



CORFO – CODESSER

(02/10/08 – 30/04/09)



**INFORME FINAL
ASISTENCIA TÉCNICA
(PI: Medio Ambiente)**

EMPRESA

ROBERTO TAMM Y CIA. LTDA.

AREA DE LA ASISTENCIA

PREINVERSIÓN MEDIO AMBIENTE

TEMA DE LA ASISTENCIA

Evaluación de Alternativas de Manejo de Purines,
Generación de Biogas y Energía Eléctrica

EMPRESA CONSULTORA: Ingeniería Proquilab Ltda.

JEFE DE PROYECTO: ING. RICARDO CERECEDAORMAZABAL

CONTRAPARTE EMPRESARIAL: Sr. Andrés Tamm Plesch

Cargo: Gerente General

Teléfono: (72) 714590

Abril - 2009

Esta Asistencia Técnica fue cofinanciada a través del Fondo de Asistencia Técnica (FAT) de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO)

INDICE

1	INFORME EJECUTIVO	3
2	DESARROLLO	7
2.1	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	7
2.1.1	Objetivos Generales	7
2.1.2	Objetivos específicos.....	7
2.2	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	7
2.2.1	Actividades desarrolladas en la consultoría	8
2.2.2	Metodología.....	9
2.3	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA AMBIENTAL EVALUADO	10
2.3.1	Datos específicos de la empresa.....	10
2.3.2	Procesos Productivos desarrollados por la empresa	11
2.3.3	Problemática principal de la empresa, su relación con los objetivos de la propuesta y las principales acciones realizadas.	19
2.3.4	Grado de avance en implementaciones de mejoramiento ambiental (tecnologías blandas y duras) ya incluidas en el proceso.	19
2.3.5	Análisis de la situación de la empresa y su entorno.....	24
2.4	DEFINICIÓN O VALIDACIÓN DE UN LISTADO DE TECNOLOGÍAS DURAS PREVENTIVAS Y/O CONTROL	40
2.4.1	Generalidades	40
2.4.2	Ubicación de la Planta.....	41
2.4.3	Selección de la Alternativa	44
2.4.4	Normativas Ambientales a considerar	44
2.5	ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR	46
2.5.1	Alternativa 1: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (CWU) 46	
2.5.2	Alternativa 2: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (HBS Energía).....	48
2.5.3	Alternativa 3: Procesamiento de purines mezclados con otros desechos agrícolas. (PROQUILAB).....	49
	Análisis de alternativas de sistemas de tratamiento	51

2.6	ESTIMACION DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS DE OPERACIÓN	52
2.6.1	Costos de Inversión para las Alternativas	52
2.6.2	Costos de Operación	55
2.7	ESTIMACION DE BENEFICIOS ECONOMICOS Y AMBIENTALES	57
2.7.1	Beneficios Económicos.....	57
2.7.2	Beneficios ambientales directos e indirectos.....	57
2.8	EVALUACION ECONOMICA.....	59
2.8.1	Costos de Inversión.....	59
2.8.2	Ingresos	60
2.8.3	Costos de Operación	61
2.8.4	Resultados de la evaluación.....	61
2.9	EVALUACION FINANCIERA DE LAS ALTERNATIVAS	62
2.9.1	Introducción	62
2.9.2	Alternativas de financiamiento.....	62
2.10	CONCLUSIONES	64

INFORME FINAL

PLAN DE PREINVERSIÓN EN MEDIO AMBIENTE

EMPRESA : **ROBERTO TAMM Y CIA. LTDA.**
DIRECCION : Fundo Rinconada, Quincharco s/n, Tinguiririca, VI Región de O'Higgins
RUT : 86.579.500-9

CONSULTORA : **INGENIERÍA PROQUILAB LTDA.**
DIRECCIÓN : Alférez Real 1419, Providencia, Santiago
RUT : 78.441.420-5

1 INFORME EJECUTIVO

Roberto Tamm y Cia. Ltda., es una empresa dedicada desde sus comienzos a la explotación lechera, cultivos, frutales y producción de alimentos para animales. Posee una amplia y reconocida trayectoria a nivel regional.

Su reconocida experiencia le ha permitido consolidarse dentro de las agroindustrias más importantes a nivel nacional, a su vez posee el Know How productivo en lo que a Packing y Lechería respecta.

Desde el punto de vista técnico y financiero se considera una mediana empresa con las siguientes características:

- Es una empresa que depende del desarrollo de la industria agropecuaria, cuya actividad Industrial se enmarca en la Lechería (agropecuario), producción de alimentos para ganado(agropecuario), Huertos (agrícola), y Packing (agroindustria).
- Mantiene una nómina promedio de 100 trabajadores entre operarios y administrativos los cuales trabajan con turnos rotativos de lunes a viernes.
- La empresa cuenta con el equipamiento para su procesamiento, almacenamiento, control de calidad y despacho de los productos, los que son comercializados en el mercado nacional. Lo anterior, permite una facturación de aproximadamente 1.950 MM\$/año, además la maquinaria, edificaciones y terreno, así como el resto de los activos que posee, son propios.

Los proveedores de la empresa son los siguientes:

- Copeval
- Aliagro
- Coagra
- Bigdo
- Ferretería Covadonga
- Duratec

Sus principales clientes son Soprole y Frutera San Fernando

Sus procesos se orientan a la producción de Leche Fresca, Kiwis, Avena, Manzanas, Cerezos, Peras y Maíz. Estos procesos se, los que se preparan en sus instalaciones en Tinguiririca, VI Región. Las etapas de cada uno de ellos, se indican a continuación:

Proceso Productivo de frutas

- Recepción de materia Prima:
- Inspección e identificación de bins :
- Tratamiento Postcosecha:
- Proceso de embalaje:
- Rotulación de envases:
- Palletizado:
- Despacho origen o USDA
- Ingreso de información al Sistema Computacional:

Proceso de lechería

- Traslado de animales (desde establos)
- Aplicación de Diping (desinfectante)
- Secado (manual con toallas)
- Instalación de pezoneras
- Ordeña: (succión de la leche)
- Retiro de pezonera
- Aplicación de Diping final
- Acopio a estanque: (de acero inoxidable)
- Enfriado: (en estanque de acero inoxidable)
- Despacho: (a camión aljibes)
- Vaca a establo

Proceso de producción de alimentos

- Traslado de Materias Prima (maíz, sal, poroto soya, bicarbonato, harinilla)
- Molienda (de ingredientes)
- Revolvedora (de ingredientes)
- Ensacado
- Destino a carro forrajero para su distribución

La empresa requiere dar solución al tratamiento y la disposición final de residuos “purines”, el que corresponde a la mezcla de excreta, orina, agua de lavado y restos de los constituyentes de camas como arena, etc. Este residuo líquido se genera en el período de tiempo en que el ganado se encuentra en piso falso o en suelos de baja permeabilidad, donde su escurrimiento se encauza para ser transportado y/o almacenado y luego dispuesto en praderas.

Por lo anterior, la empresa definió desarrollar un proyecto de instalación de un nuevo sistema de disposición de residuos, tipo pozo purinero, que le permitiera mejorar el actual manejo de purines

y así posteriormente evaluar la posibilidad de implementar un biodigestor que le permita la generación de biogás.

Del análisis del manejo actual de purines, del mercado actual y proyecciones para la empresa, alternativas tecnológicas disponibles y ambientalmente viables, se determinaron las siguientes alternativas correspondientes a procesos de producción de biogas y su utilización para generación de energía eléctrica.

La empresa solicitó la presente asesoría cuyo objetivo fue elaborar un estudio de preinversión en que se considerasen y evaluaran diversas alternativas de sistemas de manejo, tratamiento y disposición final, para definir una solución a largo plazo, que cumpla con la normativa vigente y que sea técnica y económicamente factible de implementar por la empresa., para tomar una decisión sobre modificaciones e implementaciones de soluciones de mayores costos y envergadura, sobre la base de antecedentes técnicos, medioambientales y económicos.

Este estudio incluye un análisis de alternativas tecnológicas disponibles, su evaluación técnico-económica y las alternativas de financiamiento disponibles en el mercado, incluyendo las líneas de CORFO, considerando que el proyecto será viable si es técnicamente factible, económicamente rentable y ambientalmente sustentable.

- Alternativa 1: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (CWU).
- Alternativa 2: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (HBS Energía).
- Alternativa 3: Procesamiento de purines generados por 1000 vacas mezclados con otros desechos agrícolas. (proyección a 3 años) (PROQUILAB)

Las inversiones requeridas para cada alternativa se detallan en la tabla siguiente:

Tabla N° 1
Inversiones por Alternativas (Valores en M\$)

<u>Items</u>	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Readecuación de Terreno	10.000	10.000	15.000
Equipos Auxiliares	15.000	15.000	25.000
Máquinas y Equipos de Producción	237.900	351.000	1.107.600
Tramitación DIA	9.000	9.000	9.000
Total en M\$ (*)	271.900	385.000	1.156.600

Se realizó una evaluación económica a tres alternativas técnicas, con un horizonte de evaluación de 10 años y una tasa de referencia de 12 %, cuyo detalle se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla N° 2
Parámetros de Evaluación

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Inversión Total [M\$]	271.900	385.000	1.156.600
TIR	33,4%	18,7%	36.4%
VAN [M\$]	244	102	1.225
Pay-Back [años]	3 años 8 meses	5 años 11 meses	3 años 9 meses

De estas alternativas, se eligieron las alternativas N° 1 y 3, que cubren la necesidad actual de la empresa y su proyección a 3 años plazo, respectivamente.

La alternativa 2 se ha descartado pues desde un punto de vista técnico presenta incoherencias en la información entregada por la empresa proveedora.

Considerando el mercado en que se deberá competir, la tecnología que se utilizará, la ubicación de la planta, las características ambientales del proceso, y los resultados de la evaluación económica, se puede afirmar que el proyecto es técnicamente factible, ambientalmente viable y económicamente rentable.

El análisis de financiamiento indica que solicitando un crédito por el 85% del valor total de la inversión, a una tasa real anual del 13%, a un plazo de 10 años, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla N° 3
Análisis Financiero

	Alternativa 1	Alternativa 3
Inversión Total [M\$]	271.900	1.156.600
Crédito [M\$]	231.115	983.110
TIR	> 100%	> 100%
VAN [MMUS\$]	258	1.214

2 DESARROLLO

2.1 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

2.1.1 Objetivos Generales

Elaborar un estudio de preinversión en que se consideren y evalúen diversas alternativas de sistemas de manejo, tratamiento y disposición final de residuos líquidos (purines), que permita determinar la alternativa técnica más adecuada y conveniente que corresponda con una solución a largo plazo, que cumpla con la normativa vigente y que sea técnica y económicamente factible de implementar por la empresa.

2.1.2 Objetivos específicos

- Recopilar antecedentes técnicos, disponibilidad en el mercado y costos de adquisición de diversas alternativas tecnológicas para el manejo, tratamiento y disposición de residuos líquidos.
- Analizar técnicamente la factibilidad de implementación de cada una de las alternativas, inversión requerida, costos de operación y mantenimiento, eficiencias y rendimientos y otros beneficios.
- Seleccionar, en conjunto con la empresa, las tres alternativas más atractivas de ser implementadas.
- Elaborar una evaluación técnico-económica de las alternativas seleccionadas, sobre la base del análisis de los antecedentes anteriores, los parámetros establecidos por la empresa y la normativa vigente.
- Efectuar un análisis comparativo de las alternativas de financiamiento de las tecnologías duras seleccionadas por la empresa, incluyendo las líneas ofrecidas por CORFO, con una recomendación final a la empresa.

2.2 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Roberto Tamm y Cía. Ltda. solicitó esta asistencia técnica profesional especializada para la evaluación técnico-económica de alternativas de tecnologías duras que dieran solución a los problemas en el área de producción limpia, que no fueron posibles de resolver por la incorporación de tecnologías blandas.

La empresa debe asegurar en el largo plazo, que las actividades de su proceso productivo y el manejo de sus residuos, cumplan con la normativa vigente y de modo particular, busca dar solución al manejo de purines de su lechería.

Considerando las características de la actividad desarrollada por la empresa, se ha aplicado la Lista de Chequeo de Producción Limpia, a partir de la cual se concluyó que estaba en condiciones de postular al Programa de Preinversión en Medio Ambiente.

2.2.1 Actividades desarrolladas en la consultoría

Validación de Opciones de Tecnologías Duras

Se efectuó una recopilación de antecedentes técnicos que permitieron definir alternativas de solución al problema planteado. En este sentido, fue necesario revisar las características de las actuales instalaciones y equipos, capacidades de producción y otros aspectos técnicos y de producción. Por otro lado, se solicitaron cotizaciones y antecedentes de tecnologías alternativas disponibles en el mercado, lo cual consideró la factibilidad técnica de su implementación, sus costos de operación, sus eficiencias y rendimientos de operación.

Estimación de Inversiones

Una vez validadas las alternativa, por medio de los antecedentes recopilados, se definieron las inversiones requeridas para la adquisición de la tecnología y equipos, montaje y puesta en marcha de las alternativas más atractivas para la empresa.

Estimación de Costos de Operación

Se efectuó una estimación de los costos de operación, mantenimiento y repuestos para las alternativas seleccionadas, para lo cual se consideraron eficiencias y rendimientos de los equipos, horas de operación, etc.

Estimación de Beneficios Económicos y Ambientales

Sobre la base de aspectos técnicos de operación de cada alternativa se determinaron los beneficios económicos (costos de equipos e instalaciones anexas, costos de operación y energía, insumos mano de obra, etc.) y ambientales tanto directos (eficiencia y rendimiento de los equipos para el tratamiento definido), como indirectos, para cada una de las opciones propuestas.

Propuesta de Indicadores de Impacto

Durante la consultoría se definieron Indicadores de Impacto que permitirán cuantificar el grado de mejoramiento ambiental logrado una vez que la empresa haya incorporado la opción tecnológica definitiva. Estos indicadores están relacionados con los costos de operación, así como el rendimiento del proceso de tratamiento seleccionado.

Estimación de Indicadores Económicos

La evaluación económica de cada una de las alternativas se efectuó por medio de los siguientes indicadores: VAN, TIR, Tiempo de Retorno de la Inversión.

Evaluación Económica y Líneas de Financiamiento

Se efectuó un análisis comparativo de la alternativa seleccionada por la empresa, con recomendaciones a la empresa, que incluye diversas alternativas de líneas de financiamiento.

2.2.2 Metodología

Actividades de Validación

La validación de la tecnología propuesta se realizó sobre la base de la información técnica existente en la empresa, la normativa ambiental vigente y los antecedentes de tecnologías existentes proporcionados por los proveedores, así como la información disponible en la literatura técnica especializada.

Estimación de Inversión y Costos de Operación

Se solicitó a seis proveedores, cotizaciones por la tecnología propuesta y equipamiento necesario para su montaje, instalación y puesta en marcha, así como otros antecedentes técnicos que permitan estimar los costos de operación y mantenimiento de cada alternativa. Sólo dos de ellos respondieron, después de dos meses de insistencia.

Mecanismos de Evaluación de Beneficios Económicos y Ambientales

Los beneficios económicos se evaluaron por medio de indicadores relacionados con inversiones, costos de operación y mantenimiento, incluidos costos de energía, insumos y mano de obra.

Los beneficios ambientales se evaluaron por medio de indicadores relacionados con los rendimientos y eficiencias de depuración de los productos a procesar y con el destino definitivo de los residuos del proceso, así como el impacto ambiental de ellos.

Criterios de Evaluación Financiera

El análisis de las alternativas de financiamiento de las diferentes opciones se efectuó sobre la base de tasas de interés, períodos de gracia y otras características o condiciones ofrecidas por diversas instituciones financieras como el Banco Estado y las líneas de créditos CORFO, así como las garantías o avales exigidos.

Adicionalmente, se efectuaron análisis de sensibilidad de las evaluaciones para aquellos parámetros que son más relevantes o influyentes en la rentabilidad del proyecto.

Selección de las Opciones

Una vez validadas las alternativas propuestas, estimados sus costos de inversión, y operación; estimados los beneficios económicos y ambientales de cada opción; efectuada la evaluación técnico económica de cada una de las opciones, se presentaron al cliente con recomendaciones para ser sometidas a un análisis y discusión de modo de seleccionar la opción más conveniente de ser implementada, desde el punto de vista técnico-económico, ambiental y financiero.

2.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA AMBIENTAL EVALUADO

2.3.1 Datos específicos de la empresa

La empresa de producción agrícola Roberto Tamm y Cía. Ltda. nace en el año 1967. Está ubicada en la comuna de Chimbarongo donde posee instalaciones dedicadas a la producción de leche, agricultura tradicional, cultivos de frutales, proceso de embalaje de frutas frescas y producción de alimentos para animales. Para las actividades productivas se dispone de instalaciones de packing y almacenamiento de frutas en cámaras de frío.

Roberto Tamm y Cía. Ltda., es una sociedad anónima, cuyos socios son:

Tabla N° 4
Socios de la empresa

Nombre Socio	RUT	Participación
Roberto Tamm Wittwer	2.544.594-5	65 %
Andrés Tamm Plesch	7.033.107-5	35 %

Su reconocida experiencia a lo largo de todos estos años le ha permitido consolidarse dentro de las agroindustrias más importantes a nivel nacional, a su vez posee el conocimiento productivo en lo que a lechería y a packing respecta.

Desde el punto de vista técnico, comercial y financiero se considera una mediana empresa con las siguientes características:

Es una empresa que depende del desarrollo de la industria agropecuaria, cuya actividad industrial se enmarca en la lechería, producción de alimentos, huertos y packing.

La dotación de personal de la empresa se distribuye en planta ejecutiva, profesional, técnica, administrativa y operativa, los cuales trabajan en turnos rotativos de lunes a sábado.

Mantiene una nómina promedio de 100 trabajadores entre operarios y administrativos, los cuales trabajan con turnos rotativos, 26 trabajadores aproximadamente desarrollan labores en el área de lechería.

La empresa cuenta con la siguiente distribución de empleados por área:

- Packing 189
- Lechería 26
- Huerto 64
- Campo 21
- Taller 8
- Administración 7

En cuanto a la infraestructura, Roberto Tamm y Cía. Ltda., cuenta con 120 hectáreas totales, de las cuales el 10% se encuentra destinada a instalaciones de Packing, Lechería, Oficinas, Cámaras Frigoríficas, Casas Habitaciones, Bodegas, Servicios Higiénicos y otras instalaciones para el personal.

Mayoritariamente la construcción es de material sólido. En el caso del Packing y talleres en zinc alum y las cámaras frigoríficas en instapanel.

Para la producción de leche, que es una actividad desarrollada por la empresa desde sus inicios, ésta cuenta con un plantel que consta de una dotación de animales cercana a las 830 cabezas de ganado bovino lechero, de los cuales 480 son vacas en producción. En ambos rubros, la empresa posee una amplia y reconocida trayectoria a nivel regional.

La leche se destina actualmente a la demanda del mercado nacional y para ello cuenta con una bodega de fardos, un taller, 5 patios de alimentación, una bodega de concentrados, una sala de ordeña, una bodega de fármacos, una oficina y siete casas habitación.

2.3.2 Procesos Productivos desarrollados por la empresa

Proceso frutas:

- Recepción de materia Prima:

En la recepción, la materia prima ingresa a la planta a granel en envases plásticos (bins), acompañado de Planilla de Cosecha; donde se detalla: fecha, cuartel donde se está cosechando, N° Bins cosechados, encargado de cosecha.

- Inspección e identificación de bultos:

Cada bins es inspeccionado visualmente y identificando con un folio numerado entregados por la empresa Exportadora, que es ingresado al sistema computacional y que se mantiene hasta el momento de ingresar a proceso, el cual es retirado una vez que el bins ingresa a la piscina para su posterior lavado con detergente.

- Tratamiento Postcosecha:

La materia prima recepcionada recibe los tratamientos de postcosecha, según corresponda de acuerdo a las normas del exportador; para manzanas y peras de exportación de Frusan S.A.

- Proceso de embalaje:

En la línea de embalaje los empaques son predeterminados por la exportadora por medio de una orden de embalaje denominada Instructivo de Embalaje.

Con este instructivo el jefe de Packing procede a programar en el sistema computacional del calibrador el proceso por especie, variedad, productor etc. Para su posterior identificación.

- Rotulación de envases:

Una vez empacado el producto él o la encargada de rotulación automática de envases, programa el equipo para que este rotule cada caja.

Luego del rotulado se procede a sellar la caja (enzunchado) con tira plástica y sello metálico a fin de evitar: manipulación, salidas de fruta de la caja y además dar seguridad a la misma.

- Palletizado:

El producto envasado se dirige hacia zona de palletizado donde será estibado de acuerdo a las instrucciones del Jefe de Packing y de las normas de palletizado descritas para cada producto.

Una vez estibado y enhuinchado el pallet, éste es identificado por la tarjadora; con un número de folio, asociado a una tarja de identificación de pallets, que contiene la información del producto embalado.

La información generada en esta etapa es ingresada al sistema de producción, donde se va reflejando en el stock de cajas por especie de dicho sistema computacional.

Las cajas son palletizadas de acuerdo a; calibre o serie de calibres, embalajes, tipo envases, variedad, las que finalmente, una vez terminado el pallet (altura), los pallets son identificados con una tarja y ventana, en esta etapa del proceso se asigna el folio único de pallets el cual se mantendrá hasta el despacho del producto a destino.

- Preenfriado:

El camarero es responsable de retirar con grúa horquilla los pallets terminados y destinarlos, hacia el túnel de pre frío, con la finalidad que reciban tratamiento térmico.

Después de este tratamiento los pallets son destinados a cámaras de frío convencional para su mantención y posterior inspección fitosanitaria y despacho.

- Ingreso de pallets al sistema como producto terminado:

A cada pallets se le asigna un código al momento de identificar el pallets (tarjado o identificación de pallets),

- Inspección Fitosanitaria:

La programación de inspecciones se realiza sobre la base de solicitud de mercado de destino.

El departamento computación emite detalle lote por pallet, para la inspección de un lote por mercado.

El camarero junto con la contraparte SAG/USDA organiza el lote para posteriormente inspeccionar el producto.

La contraparte SAG/USDA genera una solicitud de servicios, donde quedan registradas observaciones y estatus del producto inspeccionado.

Una vez terminada la inspección, la contraparte informa al departamento de computación para confirmar o no la disponibilidad del producto para despacho en el stock de cajas por especie.

La inspección fitosanitaria es realizada por el Servicio Agrícola y Ganadero el cual entrega certificado de inspección o aprobación, con una duración de 90 días. Posterior a ello permanecen en cámara para luego ser destinados a despacho.

- Almacenaje:

La fruta es almacenada en cámaras de frío de acuerdo a los siguientes criterios:

- Mercados,
- Embalajes,
- Calibre calidad
- Variedad

- Despacho:

El despacho se realiza cuando la fruta es inspeccionada el cual consigna los siguientes documentos:

- Despacho origen:

- Detalle de pallets
- Planilla de despacho
- Guía de despacho
- Control de temperatura

- Despacho USDA:

- Planilla despacho USDA
- Detalle de pallets
- Guía de despacho
- Control de temperatura

- Sistema Computacional:

El sistema computacional que es mantenido siempre en línea, permite ingresar toda la información relativa a la producción y materias primas el cual es considerado el punto de partida a momento de realizar la trazabilidad de un producto, es decir, permite filtrar la información teniendo datos de nave, folio pallets, productores por pallets etc. y con esa

información se puede partir hacia la información que se requiera hasta llegar a la recepción de la materia prima o al punto donde se puede haber originado el problema que se busca resolver.

PROCESOS PRODUCTIVO DE FRUTAS



Proceso de lechería

Las actividades correspondientes al proceso de la lechería son las siguientes:

- Traslado de animales

Los animales son arreados desde los establos hasta el patio de espera y luego se hacen pasar a la sala de ordeña donde son ubicados en posición para la ordeña.

- Diping

Los pezones de los animales son desinfectados y luego son secados manualmente.

- Ordeña

Se instalan las pezoneras y se procede a la operación de ordeña. La leche es enviada a un estanque refrigerado, donde la leche es enfriada a la espera de ser retirada para su despacho a la industria láctea.

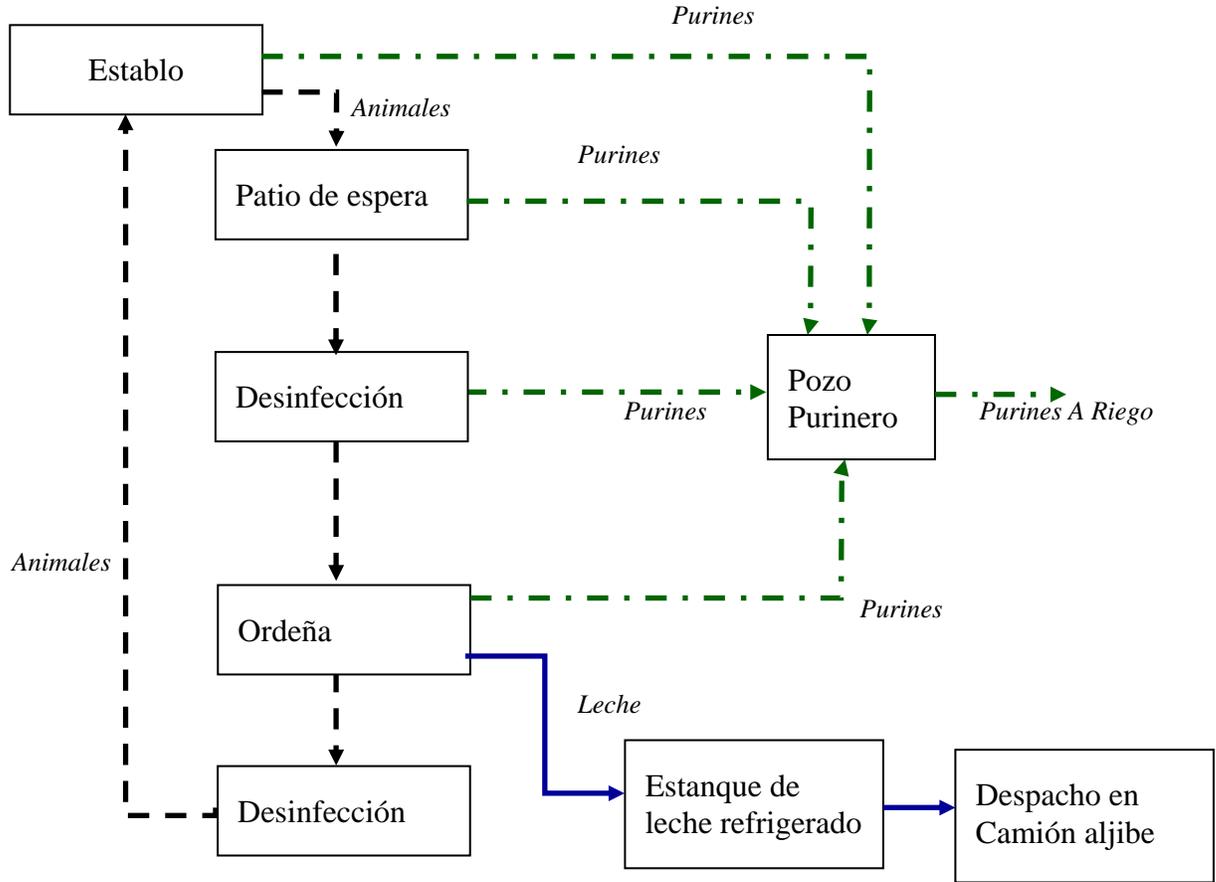
- Retiro de pezonera

Se retiran las pezoneras y se procede a la aplicación de diping (desinfectante) en los pezones de los animales.

- Vaca a establo

Los animales son arreados de vuelta a los establos.

Proceso Productivo de Lechería (Purines)



Proceso de producción de alimentos

- Traslado y Acopio de Materias Prima

Los diferentes ingredientes (maíz, sal, poroto soya, bicarbonato, harinilla) son recepcionados y almacenados a granel o envasados, en la bodega destinada a ellos.

- Molienda

Los ingredientes son alimentados a un molino de martillos para reducir su tamaño y facilitar su mezcla.

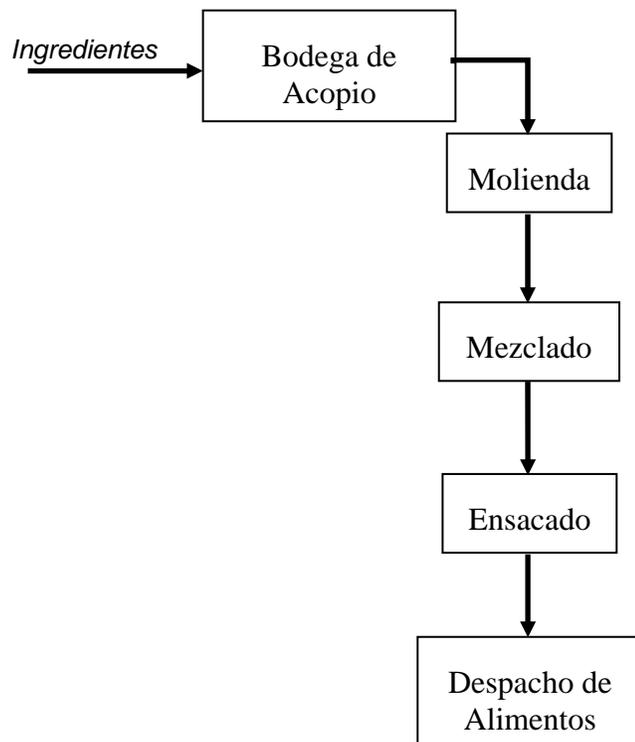
- Revolvedora

De acuerdo a las dosis indicadas por un especialista en nutrición se alimentan los diferentes ingredientes para su mezcla y homogenización.

- Ensacado

Las mezclas son envasadas en sacos para su despacho y distribución.

Proceso Productivo de Producción de Alimentos Animales



2.3.3 Problemática principal de la empresa, su relación con los objetivos de la propuesta y las principales acciones realizadas.

El manejo de los purines al inicio de esta consultoría, consistía en almacenarlos en forma diaria en un estanque receptor de concreto y tierra de 18 m de largo, por 6 m de ancho y 2 m de profundidad (216 m³), el que se descargaba una vez cada dos días con una bomba. Esta bomba impulsaba a través de tuberías a las 6 piscinas de sedimentación (decantadoras), desde donde se redistribuía gravitacionalmente la parte líquida mezclada con agua de riego para los frutales y otros cultivos, además de distribuir en forma directa a la ubicación que se requiriese (huertos y parcelas).

La empresa requiere dar solución al tratamiento y la disposición final de residuos “purines”, el que corresponde a la mezcla de excreta, orina, agua de lavado y restos de los constituyentes de camas de arena, etc. Este residuo líquido se genera en el período de tiempo en que el ganado se encuentra en piso falso o en suelos de baja permeabilidad, donde su escurrimiento se encauza para ser transportado y/o almacenado y luego dispuesto en praderas.

Por lo anterior, la empresa ha definido desarrollar un proyecto de instalación de un nuevo sistema de disposición de residuos, tipo pozo purinero, que le permitiera mejorar el actual manejo de sus residuos de purines y así evaluar la posibilidad de implementar un biogidestor que le permitiese la generación de biogás.

La empresa ha solicitado la presente asesoría cuyo objetivo es elaborar un estudio de preinversión en que se considere alternativas de sistemas de manejo, tratamiento y disposición final, para definir una solución a largo plazo, que cumpla con la normativa vigente y que sea técnica y económicamente factible de implementar por la empresa.

2.3.4 Grado de avance en implementaciones de mejoramiento ambiental (tecnologías blandas y duras) ya incluidas en el proceso.

El año 2004, la empresa solicitó el desarrollo de una Auditoría Ambiental que fue efectuada por la empresa Servicio de Ingeniería Medioambiental y Forestal, SIMAFOR Ltda., existiendo un informe de dicha auditoría con recomendaciones de mejoramiento, las siguientes que han fueron implementadas por la empresa.

Dentro de diversas actividades la empresa ha incorporado una variedad de tecnologías blandas:

1. Los riles de Packing que corresponden principalmente a aguas de lavado de fruta, han sido caracterizados y se utilizan para riego. Estos residuos cumplen con lo establecido en el D.S. N° 90.
2. Las aguas servidas se envían a un sistema de alcantarillado propio.
3. Agroquímicos vencidos, Aceites de motores, neumáticos y baterías son retirados por empresa de reciclaje, la que cuenta con las autorizaciones respectivas por parte de la autoridad correspondiente.
4. Los envases de agroquímicos se llevan a empresa externa donde son chipeados.
5. Los restos de podas y raleos se incorporan como materia orgánica al suelo.
6. Proceso de certificación de estanques de almacenamiento de combustible.

7. Capacitación básica de los trabajadores en uso de extintores.
8. Mediciones habituales por parte de la ACHS con respecto a las condiciones ambientales en los lugares de trabajo (ruido, iluminación, etc.)
9. Cumplimiento de las exigencias establecidas en el D.S.594 Reglamento sobre Condiciones Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, específicamente en lo que respecta a entrega de elementos de protección al personal de acuerdo a los riesgos de la actividad que este realiza.
10. Identificación de una zona de barbecho, para disponer los residuos líquidos, provenientes del lavado de estanques y maquinaria de aplicación de agroquímicos.
11. Manejo de Purines: El manejo de los purines que tenía la empresa al inicio de este estudio, consistía en almacenarlos en forma diaria en un estanque receptor de concreto y tierra de 18 m de largo, por 6 m de ancho y 2 m de profundidad (216 m³), el que se descargaba una vez cada dos días con una bomba. Esta bomba impulsaba a través de tuberías a las 6 piscinas de sedimentación (decantadoras), de donde se redistribuía gravitacionalmente la parte líquida mezclada con agua de riego para los frutales y cultivos escardados, además se podía distribuir en forma directa a la ubicación que se requiriese (huertos y parcelas).

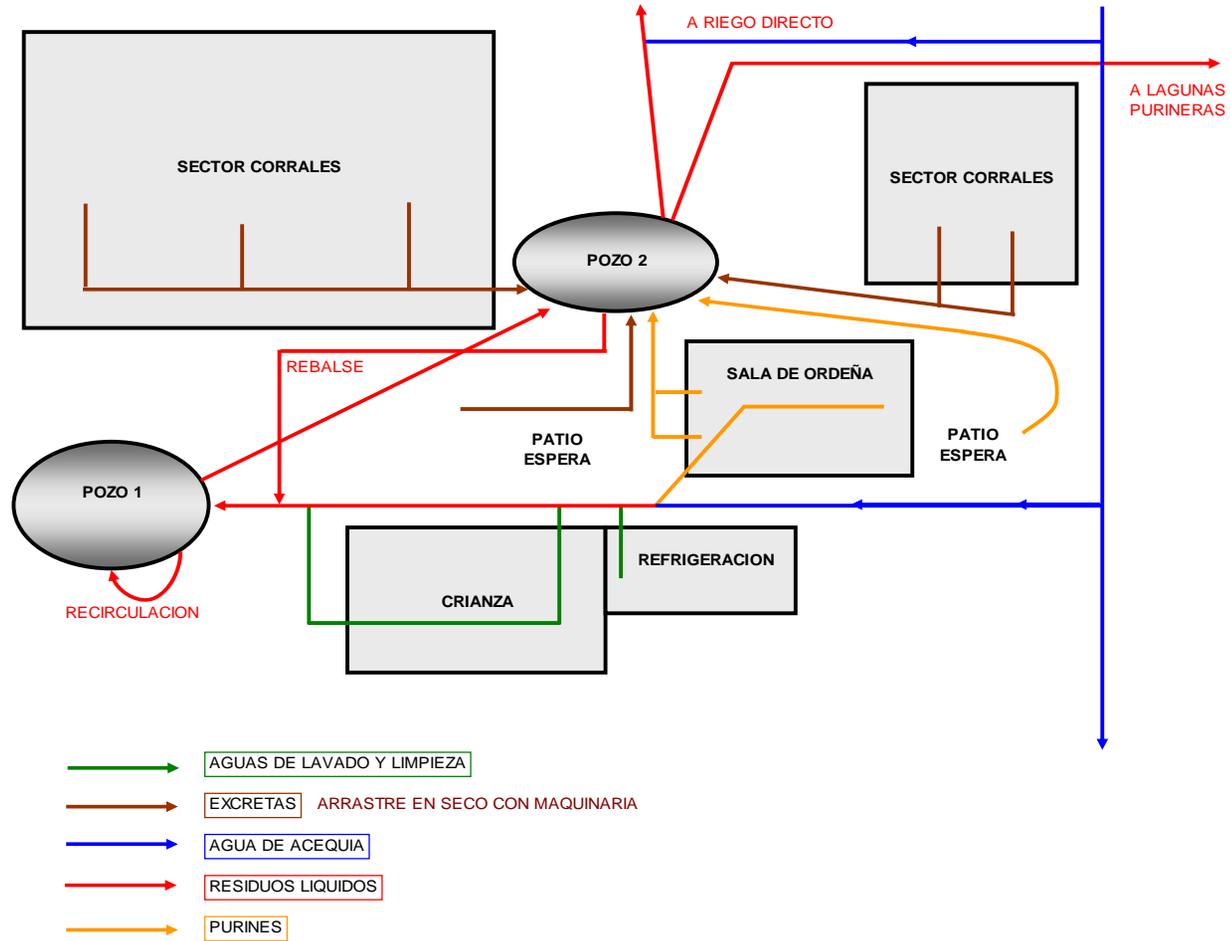


Figura 1 – Diagrama del manejo de purines inicial en el Plantel Lechero.

Durante el desarrollo de este estudio, la empresa implementó un sistema de manejo que considera una separación de las fracciones líquida y sólida de los purines, destinando la fracción sólida a compostaje y una parte de la fracción líquida al “barrido” de los purines y el resto para ser aplicado en el campo.

El proceso consiste en recoger los purines generados en las plataformas de alimentación son conducidos a dos piscinas de sedimentación, en las cuales sedimenta principalmente la arena proveniente de las camas.

Por rebalse los purines son depositados en una fosa de recolección de 360 m³, desde la cual por medio de una bomba sumergible de 7,5 kW, los purines son conducidos a un separador Bauer de 5,5 kW de potencia, con capacidad para tratar 20 m³/h de purín. El separador se encuentra instalado en una plataforma en altura, en el cual la fase líquida es separada de la fase sólida.

La fase sólida es destinada a compostaje. La fase líquida es conducida por un sistema de sifones a los estanques de “flushing”, que se recirculan parte de la fase líquida para producir el “barrido” de los purines desde las plataformas de alimentación. El líquido restante pasa a una fosa de acumulación, desde donde, mediante un sistema de bombas, es conducido a 2 lagunas de acumulación existentes, de 5.000 m² cada una. Desde allí el líquido es aplicado directamente en el campo.

De acuerdo a análisis efectuados a cada fracción, se determinó un contenido de materia seca de 22,37% en la fracción sólida y 4,54% en la fracción líquida. Esto, en conjunto los caudales y condiciones operacionales, determina los flujos y concentraciones que se muestran en el diagrama de flujos de la página siguiente.

FUNDO LA RINCONADA - TINGUIRIRICA
PROYECTO: PLANTA DE DESHIDRATADO DE PURINES
BALANCE DE MASA

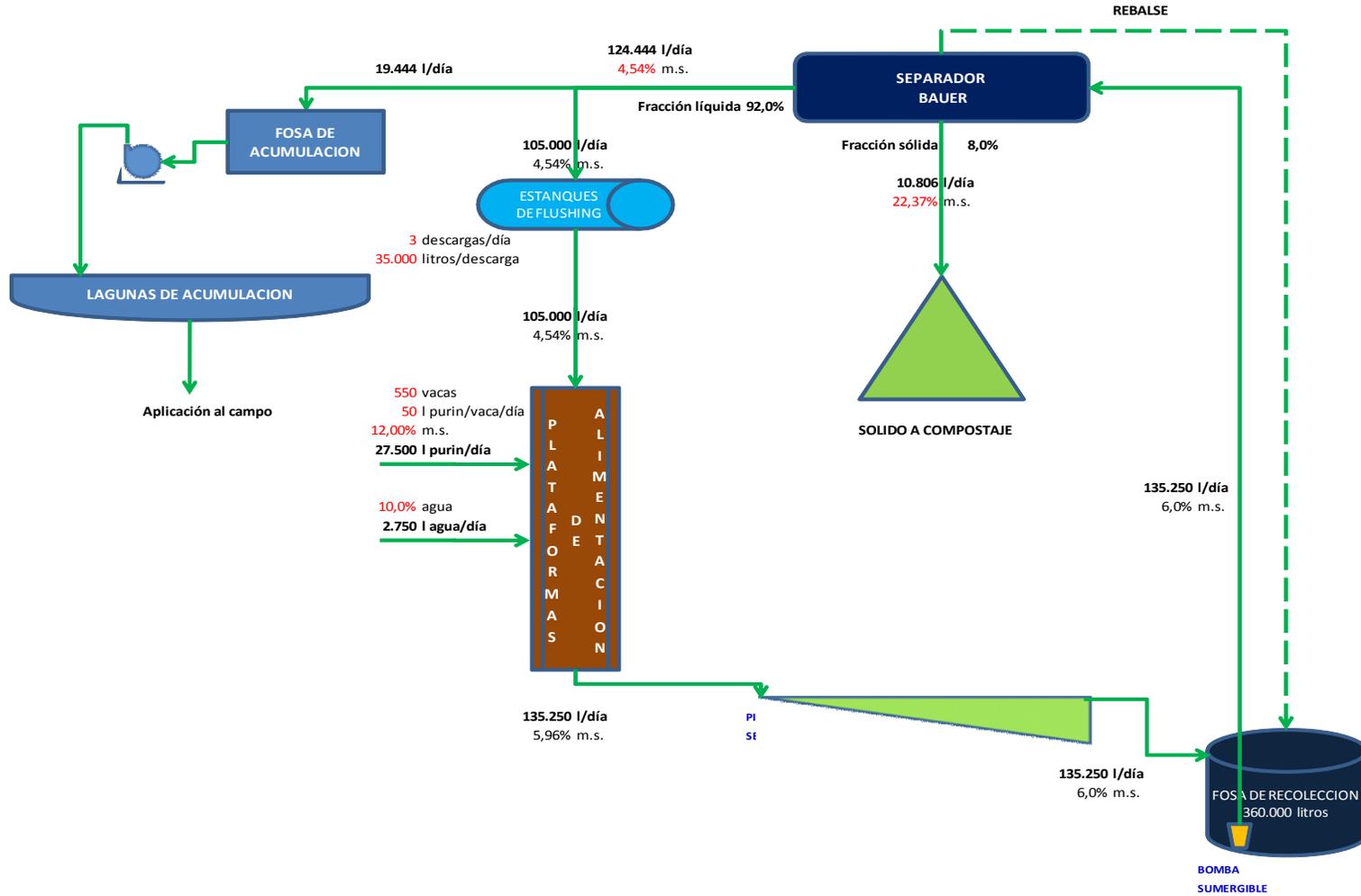


Figura 2 – Diagrama de Flujo de Deshidratado de Purines.

2.3.5 Análisis de la situación de la empresa y su entorno

2.3.5.1 Consumo y costos de Energía Eléctrica

El costo total de energía eléctrica del periodo diciembre 2007 - noviembre 2008, fue casi MM\$ 58, lo que representa un 76% superior al año 2007, donde un 82% del costo fue por concepto de energía (kW-h), un 14% por potencia demandada en horas punta y fuera de punta (kW) y el resto, por conceptos de reliquidaciones y otros (cargo fijo, intereses y envío postal). kW.

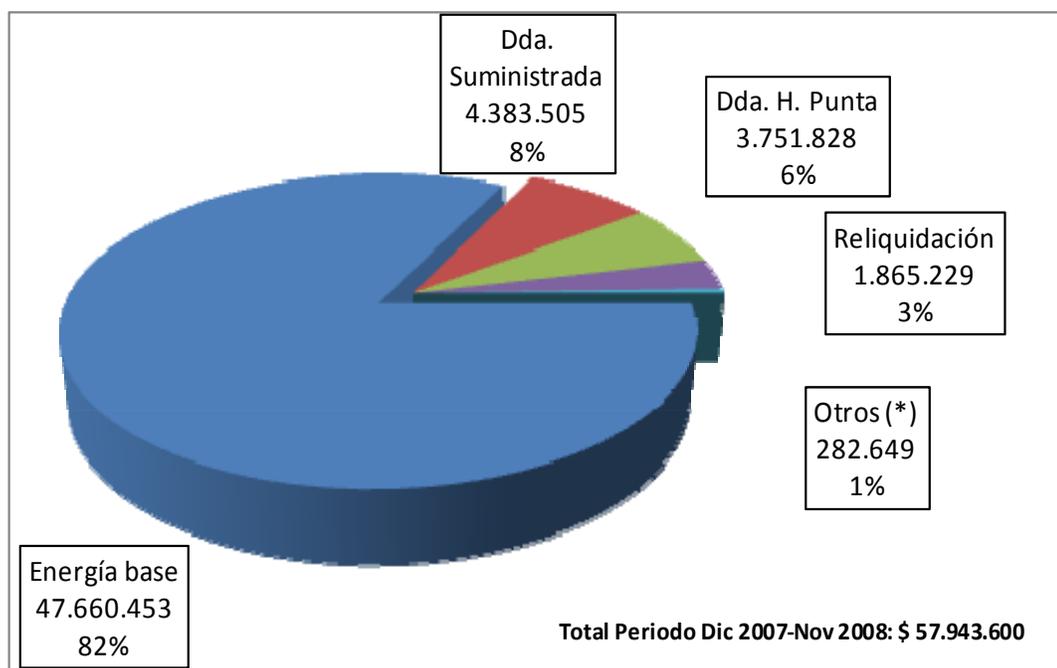


Figura 3 – Costo de Energía Eléctrica Periodo Dic 2007-Nov 2008, Fondo Rinconada.

El perfil de consumo eléctrico durante el periodo diciembre 2007 a noviembre 2008, se presenta en la siguiente figura, en la que se observa un alto consumo (90 a 140 MW-h/mes) en los meses de febrero a abril, consumos intermedios (60 a 80 MW-h/mes) en los meses de enero, mayo, noviembre y diciembre. Los restantes meses se mantienen consumos bajos (20 a 50 MW-h/mes).

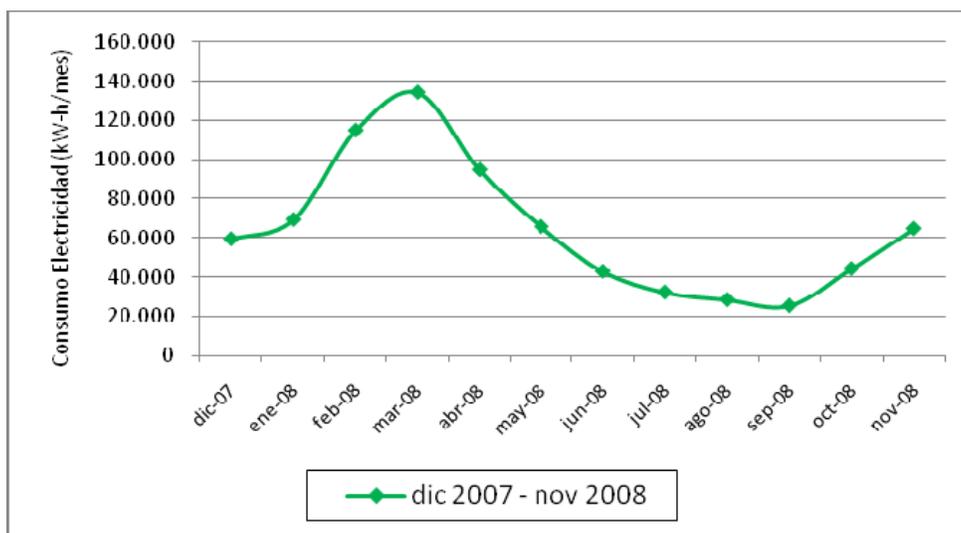


Figura 4 – Perfil de Consumo de Energía Eléctrica Periodo Dic 2007-Nov 2008

El detalle de consumo eléctrico para los años 2005, 2006 y 2007, se presenta en la siguiente figura, donde se puede apreciar que se repite el aumento significativo de consumo durante los meses de febrero a abril, que corresponde a la actividad de packing y frío.

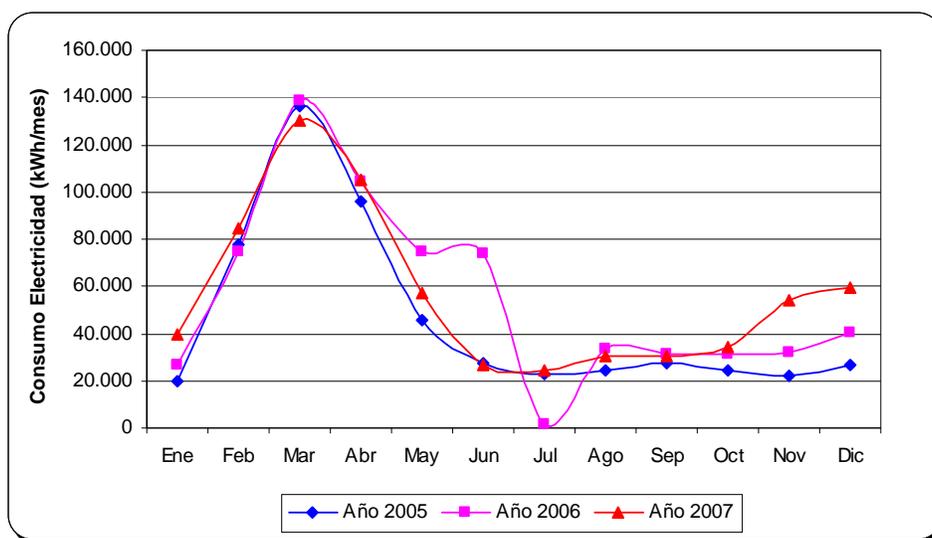


Figura 5 - Consumos Mensuales Electricidad años 2005, 2006 y 2007.

Considerando que la actividad lechera se mantiene durante los 365 días del año, y se efectúa tres veces al día, con una duración de 4 a 5 horas en cada ordeña, se estima

que el mes de septiembre que tiene el consumo más bajo, corresponden al consumo de esta actividad, por lo que es razonable suponer que esta actividad que tiene un consumo 25 MW-h/mes, de lo cual resulta una potencia demandada de 72 kW.

Asimismo, se puede estimar que la diferencia entre este valor y los altos consumos durante los meses de febrero a abril, corresponden a la actividad de packing y frío en el procesamiento de la fruta (90 MW-h).

Referido al consumo eléctrico, la empresa debido a los requerimientos de producción se ve en la obligación de trabajar en horario de punta entre los meses abril y septiembre, situación que aumenta los costos de producción por este concepto.

2.3.5.2 Consumo y costos de combustibles

El consumo de combustibles para el periodo enero – noviembre 2008 se presenta en la figura 6.

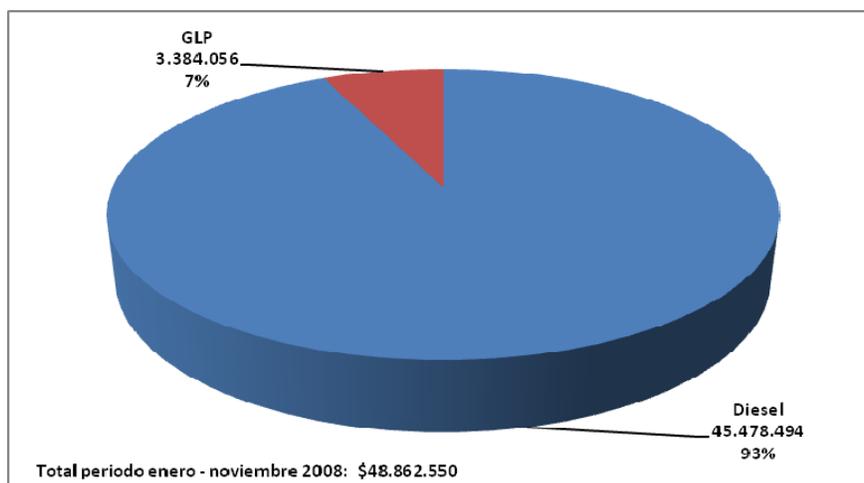


Figura 6 - Consumo Combustibles Año 2008, Fundo Rinconada

El petróleo diesel es empleado principalmente en la maquinaria de huerto, es suministrado por la empresa Comercial de Pablo y Marín Ltda., Compañía Agropecuaria Copeval S.A. y Comercial Calama. , cuyo consumo en el periodo mencionado fue de 101.000 litros, con un costo de MM\$45,5.

Por otro lado, la empresa dentro de sus líneas de producción cuenta con montacargas para el traslado y almacenamiento de la materia prima y de los productos y para su funcionamiento se adquieren cilindros de 15 kg a la empresa LIPIGAS, con un consumo en el periodo de 177 unidades equivalentes a un valor de M\$ 3.384.

Adicionalmente la empresa utiliza leña como combustible para el secador con que se realiza el secado de la fruta posterior a su lavado. El consumo de leña durante en

el periodo es de aproximadamente 30.000 kg. con un costo total de \$180.000, el que se considera de muy baja incidencia dentro de la matriz de costos energéticos de la empresa.

Considerando los usos que hace la empresa de las diferentes fuentes de energía, se observa que, sólo el uso de la leña podría ser reemplazada por energía eléctrica, en la eventualidad de que se pudiera generar electricidad por medio del biogás.

2.3.5.3 Tratamiento de purines de la lechería

El proceso productivo de leche de la empresa, se basa en el sistema estabulado de crianza bovina, donde el plantel cuenta con 550 vacas asociadas a la generación de purines, de las cuales 450 están en producción de leche. La proyección de crecimiento del plantel es de un 5% anual. Es decir, debieran aumentar del orden de 25 a 30 vacas por año, en los próximos dos años.

Los residuos líquidos de esta actividad se componen por excretas (corrales), agua de lavado (patios de esperas y sector crianza) y agua de dilución (agua acequia). Ver diagrama de flujos en la Figura 1.

De acuerdo a antecedentes de la empresa, cada vaca produce entre 40 y 60 litros de purines diariamente, lo cual permite para efectos de diseño, establecer un valor promedio de 50 litros de purines diarios por animal.

Los análisis disponibles indican que los purines tienen un 12,31% de materia seca, de la cual un 90.16% es materia orgánica (sólidos volátiles) y un 9,84% corresponde a cenizas (sólidos fijos).

El problema que debe afrontar la empresa de dar un manejo a los purines generados por su actividad lechera, se compatibilizan muy bien con los esfuerzos que se está haciendo a nivel nacional en materia energética, que van encaminados a aumentar la eficiencia con que se usan los diferentes tipos de energía y el fomento a la utilización de energías renovables no convencionales, que al mismo tiempo de representan unas reservas ilimitadas y limpias, su utilización reduce o evita el deterioro del medio ambiente.

2.3.5.4 Energías Renovables no Convencionales

A estos recursos energéticos, denominados energías renovables, pertenecen, entre otros, los siguientes tipos:

- Energía solar, tanto térmica como fotovoltaica.
- Energía eólica.
- Energía hidroeléctrica.
- Energía de las mareas.
- Energía geotérmica.
- Energía de la Biomasa.

- Energía procedente de Residuos Sólidos Urbanos.

Entre las ventajas que se obtienen con la utilización de las energías renovables pueden destacarse las siguientes:

- **Reducción de las emisiones de Dióxido de Carbono.** Se puede considerar que el gas que se produce en cualquier proceso de obtención de energía a partir de la biomasa ha sido recogido de la atmósfera por la planta, y transformado mediante el proceso de la fotosíntesis.
- **Reducción del efecto invernadero.** El metano es un gas que puede contribuir al calentamiento de la atmósfera, debido fundamentalmente a que su presencia en la misma tiene la capacidad de reflejar hacia la tierra gran parte del calor irradiado desde el suelo terrestre. El metano tiene un efecto acumulativo de energía radiante, GWP= 21 (Global Warming Potential). Esto significa que el metano, CH₄, es 21 veces más eficaz que el dióxido de carbono, CO₂, para interceptar el calor (rayos IR) que debieran escapar de la atmósfera para evitar el efecto invernadero. Con la instalación de plantas de biogás se captura el metano que de otro modo se escaparía a la atmósfera, y se le da un uso utilizando su energía y evitando el uso de combustibles fósiles, con lo que se ayuda a la conservación de la naturaleza
- Reducción de emisiones a la atmósfera que provocan lluvias ácidas. Al hacer uso de fuentes renovables para la generación de energía, se reduce la necesidad de utilización de energías convencionales para este fin, energías que, por otra parte, son las causantes de la emisión a la atmósfera de los gases causantes de la lluvia ácida (SO₂).
- Disminución de impactos ambientales generados por el hombre.

Hay que hacer constar que, hasta no hace mucho tiempo, los que ahora son denominados subproductos agrícolas (estiércoles, purines, alperujo, restos de poda, etc.) eran catalogados como residuos. Esta diferencia de percepción lleva asociada un complejo proceso de concienciación social, tras el cual, se le ha dado un uso secundario a algo que no lo tenía, además de contribuir con este hecho a incrementar el valor añadido a los productos agrícolas, reducción de la contaminación, mejora de la calidad de vida y aumento de la renta per-cápita agrícola.

Se entiende por biomasa toda aquella materia orgánica que procede directa ó indirectamente de la energía solar fijada en la Tierra mediante el proceso de fotosíntesis.

En la producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos ó fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración se distingue entre biomasa primaria, esto es, "conjunto de vegetales de crecimiento menor de un año, que pueden utilizarse directamente o tras un proceso de transformación, para producir energía" y biomasa secundaria, o lo que es lo mismo, "conjunto de residuos de una primera utilización de la biomasa, principalmente estiércoles, lodos procedentes de

la depuración de aguas residuales, residuos agrícolas, forestales, biocombustibles y biogás”.

Hasta hace relativamente poco tiempo, la biomasa ha sido la base de todo el suministro energético requerido por la humanidad, aplicándose este uso en la actualidad sólo en culturas poco evolucionadas. En los últimos años, se ha iniciado un fuerte fomento al uso de esta fuente energética, con un claro criterio económico y medioambiental, intentando que su utilización reduzca el impacto ambiental negativo para las futuras generaciones.

Como fuente de energía, la biomasa puede ser utilizada de una forma directa, en procesos de combustión, o bien puede sufrir un proceso de transformación en otro tipo de sustancias que puedan ser utilizadas posteriormente como combustible, el que a su vez puede ser fuente de generación de energía térmica y/o eléctrica.

Al hablar de biomasa desde el punto de vista energético, se puede diferenciar entre los siguientes productos:

- Residuos agrícolas.
- Residuos forestales.
- Residuos de la industria maderera.
- Residuos ganaderos.
- Cultivos energéticos.

La utilización de todos estos productos para usos energéticos se ve favorecida por las siguientes razones:

- Son fuentes energéticas más limpias que las convencionales, puesto que, aunque pueden presentar emisiones de óxidos de azufre ó de nitrógeno, las emisiones de dióxido de carbono que se producen se pueden considerar neutrales debido a que el gas que se expulsa a la atmósfera es el que previamente la planta ha estado transformando mediante el proceso de fotosíntesis durante el año agrícola.
- Son fuentes energéticas que se generan continuamente, estando presentes en todos los países, ya sean éstos desarrollados ó no. El fomento de la implantación de sistemas de este tipo en países subdesarrollados puede ayudar a la reducción de la deuda externa de los mismos, debido fundamentalmente a la disminución del gasto energético en la balanza comercial.

El uso de la biomasa también presenta algunas desventajas, como pueden ser:

- **la menor densidad energética o potencia calórica** que presenta obligando a utilización de procesos de combustión más complejos a los utilizados para combustibles convencionales
- **mayor contenido en humedad**, obligando a la desecación de la masa o reducción de su contenido de agua en un proceso previo al de combustión de la misma.

- **dispersión**, aumentando los costos de transporte y reduciendo la rentabilidad de las inversiones
- **corto periodo de almacenamiento** debido a que al ser materia orgánica, se producen procesos biológicos e internos que la degradan con mayor rapidez que otros materiales, inutilizándola para los fines iniciales para los que estaba destinada.

2.3.5.5 Digestión Anaeróbica de Purines

El principal objetivo de este estudio es la producción de biogas a partir de los purines generados en la lechería, el cual será destinado a calefacción y generación de energía eléctrica, reemplazando parcialmente las fuentes de energía que utiliza la empresa.

De este modo se consigue un manejo de los purines más amigable desde un punto de vista ambiental y el aprovechamiento de una fuente de energía renovable no convencional.

El proceso unitario de tratamiento de digestión anaerobia se emplea en todo el mundo para la depuración de aguas residuales y fangos procedentes de la industria, la agricultura y de origen urbano.

Utilizando el proceso de digestión anaerobia es posible convertir gran cantidad y variedad de como desechos residuos vegetales, estiércol, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industria químicas, en subproductos útiles.

En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano.

La digestión anaeróbica es uno de los procesos más utilizados, para el tratamiento de purines, en el que la materia orgánica es transformada biológicamente, bajo condiciones anaeróbicas, en metano y dióxido de carbono (biogás).

Además de esta corriente gaseosa, se produce también una suspensión acuosa de materiales sólidos (lodos), en los que se encuentran los componentes más difíciles de degradar, la mayor parte del nitrógeno y el fósforo y la totalidad de los elementos minerales (K, Ca, Mg, etc).

El gas producido es recogido y utilizado como combustible. El fango final estabilizado, que se extrae no es putrescible, y su contenido en organismos patógenos es nulo o muy bajo.

Esta conversión biológica del sustrato complejo, en el que se encuentra materia orgánica en suspensión o disuelta, se realiza a través de una serie de reacciones bioquímicas que transcurren tanto consecutiva como simultáneamente. Este proceso biológico natural, es realizado por grupos o comunidades de bacterias en reactores cerrados o biodigestores.

Generalmente después del digestor anaerobio se incorpora una laguna de almacenamiento, en la cual se acumula el efluente tratado en el digestor.

2.3.5.6 Etapas del Proceso de Digestión Anaeróbica

Las etapas diferenciadas que constituyen el proceso de la digestión anaerobia son tres, la primera corresponde a la etapa hidrolítica, la segunda es la etapa fermentativa o acidogénica y la tercera es la etapa metanogénica, como se muestran en el esquema siguiente.

	Componentes orgánicos
	↓
FASE HIDROLITICA	Moléculas Macro <i>Carbohidratos- Grasas -Proteínas</i>
	Moléculas Micro <i>Azucres simples, ácidos grasos, aminoácidos</i>
	↓
	Ácidos carbónico, Orgánicos, Alcoholes, Dióxido de carbono
	↓
FASE METANOGENICA	Ácido Acético, Hidrogeno, Dióxido de carbono, Metanol
	↓
FASE DE FORMACION DE METANO	BIO GAS <i>(Metano, Dióxido de carbono)</i>

Etapa Hidrolítica y Fermentativa:

En esta etapa (hidrolítica) un amplio grupo de microorganismos hidrolíticos actúan sobre los polímeros orgánicos u otros materiales complejos despolimerizándolos enzimáticamente en los correspondientes monómeros o fragmentos más sencillos.

Posteriormente estos compuestos experimentan un proceso de fermentación que origina diferentes ácidos orgánicos. Esta etapa resulta indispensable para lograr la ruptura de los biopolímeros complejos en polímeros solubles o monómeros, puesto que los microorganismos que realizan la depuración solamente son capaces de actuar sobre materia orgánica disuelta.

La etapa hidrolítica puede ser la etapa limitante de la velocidad del proceso global, sobre todo tratando residuos con alto contenido en sólidos. Incluso en casos donde las fases acidogénicas o metanogénicas son consideradas como pasos limitantes, la hidrólisis puede afectar el conjunto del proceso. El grado de hidrólisis y la velocidad del proceso depende de muchos factores, entre otros del pH, de la temperatura, de la concentración de biomasa hidrolítica, del tipo de materia orgánica particulada, y del tamaño de partícula.

La tasa de hidrólisis, en general, aumenta con la temperatura, independientemente del compuesto que se trate. En esta etapa encontramos bacterias anaerobias facultativas como las enterobacterias, bacterias aerotolerantes como las bacterias del ácido láctico, y bacterias anaerobias estrictas como: Clostridium, Propionibacterium, Selenomona.

Etapa Acetogénica o Deshidrogenación:

En esta etapa los compuestos generados en la etapa anterior, se degradan con producción de CO₂, e hidrógeno, que son los sustratos de las bacterias metanogénicas. La acumulación de H₂ inhibe la acetogénesis, se acumulan ácidos grasos, se inhiben las metanogénicas. Se acumulan más ácidos grasos y disminuye el pH (sistema inestable).

En la etapa acetogénica actúan dos tipos de microorganismos que producen acetato: las bacterias homoacetogénicas: estas se caracterizan por la formación de acetato como único metabolito y las bacterias acetogénicas: metabolizan los productos terminales de la etapa acetogénica (productoras obligadas de H₂) Necesitan asociarse estrechamente a microorganismos consumidores de hidrógeno.

Etapa Metanogénica:

Esta es la única etapa estrictamente anaerobia, y en ella, las bacterias metanogénicas son las responsables de la formación de metano a partir de sustratos mono carbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente. Este es un proceso lento, constituyendo la etapa limitante del proceso de degradación anaerobia.

Las bacterias metanogénicas, de acuerdo a los sustratos que pueden degradar se dividen en: Hidrogenotróficos, capaces de producir metano a partir de hidrógeno y anhídrido carbónico, Aceticlásticos, producen metano y anhídrido carbónico a partir de acetato, Metilótrofos, metabolizan compuestos como metilaminas y metilsulfuros.

Los géneros de metanobacterias hidrogenofílicas más frecuentes en reactores anaerobios son: Methanobacterium, Methanospirillum, y Methanobrevibacter.

Durante formación de biogás también participan las Bacterias Sulfato Reductoras las que toman los compuestos de azufre y los reducen usando las mismas materias

primas que las bacterias metanogénicas. Si hay muchos compuestos con azufre no se obtiene CH₄ porque es más rápida su oxidación.

En esta etapa se producen las siguientes reacciones de producción de metano:



*** Las 2 ecuaciones más importantes**

Existen dos factores principales que influyen en la eficiencia digestión anaeróbica:

Temperatura

Uno de los principales factores que influye en la eficiencia de los digestores anaerobios es la temperatura de funcionamiento. Para que un digestor anaerobio trabaje adecuadamente es necesario mantener una temperatura óptima entre 30-37°C lo que implica un gasto por la incorporación de energía, la que se suministra generalmente a través de un intercambiador de calor.

Cuando el digestor no se encuentra dentro del intervalo de temperatura, es necesario, aumentar el tiempo de retención hidráulico, de tal manera que logren desarrollarse las tres etapas que permiten la depuración eficiente de la materia orgánica y por lo tanto la eficiente generación de biogás.

La producción de biogás, en ausencia de inhibidores, aumenta con la temperatura, puesto que aumenta la tasa de crecimiento de los microorganismos; temperaturas más bajas implican tiempos de retención más largos, y por tanto mayores volúmenes de reactor. La tasa de hidrólisis también aumenta con la temperatura

pH

El pH en los digestores anaerobios se relaciona con la actividad realizada por las bacterias, el pH normalmente se encuentra entre 6-8, con un valor próximo a 7 para la actividad óptima. Los ácidos grasos disminuyen la alcalinidad a menos que la alcalinidad bicarbonatada sea suficiente para neutralizar dichos ácidos.

El bicarbonato se forma a partir de CO₂, iones bicarbonato, HCO₃, es importante que haya suficiente alcalinidad todo el tiempo, para mantener una amortiguación suficiente.

Los microorganismos anaerobios necesitan un pH en torno a la neutralidad para su correcto desarrollo. El pH afecta fundamentalmente a la actividad enzimática de los microorganismos, mediante: cambios de estado de los grupos ionizables de las enzimas como el carboxil y amino; alteración de los componentes no ionizables del sistema, como por ejemplo el sustrato; y desnaturalización de la estructura proteica de las enzimas.

Para que el proceso se desarrolle de forma satisfactoria, el pH debe estar en torno a la neutralidad, presentando problemas graves si el pH baja por debajo de 6 o sube por encima de 8,3.

2.3.5.7 Tipos de Reactores Anaerobios

Existen diferentes formas de clasificar los reactores anaerobios, siendo la principal la que los divide de acuerdo a la carga que pueden trabajar.

A continuación se describe los principales reactores anaerobios utilizados en el tratamiento de purines.

Digestión convencional

El proceso de digestión convencional se suele llevar a cabo en una única fase. Las funciones de digestión, espesado de fangos y formación de sobre nadantes, se lleva a cabo de forma simultánea. El fango crudo se introduce en la zona en la que el fango está siendo digerido activamente y en la que se está liberando gas. El fango se calienta por medio de un intercambiador de calor externo. A medida que el gas asciende hacia la superficie, arrastra partículas de fango y otros materiales, tales como grasas y aceites, formando una capa de espumas.

Como resultado de la digestión, el fango se estratifica formando una capa de sobrenadante por encima del fango digerido, y experimenta un aumento de la mineralización. Como consecuencia de la estratificación y de la ausencia de mezcla completa, se utiliza menos del 50% del volumen del digestor convencional y solo se utiliza en instalaciones pequeñas.

Digestión de una fase y alta carga

Este proceso difiere del proceso convencional de una fase en que la carga de sólidos es mucho mayor. El fango se mezcla íntimamente mediante recirculación de gas, mezcladores mecánicos, bombeo o mezcladores con tubos de aspiración y se calienta para conseguir optimizar la velocidad de digestión.

A excepción de las mayores cargas y del mejor mezclado, entre el digestor primario de un proceso convencional de dos etapas, y un digestor de una fase y alta carga, solo existen algunas diferencias. Los equipos de mezclado deben tener mayor capacidad; y en caso de digestores de alta carga el tanque deberá ser más profundo, para favorecer el proceso de mezcla completa.

El bombeo de fango al digestor se debe llevar a cabo de forma continua o temporalizada en ciclos de 30 minutos a 2 horas de duración, a fin de mantener

condiciones constantes en el interior del reactor. El fango que entra desplaza el fango digerido hasta un tanque de almacenamiento.

Debido a que no se produce una separación del sobrenadante, y a que los sólidos se reducen en un 45-50% por liberarse en forma de gas, el fango digerido suele tener una concentración del orden de la mitad de la de los fangos crudos.

Los digestores pueden tener cubiertas fijas o flotantes. Algunas o todas las cubiertas flotantes pueden ser, a su vez, campanas de recogida de gas, lo cual permite disponer de un volumen de almacenamiento de gas independiente o un depósito de almacenamiento de gas adicional. Alternativamente, el gas se puede almacenar en una campana de gas independiente o en un depósito de almacenamiento a presión.

Digestión en dos fases

En muchas ocasiones un digestor de alta carga se combina en serie con un segundo tanque de digestión. En este proceso, el primer tanque se utiliza para la digestión, y se equipa con dispositivos y concentración del fango digerido y para la formación de un sobrenadante relativamente clarificado.

En muchas ocasiones ambos tanques se construyen idénticos, de forma que cualquiera de ellos puede ser el tanque primario. En otros casos, el segundo de los tanques puede ser abierto, no calentado o una laguna de fango. Los estanques pueden tener cubiertas fijas o flotantes al igual que en la digestión de una etapa.

Las ventajas que aporta este proceso de dos fases, comparándolas con el de una sola, se resumen a continuación:

- El primer reactor actuará de amortiguador a la llegada de algún golpe de carga del afluente, aportando gran seguridad y estabilidad al sistema; también este reactor eliminará el oxígeno disuelto del afluente, por lo que la eficacia en el segundo reactor será óptima.
- Permite conseguir un biogás de mayor riqueza en metano, lo que repercute en el balance económico.
- Puede conseguirse un aumento cinético de la hidrólisis por agitación en el primer reactor, y evitar la pérdida de microorganismos de esta primera etapa intercalando un decantador y bomba, para retornar éstos a su origen.
- Este sistema admite una mayor flexibilidad en variaciones de carga, pH y temperatura, a la vez que ofrece mayores facilidades en la actuación, seguimiento y control del proceso.

2.3.5.8 Ventajas y Desventajas de los Digestores Anaerobios

Ventajas de un Digestor Anaerobio

a) Producción de Energía

Por la acción de las bacterias metanogénicas, gran parte del contenido orgánico de las aguas se transforma en gas metano; teóricamente 1 Kg. de materia orgánica

produce 350 litros de metano a 35°C. Este combustible posee un elevado poder energético utilizable (5.500 kcal/m³)

b) Producción de Fangos

Por quedar convertida la mayor parte de la materia orgánica, en el proceso anaerobio, en biogás, el sólido restante queda bien estabilizado y utilizable previa deshidratación.

c) Proceso Exterior

Como los reactores se construyen en ambientes cerrados, la producción de malos olores es baja en el proceso anaerobio, comparado con los olores desagradables que se desprenden en el sistema donde la depuración se realiza en espacios abiertos.

d) Costos de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento no son tan altos, solo requiere personal capacitado, para que realicen las labores de mantenimiento, que por lo general no son muy frecuentes.

Desventajas del Proceso Anaerobio

a) Puesta en Marcha

Debido a la baja velocidad de crecimiento de los microorganismos, en el proceso anaeróbico la puesta en marcha de este tratamiento es lenta.

b) Temperatura

El tratamiento anaerobio a temperatura ambiente resulta demasiado lento, lo que supone un aporte externo de energía, ya que requiere temperaturas de, al menos, 35 °C, para que la actividad de las bacterias sea óptima.

c) Inversión

Los costos asociados a la construcción de los digestores anaerobios son altos, comparado con sistemas no convencionales de tratamiento, principalmente porque necesita de un sistema integrado, para proporcionar un tratamiento completo y adecuado a los purines, además necesita la instalación de dispositivos que permitan, calentar los purines hasta una temperatura adecuada, y la instalación de un sistema de recolección y acumulación del gas, para su posterior uso o quema.

2.3.5.9 Planta de biogás a partir de purines.

En este tipo de plantas se genera el biogás resultante de la degradación anaerobia de los purines procedentes de granjas de estabulación.

El biogás es la mezcla de productos gaseosos que se generan en la digestión anaerobia, compuestos, en su mayor parte por metano (65%), dióxido de carbono (30%), hidrógeno y otros gases (5%). Estos porcentajes son muy variables, influyendo en los mismos, las condiciones en las que se obtienen, procedencia del

purín, presencia en el mismo de compuestos inactivantes del proceso, temperatura ambiente, pH de la mezcla, contenido en sólidos, tiempo de retención, etc. Como combustible, el biogás presenta unas características muy interesantes, puesto que el Poder Calorífico Superior (P.C.S.) del mismo es aproximadamente de 23.000 kJ/m³ o 5.500 kcal/m³.

Además del biogás, tras la digestión anaerobia se obtienen una serie de subproductos, con unas características internas que los hacen muy interesantes desde el punto de vista económico. Así, se obtiene agua enriquecida, que puede ser utilizada para riego, o ser vertida a cauce público tras un tratamiento previo, y fango, que, tras ser desecado y estabilizado, puede ser utilizado como compost para la fertilización agrícola, con enormes ventajas, como pueden ser su facilidad de almacenamiento y transporte, y la enorme cantidad de nutrientes que presenta.

La digestión anaerobia, como ya se mencionó, se puede estructurar en tres etapas plenamente definidas, como son la etapa hidrogénica, en la que las bacterias actuantes, que principalmente son bacterias celulolíticas, que transforman la materia orgánica en monómeros, la etapa acetogénica, en la que otro tipo de bacterias atacan a estos monómeros, produciendo ácidos orgánicos de cadena corta (fundamentalmente ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno), y la etapa metanogénica, en la que las bacterias metanogénicas atacan a los compuestos anteriores, produciendo metano y más dióxido de carbono.

Esta tercera etapa, si bien puede producirse a cualquier temperatura, se ve influenciada por la misma, de manera que puede variar la velocidad de reacción considerablemente. Además, también varía el tipo de bacterias presentes, de manera que para temperaturas comprendidas entre 35 y 45° C se pueden encontrar bacterias mesófilas, y a temperaturas comprendidas entre 50 y 60° C se encuentran bacterias termófilas.

El proceso seguido en este tipo de plantas se puede definir muy escuetamente como:

- Recepción de purines. Ésta se produce en los tanques digestores, donde se producirá el proceso de digestión anaerobia. Hay que hacer constar que para el dimensionamiento de los tanques es necesario conocer el tiempo de retención del purín en los mismos. Este es un factor que puede influir considerablemente en la viabilidad del proyecto.
- Una vez producida la digestión anaerobia, se obtiene, de una parte, biogás, que, tras un proceso de filtrado, puede ser enviado al módulo de cogeneración, y de otra parte, fango, mezcla del agua presente y de la materia sólida.
- El biogás filtrado pasa a un motor de combustión, donde se genera electricidad, que posteriormente será evacuada a la red.
- Mediante un proceso de centrifugación, se puede separar la parte líquida del fango de la parte sólida, siguiendo cada una de ellas un proceso diferente.
- La parte sólida, gracias a los gases de escape y la energía térmica procedente de la refrigeración del motor de combustión, es estabilizada, eliminándole las bacterias y resto de material microbiano presente en la misma, quedando plenamente dispuesta para su utilización como fertilizante. La parte líquida puede

ser filtrada para cumplir con la normativa medioambiental y poder ser vertida a cauce público, o puede ser directamente utilizada como agua de riego.

Las ventajas que presenta la existencia de plantas de biogás para el tratamiento de los purines de granjas son las siguientes:

- Resuelven el problema de excedentes de purines que actualmente se presenta en las zonas calificadas como vulnerables a la contaminación por nitratos.
- Los productos que se obtienen en estas plantas, principalmente agua, gases incondensables y lodos, no son contaminantes, y la mayoría de ellos pueden ser utilizados para otros usos, resolviendo de esta manera un problema de contaminación sin crear otro problema derivado.
- El proceso de tratamiento seguido permite la obtención de un producto sólido y seco, que puede ser calificado como compost, estable, fácilmente transportable y comercializable como fertilizante agrícola.
- Las instalaciones en las que se produce este proceso utilizan como combustible principal el gas natural que, si bien es un combustible convencional, es calificado como limpio.
- En las plantas de biogás se obtiene un máximo aprovechamiento energético, sin llegar a producir ningún tipo de residuo, puesto que todos los productos obtenidos en el proceso pueden ser comercializados.

Una planta de este tipo puede calificarse como una planta de cogeneración, en la cual, el gas natural, que deberá ser transportado hasta la misma planta por medio de conducción, es quemado en los motores que conforman la unidad de cogeneración, produciendo energía eléctrica que posteriormente es evacuada a la red. Los gases de escape de esta combustión, junto con la energía térmica procedente de la refrigeración de estos motores, son utilizados en la planta de tratamiento de purines, procediendo a su desecado, obteniendo, de una parte, agua, y de otra, una materia sólida estabilizada y enriquecida con nutrientes que puede ser considerada fertilizante como el compost.

Se puede decir que todos los procesos que se han estudiado presentan una serie de ventajas generales, que pueden definirse como:

- Reducción de las emisiones de Dióxido de carbono.
- Reducción del efecto invernadero.
- Reducción de las emisiones a la atmósfera que provocan lluvias ácidas.
- Disminución en la generación de residuos nocivos.
- Reducción de los impactos ambientales provocados por el hombre.

Todos los proyectos que anteriormente han sido enumerados presentan una serie de características comunes, que los hacen interesantes desde el punto de vista medioambiental.

Otro hecho muy importante a tener en cuenta es la continuidad de la aportación de los subproductos utilizados en la planta. De manera general, estas plantas se nutren de subproductos de gran cantidad de agricultores ó ganaderos. Habrá que prever la realización de contratos de larga duración, al menos como la vida útil de la planta proyectada, con revisiones periódicas de los mismos. Además, el transporte y acopio de estos residuos debe contar con los permisos ambientales y sectoriales correspondientes, por lo que el proyecto deberá someterse al SEIA.

De manera general, debido a que el poder calorífico del biogás, si bien es interesante, es inferior a los combustibles fósiles, y a la inversión que supone la instalación de una planta de este tipo, el periodo de amortización no suele ser, en el mejor de los casos, inferior a 7 ó 10 años.

Habrá que contar con que la viabilidad de estos proyectos pasa por la venta de energía. De acuerdo a las nuevas disposiciones sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos ó fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración, donde se desarrollan las características que debe cumplir la instalación, y los precios de venta de la energía.

2.4 DEFINICIÓN O VALIDACIÓN DE UN LISTADO DE TECNOLOGÍAS DURAS PREVENTIVAS Y/O CONTROL

2.4.1 Generalidades

Una planta de biogás debe poseer las características específicas que le permitan un adecuado control del impacto que pudieran generar el acopio, preparación y acondicionamiento de los purines y otros materiales que conforman la materia prima para el proceso.

Además, el proceso debe ser desarrollado, manejado y controlado de modo eficiente; esto exige que se debe contar con los elementos para un monitoreo permanente del material en proceso de digestión, de modo que el proceso tenga un buen rendimiento, es decir que para un volumen determinado de purines, se genere el máximo producto final posible: el biogás. En este sentido, se debe recordar que se trata de una planta de recuperación de energía y no de un lugar de disposición final.

Otro aspecto muy importante es que los potenciales impactos que pudiese generar la actividad a desarrollar, deben ser previstos desde la perspectiva de la ubicación que tendrá la planta. Esto es principalmente que esté ubicada alejada de otras actividades de la empresa que pudieran verse afectadas y por supuesto de sectores habitados, por los impactos que pudiera tener en la población.

Considerando las condiciones anteriores, y el interés inmediato y futuro de la empresa, se ha postulado analizar tres alternativas.

La empresa ha estimado que el plantel lechero que posee actualmente (520 vacas) tiene un potencial de generación de 26 toneladas diarias de purines. Se estima que dicha cantidad se duplicará en un plazo de tres años. Estas condiciones se han definido como condiciones de diseño para proyectar las alternativas que serán evaluadas en los puntos siguientes.

- Alternativa 1: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (CWU).
- Alternativa 2: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (HBS Energía).
- Alternativa 3: Procesamiento de purines generados por 1040 vacas mezclados con otros desechos agrícolas. (proyección a 3 años) (PROQUILAB)

2.4.2 Ubicación de la Planta

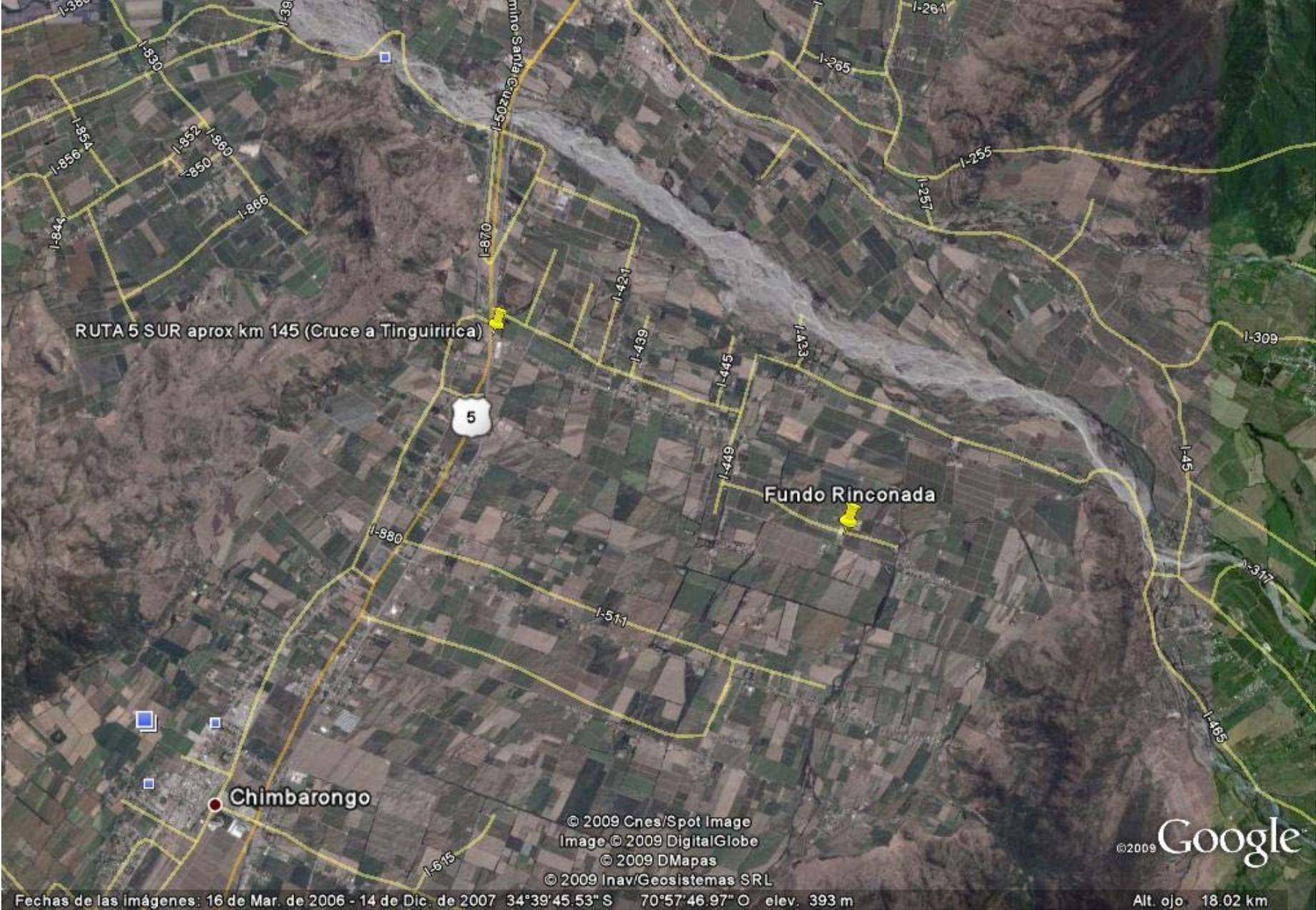
Las tres alternativas se ubican al interior del Fundo Rinconada, en un sector al norte de las actividades agroindustriales de la empresa.

Coordenadas: **34° 40' 21,77" S**
 70° 55' 53,09" O
Altura: **425 m.s.n.m.**

El terreno se localiza en la Región de O'Higgins, Provincia de Colchagua, Comuna de Chimbarongo, Sector de Quincharco..

El acceso al sector en que se encuentra el predio, es desde el km 145 de la Ruta 5 Sur, se debe ingresar hacia Tinguiririca, se cruza por este pueblo y se toma el desvío hacia el sur por el camino I-499 y se avanza aproximadamente 1.200 m, en seguida se vira hacia el oriente por el camino I-455, por el cual se avanza aproximadamente 1.900 m hasta la entrada al Fundo La Rinconada.

En los planos siguientes se muestra la ubicación del terreno con respecto a la Ruta 5 Sur, la ubicación de las diferentes actividades al interior del predio y la ubicación propuesta para la planta de biogás y grupo generador.





2.4.3 Selección de la Alternativa

Las tres alternativas planteadas corresponden a la definición técnica y económica del sistema de digestión anaeróbica de purines, producción de biogás y generación de energía eléctrica y térmica.

En las dos primeras se ha considerado el procesamiento de los purines que actualmente genera la lechería. En ambos casos el sistema es el mismo y difieren principalmente en los costos que se han propuesto por los proveedores.

La tercera alternativa se ha considerado con el fin de establecer una proyección futura de la instalación, para el procesamiento de los purines provenientes de un plantel lechero de un tamaño correspondiente al doble del plantel actual, en conjunto con el enriquecimiento de la calidad del gas por la adición de maíz para su producción.

En todo proceso, existen diferentes restricciones que no deben ser dejadas de lado, por lo que es necesario la recopilación de antecedentes, verificar los espacios de las instalaciones existentes y/o de futuras ampliaciones y desarrollar los diagramas de flujo correspondientes, lo que permitirá identificar en forma óptima las prioridades.

A su vez, se debe recurrir a los especialistas en el proceso productivo y a los proveedores que en definitiva entregarán la tecnología, con quienes se deberán definir el lay-out de la instalación.

Luego de definida la magnitud de la inversión y el análisis de los costos operacionales, se deben efectuar las evaluaciones económicas para determinar la alternativa más conveniente para la empresa. Posteriormente se evaluarán las alternativas de financiamiento disponibles en el mercado.

2.4.4 Normativas Ambientales a considerar

Desde el punto de vista de la normativa ambiental vigente, la empresa debe cumplir las siguientes disposiciones:

- Ley 9.300 : Ley Base del Medio Ambiente, y D.S. N°30 (D.O. 03.04.97) y D.S. N°95 (D.O. 07/12/02) Reglamento del SEIA y Modificaciones
- Ley 19.821 que derogó la Ley 3.133
- Ley 20.257 Ley de ERNCs (modificaciones a la ley general de servicios eléctricos).
- D. L. 3.557/80 sobre Protección Agrícola, art. 9 y 11.
- D.F.L. 1/89 del Ministerio de Salud
- D.F.L. 725/67 Código Sanitario Servicio de Salud, Art. 71, 79 y 80
- D. S. 594, sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales en los lugares de trabajo
- D. S. 146 sobre Emisión de Ruidos por Fuentes
- D. S. 4.740/47 sobre Acumulación y Transporte de Residuos Industriales Insalubres o Peligrosos.
- D.S. 47/92 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

- Of. Circular N°95 Establece pauta de Referencia Calificación de Actividades Productivas y de Servicio de carácter Industrial.

2.5 ANALISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS A EVALUAR

Se ha considerado que cualquiera de las alternativas que se describen en más adelante, tienen los siguientes requerimientos:

- Se ha considerado que la ubicación de la alternativa seleccionada será al interior del Fundo La Rinconada, de preferencia en una zona cercana a la lechería.
- Se requiere elaborar y tramitar una Declaración de Impacto Ambiental sometiendo el proyecto que en definitiva se seleccione al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, además de solicitar los permisos sectoriales correspondientes.
- Se requiere trabajos de acondicionamiento del terreno: nivelación y limpieza/retiro de material. Cierres, accesos y zonas de descarga y acopio de desechos agrícolas (3ª Alternativa). Canales y recolección de aguas lluvias.

2.5.1 Alternativa 1: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (CWU)

Esta alternativa está basada en las condiciones y características incluidas en la oferta entregada por la empresa CWU, que se incluye en el anexo 2.

Esta oferta considera la provisión de una planta completa para tratar 30 m³ /día de purines (600 vacas). Para efectos de la propuesta se ha establecido un contenido de un 9% de materia seca, de la cual un 80% corresponde a sólidos volátiles.

Número de vacas 500 kg	600
Purines por día m ³ /d	30
Purines anuales m ³ /a	10.950
TS %	9,00
OTS % de ST	80,00

La planta de biogás corresponde a un estanque cilíndrico con un tiempo de retención hidráulico de 25 días (770 m³), el cual en su interior lleva un agitador, que tiene la función de mantener el sustrato en mezcla completa.

En el lado superior del estanque, se instala una membrana de caucho que es el reservorio donde se acumula el biogás para luego ser conducido a un motor de combustión interna donde genera la energía mecánica que acciona un generador de energía eléctrica.

Este motor en conjunto con el generador conforma el grupo electrógeno, el cual produce energía eléctrica y energía térmica. La energía eléctrica generada será utilizada en el predio y/o vendida a la red y la energía térmica es utilizada para mantener la temperatura del biodigestor entre 35 a 38 °C de modo que haya una buena operación de la masa bacteriana al interior del biodigestor; el calor restante es aprovechado en los procesos agroindustriales de la empresa.

La oferta, en términos generales incluye las siguientes partes principales:

- Biodigestor de mezcla completa con agitador y acumulación de gas, circuito de calefacción interna, control de temperatura, válvulas de seguridad de sobre y baja presión, circuitos de alimentación y salida del sustrato
- Tablero eléctrico de comando
- Sistema de medición, control y regulación del proceso
- Grupo electrógeno
- Sistema de bombeo del sustrato al biodigestor
- Sistema de transporte del biogás

Esta planta tiene varios componentes de origen alemán de modo de asegurar la calidad de la construcción y la seguridad en la operación.

Se ha considerado un factor de planta de 85%, lo cual determina una producción de 750 m³ de gas/ día, con un 54% de metano.

La potencia eléctrica instalada es de 65 kW, estimándose una generación anual de 452.345 kW-h de energía eléctrica y 628.256 kW-h (540.300 Mcal) de energía térmica y una producción de 1.040 t/año de compost.

El sistema puede ser monitoreado y operado en línea remotamente

Esta alternativa requiere una inversión de EU 304.307, que equivalen a MM\$ 238 considerando un valor del euro de \$ 780. En esta oferta se incluye la ingeniería de detalle, la provisión del equipamiento, el montaje, la puesta en marcha y una garantía por un año. Los ítemes no incluidos así como otros aspectos se detallan en la oferta (ver anexo 2).

Nota: Las características de la construcción y de operación se incluirán en la ingeniería de detalles del proyecto. Los equipos y maquinarias antes mencionadas; y sus respectivas características técnicas podrían variar.

2.5.2 Alternativa 2: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (HBS Energía)

Esta alternativa está basada en las condiciones y características incluidas en la estimación de características técnicas y costos de inversión enviadas por la empresa HBS Energía, que se incluye en el anexo 2.

Esta estimación considera una planta para tratar 130 m³/día de purines (520 vacas) diluidos con agua. Para efectos de la estimación se ha establecido un contenido de un 5,8% de materia seca, de la cual un 90% corresponde a sólidos volátiles.

Número de vacas 500 kg	520
Purines por día m ³ /d	130
Purines anuales m ³ /a	47.450
TS %	5.8%
OTS % de ST	90,00

La baja materia seca del afluente que entra a la planta determina que se requiere un digester de mezcla completa de 3.500 m³ con un tiempo de retención hidráulico de 27 días.

Se estima una producción anual de 358.800 m³ de biogás con un contenido de 55% de metano, equivalentes a 6.700 MMBTU (1.688.400 Mcal), que se distribuyen en una producción de energía eléctrica de 745.000 kW-h y 2.500 MMBTU (630.000 Mcal) de energía térmica, utilizando un equipo generador de 100 kW

Adicionalmente, se estima una producción anual de 440 toneladas de compost.

Esta alternativa requiere una inversión de EU 450.000, que equivalen a MM\$ 351 considerando un valor del euro de \$ 780.

2.5.3 Alternativa 3: Procesamiento de purines mezclados con otros desechos agrícolas. (PROQUILAB)

Esta alternativa considera la situación planteada por la empresa en el sentido de que es posible duplicar la cantidad de purines a procesar. Se aprovecha de incorporar la recomendación de ambas empresas mencionadas en las alternativas anteriores de incorporar un cultivo energético, como rastrojos o residuos vegetales.

Esta alternativa considera el procesamiento de los purines generados por un plantel de 1.040 vacas en producción en conjunto con materia orgánica de desechos agrícolas.

En este análisis se ha considerado la alimentación de:

- 59,8 t/d de purines con un 12,31% de materia seca y 90,16% de SV/ST
- 10 t/d de desechos agrícolas, con 30% de materia seca y 94% de SV/ST.

La planta de biogás incluye los sedimentadores, la fosa de recolección y el filtro de tornillo, existentes. Se ha proyectado agregar desechos agrícolas similares a maíz ensilado en conjunto a los purines a un biodigestor, que consiste en un estanque cilíndrico agitado de mezcla completa, que opera a temperatura controlada, de 38°C.

En el extremo superior del biodigestor, se instala una membrana de caucho que es el reservorio donde se acumula el biogás para luego ser conducido a un motor de combustión interna donde genera la energía mecánica que acciona un generador de energía eléctrica.

Este motor en conjunto con el generador, conforman el grupo electrógeno, el cual produce energía eléctrica y energía térmica. La energía eléctrica generada será utilizada en el predio y/o vendida a la red, parte de la energía térmica es utilizada para mantener la temperatura del biodigestor, de modo que haya una buena operación de la masa bacteriana; el calor restante es aprovechado en los procesos agrícolas o agroindustriales de la empresa o bien en calefacción de oficinas o generación de agua caliente sanitaria para baños o limpieza de equipos.

Las características generales de los estanques y equipos requeridos, son:

- Biodigestor de mezcla completa con agitador, circuito de calefacción interna, válvulas de seguridad, circuitos de alimentación y salida del sustrato, de 3.000 m³ de capacidad, con tiempo de retención hidráulica de 40 días, con zona superior para contención del biogás.
- Grupo electrógeno, de una potencia de 350 KVA

Se estima una producción diaria de 4.186 m³ de gas y una generación anual de 3.108 MW-h de energía eléctrica que pueden ser utilizados en las actividades de la empresa o vendidos al SIC (Sistema Interconectado Central). La energía térmica generada es de 4.751 Gcal/año, de los cuales un 7.9% se utiliza en la calefacción del biodigestor, quedando disponibles 4.167 GCal/año.

Se estima que el efluente del biodigestor una vez deshidratado generará 3.442 t/año de compost. La fracción líquida se utilizará en el riego del predio.

Esta alternativa requiere una inversión estimada de EU 1.420.000, que equivalen a MM\$ 1.108 considerando un valor del euro de \$ 780.

Nota: Una vez determinado el tamaño definitivo de la planta y los materiales que se adicionarán junto con los purines, tanto podrían variar los costos, las capacidades y características de los equipos y maquinarias antes mencionadas.

Análisis de alternativas de sistemas de tratamiento

Del análisis de las alternativas descritas anteriormente, se puede deducir que desde un punto de vista técnico, las tres son factibles de ser implementadas, pues la tecnología propuesta está disponible, existe la disponibilidad de terrenos, y los recursos de transporte necesarios para implementarlas. Solo quedaría por establecer la disponibilidad de desechos agrícolas y los volúmenes de purines a obtener desde otros predios

Del análisis de la factibilidad técnica de las alternativas, se seleccionaron las tres para ser evaluadas económicamente.

Se puede resumir las ventajas y desventajas de los sistemas analizados, tanto técnicas y de operación, en el cuadro siguiente:

Tabla N° 5
Ventajas y Desventajas de las Alternativas

<u>Ventajas</u>	<u>Desventajas</u>
<p><u>Alternativa 1, 2 y 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Es un proceso que permite un buen control de los parámetros de operación. • Permite reducir drásticamente el tiempo de procesamiento • Elimina los impactos ambientales actuales. • Se obtienen materiales fertilizantes estabilizados y utilizables. • Se utiliza una fuente de energía que de otro modo se desperdicia • Reduce la emisión de olores. • Es un proceso de muy bajos costos de operación y baja mantención 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativa 1, 2 y 3 • Demanda una alta inversión comparado con sistemas convencionales • Requiere de modificaciones mayores en las instalaciones actuales. • Se debe implementar una tecnología sobre la cual hay poca experiencia concreta, en Chile • La puesta en marcha es lenta • El proceso es sensible a cambios físicos (temperatura) y químicos (pH).
<p><u>Alternativa 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Se obtienen mejores rendimientos de generación de biogás. • Permite la valorización de otros residuos adicionales a los purines 	<p><u>Alternativa 3</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Requiere una tecnología algo más compleja para el tratamiento de los desechos agrícolas • Requiere de una inversión significativamente más alta.

2.6 ESTIMACION DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN Y COSTOS DE OPERACIÓN

2.6.1 Costos de Inversión para las Alternativas

A continuación se presentan las estimaciones de las inversiones para cada propuesta, de modo de tener una comparación con relación al desembolso efectivo por concepto de gasto financiero, presentada en pesos.

Alternativa 1: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (CWU)

Esta alternativa está basada en las condiciones y características incluidas en la oferta entregada por la empresa CWU, que considera la provisión de una planta completa para tratar 30 m³ /día de purines (600 vacas). Los detalles se entregan en la propuesta, en el Anexo 2.

Costos de Inversión

Para el análisis previo del proyecto se tomaron en cuenta los siguientes ítems de inversión:

Tabla N° 6
Alternativa 1: Inversiones a Realizar

Tipo Inversión	Monto M\$
Readecuación de Terreno (Cancha y Accesos)	10.000
Equipos Auxiliares	15.000
Máquinas y Equipos de Producción	237.900
Tramitación DIA	9.000
Total Inversión M\$	271.900

Detalle Inversión

- La readecuación del terreno considera habilitar una superficie de 5.000 m² donde se ubicarán los equipos de la planta de biogás, sus accesos y zonas de acopio.
- Los equipos auxiliares consideran equipos de transporte y bombeo además de trabajos varios (terminaciones, herramientas y elementos menores).
- Las máquinas y equipos de producción corresponde a la propuesta de equipamiento y control de la planta de biogás propuesta (ver anexo 2).
- La tramitación de la DIA (Declaración de Impacto Ambiental) y permisos incluye la preparación, preparación, defensa y tramitación de la DIA, hasta la obtención de la RCA (Resolución de Calificación Ambiental).

Alternativa 2: Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (HBS Energía)

Esta alternativa está basada en las condiciones y características de inversión estimadas por la empresa HBS Energía, para el procesamiento de 130 m³/d los purines diluidos generados por 520 vacas. Los detalles se Presentan en el Anexo 2.

Costos de Inversión

Para el análisis previo del proyecto se tomaron en cuenta los siguientes ítems de inversión:

Tabla N° 7
Alternativa 2: Inversiones a Realizar

Tipo Inversión	Monto M\$
Readecuación de Terreno (Cancha y Accesos)	10.000
Equipos Auxiliares	15.000
Máquinas y Equipos de Producción	351.000
Tramitación DIA	9.000
Total Inversión M\$	385.000

Detalle Inversión

- La readecuación del terreno considera habilitar una superficie de 5.000 m² donde se ubicarán los equipos de la planta de biogás, sus accesos y zonas de acopio.
- Los equipos auxiliares consideran equipos de transporte y bombeo además de trabajos varios (terminaciones, herramientas y elementos menores).
- Las máquinas y equipos de producción corresponde a los antecedentes y las estimaciones de costos de equipamiento indicados en el anexo 2.
- La tramitación de la DIA (Declaración de Impacto Ambiental) y permisos incluye la preparación, preparación, defensa y tramitación de la DIA, hasta la obtención de la RCA (Resolución de Calificación Ambiental).

Alternativa 3: Procesamiento de purines mezclados con otros desechos agrícolas.
(PROQUILAB)

Esta alternativa está basada en las condiciones y características de inversión estimadas por PROQUILAB, para el procesamiento de 95 t/d de una mezcla de purines, desechos agrícolas y aguas de lavado.

Costos de Inversión

Para el análisis previo del proyecto se tomaron en cuenta los siguientes ítems de inversión:

Tabla N° 8

Alternativa 3: Inversiones a Realizar

Tipo Inversión	Monto M\$
Readecuación de Terreno (Cancha y Accesos)	15.000
Equipos Auxiliares	25.000
Máquinas y Equipos de Producción	1.107.600
Tramitación DIA	9.000
Total Inversión M\$	1.156.600

Detalle Inversión

- La readecuación del terreno considera habilitar una superficie de 6.000 m² donde se ubicarán los equipos de la planta de biogás, sus accesos y zonas de acopio.
- Los equipos auxiliares consideran equipos de transporte y bombeo además de trabajos varios (terminaciones, herramientas y elementos menores).
- Las máquinas y equipos de producción corresponden a la tecnología necesaria para el proceso indicado en el anexo 2.
- La tramitación de la DIA (Declaración de Impacto Ambiental) y permisos incluye la preparación, preparación, defensa y tramitación de la DIA, hasta la obtención de la RCA (Resolución de Calificación Ambiental).

Tabla N° 9
Comparación de Inversiones de las Alternativas (valores en M\$)

<u>Items</u>	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Readecuación de Terreno	10.000	10.000	15.000
Equipos Auxiliares	15.000	15.000	25.000
Máquinas y Equipos de Producción	237.900	351.000	1.107.600
Tramitación DIA	9.000	9.000	9.000
Total en M\$ (*)	271.900	385.000	1.156.600

2.6.2 Costos de Operación

Los costos de operación de cada alternativa se han establecido considerando las operaciones que deben desarrollarse en cada caso, las materias primas e insumos necesarios, la preparación y competencia del personal acorde a la tecnología que se utilizará y la complejidad del proceso a desarrollar.

Los costos operacionales se han establecido teniendo en cuenta los costos, las condiciones de operación de la empresa y la información entregada por proveedores de tecnología.

En la tabla siguiente se han determinado los costos para cada alternativa:

Tabla N° 10
Costos Operacionales (M\$/ año)

ITEM	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Materias Primas e Insumos	9.000	17.000	130.000
Repuestos y Mantenimiento	12.000	20.000	35.000
Remuneraciones y Honorarios	12.000	12.000	18.000
Gastos Operacionales	10.000	7.000	70.000
Total Costos Operacionales	30.000	30.000	177.000

Los diferentes ítems de costos operacionales incluyen en términos generales, los siguientes costos:

Materias Primas e Insumos: Los purines se consideran sin valor. Se incluye el costo de la energía para la operación de la planta. En la tercera alternativa se ha considerado un valor de \$ 25 por kg de maíz ensilado. en sí.

Repuestos y Mantenimiento: En este ítem se incluyen los repuestos y el costo de mantenimiento de los equipos e instrumentos de planta, vehículos y equipos de transporte, y materiales de mantenimiento, como aceite lubricante.

Remuneraciones y Honorarios: Incluye las remuneraciones del personal de planta y los honorarios y comisiones del personal que trabaja bajo este régimen.

Gastos Operacionales: Incluye costos de movimiento y acopio de materiales al interior de la planta, así como el retiro de los efluentes y transporte de compost producido.

2.7 ESTIMACION DE BENEFICIOS ECONOMICOS Y AMBIENTALES

2.7.1 Beneficios Económicos

Los beneficios económicos están directamente relacionados con la generación de energía eléctrica y energía térmica excedente.

La energía eléctrica disponible será valorizada separadamente la parte que se consumirá por la empresa y el saldo que quedará disponible para la venta al SIC. En el primer caso, los valores a considerar serán las correspondientes a las tarifas que actualmente afectan a la empresa y en el segundo caso se considerará el precio de nudo establecido por la autoridad.

La energía térmica generada puede ser utilizada en calefacción y en las actividades actuales de la empresas o bien en las que en el futuro establezca la empresa, tales como proceso UHT de la leche, cultivos estacionales en invernaderos de con temperatura controlada.

- Consumo de materias primas

La materia prima principal corresponde a los purines, que no tienen costo para la empresa. En el caso de la tercera alternativa se ha considerado el flete de desechos agrícolas que eventualmente deberán obtenerse de terceros, teniendo en cuenta el aumento en la generación de residuos orgánicos por parte de la agroindustria y la población, en la región, así como el aumento de la fracción de residuos que se recicla en vez de ser enviados a rellenos sanitarios o botaderos clandestinos.

- Producción

La producción de biogás es continua las 24 horas del día, existiendo la posibilidad de generar en los horarios en que la energía eléctrica es requerida, sobre todo en el periodo de horarios punta.

- Consumos de agua

El consumo de agua no es un aspecto relevante en la operación de la planta, pues el agua utilizada es exclusivamente para la higiene de la sala de ordeña y de los equipos de la sala de leche.

- Residuos líquidos

El proceso no genera residuos líquidos. En este sentido, sólo debe considerarse un adecuado manejo de la fracción líquida que se recircula y que las aguas lluvias no incrementen el agua que se incorpora al proceso.

- Residuos sólidos

Los residuos sólidos que se generan corresponden al efluente del biodigestor que está estabilizado y puede ser utilizado como fertilizante.

2.7.2 Beneficios ambientales directos e indirectos

En general los beneficios ambientales son similares para las tres alternativas evaluadas, ya que cumplen con el mismo objetivo de permitir un adecuado tratamiento

de los purines y eventualmente en la 3ª alternativa, la incorporación de desechos vegetales.

2.7.2.1 Beneficios directos

- Se logra un manejo adecuado de los purines generados por la empresa.
- Se elimina el manejo abierto de los purines, reduciendo la atracción de moscas y otros vectores.
- Se obtiene un material fertilizante estabilizado y utilizable directamente en el campo.

2.7.2.2 Beneficios indirectos

- Se reduce la emisión de gases de efecto invernadero.
- Mejora la imagen de la empresa con relación al cuidado del medio ambiente.
- La empresa implementa en forma pionera en el país, la incorporación de generación eléctrica a partir de ERNC.

2.8 EVALUACION ECONOMICA

Se ha realizado un análisis y evaluación de los puntos anteriores, para cada alternativa, para lo cual se han calculado y considerado los siguientes parámetros e indicadores:

Monto de la Inversión, VAN, TIR, Ahorros y ganancias, período de retorno de la inversión, beneficios ambientales.

Para el cálculo del TIR y VAN, se han utilizado las siguientes referencias:

- Tasa de referencia $i = 12\%$ anual y
- Horizonte de la evaluación $n = 10$ años

2.8.1 Costos de Inversión

La evaluación económica considera tres propuestas de inversión, las cuales han sido elaboradas de manera independiente, presentando alternativas con diferentes tecnologías para la empresa. En el punto 2.6.1 se detallan las partidas incluidas en la inversión correspondiente a cada alternativa.

Tabla N° 11

Alternativas propuestas

Alternativas	Descripción	Inversión
N° 1	Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (CWU)	M\$ 271.900
N° 2	Procesamiento de los purines generados actualmente en la lechería (HBS Energía)	M\$ 385.000
N° 3	Procesamiento de purines mezclados con otros desechos agrícolas. (PROQUILAB)	M\$ 1.156.600

En todos los casos se ha considerado que se solicitará un crédito por el 85% de la inversión a un plazo de 10 años. Se ha considerado que para cada una de las tres alternativas, la capacidad de producción con que han sido evaluadas, variando para cada una de ellas, los montos asociados a la inversión, y los costos de operación de cada una de ellas.

Cabe mencionar que las condiciones de crédito son diferentes entre las instituciones financieras en cuanto a tasas (en pesos, UF, comisiones), períodos de gracia, garantías, etc., por lo cual para esta evaluación de las tres propuestas se ha considerado, en forma conservadora, una tasa de interés real del 12% anual (1% mensual), de acuerdo a los créditos ofrecidos por CORFO.

2.8.2 Ingresos

Los ingresos o ahorros de la empresa están determinados principalmente por el menor consumo de energía eléctrica que efectuará la planta desde la red además de la venta de excedentes se reciban en la planta y por los productos que se generen por el precio unitario de cada uno de ellos.

Por lo tanto, para la elaboración de esta evaluación será fundamental proyectar los ingresos percibidos y los precios que tendrá el servicio de recepción de residuos orgánicos y los productos terminados puestos en el mercado.

Los ingresos anuales para el primer año correspondiente a cada alternativa se indican en la tabla siguiente:

Tabla N° 12
Estimación de Ingresos/Ahorros Anuales

<u>Items</u>		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Energía Eléctrica consumida en planta Costo: \$ 84.3/kW-h	Cantidad [kW-h/año]	452.345	745.000	806.000
	Ahorro M\$/año	38.133	62.804	67.946
Demanda de Potencia Costo HP: \$ 8.873/kW/mes Costo HFP: \$ 1.315/kW/mes	Cantidad [kW]	65	100	350
	Ahorro M\$/año	7.950	12.225	42.790
Energía Eléctrica para venta a SIC Precio Nudo: \$57,1 /kW-h	Cantidad [kW-h/año]	---	---	2.302.000
	Ingresos M\$/año	---	---	131.444
Energía Térmica Costo : \$ 73,2/Mcal	Cantidad [Mcal/año]	540.300	630.000	4.167.000
	Ahorros M\$/año	39.550	46.116	305.024
Compost Precio: \$ 60.000 /t	Cantidad [t/año]	1.040	440	3.442
	Ingresos M\$/año	62.400	26.400	206.520
Total Ahorros/Ingresos M\$		148.033	147.545	753.724

2.8.3 Costos de Operación

Las alternativas evaluadas tienen costos operacionales diferentes ya que corresponden a tecnologías diferentes. El detalle de estos costos se establecen en el punto 2.6.2., los que presentados en pesos con una tasa de cambio de US\$ 1 = \$ 600 se presentan en la tabla siguiente:

Tabla N° 13
Costos Operacionales (M\$/ año)

ITEM	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Materias Primas e Insumos	9.000	17.000	130.000
Repuestos y Mantenimiento	12.000	20.000	35.000
Remuneraciones y Honorarios	12.000	12.000	18.000
Gastos Operacionales	10.000	7.000	70.000
Total Costos Operacionales	43.000	56.000	253.000

2.8.4 Resultados de la evaluación

Efectuados los análisis técnico-económicos a las tres alternativas con los valores indicados en los puntos anteriores para cada una de ellas, se obtienen los resultados que se indican en la siguiente tabla:

Tabla N° 14
Parámetros de Evaluación

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Inversión Total [M\$]	271.900	385.000	1.156.600
TIR	33,4%	18,7%	36.4%
VAN [MM\$]	244	102	1.225
Pay-Back [años]	3 años 8 meses	5 años 11 meses	3 años 9 meses

2.9 EVALUACION FINANCIERA DE LAS ALTERNATIVAS

2.9.1 Introducción

Se han evaluado las 1ª y 3ª alternativas propuesta, pues además de que la 2ª es la menos rentable, presenta algunas incoherencias en la información entregada por la empresa que se ha utilizado para estimar la inversión y los beneficios.

Las condiciones definitivas de financiamiento deberán ser acordadas con diferentes instituciones financieras, una vez que la empresa decida efectuar la inversión, pues tales condiciones están sujetas a estudio detallado del proyecto en cuestión, por parte de cada una de ellas y son objeto de negociación entre el mandante y la respectiva institución.

Sin embargo, se han analizado ambas alternativas mencionadas considerando la alternativa de que la empresa financie las inversiones, así como la alternativa de solicitar un crédito por el 85% del total de la inversión requerida en cada caso.

2.9.2 Alternativas de financiamiento

- Financiamiento Propio:

Se ha analizado la alternativa de que la empresa financie la inversión, a un plazo de 10 años con una tasa de referencia del 12%, una depreciación lineal y un valor residual al término del periodo del 20% de los equipos e infraestructura.

- Crédito por el 85% de la Inversión

Monto del Crédito: Alternativa 1: M\$ 231.115

Alternativa 3: M\$ 983.110

- Plazo :10 años
- Institución : Crédito CORFO
- Tasa anual : 13 % real
- Período de Gracia : No
- Tipo de Crédito : Crédito de financiamiento para inversiones en medio ambiente. (Línea B.14: Inversiones Medio Ambientales para Pequeñas y Medianas Empresas)

La tasa considera un porcentaje adicional que refleja la comisión y/o dividendos a pagar, cobrado por los distintos bancos. Además del supuesto de garantías exigidas, situación financiera actual y flujos futuros, variables que determinan las condiciones del crédito.

Con las condiciones anteriores, se obtuvieron los siguientes resultados para TIR y VAN.

Tabla N° 16

Resumen de Resultados de Financiamiento para Alternativa 1

	Financiamiento Propio	Crédito 85% de la Inversión
VAN	MM\$ 244	MM\$ 258
TIR	33,4%	>100

Tabla N° 17

Resumen de Resultados de Financiamiento para Alternativa 3

	Financiamiento Propio	Crédito 85% de la Inversión
VAN	MM\$ 1.225	MM\$ 1.214
TIR	36,4%	>100

Es necesario dejar en claro que una vez que las instituciones financieras dispongan de todos los antecedentes de este estudio de preinversión en medio ambiente y hayan efectuado un análisis detallado del mismo, se lograrán establecer los parámetros definitivos y condiciones de financiamiento del proyecto, los que finalmente deberán ser negociados y decididos en conjunto con la empresa.

2.10 CONCLUSIONES

- Dentro de las alternativas presentadas y analizadas en este estudio, todas son posibles de ser implementadas desde un punto de vista tecnológico, es decir la tecnología propuesta existe y es factible de ser implementada en la zona de emplazamiento del proyecto.
- Las tres alternativas de Inversión presentadas y analizadas en este estudio, resuelven el problema ambiental planteado, sin embargo hay que destacar que la alternativa N°2 si bien se observa como recomendable desde un punto de vista económico, técnicamente no es clara y presenta varias incoherencias en los antecedentes entregados por la empresa proveedora.
- La alternativa N° 1 es la que cumple con las condiciones y requerimientos de la empresa en las actuales condiciones de tamaño y operación.
- La alternativa N°3 es la que cumple con las proyecciones de crecimiento y desarrollo que tiene la empresa a un plazo de 3 años
- Ambas cumplen completamente desde los puntos de vista técnico, económico y ambiental.

Ricardo Cereceda Ormazábal

Jefe de Proyecto