

XI CONGRESO INTERNACIONAL DE COSTOS Y GESTION

**XXXII CONGRESO ARGENTINO DE PROFESORES
UNIVERSITARIOS DE COSTOS**

**“GESTIÓN DE MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO EN
INDUSTRIAS CITRÍCOLAS: TRATAMIENTO DE EFLUENTES CON
CAPTACIÓN Y VALORIZACIÓN DE BIOGÁS”**

Tipificación: Comunicación de experiencias profesionales

Autor

CPN Andrés López
I.A.P.U.Co. (Socio Externo Nacional)

Trelew – Patagonia Argentina, Septiembre de 2009

**XI CONGRESO INTERNACIONAL DE COSTOS Y GESTION
XXXII CONGRESO ARGENTINO DE PROFESORES
UNIVERSITARIOS DE COSTOS**

**“GESTIÓN DE MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO EN INDUSTRIAS
CITRÍCOLAS: TRATAMIENTO DE EFLUENTES CON CAPTACIÓN Y VALORIZACIÓN
DE BIOGÁS”**

Tipificación: Comunicación de experiencias profesionales

RESUMEN

En Argentina existe una legislación estricta con respecto al vuelco de efluentes industriales a los cursos naturales de agua o el uso de estos para riego de plantaciones por lo que se hace necesario gestionar métodos y tecnologías de tratamiento que permitan alcanzar valores dentro de los parámetros establecidos por la ley.

Los efluentes de las industrias citrícolas presentan grandes complicaciones a la hora de su estabilización debido a su elevada acidez y carga orgánica, como sucede con el proceso biológico de depuración en lagunas abiertas que genera grandes cantidades de metano (gas de efecto invernadero) que son emitidas a la atmósfera.

En el presente trabajo evaluaremos, a través de un estudio, que se puede lograr optimizar el sistema de tratamiento de efluentes captando el biogás que se genera para su uso en la planta industrial como sustituto del gas natural; logrando resultados positivos en:

- El Cumplimiento de la norma ambiental de vertimientos líquidos por ferti-irrigación en la plantación de cítricos.
- La Captación neta de metano, traduciéndose en una contribución considerable a la atmósfera reduciendo el efecto invernadero.
- La Obtención de Certificados de Reducción de Emisiones de gases de efecto invernadero (CERs).
- El Control de olores, disminuyendo el impacto social.
- Una mayor autonomía en el manejo energético de la fábrica, lo que se traduce en una estabilidad económica para la organización.
- Integración de todas las áreas de la empresa para el mejoramiento de los procesos de calidad.

Hacer un análisis de los costos del proyecto nos ayudó a poder decidir sobre las diferentes alternativas a tomar (como lo fue la elección del biogás); así pudimos hacer una evaluación económica del proyecto (ingresos vs. costos).

1. Introducción

Este proyecto se trata de una nueva iniciativa alineada con el compromiso hacia el desarrollo sustentable. Es un desafío muy grande ya que será el primero que utilizará esta tecnología en el sector citrícola a nivel mundial y en Argentina en la industria en general.

El objetivo del proyecto es la recuperación del biogás que se produce durante el tratamiento de los efluentes de manera anaeróbica para que el mismo no sea liberado libremente a la atmósfera y que pueda ser utilizado en reemplazo de parte del gas natural que actualmente es consumido por las plantas industriales. Alrededor del 20% del gas consumido actualmente podrá ser reemplazado por el biogás de los efluentes tratados.

La provincia de Tucumán es líder en la producción de limones y usualmente las empresas del sector en la provincia tratan sus efluentes de manera anaeróbica en lagunas abiertas y que luego los viertan a cursos de agua. Es importante que el proyecto se desarrolle ya que podría replicarse en otras industrias del sector y contribuir no sólo a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero sino también a mejorar las condiciones de la cuenca del Salí Dulce que actualmente se encuentra muy contaminada. Esto se lograría gracias a disminuir notablemente (en el orden del 75%) la carga orgánica del efluente tratado.

El proyecto aprovecha un recurso renovable como el biogás para utilizar como combustible en las calderas. Esto permite, reducir el uso de gas natural, hidrocarburo que durante muchos años fue abundante en Argentina y que en los últimos años presenta señales de escasez. Prueba de esto es que la industria sufre restricciones de abastecimiento principalmente los días fríos de invierno en los cuales crece mucho la demanda de gas para los usuarios residenciales. Esta falta de disponibilidad de gas trae inconvenientes en el procesamiento de la fruta que se reflejan en pérdidas muy significativas. En ausencia del proyecto, esta condición promueve el uso de combustibles alternativos al gas que son más contaminantes como es el caso del gas oil y del fuel oil.

2. Actividades que desarrolla la empresa

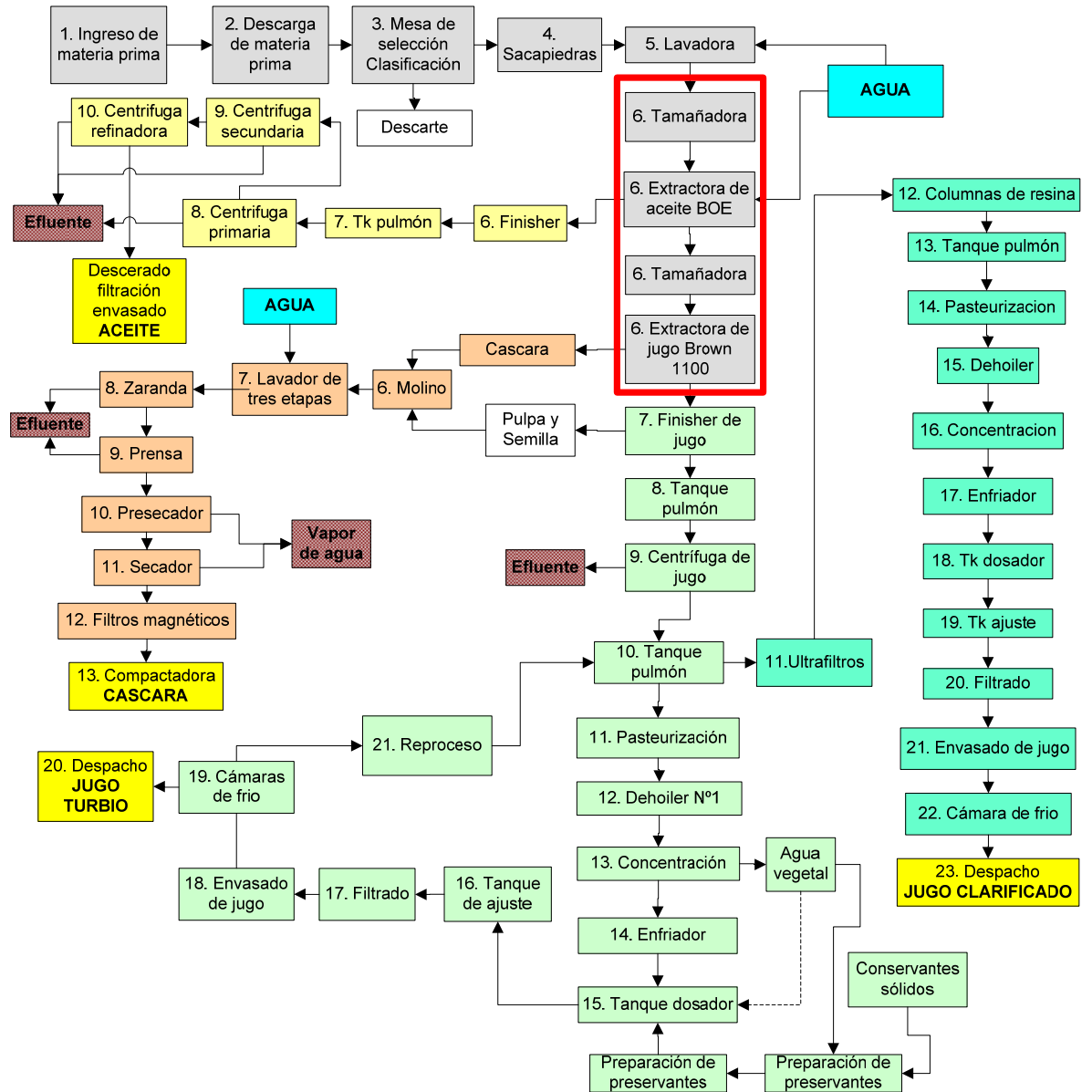
El presente trabajo se basa en una empresa agroindustrial de cítricos que se ha convertido en uno de los primeros productores mundiales de citrus gracias a sus modernas y eficientes plantas de producción. Está ubicada en la Provincia de Tucumán y sus fincas productivas se ubican en el área pedemontana de la provincia.

La materia prima principal es el limón y sus productos son el 'Jugo Concentrado', 'Cáscara Deshidratada' y 'Aceite Esencial' en el caso de la Industria; y el 'Embalado de Fruta Fresca' en el caso del Empaque. La molienda actual es de 260.000 toneladas de fruta al año plantadas en 6000 has. con proyecciones de seguir creciendo en volumen, y la campaña es de Marzo a Septiembre. Además cuenta con:

- Un *vivero*, con una capacidad de producción de 1.000.000 de plantas de citrus por año.
- El *empaque* cuya capacidad de producción alcanza los 2.500.000 de bultos de 18 kg. para exportación y 1.000.000 para mercado interno.
- *Dos establecimientos industriales (plantas "A" y "B")*: Ambas Plantas cuentan con una capacidad de producción de 60 toneladas de fruta por hora.

- Con producción de *caña de azúcar, plantación de soja y cría, engorde e invernada de ganado.*

Ilustración 1. Esquema de procesamiento de fruta y Producción Industrial



3. Cómo comenzó el proyecto de Biogás

Dado que no existe en el mundo experiencia en biodigestión de efluentes de cítricos, se comenzó con una primera etapa de investigación que consistió en un estudio biológico de producción de metano en una muestra de laboratorio para obtener datos concretos de las características y de la biodegradabilidad del efluente bajo condiciones anaeróbicas y para evaluar la potencial toxicidad producida por la concentración de aceite de limón en el residuo.

Las Plantas industriales distan 500 metros una de la otra. No obstante, los efluentes son tratados de manera conjunta. Como consecuencia del proceso industrial se producen aproximadamente 4 m³ de efluentes por tonelada de fruta procesada. Con el volumen máximo de producción actual se tratan hasta 9.600 m³/día de efluentes.

Actualmente los efluentes son tratados de manera anaeróbica en 9 lagunas abiertas. Además, por iniciativa propia de la empresa, el efluente ya tratado se aplica por ferti-irrigación en aprox. 500 hectáreas de sus plantaciones de limones. Esto permite que sea la única empresa del sector que no vierte sus efluentes tratados a cursos de agua. Sin embargo, la Resolución Provincial N°1265 del Consejo Provincial de Salud establece parámetros máximos de 500 ppm de Demanda Química de Oxígeno (DQO) para que el efluente pueda aplicarse por ferti-irrigación. Para poder cumplir con esta norma debe realizar un tratamiento adicional al actual.

De acuerdo a los análisis realizados, los efluentes son de fácil biodegradabilidad. Como en todos los procesos anaeróbicos, se liberará metano a la atmósfera, gas de efecto invernadero con un poder de calentamiento global 21 veces mayor al del dióxido de carbono. No existe obligación ni motivación alguna para capturar el biogás producido en las lagunas anaeróbicas. No obstante, el compromiso con el medio ambiente y la motivación por desarrollar un proyecto superador, ha hecho que la empresa busque la manera de viabilizar una segunda etapa del proyecto de tratamiento de sus efluentes que permita recuperar el biogás de las lagunas anaeróbicas para su uso en las calderas en reemplazo del gas natural.

Ilustración 2. Calderas en la Planta B



Esta segunda etapa, prevé convertir las lagunas anaeróbicas en biodigestores a fin de poder capturar el biogás y utilizar el mismo en las calderas. Este sería el primer proyecto de su tipo en Argentina y a nivel mundial en el sector de la industria de los cítricos. Con este proyecto Citrusvil reducirá emisiones de gases de efecto invernadero gracias a la recuperación del biogás producido en las lagunas anaeróbicas y su posterior tratamiento y uso en reemplazo de gas natural para producción de energía térmica necesaria en el proceso industrial.

Posteriormente comenzó a interiorizarse en la posibilidad de enmarcar el proyecto dentro del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) y obtener bonos de carbono cuya venta ayudaría a la concreción del proyecto. Para ello se recibió asesoramiento por parte de Unidad de Cambio Climático dependiente de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en junio de 2007. Desde entonces se ha analizado la viabilidad de llevar a cabo el proyecto dentro del MDL.

El sistema de tratamiento previsto en la segunda etapa consistiría en:

- Una laguna de homogenización a la que llegan los efluentes crudos (sin tratar), de 10.000 m³ de capacidad.
- Dos lagunas cubiertas con una membrana flotante de polietileno de alta densidad (biodigestores) de 40.000 m³ cada una, que funcionarán en paralelo.
- Nueve lagunas facultativas por las que pasa el efluente luego de haber estado en el biodigestor.
- Los residuos sólidos que resulten después del tratamiento anaeróbico serán tratados de manera aeróbica. Se producirá compostaje, el que posteriormente se aplicaría en suelos propios.

Ilustración 3. Fotografía de un proyecto similar para mostrar cómo quedaría el biodigestor



4. Estudio de factibilidad del proyecto

Dado que los resultados de la primera etapa fueron alentadores se decidió desarrollar una planta piloto que operó durante cinco meses aproximadamente. Se realizaron pruebas con dos sistemas de tratamiento: reactores de flujo ascendente: Tipo UASB y biodigestores tipo “CONTACTO”.

Entre los diferentes sistemas anaerobios posibles la escogencia se hace en función de la concentración en DQO del efluente (> 10.000 ppm en este caso), del área disponible y de los costos de inversión y de Operación & Mantenimiento.

Para efluentes de más de 10.000 ppm de DQO se aconseja los reactores de tipo “contacto” (reactores con tiempos de retención hidráulica de más de 5 días y con recirculación) que aceptan cargas altas de DQO/m³-día y a menores temperaturas.

La baja temperatura del efluente (19-22 grados), así como las fluctuaciones de esta temperatura en el curso del día, limita la carga orgánica admisible, cualquiera que sea el tipo de biodigestor que sea escogido. Puede bajar a 2 kilos de DQO/m³-día, o aun menos (1,5 kg/m³).

Ilustración 4. Instalación que se utilizó para las pruebas (Planta Piloto)



De acuerdo a los resultados de funcionamiento de la Planta piloto, se informo que con la producción actual de 260.000 toneladas de fruta al año, el tratamiento anaeróbico de los efluentes permitiría captar 3,38 millones de m³ de metano (CH₄)

En base a estas cantidades de metano recuperado en los biodigestores que hubiera sido liberado a la atmósfera (será utilizado en las calderas de la Planta B en reemplazo de gas natural), se espera reducir las siguientes emisiones de gases de efecto invernadero:

- 42.000 ton CO₂/año por el metano que no es liberado a la atmósfera y que es recuperado en los biodigestores
- 6.590 ton CO₂/año por utilizar el biogás en reemplazo de gas natural.

En definitiva, se espera reducir anualmente 48.590 ton CO₂ las que a lo largo del período de crédito de 21 años resultarían en una reducción del orden de 1.020.000 toneladas de CO₂.

5. Descripción del proceso de Tratamiento de Efluentes

En época de producción, tanto el Empaque de fruta fresca como la Industria del limón generan aproximadamente 9.600 m³ de efluente diario.

El efluente proviene de los siguientes destinos:

- Generado por el Empaque en el lavado de la fruta al ingreso del proceso (agua de lavado).

- Generado por las Industrias en el el lavado de la fruta al ingreso del proceso, de las centrifugas de jugo y aceite, del lavado de pulpa y del lavado de cáscara (agua con elevada carga orgánica).
- Generado en el Empaque e Industrias por los procedimientos de limpieza y desinfección (agua de lavado con soda caustica).

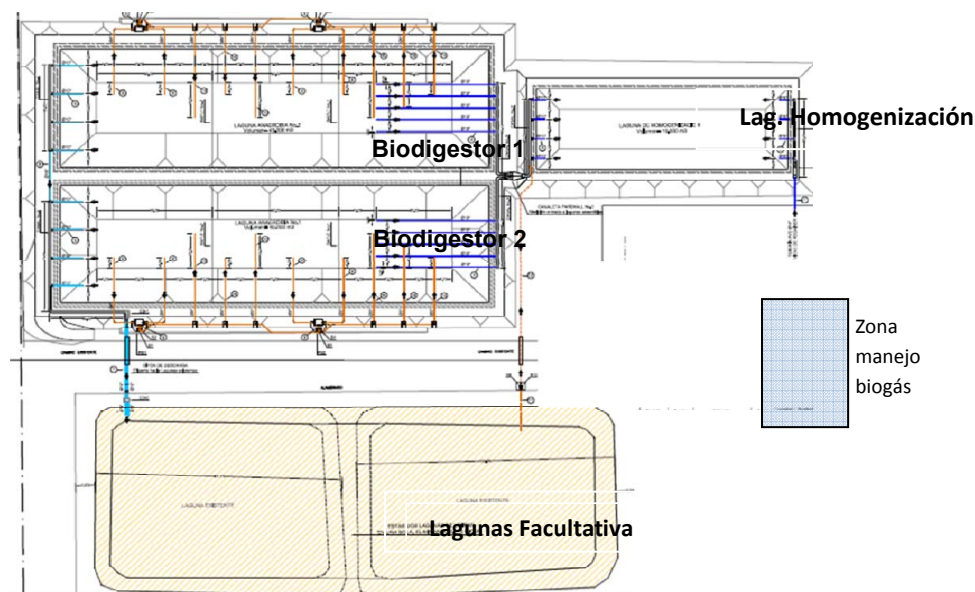
El efluente es bombeado desde Planta A y Empaque hasta Planta B y desde allí hasta la zona de tratamiento distante a unos 1000 metros de Planta B.

En la planta de Tratamiento de efluente se realiza una separación primaria de sólidos orgánicos del líquido a través de un filtro rotativo continuo (regainer). Los sólidos son enviados a una playa para su degradación biológica a partir del compostaje del mismo, mientras que el líquido es enviado hacia la primera laguna del circuito denominada “de homogeneización”.

El objetivo de esta laguna es el de homogeneizar el pH del efluente que generan ambas plantas todos los días [el *efluente de lavado* es generado constantemente con un pH cercano a 4 (ácido) y el *efluente de limpieza y desinfección* es generado durante 2 horas todos los días con un pH cercano a 12 (básico)]. Si ambos efluentes son enviados directamente a los digestores, el choque de pH ocasionaría la muerte del inculo. El tiempo de residencia del efluente en esta laguna es de aproximadamente un día.

Una vez homogeneizado el efluente, el mismo es enviado hacia los biodigestores en paralelo. Aquí la materia orgánica contenida en el efluente es degradada por el inculo, lo cual genera un aumento de la biomasa y la producción del metano, el que es captado por medio de un sistema de carpado situado sobre los biodigestores. El tiempo de residencia del efluente en los biodigestores es de aproximadamente 4 días.

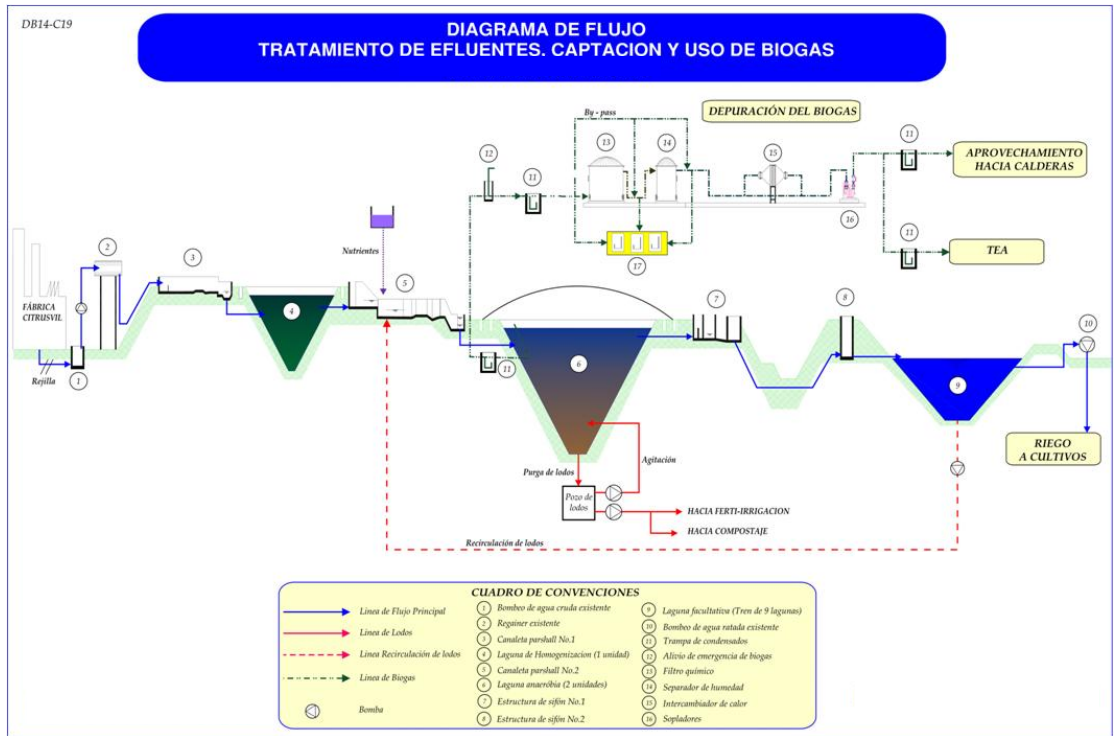
Ilustración 5. Sistema de alimentación, recirculación y agitación en las lagunas



El biogás (metano) generado es filtrado y luego bombeado hacia la caldera del secadero de cáscara de Planta B.

El proceso de degradación continúa en 9 lagunas anaerobias en serie, las mismas tienen un tiempo de residencia en total de ## días. Por último se bombea este efluente hacia las plantaciones para ferti-irrigación.

Ilustración 6. Diagrama de flujo del sistema de tratamiento



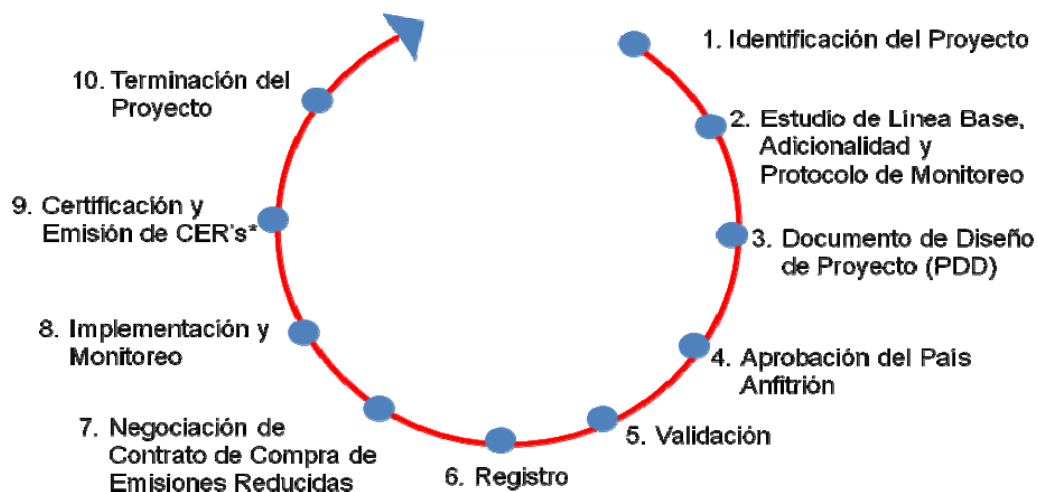
6. Contribución al desarrollo sustentable

El proyecto es una innovación en el tratamiento de los efluentes no sólo en las empresas del sector de los cítricos sino también en las industrias en general. En este sentido, el proyecto contribuye al desarrollo sustentable de la región y del país en las siguientes formas:

- Está alineado con la política de desarrollo sustentable ya que reduce el consumo de combustibles fósiles.
- Aprovecha un recurso renovable como es el biogás.
- Mejora en su medida la disponibilidad de gas natural para la región.
- Aplica tecnología de avanzada.
- Es el primero en su tipo. Su concreción exitosa permitirá que iniciativas semejantes puedan iniciarse, tanto en el sector de los cítricos como en las industrias en general.
- Contribuye al desarrollo general de la economía, producto de una mayor utilización de mano de obra y transferencia de tecnología. Para la operación se espera se incorporen personas que deberán estar altamente capacitados ya que será personal para mantenimiento y monitoreo del sistema de tratamiento.

- Esta iniciativa se realiza sin ningún tipo de subsidio y/o asistencia gubernamental y/o fiscal. El registro de la actividad de proyecto dentro del MDL, de lograrse, es el único incentivo extraordinario para esta actividad. En este sentido, el componente MDL y sus beneficios constituyen el apoyo para que la compañía decida llevar adelante el proyecto.
- La construcción de la infraestructura necesaria para la planta piloto se está desarrollando bajo la supervisión del proveedor de la tecnología y con asistencia de mano de obra local. Esto permitirá desarrollar capacidades en un tipo de tecnología hasta ahora desconocida en el país.
- El proyecto promueve la utilización de residuos industriales como fuente de energía.
- Aprovecha un recurso renovable y de manera indirecta, lleva a un incremento sustentable en el sector del gas natural. Esto es particularmente significativo en el caso de este país donde hoy día existe una oferta de gas que no cubre la demanda. El proyecto reduce la demanda de gas natural, lo cual mejora el balance energético de la región y del país. Un balance energético más estable contribuye a la sustentabilidad ambiental nacional.
- El proyecto tiene un impacto positivo en el medio ambiente ya que se evita que se libere metano a la atmósfera. Además disminuye el consumo de un combustible fósil: gas natural. Ambas situaciones reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Mejora las características de los efluentes tratados. Reduce la carga orgánica del efluente al menos en un 75%.

Ilustración 7. Ciclo completo del MDL



7. El mercado de créditos de carbono – CER's

El Mercado del Carbono es un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de gases efecto

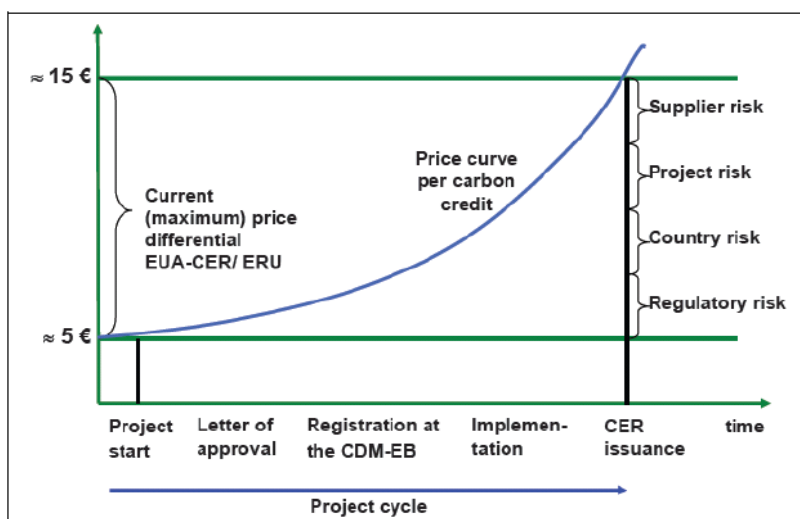
invernadero. El principal criterio del Protocolo de Kyoto es que no interesa en que parte del mundo se reduzcan las emisiones de Gases Efecto Invernadero, pues el efecto global es el mismo. Esto permite las transacciones entre países distantes entre sí.

La manera de realizar las transacciones dentro este mercado es mediante los créditos de carbono. Existen distintos tipos de ellos, dentro de los cuales se encuentran los CER's que son Reducciones Certificadas de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (Certified Emission Reductions) que se generan mediante un proyecto MDL (CDM en ingles). El CER es la unidad que corresponde a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente.

El mercado de los CER's al contrario del mercado europeo de los EUAs no es un mercado transparente y está basado en proyectos, por lo que no existe un precio fijo.

Los precios varían dependiendo del país y también de la tecnología (en general una tecnología aprobada alcanza un precio mayor que una tecnología nueva). El trasfondo financiero y técnico del titular del proyecto también puede afectar al precio, así como el proveedor de tecnología y el operador del sistema durante los 10 años del registro. La distribución del riesgo entre comprador y vendedor tiene una gran influencia sobre el precio. En resumen, mientras mayor sea el riesgo para el comprador, menos estará dispuesto a pagar. Los mayores riesgos son la aprobación para el MDL y riesgos de entrega (emisión de los CERs). Si el proyecto se vende en un estado inicial del proyecto, como por ejemplo en el desarrollo del PDD, alcanzará un precio menor que si fuese vendido una vez registrado ante la UNFCCC. En relación al riesgo de entrega, se alcanzará un precio más alto si el propietario del proyecto está dispuesto a pagar una multa en el caso de no entrega. Finalmente, la disposición de un comprador a aceptar dar unos anticipos también disminuirá el precio de los CER's.

Ilustración 8. Evolución del precio de los créditos (CER/ERU) a lo largo del ciclo vital de un proyecto



Los proyectos que pueden generar CER's, pueden alcanzar un nivel mayor de calidad en sus reducciones de emisiones, obteniendo el sello "Gold Standard", que es una certificación adicional para CER's. Pero este segundo nivel de certificación incrementa el costo del tramite y sobre todo amplía los términos.

Además del mercado regulado, existe un mercado voluntario de carbono donde participan un número creciente de organizaciones, corporaciones y ciudades que han decidido proteger el clima en el marco de esquemas voluntarios. El atractivo de

transformarse en “carbono neutral” contribuye al crecimiento de compensaciones voluntarias y, como consecuencia, el volumen de unidades voluntarias de carbono negociado en los mercados globales voluntarios; aunque todavía es pequeño comparado con el de los mercados conducidos por cumplimiento del protocolo de Kyoto, está aumentando rápidamente. El mercado voluntario de carbono ha crecido desde alrededor de 4 millones de toneladas de CO₂ equivalente (Ton CO₂e) negociadas en 2004, hasta aproximadamente 20-50 millones de TCO₂e en 2006, y bajo un pronóstico conservador, se estima que la demanda global de compensaciones voluntarias alcanzará 400 millones de T CO₂e en 2010.

El precio de los créditos de carbono, como se explicó anteriormente, varía dependiendo de distintos factores. Pese a lo anterior se sabe que el rango va desde 5 a 15 EUR por Ton CO₂ para el periodo 2008-2012 (finalización del Protocolo de Kyoto).

Lamentablemente aún no se ha llegado a un acuerdo con el periodo post Kyoto y la mayor incertidumbre del mercado de carbono sigue siendo su continuación después del 2012. Sin embargo hay muchas negociaciones oficiales a nivel internacional en el tema.

Los temas que destacan este debate y negociación sobre el segundo periodo de compromisos son: exigencias de reducción de emisiones más estrictas para los países desarrollados, asegurar la compatibilidad con las políticas del cambio climático de los EEUU, el debate sobre la participación de países en vías de desarrollo, así como asuntos relacionados con la igualdad y mejora del proceso de negociaciones para alcanzar acuerdos internacionales más rápidamente.

Cabe destacar, que cada vez es más claro que habrá una continuación del mercado de carbono, pues está emergiendo un mercado voluntario bastante prometedor. Por este motivo últimamente hay varios compradores que están dispuestos a comprar créditos posteriores al 2012. Las ofertas llegan hasta 6 Euros para CER's regulares.

8. Análisis Económico y de Costos. Sensibilidad

El objetivo principal de realizar un estudio de sensibilidad es conocer la influencia de los CER's en el proyecto. La manera más fácil de demostrar esto es analizar los ingresos y costos y ver cómo influyen en el tiempo. De esta manera se calcula el periodo de recuperación de la inversión para dos escenarios:

- *Escenario 1:* Sin venta de CER's
- *Escenario 2:* Con venta de CER's (a un precio tentativo de 14 US\$/ton CO₂ hasta 2012 (incluido) y de 11 US\$/ton CO₂ posteriormente), en ambos casos libres de costos de transacción (PDD, validaciones, verificaciones, ...) que asume el comprador

Los flujos de cajas para determinar el periodo de recuperación de la inversión se deben hacer bajo los siguientes supuestos:

- Se utiliza un periodo de 10 años.
- No se incluyen los costos de transacción MDL, tales como desarrollo de PDD, validación, registro y verificación, que asume el comprador según el modelo propuesto (y precios utilizados)

CER's proyectados:

| Ingresos netos | CER's | US\$/ton CO ₂ | Total |
|----------------|--------|--------------------------|--------------|
| 2009 | 8.600 | 14 US\$ | 120.000 US\$ |
| 2010 | 46.000 | 14 US\$ | 640.000 US\$ |
| 2011 | 50.000 | 14 US\$ | 700.000 US\$ |
| 2012 | 53.000 | 14 US\$ | 740.000 US\$ |
| > 2013 | 57.000 | 11 US\$ | 630.000 US\$ |

En cuanto a costos, el sistema consta, para la inversión, de dos grandes rubros:

- El sistema de tratamiento anaerobio.
- El sistema de captación y aprovechamiento de biogás.

Los cuadros siguientes detallan los diferentes costos según las distintas actividades:

a. Costos de Inversión:

| PRESUPUESTO ESTIMADO | | |
|--|---|------------------------|
| PARTE 1 : PLANTA DE TRATAMIENTO | | |
| CAP | DESCRIPCION | V. TOTAL (u\$s) |
| 1 | Obras preliminares | 48,516 |
| 2 | Movimiento de tierras | 194,881 |
| 3 | Pozo | 4,240 |
| 4 | Laguna anaeróbica de 40.000 m ³ | 507,751 |
| 5 | Reservorio de homogenización (10000 m ²) | 114,145 |
| 6 | Estación de bombeo de lodos (recirculación) | 14,618 |
| 7 | Obras civiles generales | 10,744 |
| 8 | Caseta planta eléctrica de emergencia | 5,807 |
| 9 | Taller de mantenimiento | 1,860 |
| 10 | Obras de urbanismo y taludes | 95,271 |
| 11 | Suministro, construcción y montaje de tuberías | 27,841 |
| 12 | Tuberías salida agua tratada | 82,351 |
| 13 | Tubería bombeo recirculacion lodos | 5,262 |
| 14 | Tubería inyección de aire | 9,842 |
| 15 | Bombas | 56,920 |
| 16 | Tanque mezcla alcalinos-nutrientes 10-20 m ³ | 10,000 |
| 17 | Obras eléctricas | 242,334 |
| | Costos directos | 1,432,382 |
| | Costos indirectos (aiu: 28 %) | 401,067 |
| | Ingeniería Biotec | 400,000 |
| | Multiplicación y adaptación del inculo | 40,000 |
| | SUBTOTAL | 2,273,449 |
| PARTE 2 : CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DEL GAS | | |
| 1 | Captación biogás (cubiertas, instal. internas y conducciones) | 474,522 |
| 2 | Obras civiles captación | 25,583 |
| 2 | Obras civiles biogás | 37,320 |
| 3 | Equipos para biogás | 214,175 |
| 4 | Montaje de equipos de biogás | 25,600 |
| 5 | Tuberías planta biogás | 32,000 |
| 6 | Instrumentación y control | 140,800 |

| | | |
|---|--|------------------|
| 7 | Conducción de biogás hasta la Planta B | 60,000 |
| 8 | Adaptación a biogás de dos calderas de la Planta B | 90,000 |
| 9 | Ingeniería Biotec | 350,000 |
| | SUBTOTAL | 1,450,000 |
| | PRESUPUESTO ESTIMADO | 2,273,449 |
| | PRESUPUESTO ESTIMADO INSTRUMENTACION Y SOFTWARE MDL | 1,450,000 |
| | TOTAL | 3,723,449 |

b. Costos de Operación y Mantenimiento

| COSTOS DE O&M TOTALES POR AÑO | |
|--|-------------------------|
| RUBRO | COSTO (US\$/año) |
| Consumo eléctrico del sistema | 100.000 |
| Mantenimiento de obras y equipos | 100.000 |
| Personal, dirección | 120.000 |
| Insumos (alcalinos, nutrientes) | 50.000 |
| TOTAL | 370.000 |

c. Consumos eléctricos

| Sistema | Ítem | Potencia (kW) | Nro | Factor de demanda | Funcionamiento (h/año) | Consumo (kWh/año) |
|--|------------------------------|----------------------|------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Sistema pretratamiento | Rejilla mecánica | 1 | 1 | 1 | 3480 | 3480 |
| | Tamiz - Regainers | 5 | 2 | 1 | 3480 | 34800 |
| | Bombas alimentación | 30 | 2 | 0.5 | 3480 | 104400 |
| Sistema de tratamiento del efluente | Bombas agitación | 9 | 8 | 0.5 | 8,760 | 315360 |
| | Bombas recircul | 17 | 2 | 0.5 | 8,760 | 148920 |
| | Bombas dosificador. químicos | 1.5 | 2 | 1 | 8,760 | 26280 |
| | Agitador químicos | 3 | 1 | 1 | 8,760 | 26280 |
| | Mantenimiento | 0.5 | 6 | 1 | 8,760 | 26280 |
| Sistema de aprovecham. de biogás | Sopladores | 25 | 3 | 1 | 3480 | 261000 |
| | Instrumentación | 4 | 1 | 1 | 8,760 | 35040 |
| | Chiller | 12 | 1 | 1 | 3,480 | 41760 |
| | Compresores | 2 | 6 | 1 | 3,480 | 41760 |
| | Alumbrado | 2 | 1 | 1 | 3,480 | 6960 |
| | Patio de maquinas | 0.5 | 1 | 1 | 3,480 | 1740 |
| | Mantenimiento | 3 | 1 | 1 | 3,480 | 10440 |
| Sistema de riego | Bombas de riego | 15 | 4 | 1 | 3,480 | 208800 |
| | | | | | TOTAL | 1,293,300 |
| | | | | | (USD/kWh) | (USD/año) |
| | | | | | 0.08 | 103,464 |

d. Unidad de Costeo

Obtenemos el costo por metro cúbico. No hubo mayores complicaciones al elegir la unidad de costeo ya que el producto que obtenemos (Biogás) es medido de esta manera.

e. Balance Financiero

Resumiendo lo detallado anteriormente podemos hacer un balance y ver a lo largo del proyecto los resultados obtenidos. Para ello tomamos los dos escenarios posibles que son con o sin recupero de CER's.

- *Escenario 1: Sin venta de CER's*

| INGRESOS Y COSTOS, sin CER's (miles de US\$) | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Economía de GN | 80 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 |
| Costos O&M | 180 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 |
| Ingresos netos anuales | -100 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 |
| Amortización de la inversión: aprox. 22 años | | | | | | | | | | | |

- *Escenario 2: Con venta de CER's (a un precio tentativo de 14 US\$/ton CO2 hasta 2012 (incluido) y de 11 US\$/ton CO2 posteriormente), en ambos casos libres de costos de transacción (PDD, validaciones, verificaciones, ...) que asume el comprador*

| INGRESOS Y COSTOS incluyendo los CER's (miles de US\$) | | | | | | | | | | | |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Economía de GN | 80 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 |
| Ingresos por CER's | 120 | 640 | 700 | 740 | 630 | 630 | 630 | 630 | 630 | 630 | 630 |
| Ingresos brutos | 200 | 1,190 | 1,250 | 1,290 | 1,180 | 1,180 | 1,180 | 1,180 | 1,180 | 1,180 | 1,180 |
| Costos O&M | 180 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 |
| Ingresos netos anuales | 20 | 820 | 880 | 920 | 810 | 810 | 810 | 810 | 810 | 810 | 810 |
| Amortización de la inversión: aprox. 5 años | | | | | | | | | | | |

9. Estado de Costos y Estado de Resultados

En la última etapa desarrollamos un modelo de costeo donde se exponen los Estados de Costos y de Resultados que surgen como consecuencia de toda la información que venimos analizando. Este modelo está en proceso de desarrollo para integrarlo con el resto de la organización. Debemos tener en cuenta que los distintos sectores de la

empresa (Campo – Empaque – Industrias – y ahora Biogás) están interrelacionados y por lo tanto se deben definir los precios de transferencia entre los mismos.

Estado de Costos: Utilizamos un modelo de costeo variable. Una consideración a tener en cuenta es el recupero a través de CER's. Como vimos anteriormente una vez aprobado el proyecto como MDL tendremos un recupero muy importante y como tal debemos contabilizarlo.

El siguiente cuadro se presenta el Estado de Costos, donde observamos cómo se agrupan según su clasificación, para llegar a obtener el *costo por metro cúbico*.

ESTADO DE COSTOS

| COSTOS VARIABLES | | |
|--|-----------|-------------|
| | \$ | u\$s |
| <i>Costos Variables Directos:</i> | | |
| MP – Efluente | | |
| Otros | | |
| TOTAL COSTOS VARIABLES DIRECTOS | | |
| <i>Costos Variables Indirectos:</i> | | |
| Mano de Obra | | |
| Gastos de Mantenimiento | | |
| Energéticos | | |
| Indumentaria | | |
| Elementos de Protección Personal | | |
| Otros | | |
| TOTAL COSTOS VARIABLES INDIRECTOS | | |
| TOTAL COSTOS VARIABLES | | |
| <i>Recupero CER's</i> | | |
| COSTO VARIABLE NETO | | |

| COSTOS FIJOS | | |
|--|-----------|-------------|
| | \$ | u\$s |
| <i>Costos Fijos:</i> | | |
| Planta Piloto | | |
| Alquileres | | |
| Seguros | | |
| Inversiones | | |
| Otros | | |
| <i>Costos Fijos antes de Amortizaciones</i> | | |
| Amortizaciones | | |
| <i>Costos Fijos después de Amortizaciones</i> | | |
| TOTAL COSTOS FIJOS | | |

Estado de Resultados: Manteniendo el modelo de Costeo Directo se presenta el Estado de Resultados partiendo del Precio de Venta del metro cúbico de Biogás. Posteriormente calculamos la Contribución Marginal Unitaria y luego obtenemos la Contribución Marginal total según el volumen producido. Finalmente se detrae de la misma los costos fijos y obtenemos el resultado de la empresa antes y después de amortizaciones. El cuadro siguiente expone lo explicado:

| ESTADO DE RESULTADOS | | |
|---|-----------|-------------|
| | \$ | u\$s |
| Precio de Venta Unitario | | |
| - Costos Variables Directos | | |
| = Contribución Marginal Primaria | | |
| - Costos Variables Indirectos | | |
| + Recupero CER's | | |
| = Contribución Marginal Unitaria | | |
| * Unidades Producidas (m3) | | |
| = Contribución Marginal Total | | |
| - Costos Fijos antes de Amortizaciones | | |
| Resultado antes de Amortizaciones | | |
| - Amortizaciones | | |
| Resultado después de Amortizaciones | | |

10. Conclusión

El sistema de tratamiento de efluentes permitirá cumplir con la norma, no generar olores y no emitir metano a la atmósfera.

Para esto se analizó el proceso de las fábricas, se realizó un aforo-caracterización de los efluentes, se realizó durante 4 meses el seguimiento de reactores piloto, se consiguió los parámetros necesarios para dimensionar y diseñar el sistema de tratamiento, se ubicó un inóculo bacteriano adaptado a este tipo de efluente, y se sentó las bases para su crecimiento paulatino en 6 meses, de tal manera que la empresa pueda tener cantidades suficientes para iniciar su proyecto MDL sobre bases confiables.

De esta manera se logrará remover el 95% de la carga orgánica para el cumplimiento con la normatividad de uso de efluentes en riego.

Los lodos de la laguna facultativa o de sedimentación serán recirculados, y los lodos excedentes serán retirados de los biodigestores para ser usados en aplicación directa sobre la plantación como abono orgánico o bien secado en lechos para su uso posterior como abono orgánico seco o en co-compostaje con los demás sub-productos de la empresa.

El sistema de aprovechamiento del biogás capturado adoptará una sola configuración: La generación de energía térmica (vapor) en las calderas.

El sobrante de biogás será inicialmente quemado en una tea abierta, y en una segunda etapa será probablemente aprovechado para pre-calentar el aire de los secadores y aumentar en consecuencia las economías de gas natural.

La inversión en este proyecto ambiental cumple con todos los criterios para ser registrado como MDL en la UNFCCC, de manera a poder comercializar los Certificados de reducción de emisiones de gas de efecto invernadero.

Con este proyecto se economizará 3,3 millones de m³ de gas natural al año a partir del 2010, y se generará entre 43.000 y 57.000 CER's por año según la molienda.

Para llegar a la concreción del proyecto además de hacer los estudios técnicos se hizo un análisis de costos que nos permitió decidir sobre las diferentes alternativas a tomar. Así llegamos a la obtención de Biogás y a su uso en las calderas de la Planta B.

Llevar a cabo un modelo de costeo variable nos permitirá poder decidir sobre las distintas alternativas que se nos irán presentado a medida que avance el proyecto. A medida que obtengamos más Biogás se analizarán posibles utilidades en otros sectores de la industria o bien la venta a otras industrias del medio. Es un proyecto muy ambicioso y está diseñado para ir creciendo en el futuro. La utilización de energía renovable será una constante en el mundo que se nos avecina y con este proyecto buscamos estar a la vanguardia en la materia.

BIBLIOGRAFÍA

1. KENT, PATRICIA, "La Gestión Ambiental en la Empresa", (Editorial Osmar D. Buyatti, Buenos Aires, 1999).
2. CARLOS M. GIMÉNEZ Y COLABORADORES: "Sistemas de Costos". (Editorial La Ley, Buenos Aires, 2007).
3. GIMENEZ, Carlos Manuel y Coautores, "Gestión y Costos, Beneficio creciente y Mejora continua", (Ediciones MACCHI, 2004).
4. BOTTARO, Oscar E., RODRÍGUEZ JÁUREGUI, Hugo A. y YARDÍN, Amaro R.: "El Comportamiento de los Costos y la Gestión de la Empresa". (Editorial La Ley, Buenos Aires, 2004).
5. www.inta.gov.ar
6. www.atcitrus.com.ar