,20	0,034	0,166
CAFE ORO, SECO (12% H_2O)	2,4	1,2	1,2	0,2	1

Estos datos fueron calculados en base a la información suministrada en la referencia N° 3.

Este cuadro nos indica que solo el 16,6% del peso del café en bruto (café cereza) representa café oro y que el 83,4% restante son desechos del proceso de beneficiado.

a) EL PRESECADO DEL CAFE

El presecado es un proceso de secado mecánico o natural (al sol), destinado a reducir el contenido de humedad y agua del café, previo al secado final. Mediante este proceso se busca reducir tiempo y ahorrar energía en la fase final de secado. De acuerdo con el cuadro N° 6 en esta etapa se le reduce, en promedio, un 20% de humedad.

CUADRO N° 6

HUMEDAD DEL CAFE POR ETAPAS DE PROCESAMIENTO

ETAPA	HUMEDAD (%)
CAFE FRUTA (cereza)	65-60
LISTO PARA PRESECADO	60-55
PRESECADO	40-36
SECADO	12-10

Los datos de la encuesta señalan que la mayoría de los beneficios (90%) utilizan la práctica de presecar el café. Solo 85% dijeron que tenían equipo para hacerlo. En el cuadro N° 7 se ilustran los sistemas de presecado existentes en Costa Rica.

CUADRO N° 7

SISTEMAS DE PRESECADO DE CAFE POR TAMAÑO DE BENEFICIO EN COSTA RICA

COSECHA 1981 - 1982

SISTEMA DE PRESECADO	NUMERO DE BENEFICIOS			TOTALES	
	grandes	medianos	pequeños	N°	%
VERTICAL	9	8	1	18	31,0
OREADOR VERTICAL	5	4	0	9	15,5
PATIO	2	3	6	11	19,0
PATIO MAS VERTICAL	1	5	1	7	12,1
NINGUNO	2	2	1	5	8,6
LISTER	2	0	0	2	3,4
PATIO MAS SILO PRESECADOR	2	0	0	2	3,4
OREADORA	0	1	0	1	1,7
PATIO MAS OREADORA	0	0	1	1	1,7
VERTICAL MAS LISTER	0	1	0	1	1,7
OREADORA MAS SILO PRESECADOR	1	0	0	1	1,7
TOTALES	24	24	10	58	100

Tomado de la referencia 6.

Se observa que en la cosecha 81-82 un 19% del total de beneficios usan el patio para presecar al sol, y en la 82-83 fue de un 21% lo que da un incremento de 2% en un año. Además hay combinaciones con patio y otros sistemas mecánicos que usan diesel, bunker o leña para realizar esta actividad.

El costo para presecar es sumamente elevado ya que la mayoría de estos equipos están diseñados para consumir diesel o bunker, como se ve en el cuadro N° 8.

CUADRO N° 8

DISTRIBUCION DEL EQUIPO DE PRESECADO SEGUN COMBUSTIBLE

COMBUSTIBLE UTILIZADO	PRESECADORAS MECANICAS			
	COSECHAS (80-81) (81-82)		COSECHA (82-83)	
	CANTIDAD	%	CANTIDAD	%
LEÑA Y CASCARILLA	51	24	75	35
DIESEL	149	70	109	51
BUNKER	8	3	12	6
OTRO O COMBINACION	6	3	18	8
TOTALES	214	100	214	100

En las cosechas (80-81) y (81-82) los cambios de combustible en el presecado fueron ínfimos, y vemos así como ambas cosechas un 70% de las presecadoras consumía diesel, un 3% bunker y un 24 % leña y cascarilla. Aunque el costo de presecar con diesel era muy alto los beneficiadores se mantuvieron haciéndolo por consevar la calidad del grano, y la facilidad de operación de estos equipos. Sin embargo vemos como en la cosecha (82-83), un 19% de las presecadoras fue transformado para quemar bunker, leña y cascarilla u otra combinación en lugar de diesel. Esto obedece a la imposibilidad de esos beneficiadores de pagar el precio del diesel para presecar, realizando la permuta, aún a costa de la calidad del grano en el caso del bunker que aumentó en un 3%, o de la facilidad de operación en el caso de la leña y cascarilla que aumentó en un 11% con respecto a las cosechas anteriores.

La capacidad instalada para presecar café en forma mecánica (con presecadoras) por tamaño de beneficio es muy variable. Sin embargo hay una mayor concentración de unidades en los beneficios medianos y grandes. Hay verticales con capacidad mínima de 30 a un máximo de 500 fanegas y oreadoras de 50 a 90 fanegas de capacidad. El tiempo promedio para presecar mecánicamente es de 6 horas con variaciones extremas que van desde 4 hasta 10 horas. El presecado en patio (al sol) toma de 15 a 20 horas.

b) EL SECADO DEL CAFE

La fase principal del proceso de beneficiado de café es el secado final, el cual se hace por medio de secadoras mecánicas, para reducir el porcentaje de agua y humedad hasta un contenido final ideal del 12% por lo que en esta etapa, según el cuadro N° 6. se le reduce al grano que viene del presecado un 27% de humedad y, en el caso de que no se haya presecado, se le reduce en un 47% como promedio.

Generalmente los beneficios, de cualquier tamaño, han venido utilizando diseños de secadoras de café con características similares. La figura N° 2 muestra un diagrama simplificado de una unidad de secado típica, la cual consta de:

i) Un ventilador centrífugo, de aspas cóncavas, con su respectivo motor. El abanico impulsa el aire, a razón de 6.800 m^3/hr, hacia un intercambiador de calor, aire-aire, que se encuentra en un horno.

ii) Horno en que se calienta este aire, con temperaturas en la cámara de 400°C a través del intercambiador de calor. El calor en el horno se produce utilizando leña y cascarilla de café.

iii) El aire caliente, a una temperatura de 60° C (promedio), es llevado, por medio de conductos, al interior de la secadora rotativa denominada "guardiola". De estas hay de distintos tamaños y capacidad independientemente del tamaño del beneficio.

ESQUEMA DEL SISTEMA TIPICO DE SECADO

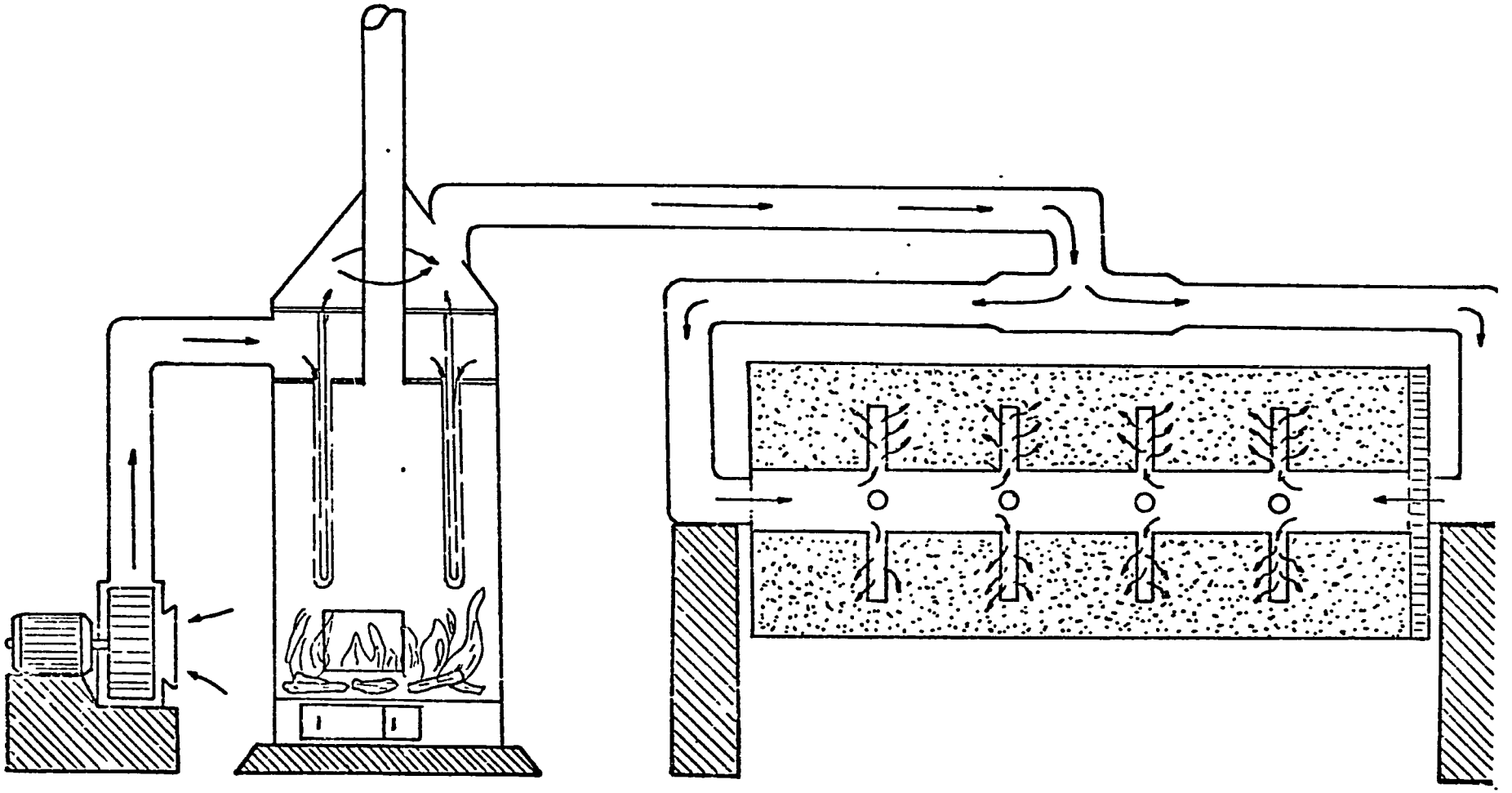


FIGURA Nº 2

Las guardiolas tienen capacidades que van de 10 a 120 fanegas por unidad (Cuadro N° 9). Se observa que dentro del porcentaje de la capacidad instalada, los beneficios pequeños realizan el secado en unidades pequeñas; los medianos y grandes por su parte tienden a secar el café en unidades cada vez mayores.

A diferencia del presecado, en el secado el combustible más empleado es una mezcla de leña y cascarilla, mientras que el diesel y el bunker tienen un uso mínimo, por lo que el costo para el secado no es tan elevado como lo es en el presecado (Cuadro N° 10).

CUADRO N° 9

CAPACIDAD INSTALADA EN NUMERO DE GUARDIOLAS Y PORCENTAJE DE APORTE POR TAMAÑO DE BENEFICIO, COSTA RICA COSECHA 81-82

CAPACIDAD POR GUARDIOLA EN FANEGAS	GUARDIOLAS NUMERO	GUARDIOLAS CAPACIDAD TOTAL (FANEGAS)	PORCENTAJE DE CAPACIDAD INSTALADA Pequeños	Medianos	Grandes
10	1	10	100	--	--
15	1	15	--	100	--
30	10	300	10	50	40
40	18	720	33	33	33
45	3	135	--	67	33
50	2	100	--	50	50
60	121	7260	3	35	62
65	28	1820	--	14	86
80	189	15126	3	28	69
90	39	3510	--	41	59
100	45	4500	--	--	100
110	8	880	--	--	100
120	25	3000	8	16	76
TOTAL	490	37376	--	--	--
PORCENTAJE CON RESPECTO AL TOTAL DE CAPACIDAD			3%	26%	71%

Tomado de la referencia 6.

CUADRO N° 10

DISTRIBUCION DEL EQUIPO DE SECADO SEGUN COMBUSTIBLE

COMBUSTIBLE UTILIZADO	SECADORES COSECHAS (80-81) (81-82)		COSECHA (82-83)	
	CANTIDAD	% TOTAL	CANTIDAD	% TOTA
LEÑA Y CASCARILLA	589	77	650	85
DIESEL	79	10	30	4
BUNKER	22	.3	10	1
OTRO O COMBINACIÓN	74	10	74	10
TOTAL	764	100	764	100

Como se observa en el cuadro N° 10, los cambios de combustible fueron ínfimos en las cosechas (80-81) y (81-82), pero en la cosecha (82-83) se observa la tendencia incremental (un 8% más) a utilizar leña y cascarilla en los hornos de secado; una disminución del 6% en el uso de diesel, y del 2% en el uso del bunker. Esta tendencia tiende a continuar al mismo ritmo en la cosecha (83-84).

El tiempo que permanece una tanda de café dentro de la guardiola, depende del grado de presecado, eficiencia del secado, del abanico, del horno y de la secadora. La variación en horas de secado, de los turnos o tandas de café, está dada en el cuadro N° 11.

CUADRO N° 11

HORAS DE DURACION DE UN TURNO DE SECADO DE CAFE EN UNA GUARDIOLA

HORAS DE DURACION DE UN TURNO	NUMERO DE BENEFICIOS	PORCENTALES
10-15	4	10,8
15-20	1	2,7
20-25	12	32,4
25-30	12	32,4
30-35	4	10,8
35-más	4	10,8
TOTAL		100

Tomado de la referencia 6.

En las clases de 20 a 25 y de 25 a 30 horas de duración se concentra el 65% de los casos analizados. Los de mayor tiempo de duración en el secado son aquellos que no usaron presecado o que presecaron al sol. En los casos de menor duración se debe a que utilizan oreadoras, que eliminan mecánicamente hasta un 8% de humedad, así como presecado y secado con equipos más eficientes (hornos de fuego directo, calderas centrales).

CAMBIO EN EL COMBUSTIBLE DE LAS GUARDIOLAS DE COSTA RICA

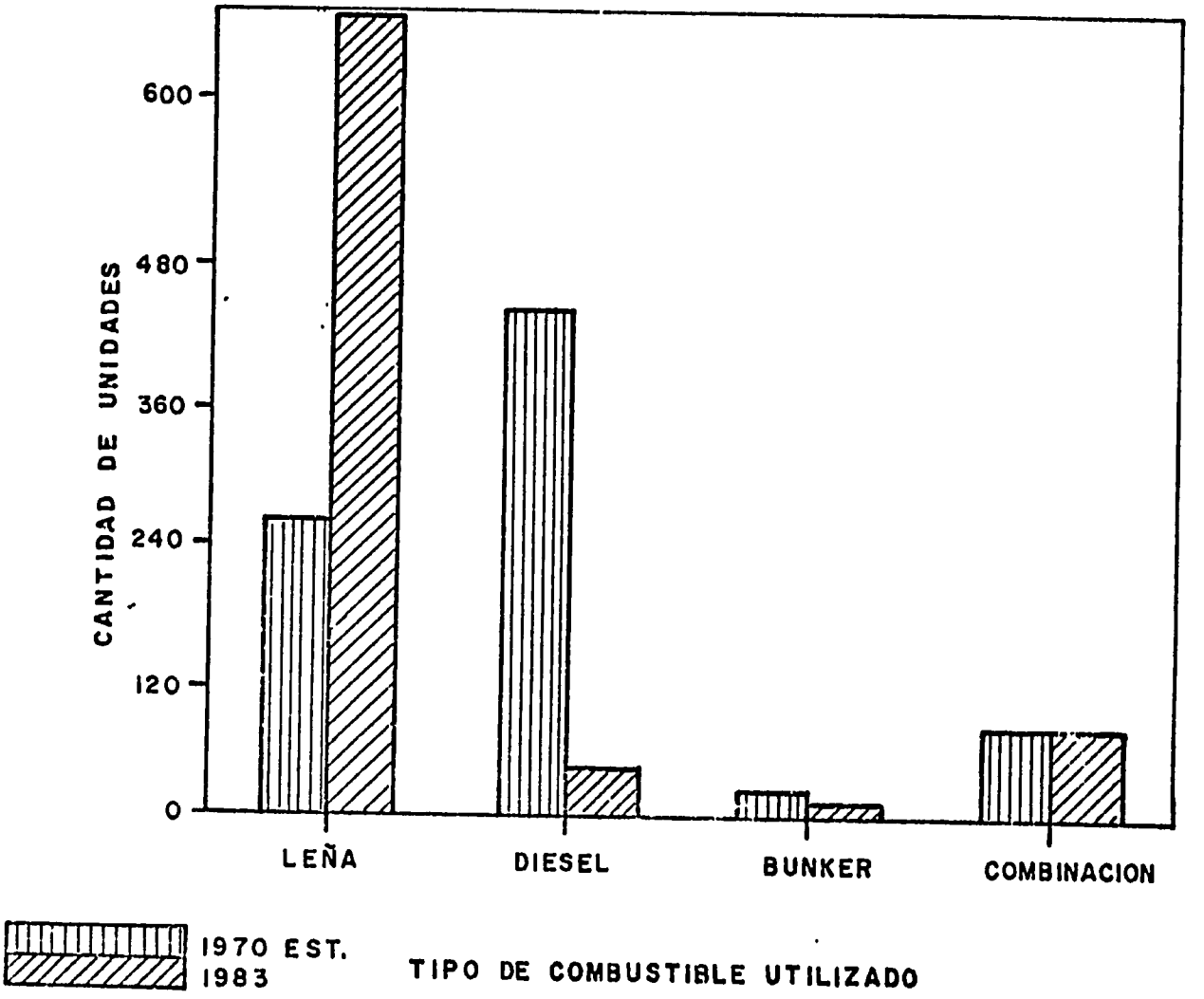
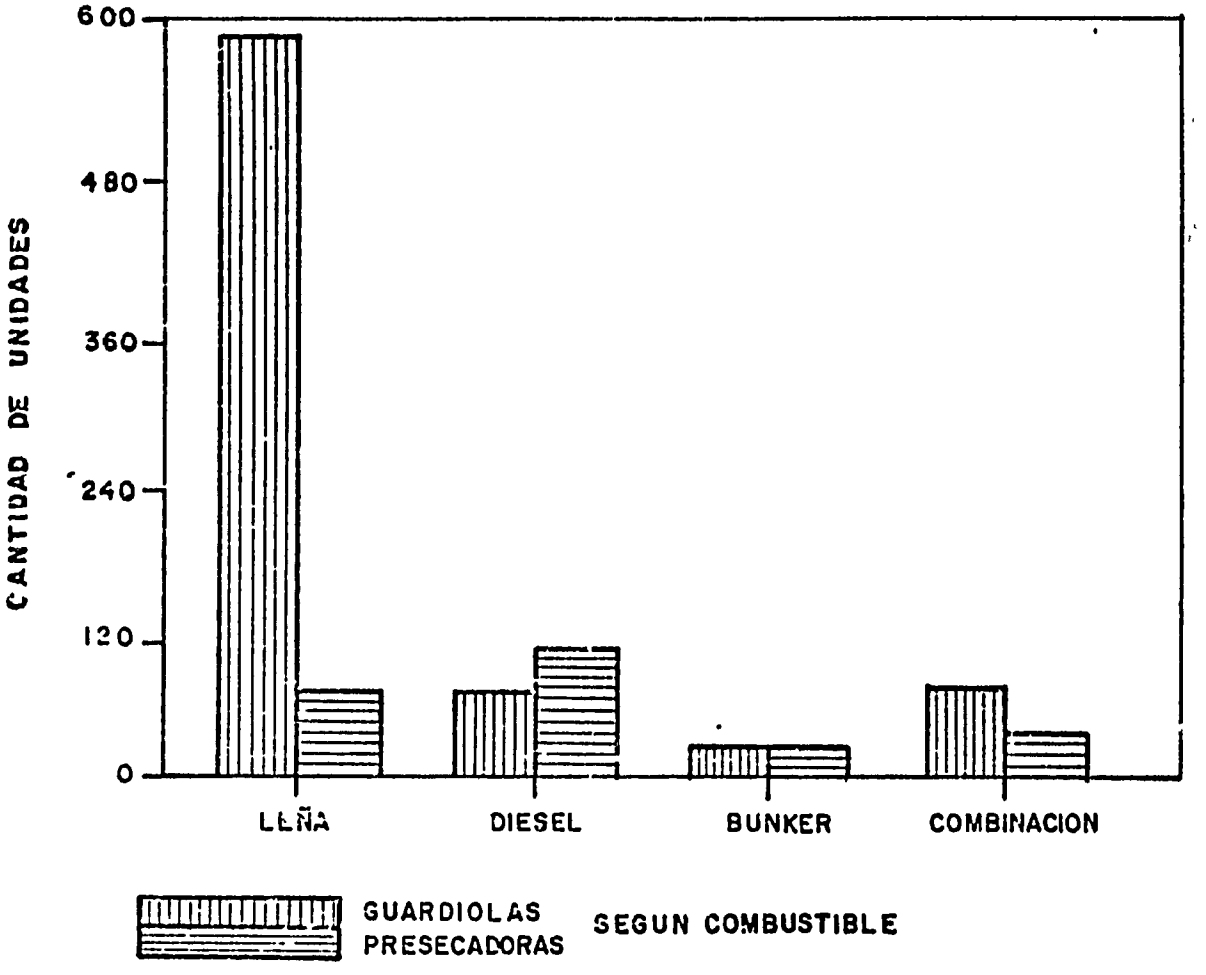


GRAFICO Nº 4

EQUIPO DE SECADO DE CAFE EN COSTA RICA 1983



ESTA FIGURA MUESTRA EL NUMERO ACTUAL DE UNIDADES DE SECADO Y PRESECADO, EN USO EN COSTA RICA, SEGUN EL TIPO DE COMBUSTIBLE

GRAFICO Nº 5

3.2.2. CONSUMO DE ENERGIA

Si se analiza la incidencia que tiene el costo de la energía en el costo total de beneficiado del café, se obtiene que la energía contribuye con un 12,18% en un promedio de 3 cosechas. En el cuadro N° 12 se presenta esta información.

Como se ve en el cuadro N° 10, el combustible preponderante en el secado de café, es la leña y la cascarilla de café, cuyos costos son relativamente bajos si se les compara con diesel, bunker e incluso electricidad (cuadros N° 13, N° 14 y gráfico N° 4); por lo que el problema más que de precios se convierte en un problema de disponibilidad de leña, ya que la cascarilla es un subproducto del procesamiento del café, que se obtiene en una proporción del 20% por unidad de café oro, y por lo tanto es un combustible sin costo adicional para el beneficiador.

En el gráfico N° 4 se ilustra el encarecimiento progresivo porcentual de los precios de venta al público de la gasolina, diesel y la leña. Para el análisis porcentual se ha tomado como base el año 1974. Obsérvese en el gráfico N° 4 como durante el período 1974-1978 hay una estabilidad en el precio de los 3 combustibles y que a partir de 1979 se registran incrementos progresivos, los cuales continúan en forma ascendente hasta este año (1983).

CUADRO Nº12

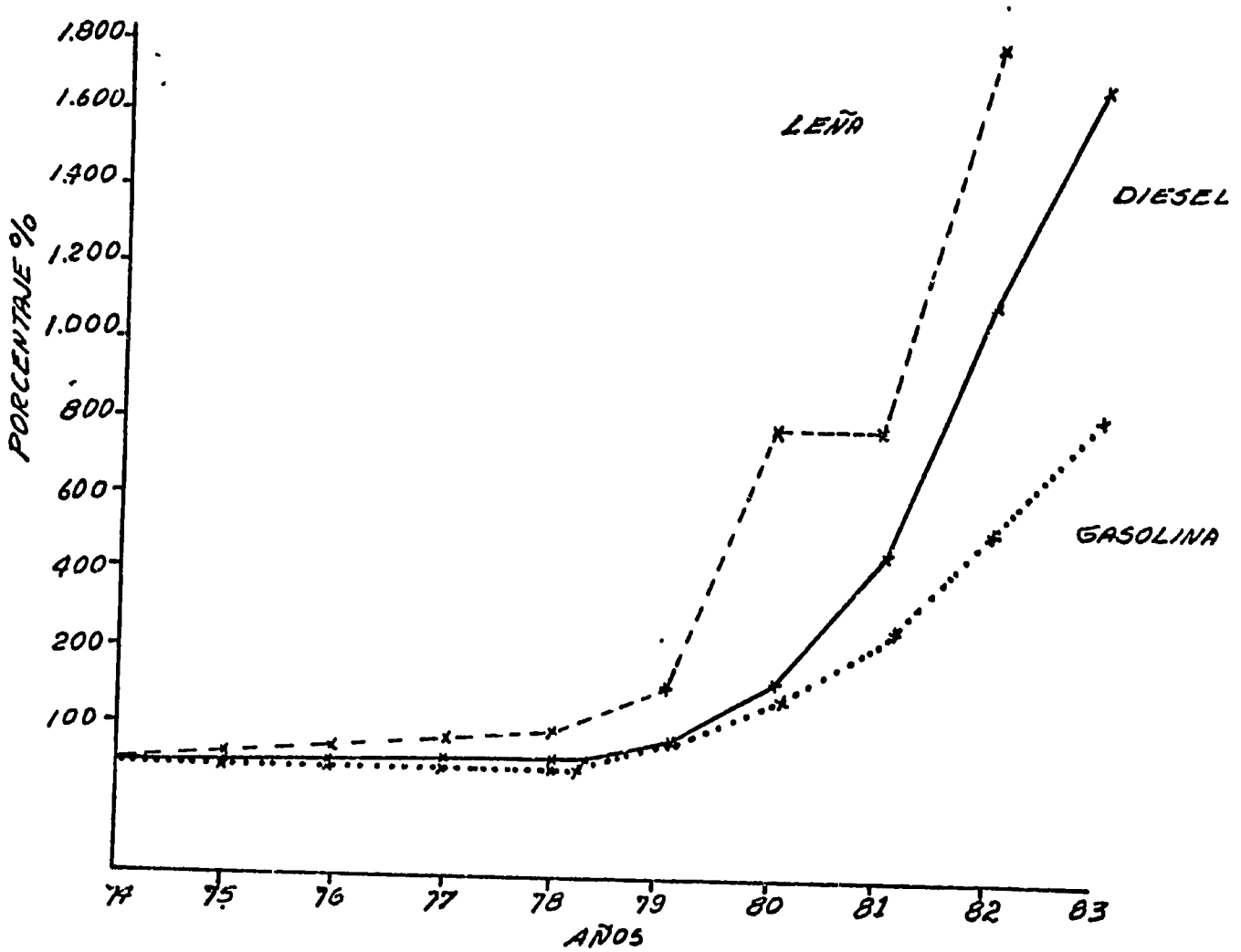
COSTOS DE BENEFICIADO DE CAFE

(para 46 Kg. de café oro)

	COSECHA							
	79-80		80-81		81-82		82-83	
Concepto	¢	%	¢	%	¢	%	¢	%
COSTOS DE BENEFICIADO	54,77	33,73	68,45	30,32	73,48	34,84		
Mano de obra	29,38	18,00	29,51	13,07	36,24	17,18		
Materiales e implementos	7,30	4,50	9,19	4,07	11,47	5,44		
Combustibles, lubricantes, electricidad, leña	18,00	11,14	29,75	13,18	25,77	12,22		
COSTOS DEL PROCESAMIENTO	51,30	31,59	78,48	34,76	70.08	33,23		
Cargas Sociales	8,24	5,07	11,41	5,05	10,69	5,07		
Seguros	4,44	2,74	5,12	2,27	5,77	2,74		
Mantenimiento	16,64	10,25	31,64	14,02	20,04	9,50		
Depreciación	9,55	5,88	13,51	5,98	12,93	6,13		
Cuotas	0,12	0,07	0,05	0,02	0,04	0,02		
Transporte	12,31	7,58	16,74	7,42	20,61	9,77		
COSTOS ADMINISTRATIVOS	20,25	12,47	25,07	11,11	28,63	13,58		
Administración	14,84	9,14	20,02	8,87	15,32	7,26		
Impuestos	2,70	1,66	2,39	1,06	10,07	4,78		
Gastos de oficina	1,86	1,15	2,39	1,06	2,14	1,02		
Gastos varios	0,85	0,52	0,27	0,12	1,10	0,52		
INTERESES DEL CAPITAL INVERTIDO	19,99	12,31	26,38	11,69	26,77	12,69		
FINANCIACION (intereses)	16,08	9,90	27,36	12,12	11,94	5,66		
TOTALES	162,39	100	225,74	100	210,90	100		

Estos datos fueron suministrados por la Oficina del Café.

GRAFICO: Nº 6. TENDENCIA DE LOS PRECIOS DE GASOLINA, DIESEL Y LEÑA.
INCREMENTOS PORCENTUALES EN BASE AL AÑO 1974, COSTA R



CUADRO N° 13

PRECIOS DE VENTA DE LOS PRODUCTOS

AÑO	GASOLINA	DIESEL	KEROSENE	BUNKER	LEÑA	ELECTRICIDAD
	(PROMEDIO ANUAL EN COLONES POR LITRO)				(¢/m^3)	(¢/KWH)
1978	2,22	1,03	1,06	0,753	20,15	0,35
1979	3,869	1,538	1,532	0,844	31,67	0,35
1980	6,191	2,63	2,554	1,041	54,25	0,45
1981	10,243	6,32	6,831	2,127	68,66	0,75
1982	16,391	13,765	12,247	5,732	155,56	1,25
1983	23,80	18,80	17,80	6,0	257,67	2,0

CUADRO N° 14

PRECIOS DE VENTA DE LA ENERGIA
(colones/10^9 julios)

AÑO	GASOLINA	DIESEL	KEROSENE	BUNKER	LEÑA	ELECTRICIDAD
1978	69,37	28,61	31,17	19,31	4,63	97,22
1979	120,91	42,72	45,05	21,64	7,27	97,22
1980	193,47	73,05	75,12	26,69	12,46	125,0
1981	320,10	175,55	200,91	54,53	15,77	208,33
1982	512,22	382,36	360,20	146,97	35,72	347,22
1983	743,75	522,22	523,53	153,84	59,17	555,55

Aparentemente, el hecho de abandonar el uso de diesel y bunker, y volver hacia una fuente tradicional de energía como es la leña, significa una respuesta natural al incremento de los precios del petróleo y sus derivados. Al examinar los probables efectos y consecuencias de esta sustitución, se predice que otras industrias pequeñas (ladrilleras, trapiches, panaderías, etc), además de los beneficios de café, harán sustituciones de este tipo y por lo tanto crearán problemas energéticos locales, al incrementar la demanda y reducirse la oferta de leña, como resultado de la disminución en la disponibilidad del recurso forestal que la provee. Adicionalmente, los precios tenderán a aumentar progresivamente.

Aunque en la actualidad la leña consumida por los beneficios, es abastecida parcialmente por los árboles empleados para sombra del cultivo, y del producto de las podas del café, los cuales en conjunto producen en la actualidad 75 m^3 de leña por manzana (102 m^3/ Ha.) en ciclos de 8 años. Existe la preocupación sobre el aporte de leña, que en el futuro podría dar este cultivo en vista del cambio que se está produciendo en las técnicas del manejo de plantaciones de café, al utilizar el sistema de plantación al sol (sin árboles de sombra), y variedades mejoradas de pequeño tamaño (caturra y catuadi), las cuales se estima producirán la tercera parte de leña que los cafetales "viejos" 25 m^3 de leña por manzana (35,6 m^3/Ha.) en ciclos de 5 años.

a. EL ABASTECIMIENTO DE LEÑA

El problema del abastecimiento de leña a largo plazo se agudizará, y será más severo en las áreas rurales, debido a que el consumo doméstico y el consumo industrial se incrementará y competirán por el mismo recurso. De hecho en la actualidad los beneficios en general, obtienen la mayor parte de su leña, de los bosques, siendo la leña proveniente de los cafetales, consumida principalmente por los campesinos para cocinar.

El procedimiento para calcular el consumo de leña en los beneficios de café, consistió en utilizar el dato básico de consumo de leña por turno o tanda de café secado, y derivar de él para el total del café beneficiado. Este procedimiento refleja con mayor exactitud los niveles de consumo de leña, ya que los beneficiadores almacenan leña de una cosecha a otra, por lo que se hace necesario diferenciar la comprada el mismo año de la cosecha, de la trasladada del año anterior.

Se observa una alta variabilidad de la información dentro de cada estrato. Esto se debe a las razones siguientes:

i) La densidad, el tamaño y la humedad de la leña, aumentan o disminuyen el poder calórico, y por consiguiente la cantidad de leña requerida.

ii) El grado de presecado del café influye en el consumo de leña

iii) La experiencia y especialidad del atizador hacen aumentar o reducir

el consumo de leña

iv) Eficiencia del abanico para mantener el volúmen de aire a 60° C.

v) El tipo y calidad de conductores de aire aumenta la pérdida de calor, induciendo a mayor requerimiento de leña.

iv) El tipo de horno o caldera utilizado, cuya construcción y diseño requiera más leña, altera el consumo

iiv) La eficiencia en el uso y recolección de la cascarilla de café, provoca una mayor o menor consumo de leña. A esto se debe que a pesar de que más beneficios utilizan la leña y cascarilla como combustible, el consumo de leña haya disminuido, pues debido al incremento en el costo de la leña, los beneficios guardan la cascarilla en silos, para luego ser quemada (antes muchos la tiraban), esto se observa en elcuadro N°15.

CUADRO N° 15

LEÑA CONSUMIDA EN M^3 POR FANEGA BENEFICIADA
EN TRES TAMAÑOS DE BENEFICIO, COSTA RICA.
COSECHAS 1981-82 y 1982-83

TAMAÑO DE BENEFICIO	N°	PROMEDIO LEÑA M^3/FANEGA 81-82	82-83	ERROR ESTANDAR Sx 81-82	82-83
Pequeño	10	0,086	0,085	0,041	0,040
Mediano	21	0,084	0,081	0,009	0,008
Grande	23	0,065	0,060	0,012	0,010

TOMADO DE LA REFERENCIA 6

Comparativamente se observa que hay una mejor utilización del recurso leña en los beneficios grandes. Los pequeños y medianos aparentemente utilizan casi la misma cantidad de leña por fanega beneficiada; sin embargo, hay una mayor variabilidad en los pequeños en los cuales el error estándar de estimación es mayor que los otros dos estratos.

El incremento de precios en los combustibles diesel y bunker, utilizados anteriormente para accionar las secadoras mecánicas de café, promovió un retorno al uso de leña como recurso alternativo de menor precio. La encuesta encontró los precios de leña siguientes:

CUADRO N° 16

PRECIOS POR M^3 DE LEÑA PAGADOS POR LOS BENEFICIOS DE CAFE. COSECHA 1981-82, 1982-83 y 1983-84 (ESTIMADO) COSTA RICA

Tamaño de beneficio	Precio promedio m^3 (en colones)			SX	
	81-82	82-83	83-84	81-82	82-83
Pequeño	69,37	175,15	277,15	8,31	8,23
Mediano	65,57	160,25	255,81	3,11	3,01
Grande	71,21	130,78	240,35	5,61	3,54
TODOS	68,66	155,56	257,67	9,09	8,19

Se observa una aparente uniformidad en los precios por m^3 de leña comprados por los beneficios. En promedio los beneficios pagaron ₡68,66 por m^3 en la cosecha 1981-82. Datos más recientes obtenidos con vendedores de leña reportan incrementos en los precios. Así, el precio de venta de leña en 1982 fue de hasta ₡200.oo; luego en 1983 el m^3 se está vendiendo hasta en ₡300.oo. Las causas de

estos incrementos están asociados con los costos de transporte y como respuesta a una mayor demanda de leña.

Para dar una idea acerca del costo para secar una fanega de café, solo en términos de leña, se ponderan los m^3 de leña utilizado por el correspondiente precio y luego se relacionó con las fanegas beneficiadas.

CUADRO N° 17

COSTO PROMEDIO DEL CONSUMO DE LEÑA POR FANEGA BENEFICIADA, COSECHA 1981-82, 1982-83, 1983-84 (ESTIMADO) COSTA RICA

Tamaño de beneficio	Costo Promedio/Fanega (en colones)			SX	
	81-82	82-83	83-84	81-82	82-83
Pequeño	3,47	4,43	6,22	0,8	0,7
Mediano	3,99	5,21	7,47	0,5	0,5
Grande	4,14	6,05	8,32	0,8	0,7
TODOS	3,99	5,23	7,34	0,4	0,4

Se observa que para beneficiar una fanega a precios de 1982 se necesitan gastar alrededor de ¢4,00 en leña, a precios de 1983 alrededor de ¢5,00 y a precios de 1984 la suma de ¢7.00.

3.2.3 CONSIDERACIONES DE CALIDAD

Un factor sumamente importante en el procesamiento del café, es la calidad del mismo, ya que incide fuertemente en el precio y en la posibilidad de competencia en otros mercados. Por esta razón en el proceso de secado debe tenerse en cuenta este factor, al buscar alternativas de sustitución de combustibles y de mejoramiento de la productividad.

De los datos suministrados en los puntos anteriores, y de acuerdo con la información disponible de las experiencias e investigaciones nacionales y extranjeras (Brasil, Colombia, Venezuela), se puede señalar que para no afectar la calidad del grano, la temperatura máxima de secado es de 70°C y el tiempo mínimo de secado es de 15 horas.

Es importante señalar que la Oficina del Café, tiene un departamento de control de calidad con su respectiva sala de catación, además la calidad del café es comprobada por los compradores, a través de sus propios técnicos. De manera que el café es analizado seco, tostado y en la taza, para ver su color, su bouquet, su aroma; y si se detecta un mal secado (presencia de humo, decoloración, etc.) la producción de este beneficios en esa tanda de secado, es castigada en 2 a 3 dólares por quintal de café oro.

3.2.4 PLANIFICACION DE LOS BENEFICIOS

En la encuesta realizada se detectó, una ausencia casi total de planificación en el diseño, construcción y modificación de los beneficios de café. Esto se debe principalmente a dos razones:

i) La mayoría de los beneficios del país fueron construídos hace más de 20 años, los más viejos reconstruidos o modificados hace más de 10 años, y no es sino hasta 1976 que se le da importancia al planeamiento de esta agroindustria.

ii) Hasta 1977 el precio de los combustibles derivados del petróleo, no afec

taba mayormente el procesamiento del café, por lo que anteriormente a dicha fecha, no se le prestaba ninguna consideración al consumo de energía en el beneficiado.

En general la distribución, uso, dimensionamiento y selección del equipo, se hace con poco criterio técnico. El control del proceso de secado es, en términos tambi generales, deficiente y en la mayoría de los casos se hace basado en la experiencia de los trabajadores, y no con un control por medio de equipo (termómetros, medidore de humedad y de flujo), el cual es de bajo costo. El personal calificado es escasc y son muy pocos los beneficios que cuentan con profesionales en ingeniería.

IV ESTUDIOS DE CASO

Para realizar los estudios de caso se seleccionaron 6 beneficios, los cuales se consideran como una muestra representativa de diversas opciones energéticas, que se han adoptado en el país, diferentes tamaños de beneficio y distintas zonas productoras.

4.1 DATOS TECNICOS

A continuación se presenta una serie de consideraciones y datos técnicos, que son comunes a todos los casos analizados.

Se estimó una cantidad teórica de energía necesaria para el secado del café, con base a la información suministrada en la referencia (4), para compararla luego con la cantidad de energía real consumida; de ahí se deriva una relación porcentual, que da la eficiencia de los diversos sistemas de secado.

Esta cantidad teórica de energía, toma en cuenta la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del café, la energía necesaria para aumentar la temperatura del agua dentro del grano y la energía necesaria para evaporar el agua del café. Pero no considera la capacidad para absorver humedad del aire (muy raras veces el aire tiene una humedad relativa del 100%, por consiguiente el aire siempre tiene la capacidad de absorber humedad).

El consumo teórico de energía calórica, fue estimado de manera general, en 700 K cal/Kg café oro.

En el cuadro N° 18, se dan los resultados que fueron deducidos de los datos suministrados en la referencia (4), además de otros que fueron estimados en este estudio, con base a la información recopilada en los beneficios visitados. Se considera además, en dicho cuadro, que el proceso de secado es continuo (sin presecado), por lo cual el consumo de energía es menor que cuando se usa el presecado, ya que no se deja enfriar el café. En el apéndice N° 1,

se detalla más a fondo, como fueron calculados los datos que aparecen en los cuadros siguientes.

Vale la pena hacer notar en el cuadro N° 18, que los datos que en él aparecen, deben tomarse como una referencia, de lo que en términos generales, está ocurriendo en cuanto al consumo de energía se refiere, en el secado del café en los beneficios del país. Pues una de las mayores dificultades que existen para resolver los problemas tecnológicos que existen en esta área, tan importante para el país, es la poca investigación que se ha realizado; así por ejemplo el estudio realizado por BIENVILLE, es el único que ha hecho una medición completa de los diferentes parámetros de secado (temperatura del aire, flujo de aire de secado, tiempo de secado, consumo de energía), si bien este estudio deja mucho que desear, por la gran cantidad de interrogantes, que queda al respecto:

i) Cuál es la relación óptima de flujo de aire de secado por masa de café a secar, y como influye esta relación el el tiempo de secado, consumo de energía, etc.

ii) Cuál es la confiabilidad de la información obtenida, pues hay varios datos incongruentes, y muy pocos datos lo que impide un análisis estadístico, o la verificación de los resultados.

iii) Cuál es la temperatura óptima de secado, en cuanto a calidad del café obtenido, tiempo de secado mínimo y consumo de energía.

Como resultados importantes de comentar con respecto al cuadro N° 18, tenemos la gran pérdida de energía, que se tiene en el sistema típico de secado con el horno tradicional de leña, se podría ahorrar más de un 50% de la energía calorica y eléctrica consumida, si se usaran hornos más eficientes (o gasificadores) y abanicos de diseño moderno. Ademas de que un mejor control de los parámetos de secado (temperatura y flujo de aire), podría reducir enormemente el tiempo de secado, aumentando

CUADRO Nº 18

ENERGIA REQUERIDA EN DIVERSOS SISTEMAS DE SECADO DEL CAFE

(para 1 Kg. café oro)

Sistemas de secado	Energía calórica consumida (Kcal)		Energía eléctrica consumida por el abanico y flujo de aire				Tiempo de secado (horas)		Eficiencia del horno (%)	
	Abanico Tradicional	Abanico Moderno	Abanico Tradicional		Abanico Moderno		Abanico Tradicional	Abanico Moderno	Abanico Tradicional	Abanico Moderno
			Kcal	m^3/hr.	Kcal	m^3/hr.				
a) Con intercambiador de calor										
Horno tradicional (leña)	2.067	-	68	6.800	-	-	24,25	-	33,9	-
Horno modificado (leña)	1.048	961	67	5.069	28	10.200	24	22	66,8	72,8
b) Con fuego directo										
Usando diesel	850	-	69	8.781	-	-	24,1	-	82,4	-
Usando bunker	850	-	70	8.781	-	-	24	-	82,4	-
Usando biogas	-	850	-	-	25	10.059	-	20	-	82,4
Usando electricidad	795	-	-	60.000	-	-	16	-	88,1	-
Usando leña	900	-	70	8.500	-	-	24	-	77,8	-
Usando cascarilla de café	900	-	70	8.500	-	-	24	-	77,8	-

Estos datos fueron tomados o estimados con base en la información suministrada en la referencia 4- u otras fuentes.
El consumo teórico de energía calórica fue estimado en 700 Kcal/Kg. café oro.

en gran medida la productividad del beneficio (de 33% a 50%).

En el cuadro N° 20 se muestra claramente que la opción más económica para secar café, consiste en el uso de la leña y cascarilla como combustible, donde la leña aportaría aproximadamente un 10% de la energía necesaria, y el resto lo aportaría la cascarilla de café, con un costo de combustible por Kg de café oro beneficiado, de aproximadamente ¢0,02, lo cual es muchísimo más barato que cualquiera de las otras altenativas.

La leña producida por los cafetales "nuevos" (sin sombra y variedades pequeñas), puede abastecer sobradamente la energía calórica necesaria para el secado del café, pero tiene el problema de que la gran mayoría se usa en el consumo doméstico (lo que explica que aún con los cafetales "viejos" que producen 3 veces más leña, los beneficios obtienen la mayor parte de la leña que consumen, de los bosques).

CUADRO Nº 19

DATOS SOBRE LOS TIPOS DE ENERGIA USADOS EN EL BENEFICIADO DEL CAFE

unidad	poder calórico superior (Kcal)	precio (¢/unidad)
1 m^3 leña	1.040.387	250
1 Kg. leña	4.000	-
1 litro diesel	9.213	18,80
1 litro bunker	9.317	6,00
1 Kg. cascarilla de café	4.158	-
1 KWH	860	2,00
1 m^3 biogas	5.000	-

Estos datos fueron tomados de las referencias 4- y 7-; además de la información suministrada por el I.C.E. y RECOPE (los precios están actualizados hasta octubre, 1983)

CUADRO Nº 20

DATOS SOBRE ENERGIA CALORICA EN EL SECADO DEL CAFE

Sistema de secado (fuego directo usando:)	Consumo de energía (Kcal/Kg café oro)	Costo de la energía (¢/Kg café oro)	Cantidad de energía dada por el mismo café (Kcal/Kg café oro)
diesel	850	1,74	0
bunker	850	0,55	0
leña	900	0,21	4.971
electricidad	795	1,35	0
cascarilla	900	-	832
biogas (pulpa de café)	850	-	170

Estos datos fueron calculados en base a la información suministrada por los Cuadros Nº 18 y Nº 19, además de información obtenida de otras fuentes.

VARIACIONES DE EFICIENCIAS DE ABANICOS

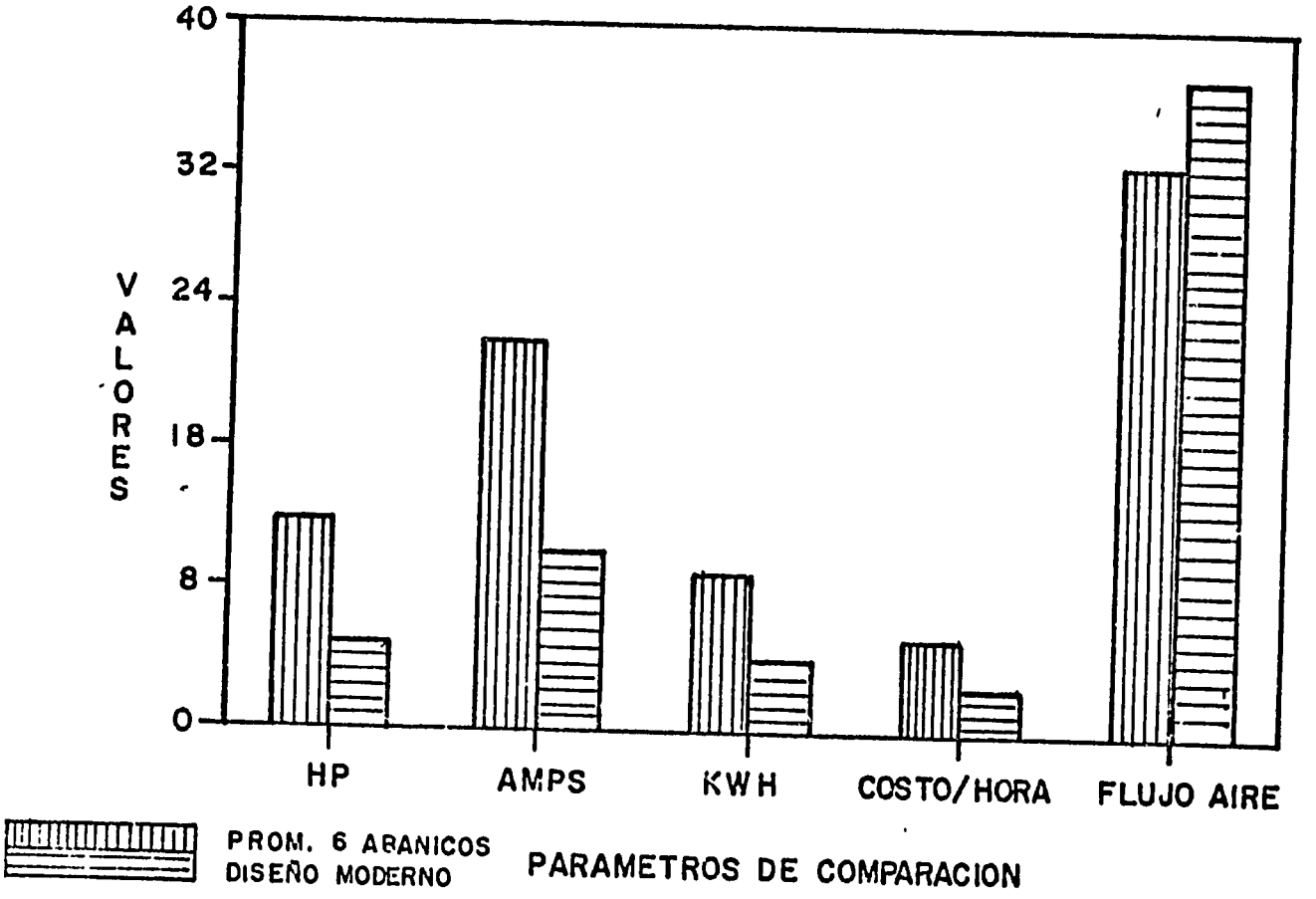


GRAFICO Nº 7

b) HORNO MODIFICADO DE LEÑA

Este corresponde a las modificaciones recomendadas por Bienville para corregir los defectos del horno tradicional de leña (Fig. Nº 4). Este horno efectivamente alcanza una eficiencia mucho más alta en el aprovechamiento de la energía (72,8%), pero presenta el problema de que la temperatura se eleva demasiado dentro del horno (600 °C), por lo cual se pandean los espejos del intercambiador y retornan a la versión original del horno. Las recomendaciones que podrían hacerse para solucionar este problema son: a) no recircular los gases calientes de la chimenea (400°C) al horno, y b) aumentar el área para la entrada del aire fresco en el intercambiador, ya que la que hizo Bienville es insuficiente. Estas modificaciones, redundarían en una menor eficiencia del sistema si se usa el intercambiador de calor, por ello lo más conveniente sería eliminarlo y trabajar a fuego directo el secado del café, con lo cual la eficiencia del sistema sería aún mayor (la estimación es un 77,8%).

4.2 ESTUDIO DE BENEFICIOS

4.2.1 COOPERATIVA AGRICOLA INDUSTRIAL DE ALAJUELA

(COOPEALAJUELA)

Este beneficio presenta la característica de haber sido estudiado por la empresa Bienville y de tener dos tipos de horno, el de leña tradicional y de leña modificado. La información fue siministrada por el Ing. Armando Echeverría, Gerente de la Cooperativa. El beneficio se clasificó como grande.

El beneficio tiene 4 presecadoras verticales y 20 secadoras. Además tiene una planta procesadora de broza para deshidratarla y venderla como alimento para ganado, que produce 50-60 quintales en 16 horas por día.

En la Fig. Nº 3 se observa la planta de conjunto, en las Figs. Nº 3a. y 3b se ven los detalles de las áreas de presecado y secado y en la Fig. Nº 3c se aprecia el esquema de la planta de broza. En este beneficio los hornos de secado usan leña y cascarilla, los de presecado solo leña y el horno de la secadora de broza usa aserrín y cascarilla.

a) HORNO TRADICIONAL DE LEÑA

Según se desprende del informe de Bienville, que realizó sus estudios en este beneficio, este sistema de secado (Fig. 2), apenas presenta una eficiencia del 33,9% en el aprovechamiento de la energía. Las principales causas de esta baja eficiencia son:

i) Una combustión incompleta debido a una insuficiente entrada de aire

ii). Una deficiente transferencia de calor en el intercambiador debido a un mal diseño de éste

iii) Un bajo flujo (6800 m^3/hr.) y alto consumo de energía (10 KWH) en el abanico que suministra el aire para el secado del café, debido a un mal diseño de este y de los ductos en el intercambiador de calor, que provocan una gran caída de presión en el aire al pasar por él. (4 plg. de agua)

BENEFICIO COOPEALAJUELA

PLANTA GENERAL

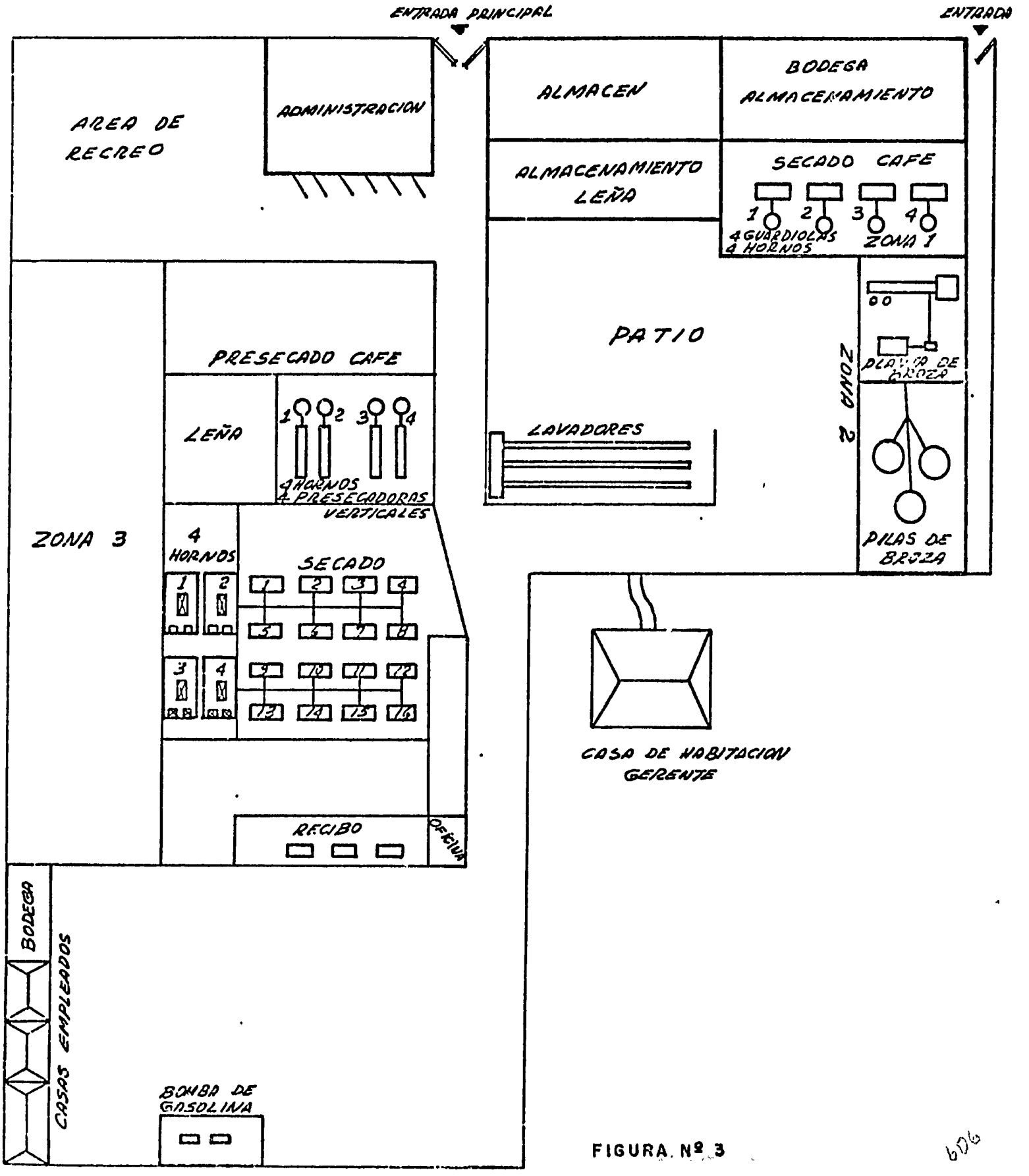


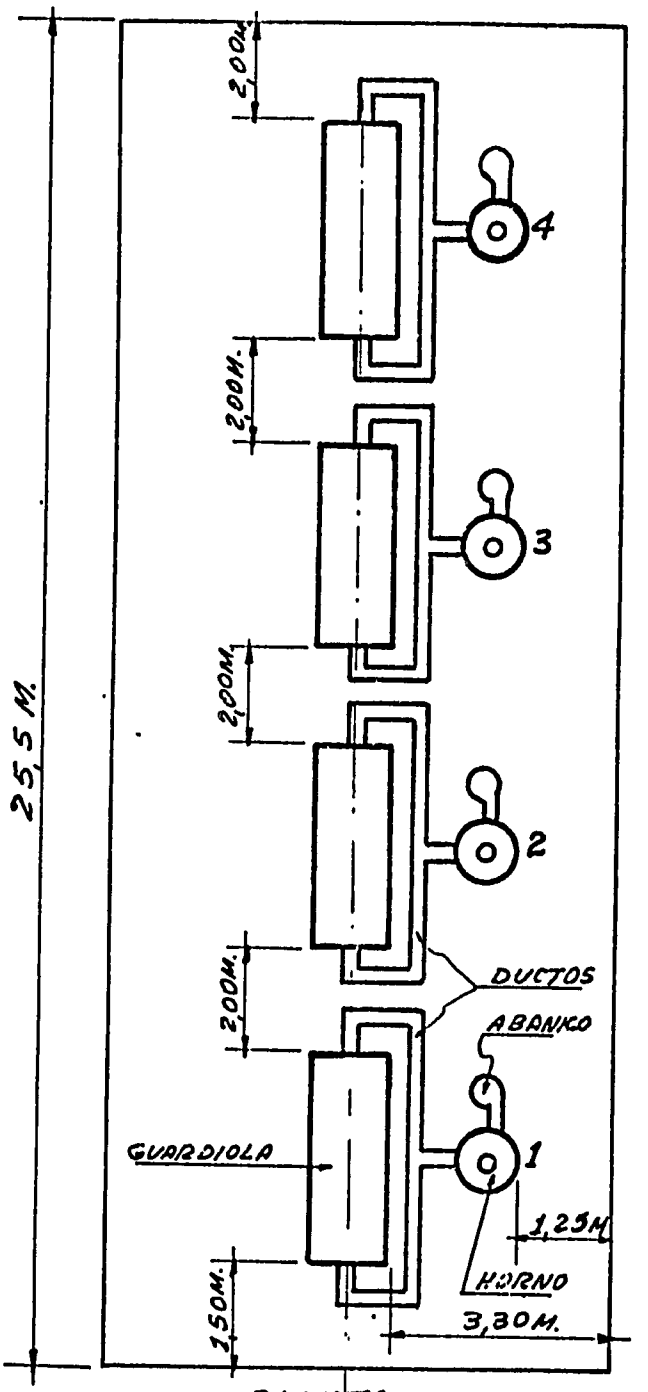
FIGURA Nº 3

606

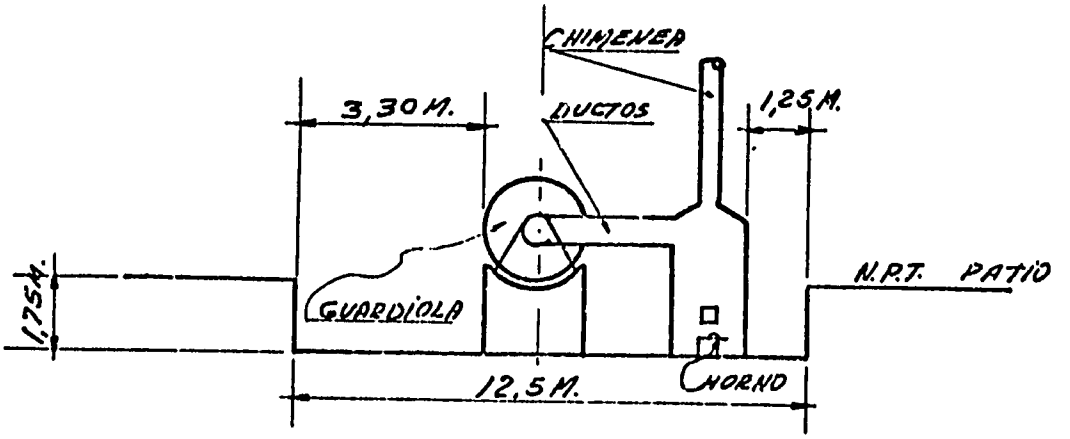
DETALLES

FIGURA Nº 3A

ZONA 1



PLANTA



SECCION TRANSVERSAL

ZONA 2

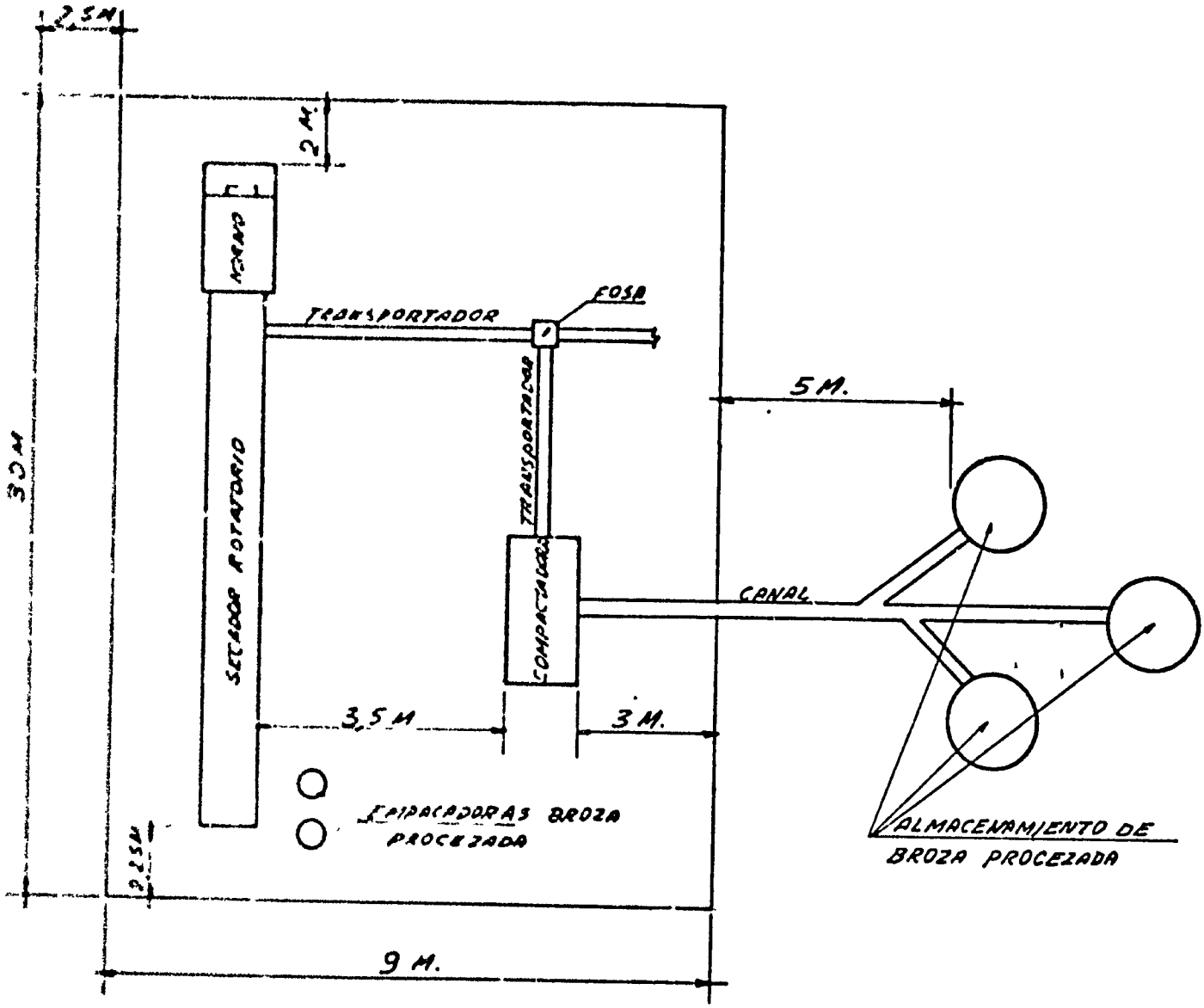
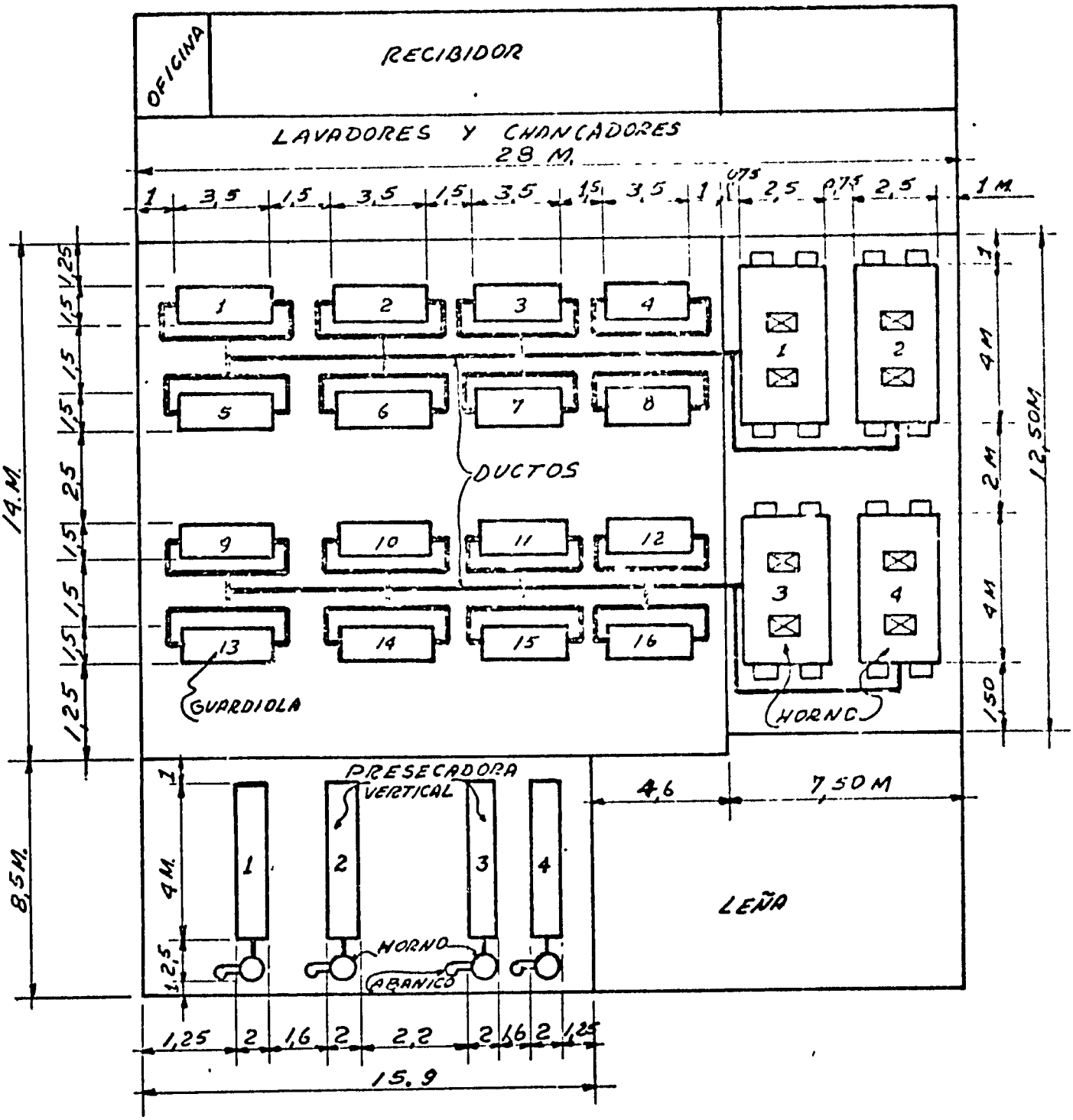
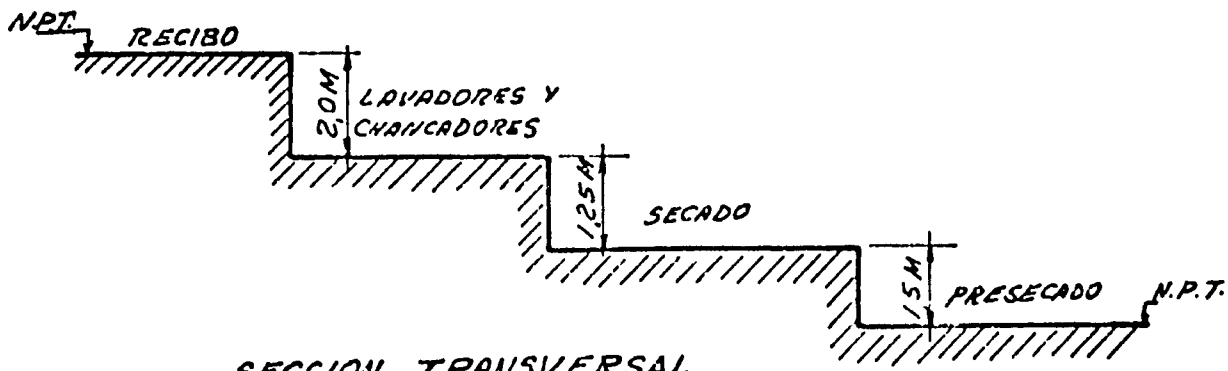


FIGURA Nº 3 B

FIGURA Nº 3C



PLANTA



SECCION TRANSVERSAL

HORNO DE LEÑA MODIFICADO

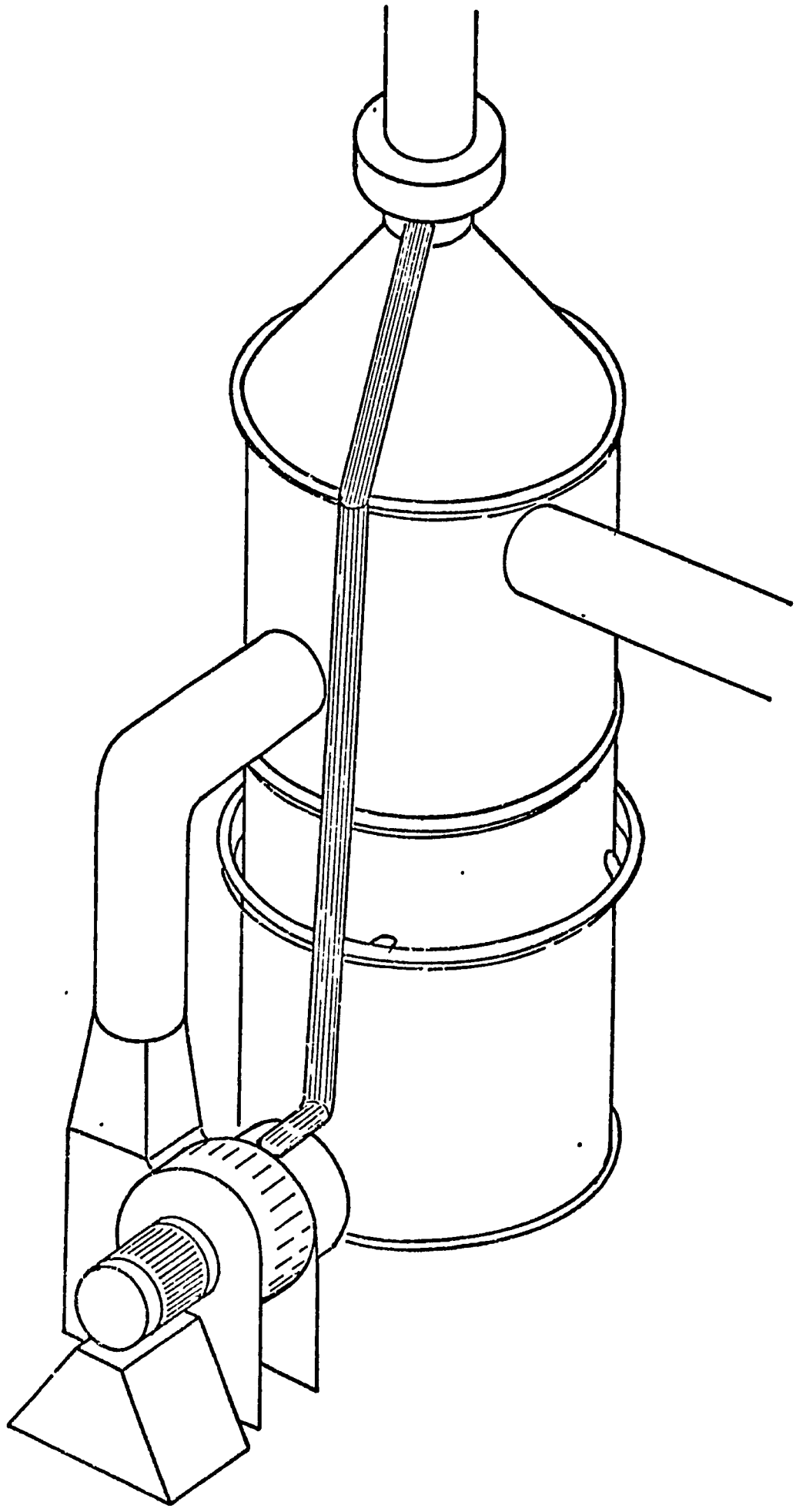


FIGURA Nº 4

ESQUEMA DEL SISTEMA CON HORNO MODIFICADO

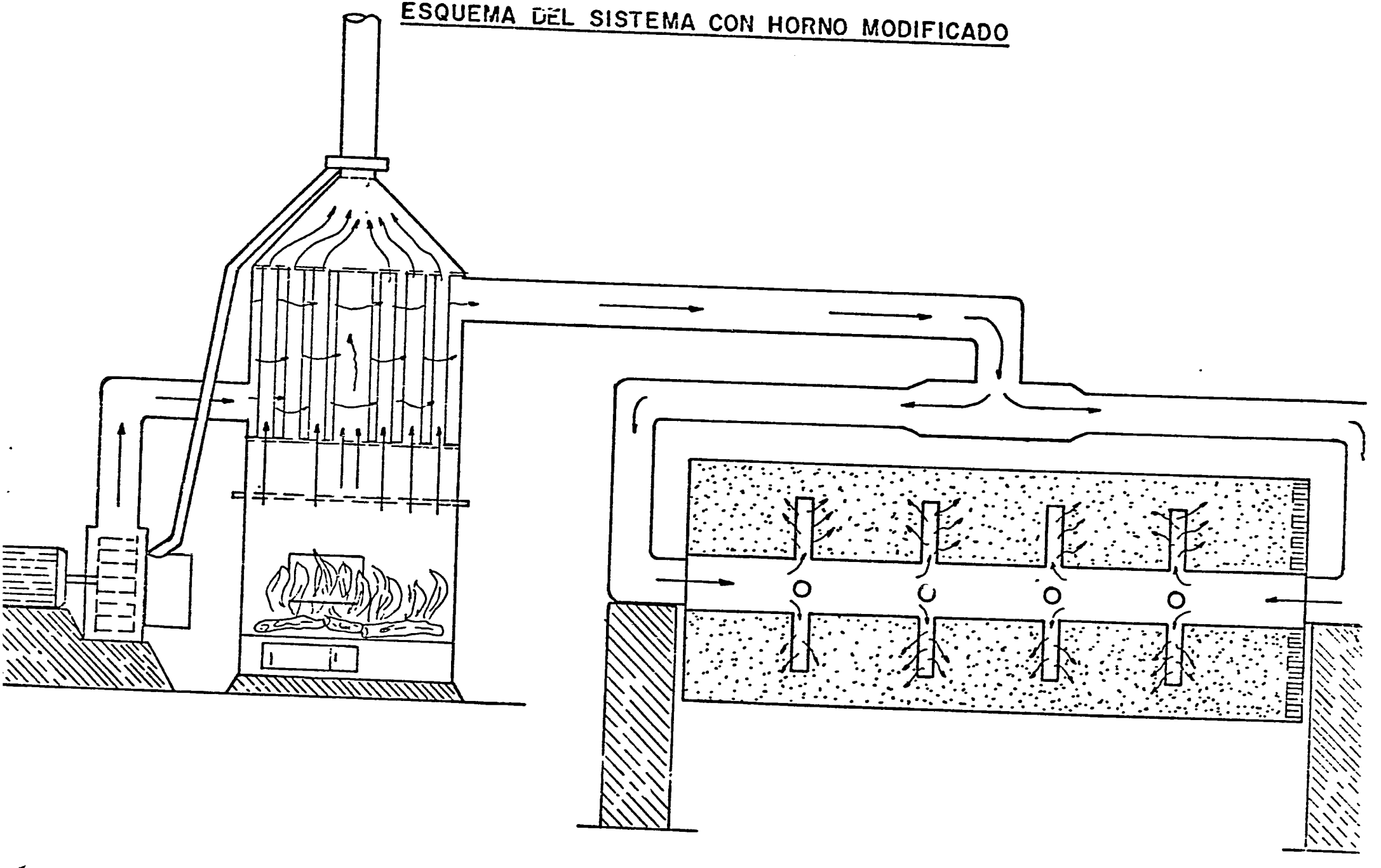
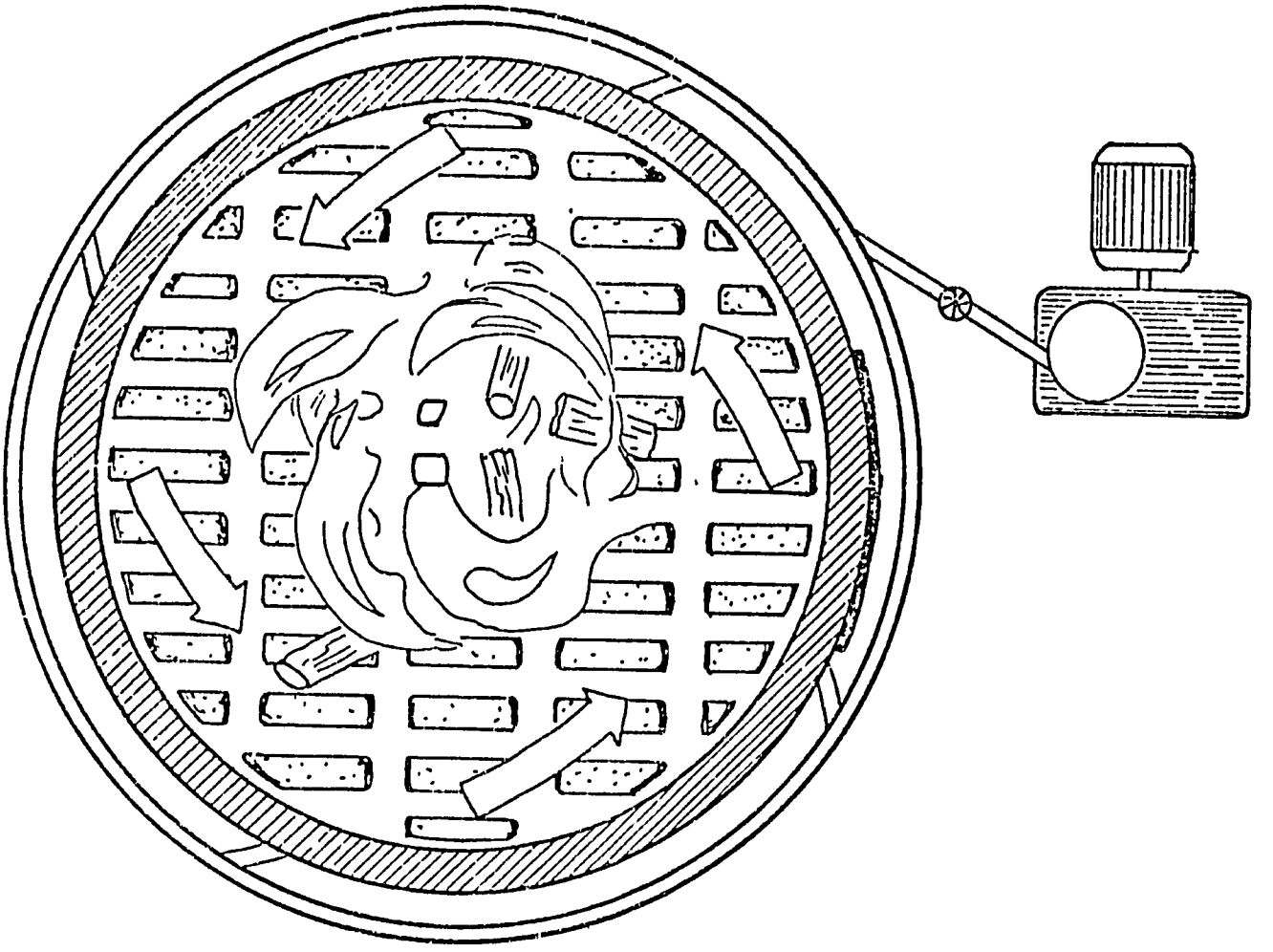
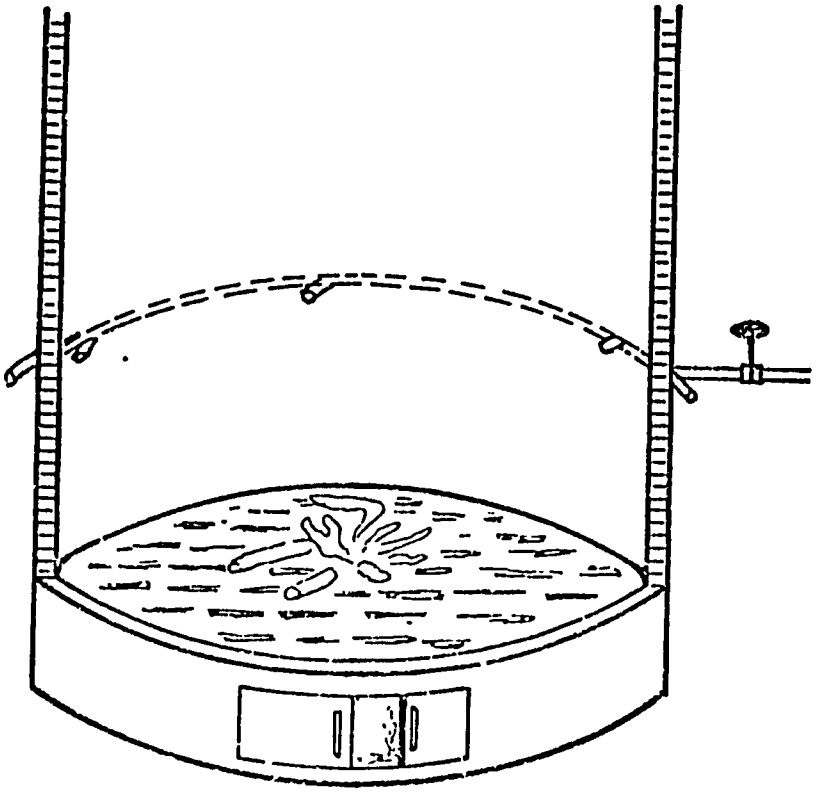


FIGURA Nº 4 B



VISTA SUPERIOR DE CAMARA DE COMBUSTION
Y NUEVA ALIMENTACION DE AIRE



CONTROL DE ENTRADA DE AIRE PARA COMBUSTION

4.2.2 BENEFICIADORA RIO TURALES

Este beneficio tiene la característica de que emplea fuego directo en el presecado, siendo el primero en hacerlo en el país (hace 5 años). La información fue suministrada por don Uriel González, administrador del beneficio. El beneficio clasifica como mediano.

El beneficio tiene 2 presecadoras, 1 vertical de 450 quintales y un silo de 90 quintales. Tiene 6 secadoras.

En la Fig. Nº 5 se observa la planta de conjunto, en la Fig. 5a se ven los detalles de las áreas de presecado y secado.

a) HORNO FUEGO DIRECTO

En el presecado, un solo horno a fuego directo está conectado a las dos presecadoras. El horno es uno convencional de leña, al cual le quitaron el intercambiador de calor, le modficaron la parrilla y le pusieron una trampa para las cenizas y las chispas (ver Fig. Nº 5b).

Este horno mantiene los problemas de una combustión deficiente, produciendo algo de humo, debido a una entrada insuficiente de aire en la combustión y de aire fresco a la salida del horno; consume leña y cascarilla.

En el secado, 4 hornos convencionales que consumen solo cascarilla alimentan a 6 guardiolas.

BENEFICIO RIO TURALES

I. PLANTA GENERAL

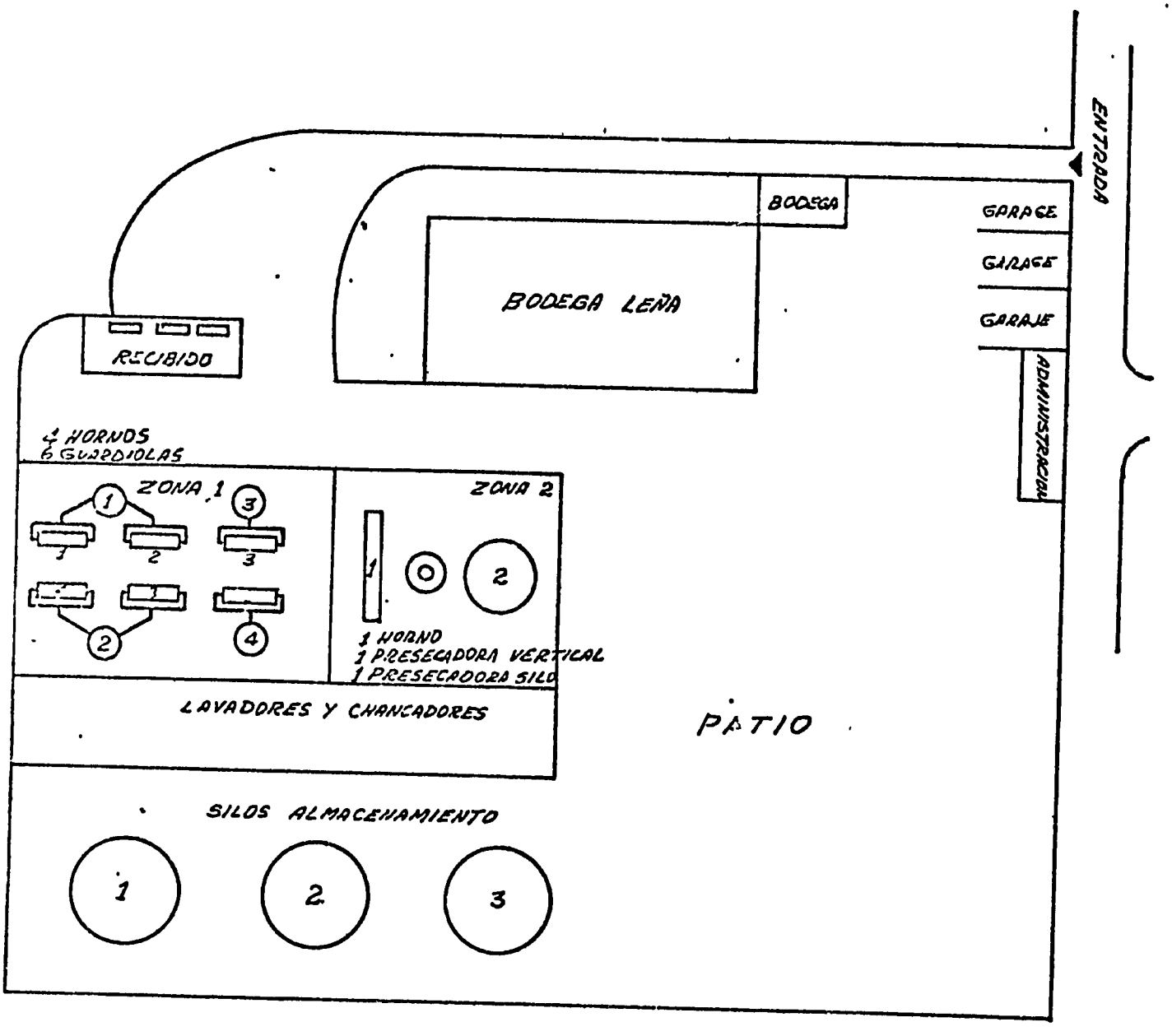
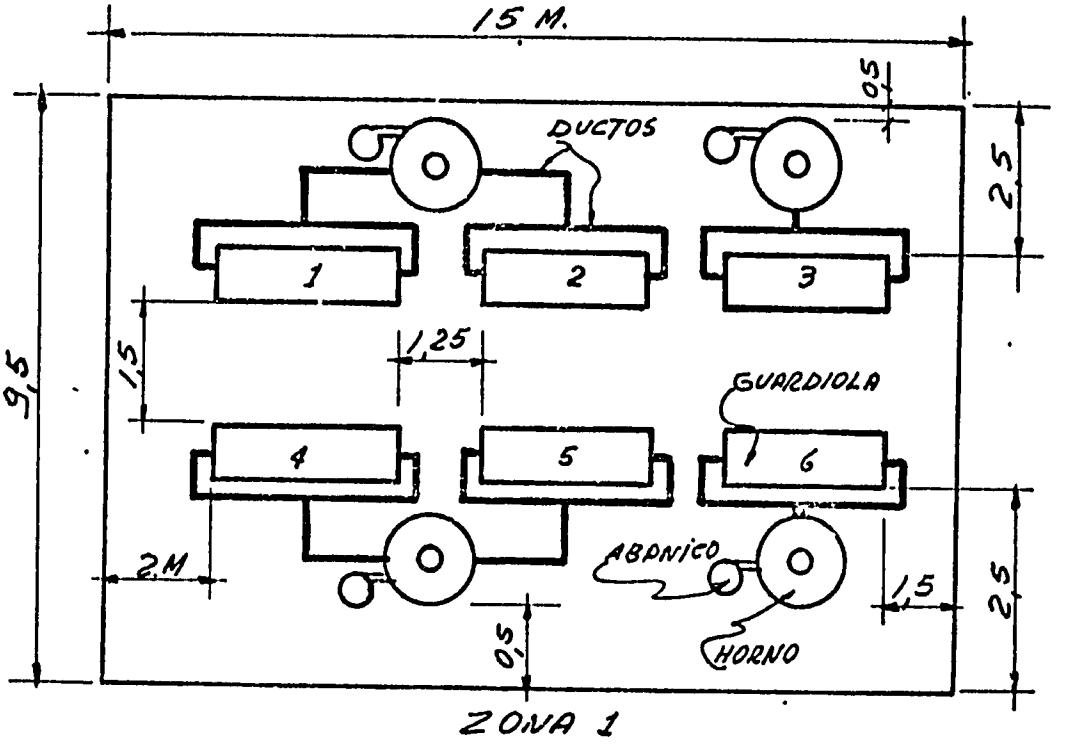


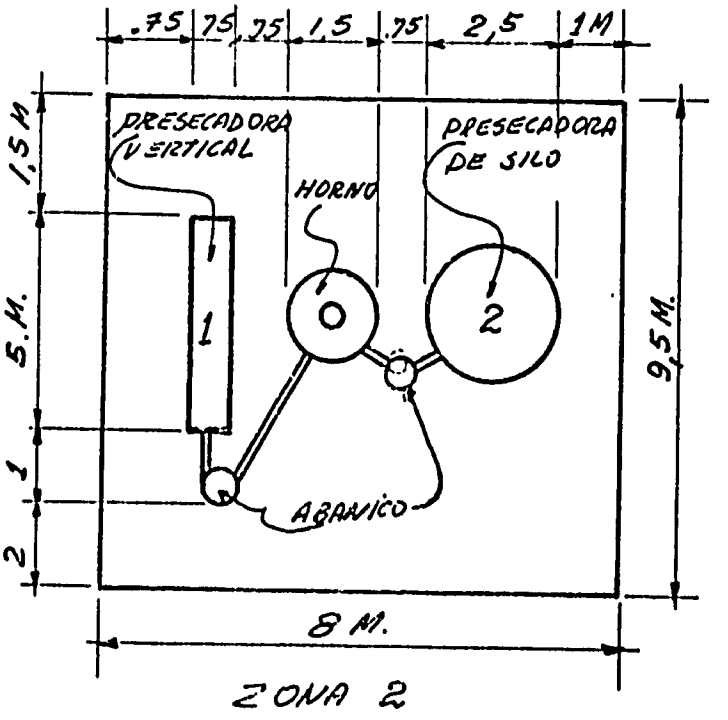
FIGURA Nº 5

BENEFICIO RIO TURALES

DETALLES.



ZONA 1

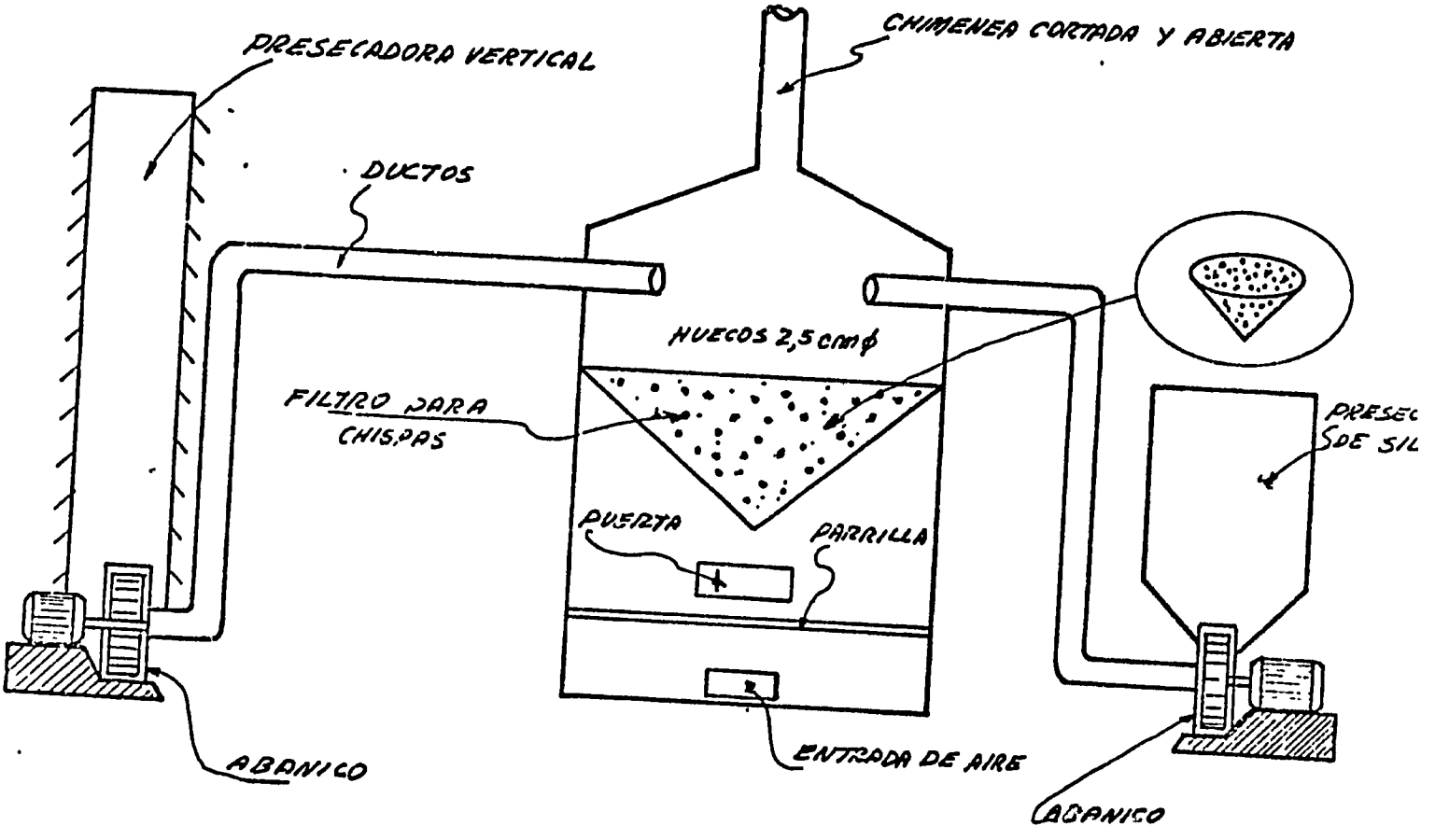


ZONA 2

FIGURA NR. 5A

615

HORNO


PRESECADORA VERTICAL
CHIMENEA CORTADA Y ABIERTA
DUCTOS
HUECOS 2,5 cm ϕ
FILTRO PARA CHISPAS
PRESEC
DE SIL
PUERTA
PARRILLA
ABANICO
ENTRADA DE AIRE
ABANICO

4.2.3 BENEFICIADORA EL ALAMO

Este beneficio presenta la característica de tener hornos de fuego directo tanto en el presecado como en el secado (desde hace 3 años). Además recircula el aire del secado para presecar. La información fue suministrada por el Sr. Benedicto García, encargado del beneficio. El beneficio se clasificó como mediano.

El beneficio tiene 6 presecadoras verticales de 250 quintales y 4 secadoras de 80 quintales, en la Fig. Nº 6 se observa la planta de conjunto, en la Fig. Nº6a se ven los detalles de las áreas de presecado y secado.

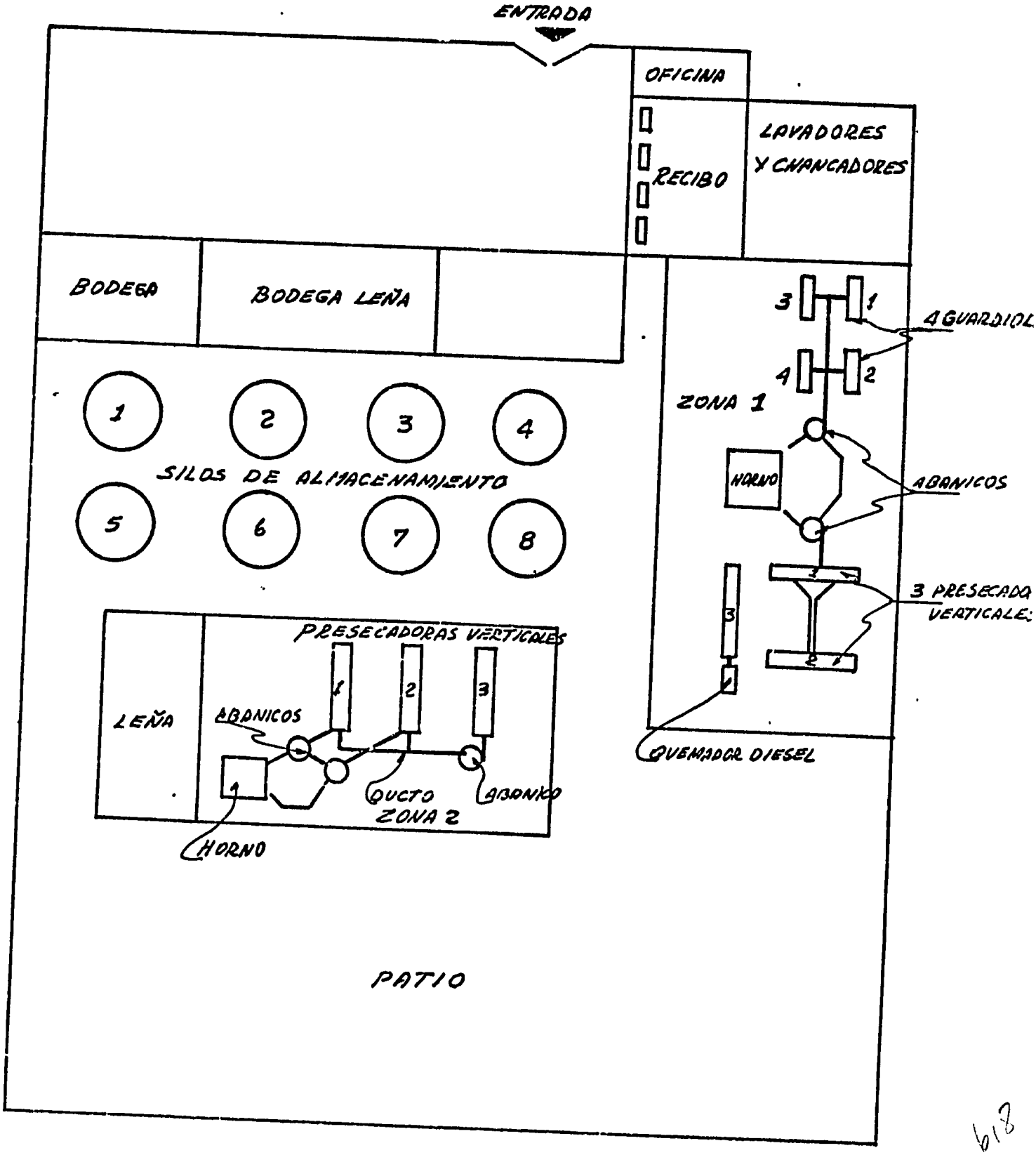
Un horno central de ladrillo, a fuego directo, que consume leña y cascarilla, alimenta a las 4 guardiolas y a 2 presecadoras. Otro horno también de fuego directo que consume leña y cascarilla alimenta a otras 3 verticales. Hay una presecadora que tiene todavía acoplado un quemador de diesel y que no opera normalmente sino que se le mantiene como reserva de seguridad.

a) HORNO CENTRAL DE FUEGO DIRECTO

Tiene este horno (Fig. 6b) una alimentación de aire (por medio de un ventilador centrífugo) a contraflujo, por debajo de la parrilla (underfire) por donde caen las cenizas de la leña. Por ser el área de la parrilla mucho mayor que la boca de alimentación de aire del ventilador centrífugo, no se observa un acarreo apreciable de cenizas. La combustión en el horno es muy buena, debido a la alimentación de aire y que la temperatura es bastante elevada dentro de él (aproximadamente 600°C). Hay una buena inyección de aire fresco a la salida del horno, con lo cual se obtiene la temperatura adecuada para el aire en el secado de café (60°C) además de que se terminan de consumir las partículas incandescentes o gases que salen del horno. Otros aspectos interesantes son la sencillez y bajo costo del horno comparada con los hornos tradicionales de leña, y de la recirculación del aire que sale de las secadoras verticales, para ser utilizado en el presecado. Un sistema similar, pero solo en presecado, es empleado en beneficiadora Santa Eduviges.

BENEFICIO EL ALAMO

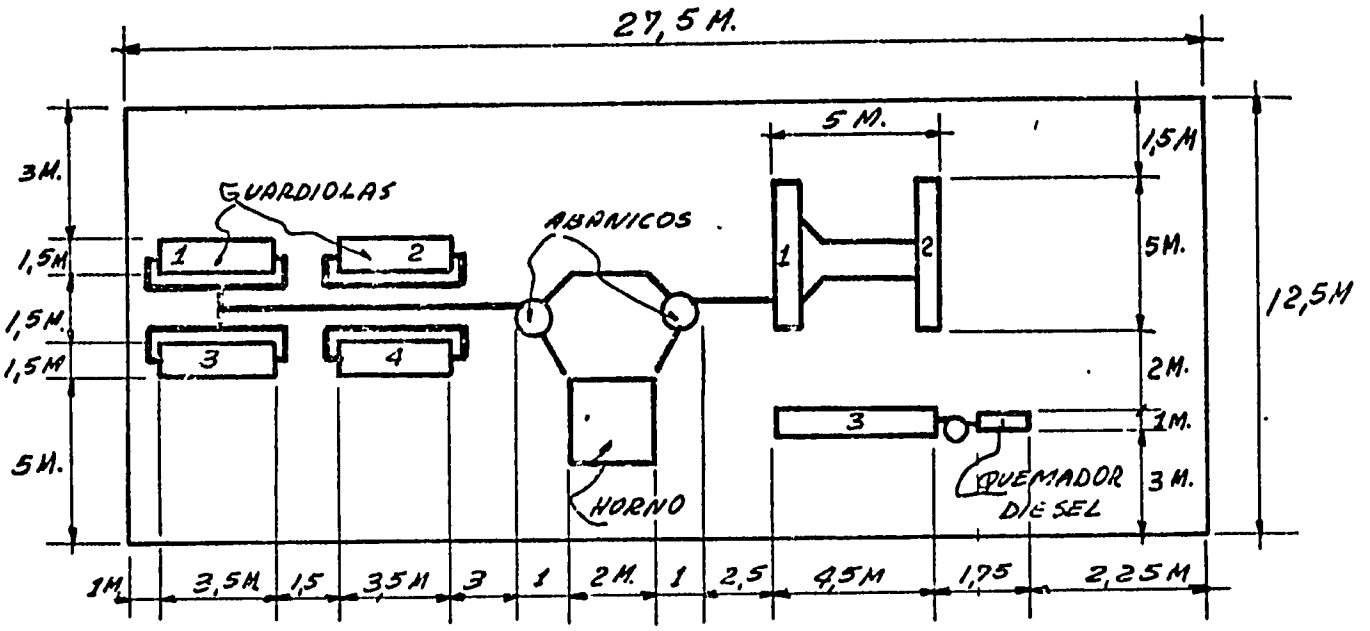
PLANTA GENERAL



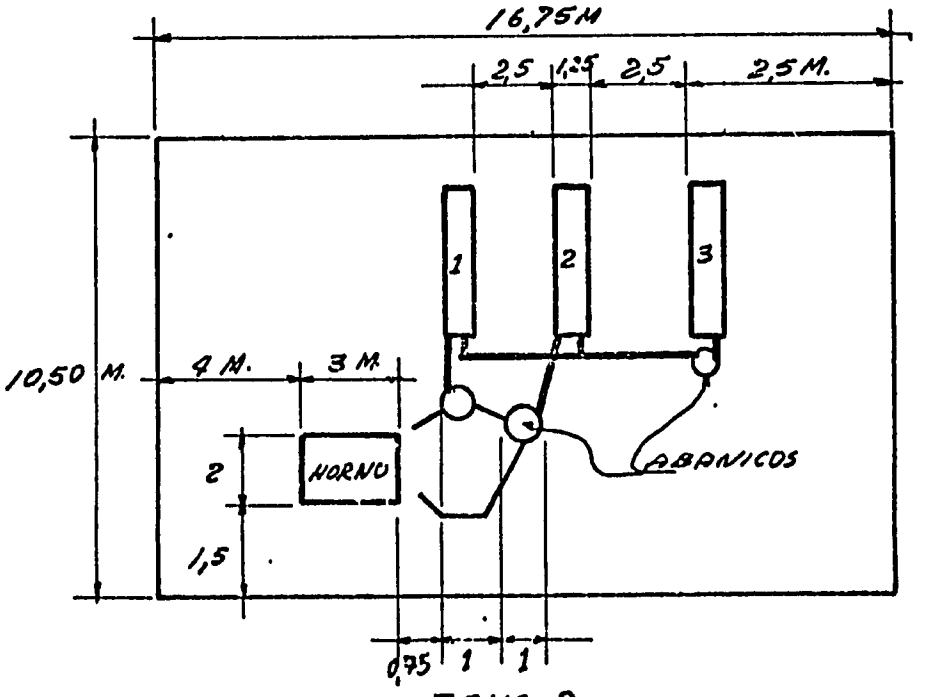
618

BENEFICIO EL ALAMO:

DETALLES:



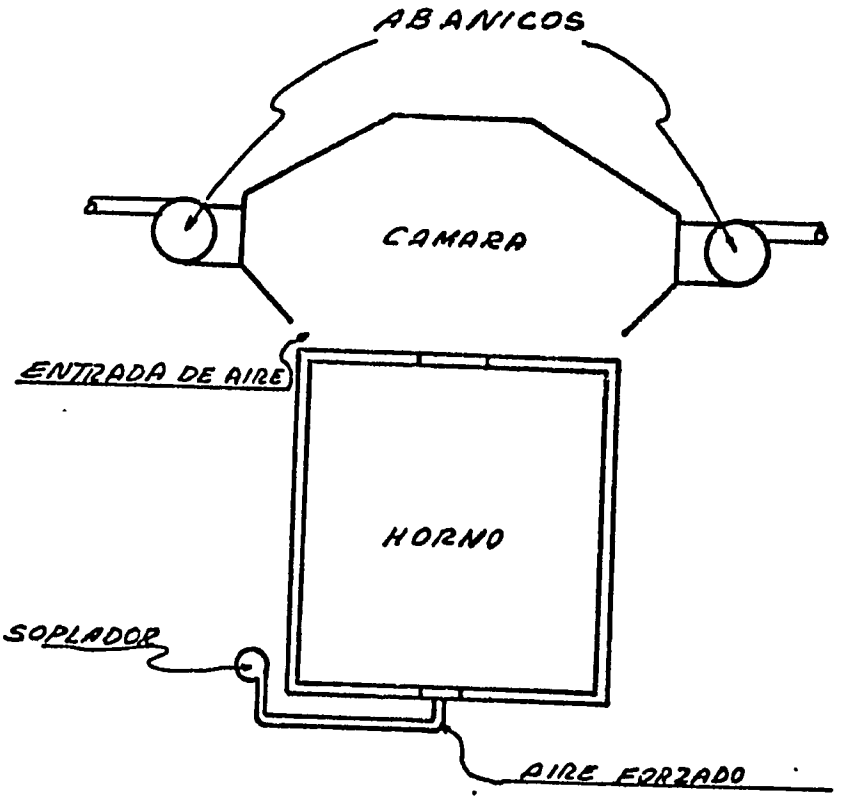
ZONA 1



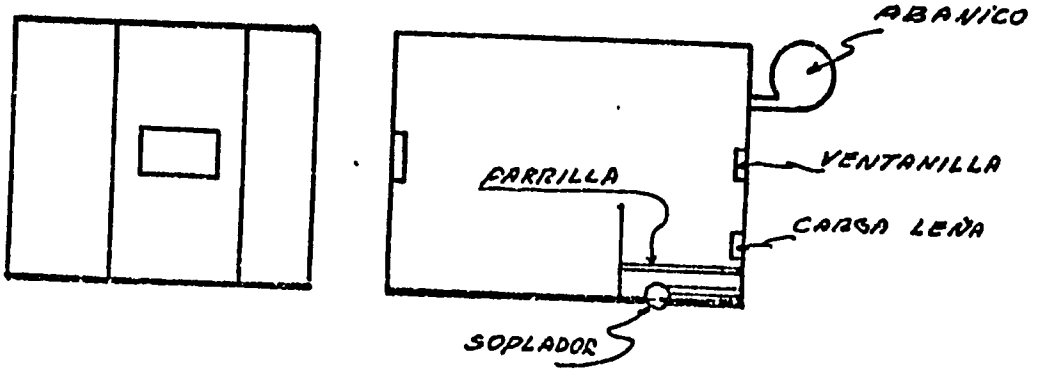
ZONA 2

619

HORNO



PLANTA



ELEVACION

620

FIGURA Nº 4.0

4.2.4 BENEFICIADORA CACHI

Este beneficio presenta la característica de quemar todavía bunker para presecar el café, además de haber instalado hace 2 años hornos individuales construidos para quemar leña y cascarilla a fuego directo. La información la suministró el Sr. Rafael Sancho, administrador del beneficio. El beneficio fue calificado como grande.

Tiene este beneficio 6 presecadoras, 3 verticales de 250 quintales y 3 silos de 150 quintales, y 22 secadoras.

En la Fig. Nº 7 se observa la planta en conjunto.

a) QUEMADORES DE BUNKER

Como se mencionó anteriormente las presecadoras verticales y de silo funcionan con quemadores de bunker, que consumen 5 galones por hora por presecadora, lo que nos da un consumo de 79 365 galones de bunker por cosecha. El bunker vino a sustituir el diesel en los quemadores en busca de un ahorro por la diferencia de precios entre ambos combustibles, sin embargo, la cantidad de humo que introduce el bunker en las presecadoras y que afecta la calidad del grano, ha hecho que los dueños hayan decidido volver al diesel aunque sea más caro.

En el secado se utilizan hornos construídos especialmente para quemar leña y cascarilla a fuego directo, aunque su diseño es fundamentalmente el mismo que el horno tradicional sin el intercambiador y con el abanico en la parte superior. El problema de exceso de humo y cenizas se debe a una mala combustión producto de un déficit de entrada de aire en la cámara y a la salida del horno.

BENEFICIADORA CACHI

PLANTA GENERAL

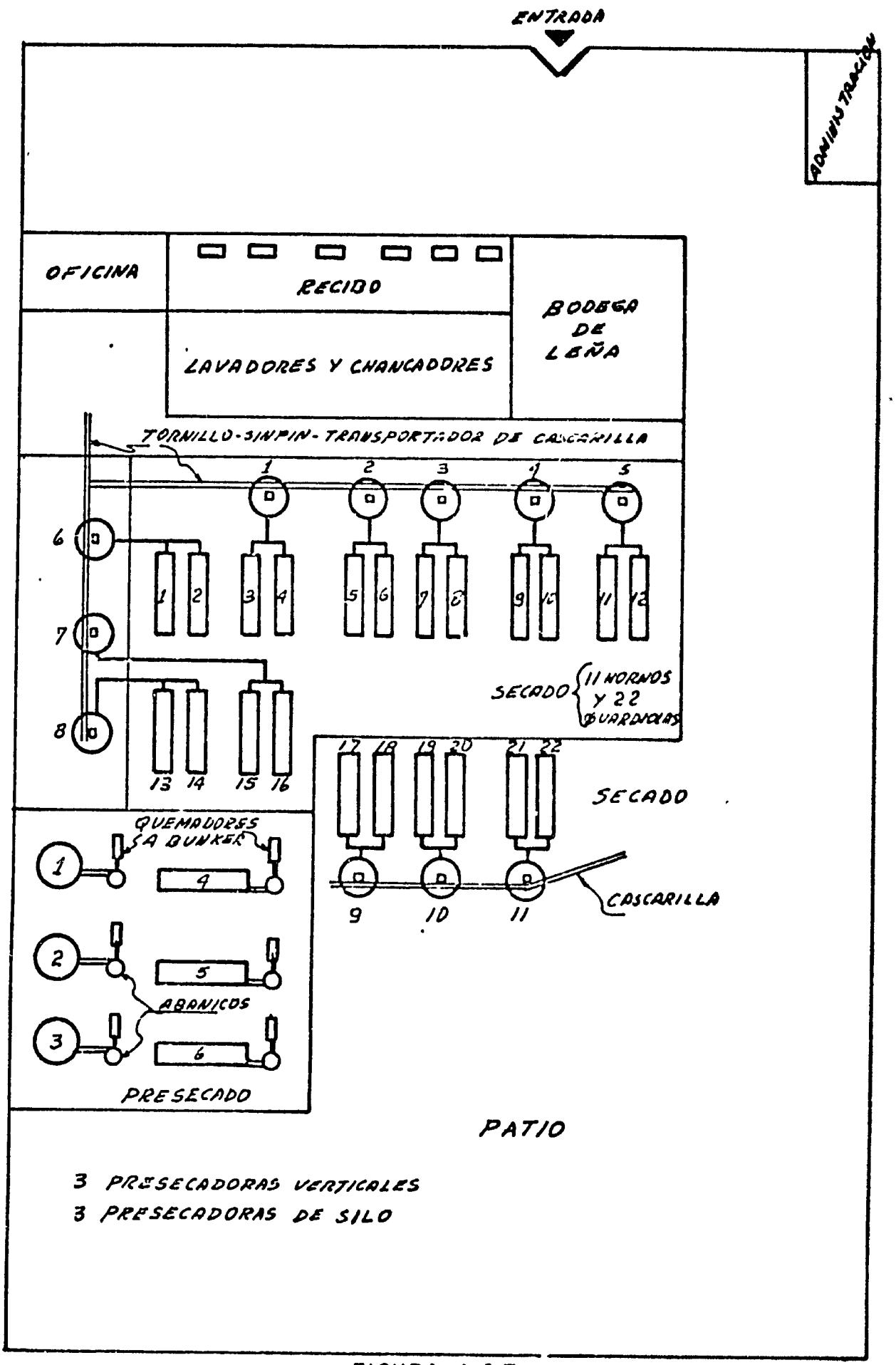


FIGURA Nº 7

HORNO

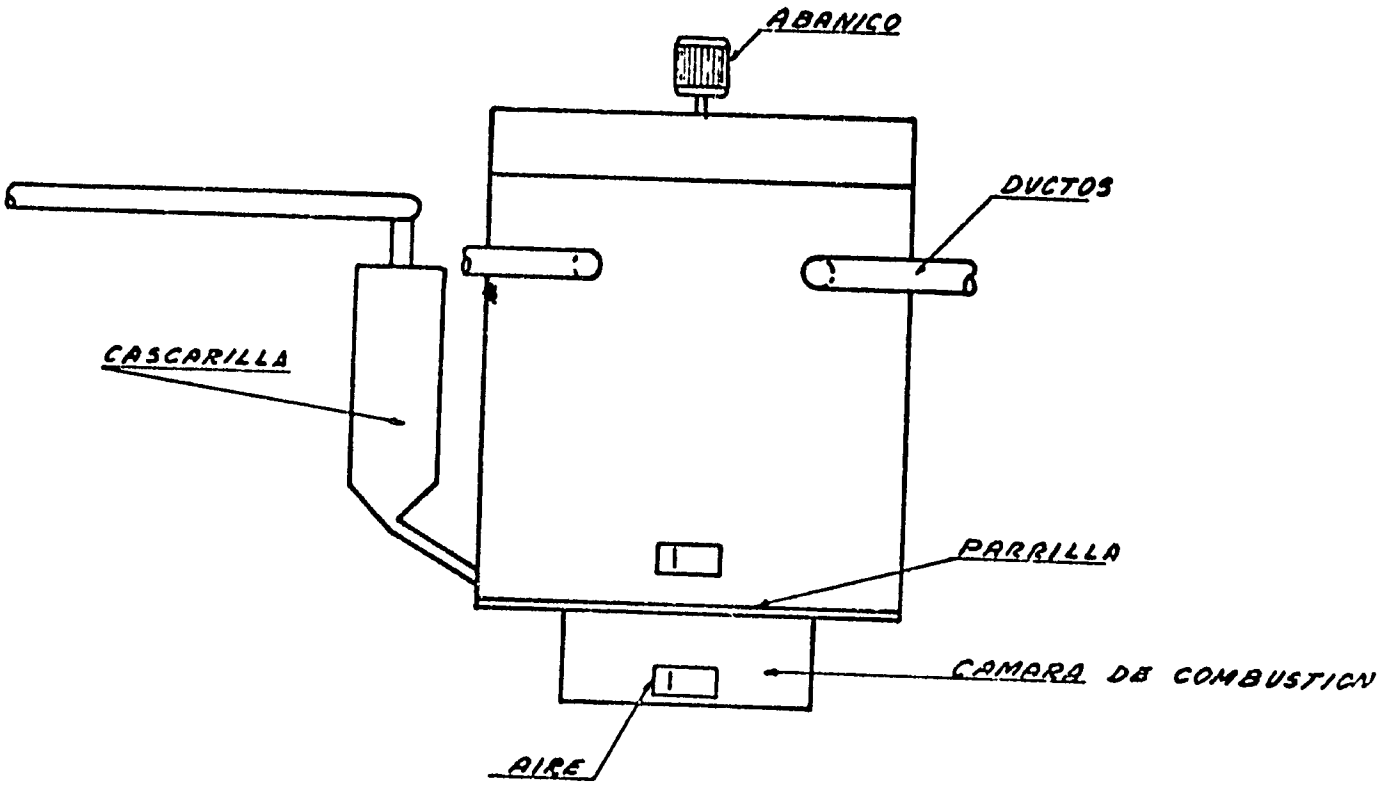


FIGURA Nº 7A

4.2.5 COOPERATIVA DE PRODUCTORES DE CAFE DE CARTAGO

(COOPECARTAGO)

Este beneficio presenta la característica de tener un sistema central de vapor, esto es, una caldera a leña y cascarilla que suministra toda la energía para el presecado y secado del café por medio de vapor que es distribuido por una red de ductos para ese efecto. La información fue suministrada por don Jesús Calderón, gerente de la cooperativa. El beneficio se clasifica como grande.

El beneficio tiene 3 presecadoras verticales. En la Fig. Nº 8 se observa la planta de conjunto.

a) SISTEMA CENTRAL CON CALDERA

Este beneficio instaló hace alrededor de un año (cosecha 1982-1983) una caldera de leña y cascarilla que suministraría la energía para todo el sistema de secado de café. Pero han tenido una serie de problemas técnicos para poner a trabajar la caldera en forma eficiente y continua, problema que se le atribuye a la operación misma de la caldera y a la capacidad de los abanicos, los cuales van a ser sustituidos por otros con el doble de capacidad.

Independientemente de estos problemas, hay algunos aspectos interesantes que valdría la pena señalar con respecto a este sistema de secado: el primero es que la eficiencia del sistema total de secado difícilmente será mayor de un 65%, debido a que en el proceso se efectúan dos pasos de transferencia de calor, de aire a vapor (en la caldera) y de vapor a aire caliente de secado (a la entrada de guardiolas y verticales), lo cual obviamente es bastante inferior a la eficiencia de un buen horno de leña trabajado a fuego directo (77,8%). Lo segundo es el alto costo del equipo. Por lo cual no hay manera de que a mediano plazo se pague la inversión que hay que realizar para instalarlo, pues además de que su precio es bastante alto, gasta más leña que los hornos de leña eficientes (un 10 % o más).

A todo esto hay que agregar los problemas de tener un único sistema central, que suministra todala energía necesariapara el proceso de secado, pues en caso de que falle, se paraliza todo el beneficiado, hasta que sea reparado.

Debe señalarse que este sistema de caldera que utiliza tucos de leña y cascarilla, ha sido instalado también en CoopePalmares y esta siendo instalado en CoopeSuiza. Además debe mencionarse que CoopeJorco, CoopeNaranjo y CoopeLibertad tienen sistemas similares, en los que la única diferencia, es que cortan la madera en pedazos pequeños para introducirlos a la caldera.

BENEFICIO COOPECARTAGO

PLANTA GENERAL

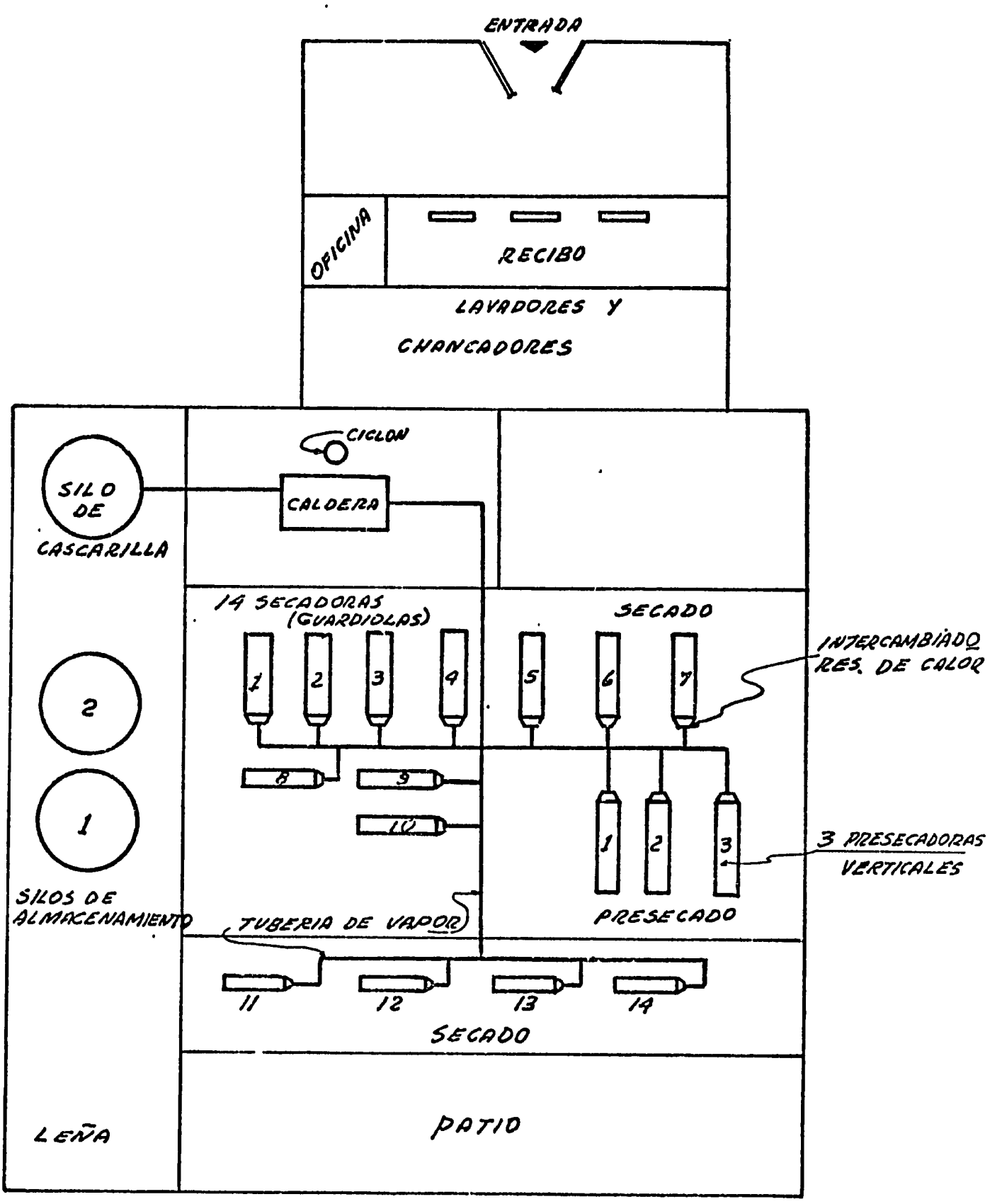


FIGURA Nº 8

4.2.6 BENEFICIO SANTA BARBARA (LA MESETA)

Este beneficio presenta las características de tener instalaciones para secar el café con electricidad (resistencias eléctricas) y de haber sido bien planificado y diseñado, quizás por haberse construído hace relativamente poco tiempo (6 años) la información fue suministrada por los señores Alvaro Campos (Sta. Bárbara) y Francisco Esquivel (San Pablo). El beneficio se clasifica como grande.

El beneficio posee 2 presecadoras de 240 quintales y 3 secadoras de 120 quintales.

En la Fig. 9 se observa la planta en conjunto y se aprecian los detalles de presecado y secado.

a) RESISTENCIAS ELECTRICAS

En este beneficio la electricidad (resistencias) sustituyó al diesel (quemadores), sustitución que tiene como ventajas: i) control exacto de temperatura de secado, ii) calidad del grano se mantiene inalterable por ser una energía muy limpia, iii) el sistema ocupa poco espacio. Las desventajas son: i) desconectan las resistencias durante los picos (7 horas por día en total) para evitar ser sancionados económicamente con la demanda máxima en horas pico. Esto ocasiona que, si se está secando café en esos momentos, este empieza a "sudar" dentro de la unidad, por lo que al reanudarse el secado hay que evaporar esa humedad y el proceso se reinicia con un retraso importante de tiempo con respecto al momento que se detuvo, además de que se perjudica la calidad del mismo.

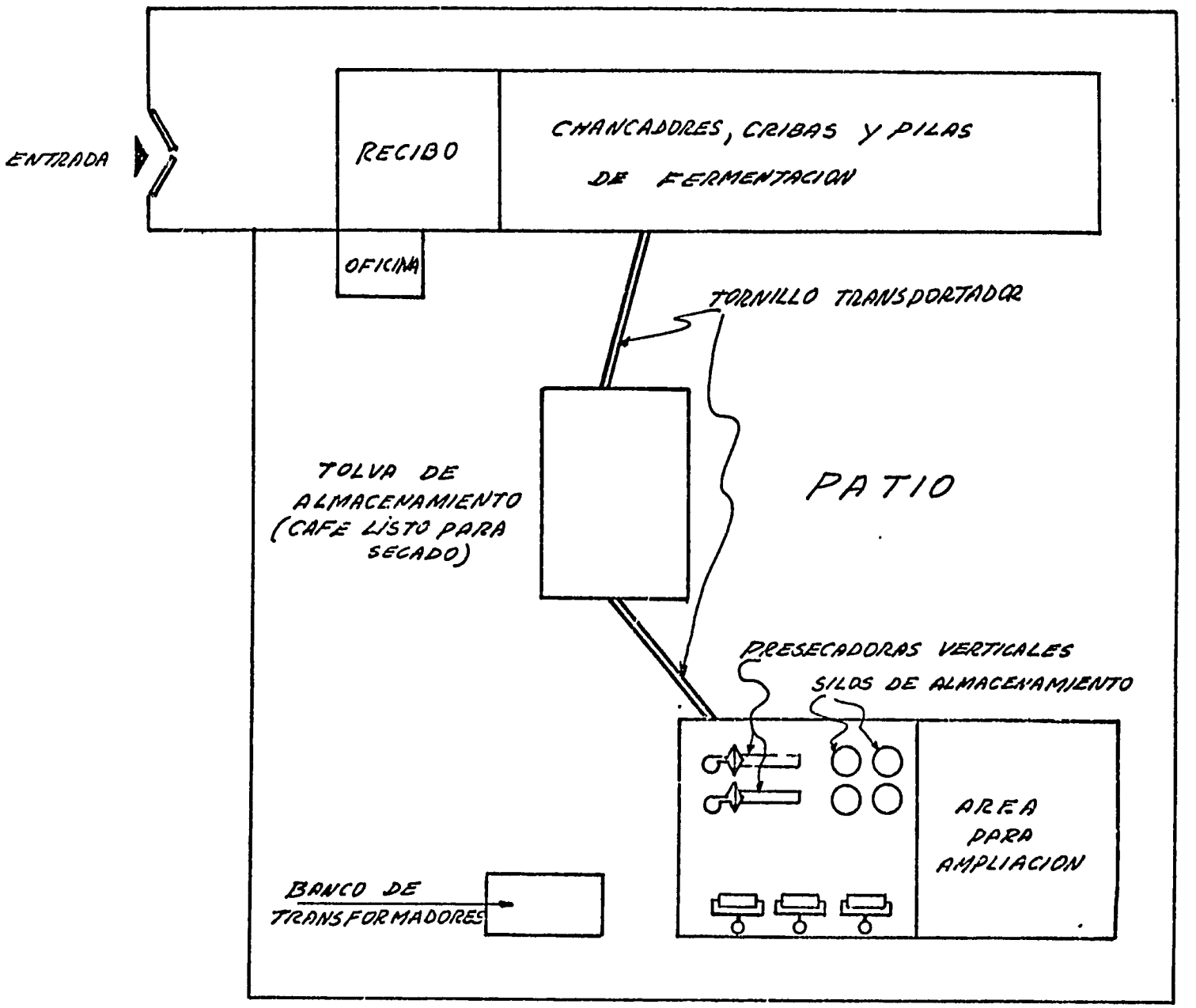
El sistema emplea flujos de aire elevados en las secadoras verticales y en las guardiolas, a las que hay que modificar para que permitan la correcta evacuación de todo ese aire húmedo. Estos flujos y el control de temperatura permiten lograr tiempos de secado en verticales de hasta 16 horas, con una muy buena calidad de café, y en guardiolas de hasta 23 horas.

Es sumamente importante señalar que tanto este beneficio, como San Pablo y San Isidro (todos ellos propiedad de cafetalera La Meseta) tienen sistemas eléctricos de secamiento, pero que, a excepción de San Isidro, no están funcionando por la restricción de parar el proceso en las horas pico (con lo que se daña la calidad del grano) o de lo contrario pagar las multas, que en el caso de San Isidro fueron del orden de un millón de colones por mes (cosecha 82-83) por pasarse 5 minutos del pico, aún cuando contaban con control del tiempo (timers) para conectar y desconectar la carga.

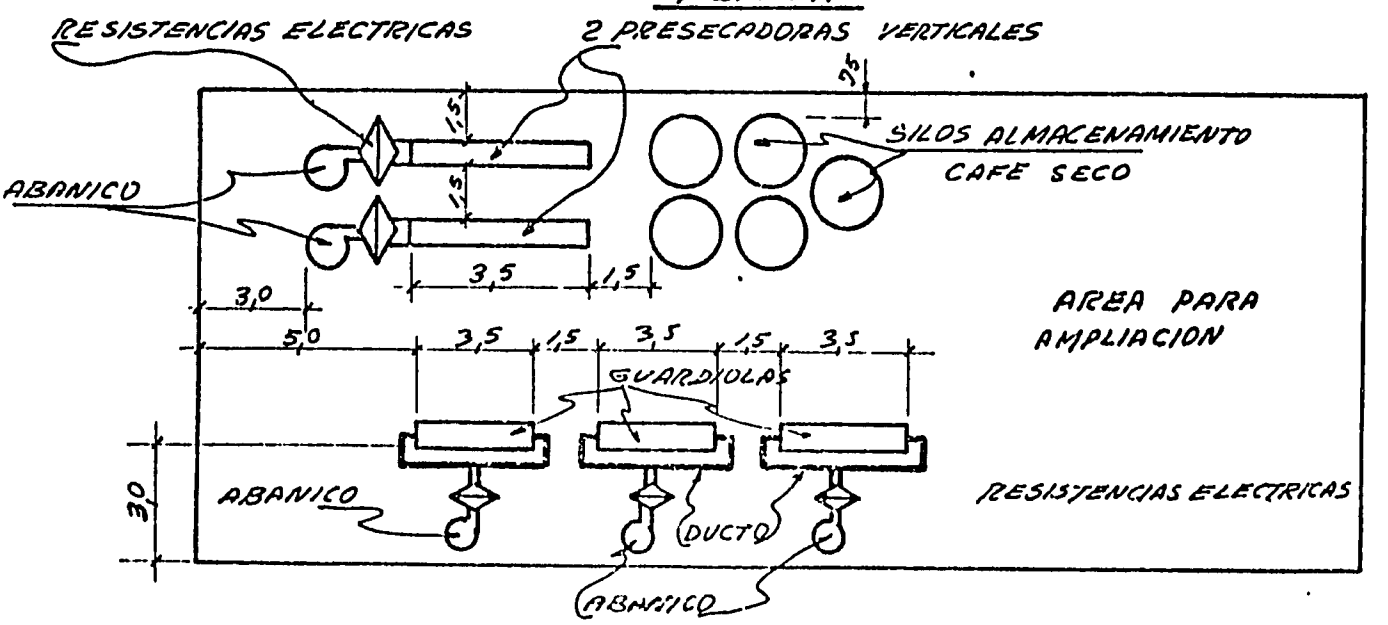
FIGURA N- 9

BENEFICIO SANTA BARBARA (LA MEGETA)

ESQUEMA GENERAL (PLANTA DE DISTRIBUCION)



PLANTA



DETALLES

CONCLUSIONES

a) Costa Rica ha experimentado en los últimos años un progreso notable en la productividad (gracias a un desarrollo tecnológico), en lo que respecta a la producción del café (ocupando un primer lugar mundial, en el rendimiento promedio nacional por hectárea de café fruta producido). Pero muestra un sensible atraso tecnológico (que repercute en la productividad) en la industrialización del café, que se manifiesta como resultado o causa en varias formas:

i) Falta de planificación y uso de equipos ineficientes en los beneficios de café

ii) Falta de un adecuado aprovechamiento de los desechos producidos por el café. Constituyendo estos en lugar de fuentes extras de ingreso, problemas de contaminación ambiental en muchos casos.

iii) Falta de personal técnico calificado en los beneficios, lo que inhibe el desarrollo tecnológico de este sector.

b) Dentro del beneficiado del café, la parte que corresponde al secado, presenta como problemas generales más relevantes los siguientes:

i) No se ha determinado una curva de secado óptimo del café, en la cual se defina con claridad los siguientes parámetros: flujo de masa de aire de secado por masa de café a secar, temperatura del aire de secado, tiempo de secado mínimo, porcentaje de humedad máximo del café oro, calidad del aire de secado (cuando se usa sistemas de fuego directo). Todos ellos buscando aumentar la productividad, calidad y rentabilidad del café, obtenido en el proceso de secado,

ii) Uso de sistemas y equipos de secado ineficientes, en los siguientes aspectos: desperdicio de energía calórica (sobre todo en los hornos tradicionales de leña) y eléctrica en los abanicos (debido a un diseño anticuado); no hay recirculación del aire de secado que sale del café que finaliza su proceso de secado, para secar el café que inicia el proceso;

descontinuidad en el proceso de secado (al cesar el pesacuadro), con la cual se deja enfriar el café y se pierde energía; no se puede aumentar a más de 15.000 m^3/hra el flujo de aire en las secadoras tradicionales conocidas como guardi las, por lo cual no se puede bajar el tiempo de secado total por debajo de 20 horas.

c) Los aspectos más interesantes hallados con miras a mejorar tanto económica como técnicamente el proceso de secado del café son:

i) La energía calórica necesaria para el secado del café, puede ser obtenida en su totalidad de la cascarilla (la mayor parte) y de la leña proveniente de los cafetales (quedando una buena cantidad para uso doméstico), siempre y cuando se use un sistema de secado muy eficiente, energéticamente.

ii) El sistema de secado más económico es el que utiliza la cascarilla y la leña como combustible a fuego directo.

iii) Para no tener problemas con la calidad de café en los sistemas a fuego directo que utilizan leña y cascarilla, no debe haber una presencia apreciable de cenizas o humo en el aire de secado, lo cual se logra teniendo un horno especialmente diseñado, para que la combustión sea completa y no halla acarreo de cenizas, además de un personal bien adiestrado para lograr una buena operación del horno; a la vez opción es usar gasificadores.

d) Si hacemos un balance de los costos actuales por fanega de café fruta beneficiada (46 Kg de café oro), obtendríamos como promedio nacional una situación similar a la estimada en el cuadro Nº II;

CUADRO Nº 21

COSTOS PROBABLES POR FANEGA DE CAFE FRUTA BENEFICIADA

EN LA COSECHA 83-84, MEJORANDO EL SISTEMA DE SECADO

	Sistema de secado	
	Actual	Mejorado
Costo/fanega (¢46/Kg. café oro)	250	130
Tiempo de secado total promedio (horas)	30	15
Costo energía consumida (¢/fanega)	30	5
Capacidad de beneficiar café fruta comparativamente (fanegas)	1	2
cantidad de energía calórica consumida (Kcal/fanega)	95.082	41.400
consumo de leña promedio (m^3/fanega)	0.07	0.004
cantidad que puede suministrar cafetal nuevo (m^3 leña/fanega)	0.22	0.22
cantidad de la energía calórica total suministrada por la leña (%)	76.6	10.0

Donde por sistema de secado mejorado, se entiende como aquel en el cual se utiliza la cascarilla del café como combustible principal, con un pequeño complemento de leña del cafetal, secado a fuego directo, con un horno muy eficiente energéticamente o gasificadores.

c) Desde el punto de vista de comercialización del grano de café, hay dos puntos que revisten vital importancia: la calidad y el contenido de humedad del café oro. El primero en cuanto a conseguir buenos precios de venta y poder vender los excedentes de café. El segundo porque si consideramos un precio base de $100 por quintal de café oro (equivalente a una fanega de café trucal), una disminución del 1% sobre el 12% de H_2O que se estima óptimo para el café oro, significaría una pérdida de $1 ($1.1) por fanega de café beneficiado, lo que significaría una gran cantidad de dinero. Si tomamos en cuenta que se vende todo café oro que esté con contenidos de humedad inferiores en 1, 2, 3 ó más % del punto óptimo, lo cual representa además de la pérdida de dinero por la disminución de peso, pérdidas de tiempo y energía (sobre todo si se considera que el café se seca 20 veces más lentamente al final del ciclo de secado que al inicio del mismo). Todo esto debido a que la determinación del contenido de humedad, se hace empíricamente con métodos medidores de humedad, en la mayoría de los casos.

RECOMENDACIONES

1.- Establecer programas de asistencia técnica, capacitación de personal, información tecnológica, etc., que ayuden a elevar el nivel tecnológico, la productividad y eficiencia energética de los beneficios

2.- Realizar la investigación experimental necesaria para establecer una curva de secado óptimo del café (flujo de masa de aire por masa de café, temperatura del aire de secado, tiempo mínimo de secado, contenido de humedad máximo del café oro y calidad del aire de secado).

3.- Impulsar el uso de sistemas de secado a fuego directo, usando principalmente cascarilla del café y algo de leña de los cafetales como combustible, de alta eficiencia energética y que proporcionen una adecuada calidad del aire de secado, ya sea utilizando hornos especialmente diseñados o gasificadores.

4.- Impulsar el uso del equipo necesario para hacer más eficientes, rentables y productivos los beneficios de café (medidores del contenido de humedad del grano, secadoras verticales, abanicos de diseño moderno, etc.)

APENDICE Nº 1

Memoria de Cálculo

Para efectuar los cálculos que aparecen en los cuadros, se usaron las siguientes relaciones:

1 Fanega café fruta equivale a 1 quintal café oro / 6 quintales café fruta

1 fanega de café = 2 doble hectolitros de café

1 manzana = 0,7 hectáreas

1 doble hectolitro café fruta rinde 23 Kg. café oro

1 cafetal viejo da 75 m^3/manzana de leña al cabo de 8 años

1 cafetal nuevo (especies pequeñas, sin sombra) se estima que da 25 m^3/manzana en ciclos de 5 años.

1 hectárea de café se estima que rinde actualmente como promedio nacional, 65 doble hectolitros de café fruta por año.

1 BTU = 0,252 Kcal

1 Kg. = 2,2 lbs.

1 m. = 3,28 pies

1 Kcal = 4186 joules

Usando estas relaciones y la información citada en las referencias, y los mismos cuadros, se procedió a realizar los cálculos, como se detalla a continuación:

a) En los cálculos del Cuadro N° 18 se tomó el dato que da BIENVILLE en cada una de las pruebas de secado realizadas sobre el peso total del agua extraída y se dividió por 1,2 para obtener los Kg. de café oro obtenidos en el proceso de secado, de la siguiente forma:

$$\text{agua extraída (kg.)} \times \frac{\text{1 kg café oro}}{\text{1,2 Kg. de agua extraída (secado)}} = \text{Kgs. totales de café oro.}$$

Se convirtió el dato de la cantidad de energía total consumida en el proceso a Kcal, para luego dividir entre los Kgs. totales de café oro y obtener: Kcal/ Kg. de café oro consumidas en los diferentes sistemas, los datos que no están disponibles se estimaron.

Para el cálculo de la energía calórica consumida usando resistencias eléctricas se tomarón los datos obtenidos en los beneficios de la Meseta y se calculó de la siguiente forma:

$$795 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg. café oro}} = \frac{630 \text{ Kw (carga constante)} \times 16 \text{ hr (tiempo de secado)} \times 860 \text{ kcal}}{24.000 \text{ lbs de café oro secado} \quad 1 \text{ Kwh}} \times \frac{2,2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}$$

b) Para calcular los datos del cuadro N° 20 se procedió de la siguiente manera: se tomó del Cuadro N° 18 el dato sobre el consumo de energía (de los sistemas de secado más eficientes), y del Cuadro N° 19, los datos sobre el poder calórico y costo de cada tipo de energía, para obtener el costo de la energía por cada Kg. de café oro secado, de la siguiente forma:

$$\text{Consumo de } \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg. de café oro}} \times \left(\text{poder calórico } \frac{\text{Kcal}}{\text{Unidad}}\right)^{-1} \times \text{precio} \frac{\text{₡}}{\text{Unidad}} =$$

$$\text{costo } \frac{\text{₡}}{\text{Kg. café oro}}$$

Para obtener la posible autosuficiencia energética del café, se obtuvo la cantidad probable de energía que podría obtenerse por diversos medios del mismo café, de la siguiente forma:

i) Para la leña (cafetal nuevo):

$$25 \frac{m^3 \text{ leña}}{\text{manzana}} \times \frac{1}{5 \text{ años}} \times \frac{1 \text{ manzana}}{0,7 \text{ hectáreas}} \left(\frac{65 \text{ doble hectolitros de café fruta}}{\text{hectárea por año}}\right)^{-1}$$

$$\times \left(\frac{23 \text{ kg. café oro}}{1 \text{ doble hectolitro café fruta}}\right)^{-1} \times \frac{1.040.387 \text{ Kcal}}{1 \text{ m}^3 \text{ leña}} = 4971 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg. café oro}}$$

ii) Para la cascarilla (de los Cuadros N° 4 y N° 19):

$$0{,}2 \frac{\text{Kg. cascarilla de café}}{\text{1 Kg. café oro}} \times \frac{\text{4.158 Kcal}}{\text{1 Kg. cascarilla de café}} = 832 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg café oro}}$$

iii) Para el biogas (el dato sobre Kcal/kg pulpa de café, fue tomado con base a la experiencia obtenida con un biodigestor construido por el ITCR para COOPELECO R.L.):

$$71 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg. pulpa de café}} \times 2{,}4 \frac{\text{Kg. pulpa de café}}{\text{1 kg café oro}} = 170 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg café oro}}$$

BIBLIOGRAFIA

1- Oficina del Café. Informes Anuales de Labores, 1980-1981-1982
San José, Costa Rica

2- Oficina del Café. Informe sobre la Actividad Cafetalera de Costa Rica
San José, Costa Rica, 1983

3- Ministerio de Agricultura y Ganadería (Contrato MAG-BIENVILLE). Investigación del Uso de Energía en el Secado del Café y de Nuevas Fuentes Energéticas.

San José, Costa Rica, 1981

4- Ministerio de Agricultura y Ganadería (Contrato MAG-BIENVILLE). Evaluación del Costo y Eficiencia en el Uso de Varias Clases de Combustibles para Secar Café.

San José, Costa Rica, 1982

5- Instituto Costarricense de Electricidad (Departamento de Estudios Especiales). Impacto en el Sistema Nacional Interconectado del Posible Secado Eléctrico del Café.

San José, Costa Rica, 1983

6- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Informe Preliminar sobre el Consumo de Leña en los beneficios de café en Costa Rica. Problemas y Alternativas Forestales.

Turrialba, Costa Rica, 1983

7- Instituto Tecnológico de Costa Rica. Citizens Energy Corporatión. Proyecto de Secado del Café en Costa Rica.

Cartago, Costa Rica, 1982

A N E X O 9

BREVE DESCRIPCION Y DISTRIBUCIONES DE PLANTA DE LAS INDUSTRIAS ENCUESTADAS

ATLAS ELECTRIC, S.A.

La Industria Atlas Electric, S.A., se dedica a la elaboración de artefactos como refrigeradoras, cocinas, etc., utilizando en su proceso el bunker fundamentalmente para tres quemadores que se encargan de alimentar tres hornos.

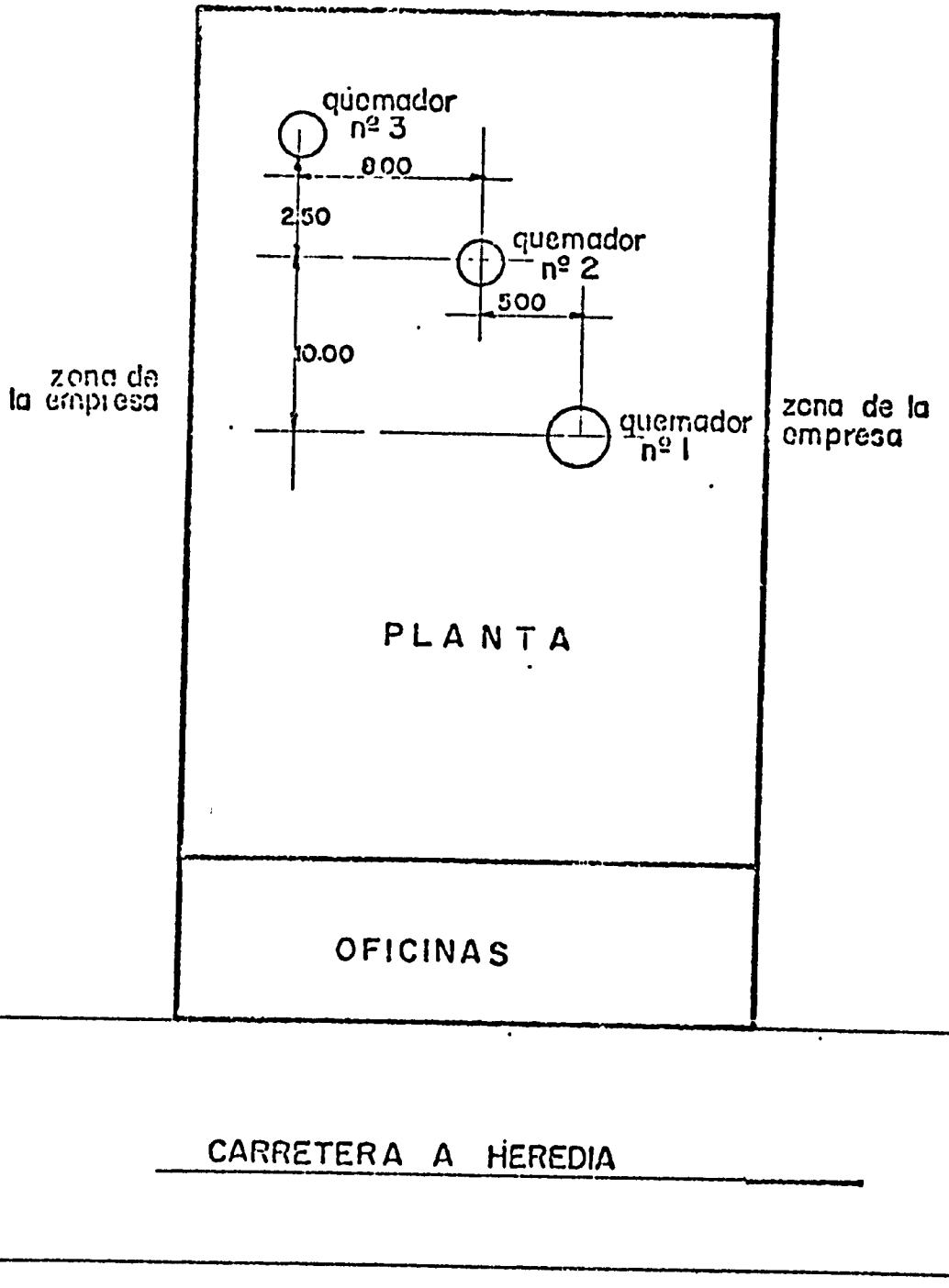
El primer quemador se utiliza en un horno de fundición de aluminio, alcanzándose una temperatura en el interior del horno de 1000°F, este horno trabaja 18 horas por día y 288 días al año. El aluminio fundido se pasa posteriormente a moldes para obtener piezas que sirven como accesorios.

El segundo quemador alimentado con bunker alimenta un intercambiador de calor, gases calientes-aceite; este aceite es conducido al proceso de fosfatizado, que es donde se limpian los artículos que se van a pintar, esto con el fin de que no quede en la superficie del artículo ni grasa ni herrumbre. La temperatura promedio de salida del aceite del intercambiador es de 150°C el proceso es químico.

El quemador No. 3 se utiliza en una cámara donde los gases producto de la combustión circulan por las paredes de la cámara o horno simulando un intercambiador de calor y secan las puertas o artículos pintados. La temperatura en el proceso de secado es de 150°C.

El consumo es normal durante el día y los tres quemadores consumen por mes 18 900 litros, aunque la condición de gasto de combustible es preocupante para la empresa no existe ambiente en el personal técnico y gerencial, para una sustitución de bunker por productos biomásicos.

ATLAS ELECTRICA S.A



641

CAFE DORADO

CURRIDABAT (CARRETERA A CARTAGO)

Teléfono 25 23 23

Javier Repeto, Gerente

La Industria Café Dorado, S.A, se dedica a procesar el café, para ello cuenta con 8 secadoras de café, que son alimentadas por 8 quemadores de bunker que mediante los gases de la combustión, actúan directamente en las secadoras que contienen el café y lo secan.

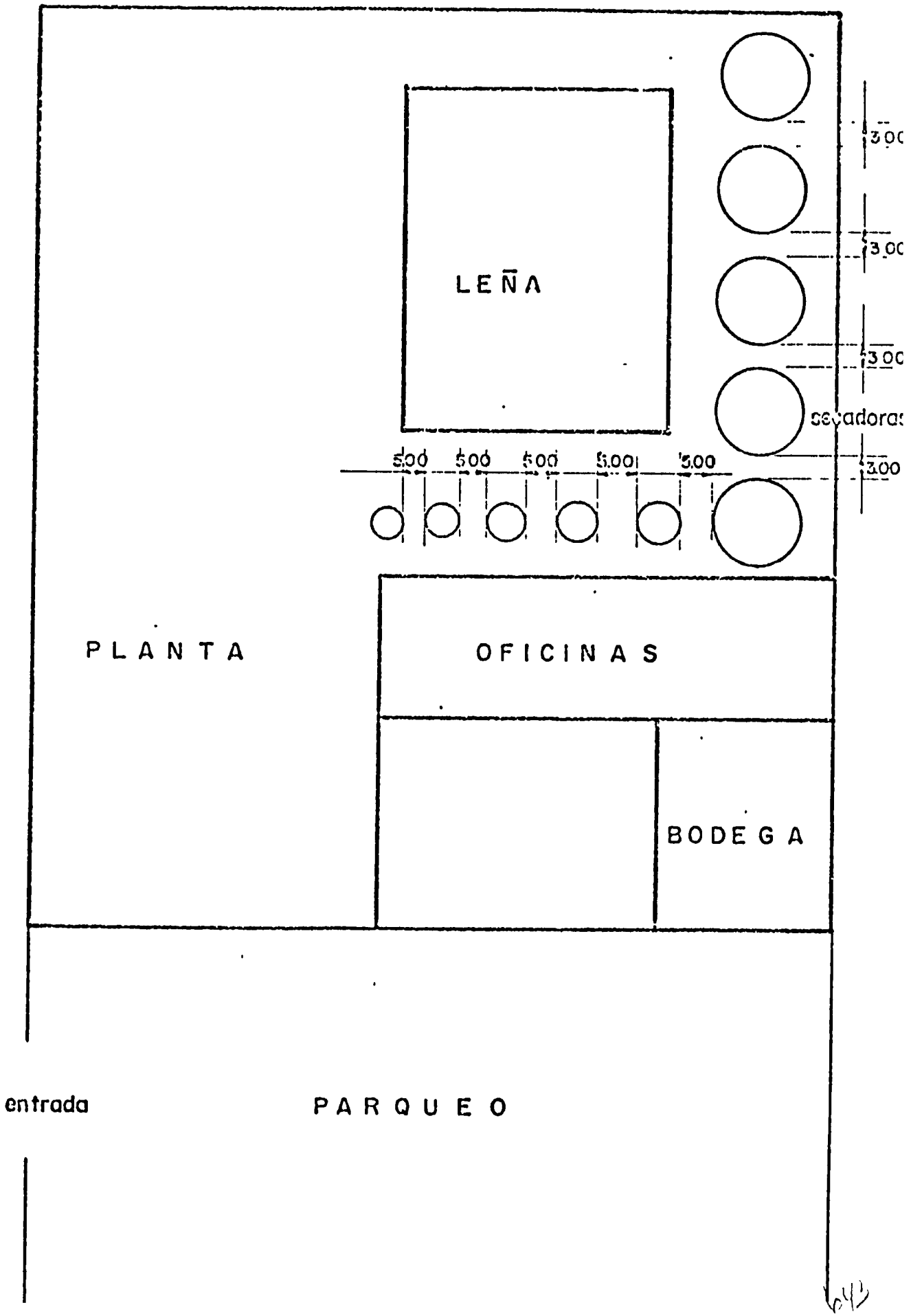
Los quemadores son distribuidos por la casa fabricante italiana "Soc Bruciatrari Industrial", el consumo por mes de los 8 quemadores es de 3 024 litros, se labora 13 horas por día y 239 días por año.

NOTA: Esta Industria va a ser trasladada a Calle Blancos.

Las posibilidades de sustitución, están sujetas a la disposición de las autoridades de la industria, porque técnicamente con respecto a las temperaturas, si es posible, y en torno a la ubicación de las secadoras depende de la nueva planta que se instalará en Calle Blancos.

6472

CAFE REY


LEÑA
secadoras
3.00
3.00
3.00
3.00
5.00
5.00
5.00
5.00
5.00
PLANTA
OFICINAS
BODEGA
entrada
PARQUEO

CAFE REY

La Industria Café Rey, procesa el café y lo distribuye para el proceso. Cuenta con 10 secadoras del grano. Las secadoras trabajan con bunker (sus quemadores) y fueron sustituidos por leña.

El trabajo se desarrolla en un ambiente muy rudimentario, muchas pérdidas de calor, mal aislado térmicamente, perjudicando todo el equipo cercano a las secadoras.

Las posibilidades de sustitución en esta empresa son considerables, máxime el interés de los dueños de la empresa.

CAMARA DE PESCADORES ARTESANALES

La cámara de pescadores artesanales es una empresa localizada en Puntarenas, que se dedica a la pesca y cuenta con más de 200 socios. Cada socio tiene su embarcación o embarcaciones y de acuerdo con la potencia de los motores de combustión interna, así son las horas que trabajan de esta forma en la tabla adjunta se puede apreciar la división en potencia, consumo y marcas de los motores.

Las posibilidades de sustitución en estas embarcaciones son apreciables, por el marcado interés de parte de los socios y estaría dirigido para los motores de potencia baja.

La grave crisis que están padeciendo estos pescadores debido al precio del diesel, rubro fundamental en el costo final del pescado, hace que se convierta en un campo de especial interés para las autoridades sectoras del sector energía.

Desde un punto de vista técnico, es posible hacer la sustitución y existe experiencia mundial en este sentido, lo único que se deberá profundicar es en la oferta.

CERAMICA INDUSTRIAL DE CENTROAMERICA

La industria cerámica se dedica a la elaboración de azulejo y productos de cerámica. Para tal fin cuenta con dos hornos y un quemador, en los hornos se secan los productos, que tienen un tiempo de secado en el horno mayor a 14 horas. Un horno es para azulejo y tiene una longitud aproximada de 50 metros, de una generación de calor de 1 a 1.5 millones de kcal/hr, el otro horno (menos longitud) es de cocción, de la misma generación de calor del anterior. El consumo de los dos hornos es de 150 000 litros de gas LPG al mes. Los hornos trabajan 24 horas al día y 302 días al año. La marcha de los dos simultáneamente, los hornos trabajan juntos.

El quemador tiene como función secar material para generación, el consumo es de 10 000 litros de Bunker al mes. Tiene el mismo horario de trabajo de los hornos.

Existe un precalentador que se alimenta con los gases de la combustión de los hornos de gas LPG. Cada horno tiene 10 quemadores pequeños.

Las posibilidades de sustitución en esta empresa son condicionadas por las autoridades de la misma, como prioritarias y fundamentales por el mismo costo actual, el interés es muy alto de parte de los dueños de la industria.

[illegible]

La Cementera [illegible] es una empresa que se dedica a la elaboración de la cemento, para ello [illegible] de [illegible] de la cementera, [illegible] y exportación de CO_2, [illegible] Europa en [illegible] entre 20 y 30 €/t.

Para desarrollar estas [illegible] la empresa [illegible] para una [illegible] de 450.000 [illegible] a una producción de [illegible] y consumiendo 6.000 [illegible] [illegible] a 12 horas y [illegible] al día y no se [illegible].

Las [illegible] de [illegible] de la [illegible] en la [illegible] de la cementera [illegible] para el [illegible] de [illegible] de la [illegible].

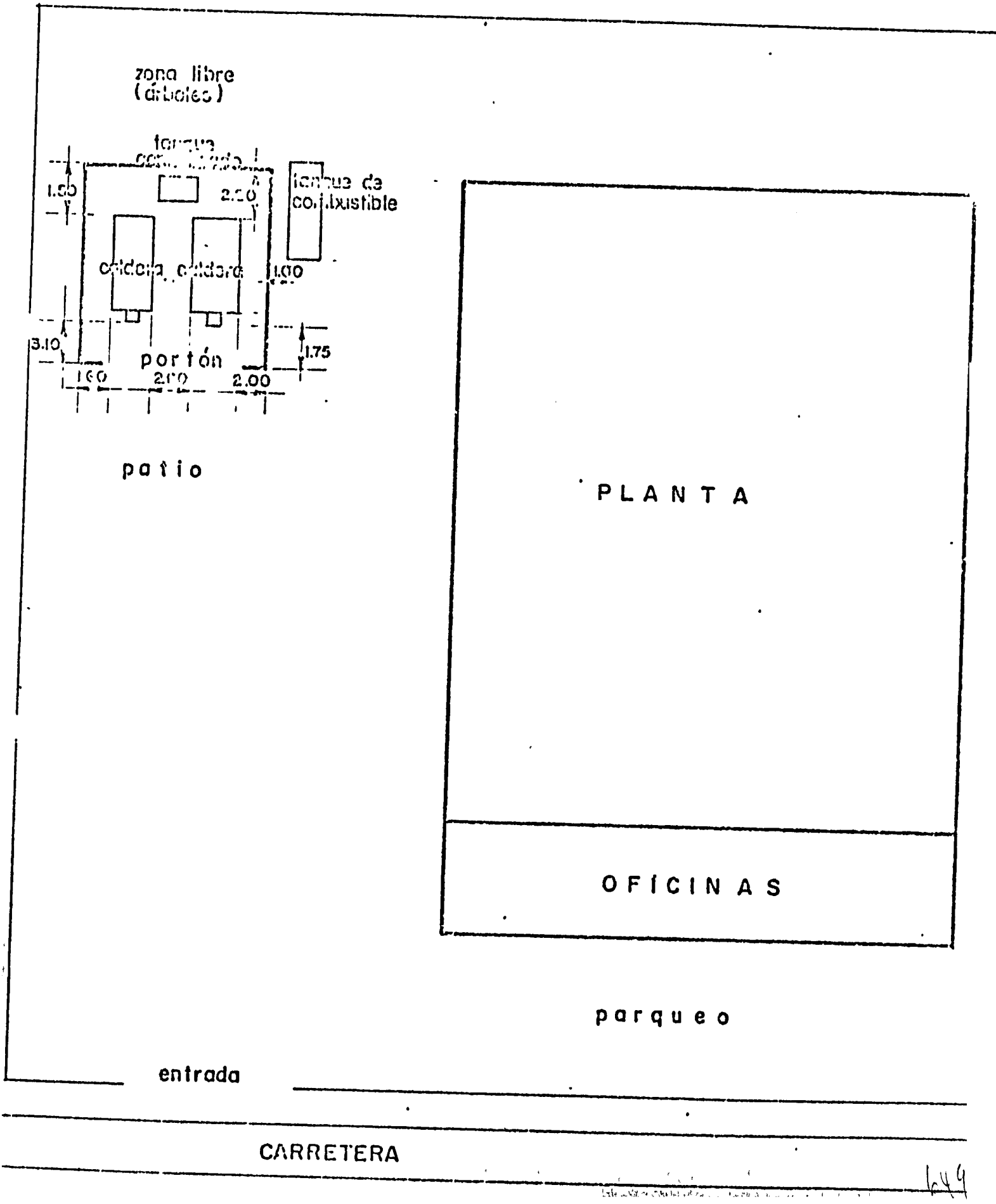
EMPRESA CINTA AZUL

La empresa Cinta Azul se dedica a la elaboración de productos de embutidos principalmente. El trabajo se desarrolla con dos calderas Keswanee de 150 y 60 BHP, modelos # 15-150-06 y # 5-60-06 respectivamente, con una capacidad de 5071 MJ/hr la primera y 2030 MJ/hr la segunda; la presión de trabajo es de 10.2 Kgr/cm^2, el combustible utilizado es de Bunker C, aproximadamente las dos. Existen picos de consumo de 9:00 a.m. a 11:30 a.m. y de 1:30 p.m. a 3:00 p.m. en el vapor generado por las calderas.

El vapor se utiliza fundamentalmente en autoclaves (trabajo térmico), hornos y marmitas, el vapor es saturado y las pérdidas en las tuberías son altas por el poco aislamiento con que cuentan. El consumo de Bunker por mes es de 3242 galones y el consumo de diesel para unidades de transporte es de 50 litros por hora. La empresa labora 14 horas por día (también las calderas) y 319 días al año.

Las posibilidades de sustitución en esta empresa son considerables, en vista del enorme interés que presentan los dueños de la empresa por bajar el consumo de derivados del petróleo y la ubicación geográfica de la empresa contribuye junto con los parámetros técnicos de temperaturas y presiones a utilizar en esta industria sistemas que usen combustible biomásico.

CINTA AZUL


zona libre
(árboles)
tanque de combustible
1.50
2.20
1.00
3.10
1.75
portón
1.60
2.10
2.00
patio
PLANTA
OFICINAS
parqueo
entrada
CARRETERA

INDUSTRIA COCOA PRODUCTS CO. S.A.

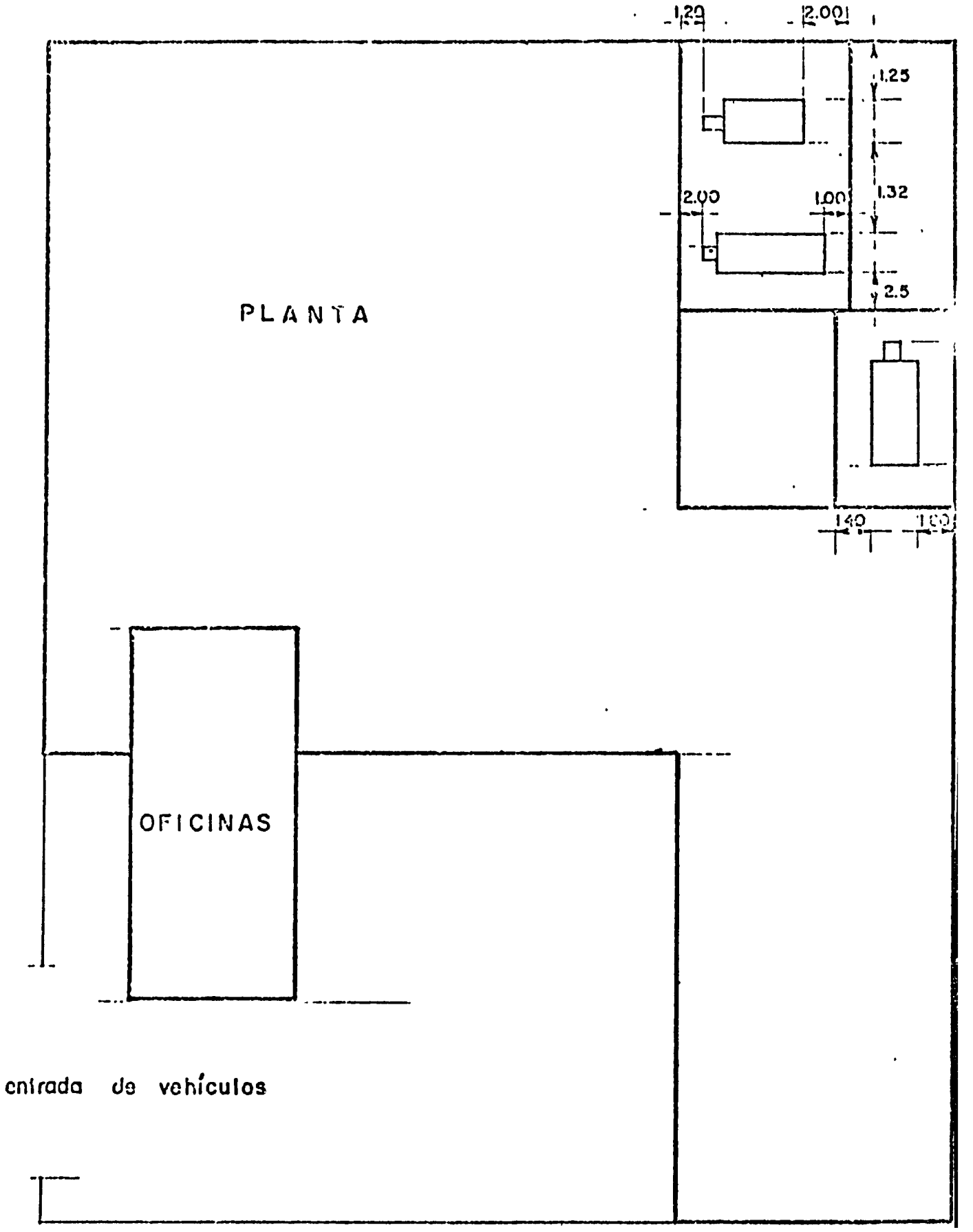
La Industria Cocoa se dedica a procesar el cacao y a elaborar productos derivados del mismo. La Industria cuenta con tres calderas: una caldera de 40 HP, otra de 80 HP y una tercera de 150 HP, la presión de trabajo es de 7.8 Kg/cm^2, el combustible bunker, las marcas: York Shipley para la de 40 y 150 HP y Power Marter IC la de 80 HP, las tres son igneotubulares con un consumo de 960 litros en 24 horas.

La caldera de 80 HP trabaja de 10:00 p.m. a 6:00 a.m. de lunes a viernes, la de 40 HP trabaja los sábados sola y la de 150 HP de lunes a viernes las 24 horas del día. La cantidad de vapor producido por la caldera de 40 HP es de 627 Kgr/Hora y de 1200 Kg/hora la de 80 HP.

El vapor se utiliza en calentamiento de tanques de licores, pastas de chocolate, con una temperatura de 50°C a la entrada al proceso del vapor y de 40°C a la salida. También en manteca de cacao con una temperatura de 90°C a la entrada y 60°C a la salida.

Las posibilidades de sustitución son considerables para las calderas de 40 y 80 HP, dependiendo de las consideraciones de las autoridades de la empresa.

COCOA PRODUCTS CO.



EMPRESA COOPE SAN VITO R.L.

La Industria Coope San Vito se dedica al procesamiento de café. Para el proceso fundamental de secado la Cooperativa cuenta con 12 secadoras, cada secadora tiene una capacidad de 3.6 toneladas de café secado. El combustible que utiliza la secadora es la leña, la temperatura interna de trabajo es de 130°C como máximo y entre 100 y 120°C normal, el consumo de leña es de 3 000 m^3 por mes, el precio es de ₡200,00 el m^3 y se consigue cerca de la planta. En tiempo de beneficio trabajan las 24 horas del día.

Las posibilidades de implementar una sustitución, son apreciables, fundamentalmente porque las autoridades de la Cooperativa consideran que es necesario hacer más técnico el uso de la leña y por ende racionalizar más la energía.

COOPECAFIRA

La cooperativa de caficultores de servicios múltiples de San Ramón se dedica a procesar el grano del café en tiempo de beneficiado (trabajan de julio a enero 24 horas al día). Para secar el café la cooperativa cuenta con una caldera de 250 HP que utiliza como combustible leña, bagazo y cascarilla, la caldera trabaja a 100°C y de temperatura, funcionando con bunker en caso de que se utilizara este combustible, el consumo nominal sería de 302 litros por hora.

La caldera alimenta 16 secadoras y 7 presecadoras, la temperatura en las secadoras es de 65°C.

Al estar usando productos biomásicos para la generación del vapor, han avanzado considerablemente en el campo de ahorro energético sin embargo, la empresa consideraría cualquier solución tendiente a ahorrar en sus combustibles actuales, especialmente leña.

CROWN CORPORATION CENTROAMERICANA

La industria Crown se dedica a la elaboración de productos de hojalata (chapas, tapas, trabajos de serigrafía en lata, etc). La industria cuenta con 9 hornos para la elaboración del producto, el calor total generado en la industria es de 24.2×10^6 KJ/hr después de una serie de transformaciones, que viene realizando la empresa en lo que a combustible se refiere. Inició las labores con diesel, luego bunker y actualmente utiliza propano y canfín en 14.5×10^6 y 9.7×10^6 KJ/hr respectivamente para cada combustible, las marcas que predominan en la fábrica de los hornos son: Sellas, Asvotecy Feco.

El consumo de combustible es de 597 litros/hora de propano y 264 litros /hora de canfín. Se trabaja 200 horas por mes y los 12 meses del año.

Existen 3 quemadores para 3 hornos que trabajan con canfín. Los hornos son grandes de 30 metros aproximadamente de longitud. Luego 4 quemadores para 1 horno grande de propano y canfín, y 4 quemadores para 4 hornos de propano pequeños (4 metros de longitud) por último 4 quemadores para 2 hornos de propano.

Las posibilidades de sustitución para esta empresa son pocas, primero porque las temperaturas son altas, lo que técnicamente limita el tipo de sustitución en los hornos grandes y segundo para que la disposición que tienen las autoridades de la empresa no es muy positiva.

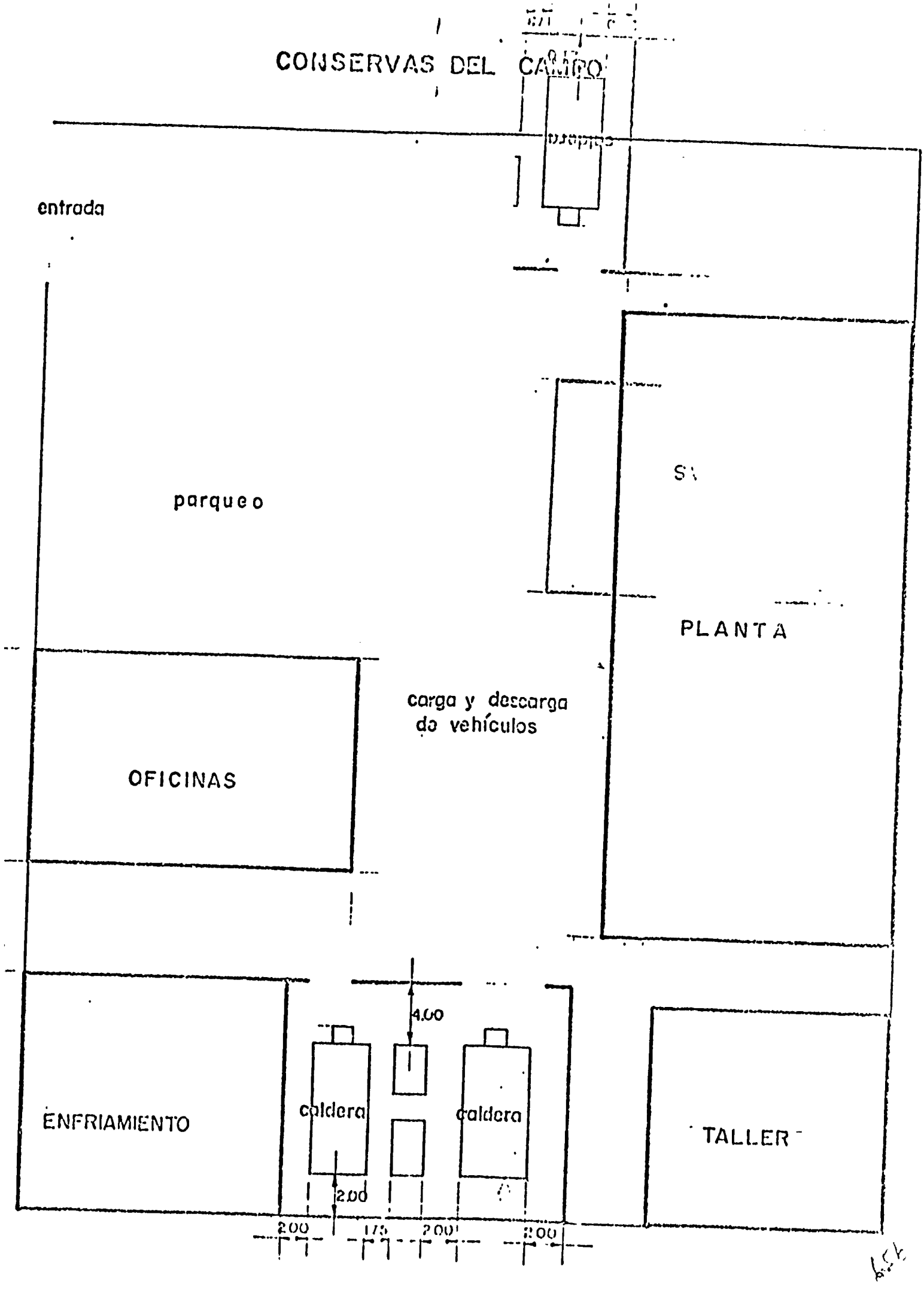
INDUSTRIA CONANSA

La industria CONANSA, se dedica a la preparación de asfalto para carreteras, utilizando un quemador de una capacidad de 11.3 litros por tonelada de mezcla.

El quemador cumple con la función de calentar el asfalto para llevarlo a la temperatura óptima (variable) de preparación para ser utilizado.

El quemador marca Maxon en 8 horas procesa 350 toneladas y se labora 8 horas por día, en el año 1982 se procesaron 50 000 toneladas de mezcla y actualmente el consumo es de 4 000 galones por mes de bunker.

Los dueños de la industria no mostraron mucho interés por el proyecto de sustituir el bunker.


CONSERVAS DEL CAMPO
entrada
parqueo
PLANTA
carga y descarga
de vehículos
OFICINAS
ENFRIAMIENTO
caldera
caldera
TALLER
4.00
2.00
2.00
1.75
2.00
2.00

INDUSTRIA CONSERVAS DEL CAMPO

La Industria Conservas del Campo se dedica a la producción de conservas y alimentos enlatados. Para ello la empresa cuenta con dos calderas de 600 BHP cada una trabajando a una presión de 90 PSIG marca Cleaver Brocks las dos. La producción de vapor nominal es de 9 410 kilogramos por hora cada una. El consumo total de bunker es de 5 450 galones por mes, trabajando las calderas 12 horas al día y 350 días al año.

Las calderas se alternan día a día, trabajando una un día y la otra otro, las dos calderas son igneotubulares y el vapor generado es utilizado para calentar agua y para cocinar a una temperatura de 240°F aproximadamente en este último proceso.

La gran demanda de vapor y el relativo poco espacio para instalar los equipos de sustitución hacen poco probable la modificación de los sistemas de vapor, según las autoridades de la empresa, sin embargo un estudio más profundo podría revelar la factibilidad técnica económica de la sustitución.

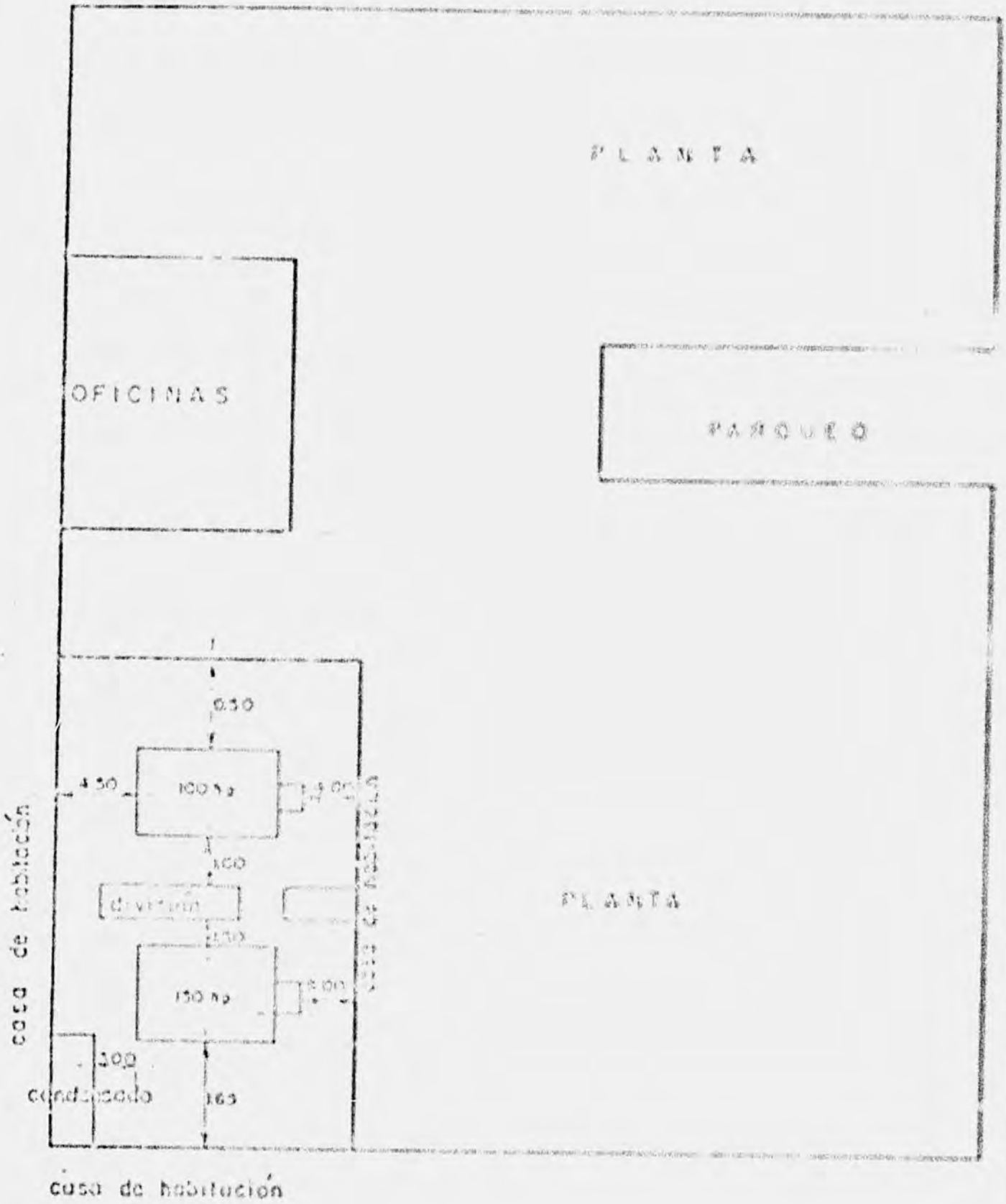
EMBOTELLADORA TICA

La Embotelladora Tica se dedica a la producción de refrescos gaseosos, utilizando el vapor para lavado de botellas y preparación de jarabes fundamentalmente las temperaturas en el proceso de lavado es de 60°C y en la preparación de jarabes mayor de 60°C, pero menor de 90°C. Las pérdidas en la tubería son altas por mal aislamiento.

La industria utiliza para los procesos, dos calderas de 150 y 200 HP, modelo CB-655-150 y CB-600-200 Cleaver Brooks, utilizando bunker como combustible y trabajando a 5.8 Kg/cm^2 con vapor saturado. El calor que se obtiene en condiciones nominales es de 6.3×10^6 KJ/hr y 8.45×10^6 KJ/hr y un consumo en condiciones de trabajo de 8 700 galones por mes para las dos calderas, produciéndose nominalmente 3 136 y 2 350 kilogramos de vapor por hora. Las calderas trabajan 12 horas por día y 310 días por año y se alternan trabajando un día y dejándola la segunda para trabajar un día después, las dos son igneotubulares.

Las posibilidades de sustitución en esta industria son remotas, por los numerosos cambios que hay que emprender y no cuentan con la aprobación de parte de la empresa.

EMBOTELLADORA TICA SA



COMPAÑIA ENLATADORA NACIONAL, S.A.

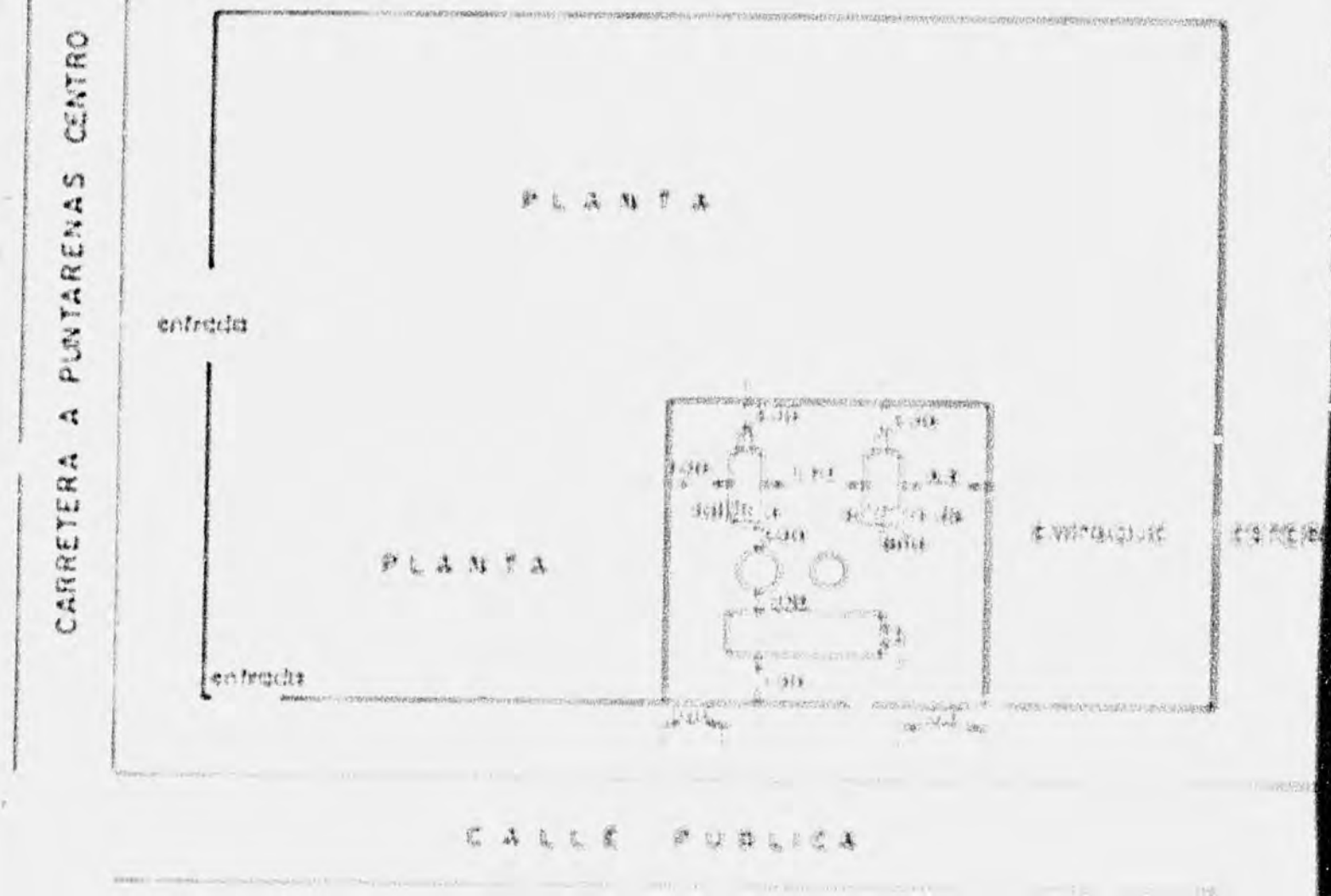
La Compañía Enlatadora Nacional, S.A. es una empresa que se dedica a procesar el atún principalmente, utiliza el vapor para consumo del atún, cuenta con dos calderas para tal fin de 150 HP y 125 HP, que trabajan a una presión de 10.2 Kg/cm² y el combustible utilizado es bunker y aceites bulares. El consumo por mes es de 27 000 litros. Esta forma que trabaja la caldera de 150 HP es de 14 por día y 325 días al año. La caldera de 125 HP trabaja de acuerdo con la demanda en la producción. La caldera de 125 HP entra en funcionamiento a las 6:00 a.m. y a las 12:00 a.m. trabaja al máximo. Un detalle fundamental en esta industria es que la tubería de transporte del vapor no está aislada y por lo tanto las pérdidas son altas.

Aparte de las dos calderas anteriormente citadas, existe un generador de 33 litros/hora de consumo que es utilizado para tostar huevos de pescado, el combustible es diesel.

Las posibilidades de sustitución de combustibles tradicionales están supeditas al tipo de subproducto a usar. En Apasco inicialmente generaban vapor con una caldera de leña, este combustible es casi imposible de conseguir y ahora la caldera está sin emplearse en las labores de producción.

ENLATADORA NACIONAL S.A

PLANTA EN EL COCAL



QUEMADOR EN EL NOBLE

ENVASO

La Compañía Envasadora se dedica a elaborar cajas de cartón para ello cuenta con 2 calderas de 100 HP, trabajando a 200 PSIG, marca Cleaver Brooks americana, trabajan 24 horas al día de octubre del año hasta noviembre y durante 2 semanas después 13 horas al día, volviendo a trabajar 24 horas al día. La empresa cuenta con dos tanques de 18 000 y 24 000 litros, la temperatura en el proceso de corrugar es de 100°C, el vapor se utiliza calentando un corrugador, el consumo de bunker es de 170 litros por hora. El sábado se trabaja hasta la 1:00 p.m. iniciando todos los días a las 6:00 a.m., el domingo se trabaja 6 horas.

FABRICA NACIONAL DE LICORES

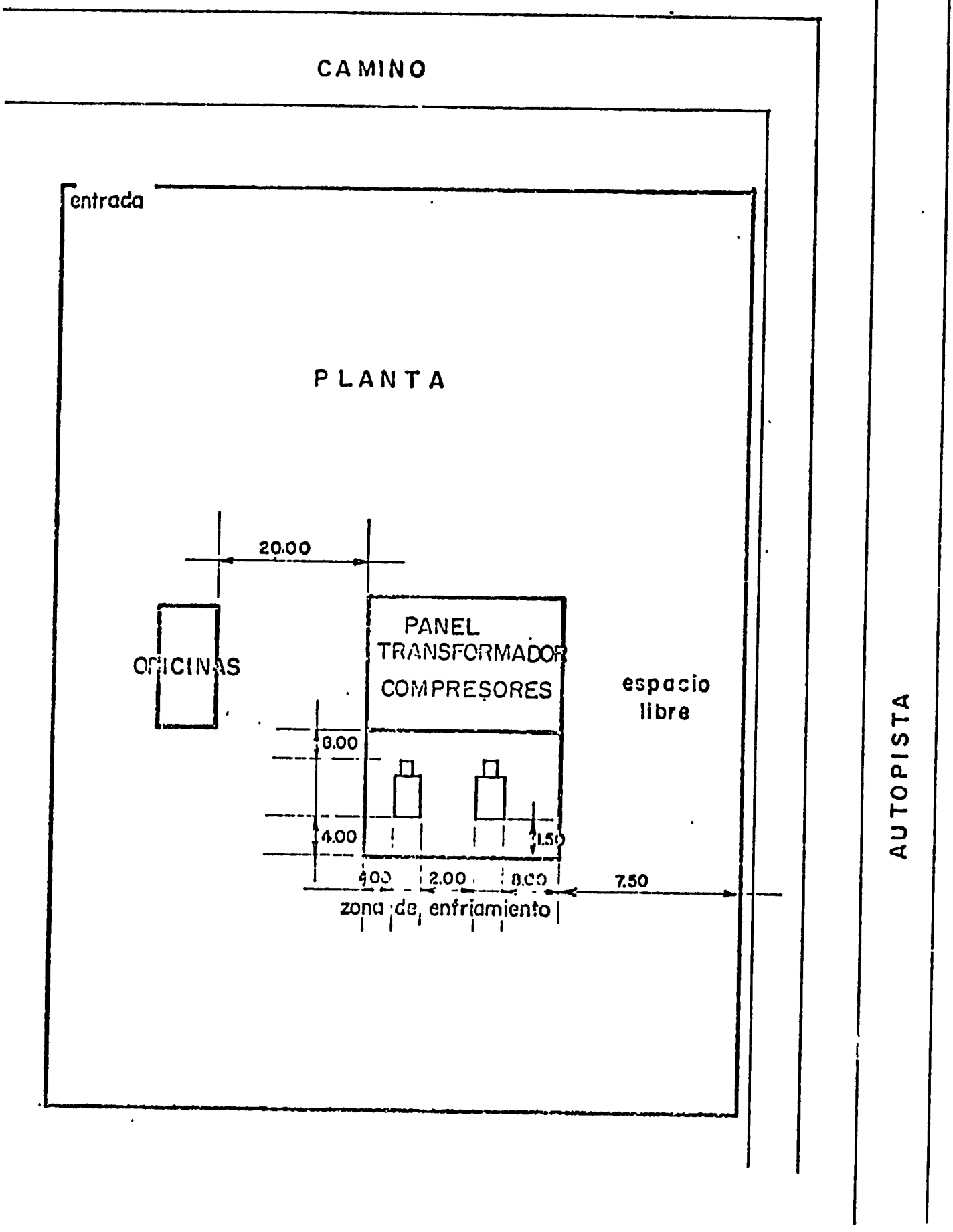
La Fábrica Nacional de Licores se dedica a la elaboración de licores y destilación del alcohol para el proceso.

La empresa cuenta con 2 calderas de 700 BHP cada una, grupo VI Número 6025, marca CAMBDA-10000, trabajando a una presión de 6,5 Kg/cm^2, utilizando combustible bunker con consumo de 672 litros/hora y de 420 000 litros/mes, las calderas son igneotubulares. Las calderas no trabajan simultáneamente, se alternan día con día y trabaja 24 horas al día y 300 días al año o sea aproximadamente 150 días al año cada caldera, no hay picos de consumo.

El vapor generado se utiliza en pasteurización de mosto (mezcla diluida) con una temperatura a la entrada de 85°C y en columnas de destilación que trabajan a diferente presión y temperatura.

Desde un punto de vista técnico y de localización física de los equipos, permitiría una sustitución de productos biomásicos por bunker.

FABRICA NACIONAL DE LICORES

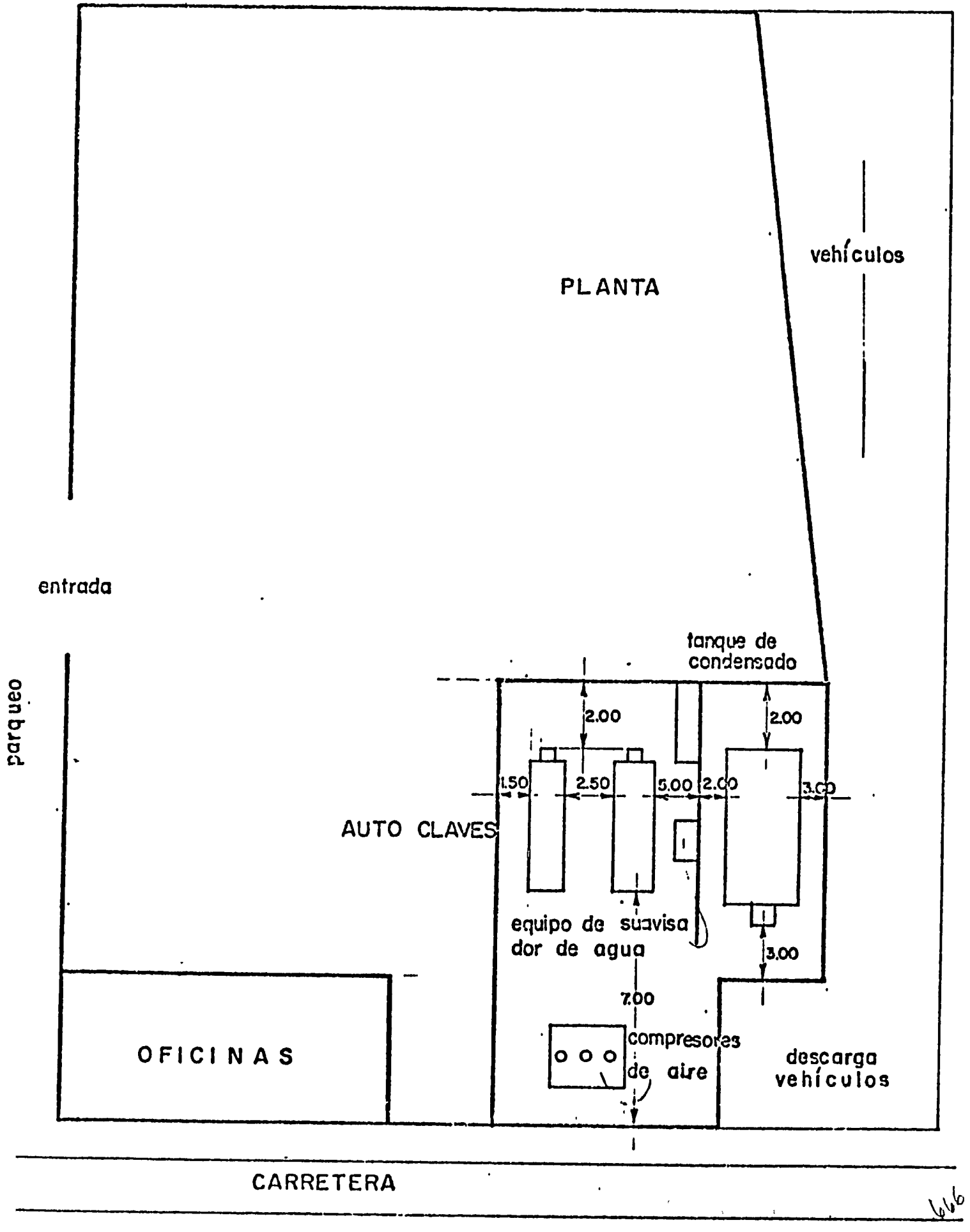


GERBER, S.A.

La industria Gerber, S.A., se dedica a la elaboración de alimentos en frascos. Para ello cuenta fundamentalmente con autoclaves y tanques de cocinado de frutas y salsas de tomate por ejemplo. Las temperaturas en las autoclaves es de 90°C. La empresa cuenta con tres calderas de 200, 200 y 500 HP modelos CB 656-200, CB 655-200 y CB 600-500, con una generación de calor de 8.45×10^6 KJ/hr, las dos primeras y 20 925 000 BTU/hr la tercera, las marcas de las dos primeras son Cleaver Brooks USA y la tercera Cleaver Brooks México, produciendo esta 7 840 Kg/hr. El consumo de las calderas de 200 HP es de 212 litros por hora y el de la de 500 de 536 litros por hora, el consumo por mes de bunker de la Industria es de 136 000 litros, dividido de la siguiente forma, en trabajo de las calderas: la caldera de 500 HP labora 24 horas al día y las de 200 HP son auxiliares de acuerdo con la demanda, produciéndose un promedio de tiempo de 24 horas para las dos calderas por día o sea 6 horas para cada caldera, se labora 340 días al año. Las tres calderas son igneotubulares.

La localización de la planta y específicamente la localización de la casa de máquinas hacen realmente difícil la instalación de equipos auxiliares para una sustitución. Asimismo las prioridades de la empresa están enfocadas a la producción y no a la energía.

GERBER S.A



666

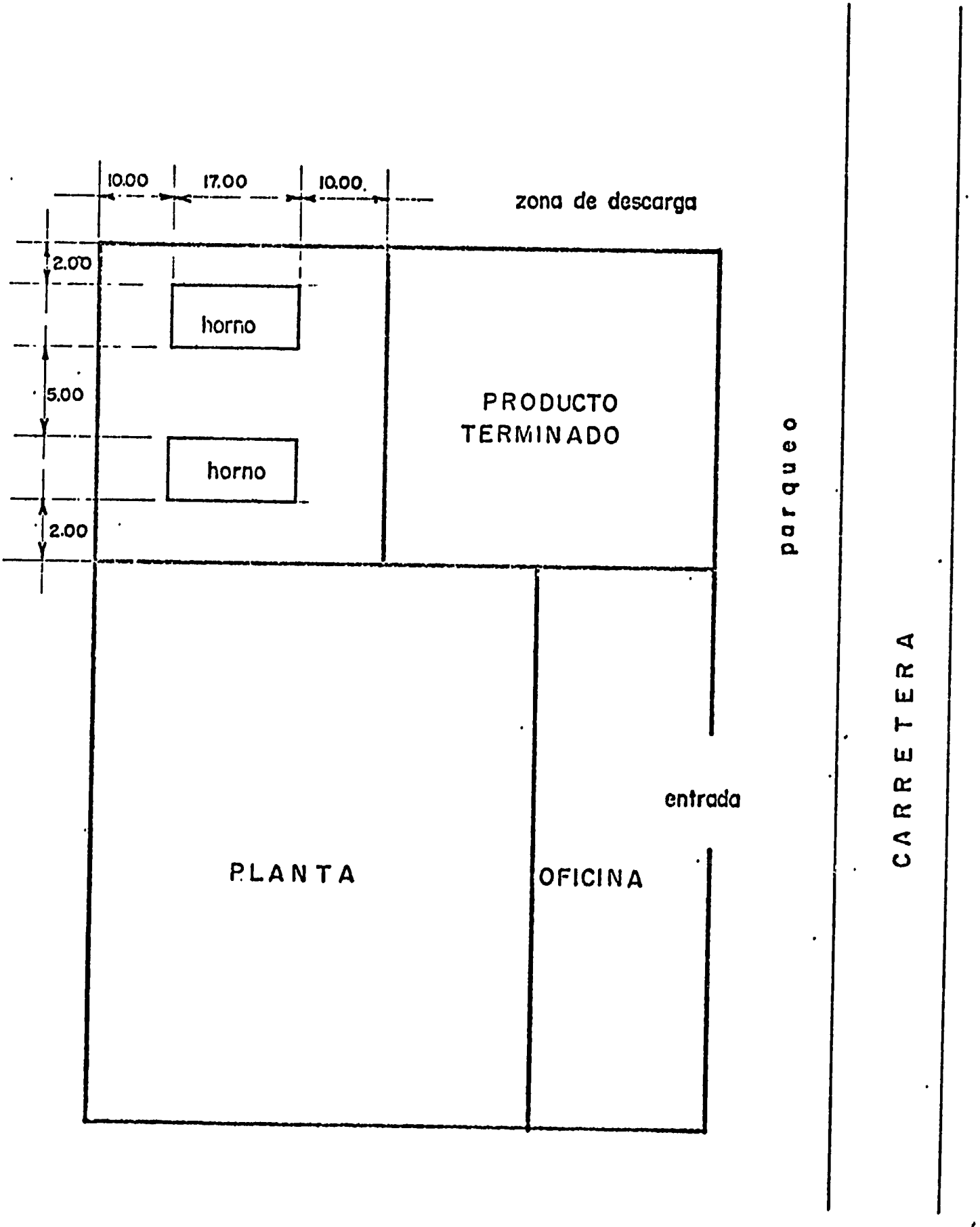
INDUSTRIA CERAMICA COSTARRICENSE, S.A.

La Industria Incesa se encarga de elaborar productos para servicios sanitarios (inodoros, lavatorios, etc) para ello cuenta con 2 hornos, montados en la misma industria, los hornos trabajan 14 horas al día y 6 800 horas al año durante 6 días a la semana. El consumo es de 151 200 litros de kerosene por mes, se calcula que el año próximo se tendrá un consumo de 170 100 litros por mes, el consumo por horneada es de 3 400, la horneada dura 14 horas y se obtiene el curado y consistencia de 300 piezas, la temperatura interior del horno es de 1 200°C.

En el proceso se necesita mucha limpieza, por eso se eliminó el bunker, la empresa para el año 1986 va a sustituir el kerosene por electricidad.

Las posibilidades de sustitución fueron rechazas de plano por las autoridades de la empresa, debido al proyecto que se va a implementar en 1986.

INDUSTRIA CERAMICA COSTARRICENSE S.A



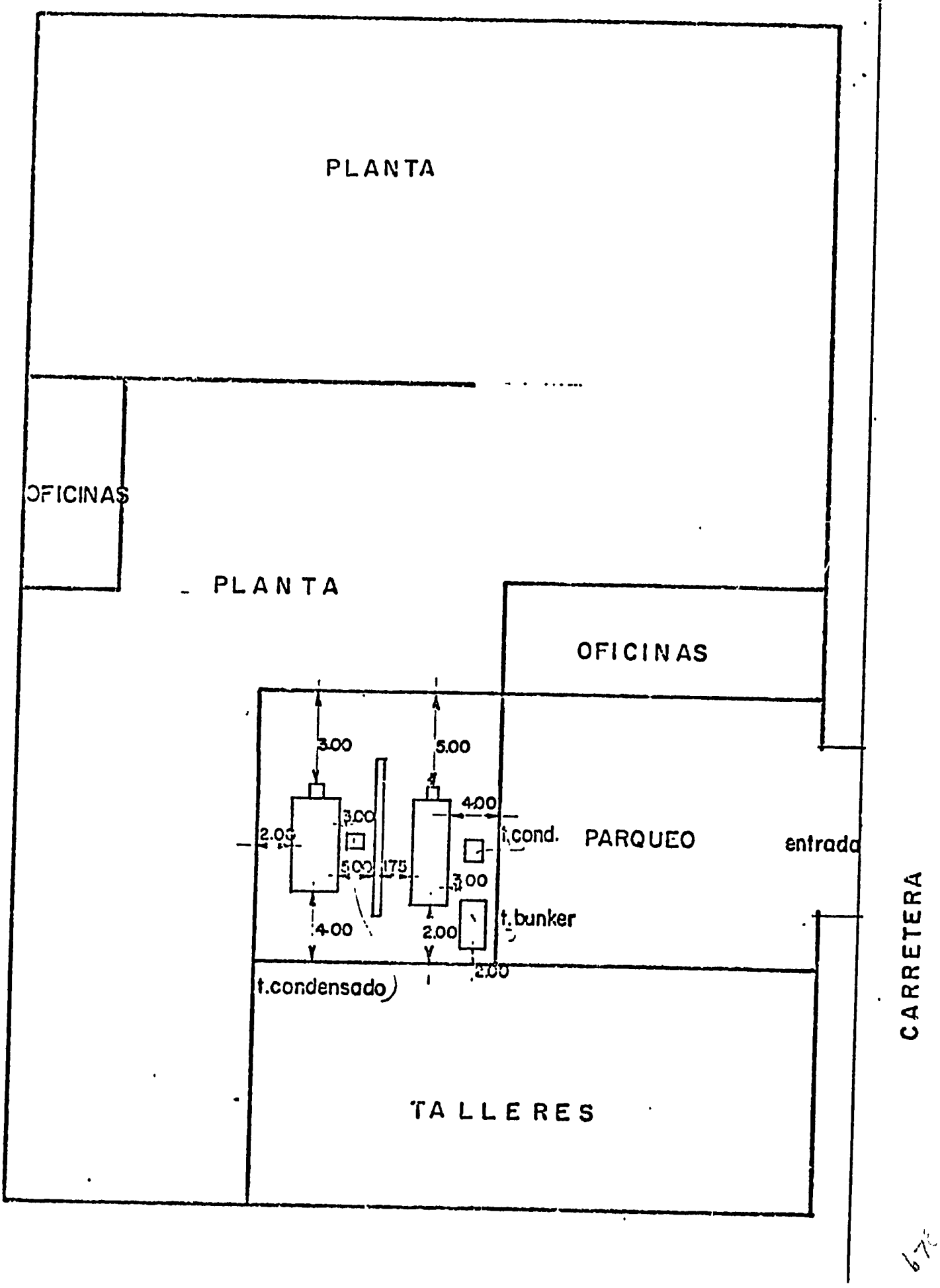
EMPRESA INTERFASHION, S.A.

La industria Interfashion, S.A., se dedica a la elaboración de ropa masculina y femenina, con este objetivo la industria se divide en tres zonas fundamentales; para teñido de ropa, para preparar tintes y en calentamiento de agua. En las tres zonas de proceso la temperatura es de 130°C y el elemento de calentamiento es el vapor. Esta energía se logra mediante dos calderas de 100 y 150 HP, modelos H-35-100-06 y H-35-150-06 Keewanee las dos, la presión de trabajo es de 75 PSIC y el combustible utilizado bunker, los kilogramos de vapor producidas para tal fin son de 1800 y 2700 por hora en su capacidad máxima, pero el valor producido siempre es muy inferior de estos valores.

Las calderas trabajan juntas 24 horas al día y 340 días al año y experimentan en la generación de vapor una carga normal durante el día y un consumo de bunker de 40 500 litros por mes para julio de 1983. Las calderas son ígneotubulares.

Las posibilidades de sustitución en esta industria, están sujetas a la localización de la empresa en una área totalmente urbana y las modificaciones que conllevaría el uso de productos biomásicos así como su manejo y su almacenamiento hacen dudar a los ejecutivos de esta industria, de cambiar el combustible actual.

INTERFASHION S.A



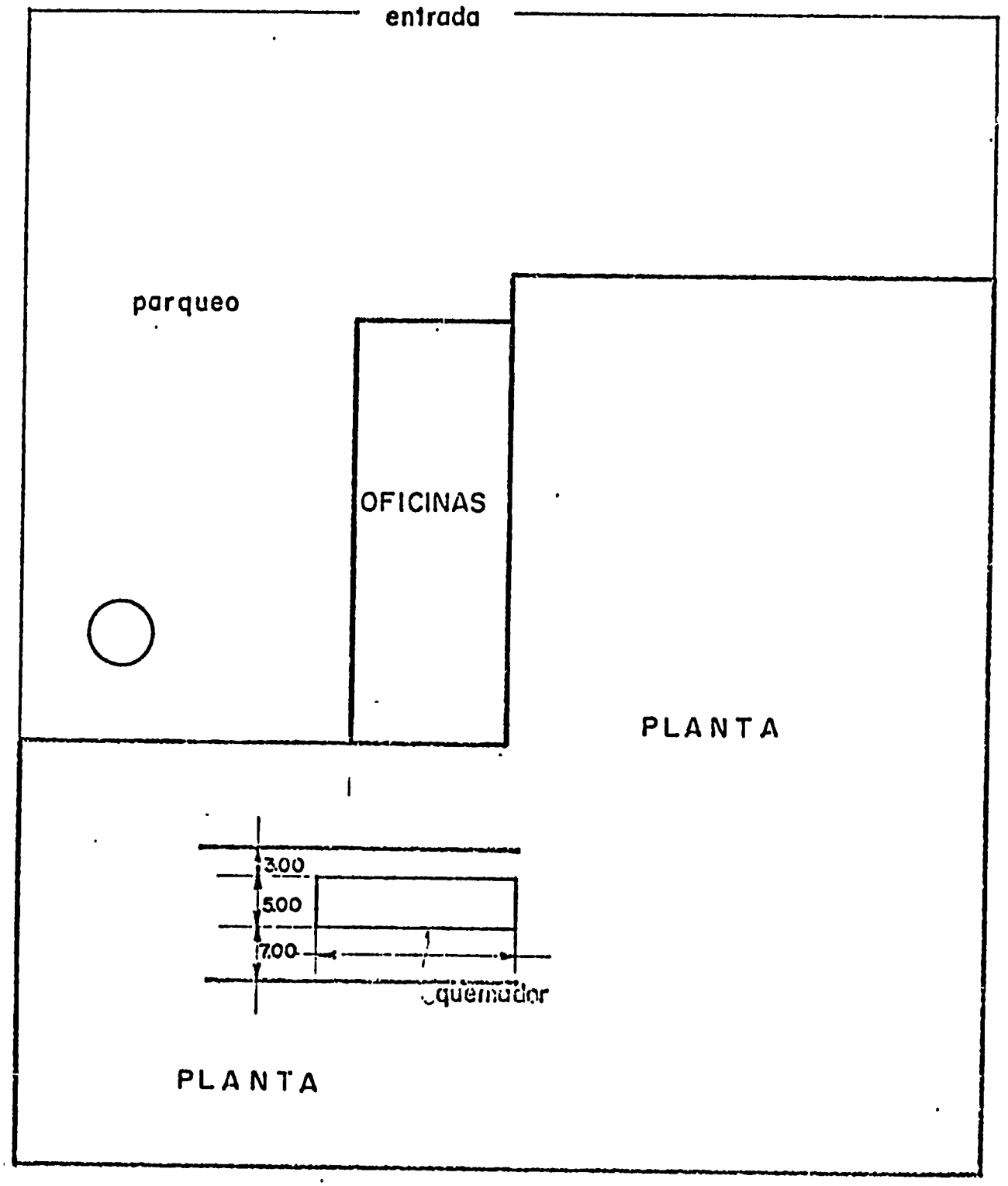
67

LAMINADORA COSTARRICENSE, S.A.

La Laminadora Costarricense, S.A. es una empresa que se dedica a los productos de láminas de techo y laminado de varilla. Cuenta con un horno de 17 metros aproximadamente. El horno tiene 8 quemadores de la misma capacidad 4 para preclaentar y los otros cuatro para obtener temperatura de trabajo (1 200°C), el horno es marca Formi Bendotti y es de una capacidad de 13 toneladas/hora y de 1 200 litros/hora. Consumo real de 548 litros/hora y nominal de 1 200 litros/hora con un trabajo de 9,5 horas por día y 336 días por año. El horno necesita 2,5 horas de precalentamiento y 7 horas de producción, el precalentamiento del combustible se logra a 100°C con resistencias eléctricas.

Las altas temperaturas requeridas en el laminado limitan el tipo de sustitución, al usar generadores en fuego directo, se debe usar un sistema con altas temperaturas de llama.

LAMINADORA COSTARRICENSE S.A



EMPRESA LINDA VISTA, S.A.

DULCE NOMBRE DE CARTAGO

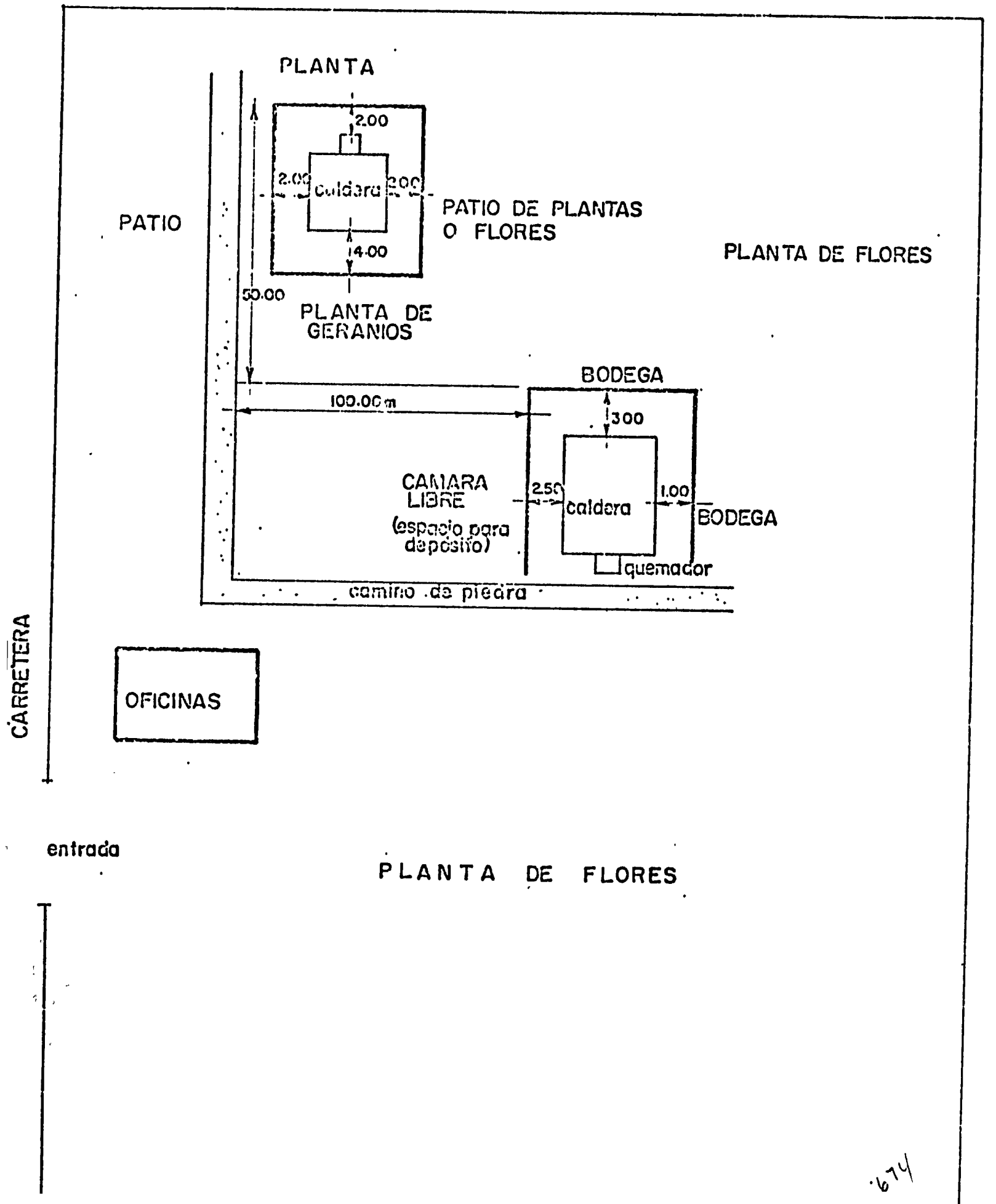
Teléfono 51 42 19 Señor Rafael Brenes

La empresa Linda Vista, S.A., se dedica a la producción de plantas y conservzción de las mismas. Para ello se utiliza la generación de vapor mediante dos calderas York Shipley de 100 y 150 BHP, modelos SPLC-100-6-93691 y SPLC-150-6-94573, respectivamente.

Fundamentalmente el vapor generado por las calderas se utiliza en la esterilización de tierras y enseres que sirven para la producción de semillas. La presión de trabajo es baja (1 Kg/cm^2), porque se necesita volumen de vapor y no presión para el proceso, la temperatura que se obtiene en el proceso es de 85°C aproximadamente. Esta presión y temperatura relativamente bajas, unido a que el horario de trabajo es de 7 horas diarias y se cuenta con el espacio suficiente y la ubicación geográfica adecuada hacen posible una sustitución del bunker por un sistema biomásico.

El consumo de vapor durante el día es normal (no hay picos) y las caideras se alternan día a día, quedando siempre una fuera de servicio.

FLORISTERIA LINDA VISTA S.A



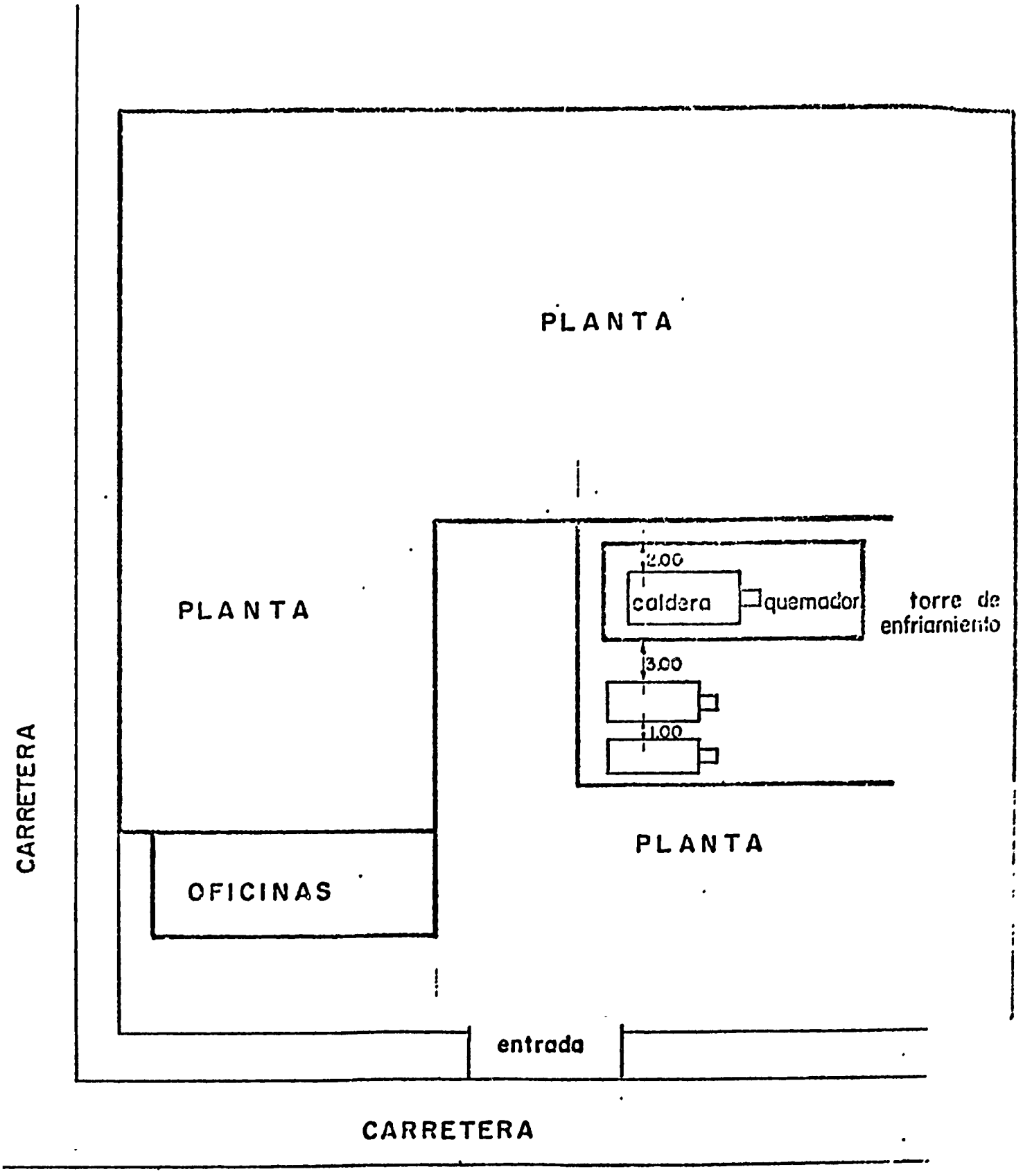
674

COMPAÑIA NUMAR, S.A.

La Industria Numar, S.A., se dedica a la producción de margarina, mantequilla y aceites para cocina. La empresa cuenta con 3 calderas para los procesos de extracción en la refinería y para los intercambiadores de calor, lavado de plantas y equipos. Las presiones que se obtienen en el proceso oscilan entre 100 PSIG y 50 PSIG. A la entrada y salida respectivamente, una de las calderas es acuotubular de una producción de 18 200 Kgr/hr de vapor trabajando a una presión de 10.2 Kgr/cm^2, marca Babcock & Wilcox, con un consumo de Bunker de 680.4 litros por hora, con economizador incorporado, trabajando 24 horas al día y 300 días al año. Esta caldera soporta todo el régimen de trabajo de la empresa y las otras dos (ignotubulares) entran en servicio cuando la primera se le brinda mantenimiento.

El consumo por mes de esta caldera es de 300 000 litros (79 260 galones).

NUMAR S.A


PLANTA
PLANTA
2.00
caldera
quemador
torre de enfriamiento
3.00
1.00
PLANTA
OFICINAS
CARRETERA
entrada
CARRETERA

676

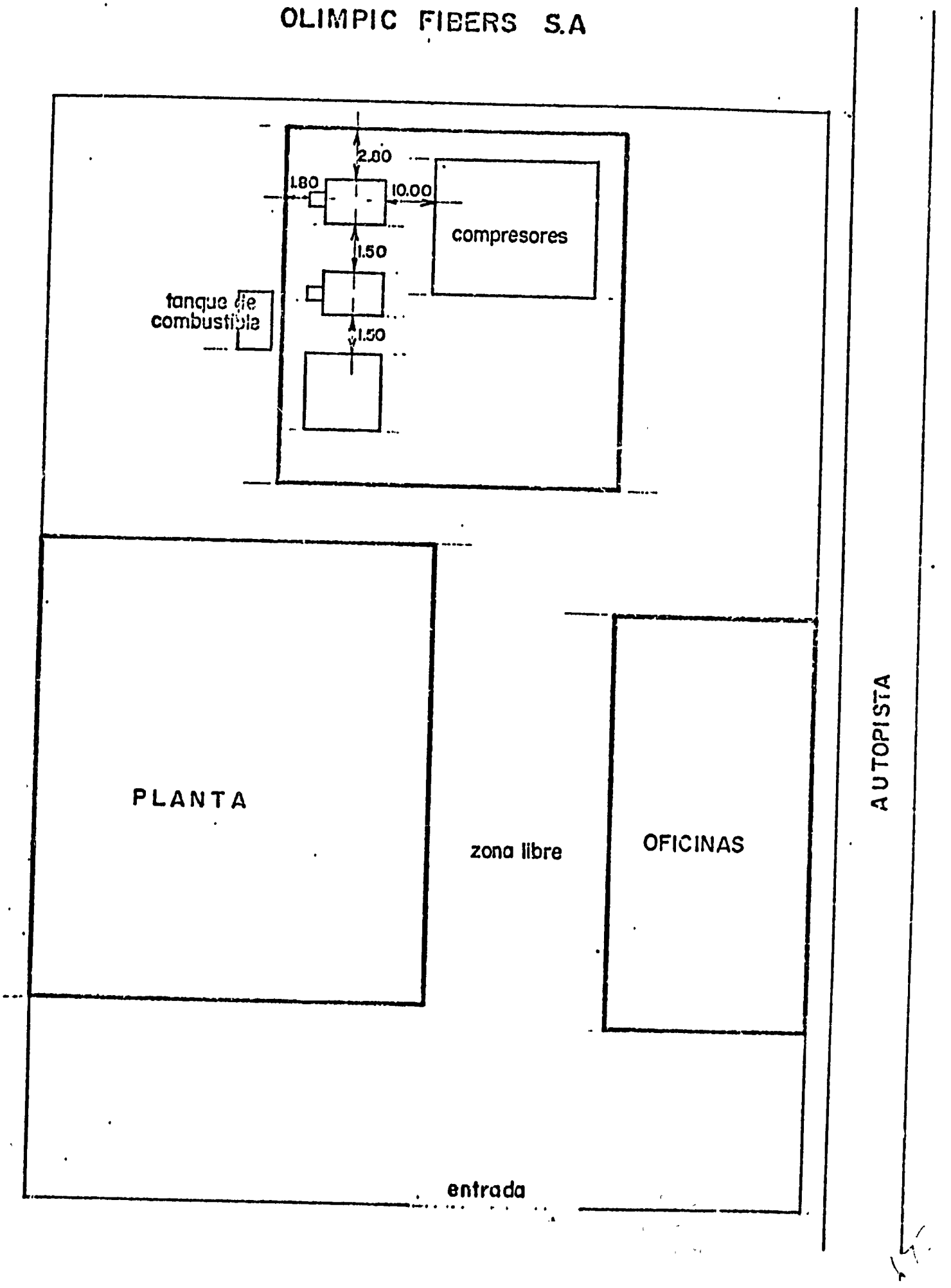
OLYMPIC FIBERS

La industria Olimpic Fibers se dedica a la elaboración de productos de fibras. La empresa cuenta con dos calderas para la producción en dos departamentos que requieren vapor, para calentamiento de materia prima y para producción de agua destilada. La presión en el calentamiento es de 8.5 Kg /cm^2 y el agua destilada la temperatura es de 50°C, la caída de presión es de 0.68 kilogramos/cm^2, en pérdidas.

Las calderas son de 200 HP cada una, modelos H 35-200-06 las dos, igneotubulares, la presión de trabajo es de 9.5 Kg/cm^2 máximo y 8.16 Kg/cm^2 mínimo, utilizan bunker, marca keewanee las dos, el consumo de combustible es de 18 100 litros/mes, las calderas trabajan 24 horas al día y los 365 días del año, cada caldera trabaja sola continuamente 3 meses y luego la otra trabaja los otros tres meses posteriores.

Las posibilidades de sustitución en esta empresa están sujetas a las consideraciones de las autoridades de la misma, técnicamente es posible aunque requiere pequeñas modificaciones en la planta física.

OLIMPIC FIBERS S.A



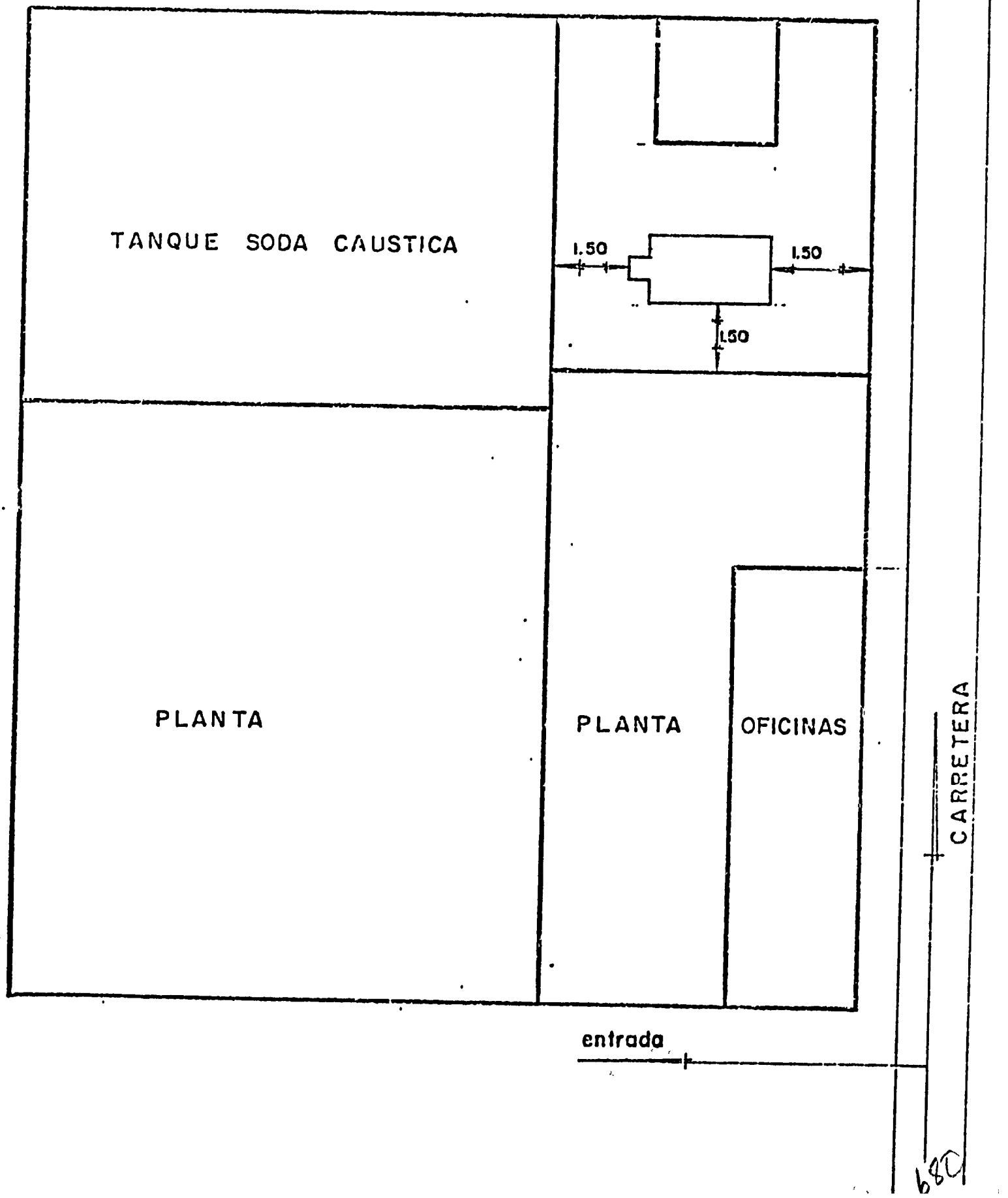
ORANGE CRUSH

La Orange Crush es una empresa que se dedica a la elaboración de refrescos gaseosos. La industria cuenta con un departamento de cocimiento del jarabe y calentamiento de agua para lavar botellas. Las temperaturas oscilan de 60 a 82°C en el primer proceso y de 55 a 60°C en el segundo proceso.

La empresa cuenta con una caldera de 100 HP, modelo CB 100-100 y de 4 184 000 BTU/Hr, trabajando a 5.1 Kg/cm^2, utiliza bunker y consumo 16 178 litros por mes, trabajando 13 horas por día y 298 días por año, la marca es Cleaver Brooks, la caldera es igneotubular.

Las posibilidades de sustitución son técnicamente apreciables por las temperaturas y presiones que se manejan en los procesos.

ORANGE CRUSH



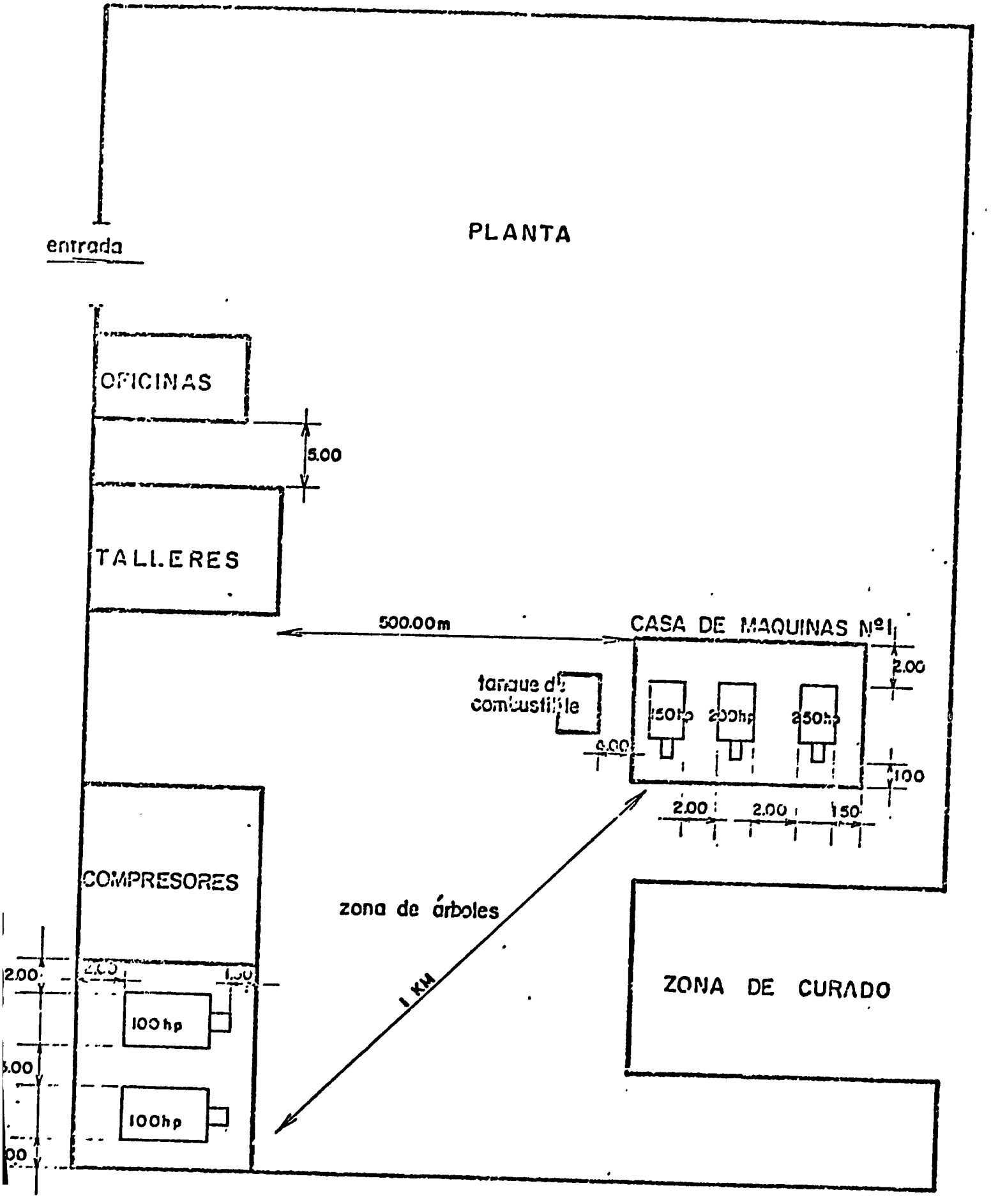
INDUSTRIA PRODUCTOS DE CONCRETO

Productos de Concreto es una industria que se dedica a la elaboración de blocks, tubos de concreto, mosaicos, etc. Para la elaboración, la industria utiliza el vapor para secado del producto y conservación del mismo (curado) en tres departamentos bloqueras, tubos y pretensador, necesitándose vapor húmedo. La presión de trabajo es de 9,5 Kg/cm^2 para las tres zonas máximo y 8,5 Kg/cm^2 mínimo. La empresa cuenta con 5 calderas de 250, 100, 100, 150 y 200 HP, marcas Cleavers Brooks y Keewanes las otras cuatro respectivamente. El consumo es de 35 600 litros por mes de bunker (calderas igneotubulares).

Las calderas trabajan de la siguiente forma: la de 250 HP y una de 100 HP trabajan continuamente, la de 200 HP es de emergencia y la de 150 Hp no se utiliza por no abastecer la demanda, la otra de 100 HP va a ser reubicada.

Las posibilidades de sustitución son pocas, por la gran cantidad de calderas con que cuenta esta empresa y por estar esparcidas en distancias, considerables; esto provoca que haya muchas pérdidas de calor, porque el traslado del vapor a la zonas de proceso es apreciable, en distancia.

PRODUCTOS DE CONCRETO

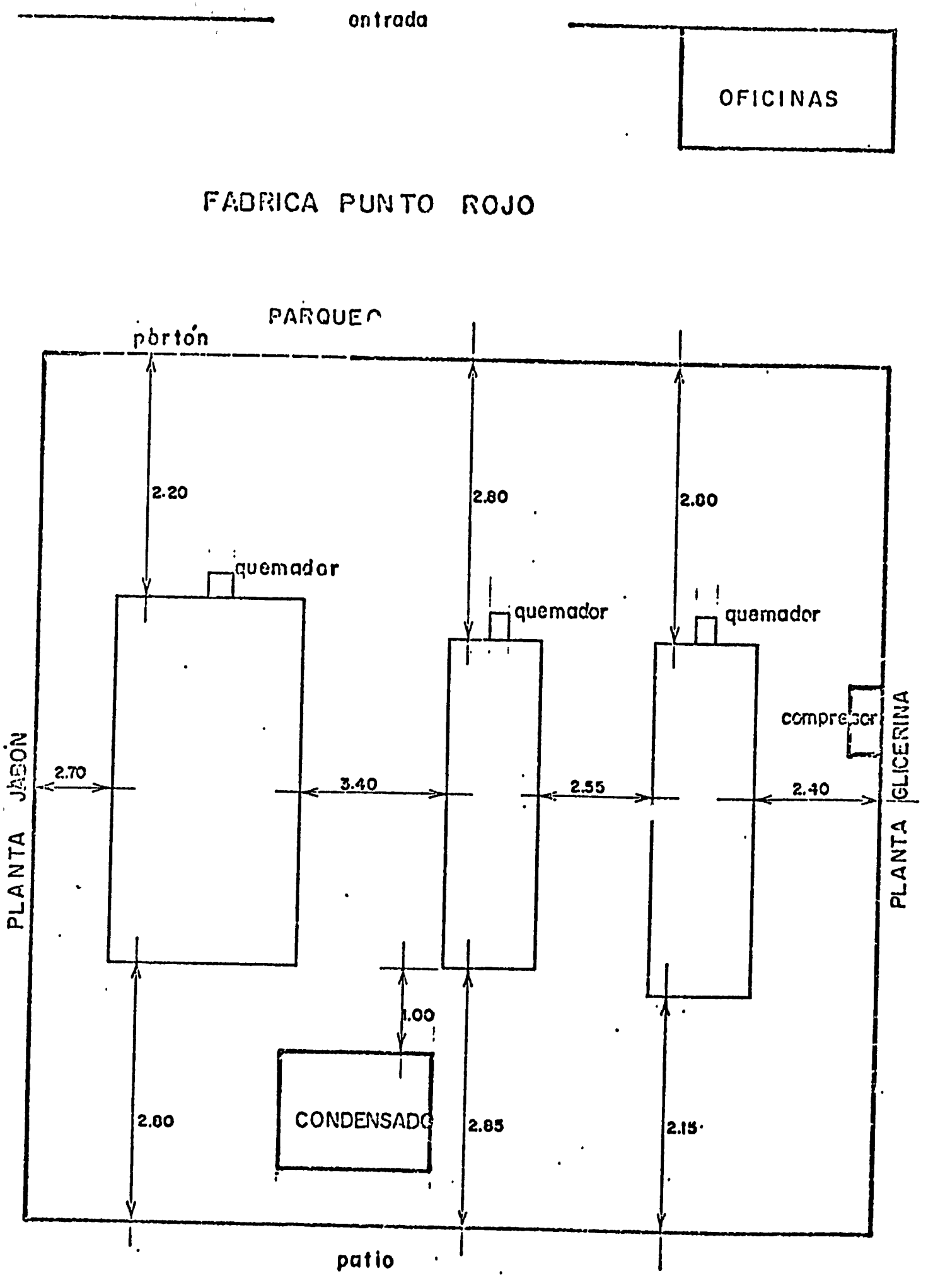


EMPRESA PUNTO ROJO

La empresa Punto Rojo, se dedica a la elaboración de jabón y todo lo que este proceso significa que es: fundir cebo, cocinar jabón y las plantas de vacío. Los procesos se realizan con vapor con dos calderas fundamentalmente, una de 400 BHP y otra de 200 ó 250 BHP, según sea el caso o dependiendo a la que se le brinde mantenimiento en determinado momento. Para esto la empresa cuenta con tres calderas de 400, 250 y 200 HP, que laboran a 8,8 Kg/cm^2 El horario de trabajo de la empresa es de 12 horas por día y 342 días por año. Las calderas son igneotubulares y experimentan un pico de consumo de 9:00 a.m. a 12:00 m., su consumo por mes es de 71 300 litros de bunker.

Un detalle interesante es que en esta industria el aislamiento juega un papel muy importante, por el trayecto que tiene que recorrer el vapor, que es bastante considerable, esto implica para la empresa utilizar lana de vidrio en una capa de espesor de 2,5 cm y otra sobre la anterior de asbesto de 5 cm. Para solventar este problema la empresa adquirió una caldera de 100 BHP que será instalada cerca de las zonas de proceso.

Las posibilidades de utilizar un sistema biomásico, dependerá de las condiciones de oferta de los productos biomásicos así como de los equipos sustitutos ya que la cantidad de vapor es realmente considerable.


entrada
OFICINAS
FABRICA PUNTO ROJO
PARQUEO
portón
2.20
2.80
2.00
quemador
quemador
quemador
compresor
PLANTA JABÓN
PLANTA GLICERINA
2.70
3.40
2.55
2.40
1.00
CONDENSADO
2.00
2.85
2.15
patio

684

REPUBLIC TOBACCO COMPANY

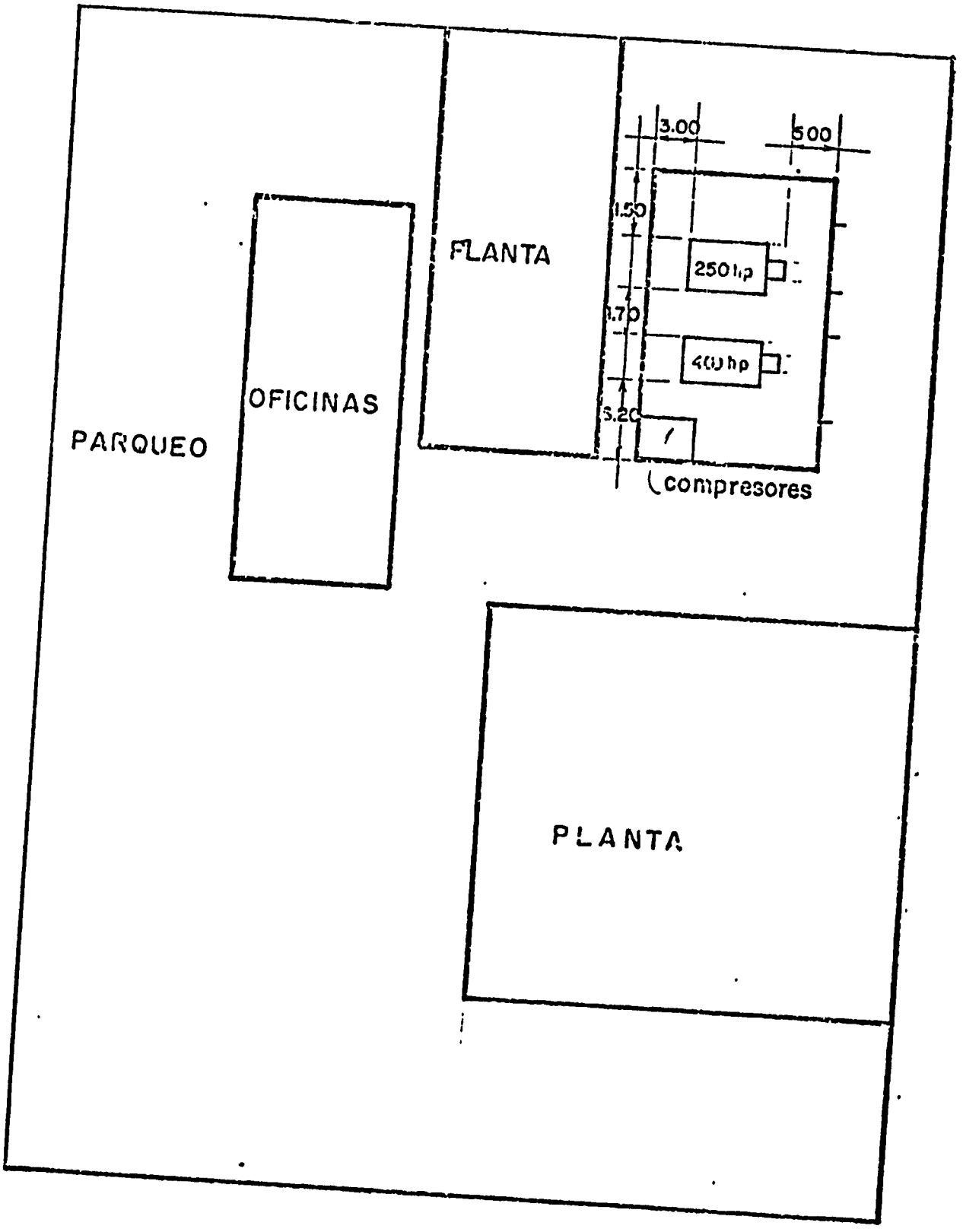
La Republic Tobacco Co. se dedica a la elaboración de cigarrillos. Cuenta con tres departamentos de trillado, acondicionamiento, secado y enanelado de tabaco, utilizando presiones de 8 a 8,8 Kg/cm^2 en estos procesos.

La empresa cuenta con dos calderas de 250 y 400 BHP, utilizan bunker C, las marcas de las dos es Cleaver Brooks, las calderas son igneotubulares, el consumo es de 133 litros/hora para la caldera de 250 HP y de 213 litros por hora para la de 400 HP, el vapor generado es de 8821 Kj/hr y de 14 113 Kj/hr, la caldera de 250 trabaja 9 horas al día y 245 horas al año de enero a junio y de junio a diciembre, la de 400 HP trabaja 9 horas al día de febrero a mayo y 86 días al año. Las libras producidas por hora son de 4 400 y 7 000 para la de 250 y 400 HP respectivamente.

Los kilogramos por hora de vapor utilizadas en el proceso de trillado son de 1 200 kilogramos/hora y en acondicionado y secado 2 000 Kgr/hora.

Las posibilidades de sustitución para esta empresa están sujetas a las consideraciones de las autoridades. Desde un punto de vista físico, con modificaciones en las instalaciones se permitiría el uso de equipo que use combustibles biomásicos.

REPUBLIC TOBACCO CO.



SARDIMAR, S.A.

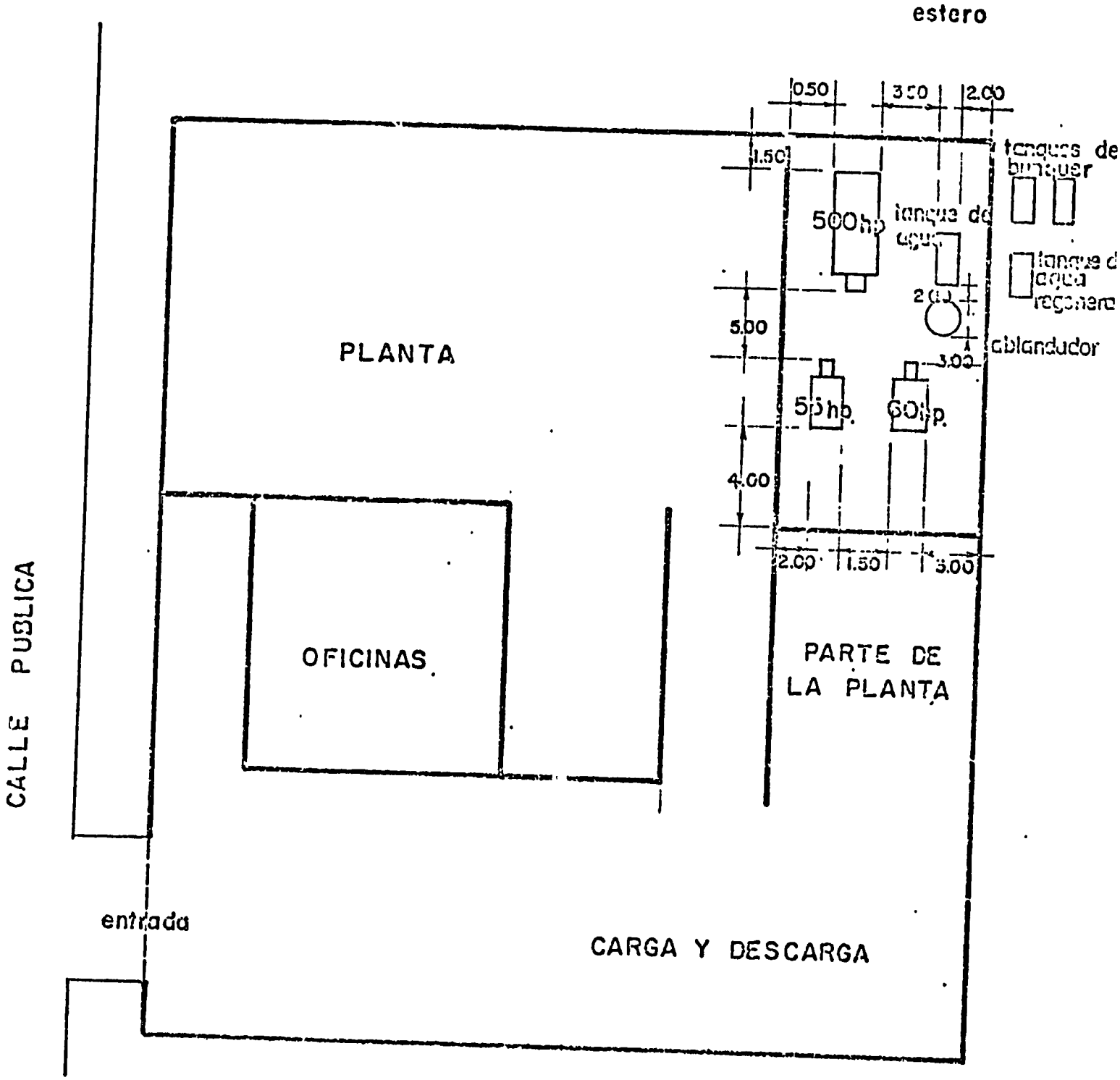
La industria Sardimar, S.A., se dedica al procesamiento del pescado (sardina especialmente). Para ello cuenta con 3 calderas de 500, 55 y 60 HP, marcas Cleaver Brooks, Max Honer Spaiggi..ger y Loo Kout Boiler EMPG, igneotubulares las tres, la presión de trabajo es de 7,4 Kgr/cm^2, el consumo por mes es de 199 199 litros. La caldera que trabaja normalmente es la de 500 HP, el consumo nominal es de 189 litros/hora, trabaja 15 horas al día y 180 días al año produciendo 931 kilogramos de vapor/hora. La caldera inicia a las 7:00 a.m. y a partir de las 1:00 a.m. hay aumento en el consumo hasta las 12:00 m. Las calderas pequeñas suplen a la de 500 HP cuando esta no es suficiente.

El vapor se utiliza para cocinado (105°C), en autoclaves (116°C) y para máquinas cerradoras (90°C).

Las posibilidades de sustitución para esta empresa están sujetas a las consideraciones de las autoridades de la empresa. Una problema que se tiene es con la leña para conseguirla, ya que no existe en las proximidades.

Pequeñas modificaciones en el cuarto de máquinas, pueden dar espacio para equipos que usen residuos biomásicos, de parte de las autoridades de la empresa, no existe definición, pero todo depende de un estudio económico.

SARDIMAR S.A



682

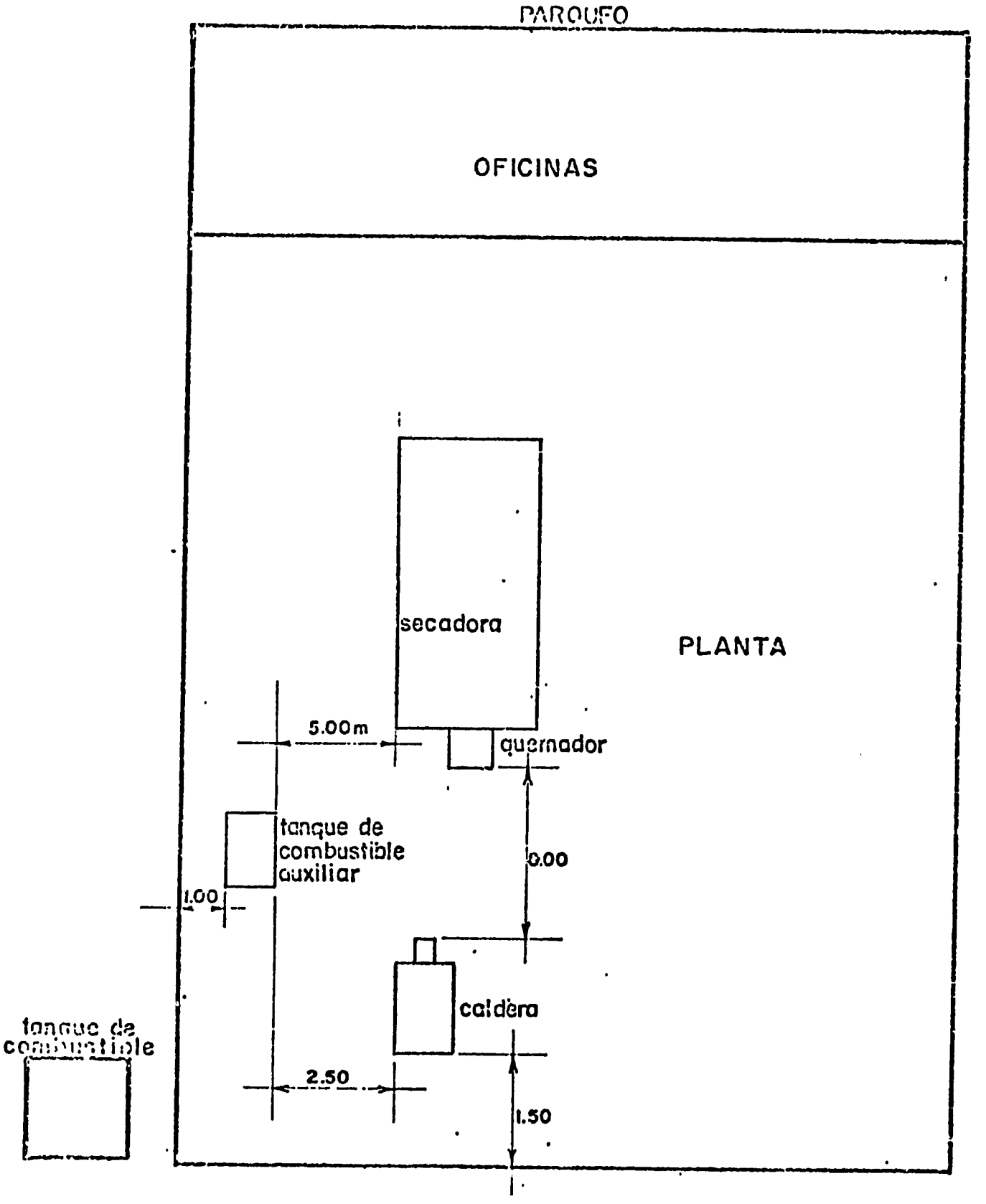
SUB PRODUCTOS DEL CAFE

La Industria Sub Productos de Café es de nueva modalidad y de cuaerdo con la información suministrada es única en el país. Su objetivo de producción, es productos para alimento de ganado y animales domésticos de los residuos de café (cáscara de café o pulpa) para ello utilizan una caldera pequeña de 15 BHP, que genera vapor para calentar el combustible, bunker, que alimenta un quemador que es el que seca el residuo del café por medio de aire caliente y parte de los gases de la combustión.

La caldera labora a una presión de 6 Kg/cm^2 y es igneotubular, durante 3 horas al día y en el tiempo de beneficiado (mediados de setiembre a mediados de marzo) y su función es calentar el bunker con el vapor generado. El quemador elimina la humedad de los residuos del café y trabaja 2 000 horas al año. consumiendo 100 galones por hora.

Las posibilidades de sustitución del bunker, por un sistema biomásico, son apreciables, en vista de la ubicación de la industria y las consideraciones positivas del personal de mando y que los parámetros de presión y temperatura se ajustan a una posible transformación.

SUBPRODUCTOS DEL CAFE



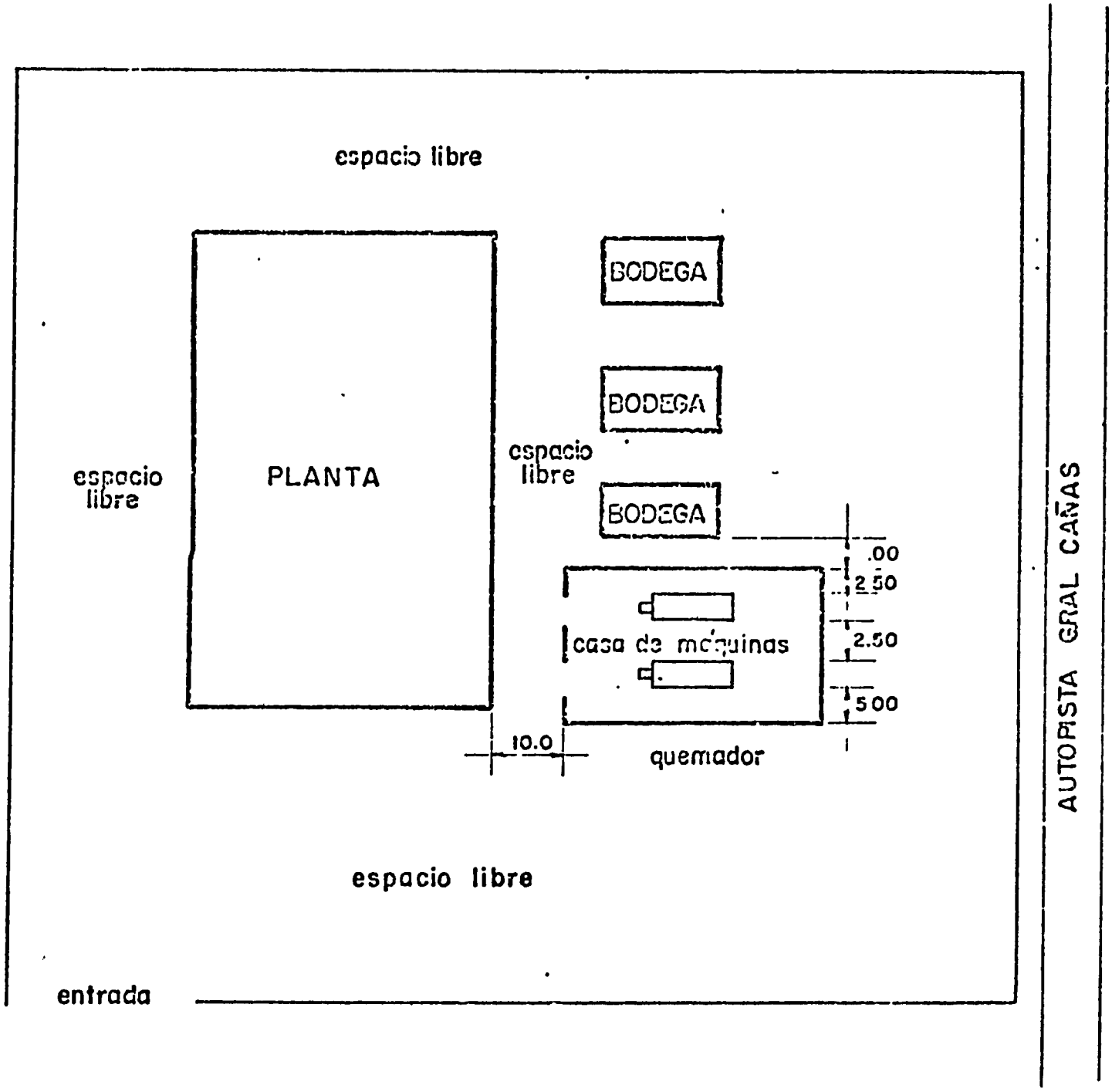
INDUSTRIA TABACALERA COSTARRICENSE

La Industria Tabacalera Costarricense se ocupa del proceso del tabaco y a la elaboración de cigarrillo. La industria cuenta con una caldera de 200 y dos de 300 HP todas Cleaver Brooks. La generación de calor nominal se da en el orden de 8 369 000 Kj/hr para la caldera de 200 HP y de 12,6 y 10^6 Kj /hr para las de 300 HP. la presión de trabajo es de 8.5 Kgr/cm^2 para las de 300 HP (ubicadas en San Antonio de Belén) y de 9.2 Kgr/cm^2 para la de 200 HP (ubicada en Zapote). Los modelos de la caldera son CB 655-200 y CB 600-300 para las dos de 300 HP. Las tres son igneotubulares y el combustible utilizado es bunker a razón de 132 litros por hora para la caldera de 200 HP y de 151 litros por hora para las de 300 HP, trabajando 8 horas por día la de 200 HP y 9 horas por día las de 300 HP, trabajo continuo durante 240 días al año para la de 200 HP y 35 días para las 300 HP. Las calderas de 300 HP se alternan día con día, las calderas son igneotubulares y se utilizan para calentamiento y secado del tabaco.

Las posibilidades de sustitución, desde un punto de vista físico, son mayores para las calderas de San Antonio de Belén, que para la de Zapote. No se tiene opinión sobre la disposición de los dueños de la empresa en una posible sustitución.

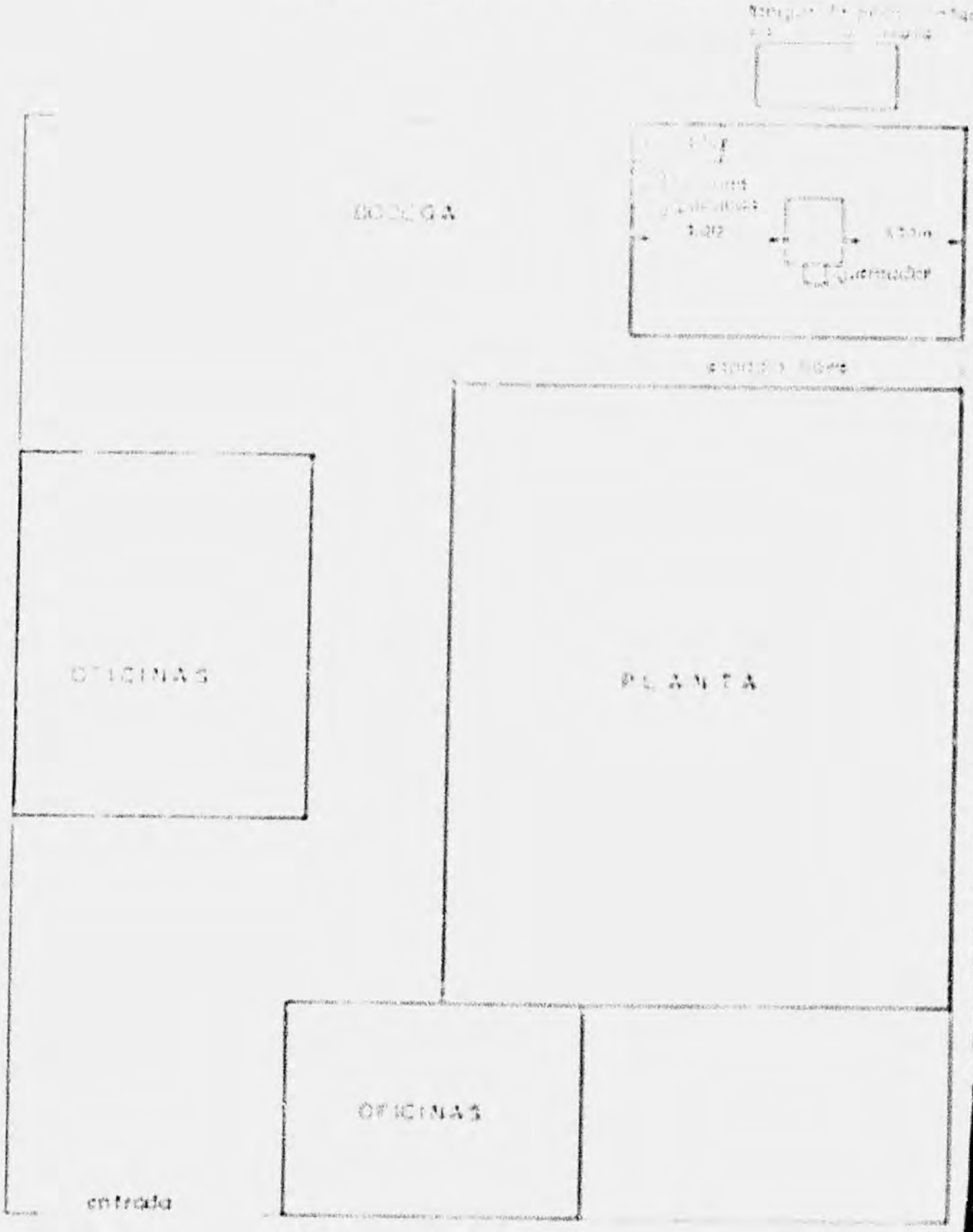
TABACALERA COSTARRICENSE S.A

PLANTA EN SAN ANTONIO DE BELEN



TASACALERA COSTARRICENSE S.A

PLANTA EN ZAPOTE SAN JOSE



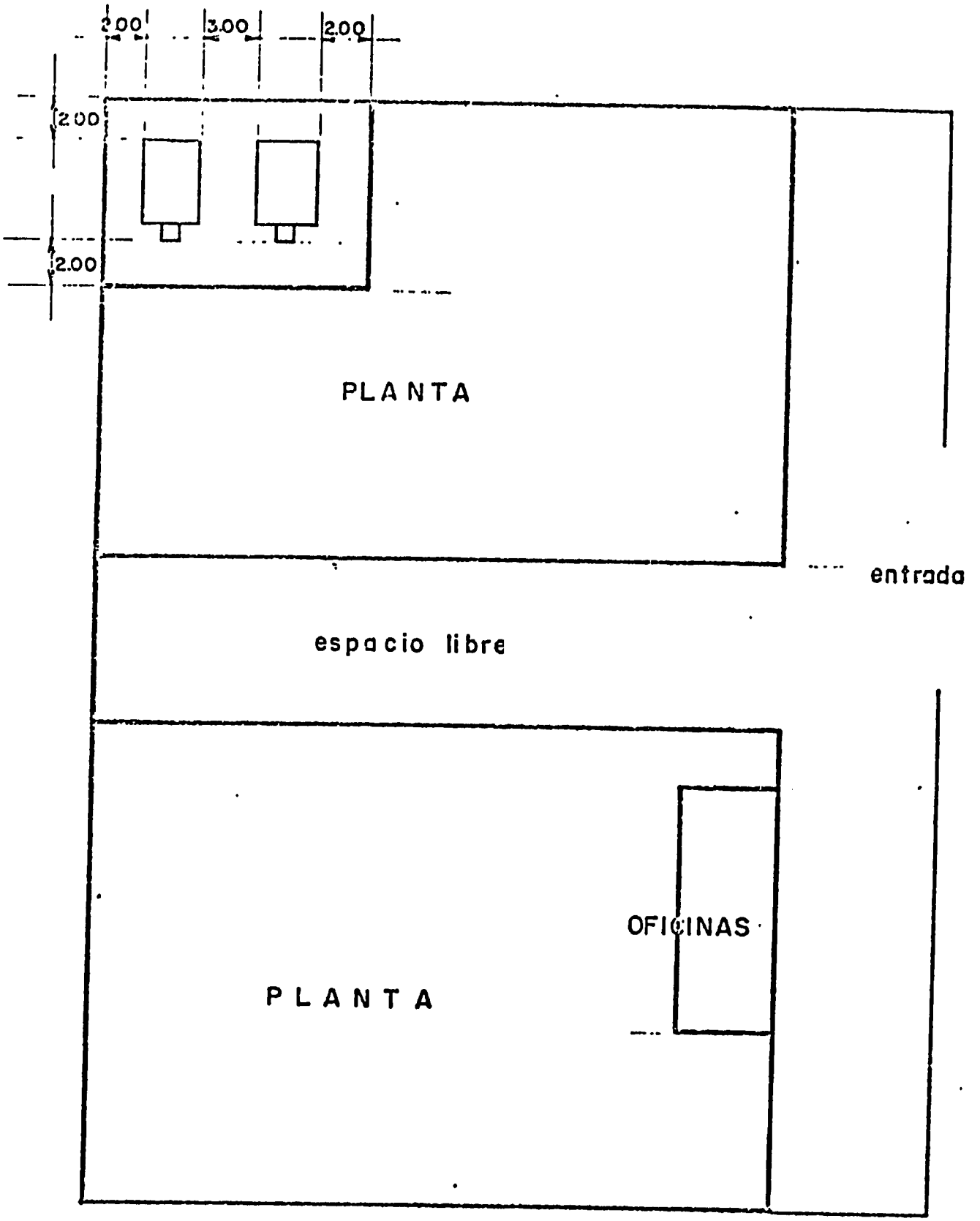
CARRETERA A ZAPOTE

COMPAÑIA TEXTIL CENTROAMERICANA, S.A.

La Compañía Textil Centroamericana, se dedica a la elaboración de ropa contando para ello con departamentos de tinte, calentamiento de agua y para funcionamiento de equipo textil. El trabajo se realiza con dos calderas de 100 y 350 HP generando calor de 4.2×10^6 y 12.7×10^6 Kj/hr respectivamente, trabajando a 10.2 Kgr/cm^2, utilizando bunker C, las calderas son marca Cléaver Brooks e igneotubulares y consumen las dos 15.1 litros por hora, trabajando las dos 16 horas al día y 300 días al año simultáneamente.

Las posibilidades de sustitución para esta empresa, depende de las consideraciones de las autoridades de la empresa:

COMPAÑIA TEXTIL C.A

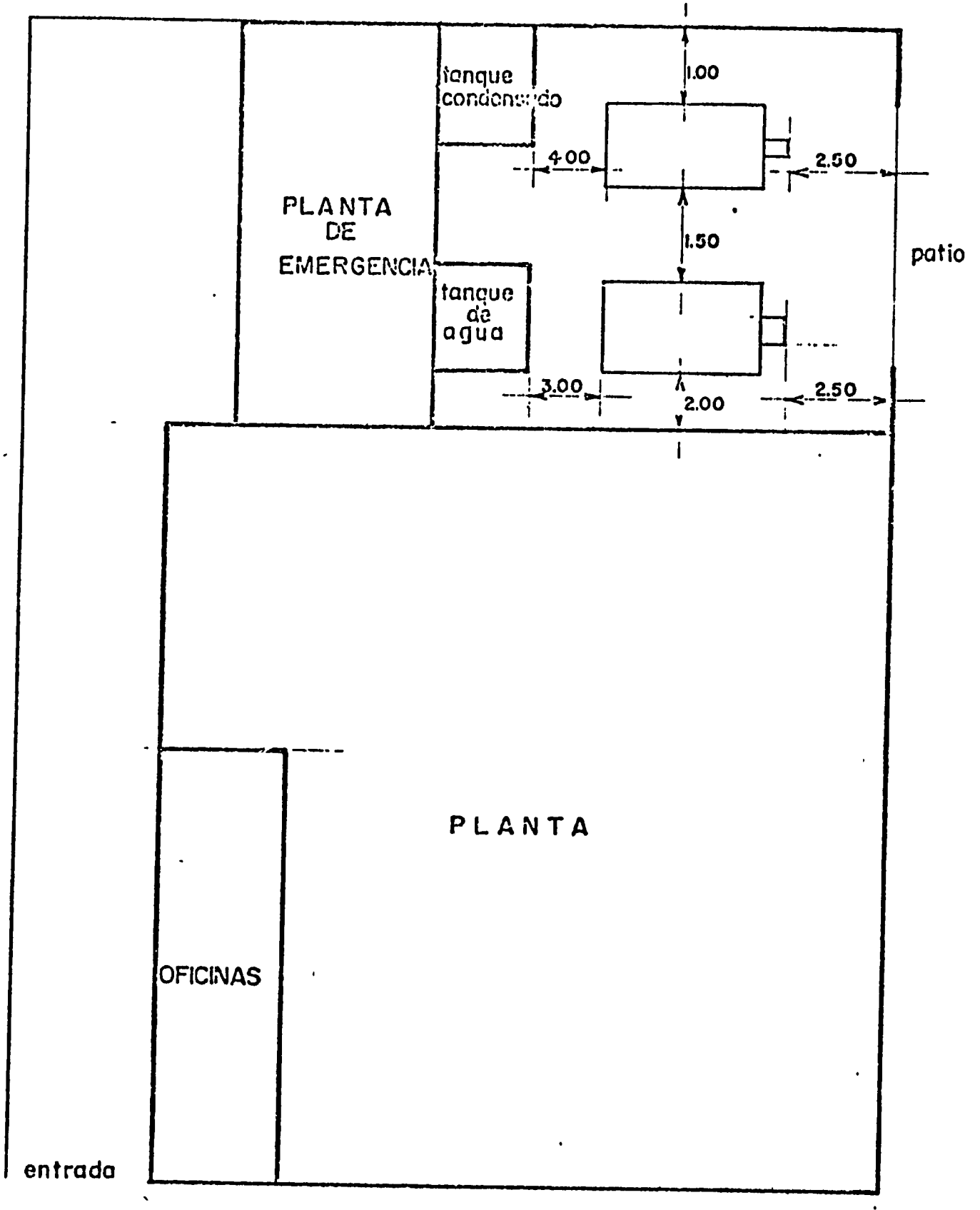


EMPRESA TEXTURIZADO Y TEÑIDOS, S.A.

La industria Textesa, se dedica a la elaboración de teñidos a fabricación de telas, para tal fin cuenta con máquinas para teñir, máquinas para lavar y máquinas para estampar. Estas máquinas utilizan el vapor como fuente principal para el proceso, generado por dos calderas de 100 y 200 HP, modelo H 35100-02 y H 35-200-06 Keewanees, laborando a una presión de 6,8 bar (kg /cm^2), utilizando bunker para sus quemadores y consumiendo 19 265 litros por mes, produciendo 1 818 y 3 636 kilogramos de vapor por hora. Las calderas se utilizan las dos al mismo tiempo, son igneotubulares y trabajan 10 horas y media, por día y 300 días al año.

Las temperaturas de trabajo en el proceso de teñir y lavado son de 135 y 60°C, la presión en el estampado es de 6,8 Kg/cm^2. La sustitución del bunker no es bien aceptado por parte de la empresa, al menos cuando se trate de cambiar por combustibles biomásicos.

TEXTURIZADO Y TEÑIDO S.A



CARRETERA A HATILLO

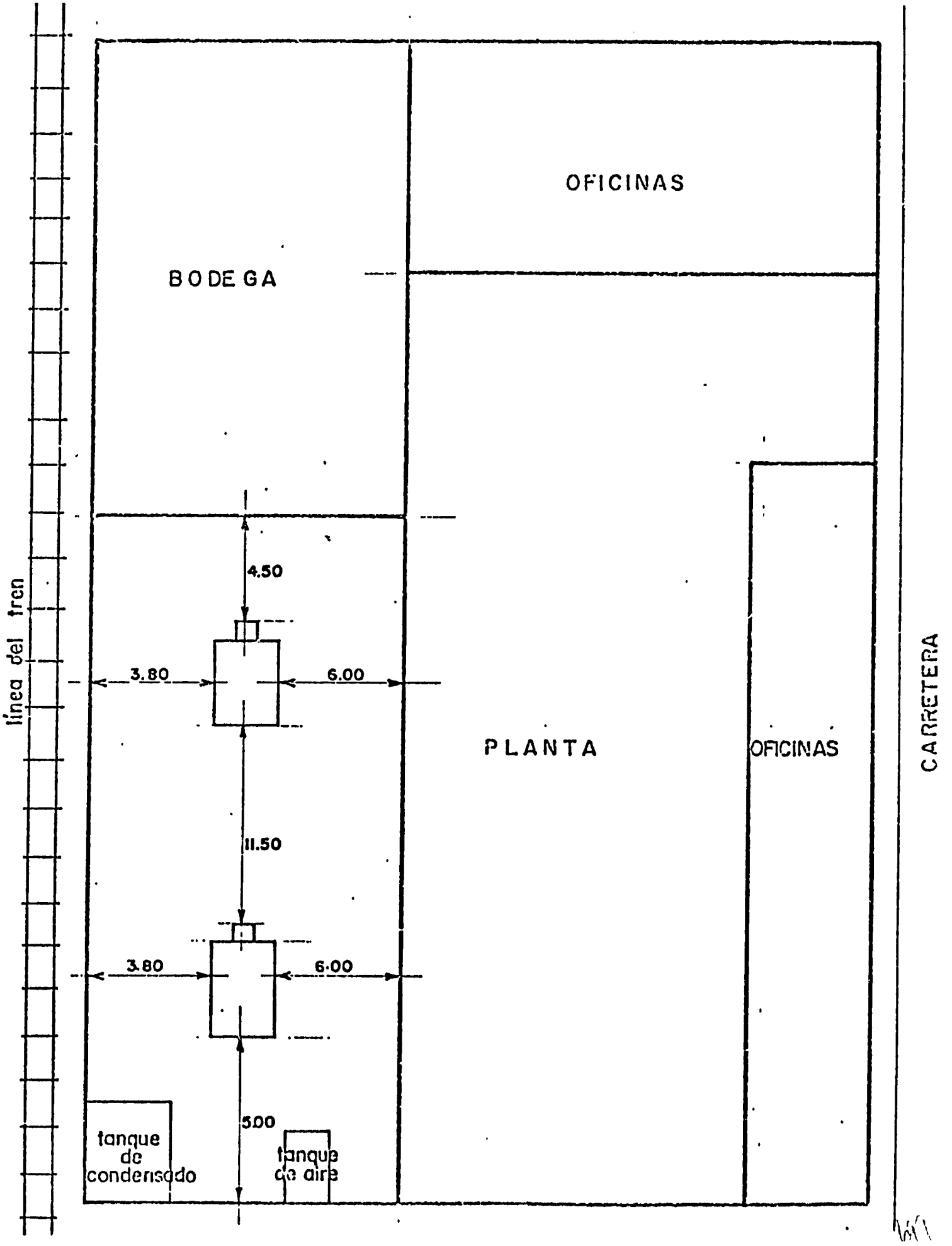
EMPRESA TICA KNIT, S.A.

La empresa Tica Knit, S.A., se dedica a la producción y elaboración de ropa. La industria utiliza el vapor para la elaboración de teñidos (calentando agua) y para elmanejo de maquinaria para acabado del producto necesitando una temperatura de 270°F en ambos procesos.

La generación de vapor se hace con dos calderas de 150 BHP, modelo CB 656-150 y SPHC 150-5-95872 Cleaver Brooks y York Shipley respectivamente, la presión de trabajo es de 6.12 Kgr/cm^2, produciendo 2 352 Kgr/hor. El consumo por mes es de 18 238 litros, las calderas son igneotubulares y laboran las dos, 24 horas al día y 350 días al año.

Las posibilidades de sustitución son pocas, por el interés mismo de los encargados de la industria y por los cambios necesarios que se tienen que realizar, el espacio es pequeño donde están ubicadas las calderas.

TICA KNIT S.A


OFICINAS
BODEGA
línea del tren
4.50
3.80
6.00
PLANTA
OFICINAS
CARRETERA
11.50
3.80
6.00
5.00
tanque de condensado
tanque de aire

TUBOTICO, S.A.

La Industria Tubotico, S.A. es una de las industrias metalmecánicas del país, produciendo principalmente tubo de hierro galvanizado en diferentes dimensiones y tamaños. Para ello cuenta con un horno y una caldera, la caldera es de 400 HP tipo 400, marca Steamblos y trabaja a una presión de 12 Kg/cm^2, utilizando bunker y es igneotubular, el consumo de la caldera es de 74 litros por hora y trabaja 13 horas al día y 240 días al año, produciendo 2000 Kgr de vapor por hora como máximo. El vapor cumple con la función de calentar agua y para soplado de tubería donde el vapor tiene que ser recalentado, la caldera tiene un consumo normal.

El horno con que cuenta Tubotico es de una capacidad de 3 toneladas de acero por hora procesado, marca Coel y de un consumo de 53 litros por hora. La capacidad máxima del horno es de 80 toneladas en el crisol y alcanza una temperatura de 450°C, en las cámaras donde están instalados los quemadores la temperatura es de 700°C (las cámaras son 2). El horno trabaja de 7:00 a.m. a 6:00 p.m. durante el día y 350 días al año, el consumo es normal.

Las posibilidades de sustitución en esta industria son pocas para el horno, por lo que los dos quemadores están incómodamente ubicados y para la caldera están supeditados a las consideraciones de las autoridades de la empresa.

A N E X O 10

BREVE DESCRIPCION DE LAS COMPAÑIAS BANANERAS SOBRE EL GASTO DE COMBUSTIBLE CON ENFASIS EN PLANTAS DE GENERACION

STANDAR FRUIT COMPANY

De acuerdo con los requisitos de ventas de RECOPE la Standar tiene un gasto de combustible para el año 82 de 21 404 barriles/año de bunker. Este último dato es gastado en su totalidad para la fábrica de cajas de cartón DECAR lozalizada en Limón y a la cual se destina un formulario de entrevista. Respecto al gasto de diesel, este se justifica como gasto de transporte en las fincas, Río Frío, Guápiles y Valle de la Estrella, y gasto de generación de electricidad en las mismas fincas. En el caso de Río Frío esta finca generaba su propia electricidad hasta el 28 de abril de 1982 en que el ICE interconectó el lugar. El gasto promedio de la finca era de 3 780 litros/día, actualmente todas las empacadoras son abastecidas por electricidad del sistema interconectado. Guápiles ha estado trabajando con el ICE mucho antes del 82, sin embargo en algunas empacadoras todavía no cuentan con electrificación por lo cual usan plantas generadoras a diesel, aquellas empacadoras que se han interconectado dejan las plantas para emergencias en los paros los cuales son frecuentes.

Ellos cuentan con 22 plantas pequeñas de una potencia promedio de 32,5 KW con un uso promedio de 14 a 16 horas/día, 300 días/año, estas se usan en los lugares, donde no existe electricidad. Existen además 4 plantas de 80 KW para generación que energizan los sistemas de refrigeración de los lugares que esperan los sistemas de refrigeración de los furgones que espéran ser transportados hasta el muelle, con un uso de 6 horas/día y 100 días/año. En promedio cada uno tuvo en el 82 un uso de 410 horas de trabajo.

Cabe mencionar que los proyectos conllevan a que en un futuro cercano, todo se interconecta al sistema nacional del ICE, por lo que el personal de Ingeniería encargado de estos aspectos no ven con simpatía el uso de combustible vegetal para estos efectos.

Existen 3 plantas montadas sobre carros de ferrocarriles para refrigerar los furgones durante el trayecto de la empacadora a el puerto, el promedio de operación de estas plantas es de 34 horas/semana y con un consumo de 53 litros/hora planta.

COMPAÑIA BANANERA DE COSTA RICA

La Compañía Bananera de Costa Rica está dividida en tres zonas geográficas: Ciudad Nelly, Golfito, y Palmar Sur.

En Ciudad Nelly cuenta con una fábrica de cajas, en la fábrica se tienen 2 calderas de 250 y 300 HP marca Cleaver Brooks las dos, las calderas trabajan 10 horas al día y 300 días al año (3 000 horas al año). El proceso es de pegado de cartón, la temperatura es de 300 a 350°F, el combustible es precalentado a 70°C por el mismo vapor y resistencias eléctricas. Se cuenta con 3 tanques de almacenamiento de 27 000 litros de bunker.

En Golfito se tienen 2 plantas de generación: la primera marca Hingersoll-Rand Modelo HP-447 capacidad 300 Kw/hr., trabaja 24 horas al día, durante todo el año. La No. 2 marca Mc-Yn Tosh modelo 6-12 capacidad 600 Kw, Trabaja 24 horas al día durante todo el año. La No. 3 es igual a la primera, con la excepción de que es de 8 KW. La No. 4 igual a la No. 2. La No. 5 Marca Nordberg modelo SS-136-HSG capacidad 1 200 Kw. El consumo de las cinco plantas por año es de 1 341 975 litros de diesel.

En Palmar Sur la Compañía cuenta con tres plantas las tres son iguales: marca Chicago Pneumatic Modelo 89ACPS capacidad 500 kw, máximo 550 kw a la real 500 kw. Las tres consumen 7 litros de diesel por año trabajando cada una 24 horas por día y todos los días del año.

En Coto existe una fábrica de Aceite de la compañía, que cuenta con una caldera de 869 HP, marca Bob Cock-and Wilcox, cuyo combustible es la cascarilla, consume 15 toneladas métricas por mes, tiene un silo de 30 m^3 que alimenta la caldera, la temperatura de trabajo es de 1500°F, los gases de la chimenea salen a 400°C, trabaja 15 horas al día trabaja todo el año y se detiene 4 días por mes para mantenimiento. La caldera tiene 2 años y el vapor que genera es utilizado para cocinar frutas y para 2 generadores de vapor verticales de 2 cilindros, que generan la electricidad para la fábrica de aceite.

Los generadores son de 280 KVA cada uno. En el mismo Coto se tienen 2 plantas diesel, 3 trabajan 20% de su capacidad y 3 al 80%. 3 son Chicago Pneumatic modelo 89 ACPS capacidad 500 KVA y 3 caterpilla de 500 KVA. El consumo de las 6 plantas es de 195 000 litros por mes.

El interés en la Compañía por la sustitución es relativo a lo que pueda desarrollar el ICE en materia de electrificación de las zonas vinculadas.

EMPRESA TICO FRUTICA

La compañía bananera Tico Frutica cuenta con cuatro plantas diesel para generar electricidad a las fincas de su propiedad, las plantas trabajan 415 horas por semana, todas las semanas del año, el consumo es de 3,5 galones por hora para las cuatro plantas.

Las plantas son: primera Caterpilla D-13000 de 75 KVA, 900 r.p.m, generador General Electric.

Segunda Caterpilla D-3304 y el generador 44-B-611. La tercera Lister HAG-66 HP, 1 800 r.p.m. enfriado por aire, 290 HP motor de combustión interna, generador Delco E-58495 y la cuarta Standar Modelo ABA-2, motor Peter 7, 5 AB-2, generador 1 800 r.p.m.

BANANA DEVELOPMENT CORP., S.A.

La Compañía cuenta con cuatro fincas: Finca Hermosa, Finca Fortuna, Finca San Pedro y La Peter. Las fincas cuentan con cuatro plantas: La primera Lister ADC No. 430 a 24 voltios de 75 HP y 1 800 r.p.m. generador marca Prus No. 2-57719-2 de 61.2 KVA y consumo de 11.1 litros por hora, trabaja 12 horas al día.

La segunda Caterpillar 3304-Serie 1531209 de 90 HP y 1 800 r.p.m. el generador serie 1531401 D de 75 KVA modelo 184 de 11.1 litros por hora, trabaja 12 horas al día.

Tercera, Caterpillar D-333 serie No. 4A 01574 y 1 800 r.p.m. el generador es de 125 KVA, 1 800 r.p.m. y de 15.12 litros por hora.

La cuarta es Caterpillar D-330 Serie 4SM633, 1 800 r.p.m., 133 HP, generador caterpillar modelo 3A-CR, 112 KVA, 1 800 r.p.m. y de 17.1 litros por hora.

La compañía cuenta con una quinta planta Lister similar a la primera. Al entrar el ICE, la generación de las plantas ha disminuido considerablemente.

A N E X O 11

DATOS DE CASOS DE ESTUDIO

ANALISIS DE CASO PARA LADRILLERA LA URUCA

Esta empresa se dedica a la manufacturar ladrillo, ladrillo refractario, tubo de alcarraza y otros. Para esto cuenta con dos fuentes de energía y que a la vez constituyen dos líneas de producción diferentes, un sistema de hornos que queman madera y que sirven para la cocción del ladrillo y el tubo y otro horno que usa bunker con 8 quemadores.

La producción en el último año ha sido reducida por causa de la recesión que ha sufrido el país, aún así el gasto de bunker es bastante considerable alcanzando en el año 1982 un consumo de 2 715 barriles (431 000 litros).

La línea de producción compuesta por hornos que queman leña está compuesta por 3 hornos grandes, mostrados esquemáticamente en la figura No. 1 y en detalle en figura No. 2, cada horno tiene una capacidad de proceso de 12 000 ladrillos o 1 200 tubos, este proceso es de depósito o "batch", la carga demora 36 horas para cocinarse y se emplean de 35 a 40 m^3 por horno, en tiempo normal se emplean los tres hornos una vez por semana, en esta época se emplea un horno por semana. Consumo total anual de leña es de 5 625 m^3 (año normal) y 1 875 m^3 (año recesión). Existe un horno pequeño usado para curar ladrillo o para reserva en caso de un pico de producción.

No existe seguridad de las temperaturas que se generan internamente, los operadores aseguran que llega a 1 200°C. Así mismo no aparenta ser un horno de alta eficiencia por lo que se recomienda mediciones de campo. Dado el consumo de esta línea de producción, cualquier reducción de combustible significará un ahorro considerable y podrá liberarse leña para un posible caso de sustitución en el horno de bunker que se discutirá más adelante.

Esta industria está localizada en San José en una área bastante poblàda. La leña la traen de todas partes del país, cuentan con su depósito de leña de 2 000 m^3 y actualmente están pagando un precio de ₡180/m3.

La ladrillera también cuenta con una leña de producción a base de bunker por medio de un horno que se presenta en la figura No. 1. Ocho quemadores se encargan de suministrar la energía que el horno necesita para procesar los ladrillos distribuidos 4 de cada lado, cada uno tiene un gasto que oscila entre 15 y 20 litros/hora. De acuerdo a sus informaciones la temperatura dentro del horno es de 1 200°C.

El alto consumo de bunker que tiene esta industria y el ya existente mercado de leña hacen pensar en una posible sustitución del combustible fósil al combustible biomásico. Como en todo este estudio, la idea es modificar sistemas existentes más que comprar nuevos, y tratar de usar tecnologías que sean técnico y económicamente posibles.

Modificar el horno existente para que puede usar leña por medio de combustión directa involucra un cambio radical en el diseño del horno que ya tiene 20 años de trabajo y por lo tanto no se recomienda grandes cambios en el mismo.

La única alternativa posible es usar gasificación de madera para sustituir los quemadores de bunker. Sin embargo, hay un problema técnico y este es la temperatura interna en el horno que alcanza 1 200°C. Temperaturas de llama en quemadores de gas alcanzan ese valor como máximo, es decir, que puede oscilar entre 1 050°C y 1 200°C. Recuérdese que en la otra línea de producción se quema madera directamente y aunque se cree que la temperatura internamente alcanza 1 200°C, es muy posible que esté por debajo de ese valor, esto significa que el sistema de gasificación podría trabajar en el horno con quemadores de bunker aunque se tendría una reducción en eficiencia. De todas

formas se pueden hacer experiencias de laboratorio con gasificadores existentes para conocer el comportamiento para la cocción del ladrillo.

Debido a que es una tecnología conocida y con mucha probabilidad de fabricar las unidades en Costa Rica, se pretende hacer un análisis para ver las ventajas económicas.

Un gasificador de 1600000 kJ/hr abastecerá dos quemadores por lo que el sistema deberá contar con 4 gasificadores de la capacidad mencionada.

APENDICE No. 1

Equipo

4 abanicos	₡100 000,00
Picador de madera	130 000,00
4 gasificadores	510 000,00
Tubería	20 000,00
Accesorios	10 000,00
4 ciclones	20 000,00
Aislante	15 000,00
4 quemadores	80 000,00
Válvulas	15 000,00
	₡900 000,00
Instalación	90 000,00
Imprevistos	90 000,00
	₡1 080 000,00

Madera necesaria para entregar la misma energía

PCI 3 800 kcal/kg

Eficiencia gasificación 80%

Energía a suministrar en los quemadores = 17296 x 20^{10} KJ/año

Energía que debe suministrar la madera al gasificador 2 162 x 10^{10}

Cantidad de madera necesaria = 1 361 158 kg = 5 444 m^3/año

Costo aproximado de la leña = ₡200/m^3 = ₡1 088 926/año

Costo del bunker = 2 586 200,4

Costo de mano de obra para operar las gasificadoras 1 año hombre = ₡130 000

Ahorro anual = Costo bunker - Costo madera + mano de obra = 1 367 274,44

FIGURA Nº 1

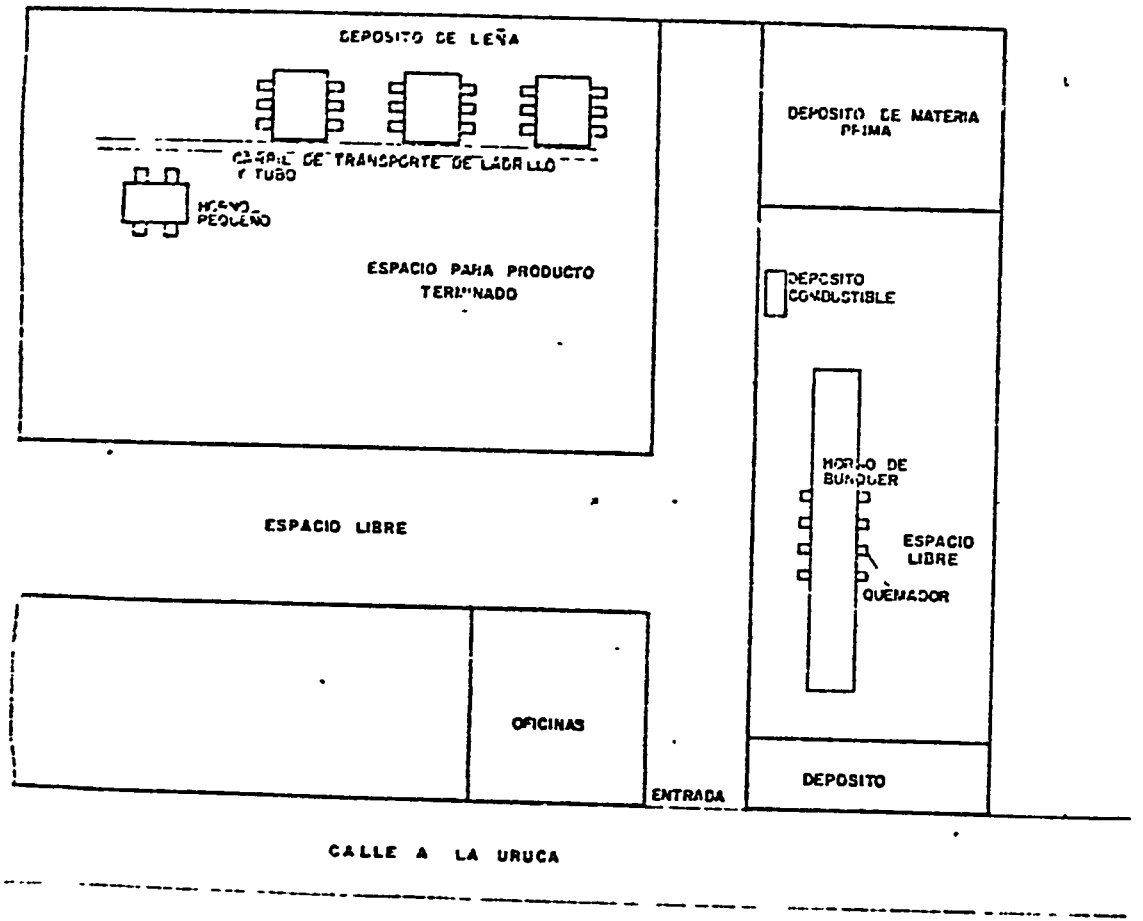
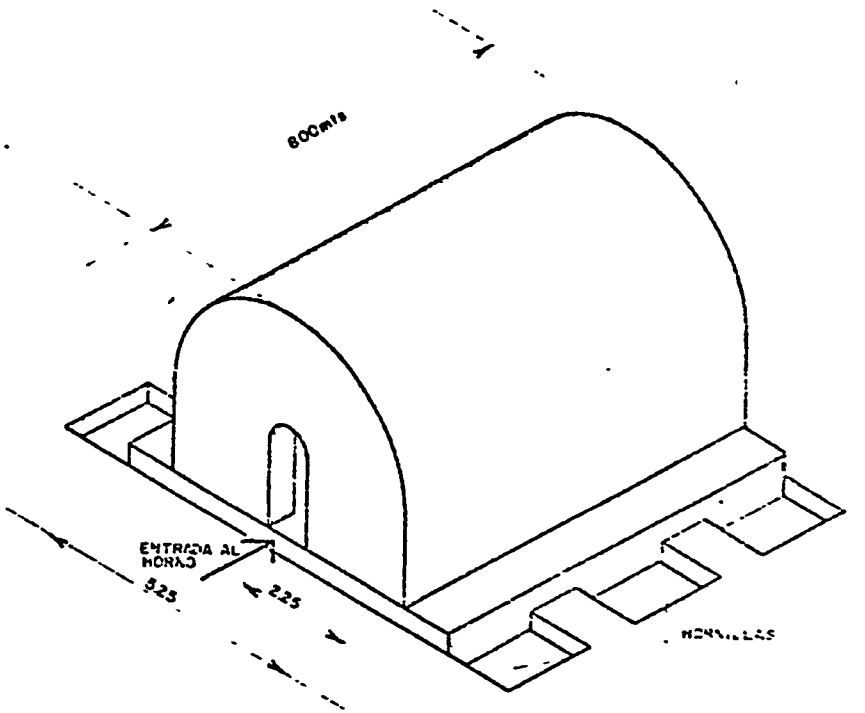


FIGURA Nº 2



ISOMETRICO HORNO GRANDE

NTA DE DISTRIBUCION DE HORNOS LADRILLERA LA URUCA

SIN ESCALA

ALUNASA

Situación

A. 1 Horno fundido

3 Qumadores

A. 1.9×10^6 Kcal/hr.

B. 1.9×10^6 Kcal/hr.

C. 1.0×10^6 Kcal/hr.

Temperatura máxima de fundido 780°C

Temperatura normal de fundido 760°C

Impurezas de llama

B. 1 Horno de formado

2 Quemadores

A. 1039 000 Kcal/hr.

B. 1039 000 Kcal/hr.

Temperatura normal de operación 735°C $\pm$ 5°C

114

CONAPROSAL

La industria tiene como actividad la refinación de sal, y es única en su ramo, es realmente básico para la actividad productiva del país ya que la sal refinada es usada por una cantidad apreciable de industrias principalmente alimentos. La situación de la empresa debido a su ubicación en Colorado de Abangares es muy característica, dado que no cuentan con el sistema interconectado de electricidad, por lo que deben generar su propia energía eléctrica, esto lo hace con plantas de generación a diesel. Una con capacidad de 175 kW modelo 3408 Carterpillar y otra con capacidad de 3306, Carterpillar. El gasto promedio de energía eléctrica es satisfecho por la planta de 175 kW con un gasto de diesel de 1600 a 1300 litros por día.

Los requerimientos de vapor son considerables para lo cual cuenta con una caldera de 600 HP (de acuerdo con los encargados) de origen alemán y marca TEN HORN. En lo referente a las libras de vapor por hora generadas existen contradicciones, pero están seguros que gastan de 5 a 6 m^3 de agua por hora lo que equivaldría a 6000 Kgr de vapor/hr ó 13 200 libras/hora a una presión de $10Kg/cm^2$ (vapor saturado). El gasto de bunker es de 6000 a 8000 litros/día.

La planta trabaja 20 días/mes y 24 horas/día. El vapor es consumido en la planta y el retorno es casi cero por lo que el gasto en elementos químicos para tratamiento de agua es grande.

La planta tiene una capacidad de refinación de 2500 kilos/hora, y actualmente están refinando 2000 kilos/hora.

El precio de los derivados de petróleo los afecta bastante, debido al consumo que tienen, ellos estiman que el peso del combustible entre diesel y bunker asciende al 20% del precio de la sal refinada.

Ellos cuentan con una única caldera, por lo que están procesando en una que queme desechos sólidos, como alternativa de seguridad para las de bunker.

La Gerencia de la empresa mostró gran interés en los sistemas propuestos,

gasificación de leña, o cáscara de arroz. De acuerdo con las observaciones llevadas a cabo cuentan con espacio suficiente para hacer la substitución, una copia del plano de la ubicación de la caldera nos será entregado posteriormente.

TICA TEX (TEXTILE INDUSTRY)

Boilers

Boiler #	Power	Capacity	Brand	Model	Type
1	400 BHP	11 000 lbs/hr	Kure	KM H10	Firetubes
2	400 BHP	11 000 lbs/hr	Kure	KM H10	Firetubes
3	400 BHP	11 000 lbs/hr	Kure	KM H10	Firetubes
4	400 BHP	11 000 lbs/hr	Kure	KM H10	Firetubes

Saturation pressure 7 kg_f/cm^2

Boiler #	Nominal Consump lt/hr	Actual Consump lt/hr	# hours Working hr/month	Load Factor % 1/	Load Factor % 2/
1	342	270,83	90	10	12
2	342	292,03	312,5	37	43
3	342	226,67	233,3	21	32
4	399	136,13	144,8	6	20

717

ENCUESTA SOBRE EL USO DE LEÑA EN LA INDUSTRIA TRADICIONAL

Fecha: _____ Encuestador _____

1/ Load factor bused on fuil = $\frac{\text{total consumption/month}}{\text{peak demand/hour} \times \frac{\#\ \text{hours}}{\text{month}}}$

2/ Load factor bused on time = $\frac{\text{hours working/month}}{\text{total hours in month}}$

Notes:

1. They work 12 hr/day and 280 days/year

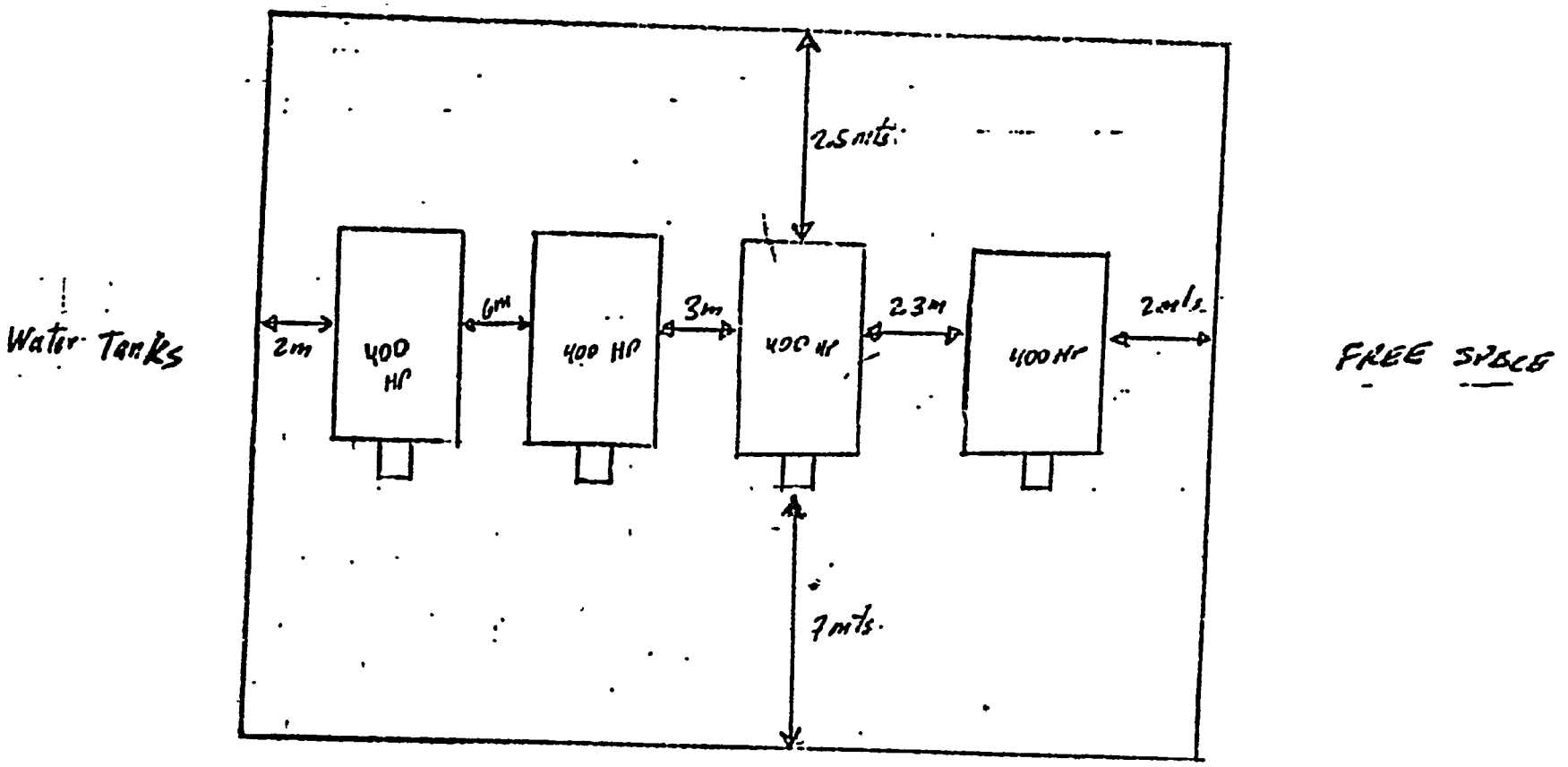
2. They have three peaks during the day, halfhours each.

3. Normally two boilers work and two are in stand by.

4. Maximums load factor boil on time of the system is 57%.

5. According to the information would be necessary at least. Two gasifiers for boiler No. 2 and boiler No. 3 of 400 Hp and 350 BHP respectively. However, they switch boilers; in other words the principal system can be whatever two of four boilers.

PRIVATE. PROPERTY



PLANT

COOPERATIVA MONTECILLOS (MEAT PACKING PLANT)

Boilers

Boiler #	Power BHP	Capacity lbm/hr	Brand	Model	Type
1	500	13 550	York-Shipley	SPHC-500-6	Firetubes
2	400	10 792	Cleaver Brooks	CB-400	Firetubes
3	200	6 675,4	Ciclo Therm	-----	Firetubes

Sàturation preassure = 7 kg/cm^2

All of them use bunker as fuel

Boiler #	Nominal Consump lt/hr	Actual Consump lt/hr	# hours working hr/year	Load Factor 1/	Load Factor 2/
1	525	303,20	2 587,5	17%	29%
2	420	303,20	2 587,5	21%	29%
3	210	161,69	312	3%	3,56

Notes:

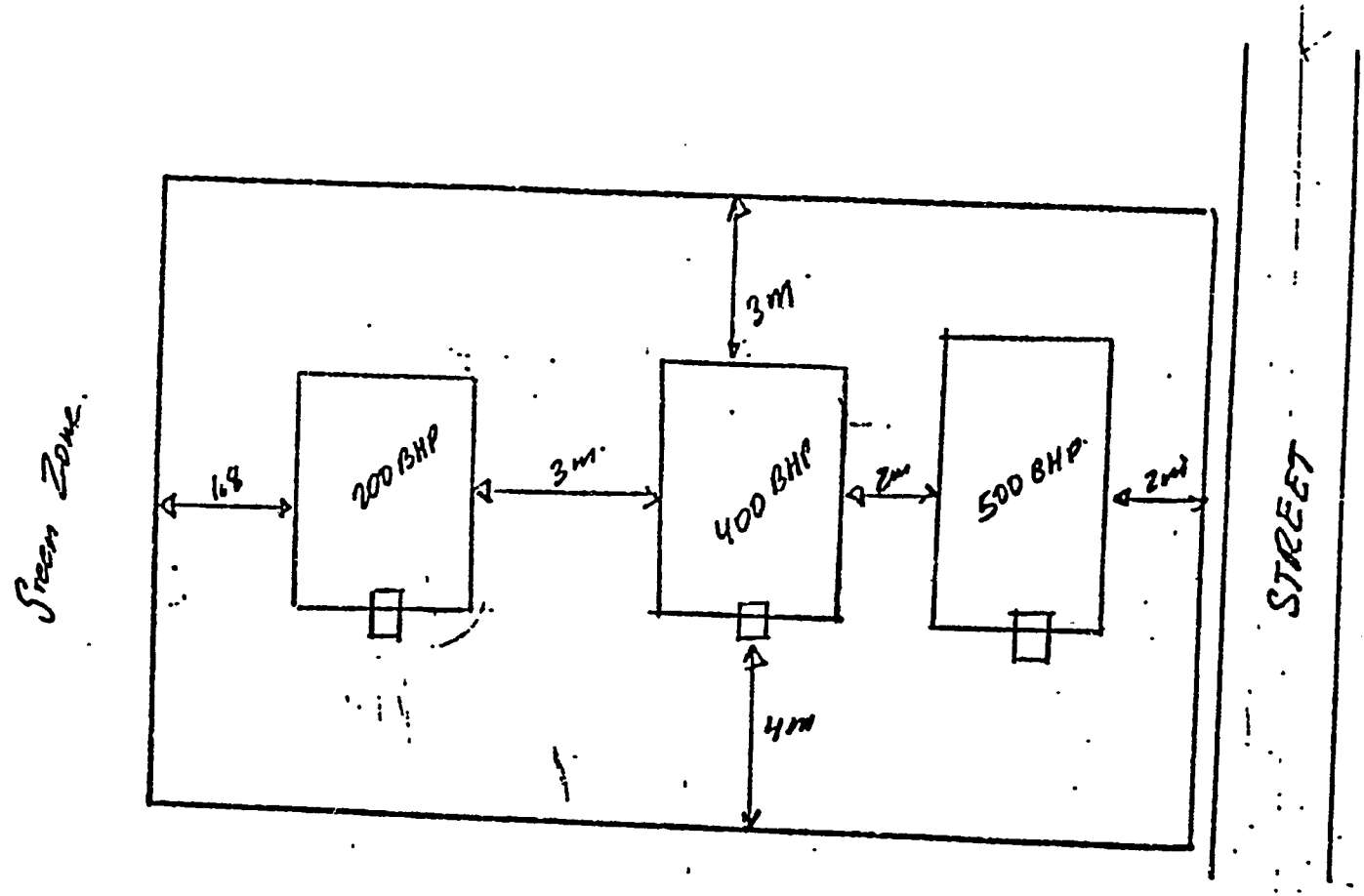
1. They work 16/day from Monday to Friday and they use only one boiler.

2. They work 5 months with boiler #3, and them they change to boiler #2.

3. They use boiler #3 only for saturday's, working 6 hours.

4. The maximum load factor of the system is 51%.

5. Gasifier capacity should have an outlet of 400 BHP, current load factor would double if unit could either be attached to 2 boiler or 1 boiler operated virtually all the time.



FREE SPACE

COOPERATIVA DE PRODUCTORES DE LECHE DOS PINOS-SAN CARLOS

(DAIRY PRODUCTS)

BOILERS

Boiler #	Power BHP	Capacity	Brand	Model	Type
1	350	11 734	Cleaver Brooks	CB600-350	Firetubes
2	500	17 250	Cleaver Brooks	HTH-500	Firetubes
Air Heater			Urnadwn Oertly (Denmark		

Saturation Pressure = 10,5 kgf/cm^2

Boiler #	Nominal Consump lt/hr	Actual Consump lt/hr	# hours Working hr/year	Load Factor % 1/	Load Factor % 2/
1	368,55	---	3 660	---	42
2	627,04	---	3 660	---	42
Air Heater	---	---	7 300	---	83

1/ Load factor bused on Fuel = $\frac{\text{Total consumption/month}}{\text{peak demand/hour} \times \frac{\text{\# hours}}{\text{months}}}$

2/ Load factor bused on time = $\frac{\text{hours working/year}}{\text{total hour in a year}}$

Notes:

1. This dairy milk plant is located in San Carlos, Alajuela about 100 km away from San José, where there is a high concentration of sawmill slabs, aproximatly 100 tons/day

2. They use on boiler per week (350 BHP one week and 500 BHP the other)

3. The hot air heater is use to make dust milk, no technical data was possible to get from this boiler, it is a Denmark brand.

4. 20 hours/day and 183 days/year is the working time for the steam boilers.

5. 20 hours/day and 365 days/year is the working time for the hot air boiler.

6. The gasification system may be a 350 BHP capacity, and it should be matched to 500 BHP boiler as well.

7. The gasifier system for hot air boiler should be determined.

PIELES DE COSTA RICA (LEATHER INDUSTRY)

Boilers

Boiler #	Power BHP	Capacity lbm/hr	Brand	Model	Type
1	350	9 894	York-Shipley	Spik-350	Firetubes
2	200	5 632	York-Shipley	SPHC-200	Firetubes

Saturation Pressure = 7,5 kgl/cm^2

Boiler #	Nominal Consump lt/hr	Actual* Consumpt lt/hr	# hours Working hr/year	Load Factor 1/	Load Factor 2/
1	368,5	166,66	3 700	19	41
2	210,6	93,74	3 700	19	41

* Continuos work

1/ Load factor bused on fuel = $\frac{\text{Total consumption/year}}{\text{peak demand/hour} \times \frac{\text{\# hours}}{\text{month}}}$

125

2/ Load factor bused on time = $\frac{\text{hours working/month}}{\text{total hour in a month}}$

Notes:

1. They use the boilers alternatively during the day the #1 (6 am to 6 pm.) during the nigh #2 (6 pm to 6 am).

2. They don't have peaks in demand, this is constant.

3. Acording to the draw attached, if we turn the boilers would be enough space for retrofitting.

4. The gasifier capacity may be in the range of 350 BHP to 250 BHP

5. One gasifier would work with both boilers, getting a maximun load factor of 60%.

6. The fuel substitution/year connected to boiler # 1 ~ 163 000 gal/year
connected to boiler #1 and #2 ~ 270 000gal/year

A N E X O 12

CUESTIONARIOS

PERFIL DE DEMANDA EN EL SECTOR AGRICOLA

Nombre de la empresa _____

Dirección de la empresa _____

Número de teléfono _____

Nombre de la persona entrevistada _____

PLANTAS DE GENERACION

1. En qué lugares existen más concentración de estas plantas. _____

_____

2. Marcas más comunes de las plantas _____

_____

3. Potencias promedio de los medios de concentración

_____

_____

4. Uso mayor de las plantas. (iluminación, energizar motores, etc.).

_____

5. Cuál es la posibilidad de que las áreas de mayor concentración de plantas adquiera en el futuro electricidad del sistema interconectado.

_____

_____

6. Gasto promedio de acuerdo a las potencias promedio _____

_____

7. Ventas en los últimos 10 años. _____

_____

_____

PERFIL DE DEMANDA EN INGENIOS DE AZUCAR

Nombre de la empresa _____

Dirección de la empresa _____

Número de teléfono _____

Nombre de la persona entrevistada _____

1. Cuál es la capacidad de producción de la empresa. _____

2. Cuál es la producción real de la empresa _____

3. Cuáles son los tipos de productos producidos. _____

4. Cuáles son los subproductos producidos. _____

5. Cuál es la cantidad de azúcar extraída por tonelada de caña.

6. Período de zafra. _____

7. Cantidad de bagazo producido por tonelada de caña. _____

8. Cambios existentes en el suministro de caña durante la zafra.

9. Número, marca, modelo y tipo de calderas. _____

10. Presión y temperatura de trabajo de las calderas. _____

11. Cantidad de bagazo consumido por tonelada de azúcar producido. _____

12. Cantidad de bagazo consumido por libra de vapor producido. _____

13. Cantidad de libras de vapor producidas por la caldera. _____

14. Consumo real y nominal de la caldera, si esta consumo búnker. _____

15. Factor de carga de la caldera. _____

16. Energía producida por el ingenio, especificar si es térmica o hidráulica. _____

17. Estudiar si existen turbinas acopladas a los molinos, estudiar presiones de entrada y salida. _____

18. Existe excedente de bagazo? _____

19. Qué se hace con el excedente de bagazo? _____

3	342	226,67	233,3	21	32
4	399	136,13	144,8	6	20

717

ENCUESTA SOBRE EL USO DE LEÑA EN LA INDUSTRIA TRADICIONAL

Fecha: _____ Encuestador _____

1) Datos Generales

- Nombre o razón social de la empresa _____

_____

- Tipo de industria _____

- Ubicación. Dirección exacta _____ _____ _____
Provincia Cantón Distrito

_____ _____
Caserío Otros

- Teléfono _____ Apartado Postal _____

- Dueño, Gerente o Representante _____

2) Datos de la industria

- Breve descripción de la industria (maquinaria, equipo, personal, cambios en los últimos dos años, otros) _____

_____

_____

_____

- Principales productos que elabora la empresa en orden prioritario de acuerdo al ingreso _____

_____

_____

731

CUADRO No. 1

Tipo(s) combustible(s) utilizado(s)

Combustible	Cantidad	Tiempo	%

3) Utilización de leña

A. Tipo de abastecimiento

Canales utilizados (propio, compra directa o intermediarios (nombre-dirección)

Comentario _____

_____

_____

_____

CUADRO No. 2

Tipo de leña utilizada (marque con X)	Cantidad	Precio	Procedencia
- Residuos de aserradero / ___ /			
- Leña de cafetales / ___ /			
- Leña de montaña / ___ /			
- Otros (especifique) / ___ / _____			

- Cuál ha sido la variación de precios de la leña de 1981 con respecto a 1983; comente _____

_____

_____

- Qué tipo de residuos son los preferidos. Por qué? _____

_____

_____

_____

CUADRO No. 3

Dimensiones Preferidas

	Mínimo	Máximo
Largo		
Diámetro		

CUADRO No. 4

Costos de transporte

Cantidad	Distancia	Precio	Tipo de transporte

- Cuál es la cantidad necesaria para cubrir el proceso de producción de (unidad de tiempo): _____

_____

- Cuánta cantidad realmente invierte en el proceso de producción, basado en la misma cantidad de tiempo considerada anteriormente: _____

_____

- Hay alguna variación en las diferentes épocas del año para la disposición de leña. Comente _____

_____

_____

B. Tipo de almacenamiento

Con qué área y capacidad al aire libre o bajo techo cuenta la empresa?

_____

_____

Problemas de abastecimiento y almacenamiento

- Calidad _____
- Precio _____
- Cantidad _____
- Transporte _____
- Espacio _____
- Problemas legales _____

Comente: _____

_____

_____

CUADRO No. 5

Producción	Consumo de leña	Observaciones sobre el rendimiento por tipo de leña

Qué problemas se presentan al utilizar residuos leñosos como combustible?

_____

_____

_____

Planes futuros en lo referente al uso de leña como combustible. Comente:

_____

_____

_____

_____

A N E X O 13

USUARIOS TRADICIONALES DE LEÑA

USUARIOS TRADICIONALES DE LEÑA

En el presente trabajo se analizan con mayor énfasis industrias tales como:

A) Caleras
B) Ladrilleras
C) Panaderías

Existe un número mayor de industrias que utilizan la leña como combustible, por ejemplo: salineras, beneficios de café, trapiches, tortillerías, etc., sin embargo, el caso de beneficios de café y salineras han sido analizadas en parte por la unidad de investigación de la Dirección General Forestal y el CATIE.

A) Panaderías

Inicialmente casi todas las panaderías, establecidas utilizaban diesel en su proceso productivo siendo un mínimo porcentaje las industrias que hacían uso de la leña.

La utilización de esta se hizo más evidente a partir de 1981, dado que se dió un aumento en los combustibles fósiles (hidrocarburos).

Tal cambio provocó que algunas de las panaderías igualmente realizaran cambios en sus hornos, pero esto no presentó mayor problema.

Los resultados para el empresario panadero fueron satisfactorios pues estiman que con la cantidad de dinero que invierta para trabajar en horno con diesel un día de trabajo, guarda estrecha relación con el valor de la compra de leña, le rinde para la cocción del pan de 7 días.

Sin embargo, por razones de aseo del local no existe la misma satisfacción en el uso de la leña como del diesel, algunos residuos como carboncillo menudo se regalan.

Uno de los problemas en el abastecimiento es el contenido de humedad por lo que algunos empresarios optan por utilizar el quemador diesel para el encendido de la leña.

En general, las dimensiones de la leña requeridas para panaderías no representa problemas, interesa solamente que esta esté relativamente seca.

En cuanto a calidad de la leña, se prefiere aquellas de mayor densidad como lo son, el café, el roble y guachipetín.

Enumerar los diferentes productos que se procesan en las panaderías, es muy amplio y variable, por tal razón, la relación de producción o consumo de leña se da a conocer en kilogramos de harina empleados (ver cuadro No. 8).

B) Ladrilleras

La producción en este tipo de industria es igualmente variable pues se produce también loceta, tubos, ladrillo hueco, tejas y ladrillos sólidos siendo este último el principal producto en las ladrilleras encuestadas.

La utilización de leña económicamente, está determinada con respecto al diesel con base en 0,6 galones/camión de 8 m^3 para una horneada con diesel y 2 horneadas con leña.

Tanto las ladrilleras como las panaderías cuentan con un lugar en la planta para el almacenaje temporal de la leña, algunos mayor que otros pero siempre con la previsión de mantener en existencia por lo menos de 1 a 2 cargas requeridas para la semana siguiente.

C) Calderas

La producción de cal a partir de la piedra caliza desde sus inicios hace unos ochenta años no ha tenido mayor variación. Aún hoy en día se utiliza el mismo proceso artesanal.

En este tipo de industria, los hornos tienen igual dimensión y volumétricamente se encuentran entre los 20 y 25 m^3.

El proceso de quemado de la piedra tiene como duración en promedio de 80 a 90 horas, es decir, tres día y tres noches, por lo tanto podría bien establecerse una semana entre encendidos del horno considerando la carga y descarga del mismo.

Con las dimensiones del horno antes expuesto se obtienen aproximadamente 450 quintales de cal en bruto. La cantidad de madera necesaria para obtener dicha cantidad de cal es muy variable en las diferentes épocas del año (seca y lluviosa) pues en la época o estación lluviosa, existe una alta humedad en los hornos y se requiere más leña.

Según se aprecia en el cuadro No. 8 (Producción vrs. Cantidad de Leña), y tomando en cuenta que los datos fueron recopilados al finalizar la época seca e inicios de la estación lluviosa, se puede establecer que en promedio, 66 m^3 de leña son requeridos para obtener 450 quintales de cal bruta en 3 días y 3 noches.

b) Intermediarios

Los intermediarios juegan un papel sumamente importante en la comercialización de la leña, su actividad es desarrollada no solo en la zona donde se encuentran ubicadas las industrias consumidoras de esta, sino que abarcan zonas como lo son:

-montañosas
-poblados cercanos o fincas cafetaleras o montaña y
-industrias productoras de residuos de madera (aserraderos).

No existe una tarifa establecida por metro cúbico de leña, en algunos casos esta tiende a ser de 150 ₡/m^3 cuando es leña de poco diámetro o se encuestra con un alto contenido de humedad y hasta 250 y 300 ₡/m^3 al presentar condiciones contrarias a las anotadas anteriormente. Esto no es regla establecida pues hay casos en que un mismo intermediario ha suplido a su comprador durante varios años con leña de muy buena calidad a un costo más bajo.

c) Compra directa

Se presenta en un alto porcentaje de las encuestas realizadas, pero no constituye el único medio de abastecimiento pues hacen de intermediarios. Podría establecerse un costo por m^3 de ₡150 al ser comprado directamente.

En general no existe una preferencia establecida referente al tipo de leña a utilizar en los hornos, bien pueden consumir leña de montaña, de aserraderos o cafetales siempre que no esté muy húmeda (relativamente seca). En cuanto a dimensión prefieren piezas de fácil manipulación, que no requieran ser reducidas de tamaño pues este aumentaría los costos.

Otro aspecto interesante que debe ser resaltado, es el hecho de que no todas las caleras efectuarion una quema por semana, y que algunas realizan quemas por mes y otras solamente 1 en igual tiempo. Esto se debe a que:

a) Se requiere cierto capital (aproximadamente ₡30 000 para una horneada)
b) La obtención de leña semana a semana y en tales cantidades no es tan dinámica.
c) Y como último aspecto se tiene que algunos intermediarios brindan servicio a varias caleras pero no a todas al mimso tiempo.

Costos de la leña

Las variaciones de precio de la leña se pueden analizar dependiendo del tipo de abastecimiento que se de, unos de ellos son:

a) Leña propia, extraída de finca
b) Intermediarios (fijos y esporádicos)
c) Compra directa

a) Leña propia

En este primer caso, parece ser que las personas que se encuentran involucradas con la fabricación de cal no cuentan con otra actividad, de las personas encuestadas (caleras) solo una dió a conocer que parte de la leña que él utiliza proviene de su pequeña finca cafetalera pero que desgraciadamente no era la suficiente para cubrir el proceso de producción de un año, por lo que hace uso de intermediarios para obtener el faltante. En las panaderías se presenta un caso similar, a diferencia que los empresarios que poseen finca y esta se encuentra en cambio de uso, el abastecimiento para el año no es problema, pues utilizan menos cantidad que los caleros.

Variación del precio (1981-1983)

Se considera que ha habido una alza de 330 a 350% con respecto a 1981 en los precios de leña que es comprada a los intermediarios. Anteriormente, el precio/m^3 era de ₡60, mientras que actualmente el precio oscila entre 200 y 300 colones.

CUADRO No. 9

COSTOS DE TRANSPORTE DE LEÑA

Cantidad (m^3)	Costo ₡	Procedencia	Costo/m^3
12	1500	SJ. Montaña	125
12	1300	Alajuela	108
12	1000	San José	83
6	500	10-15 km	83
12	2000	Grecia	166
7	1000	10 km	142
7	1500	San José	214
7	1800	Alajuela	257
7	2400	Turrialba	342

Generalmente utilizan camiones y carretas.

En resumen para las diferentes industrias analizadas se presentan los siguientes rendimientos.

CUADRO No. 10

Industrias	Producción	Consumo de leña (m^3)
Panaderías -pequeña (1 solo turno)	63 kgs de harina	1 m*
Panadería -mediana (2 turnos)	168 kg de harina	1,5*
Panadería -med.-grande (2 turnos)	450 kg	1 m**
Ladrilleras -pequeñas	7000 ladrillos	12 m^3
-medianas	13000 ladrillos	
Caleras (75 hrs de horneada)	450 qt/horneada	66 m^3/horno

* Hornos de piedra y barro

**Los hornos son más eficientes (metálicos).

A N E X O 14

CALCULOS ECONOMICOS PARA EQUIPOS DE SUSTITUCION

Unidad B:

Escala (bhp)	ex-Fábrica U.S.		Importado e instalado en Costa Rica*		Fabricado en Costa Rica e instalado	
	solo gasificador ($/bhp)	gasificador y secadora ($/bhp)	solo gasificador ($/bhp)	gasificador y secadora ($/bhp)	solo gasificador ($/bhp)*	gasificador y caldera ($/bhp)
100	425	880	616	1276	408	845
250	260	543	377	787	250	521
300	250	483	363	700	240	464
400	206	413	299	599	198	396
600	308	625	447(B3)	906(B4)	296(B1)	600(B2)

* costos de importación e instalación, se asumen en un 45% del valor ex-fábrica de equipo.

NOTA: bhp = Caballo Caldera

CUADRO A 14-1

COSTOS DE INVERSION DE LAS UNIDADES A - E EN DIFERENTES CONFIGURACIONES

Unidad A:

Escala (bhp)	ex-Fábrica U.S.		Importado e instalado en Costa Rica**		Fabricado en Costa Rica e instalado	
	con caldera ($/bhp)	sin caldera ($/bhp)	con caldera ($/bhp)	sin caldera ($/bhp)	con caldera ($/bhp)*	sin caldera ($/bhp)
100	1485	1200	2153	1740	1563	1190
300	620	483	899	700	663	464
600	483	375	700(A4)	544(A2)	516(A3)	360(A1)
800	505	388	732	563	542	372

* solo combustor es fabricado en Costa Rica, la caldera es importada.

** costos de importación e instalación, se asumen en un 45% del valor ex-fábrica de equipo.

NOTA: bhp = Caballo Caldera

Unidad C:

Escala (bhp)	Ex-Fábrica Brasil ($/bhp)	Fabricado en CR e instalado[1] ($ bhp)
50	400	460
100	300	345 (C)
150	n/a	n/a

1) Se asumen los mismos costos de fabricación e instalación que en Brasil.

NOTA: bhp = Caballo Caldera

Unidad D:

Escala (bhp)	ex-Fábrica U.S.		Importado e instalado en Costa Rica*		Fabricado en Costa Rica e instalado	
	solo gasificador ($/bhp)	gasificador y secadora ($/bhp)	solo gasificador ($/bhp)	gasificador y secadora ($/bhp)	solo gasificador ($/bhp)*	gasificador y caldera ($/bhp)
45	449	545	763	763	431	523
90	297	345	483	483 (D3)	285 (D1)	331(D2)
180**	198	231	323	323	190	222

* Contempla una estimación para proceso automático de carga normalmete dado por la secadora en sí, más un quemador para la caldera.

** Estimación preliminar.

NOTE: El costo de importación e instalación es 1.4 veces el costo ex-fábrica, por ser un paquete.

Unidad E:

Escala (bhp)	ex-Fábrica U.S. ($/bhp)	importado e installado* ($/bhp)	no hay otras opciones...
450	1600	2240	
100	1000	1400	
300	570	798	
600	407	570 (E)	
800	516	722	

* El costo de importación e instalación es 1.4 veces el costo ex-fábrica, por ser un paquete.

Unidad E:

Escala (bhp)	ex-Fábrica U.S. ($/bhp)	importado e installado* ($/bhp)	no hay otras opciones...
450	1600	2240	
100	1000	1400	
300	570	798	
600	407	570 (E)	
800	516	722	

* El costo de importación e instalación es 1.4 veces el costo ex-fábrica, por ser un paquete.

CUADRO A-14-2

Cargo Anual de Capital para Planta y Equipo

	Cargo de capital por Caballo Caldera $/año	Cargo de Capital por Gigajoule ($/año) a factor de carga		
		25%	45%	65%
600 Caballos Caldera				
Unidad tipo A:				
A 1- solo combustor/fabricado en CR	120	1.34	0.74	0.52
A 2- solo combustor/importado	182	2.04	1.13	0.78
A 3- paquete completo/combustor fabricado en Costa Rica	172	1.93	1.07	0.74
A 4- paquete completo/todo importado	234	2.62	1.45	1.01
Unidad tipo B:				
B 1- sin secador/fabricado en CR	99	1.11	0.62	0.43
B 2- con secador/fabricado en CR	200	2.24	1.24	0.86
B 3- sin secador/importado	149	1.67	0.92	0.64
B 4- con secador/importado	302	3.38	1.87	1.30
Unidad tipo E:				
E 1- caldera completa importada	190	2.13	1.18	0.82
100 Caballos Caldera				
Unidad tipo C:				
C - Unidad fabricada en CR	115	1.29	0.71	0.49
Unidad tipo D:				
D 1- sin secador/fabricado en CR	95	1.06	0.59	0.41
D 2- con secador/fabricado en CR	111	1.24	0.69	0.48
D 3- con secador/importado	161	1.80	1.00	0.69

CUADRO A-14-3

COSTOS DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

600 bhp	Mantenimiento adicional por año por bhp	Consumo adicional de electricidad por año por bhp	Total adicional por año por bhp	Total adicional por GJ por año		
				25% ($)	45% ($)	65% ($)
Unidades (todos lo mismo)	$ 23.45	$ 16.40	$ 39.85	0.45	--	--
	"	29.55	53.00	--	0.33	--
	"	42.70	66.15	--	--	0.28
Unidades B- con secadora B_2 o B_4	$ 39.05	$ 21.90	$ 60.95	0.68	--	--
	"	39.40	78.45	--	0.49	--
	"	56.90	95.95	--	--	0.41
sin secadora B_1 o B_3	$ 19.05	$ 10.95	$ 30.00	0.34	--	--
	"	19.70	38.75	--	0.24	--
	"	28.45	47.50	--	--	0.20
Unidades E: 00 bhp	$ 23.40	$ 10.95	$ 34.35	0.38	--	--
		19.70	43.10	--	0.27	--
		28.45	51.85	--	--	0.22
Unidades C:	$ 17.25	$ 5.50	$ 22.75	0.25	--	--
		9.85	27.10	--	0.17	--
		14.25	31.50	--	--	0.14
Unidades D: D_1	$ 17.10	$ 10.95	$ 28.05	0.31	--	--
		19.70	36.80	--	0.23	--
		28.45	45.55	--	--	0.20
D_2	$ 19.85	$ 21.90	$ 41.75	0.47	--	--
		39.40	59.25	--	0.37	--
D_3		$ 56.95	$ 76.80	--	--	0.33

ta bhp= caballo de caldera.

tema de bunker y se calc

equipo (en el país de

a) x 1.25 x 0.05.

cadora x 1.25 x 0.05.

5.

5.

5.

ma de bunker).

hp con secadora.

bhp con secadora.

NOTAS PARA TABLA A-14-2

1) El Factor de Recuperacion de Capital (FRC), se basa en una tasa del 20% de descuento y una depreciacion de 5 años hacia cero. Utilizando la ecuacion:

$$FRC = \frac{x}{1-(1+x)^{-M}}$$

Donde: x = tasa de descuento asumida
M = vida util asumida

NOTAS AL CUADRO A-14-3

1) Mantemiento es adicional con respecto a un sistema de bunker y se calcula como equivalente al 5% del costo instalado del equipo (en el país de origen).

A) Costo ex-fábrica del combustor (sin caldera) x 1.25 x 0.05.

B) Costo ex-fábrica de la unidad con y sin secadora x 1.25 x 0.05.

C) Costo ex-fábrica de la unidad x 1.15 x 0.05.

D) Costo ex-fábrica de la unidad x 1.15 x 0.05.

E) Costo ex-fábrica de la unidad x 1.15 x 0.05.

2) Requerimiento de potencia, (adicional al sistema de bunker). 5/Kwh).

A) 15 KW / 100 bhp

B) 10 KW / 100 bhp sin secadora, 20 KW/ 100 bhp con secadora.

C) 5 KW / 100 bhp

D) 10 KW / 100 bhp sin secadora, 20 KW / 100 bhp con secadora.

E) 10 KW / 100 bhp

CUADRO A 14-4

COSTO TOTAL POR GIGAJOULE DEL LADO DE DEMANDA A TRES FACTORES DE CARGA

600 caballos de caldera	Costo Total del Equipo A factor de carga			Energía de leña para sustituir 1 GJ de bunker (GJ poder calórico inferior)	Costo de preparación de combustible ($ por GJ de bunker)	Costo total del "lado de demanda" ($ por GJ de bunker) A factor de carga		
	25%	45%	65%			25%	45%	65%
Unidades A				1.15 (todos)	0.63 (todos)			
A_1	1.79	1.07	0.80			2.42	1.70	1.43
A_2	2.49	1.46	1.06			3.12	2.09	1.69
A_3	2.38	1.40	1.02			3.01	2.03	1.65
A_4	3.07	1.78	1.29			3.70	2.41	1.92
A_5								
Unidades B				1.15 (todos)	0.63 (todos)			
B_1	1.45	0.86	0.63			2.08	1.49	1.26
B_2	2.92	1.73	1.27			3.55	2.36	1.90
B_3	2.01	1.16	0.84			2.64	1.79	1.47
B_4	4.06	2.36	1.71			4.69	2.99	2.34
Unidades E 100 caballos de caldera	2.51	1.45	1.05	1.06	0.58	3.09	2.03	1.62
Unidades C	1.54	0.88	0.63	1.22	0.67	2.21	1.55	1.30
Unidades D				1.15 (todos)	0.63 (todos)			
D_1	1.37	0.82	0.61			2.00	1.45	1.24
D_2	1.71	1.06	0.81			2.34	1.69	1.44
D_3	2.27	1.37	1.02			2.90	2.00	1.65

NOTAS AL CUADRO A-14-4

Eficiencia asumida para cada unidad:

A) 75%

B) 75%

C) 76%

D) 73%

E) 80%

En comparación con una caldera de bunker con una eficiencia es:

A) 87%

B) 87%

C) 82%

D) 87%

E) 94%

muy alta en la producción de residuos (mantenimiento del aserradero) en las diferentes industrias, esto debido a que el rendimiento depende del equipo, el personal, las especies, los productos y el acabado final de estos.

El volumen de residuos otenido en base a la encuentas aplicada es superior al resultado obtenido con el estudio de rendimientos de aserrío realizado por la DGF, Ofiplan e ITCR por lo que se recomienda utilizar el dato obtenido por el estudio de dichas instituciones el cual se anota en el resumen por cada zona.

RESIDUOS DISPONIBLES EN OTRAS INDUSTRIAS FORESTALES

Se realizó un pequeño estudio entre diferentes industrias de la madera con el fin de determinar la disponibilidad de residuos tanto sólidos como finos, fueron consultadas 17 empresas haciendo énfasis en la posibilidad de contratr los residuos, esta sobre todo para las empresas que mayor cantidad de residuos producen por día (2 m^3/día).

En la actualidad las empresas estudiadas solo venden la leña, todas las demás regalan tanto la leña como el aserrín y la burucha.

La burucha normalmente durante los meses de invierno tiene mucha demanda ya que se utiliza en granjas y lecherías.

Una ventaja de estos residuos de industrias de la madera es que los residuos están secos normalmente entre 12 y 17% de contenido de humedad (base seca).

Las industrias en su mayoría se encuentran en un radio no mayor de 10 Km de San José Centro para la recolección de estos residuos es muy factible.

El cuadro No. 7 muestra el resumen del estudio en cuanto a producción de residuos y disponibilidad.