

Universidad Empresarial Siglo 21

Contador Público



"Trabajo final presentado
para optar al grado de Contador Público"

*EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DE UNA
PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE
EFLUENTES PORCINOS DE UNA GRANJA EN EL SUR DE
CÓRDOBA*

CASTALDI, ALEJANDRA ETEL.

DNI: 30.280.591

RÍO CUARTO - CÓRDOBA.

DICIEMBRE / 2009

Índice	Pág.
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES.....	6
El proceso de intensificación productiva	6
Efectos de los sistemas de producción animal sobre el ambiente.....	7
La situación en el primer mundo.....	8
La situación en Argentina.....	9
Objetivos del trabajo.....	12
MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	13
El proyecto de inversión	13
El estudio de proyecto como proceso	14
Estudios y análisis de un proyecto	14
Las inversiones, ingresos y costos del proyecto	17
Criterios de evaluación de proyectos.	18
LA GRANJA FAMILIAR DESTINATARIA DEL PROYECTO.....	20
Un poco de historia	20
Un cambio de paradigma	23
EL PROBLEMA A SER RESULTO Y LOS DESTINATARIOS DEL PROYECTO	28
Estudio de los beneficiarios	28
Caracterización de la situación del problema.....	29
Identificación de las diferentes estrategias de solución al problema.....	30
Selección de la estrategia de solución.....	30
Tipo de biodigestores.....	31
ESTUDIO DE LOS PRODUCTOS, INSUMOS E INVERSIONES DEL PROYECTO	35
Biogas.....	35
Lodo fertilizante o biofertilizante.....	36
Efluentes porcinos.....	37
ASPECTOS TÉCNICOS.....	40
Localización.....	40
Tamaño.....	40
Tiempo de permanencia.....	41
Cálculo del volumen del biodigestor.....	42
Dimensionamiento del biodigestor.....	42

Ingeniería.....	43
Descripción del proceso	46
Cálculo de producción de biogas.....	49
Uso de biogas en la granja	49
Cálculo de producción de biofertilizante.....	52
EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO.....	54
Determinación de la inversión inicial.....	54
Determinación de los ingresos, costos y beneficiasen la situación actual (beneficio sin proyecto).....	56
Modificación de costos e ingresos con la implementación del proyecto	58
Determinación de los ingresos, costos y beneficiasen la situación futura (beneficio con proyecto).....	60
Reemplazo de equipos	62
Flujo de fondos y análisis de inversión.....	63
CONCLUSIÓN.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	67

Índice de cuadros y figuras

	Pág.
Figura 1. Vista del galpón de recría (cerdos de 30 – 70 kg.)	21
Figura 2. Vista del piso perforado de uno de los galpones de terminación	23
Figura 3. Vista de las lagunas de almacenaje de los efluentes.....	25
Figura 4. Carro atmosférico.....	25
Figura 5. Lista de la planta de alimentos balanceados de la granja	26
Figura 6. Esquema de un biodigestor tipo Indú	32
Figura 7. Esquema de un biodigestor tipo chino	33
Figura 8. Esquema de un biodigestor de flujo continuo	34
Cuadro 1. Composición del biogas	35
Cuadro 2. Equivalencias de poder calorífico del biogas respecto de otros combustibles	36
Cuadro 3. Cantidad de Carbono, nitrógeno y relación C/N de las distintas materias primas utilizadas en la producción de biogas	38
Cuadro 4. Diferentes materias primas para la generación de biogas	39
Cuadro 5. Producción de efluentes por categorías de porcinos de la granja en estudio	41
Cuadro 6. Relación entre temperatura del sustrato y tiempo de permanencia	42
Figura 9. Excavación para la construcción de la cámara de digestión de un biodigestor	43
Figura 10. Construcción de la cámara de digestión de un biodigestor de desplazamiento horizontal	44
Figura 11. Vista de un depósito de efluente y cámara de carga del biodigestor	45
Figura 12. Gasómetro de un biodigestor de desplazamiento horizontal lleno de biogas y planta de comandos (en construcción)	46
Figura 13. Mechero aéreo quemando biogas excedente	48
Cuadro 7. Producción de biogas en la granja Castaldi y su equivalencia con gas licuado y gasoil	49
Cuadro 8. Demanda mensual de biogas para calefacción del biodigestor	50
Cuadro 9. Consumo mensual de gas butano de la granja y su	

equivalente en biogas	51
Cuadro 10. Demanda mensual total de biogas (calefacción del biodigestor y galpones) y cálculo de remanente para producción de energía eléctrica	51
Cuadro 11. Datos mensuales de remanente de biogas, consumo del moto-generador y hs. de funcionamiento	52

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES GENERALES

Los cambios tecnológicos, las nuevas exigencias de calidad y la cada vez más institucionalizada cuestión ambiental junto a la imprescindible necesidad de aumentar la productividad de los sistemas de producción de alimentos, tanto vegetales como animales enfrenta a los productores con nuevos y desconocidos desafíos, más aun si hablamos de agricultores familiares que, en términos generales, poseen menos asistencia técnica y menos acceso al crédito.

Frente al cambio de patrón tecnológico vivido por la agricultura, la intensificación de los sistemas de producción, tanto de aves, bovinos como de cerdos se convirtió, para los productores, en prácticamente la única posibilidad de continuar en este tipo de actividad. Los productores de los países desarrollados fueron los primeros en transitar este camino de la intensificación productiva, haciendo que en muy pocos años, por ejemplo, la Comunidad Económica Europea pasara de ser deficitaria en alimentos a ser una región exportadora. Al mismo tiempo también fueron los primeros en recibir los cuestionamientos de una sociedad cada vez más preocupada por el deterioro ambiental, la calidad de los alimentos consumidos y el bienestar de los animales en confinamiento. Actualmente, los productores de nuestro país están pasando por un contradictorio proceso que les exige hacer cada vez más eficiente su producción y, al mismo tiempo, dar respuesta a los cada vez más fuertes reclamos sociales y a la constante institucionalización de la llamada cuestión ambiental. Por esto es que adquieren relevancia las tecnologías que permiten aumentar la producción y la productividad sin dañar el medioambiente.

El proceso de intensificación productiva

La intensificación de la producción animal se inició en los países desarrollados durante la década del cincuenta y, en esencia, implica la concentración de un gran número de animales por unidad de superficie y el aumento en el uso de insumos externos a las unidades de producción (Upton, 1997). Hasta

1980, en Europa tuvo lugar un incremento sostenido de la producción, que acompañó el aumento de la demanda de productos pecuarios, en particular de porcinos y de aves (EIPPCB 2001). Estados Unidos atravesó un proceso similar, con un incremento sostenido de los denominados "establecimientos de alimentación de animales en confinamiento" (*Concentrated Animal Feeding Operations - CAFOs*). Desde 1950, en los E.U.A. la inmensa mayoría de la producción de aves es confinada, y entre 1970 y 1980, las de porcinos y bovinos también adoptaron la misma tecnología (Burkholder et al. 2007). Este nuevo escenario, a su vez, originó diversas reglamentaciones con el objeto de disminuir el impacto ambiental de estas nuevas prácticas limitando el número de animales por superficie.

Efectos de los sistemas de producción animal sobre el ambiente

Contaminación del suelo

Los procesos de contaminación del suelo, vinculados con la producción animal intensiva y en proceso avanzado de intensificación (sistemas intensificados), provienen de la acumulación de excretas en corrales de alimentación (Atkinson & Watson 1996), o bien de su aplicación excesiva como fertilizante orgánico en los cultivos (dosis elevadas, acumulación por aplicaciones sucesivas y tipo de tratamiento previo a la aplicación) (Jarvis 1993; Boulding & Klausner 2002; Ogiyama et al. 2005). Los principales elementos contaminantes son el nitrógeno (N) y el fósforo (P), que provienen tanto de sistemas pastoriles como confinados, y los metales pesados derivados de bovinos, aves y porcinos en confinamiento. La acumulación de cualquiera de ellos puede afectar la calidad del suelo e incidir en la calidad de otros recursos, como el agua y el aire. La contaminación resulta uno de los aspectos más problemáticos de la degradación de un suelo ya que altera su capacidad para realizar algunas de sus funciones vitales como la nutrición de las plantas (Giuffré et al. 2003). Debido a la escasa utilización de excretas como abono, en Argentina se han realizado pocos trabajos sobre este tema, y los existentes han sido orientados a la detección de su acumulación en distintos sectores (potreros, corrales, etc.).

Contaminación del agua

El concepto de contaminación del agua involucra a aquellos procesos que deterioran de forma apreciable la calidad física, química y microbiológica (Custodio & Llamas 1983). Muchos de los contaminantes que alteran la calidad del agua son los mismos que mencionamos en el caso del suelo: N y P (Morse 1995; Herrero & Thiel

2002), metales pesados (Brumm 2002), y se agregan microorganismos patógenos (Nicholson et al. 2005), hormonas y drogas de uso veterinario (Jjemba 2003). Tanto las drogas como las hormonas son las más difíciles de eliminar en los procesos convencionales de tratamiento de efluentes. La concentración de animales en superficies reducidas complica aún más la situación, tanto por el aumento en la cantidad de excretas como por los otros contaminantes presentes.

Contaminación del aire

La contaminación del aire proveniente de sistemas ganaderos intensificados tiene origen en diversas causas: gases con efecto invernadero (GEI), amoníaco, compuestos orgánicos volátiles (COV), partículas aéreas e insectos y roedores. Los principales GEI producidos por la ganadería son el **metano** y el óxido nitroso, mientras que la participación del dióxido de carbono aumenta en la medida que se tecnifica la producción ganadera (SAyDS 2007). El metano proviene de la fermentación entérica y fecal, y surge de la degradación de los carbohidratos del alimento y la descomposición anaeróbica de las heces y la orina. Su producción varía con la especie animal pero los rumiantes son los responsables de las mayores emisiones.

La situación en el primer mundo¹

En la actualidad España ha alcanzado un nivel productivo tal que se ha situado como segundo país productor de porcino a nivel Europeo detrás de Alemania y el cuarto productor a nivel mundial detrás de China y USA, aunque China hasta el momento no cuenta como país potencialmente exportador. El crecimiento del subsector porcino español en los últimos 30 años ha sido espectacular, pasando de 7.6 millones de animales en 1970 a 21 millones en 1996 y a 35.7 millones en el año 2000. Todo esto supone un incremento de la producción de un 470% en tan sólo 30 años.

La situación del porcino en España ha cambiado mucho en los últimos 3 años, en los cuales se han sucedido en el tiempo: la aparición de peste porcina clásica; un aumento de la producción de carne porcina y una crisis de los precios del porcino en pie. En el año 1997 aparece un brote de peste porcina clásica (PCC) en diversos puntos de Europa: Alemania, Holanda, Bélgica, Italia y España. La aparición de peste en España comenzó en Catalunya debido a la introducción de lechones infectados procedentes de Holanda difundiendo la enfermedad en muy

¹ Extraído de Aragón, Navas, José L., (s.d.).

poco tiempo. La aparición de la PPC hizo que disminuyera rápidamente el número de cabezas porcinas en España y, por lo tanto, disminuyera la oferta de ganado subiendo el precio. En el año 1998 comenzaron a salir hacia matadero los primeros cerdos de las explotaciones que fueron cerradas por causa de la PPC. A estos animales hay que agregar los provenientes de aquellas empresas que, desde fuera del sector, vieron los beneficios experimentados por aquellos granjeros no afectados por la PPC y decidieron introducirse en la producción con la máxima tecnología y grandes inversiones provocando un retroceso en los precios.

La crisis de precio provocada por el aumento de producción de carne, tienen origen tanto en el aumento del número de madres por explotación como por el aumento de la eficiencia reproductiva.

En la actualidad en España parece no haber crisis puesto que siguen aumentando el número de macro granjas y el número de cerdas, pero estas cerdas en su mayoría no son de los granjeros tradicionales, de aquellos que tenían 200 reproductoras. Estos granjeros han consumido todo o gran parte del capital que poseían antes de comenzar la crisis y este capital está ahora en manos de bancos o grandes empresas integradoras que las han absorbido. Los pocos que quedan carecen de poco capital libre para realizar las inversiones necesarias para continuar produciendo. Además cada vez son más estrictas las leyes medioambientales y de bienestar en el porcino con lo cual los granjeros se ven obligados a vender sus viejas granjas a las empresas integradoras por precios irrisorios.

La situación en Argentina²

Hasta 1990 la producción porcina en Argentina era realizada como actividad secundaria dentro de la explotación agropecuaria mixta, principalmente por pequeños productores localizados en zonas donde el cultivo de maíz (principal insumo) era preponderante. La actividad adquiriría distintos niveles de relevancia de acuerdo al comportamiento de la ecuación de precios grano-carne. Los índices productivos alcanzados por la mayoría de los productores porcinos de Argentina se hallaban muy por debajo de los niveles de países con tradición en esta producción.

El mercado del porcino en la Argentina se caracterizaba por ser errático e inconstante debido a la frecuente entrada y salida de operadores de todos los niveles de la cadena (productores primarios, invernadores, frigoríficos, etc.). Esto generaba ciclos marcados de precios y volúmenes comercializados. Cada uno de

² http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-v-congreso_prod_porcina/00_v_congreso_prod_porcina.htm punto 17

estos ciclos se reproducía cada 4 a 6 años y se caracterizaban por 2 o 3 años con volúmenes comercializados descendentes y precios ascendentes; y en la fase siguiente, un período similar con volúmenes de producción ascendentes y precios decrecientes. Estos ciclos actuaban como factor desalentador para la producción, ya que impedían la realización de inversiones a largo plazo en la actividad y el logro de un progresivo aumento tecnológico.

A partir de 1990 comenzó un proceso de incorporación tecnológica de la mano de inversiones principalmente en granjas de alta productividad, aunque también comenzó un período de escasa o nula rentabilidad influenciada por el tipo de cambio fijo y la fuerte competencia de carne porcina y subproductos provenientes desde el exterior, principalmente de Brasil.

En el año 1991, la implementación por parte del Gobierno Nacional del llamado Plan de Convertibilidad (1\$ = 1U\$S), produce una atenuación de los llamados “ciclos porcinos” pero al mismo tiempo, una difícil y traumática reconversión del sector, producto de las nuevas reglas de juego. En síntesis se pasó de producir en una economía caracterizada por una alta inflación y cerrada a los mercados internacionales, a hacerlo en una economía estabilizada y abierta lo cual obligó a manejar conceptos como eficiencia, calidad y competitividad. La incorporación de genética de alto rendimiento, la formulación de raciones equilibradas, la intensificación de los sistemas productivos, los altos índices de productividad, pasaron a ser objetivos obligatorios para la mayoría de los productores. La presencia de estas granjas porcinas con alto nivel tecnológico, permitió compensar con mayor productividad la disminución experimentada por el stock, por lo que los volúmenes de producción nacional no se vieron afectados de manera considerable.

A su vez, las importaciones de productos (principalmente cortes de jamón, paleta y tocino) y subproductos porcinos se incrementaban de manera creciente, llegando a representar más del 40% de la producción nacional. Es pertinente aclarar que hasta el año 1985 Argentina era autosuficiente en carne de cerdo, y es recién a partir del año 1992 donde adquieren relevancia los volúmenes importados. Las sucesivas devaluaciones de la moneda brasileña no sólo alejaron aún más las posibilidades de competencia de la producción local, sino que también expusieron a la industria nacional a una competencia desigual, al incrementarse fuertemente la entrada de productos terminados a valores inferiores a los nacionales.

A partir de 2002, la salida de la convertibilidad monetaria abrió nuevas perspectivas para el sector porcino de Argentina. El encarecimiento de las importaciones se tradujo en un incremento del precio del cerdo en el mercado interno, lo cuál contribuyó a una mejora sustancial en la rentabilidad de la actividad primaria.

Actualmente la actividad atraviesa una de las etapas más favorables y cuenta con costos de producción inferiores respecto a los principales países productores. Esto se ha traducido en un incremento de la producción llegando a niveles cercanos al autoabastecimiento y con una tendencia creciente de sustitución de importaciones.

Los datos oficiales muestran que, en el período 2003-2005, se ha registrado un crecimiento de la faena nacional y de la producción del 36%; un descenso de las importaciones del 41% y una recuperación del consumo interno del 17%.

La situación de crecimiento e intensificación de la producción porcina nacional necesariamente trae a discusión la problemática ambiental como ya ocurrió en los países centrales. La discusión de la problemática ambiental generada por la intensificación de las distintas actividades agrícolas y ganaderas, si bien comenzó a expresarse a partir de sectores sociales sensibilizados por el asunto, ya adquirió un carácter gubernamental que se expresa en la reciente sanción de leyes de protección de los bosques nativos y de regulación de las actividades productivas intensivas. Un claro ejemplo de esta situación, y que afecta directamente la granja para la cual se elabora este trabajo, es la aprobación de la ley 9306 de regulación de los sistemas intensivos de producción animal (SICPA) de la provincia de Córdoba.

Esta ley define en su **artículo 2** como sistemas intensivos y concentrados de producción animal *a los procedimientos y/o actividades destinadas a la producción de animales, sus productos y subproductos (carne, huevos, leche, cueros, plumas, pelo, lana, etc.) incluyendo animales acuáticos, desarrolladas en establecimientos donde los alimentos son suministrados directamente al animal en confinamiento, y los desechos y residuos de los animales (estiércol, animales muertos, residuos de alimentos, etc.) estén concentrados en sitios que sobrepasen la capacidad de asimilación del suelo.*

En cuanto a las obligaciones de los establecimientos, la misma ley en su **artículo 15** establece que los sistemas intensivos y concentrados de producción animal (SICPA), **deberán tener un sistema de tratamiento permanente de las**

excretas a través de biodigestores, plantas de tratamiento de líquidos residuales u otros alternativos aprobados o sugeridos por la Autoridad de Aplicación, para el caso de ganado bovino, porcino, caprino, ovino y equino, como así también un tratamiento diferenciado en el caso de cría intensiva para la deposición de excretas en camas, para las producciones avícolas y cunicolas, a fin de evitar todo escurrimiento y/o vuelco directo a las cuencas de ríos y arroyos, contemplando su disposición final.

La situación ambiental, contemplada tanto por los movimientos sociales preocupados por la protección del medioambiente como por las legislaciones mencionadas, exige a las granjas de producción porcina intensiva, implementar estrategias tecnológicas para el adecuado tratamiento de los efluentes generados por la actividad. En el país, la tecnología adecuada para el tratamiento de los efluentes no está suficientemente madura y, en términos generales, las experiencias son de carácter experimental siendo de difícil acceso para los productores, más aún si se trata de granjas productivas familiares.

Este nuevo escenario para la producción intensiva de cerdos y, más específicamente, para las propiedades familiares dedicadas a la producción porcina y el vínculo familiar de la autora con los propietarios, es lo que motiva y justifica desarrollar este proyecto de inversión para la instalación de un biodigestor en La granja productiva de la familia Castaldi en la localidad de Las Vertientes, sur de la Provincia de Córdoba.

Objetivos del trabajo

El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar económica y financieramente una propuesta técnica para el tratamiento y aprovechamiento adecuado de los efluentes generados en una granja de producción porcina.

Para el cumplimiento de este objetivo general se pretende:

- Describir una propuesta técnica para el tratamiento y reutilización de efluentes porcinos.
- Realizar la evaluación económica de la empresa antes de la implementación del sistema de tratamiento y reutilización de efluentes (situación sin proyecto).
- Realizar la evaluación económica de la empresa con la implementación del sistema de tratamiento y reutilización de efluentes (situación con proyecto).
- Desarrollar una evaluación económica y financiera de la inversión.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL³

El proyecto de inversión

Un **proyecto de inversión** consiste en la búsqueda de la mejor solución económica a una necesidad humana que se ha planteado, de tal forma que se asegure de que esa solución sea eficiente, segura y rentable

La toma de decisiones asociadas a un proyecto implica un riesgo, por lo que la decisión adoptada debe contar con los antecedentes básicos concretos que garanticen que la decisión se tome concientemente y con el más pleno conocimiento de las distintas variables que entran en juego.

Estos antecedentes justificatorios que establecen las ventajas y desventajas que tiene la asignación de recursos para una idea o un objetivo determinado se denomina evaluación de proyectos. La evaluación de proyectos pretende medir objetivamente ciertas magnitudes cuantitativas resultantes del estudio del proyecto. A la hora de evaluar un proyecto se deben hacer ciertos estudios particulares como son el estudio de la viabilidad comercial, técnica, legal, de gestión, de impacto ambiental y financiera.

El estudio de **viabilidad comercial** indicará si el mercado es no sensible al bien o servicio producido por el proyecto y la aceptabilidad que tendría en su uso o consumo. El estudio de **viabilidad técnica** evalúa las posibilidades materiales y físicas de realizar el proyecto. El estudio de **viabilidad de gestión** consiste en definir si existen las condiciones mínimas necesarias para garantizar la viabilidad de la implementación, tanto en lo estructural como en lo funcional. El estudio de **viabilidad financiera** es el que determina la aprobación o rechazo del proyecto; mide la rentabilidad que retorna la inversión. El estudio de **viabilidad ambiental** permite prevenir futuros impactos negativos.

³ Elaborado a partir de

La realización de estos estudios posibilita determinar de forma más acabada la viabilidad de un determinado proyecto.

El estudio de proyecto como proceso

El proceso de un proyecto reconoce cuatro etapas: idea, preinversión, inversión y operación. La etapa de **idea** intenta identificar problemas que puedan resolverse y oportunidades de negocio que puedan aprovecharse. Las diferentes formas de solucionar un problema o aprovechar una oportunidad constituirán las ideas de un proyecto. La etapa de **preinversión** implica realizar los estudios de viabilidad de perfil, prefactibilidad y factibilidad. En el estudio del *perfil*, se busca determinar si existe alguna razón para abandonar una idea antes que se destinen los recursos para calcular la rentabilidad. El estudio de *prefactibilidad* profundiza la investigación, se basa en fuentes secundarias que permitan definir las variables referidas al mercado, a las técnicas de producción y a la capacidad financiera de los inversionistas, etc. Lo que se pretende es estimar las inversiones probables, los costos de operación y los ingresos que demandará y generará el proyecto. Esta etapa se caracteriza por la reunión de mayores elementos de juicio para ir descartando soluciones. El estudio de *factibilidad* profundiza aún más la investigación ya que se fundamenta en fuentes primarias de información. El cálculo de las variables financieras y económicas debe ser lo suficientemente demostrativo para justificar la valoración de los distintos ítems. En la etapa de **inversión** o ejecución se materializan las obras y las acciones y en la etapa de **operación** el proyecto entra en ejecución por lo que se comienzan a producir los bienes o servicios para los que fue diseñado.

Estudios y análisis de un proyecto

Para realizar un análisis completo de un proyecto se deben realizar distintos estudios complementarios a saber: **Estudio técnico** del proyecto consiste en proveer toda la información necesaria para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operaciones. Con este estudio se deberá definir la función de producción que optimice el empleo de recursos disponibles en producción del bien o servicio de proyecto.

Estudio del mercado: se deben estudiar los siguientes aspectos:

a) el consumidor y las demandas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas,

- b) la competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas,
- c) la comercialización del producto o servicio generado por el proyecto,
- d) los proveedores y la disponibilidad y precio de los insumos actuales y proyectados.

Con el análisis del consumidor lo que se busca es caracterizar a los consumidores actuales y potenciales, identificando sus preferencias, hábitos de consumo, etc. para obtener un perfil sobre el cual pueda basarse la estrategia comercial. El análisis de la demanda, busca cuantificar el volumen de bienes o servicios que los consumidores podrían adquirir de la producción del proyecto. El estudio de la competencia se debe realizar para conocer las estrategias que siguen las empresas que actúan en el mismo segmento del mercado.

Estudio organizacional y administrativo: se refiere a los factores propios de la actividad ejecutiva y de su administración: organización, procedimientos administrativos y aspectos legales. Se debe definir de la manera más precisa posible la estructura, los procedimientos administrativos y las actividades a desarrollar, es preciso simular el proyecto en operación.

Estudio financiero: este estudio consiste en ordenar y sistematizar toda la información de carácter monetario, elaborar cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y evaluar los antecedentes para determinar su rentabilidad. Se deben realizar todos los cálculos necesarios para poder determinar el monto de la inversión, los ingresos anuales del proyecto, los costos anuales, etc. se deben definir todos aquellos elementos que debe suministrar el propio sistema financiero.

Estudio del impacto ambiental: consiste en realizar una evaluación del impacto ambiental que producirá la concreción del proyecto.

Estimación de costos: Al momento de realizar el cálculo de los costos se deben tener en cuenta las diferentes clasificaciones de costos existentes para poder tomar decisiones. Una clasificación de adecuada es la de costos contables y los costos no contables, los primeros son útiles para la administración financiera de una empresa o para satisfacer los requerimientos legales y tributarios, mientras que los segundos buscan medir el efecto neto de cada decisión en el resultado.

Los costos históricos son inevitables y cualquier decisión que se tome sobre ellos no hará variar su efecto como factor del costo total. Dentro de los costos típicos

se encuentran los costos fijos totales que son los costos que se deberá pagar en un periodo determinado, independientemente de si se produce o no, los costos variables totales son lo que varían de acuerdo al nivel de producción, de la suma de estos dos tipos de costos se obtiene el costo total.

Al disponer de estos costos se puede obtener el costo fijo medio que se calcula dividiendo los costos fijos totales por el nivel de producción, el costo variable medio se determina dividiendo los costos variables totales por la producción, el costo medio total se obtiene sumando el costo fijo medio más el costo variable medio o dividiendo el costo total por la producción y el costo marginal que corresponde a la variación del costo total frente a un cambio unitario en la producción.

Análisis técnico: Los aspectos relacionados con el análisis técnico son el estudio de ingeniería, de tamaño y de localización.

El *estudio de ingeniería* tiene como principal objetivo brindar toda la información económica necesaria para poder tomar decisiones acertadas. La elección de la mejor decisión se realiza efectuando un adecuado cálculo de los costos y actualizándolos permanentemente, para de esta manera poder determinar la función de producción óptima para la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para la realización del proyecto. El *estudio del tamaño* es importante porque incide en el nivel de inversiones, de costos y en la estimación de la rentabilidad. El tamaño determinará el nivel de operación que luego explicará el nivel de ingresos. Son distintas las variables que inciden en la determinación del tamaño de un proyecto: la demanda, la disponibilidad de insumos, la capacidad financiera del inversionista, la localización, el plan estratégico comercial, el crecimiento de la competencia, entre otros.

El tamaño tiene una estrecha relación con el monto de la inversión, costos de operación y niveles de venta. Esto hace que muchas veces el tamaño de un proyecto dependa de la magnitud de la rentabilidad del mismo.

La decisión de localización en un proyecto es determinante en el desarrollo de su evaluación. Los factores que condicionan su ubicación son fáciles de enumerar, pero se debe tener en cuenta un criterio economicista de la búsqueda de una localización que de al proyecto la máxima rentabilidad en su evolución.

En consecuencia, la decisión de localización debe basarse sobre aquella opción que, en términos económicos, permita mayor rentabilidad al proyecto.

Las inversiones, ingresos y costos del proyecto

Las inversiones efectuadas antes de la puesta en marcha de un proyecto se pueden agrupar en tres tipos: activos fijos, activos intangibles y capital de trabajo. Las inversiones en activos fijos son todas aquellas que se realizarán en los bienes tangibles que se utilizarán en el proceso de transformación de los insumos, o sirvan de apoyo a la operación normal del proyecto. La inversión en dichos activos estará sujeta a depreciación. Las inversiones en activos intangibles están constituidas por los servicios o los derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto. Estas inversiones están sujetas a amortización. La inversión en capital de trabajo constituye el conjunto de recursos necesarios para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo para una capacidad y tamaño determinado.

Los Ingresos de un proyecto son, además del simple ingreso por la venta del producto o servicio que elaboraría la empresa, los ingresos por la venta de activos y por venta de desechos, los ahorros de costo y los efectos tributarios.

El flujo de caja de cualquier proyecto se compone de cuatro elementos básicos: los egresos iniciales de fondos, los ingresos y egresos de operación, el momento en que ocurren esos ingresos y egresos y el valor de desecho del proyecto.

Los **egresos iniciales** corresponden al total de la inversión requerida para la puesta en marcha del proyecto. Los **ingresos y egresos** de operación constituyen todos los flujos de entradas y salidas reales de caja. La diferencia entre devengados reales se hace necesaria ya que el momento en que realmente se hacen efectivos los ingresos y egresos será determinante para la evaluación del proyecto. El horizonte de evaluación depende de las características de cada proyecto, si la empresa tiene objetivos de permanencia en el tiempo se puede proyectar los flujos a diez años, donde el valor de desecho reflejaría el valor remanente de la inversión después de ese tiempo. Los costos que componen el flujo de caja se derivan de los estudios de mercado, técnico y organizacional.

La estructura de un flujo de caja se compone de: los ingresos afectos a impuestos menos los egresos afectos a impuestos, menos los gastos no desembolsables dando como resultado la utilidad antes de impuesto, a ésta se le descuenta el impuesto y se obtiene la utilidad después de impuesto, más los ajustes por gastos no desembolsables menos los egresos no afectos a impuestos, más los beneficios no afectos a impuestos.

Los ingresos y egresos afectos a impuestos son todos aquellos que aumentan o disminuyen la utilidad contable de la empresa. Gastos no desembolsables son los gastos que para fines tributarios son deducibles, pero que no ocasionan salidas de caja, al no ser salidas de caja se restan primero para aprovechar su descuento tributario y se suman en el ítem ajuste por gastos no desembolsables. Los egresos no afectos a impuestos son las inversiones que no aumentan ni disminuyen la riqueza contable de la empresa por el solo hecho de adquirirlos.

Los beneficios no afectos a impuestos son el valor de desecho del proyecto y la recuperación del capital de trabajo.

Criterios de evaluación de proyectos.

En este punto toma vital importancia el valor del dinero en el tiempo. La consideración de flujos en el tiempo requiere la determinación de una tasa de interés adecuada que represente la equivalencia de dos sumas de dinero en dos periodos de tiempo diferentes. El objetivo de descontar los flujos de caja futuros proyectados es determinar si la inversión en estudio rinde mayores beneficios que los usos alternativos de la misma suma de dinero requerida por el proyecto. Los principales métodos que utilizan el concepto de flujo de caja descontados son el Valor Actual Neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

El Valor Actual Neto plantea que el proyecto debe aceptarse si su VAN es igual o superior a cero, donde VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual. La tasa interna de retorno evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo con el cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. La TIR, según Bierman y Smidt, representa la tasa de interés más elevada que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo. La tasa así calculada se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si la TIR es igual o mayor que ésta, el proyecto debe aceptarse y si es menor, debe rechazarse.

La consideración de aceptación de un proyecto cuya TIR es igual a la tasa de descuento, se basa en los mismos aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo VAN es cero. Es posible que la TIR es aquella tasa que hace al VAN del proyecto igual a cero. Si el criterio del VAN indica la aceptación de un proyecto cuando éste es cero o positivo y si el criterio de la TIR indica su aceptación cuando

la tasa interna de retorno r es mayor o igual a la tasa utilizada como tasa de descuento, ambas conducirían al mismo resultado.

Periodo de recupero

Es el periodo de tiempo que se requiere para que una inversión genere flujos de efectivos suficientes para recuperar su costo inicial.

Una inversión es aceptable si el periodo calculado es inferior al número de años previamente especificado

Capítulo 2

LA GRANJA FAMILIAR DESTINATARIA DEL PROYECTO

Un poco de historia

La granja propiedad del señor Norberto Castaldi está ubicada en la localidad de Las Vertientes al sur de la provincia de Córdoba, cuenta con una superficie de 110 has., siendo éstas propias en su totalidad. El Sr. Castaldi adquirió la propiedad de la tierra a otros integrantes de la familia en 1979, desde entonces comenzó con la producción de cerdos a campo y con agricultura, situación que se mantuvo hasta el inicio de la década del 90 cuando la producción porcina en la granja comenzó un proceso de intensificación que fue completado en un poco más de una década. Actualmente la principal actividad de la granja es la producción porcina, que aporta un 96,3% del ingreso bruto total, la agricultura se realiza con el único propósito de alimentar los cerdos, siendo responsable, junto a la producción en superficies arrendadas, del 80% del grano utilizado. Estas dos actividades se complementan con un pequeño plan de invernada de vaquillonas y novillos, cuyo fundamento es mantener una pequeña proporción de la superficie de la granja con pasturas perennes para mantener un esquema de rotación de cultivos.

Esta granja presenta cierta particularidad ya que se trata de una empresa familiar, es decir es una empresa propiedad de dos a más miembros de la misma familia o que operan juntos o en sucesión (Longenecker, J. y Moore, C. 2007 pp 103), por lo tanto el proceso de toma de decisiones adquiere cierta complejidad porque toma en cuenta no sólo las determinaciones económicas más convenientes sino que se focaliza en la actividad principal y tiene muy en cuenta la posición de los distintos miembros de la familia, la historia ocupacional del propietario y la composición demográfica de la familia.

Durante el periodo 1979 - 1991 la empresa no contó con asesoramiento veterinario específico para la actividad y fue recién en el año 1991 cuando, con la iniciativa del Sr. intendente de Las Vertientes, se formó un grupo de Productores de Cambio Rural⁴ bajo la dirección de profesionales de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). A partir de la participación en el grupo se inició el proceso de intensificación de la producción, lo que obligó a contratar asesoramiento veterinario, contable y de gestión permanentes y a la capacitación de la familia y los empleados que fueron sumándose.

Este proceso de intensificación de la producción fue demandando la ampliación y adecuación de las instalaciones (figura 1). Así en el año 1997 se realizó la construcción del primer edificio para alojamiento de los animales: un galpón de gestación, donde se alojan las cerdas que se encuentran en estado de gestación. Esto implicó la construcción de la primera laguna de estabilización para el tratamiento del estiércol.

Figura 1. Vista del galpón de recría (cerdos de 30 – 70 kg.)



En detalle se observan los desagotes de las fosas recolectoras de estiércol y al fondo se puede observar la actual laguna de recolección de los efluentes.

A partir del año 2000 comenzó un proceso de intensificación productiva que culminó con el confinamiento del total las categorías y de los ejemplares del criadero en el año 2007. En ese período también fue construida una segunda laguna para el

⁴ Programa de reconversión productiva del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA.

tratamiento de efluentes debido a que el confinamiento total incrementó la producción de efluentes diaria hasta llegar a los actuales 15 mts.³ diarios.

Actualmente los efluentes son retirados de las lagunas una vez al año por medio de un equipo atmosférico y esparcidos sin ningún tipo de tratamiento en los lotes durante el invierno.

Las instalaciones son modernas y totalmente adecuadas para la cría intensiva de cerdos, todos los galpones cuentan con sistemas de alimentación eléctricos de fluido mecanizado y dos de ellos (maternidad y destete) están equipados con sistemas de calefacción central para mantener la temperatura adecuada para un correcto desarrollo de los cerditos desde su nacimiento hasta los 30 kg. de peso en el que se adaptan a la temperatura ambiente. La granja cuenta con una moderna planta de elaboración de alimentos balanceados que abastece a todo el criadero. La planta funciona totalmente con electricidad. Este tipo de instalaciones caracterizadas por una alta automatización y aclimatación exige una alta provisión de energía, tanto eléctrica como de gas de petróleo.

La granja de Norberto Castaldi sufrió los efectos de la economía abierta de la década del 90 que no favorecía el desarrollo de la producción porcina, pero al mismo tiempo en esta década el productor se apoyó en el asesoramiento técnico / económico para la toma de decisiones estratégicas que con baja inversión inicial fueron transformando la producción porcina a partir de la intensificación y la eficiencia productiva. Esta situación no sólo le permitió resistir ese período no favorable sino que le permitió una mejor posición para aprovechar el cambio de modelo económico producido en 2001 y así poder realizar las inversiones más importantes que desembocaron en una producción totalmente confinada, intensiva y eficiente como la que puede mostrar la granja hoy.

La transformación que ha experimentado la granja en la forma de producir cerdos ha generado un problema a resolver y es el del tratamiento y destino de los efluentes. Con la producción a campo, como trabajaba la granja hasta 1997 este problema no existía puesto que los cerdos eran criados a campo, donde los efluentes son absorbidos por el suelo, con el confinamiento en galpones y el consecuente aumento de la concentración de animales los efluentes ya no pueden ser depositados en la superficie del suelo puesto que la cantidad producida supera ampliamente la capacidad de reciclaje del suelo.

Un cambio de paradigma

Con el nuevo sistema productivo los efluentes son recogidos en fosas subterráneas debajo de cada uno de los galpones que poseen pisos perforados (figura 2).

Figura 2. Vista del piso perforado de uno de los galpones de terminación



Para la foto se ha extraído una unidad de las rejillas que componen en piso perforado pudiéndose ver la acumulación de efluentes en las fosas

La granja cuenta con distintos 5 tipos de galpones que alojan a las distintas categorías de animales en producción:

- **Galpón gestación:** se alojan las cerdas desde el momento del servicio hasta cinco días antes del parto, en este galpón también se alojan los reproductores machos.
- **Galpón de maternidad:** se encuentran las cerdas que ya han parido junto a su cría por un periodo de 21 días, transcurridos estos la cerda regresa al galpón de gestación y su cría pasa al galpón de destete.
- **Galpón de destete:** Se alojan los lechones hasta alcanzar un peso aproximado de 30 Kg.
- **Galpón de recría:** se encuentran los cerdos provenientes del galpón de destete y permanecen hasta alcanzar un peso de 70 Kg.
- **Galpón de engorde:** se alojan los cerdos que vienen del galpón recría permaneciendo hasta alcanzar un peso final de 100 - 105 Kg., peso de venta.

Cada uno de estos galpones posee fosas cubiertas con rejillas para que los cerdos tengan permanentemente el piso seco. Las fosas recolectan los efluentes y se van vaciando a medida que se llenan. Una vez que los corrales o jaulas se vacían son lavados y desinfectados para poder volver a ocuparlos con cerdos.

Actualmente, los efluentes se depositan en lagunas de estabilización no impermeabilizadas (figura 3) y luego son extraídos y utilizados como fertilizante para los lotes del establecimiento. Este sistema de lagunas, además de no estar autorizados por la legislación vigente, presenta una serie de desventajas:

- Emanación de gases de efecto invernadero al medio ambiente,
- Malos olores,
- Contaminación del suelo,
- Contaminación de las napas,
- Cría de larvas de distintos insectos, principalmente moscas,
- Desaprovechamiento de recursos ya que con ellos es posible producir energía, gas y fertilizante.

En la actualidad, el manejo que se realiza a los efluentes consiste en el almacenamiento de los mismos en dos lagunas, en la primera de ellas se encuentra el material más sólido dando paso de los residuos mas líquidos a la segunda de ellas. Tanto en estas lagunas como en las fosas subterráneas de los galpones se utilizan bacterias para reducir los olores. Durante los inviernos, y luego de finalizada la cosecha de los cultivos se extraen los efluentes con un equipo atmosférico (figura 4) y se distribuyen en los lotes con el fin de aprovechar parte de los nutrientes para los próximos cultivos.

Figura 3. Vista de las lagunas de almacenaje de los efluentes



En esta vista de las lagunas de contención de efluentes se aprecian los problemas de contaminación.

Figura 4: Carro atmosférico.



Vista del carro atmosférico utilizado para extraer los efluentes de las lagunas

La intensificación de la producción, además del problema de los efluentes, trajo un importante aumento de costos principalmente en recursos energéticos, esto es: gas y electricidad.

El gas es utilizado en la caldera del sistema de calefacción por loza radiante del galpón de maternidad. La energía eléctrica es utilizada en todo el criadero para

movilizar los sistemas de alimentación automática de flujo mecanizado y para el funcionamiento de planta de la elaboración de los alimentos (figura 5).

Figura 5 Vista de la planta de alimentos balanceados de la granja



En esta vista de la planta de alimentos balanceados se pueden ver cinco motores eléctricos que mueven los distintos insumos hacia la moledora

La mayor producción de carne porcina producto de la intensificación trajo aparejada una mayor demanda de granos para la alimentación. Esta situación, sumada a la disponibilidad tecnológica para los cultivos agrícolas, produjo una mayor demanda de fertilizantes químicos.

Las transformaciones productivas y económicas que se fueron dando en la granja de la familia Castaldi han permitido alcanzar un proceso productivo integrado que se caracteriza por una producción porcina como actividad central combinada con producción agrícola e invernada de novillos y vaquillonas.

La producción porcina se compone de un plantel de 250 cerdas y 5 padrillos. Durante el último ejercicio económico las cerdas alcanzaron los 2,27 partos anuales y los 11,7 lechones destetados por camada en promedio. Estos índices arrojaron una producción de 2.324 Kg. / cerda / año una venta de 5.200 cabezas y una producción de 550.000 Kg. de carne porcina en todo el ejercicio. La alimentación de estos animales insumió un total de 1.837.725 Kg. de alimentos balanceados elaborados en el establecimiento con granos producidos en la granja y adquiridos en el mercado. La producción agrícola del último ejercicio produjo un total de 1.080.000

Kg. de maíz producidos en 46 ha. propias y 86 ha. alquiladas, con un rendimiento promedio de 8,17 tn. /ha. y una producción de soja de 464.500 Kg. en un total de 52 ha. Propias y 91 ha. arrendadas, alcanzando un rendimiento promedio de 3,25 tn. / ha. La invernada de hacienda se realizó sobre un total de 15 ha. de alfalfa y una suplementación balanceada que alcanzó los 72.000 Kg. se vendieron 138 animales que alcanzaron un total de 42.800 Kg. y se compraron algo más de 120 cabezas contabilizando un total de 17.000 Kg.

En síntesis, la situación productiva y tecnológica de la granja de Norberto Castaldi la implica hacer frente a nuevos desafíos relacionados, por un lado con la adecuación del proceso productivo a la legislación vigente en cuestiones de medioambiente y, por otro lado, con la disminución de los costos de energía actualmente incorporada en forma de petróleo, electricidad y fertilizantes químicos. Para hacer frente a estos desafíos se desarrolla una propuesta técnica y económica para la construcción de un biodigestor destinado al tratamiento de los efluentes, con el fin de producir biogás y biofertilizante estabilizado y no contaminante tendiente a dar respuesta a los desafíos señalados.

Capítulo 3

EL PROBLEMA A SER RESUELTO Y LOS DESTINATARIOS DEL PROYECTO

Estudio de los beneficiarios

El proyecto presenta distintos tipos de beneficiarios. En primer lugar el beneficiario directo es el productor agropecuario propietario de la granja de producción porcina, debido a que es la persona que asume el riesgo de inversión y obtendrá los beneficios económicos. En segundo término son posibles beneficiarios otros productores porcinos de características similares que puedan incorporar la tecnología instalada en la granja. En tercer lugar la sociedad en su conjunto resulta beneficiada debido a una doble ventaja de reducción del consumo de energía no renovable por parte de esta granja y de disminución de la contaminación ambiental.

El beneficiario directo del proyecto muestra una preocupación por continuar produciendo sin afectar el medioambiente, además cuenta con la iniciativa para la incorporación de nuevas alternativas tecnológicas, con cierta capacidad financiera para afrontar la inversión y con capacidad para adquirir endeudamiento en forma de crédito bancario o de algún organismo de financiamiento específico. Con relación al personal, la granja actualmente cuenta con 4 empleados permanentes capacitados para cumplir con las actividades habituales del criadero como también para cumplir con las nuevas actividades exigidas por el proyecto. En la Provincia de Córdoba existen (según datos del CNA 2002) 4.179 criaderos de cerdos de los cuales el 88, 23% corresponden a empresas familiares con las características de la granja destinataria de este proyecto. Sin dudas no es posible considerar a la totalidad de esta población como apta para incorporar este tipo de tecnología, pero existen posibilidades de que proyectos como este puedan ser desarrollados en el futuro, principalmente luego de la puesta en funcionamiento de la estrategia aquí diseñada.

Como beneficiario indirecto puede ser considerada toda la sociedad. Por un lado, con la implementación de esta estrategia, la granja Castaldi va disminuir la emanación de gas metano a la atmósfera en por lo menos un 75%, dejará de incorporar a las napas freáticas las aguas de los efluentes contaminadas que por percolación desde el fondo de la laguna de acumulación entran en contacto con las aguas subterráneas. La contaminación del aire con malos olores se verá fuertemente reducida puesto que el lodo fertilizante luego de salir del biodigestor es totalmente inoloro, junto a esto se verá reducida la proliferación de insectos y roedores en toda la zona de influencia de la granja. Al mismo tiempo, el líquido fertilizante que anualmente se arroja en los lotes destinados a la producción de granos verá reducido fuertemente su potencial contaminante al sufrir un proceso de fermentación anaeróbica dentro de biodigestor. Por otro lado, como beneficio adicional al medio ambiente la granja Castaldi disminuirá el consumo de energías externas al sistema (energía eléctrica, gas y fertilizantes químicos) lo cual se traduce en un beneficio económico para la granja y en un beneficio ambiental para la sociedad en su conjunto.

Caracterización de la situación del problema

Todas las instalaciones del criadero de cerdos poseen fosas subterráneas con piso de rejillas que permite el paso de los residuos y la acumulación de los mismos hasta ser desagotadas enviando los efluentes a la laguna de acumulación. Estas fosas son vaciadas y desinfectadas semanalmente por el personal que trabaja en la granja.

Los residuos son almacenados en dos lagunas que son vaciadas anualmente a través de un carro estercolero. Los efluentes son distribuidos en los diferentes lotes del campo para su utilización como abono para los suelos.

Este manejo de los efluentes provoca una enorme contaminación ambiental (de aguas subterráneas, aire y suelo), provoca que el sistema de producción sea considerado infractor de la ley 9306 de regulación de los sistemas intensivos de producción animal (SICPA) de la provincia de Córdoba y además no permite la reutilización de subproductos como gas y fertilizante. Frente a esta circunstancia se pretende desarrollar una propuesta para el correcto tratamiento de los efluentes y al mismo tiempo reutilizar estos desechos como una fuente de energía para la granja permitiendo una aumento del beneficio económico.

La estrategia tecnológica más adecuada para cumplir ambos propósitos es la construcción del biodigestor ya que a través del proceso de biodigestión se pueden obtener biogas y biofertilizante, materiales que no pueden ser obtenidos por el sistema actual de lagunas y se disminuiría fuertemente el efecto contaminante del efluente líquido para el medioambiente.

Identificación de las diferentes estrategias de solución al problema

Existen diferentes estrategias para el tratamiento de efluentes, pero son los biodigestores los que cumplen eficientemente las dos funciones de disminución de la contaminación y la de reutilizar los desechos. Existen distintos tipos de biodigestores cuya utilización depende en gran medida de la zona en donde se construya, ya que los factores climáticos inciden sobre el mismo y afectan su producción. Se debe tener en cuenta que en las zonas más cálidas la producción de biogas en los biodigestores es mayor, debido a que las altas temperaturas permiten que el proceso de biodigestión se produzca más rápido y además no se necesita reutilizar parte del biogas producido para el recalentamiento de la cámara de digestión cosa que es necesarias en ambientes de clima frío.

Por esta razón se debe decidir adecuadamente el tipo de biodigestor apropiado para la zona y luego poder determinar los costos de construcción del mismo.

Selección de la estrategia de solución

Para la elaboración de este proyecto se hizo un estudio de los tipos de biodigestor existentes para dar solución al problema presente en la granja Castaldi considerando las condiciones ambientales de funcionamiento y los resultados experimentados por cada uno. Según Gropelli y Gianpaoli (2007.) es necesario considerar las siguientes premisas:

Al momento de decidir qué biodigestor construir se debe realizar un inventario de la cantidad de residuos a estabilizar, esta condición fijará el volumen a tratar y posteriormente el diseño a adoptar.

También resulta útil contabilizar la energía que se requiere, primero para sustituir los combustibles más caros, y en una segunda etapa, para lograr autoabastecimiento como una fuente de energía renovable.

Las características de lugar, en cuanto al nivel de las napas freáticas determinará la profundidad máxima para las excavaciones lo cual será

preponderante, entre la elección del diseño de tipo vertical como el “Hindú” o el “Chino”, y un biodigestor de “Desplazamiento Horizontal”.

Las temperaturas de cada zona tendrán una singular influencia en la adopción del tiempo de permanencia para los sólidos a degradar y en consecuencia el volumen de la cámara de digestión.

Tipo de biodigestores⁵

Biodigestor tipo Hindú

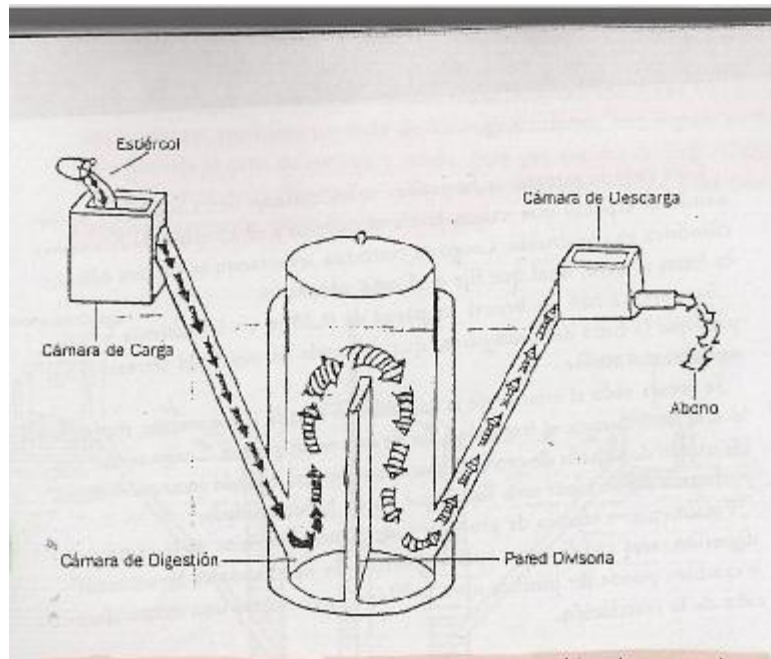
Se compone de una cámara cilíndrica ubicada en forma vertical, dividida diametralmente al medio, por una pared de la mitad de la altura de la cámara de digestión, conformando dos sectores. Uno inicial donde se recibe el material que ingresa, que evita también, por la agitación producida con el ingreso de la carga, que pueda salir directamente con los residuos ya digeridos. Este tabique obliga a que el material a degradarse deba realizar un camino, desde el sector primario hacia otro secundario y se cumpla el tiempo de resistencia seleccionado en el diseño del equipo.

Sobre esta cámara se desplaza, en forma vertical un gasómetro guiado por un eje tal que en la medida que se produce biogas se acumula elevándose en altura. Luego, cuando hay un necesario consumo, en un momento determinado baja, entregando el biogás necesario siempre a presión constante.

El diseño se completa con una conexión entre la cámara de carga y la primera mitad de la cámara de digestión, mediante un caño de buen diámetro (160mm a 200mm). También desde la cámara secundaria se coloca otro caño, para extraer el material digerido. Se pueden incorporar agitadores, en cada cámara para mejorar el contacto entre la flora anaeróbica y los sólidos que ingresan y permanecen en tratamiento (figura 6).

⁵ Extraído de Gropelli y Gianpaoli, 2007

Figura 6. Esquema de un biodigestor tipo Hindú



Fuente: Gropelli, E. y Gianpaoli, O. (2007)

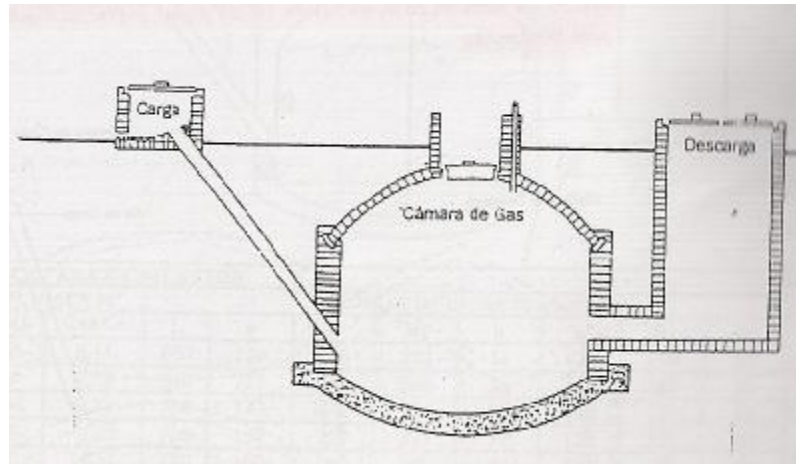
Biodigestor de tipo “Chino”

Utilizando el principio de “prensa hidráulico” fue concebido un diseño que no utilizara partes móviles. El diseño determina que deban colocarse totalmente enterrados.

Este tipo de biodigestor se conforma solamente con una sola cámara, la cual es cilíndrica en su parte vertical, cerrado por un fondo cóncavo y una cúpula en forma esférica, esta última es una estructura que resiste en mayor medida la presión tanto interior del biogás, como exterior de la tierra. Este diseño no posee gasómetro, acumulándose el biogás producido dentro del mismo sistema. Este posee una cámara de carga, y diametralmente opuesta se coloca otra de descarga, bastante grande.

A medida que aumenta la cantidad de biogás almacenado en la cúpula de forma esférica, aumenta la presión, forzando el líquido interno que se encuentra en las cámaras de carga y fundamentalmente en las de descarga al subir el nivel, generando un espacio dentro de la cúpula para el biogás, a la vez que se eleva la presión del mismo. Como consecuencia de la variación de la presión, que se eleva al generarse el biogás y baja cuando se consume, se reduce la eficiencia de los equipos en que se utiliza. Si la presión sube a valores muy elevados, aumenta el riesgo de que se formen fisuras, por movimientos ligeros en la cúpula o en las paredes (figura 7).

Figura 7. Esquema de un biodigestor tipo chino



Fuente: Gropelli, E. y Gianpaoli, O. (2007)

Biodigestor con “Desplazamiento horizontal”

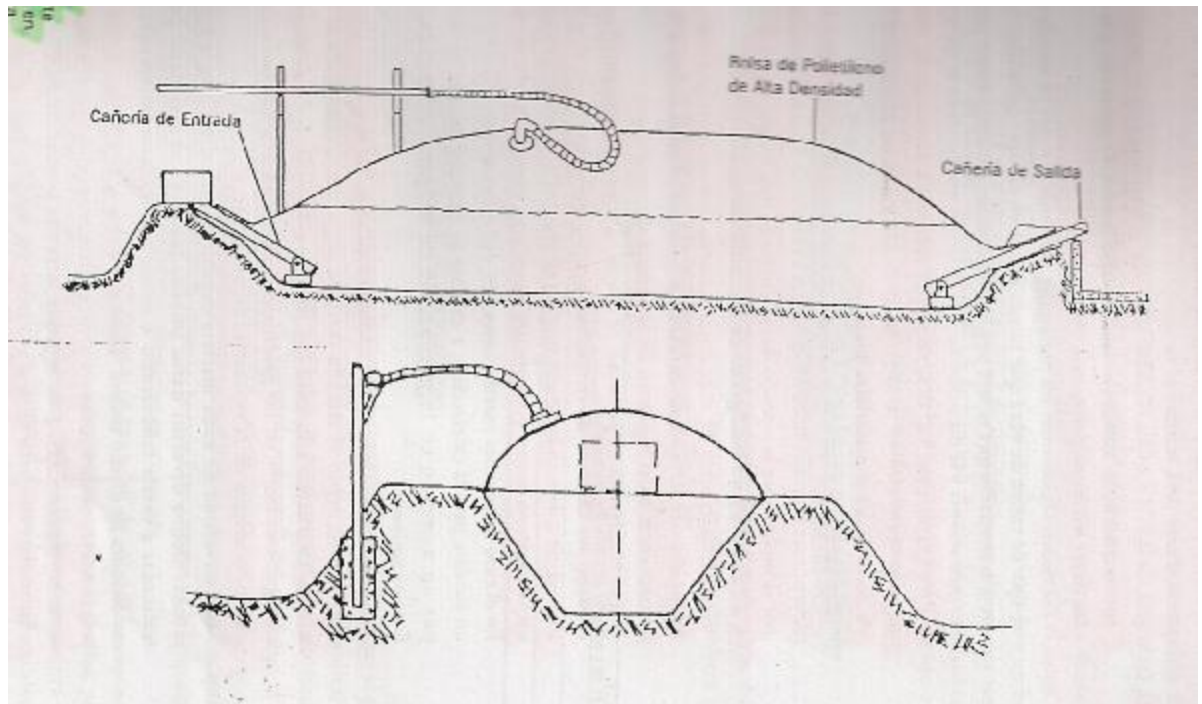
Los biodigestores de desplazamiento horizontal son utilizados en explotaciones agropecuarias que generan importantes cantidades diarias de residuos. Este tipo de biodigestor se utiliza cuando se requiere trabajar con volúmenes mayores a los 15 m³ diarios. Gropelli y Gianpaoli, 2007.

Este tipo de biodigestores tiene una geometría alargada donde la mezcla de materia orgánica y agua circula en flujo pistón. Este tipo de flujo permite que cada porción del residuo que ingresa por un extremo recorra todo el largo de la cámara de digestión cumpliendo el tiempo de permanencia necesario dentro del biodigestor antes de salir por el otro extremo, bien alejado del inicio (figura 8).

Generalmente se instalan enterrados, con excavaciones del orden de 2 a 4,50 m y bien alargados. La relación largo / ancho puede variar desde 5 / 1, hasta más de 10 / 1.

Se debe realizar un recubrimiento de todo el interior del biodigestor con membrana de polietileno de alta densidad de 1.000 a 1.500 micrones de espesor; a fin de lograr un reservorio totalmente estanco y evitar toda percolación del contenido del biodigestor hacia la napa freática. La cubierta superior que forma parte del diseño tiene el objetivo de recuperar todo el biogás producido, como también cumplir la función de gasómetro. Este propósito se logra con la forma que se le da a la cubierta, tal que permita “inflarse” hasta un determinado volumen. La unión de las dos membranas se realiza por soldadura de termofusión. Eg-ingeniería, 2009.

Figura 8. Esquema de un biodigestor de flujo continuo



Fuente: Gropelli, E. y Gianpaoli, O. (2007)

Considerando los tres tipos presentados y las características de la producción porcina de la granja Castaldi se concluye que el biodigestor más adecuado a construir es el biodigestor de desplazamiento horizontal. Se arriba a esta conclusión al considerar los volúmenes a tratar y el clima de la zona ya que este tipo de biodigestor debe enterrar al menos 2 - 2,50 m lo cual ayudaría a mantener la temperatura en invierno, aunque posiblemente sea necesario reutilizar parte el biogas producido para calefaccionar el mismo.

Capítulo 4

ESTUDIO DE LOS PRODUCTOS, INSUMOS E INVERSIONES DEL PROYECTO

Biogas

Se llama biogas a la mezcla de gases constituida básicamente por metano, dióxido de carbono y pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno, nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y vapor de agua. Las propiedades físicas del biogas son las mismas que presenta el resto de los gases y son influenciadas por las condiciones de presión y temperatura a las que se someta el biogas. Los componentes del biogas se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Composición del biogas

Componente	Proporción
Metano (ch ₄)	55 - 70
Dióxido de Carbono (CO ₂)	27 - 44
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	1
Otros gases	3

Fuente: Hilbert, J. (s.d).

El poder calorífico del biogas oscila entre los 5.000 y 5.500 kcal. / m³ En el cuadro 2 se presentan equivalencias con combustibles factibles de sustituir por biogas:

Cuadro 2. Equivalencias de poder calorífico del biogas respecto de otros combustibles

Combustible	Poder calorífico	Equivalencia con Biogás de 5.500 kcal / m3
Gas natural	9.300 kcal / m3	1,70
Gas envasado grado 1	12.013 kcal / kg.	2,18
Gas envasado grado 3	11.878 kcal / kg.	2,16
Leña blanda	1.840 kcal / kg.	0,33
Leña dura	2.300 kcal / kg.	0,42
Nafta	8.232 kcal / lt.	1,50
Kerosene	8.945 kcal / lt.	1,63
Gas-oil	9.211 kcal / lt.	1,67
Fuel-oil	10.300 kcal / kg.	1,87

Fuente: Gropelli y Gianpaoli, 2007.

El biogas puede ser utilizado como combustible en distintos dispositivos con el fin de transformar la energía química del gas en energía calórica, lumínica, térmica, mecánica, etc. Así puede ser utilizado en cocinas, estufas, quemadores infrarrojos, lámparas, heladeras y motores respectivamente.

Lodo fertilizante o biofertilizante

La biodigestión no es más que un proceso fermentativo y de producción de biogas que extrae carbono, trazas de azufre, hidrógeno y algo de nitrógeno por reducción de NH₃. Este proceso también disminuye drásticamente la viscosidad del líquido debido a la descomposición de los sólidos volátiles, convirtiendo al biofertilizante en un líquido liviano y de fácil aplicación en los cultivos. (Hilbert, s.d.) El lodo fertilizante es una masa de color pardo-oscuro relativamente estable y con buen poder fertilizante. Además este fertilizante es más rico en nutrientes que el humus y es de granulación más fina que el estiércol lo que facilita su penetración y mezclado en el suelo. (Gropelli y Gianpaoli, 2007). Debido a su rápida descomposición, el lodo fertilizante brinda al suelo sus nutrientes disponibles. Los ácidos húmicos presentes en este material contribuyen a mejorar la estructura del suelo y su porosidad, aumentando al mismo tiempo la fertilidad química y la capacidad de intercambio catiónico del mismo. La cantidad de humus estable duplica generalmente al que se consigue mediante la utilización de estiércoles incrementando en forma significativa la actividad biológica del suelo.

El lodo fertilizante carece prácticamente de olor debido a que las sustancias responsables del mal olor van siendo reducidas en el proceso de fermentación a medida que aumenta el tiempo de retención en el biodigestor hasta hacerlas desaparecer casi en su totalidad.

En el proceso de biodigestión la relación Carbono / Nitrógeno del efluente se ve reducida mejorando en forma general el efecto fertilizante del lodo. (Hilbert, s.d.).

Ventajas del lodo fertilizante⁶:

- Debido a su PH (7,5) actúa como corrector de acidez del suelo, permitiendo una mayor solubilización del fósforo.
- Mejora la estructura del suelo, dejándolo más trabajable y facilitando la penetración de raíces.
- Ayuda a la conservación de la humedad y la aireación del suelo.
- El biofertilizante está prácticamente curado, pues la fermentación elimina las sustancias tóxicas.
- Al presentarse en forma líquida es de más fácil aplicación.

En términos generales todos los macronutrientes utilizados por los vegetales son preservados en el proceso de fermentación, por lo tanto los valores de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) que posea el efluente crudo se mantendrá sin alteraciones en el biofertilizante.

Efluentes porcinos

Es difícil dar valores medios de producción de excretas por parte a las distintas categorías de animales, puesto que existe una gran variación. Los efluentes porcinos son una mezcla compleja que puede ser considerada como un fango líquido con una concentración media en materia seca en entorno del 6%, con una DQO de alrededor de 75.000 mg. / l y una DBO de aproximadamente 26.000 mg / l.

En los efluentes porcinos se encuentran también, en cantidades apreciables, elementos fertilizantes en proporciones que oscilan alrededor de los siguientes valores, al cabo de unos tres días de ser producidos:

N₂: 0.72%,

P₂O₅: 0.4%

K₂O: 0.3%

Las deyecciones ganaderas pueden aplicarse directamente a las tierras agrícolas como fertilizante, constituyéndose una simbiosis entre ganadería y agricultura beneficiosa para ambas actividades y para el medioambiente.

La aplicación al suelo ha sido y será la forma más beneficiosa de gestión de los efluentes porcinos, por sus características físico-químicas en virtud de los

⁶ Extraído de Groppelli y Gianpaoli, 2007.

nutrientes, incluida la materia orgánica de la que los suelos de nuestra región son en general deficitarios.

Prácticamente toda materia orgánica es capaz de producir biogas al ser sometida a la fermentación anaeróbica, pero la calidad y la cantidad del biogas producido dependerá de la descomposición del desecho utilizado.

El carbono y el nitrógeno son las fuentes principales de alimentación de las bacterias generadoras de metano; el carbono es fuente de energía y el nitrógeno contribuye a la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos elementos en la materia prima debe ser aproximadamente de 30 a 1 (C/N= 30).

De todas las materias primas más utilizadas en la generación de biogas, los desechos animales (estiércoles) tienen una relación menor que la óptima. En cambio los residuos de tipo agrícola tienen generalmente relaciones C/N muy superiores a esta. (Groppelli y Gianpaoli, 2007). Ver cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidad de Carbono, nitrógeno y relación C/N de las distintas materias primas utilizadas en la producción de biogas

Material	Porcentaje de nitrógeno (Base seca)	Porcentaje de carbono (Base Seca)	Relación C/N
Estiércol bovino	1,70	30,6	18:1
Estiércol equino	2,30	57,6	25:1
Estiércol ovino	3,80	83,6	22:1
Estiércol porcino	3,80	76,0	20:1
Estiércol aviar	6,30	50,0	08:1
Hojas secas	1,00	41,0	41:1
Paja de arroz	0,63	42,0	67:1
Paja de trigo	0,53	46,0	87:1
Rastrojo de maíz	0,75	40,0	53:1
Rastrojo de soja	1,30	41,0	32:1
Sorgo granífero	1,63	31,8	19:1

Fuente: Groppelli y Gianpaoli, 2007

La mayor parte de los biodigestores simples se alimentan con excretas (estiércol y orina), puesto que estos residuos presentan excelente capacidad de fermentación y producen una buena cantidad de biogás. Se pueden utilizar diferentes materias primas para la generación de biogas la siguiente tabla muestra

los desechos orgánicos aprovechables y el rendimiento aproximado de biogas de cada uno de ellos.

Cuadro 4. Diferentes materias primas para la generación de biogas

Tipo de residuo	Producción de biogas Litros de biogas por Cada Kg. sólido fresco	Contenidos de sólidos (% de S.T.)	Contenido de materia Orgánica volátil (% de S.V.)
Estiércol vacuno	15 - 40	18,00 – 20,00	83,00
Estiércol porcino	50 – 70	18,00	80,00
Estiércol aviar parrilleros	30 – 50	53,00	66,00
Estiércol aviar ponedoras	35 – 55	35,00	90,00
Desechos de huerta	39 – 63	11,00	94,00
Residuos amiláceos o Azucarados (papas, mandioca, remolacha)	100	18,00	94,00
Residuos de comida	75 – 120	19,60	90,60
Sorgo granífero	550	96,00	98,00

Fuente: Groppelli y Gianpaoli, 2007

Capítulo 5

ASPECTOS TÉCNICOS

Localización

La localización del biodigestor en la granja Castaldi está determinada por la distribución de las fuentes de sustrato (efluentes provenientes de los galpones) en el terreno. Actualmente, los galpones poseen un sistema de evacuación ya instalado que concentra el volumen de efluentes en una laguna al aire libre y que puede observarse en el plano del criadero. En el plano también se puede observar la localización futura del biodigestor. Desde el biodigestor se transporta el biogas comprimido a través de una cañería hacia las unidades de consumo que corresponden a una caldera ubicada en el galpón de maternidad y a un motor-generador de corriente eléctrica. Esta localización además permite la reutilización (luego de su impermeabilización) de la antigua laguna de almacenaje de efluentes como depósito de los lodos tratados hasta ser utilizados como biofertilizante. Ver planos en los anexos

Tamaño

El tamaño del biodigestor está definido por el volumen diario de efluentes a ser tratados y por el tiempo que demanda el proceso de biodigestión dentro del mismo.

El volumen de efluentes a ser tratados en el biodigestor está determinado por la cantidad de animales confinados y del grado de dilución de los mismos. En el criadero de la Granja Castaldi la producción diaria de efluentes por categoría se muestra en cuadro 5. Según análisis elaborados en la Universidad Nacional del Litoral (Esperanza, Santa Fe), la concentración de sólidos totales en los efluentes producidos en la granja Castaldi es en promedio del 8,1%. Esta concentración es

producto de un proceso de dilución generado al adicionarse un volumen de agua en las fosas antes del ingreso de los animales con el fin de evitar la adhesión de los excrementos en el piso de la misma.

Cuadro 5. Producción de efluentes por categorías de porcinos de la granja en estudio

Galpón	Efluentes m³/día
Gestación	1.75
Maternidad	3.73
Destete	1.68
Recría	2.33
Terminación	5.26
Total	14.75

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de permanencia

Existe un tiempo de permanencia mínimo del sustrato dentro del biodigestor que está relacionado con el tiempo mínimo necesario para la reproducción de las bacterias metanogénicas, ya que al extraer el efluente del digestor se extrae un pool de bacterias que debe ser repuesto por la reproducción de las mismas. Respetado este tiempo de permanencia mínimo, el tiempo total de permanencia del sustrato en el biodigestor dependerá de la temperatura en la que se desarrolle la fermentación.

El proceso de biodigestión se puede desarrollar a diferentes temperaturas: a temperaturas inferiores de 20°C predominan bacterias psicrófilas; entre los 20 y 40°C predominan las bacterias mesófilas y a temperaturas mayores a 40° se desarrollan bacterias termófilas. (Hilbert, s.d.).

El **proceso mesofílico** es más estable, y más adecuado para utilizar en el medio rural en biodigestores de pequeños volumen y bajo costo. El **proceso termofílico** presenta ventajas para el caso de grandes instalaciones, donde el volumen del material a digerir es muy grande. La digestión en este rango termofílico es más rápida y eficiente en la conversión de materia orgánica a gas, en consecuencia exige menor tiempo de permanencia del sustrato en el biodigestor resultando en tamaños menores de digestores lo que compensa la mayor tecnificación para el control de la temperatura.

En el caso de regiones frías, o para aumentar velocidad de degradación y obtener una mayor producción diaria de biogas, conviene aislar el digestor, calefaccionar la alimentación, agregando agua caliente al realizar la mezcla del

residuo, cuando se prepara la misma. También se puede colocar el digestor dentro de un invernadero.

Para el estiércol porcino líquido el tiempo de permanencia mínimo oscila entre los 15 y 25 días. Luego de este tiempo la permanencia del sustrato en el digestor puede calcularse a partir de la siguiente tabla

Cuadro 6. Relación entre temperatura del sustrato y tiempo de permanencia

Temperatura (°c)	10	15	20	25	30	35
Tiempo de digestión (días)	90	60	45	32	30	25

Fuente: Groppelli y gianpaoli, 2007

El rango de trabajo adecuado para la zona de Las Vertientes es de 20°C constante por lo que el tiempo de permanencia será de 50 días (un 10% más de lo indicado en tabla).

Cálculo del volumen del biodigestor

Caudal diario de efluentes: 15 m³

Tiempo de permanencia: 50 días

Relación cámara de digestión / gasómetro: 1,5 / 1

Tamaño de la cámara de digestión:

$$50 \text{ días} \times 15 \text{ m}^3 / \text{día} = \mathbf{750 \text{ m}^3}$$

Tamaño del gasómetro:

$$750 \text{ m}^3 / 1,5 = 500 \text{ m}^3$$

Tamaño total del biodigestor:

$$750 \text{ m}^3 + 500 \text{ m}^3 = 1250 \text{ m}^3$$

Dimensionamiento del biodigestor

Cámara de digestión:

Se construirá una cámara de digestión bajo la superficie del terreno, será de forma rectangular con una relación largo / ancho de 6,66 / 1. Las paredes laterales tendrán una inclinación del 30% para asegurar la estabilidad de las mismas. El volumen total de la cámara de digestión será de 750 m³ y sus dimensiones de : 50 m. de largo (49,7 en la parte inferior y 50,3 en la parte superior) x 7,5 m. de ancho promedio (7,2 en la parte inferior y 7,8 en la superior) por 2 m. de profundidad (figura 9).

Figura 9. Excavación para la construcción de la cámara de digestión de un biodigestor



El gasómetro consiste en una membrana de forma de tronco de pirámide que cubre la cámara de digestión la que va aumentando de volumen en la medida que se va generando el biogas hasta alcanzar un volumen máximo de: 500 m^3 para alcanzar este volumen sus dimensiones serán 50 m de largo x 7,5 m de ancho x 1,33 m de altura promedio. Los 7,5 m de ancho es, al igual que en el caso de la cámara de digestión, un promedio entre 7,80 en la parte más ancha y 7,2 en la parte más angosta y de 49,7 m y 50,3 m. para los dos largos).

Ingeniería

La ingeniería de obra consiste en la construcción del biodigestor con una cámara de digestión y un gasómetro, una cámara de carga por donde ingresarán los efluentes al mismo, una cámara de descarga donde será recibido el lodo fertilizante, una planta de recepción y compresión del biogas, las cañerías necesarias para la alimentación del biodigestor con los efluentes y para la conducción del biogas hacia las fuentes de consumo.

Biodigestor

El biodigestor se compone de la cámara de digestión y del gasómetro. La cámara de digestión será construida bajo la superficie del terreno para aprovechar al suelo como fuente de aislamiento. Se realizará una obra de movimiento de suelo de forma rectangular cuyas paredes tendrán una inclinación del 30% para asegurar la estabilidad de las mismas. Las dimensiones serán de 50 m. de largo x 7,5 m. de ancho, ambos promedios (7,2 y 7,8 para el ancho y 49,7 y 50,3 para el largo) por 2 m. de profundidad. El piso de la fosa será revestido con una capa de 10 cm. de espesor de arena volcánica para aumentar su aislamiento (figura 10). Sobre este revestimiento se instalará una geo-membrana especialmente diseñada para este fin con una densidad de entre 1.000 y 1.500 micrones cuya función es impermeabilizar la cámara de digestión. En el contorno de la fosa se construirá un cordón en forma

de "U", de hormigón armado de 50 cm de ancho por 80 cm de profundidad sobre el cual se realizará la termofusión de las dos membranas, la de la cámara de digestión y la del gasómetro (figura 10).

Sobre la geo-membrana se instalarán cuatro líneas longitudinales de cañería de 1 pulgada de diámetro, perforada para la re-inyección de parte del bio-gas producido con el fin de generar una agitación del material dentro de la cámara de digestión.

Paralelo al recorrido de esta cañería se instalará otra de ½ pulgada de diámetro por la cual circulará agua caliente con el fin de aumentar la temperatura del material dentro de la cámara de digestión (figura 10). Finalmente sobre la cámara de digestión se extenderá un polietileno de alta densidad que funcionará como gasómetro el cual se constituirá en el mayor reservorio del biogas producido y generará una cierta presión sobre el fluido facilitando su extracción (figura 10).

Figura 10. Construcción de la cámara de digestión de un biodigestor de desplazamiento horizontal



En la foto superior se aprecia el cordón de concreto en forma de "U" y el piso aislado con arena volcánica. En la inferior se ve la instalación de la cañería de calefacción sobre la membrana aislante.

Cámara de carga

Se construirá una cámara de carga de totalmente de mampostería con estucado interior, tendrá una capacidad de 30 m³ para poderla utilizar como almacenamiento de efluentes de dos días de trabajo ante una eventual emergencia. La cámara de carga tendrá una fuente de agua para ser utilizada en la limpieza de la

misma o en caso de que sea necesario realizar alguna dilución del material. A esta cámara de carga se reorientarán las actuales tuberías que traen los efluentes desde los galpones hacia las actuales lagunas, así la cámara de carga irá recibiendo efluentes desde los distintos galpones del criadero según la necesidad de desagote de las fosas de los mismos para luego de completar los 15 m³ iniciar su descarga dentro del biodigestor. La cámara de carga se construirá sobre el nivel de suelo para ser descargada por gravedad y aprovechar el impulso de las bombas que están en los galpones para elevar el efluente hacia ella. Las dimensiones de esta cámara serán: largo 5 m., ancho 3 m., altura 2 m. en su parte superior será cubierta por un techo metálico tipo zinc con un pasa-hombre para acceder a limpiarla y/o ante cualquier inconveniente. La cámara de carga estará conectada con la cámara de digestión a través de un caño de 350 mm. de diámetro y de 2 m. de longitud que recorrerá desde la cámara de carga, pasando por el espacio que la separa del biodigestor, para entrar hasta la mitad de la cámara de digestión (figura 11).

Figura 11. Vista de un depósito de efluente y cámara de carga del biodigestor



Cámara de descarga

Para este caso, la cámara de descarga será la misma que almacene definitivamente el biofertilizante hasta ser utilizado en los lotes agrícolas, por lo que deberá almacenar lo producido durante los meses en que los lotes están ocupados con cultivos, esto es, seis meses, desde octubre hasta marzo. Si bien es cierto que el proceso de digestión disminuye el volumen del sustrato ingresado, esta disminución es despreciable ya que normalmente ronda el 2%. La cámara de descarga tendrá un volumen total de: 15 m³ / día x 180 días = 2.700 m³, y dimensiones de: largo 100 m., ancho 12 m. y profundidad 2,25 m. 2 m. bajo nivel de

suelo y 0,25 sobre nivel con terraplén construido con el suelo movido para la construcción de la cámara de digestión. Para la construcción de la cámara de carga se reciclarán las actuales lagunas que posee el criadero, las cuales serán impermeabilizadas con geo-membranas. La extracción de los 15 m³ de lodo fertilizante del biodigestor hacia la cámara de descarga se realizará por medio de una bomba estercolera sumergible de 300 m³ / hs. con salida de 150 mm de diámetro.

Planta de comandos, presurización y recirculación

Se levantará una construcción de mampostería con techo metálico para albergar el compresor que extraerá el gas del gasómetro y lo comprimirá dentro de un tubo zeppelin con capacidad para 2.500 kg. de gas butano licuado; el pulsador que permitirá reingresar gas a alta presión dentro del digestor con el fin de agitar el caldo en digestión; la caldera y bomba para la recirculación de agua caliente en el biodigestor y los comandos de salida de gas hacia la caldera y el motogenerador.

Figura 12. Gasómetro de un biodigestor de desplazamiento horizontal lleno de biogas y planta de comandos (en construcción)



Descripción del proceso

Llegada del efluente al biodigestor

Los efluentes producidos por los cerdos dentro de cada galpón son vaciadas siguiendo el criterio de manejo de los animales dentro de los mismos. Todos los días se enviarán 15 m³ de efluentes al biodigestor, este volumen será conformado por efluentes de distintos galpones de tal forma de enviarlos lo más rápidamente posible luego de producido para no perder potencial de producción de gas (por fermentaciones aeróbicas incipientes) pero respetando el manejo sanitario que se hace en el galpón.

El efluente es transportado desde los galpones hacia la cámara de carga por medio de cañerías de 160 mm de diámetro impulsado por bombas estercoleras ubicadas en cada uno de los galpones. En la cámara de carga el material que llega desde los distintos galpones se unifica e ingresa a la cámara de digestión cuando por el otro extremo, por medio de una bomba estercolera extraen los 15 m³ de lodo fertilizante para ser enviado a la cámara de descarga / almacenaje. La llegada de los efluentes de cada galpón se realizará en el horario del medio día y en un corto período de tiempo para evitar las pérdidas de calor y de gas por fermentaciones incipientes

Circulación del efluente en el biodigestor, mezclado y calentamiento

El efluente circula dentro del biodigestor en “flujo pistón” es decir en la medida que va ingresando efluente crudo por un extremo, el lodo fertilizante va saliendo por el extremo opuesto, garantizando que cada porción de biofertilizante en todo su recorrido, va a permanecer dentro de la cámara de digestión los 50 días que demora el proceso de biodigestión. La agitación del fluido dentro de la cámara de digestión se producirá a partir de la inyección de una parte del biogas producido a través de cuatro tuberías perforadas, localizadas en forma paralela en el fondo de la cámara de digestión. El ingreso del biogas, permite un movimiento burbujeante ascendente permitiendo un agitado vertical del material.

Debido a la variación anual de temperaturas medias de la zona en la cual se ubica la granja es necesario la instalación de una serpentina en el interior del biodigestor (en caño de polietileno de alta densidad), para la circulación de agua caliente (temperatura máxima de 50 °C) dentro de la cámara durante los meses de invierno. La calefacción del agua se realiza mediante una caldera que consume parte del biogás producido.

Extracción del lodo bomba estercolera

La extracción del lodo fertilizante del biodigestor se realizará a través de una bomba estercolera sumergible que se instalará en el extremo opuesto a la cámara de carga. Esta bomba extraerá el lodo fertilizante desde la cámara de digestión y lo elevará hacia la cámara de descarga donde se almacenará hasta su utilización como fertilizante agrícola. La bomba será instalada en un caño camisa de 450 mm. de diámetro inserto en forma oblicua desde el fondo de la cámara de digestión hasta 50 cm. sobre el nivel de suelo, la salida de la bomba será de 150 mm. de diámetro.

Extracción del biogas

El biogas producido diariamente en el proceso de fermentación se va acumulando en el gasómetro del biodigestor inflando la membrana que actúa como reguladora de presión, una vez alcanzada una cierta presión dentro del gasómetro se abre una válvula permitiendo la evacuación del biogas hacia la planta de compresión. En el proyecto aquí diseñado es necesario comprimir el biogas para luego enviarlo, a través de una cañería de 1' de diámetro, hacia los dos puntos de consumo: la caldera del galpón de maternidad y el moto-generador. Otra parte del biogas comprimido es utilizado para el calentamiento del material dentro del biodigestor, a través de una caldera especialmente instalada para este fin.

Almacenamiento del biogas

La producción de gas de un digestor anaeróbico es continua a lo largo de las 24 horas del día pero no necesariamente ocurre lo mismo con el consumo. Por este motivo será necesario almacenar el gas producido durante las horas en que no se consume.

La dispersión del consumo y su intensidad determinará el volumen de almacenamiento requerido. Por lo tanto cuanto más concentrado esté el consumo en un período de tiempo corto, mayor será la necesidad de almacenaje. La mayor capacidad de almacenaje estará ofrecida por el gasómetro del biodigestor y un zepellin con capacidad para 2.500 kg. de gas butanos licuado que almacenará biogas comprimido. Otra parte del biogas será consumido en el mismo momento de su producción a través de las calderas de calefacción del biodigestor y de la maternidad y del moto-generador de corriente eléctrica. En caso de ser necesario, el biogas remanente será quemado por un mechero aéreo (figura 13).

Figura 13. Mechero aéreo quemando biogas excedente



Cálculo de producción de biogas

Varias son las materias primas que pueden ser utilizadas en la producción de biogas, pero según la especificidad de cada una va a ser el rendimiento de en lt. de biogas por kg. de sólidos totales. Una de estas especificidades es la relación carbono / nitrógeno.

Está estudiado que los efluentes porcinos en una concentración de 18% de sólidos totales producen entre 50 – 60 lt. de biogas por cada Kg. de estiércol fresco, ver cuadro 4

Para el caso del criadero de cerdos contemplado en este trabajo, la concentración del efluente producido en los galpones es del 8,1% por lo que la producción por Kg. de efluente fresco será de 27 lt. de biogas.

La producción diaria de efluentes en el criadero es de 15.000 lt. (15 m³) lo que generará 405.350 lt. De biogas por día (405,35 m³).

El biogas producido a partir de la digestión anaeróbica de residuos tiene menos poder calórico que los demás combustibles, por ejemplo la relación entre biogas y los dos combustibles a ser sustituidos en la granja es: 2,16 mt³ de biogas por kg. de gas butano licuado y 1,67 mt³ de biogas por lt. de Gas-oil. Ver cuadro 2. En el siguiente cuadro se expresan las cantidades de gas butano licuado y gasoil que se obtendrían diariamente a partir de la conversión de biogas producido en el biodigestor.

Cuadro 7. Producción de biogas en la granja Castaldi y su equivalencia con gas licuado y gasoil

Biogas (m ³ / día)	Gas butano licuado (Kg. / día)	Gasoil (Lt. / día)
405,35	187,66	242,72

Fuente: Elaboración propia

Uso de biogas en la granja

En la producción porcina hay tres categorías de animales muy exigentes en cuanto a condiciones ambientales. Los cerdos padrillos son muy sensibles a las altas temperaturas, debido a que un golpe de calor puede provocar muerte de espermatozoides, los lechones recién nacidos exigen una temperatura ambiente de 29°C de manera constante la cual, en la zona de Las Vertientes, sólo se logra calefaccionando las salas de maternidad y, por último, los lechones luego de separados de sus madres, que en el caso de este criadero se produce a los 21 días

de vida, exigen una temperatura ambiente de 23°C exigiendo también un ambiente climatizado. La climatización de las áreas de maternidad y destete se realiza por un sistema de loza radiante por circulación de agua caliente que mantiene el piso de los cerditos a las temperaturas óptimas indicadas. El calentamiento del agua se realiza a través de una caldera instalada en el galpón de destete que se alimenta de gas butano licuado.

La granja cuenta además con un equipo moto-generador diesel de corriente eléctrica trifásica con una potencia de 30 KVA capaz de producir toda la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de todo los equipos del criadero, sistemas de alimentación automatizados, bombas estercoleras, bombas de agua, planta de alimentos balanceados y las casas principal y secundaria.

Estos dos destinos de la energía serán abastecidos con la producción de biogas del biodigestor. Además parte del biogas producido deberá ser reutilizado en la calefacción de la cámara de digestión para mantener la temperatura del sustrato y hacer más eficiente el proceso de biodigestión, por las dimensiones de la caldera a ser instalada el consumo de biogas se calcula en un 50% el consumo de la caldera de los galpones. El criterio asumido para el uso del biogas prioriza la calefacción del biodigestor para garantizar el eficiente funcionamiento del mismo, posteriormente reemplazar el gas butano licuado consumido en la calefacción de los galpones y en última instancia la producción de energía eléctrica a través del moto-generador. Los cálculos se expresan a continuación en sendas tablas.

Cuadro 8. Demanda mensual de biogas para calefacción del biodigestor

Mes	Biogas (m ³)
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	1.836
Junio	3.174
Julio	3.174
Agosto	3.174
Septiembre	1.836
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	
Total	33.300

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9. Consumo mensual de gas butano de la granja y su equivalente en biogas

Mes	Gas butano (Kg.)	Biogas (m ³)
Enero		
Febrero		
Marzo	600	1.296
Abril	1.000	2.160
Mayo	1.700	3.672
Junio	2.300	6.348
Julio	2.300	6.348
Agosto	2.300	6.348
Septiembre	1.700	3.672
Octubre	1.000	2.160
Noviembre	600	1.296
Diciembre		
Total	13.500	33.300

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10. Demanda mensual total de biogas (calefacción del biodigestor y galpones) y cálculo de remanente para producción de energía eléctrica

Mes	Biodigestor (m ³)	Caldera galpones (m ³)	Total mensual (m ³)	Producción mensual (m ³)	Remanente mensual (m ³)
Enero				12.160,5	12.160,5
Febrero				12.160,5	12.160,5
Marzo		1.296	1.296	12.160,5	10.864,5
Abril	1.080	2.160	3.240	12.160,5	8.920,5
Mayo	1.836	3.672	5.508	12.160,5	6.652,5
Junio	3.174	6.348	9.522	12.160,5	2.638,5
Julio	3.174	6.348	9.522	12.160,5	2.638,5
Agosto	3.174	6.348	9.522	12.160,5	2.638,5
Septiembre	1.836	3.672	5.508	12.160,5	6.652,5
Octubre	1.080	2.160	3.240	12.160,5	8.920,5
Noviembre		1.296	1.296	12.160,5	10.864,5
Diciembre				12.160,5	12.160,5
Total	15.354	33.300	48.654	145.926	97.272

Fuente: Elaboración propia

El moto-generador de la granja tiene una capacidad de 30 KVA y genera toda la corriente eléctrica necesaria para el funcionamiento del criadero. El motor generador tiene un consumo de gasoil en régimen de trabajo aproximado de 6 lt. / hs. El biogas puede ser utilizado como sustituto del gasoil en motores diesel o de la nafta en motores naftenos. En caso de motores nafteros que poseen un sistema de encendido el biogas puede sustituir el 100% del combustible, pero en motores diesel que no poseen un sistema de encendido la sustitución no puede superar el 80%, es

decir que el motor diesel puede funcionar consumiendo una mezcla de gasoil con biogas. Se utilizará el moto-generador de la granja, al cual se lo reformará sustituyendo el actual motor diesel por uno naftero reformado para el uso del gas como combustible. El consumo de biogas de un motor funcionando las 24 hs. del día alcanza los 240,48 m³. El remanente de biogas, el consumo del moto-generador y las horas diarias de producción de energía eléctrica se pueden observar en la siguiente tabla. Cuando la producción de biogas supera las demandas tanto de las calderas como del moto-generador, el excedente será quemado en un quemador específico.

Cuadro 11. Datos mensuales de remanente de biogas, consumo del moto-generador y hs. de funcionamiento

Mes	Remanente (m ³)	Consumo del moto-generador (m ³)	exceso / déficit (m ³)	Días de trabajo / mes
Enero	12.160,5	7.215	4.945,5	30
Febrero	12.160,5	7.215	4.945,5	30
Marzo	10.864,5	7.215	3.649,5	30
Abril	8.920,5	7.215	1.705,5	30
Mayo	6.652,5	7.215	-562,5	27 d. 18 hs.
Junio	2.638,5	7.215	-4.576,5	10 d. 23 hs.
Julio	2.638,5	7.215	-4.576,5	10 d. 23 hs.
Agosto	2.638,5	7.215	-4.576,5	10 d. 23 hs.
Septiembre	6.652,5	7.215	-562,5	27 d. 18 hs.
Octubre	8.920,5	7.215	1.705,5	30
Noviembre	10.864,5	7.215	3.649,5	30
Diciembre	12.160,5	7.215	4.945,5	24
Total				

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de producción de biofertilizante

En términos generales, el proceso de fermentación anaeróbica al cual es sometido el estiércol dentro del biodigestor no provoca grandes reducciones (no superiores al 2%) en el volumen del efluente tratado, por lo que en la granja cada día el biodigestor entregará 14,7 m³ de lodo fertilizante o biofertilizante para ser utilizado en la producción agrícola. En términos generales, todos los macronutrientes utilizados por los vegetales son preservados en el proceso de fermentación, por lo tanto los valores de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK) que posea el efluente crudo se mantendrá sin alteraciones en el biofertilizante.

Actualmente la utilización del efluente sin tratar para la fertilización de los cultivos agrícolas en la granja permite una economía del 70% del nitrógeno y el fósforo utilizado para los cultivos de maíz y soja. La incorporación del biodigestor no modificaría tal situación más allá de garantizar que el biofertilizante que se adiciona al suelo no es contaminante en relación con el efluente crudo como se utiliza actualmente.

El biofertilizante en comparación con el efluente líquido tiene la particularidad de que pulverizado sobre los cultivos en dos momentos del ciclo (siembra y R1) genera un aumento en el rendimiento de los mismos. El trabajo de Minutti, 2008 muestra que la aplicación de biofertilizante en el momento de la siembra y en R1 provocó un aumento del 47,6% en el rendimiento del cultivo de soja en Río Cuarto durante la campaña 2006/2007. Este aumento no fue producto de una mayor disponibilidad de macronutrientes para la soja sino que estaría explicado por la presencia de citocininas y auxinas en concentraciones de $4,34 \mu\text{g ml}^{-1}$ de cultivo y $2,6 \mu\text{g ml}^{-1}$ respectivamente. Estas hormonas vegetales tienen la capacidad de inducir una mayor producción de ramas en las plantas lo cual en la soja se traduce en mayor cantidad de vainas y granos.

En este sentido, y para este trabajo, se considera que la pulverización de la soja con biofertilizante, provocará un incremento del rendimiento del 20%⁷. Como no existen evidencias de efectos sobre el rendimiento del maíz, no se considerará ningún tipo de efecto del biofertilizante.

Año a año en la granja Castaldi, incluyendo superficies alquiladas, se cultivan alrededor de 140 has cuyo rendimiento promedio es de 3, 25 tn. / ha. Por lo que un aumento del 10% en el rendimiento producto de dos pulverizaciones con biofertilizante significa 0,325 tn. / ha adicionales con sólo el costo de dos labores de pulverización con maquinaria contratada.

⁷ No consideramos el total del aumento de rendimiento encontrado por Minutti porque las sojas producidas en la granja Castaldi tienen un rendimiento testigo mayor al del cultivo estudiado por este autor.

Capítulo 6

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

Con los datos de la propuesta técnica desarrollada en los capítulos anteriores se elabora el análisis económico y financiero del proyecto. En primer lugar se determinará el monto de la inversión inicial para llevar adelante el proyecto. Posteriormente se contabilizarán los ingresos producidos por el proyecto a partir de la sustitución de energía externa a la granja, tanto eléctrica como gas butano licuado y a partir del aumento en el rendimiento del cultivo de soja en el área agrícola. Los costos generados por el proyecto se relacionan con el mantenimiento del sistema instalado, del moto-generador, con mano de obra y con las pulverizaciones de bio-fertilizante en el cultivo de soja.

Determinación de la inversión inicial

Cámara de digestión	\$
Movimiento de suelo	7.260,00
Aislante de la cámara arena volcánica (10 cm)	4.840,00*
Construcción de mampostería	48.400,00
Cordón de cemento	
Sala de comandos	
Cámara de carga de 30 m3	
Geomembrana de aislamiento	24.501,82
Sistema de calefacción cañería	1.700,00**
Caldera	6.050,00
Sistema de agitado por reinyección de biogas cañería	2.000,00**
Pulsador	1.815,00
Filtro de Sulfuro de hidrógeno	4.235,00
Mano de Obra instalación	18.150,00
Sub-total	118.951,82

Gasómetro	\$
Polietileno del gasómetro	17.274,00
Soldaduras	1.2100,00
Riendas	1.200,00
Mano de Obra instalación	1.500,00
Sub-total	32.074,00

Sistema de carga y descarga	\$
Tubo de conexión cámara de digestión-cámara de carga	100,00
Adecuación de la cañería de llegada de los efluentes a la cámara de carga	700,00
Tubo de conexión cámara de digestión-cámara de descarga	100,00
Caño camisa	200,00
Bomba de extracción	3.025,00
Mano de obra Instalación	1.200,00
Sub-total	5.325,00

Almacenamiento del biofertilizante	\$
Geomembrana	65.179,90
Instalación	12.100,00
Sub-total	77.279,90

Sistema de almacenamiento del bio-gas	\$
Cañería de traslado del gas hacia el compresor	750,00
Compresor de gas	6.050,00
Mano de obra instalación	2.500,00
Sub-total	9300,00

Sistema de consumo del gas	\$
Cañería de traslado de gas hacia la caldera de maternidad	1.300,00***
Cañería de traslado de gas hacia el moto generador	4.000,00***
Reforma del moto-generador	3.500,00
Quemador de gas excedente	1.500,00
Mano de Obra instalación	12.100,00
Sub-total	22.400,00

Total	265.330,72
--------------	-------------------

* 18 tn

** 250 mt incluye accesorios

*** accesorios

todos los precios incluyen IVA

Determinación de los ingresos, costos y beneficios en la situación actual (beneficios sin proyecto).

Ingresos brutos*		
Categoría	Rubro	\$ / año
Ingresos efectivos	Venta de cerdos capones	2.026.641,81
	Venta de cerdos otras categorías	77.549,65
	Venta de bovinos	159.299,75
Subtotal ingresos efectivos		2.263.491,21
Ingresos no efectivos	Diferencia de inventario cerdos	- 41.480,51
	Diferencia de inventario bovinos	- 28.797,60
	Diferencia de inventario depósito	- 129.868,56
Subtotal ingresos no efectivos		- 200.146,67
Otros ingresos	Venta de servicios	10.200,00
	Compensaciones	102.450,30
Subtotal otros ingresos		112.650,30
TOTAL INGRESOS		2.175.994,84

Costos directos*		
Categoría	Rubro	\$ / año
Alimentación de cerdos	Alimento balanceado	500.593,46
	Maíz (grano adquirido fuera)	92.005,11
	Soja (grano adquirido fuera)	72.183,85
	Fletes	121.418,00
Subtotal alimentación de cerdos		786.200,42
Producción Agrícola propia	Maíz (costo de producción)	226.766,49
	Soja (costo de producción)	119.576,28
	Cultivos forrajeros	2.020,64
Subtotal producción agrícola		348.363,41
Sanidad		9.010,20
Servicios	Energía Eléctrica	23.808,62
	Gas	20.790,00
	Comunicaciones	8.505,82
	Accesoría	21.310,00
Subtotal servicios		70.589,79
Gasto de comercialización y servicios financieros		39.644,27
Mano de obra y cargas sociales		117.790,36
Combustibles y mantenimiento		195.565,00
Compra de Hacienda		62.413,80
Retribución a la mano de obra familiar		200.251,50
TOTAL COSTOS DIRECTOS		1.833.653,40

BENEFICIO SIN PROYECTO	342.341,44
-------------------------------	-------------------

* Datos del ejercicio (01/07/2008 al 30/06/2009).

Modificación de costos e ingresos con la implementación del proyecto

GAS (Reemplazo del 100%)

Mes	Kg.	\$/Kg.	Monto
Enero			
Febrero			
Marzo	600		
Abril	1.000		
Mayo	1.700		
Junio	2.300		
Julio	2.300		
Agosto	2.300		
Septiembre	1.700		
Octubre	1.000		
Noviembre	600		
Diciembre			
Total	13.500	1,54	20.790,00

ENERGÍA ELÉCTRICA (Reemplazo del 81,2%)

Mes	% de reempl.	KW	\$/Kw.	Monto
Enero	100	2.894		1.649,60
Febrero	100	3.100		1.767,00
Marzo	100	5.212		2.970,80
Abril	100	4.181		2.383,20
Mayo	92,5	3.653,7		2.082,60
Junio	36,5	1.649,8		940,40
Julio	36,5	1.268,7		723,20
Agosto	36,5	1.277,5		728,20
Septiembre	92,5	3.279,1		1.869,10
Octubre	100	2.006		1.143,40
Noviembre	100	2.530		1.442,10
Diciembre	100	2.865		1.633,10
Total	41.779	33.916,91	0,57	19.332,60

SOJA (Incremento en el rendimiento)

Rto medio	% incremento	Rto esperado	Ha. Cosech.	Tn. Adicion.	Cotización	Monto
3,25	10	3,6	140	45,5	950	43.225,00

Costos anuales con la implementación del proyecto

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA		\$ / año
Motores		750,00
Cañería		150,00
Filtro		250,00
Limpieza		1.200,00
	Sub-total	2.350,00
MANTENIMIENTO DEL MOTO-GENERADOR		\$ / año
Aceite		1.000,00
Repuestos		250,00
Generador		250,00
	Sub-total	1.500,00
LABOR DE PULVERIZACIÓN		\$ / año
		3.920,00
	Sub-total	3.920,00
MANO DE OBRA		\$ / año
		4.500,00
	Sub-total	4.500,00
	Total	12.270,00

Determinación de los ingresos, costos y beneficios en la situación futura (beneficios con proyecto).

Ingresos brutos		
Categoría	Rubro	\$ / año
Ingresos efectivos	Venta de cerdos capones	2.026.641,81
	Venta de cerdos otras categorías	77.549,65
	Venta de bovinos	159.299,75
Subtotal ingresos efectivos		2.263.491,21
Ingresos no efectivos	Diferencia de inventario cerdos	- 41.480,51
	Diferencia de inventario bovinos	- 28.797,60
	Diferencia de inventario depósito	- 129.868,56
Subtotal ingresos no efectivos		- 200.146,67
Otros ingresos	Venta de servicios	10.200,00
	Compensaciones	102.450,30
Subtotal otros ingresos		112.650,30
TOTAL INGRESOS		2.175.994,84

Costos directos*		
Categoría	Rubro	\$ / año
Alimentación de cerdos	Alimento balanceado	500.593,46
	Maíz (grano adquirido fuera)	92.005,11
	Soja (grano adquirido fuera)	28.958,85 (*)
	Fletes	121.418,00
Subtotal alimentación de cerdos		742.975,42
Producción Agrícola propia	Maíz (costo de producción)	226.766,49
	Soja (costo de producción)	123.496,28 (**)
	Cultivos forrajeros	2.020,64
Subtotal producción agrícola		352.283,41
Sanidad		9.010,20
Servicios	Energía Eléctrica	4.476,02 (*)
	Gas	0,00 (*)
	Comunicaciones	8.505,82
	Accesorias	21.310,00
Subtotal servicios		34.291,84
Gasto de comercialización y servicios financieros		39.644,27
Mano de obra y cargas sociales		122.290,36 (**)
Combustibles y mantenimiento		199.415,00 (**)
Compra de Hacienda		62.413,80
Retribución a la mano de obra familiar		200.251,50
TOTAL COSTOS DIRECTOS		1.762.575,80
BENEFICIO CON PROYECTO		413.419,04

(*) Rubros que disminuyen

(**) Rubros que aumentan

Reemplazo de equipos

REEMPLAZO DE EQUIPOS	\$
Moto-generador	45.840,00
Compresor	5.000,00
Bomba	2.500,00
Filtro	3.500,00
Caldera	5.000,00
Pulsador	1.500,00
Total	63.340,00

Cuadro resumen inversión inicial

COMPONENTE	(\$)
Cámara de digestión	118.951,82
Gasómetro	32.074,00
Sistema de carga y descarga	5.325,00
Almacenamiento del biofertilizante	77.279,90
Sistema de almacenamiento del biogas	9.300,00
Sistema de consumo de gas	22.400,00
TOTAL	265.330,74

Cuadro resumen situación con y sin proyecto

RUBRO	Sin proyecto (\$)	Con proyecto (\$)
Ingresos	2.175.994,84	2.175.994,84
Gastos	1.833.653,40	1.762.575,80
Beneficio	342.341,44	413.419,04
Beneficio Adicional		71.077,60

De este cuadro resumen se desprende que la implementación del proyecto, si bien no arroja un ingreso mayor, permite disminuir los costos anuales arrojando un beneficio adicional de \$ 71.077,60

Flujo de fondos y análisis de inversión

	Años																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
BENEFICIOS SIN PROYECTO		342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	342341,4	
Ingresos con proyecto		2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	2175994,8	
Costos con proyecto		1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	1762575,8	
BENEFICIOS CON PROYECTO:	0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	413419,0	
INVERSIONES																						
Activo Fijo 265331						63340					63340					63340					63340	
Activo de trabajo 12270																						
TOTAL DE INVERSIONES	277601	0	0	0	0	63340	0	0	0	0	63340	0	0	0	0	63340	0	0	0	0	63340	
BENEFICIO NETO ADICIONAL (B-A)	(277601)	71077,6	71077,6	71077,6	71077,6	7737,6	71077,6	71077,6	71077,6	71077,6	7737,6	71077,6	71077,6	71077,6	71077,6	7737,6	71077,6	71077,6	71077,6	71077,6	7737,6	
BEN. NETO ADIC. ACTUALIZADO	(277601)	65208,8	59824,6	54884,9	50353,2	5028,9	42381,3	38881,9	35671,5	32726,1	3268,4	27544,9	25270,6	23184,0	21269,7	2124,3	17902,3	16424,1	15068,0	13823,9	1380,6	
BEN. NETO ACTUAL. ACUMULADO	(277601)	(212392)	(152567)	(97682)	(47329)	(42300)	81	38963	74634	107360	110629	138174	163444	186628	207898	210022	227925	244349	259417	273241	274621	
PERIODO DE RECUPERO ACT.	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VAN	274.621																					
T.I.R.	22%																					
Tiempo de recupero (años)	6																					

La inversión fue evaluada para un período de 20 años debido a que éste es el plazo de amortización de las membranas que componen la inversión más importante: el biodigestor.

Para el análisis de esta inversión se utilizó la tasa pasiva promedio anual del Banco de la Nación Argentina (9%) la cual significa el costo de oportunidad del dinero frente a la posibilidad de depositarlo en plazo fijo en este banco. Es decir que el beneficio adicional que arroje la implementación de este proyecto deberá ser capaz de cubrir el monto de interés que se podría percibir si en lugar de realizar la inversión se hubiese realizado una aplicación de este capital en un plazo fijo bancario.

El tiempo de recupero de la inversión es de 6 años el cual resulta muy conveniente debido a que no supera la mitad de la vida útil de la inversión más importante.

CONCLUSIÓN

La elaboración del presente trabajo implicó un gran esfuerzo de estudio de distintas temáticas que van desde la microbiología hasta la matemática financiera pasando por varios aspectos de la producción animal y la ingeniería. Este transitar por las distintas disciplinas ha permitido tener una visión un poco más amplia e integral sobre la relación entre los quehaceres humanos y el medio ambiente y el papel que la tecnología cumple en esa mediación. La instalación de un biodigestor para el tratamiento de los efluentes porcinos en la granja no sólo permite una relación más amigable con el medio ambiente (a través de la sustitución de energías no renovables, el aprovechamiento de nutrientes para la producción y la protección de napas) una adecuación de la producción de la granja a la normativa provincial sobre sistemas de producción intensiva, sino que además es económicamente conveniente. Como se puede observar en los resultados del análisis económico, este proyecto le permite a la empresa reducir costos lo cual se traduce en un aumento de los beneficios porque los ingresos se mantienen constantes, la reducción de costos, y por lo tanto el aumento de la ganancia anual asciende a \$ 71.077,60. Con este nivel de ganancia adicional la inversión necesaria para la instalación del bio-digestor se recupera en un lapso de tiempo muy corto, en el 6^{to} año de puesto en marcha.

De este estudio se desprende la empresa familiar se encuentra totalmente facultada para realizar la inversión dado que los beneficios anuales que le permite, no sólo afrontarla con recursos propios sino también acceder a distintas líneas de financiamiento que ofrecen las entidades financieras del país. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis económico y financiero del proyecto que muestran una gran solvencia y capacidad de pago, permite pensar que el proyecto es totalmente factible inclusive bajo costos de oportunidad mayor al 8% utilizado para la evaluación.

La idea de realizar la evaluación de una inversión altamente necesaria pero, al mismo tiempo, tan poco conocida le da el carácter de innovador y exploratorio al trabajo dejando las puertas abiertas para estudios más profundos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, Navas, José L. (s.d.) **Producción actual y perspectivas del mercado porcino**. Disponible en: <http://www.uco.es/organiza/departamentos/prod-animal/economia/TRABALUM/sectorporcino/producciones.html> Consultado 16/03/2009.
- Eg. Ingeniería. www.eg-ingenieria.com.ar/catalogos/eg-ingenieria-biodigestor-con-desplazamiento-horizontal.pdf consultado 05/04/2009.
- Herrero, María A. y Gil, Susana B. (2008) **Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal**. In: Ecología austral Vol 18, nº 3. Córdoba.
- Hilbert, Jorge. (s.d.). **Manual para la producción de biogas**. Instituto de Ingeniería Rural INTA Castelar.
- Groppelli, Eduardo y Gianpaoli, Orlando (2007). **El camino de la biodigestión. Ambiente y Tecnología Socialmente apropiada**. Ediciones UNL. Proteger. Santa Fe.
- Longenecker, Justín y Moore, Carlos. (2007). **Administración de pequeñas empresas: Un enfoque emprendedor**. 13 Ed. Cengage Learning Editores.
- Minutti, Matías. (2008) **Determinación del efecto directo de la aplicación exógena de biofertilizante líquido enriquecido en el cultivo de soja**. Trabajo final de graduación. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Sapag Chain, Nassir y Sapag Chain, Reinaldo (2003). **Preparación y Evaluación de Proyectos**. 4^{ta} Edición. McGraw-Hill Interamericana. México DF.
- Provincia de Córdoba (2006) **Ley nº 9306 Regulación de los sistemas intensivos y concentrados de producción animal (SICPA)**.

ANEXOS

Planos del criadero sistema actual de lagunas

Planos del criadero con biodigestor

