

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
INGENIERÍA ECONÓMICA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO Y CONTROL DE PROCESOS**

**PARCIAL N° 2
ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA
DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO
A PARTIR DE ACETALDEHIDO**

**PROFESORA:
AIMEE RAMOS**

**REALIZADO POR:

CHEN C, WILLIAM
C.I: 16.113.714**

CARACAS, JUNIO DE 2005.

INTRODUCCIÓN

En el mundo de industria de los procesos químicos, los ingenieros a expensas de muchas horas de trabajo e investigación realizan estudios económicos para la determinación de la factibilidad de creación de una nueva planta de procesos o expansión de una ya existente. En los cuales determinan el costo de capital necesario para construir la planta y la cantidad de capital requerido para operar la planta. La combinación de las anteriores se logra mediante la estimación económica a partir de información contenida en los diagramas de flujo de proceso. Esencialmente el costo de hacer un estimado depende de la precisión y exactitud requerida, por tanto si se necesita alta exactitud implicará mayor tiempo para la realización del estimado de costo.

En el presente estudio se tiene como objetivo principal hacer un estudio de factibilidad económica de una planta de producción de Ácido Acético a partir de la oxidación del acetaldehído; para esto se calcularán los precios de los equipos mediante correlaciones encontradas en la Referencia 1 y actualizarlos con los índices de costos, la cual emplea coeficientes que están tabulados al final de su apéndice para luego aplicar el factor de escalamiento. Calculados éstos costos de equipos se procede a determinar el costo fijo de inversión mediante tres métodos, el primero de ellos es Lang Factor que se encuentra en la Referencia 1, el segundo es el módulo de estimación de costo de equipos, Referencia 1, y por último un método que se encuentra en la Referencia 2. Luego de esto se procedió a calcular los costos de manufacturas, en el cual se determinaron los costos de materia prima, servicios, operadores requiriendo realización de balance de masa con el diagrama de flujo de proceso. Seguidamente se procedió a realizar el flujo de caja y determinación de TIR que dio 142%, para verificación de la rentabilidad del proceso, el cual indica que el proceso es atractivo. A partir de éstos se determina si la construcción de la planta es factible.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y APLICACIÓN

El Ácido Acético es un líquido incoloro con un olor pungente. Es miscible con agua y solventes orgánicos comunes en todas las proporciones y es incompatible con la mayoría de los metales, excepto aluminio. El producto puede reaccionar violentamente con aminas, otras bases, agentes oxidantes fuertes y ácido perclórico.

Algunas aplicaciones y usos del Ácido Acético:

1. Industria química: se emplea como solvente y materia prima para la manufactura de ésteres y otros derivados de ácidos acéticos.
2. Como solvente en la manufactura de celulosas de ésteres.
3. En las industrias de perfumes y cosméticos.
4. En las industrias del cuero como agente coagulante para el atex natural.
5. En las industrias textiles para ajustar el pH en la manufactura de agentes impregnantes.
6. En las industrias alimenticias para la manufactura de esencias de vinagres para comidas.
7. En el mundo de explotación petrolera ayudando a los procesos de perforación.

HISTORIA DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO

Originalmente producido a través de la fermentación aeróbica del etanol, todavía usado para la manufactura del vinagre. La primera

producción a gran escala, consistió en la síntesis mediante la oxidación del acetaldehído.

1916 – Alemania. Hasta muy reciente, proceso de conversión de acetileno en acetaldehído mediante catálisis.

1950's. Producción por Celanese, basado en la oxidación del n-butano.

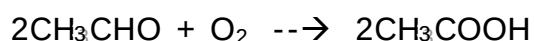
1960's. Producción por BP, basado en la oxidación de la nafta.

1960. Proceso desarrollado por BASF para carbonización de metanol por catálisis con cobalto, requiere altas presiones.

1966. Proceso Monsanto para carbonización de metanol con catalizador de rodio, requiere menos presión que el proceso BASF.

La producción de ácido acético puede ser a través de síntesis o a partir de fuentes naturales. La producción sintética incluye la carbonización del metanol, oxidación del acetaldehído, oxidación de la nafta y butano. También es producido como subproducto de varias reacciones del cual es separado y reciclado.

La reacción que se lleva a cabo para la oxidación del acetaldehído para formar ácido acético es la siguiente:



El ácido acético está clasificado como 8 en corrosividad y 3 en inblamabilidad de líquido. Desde el punto de vista de sustancia de envenenamiento es S6; por lo tanto se debe almacenar en lugares frescos, bien ventilados y fuera del alcance de los rayos solares. Almacenar alejado de agentes oxidantes y fuentes de calor o ignición.

I. **Enunciado del Proyecto:**

CÁTEDRA: INGENIERÍA ECONÓMICA	PROFESORA: AIMEE RAMOS
PARCIAL N° 2 SEMESTRE 01-2005	NOMBRE: WILLIAM CHEN

Un estudio del mercado del ácido acético arrojó como conclusión que la demanda insatisfecha de este producto crece 5% cada año en promedio y que se espera que para el año 2009 sea de 65.000 T/año. Determine si es rentable construir una planta para producir ácido acético con una capacidad que cubra la demanda insatisfecha en el año 2009, sabiendo que el precio actual de este químico es de 0,93\$/kg.

Reglas de presentación del examen:

1. Escribir y justificar cada una de las suposiciones que realice.
2. Especificar la bibliografía de la que obtiene dato que utilice que no esté en el enunciado del problema.
3. Presentar el flujo de caja desglosado en una hoja de cálculo de Excel.
4. Fecha de entrega: miércoles 22 de junio a las 4:00 p.m. aula 113.

A continuación se presenta el proceso de producción de ácido acético a partir de la oxidación del acetaldehído. El balance de masa y los equipos de procesos presentados corresponden a una planta con la capacidad de producción de 55.400 T/año de ácido acético al 99,8% de pureza.

Descripción del proceso oxidación de Acetaldehído para producir Ácido Acético.

El proceso para la producción de ácido acético a partir del acetaldehído, se basa en una literatura escrita por Barnasi Lal. La planta está dividida arbitrariamente en dos secciones: la de reacción y la de purificación.

En la siguiente figura, el acetaldehído de 99% de pureza o más, en peso, es llevado al reactor de oxidación, R-101, junto con el acetaldehído recirculado, previamente unidos en el tanque, V-104.

El agente oxidante (aire) es comprimido hasta 160 psia en dos etapas K-101 y K-102. Primero el aire es lavado con agua y luego con ácido acético crudo para remover el agua remanente en la columna C-101. Luego de ser tratado el aire, es llevado al reactor de oxidación, R-101, a través de difusiones de burbujas de aire, lo cual hace que el aire no requiera esfuerzo para difundirse en el acetaldehído, dentro de dicho reactor. La reacción es llevado a cabo a 140°F y 100 psia, la cual es exotérmica; el calor generado es removido en el enfriador, E-102, por recirculación de la mezcla reaccionante. El catalizador (acetato de manganeso) es llevado al reactor R-101 desde el tanque de almacenamiento, V-105. Su función es llevar el producto intermedio, ácido peracético a ácido acético.

El acetaldehído en el reactor es diluido con ácido acético crudo, y la concentración de acetaldehído se mantiene siempre sobre el 5% en peso. La concentración del catalizador se mantiene siempre sobre 0,3% en peso. El ácido acético del reactor de oxidación, R-101, es pasado al fracturador de peróxidos, R-102, donde el ácido peracético, sobre el 0,1% en peso de la mezcla reaccionante, es descompuesto, y ésta concentración es recudida hasta 0,03% en peso. El fracturador de peróxidos, R-102, el cual es un recipiente sencillo operado a 185°F. La salida del gas del R-101 contiene acetaldehído, ácido acético y otros compuestos (subproductos) junto con nitrógeno y oxígeno sin reaccionar. Esta mezcla es enviada a la columna de lavado, C-102, para primero lavar ésta mezcla con ácido acético crudo (corriente 12) y recuperar el acetaldehído no reaccionante y luego se lava con agua para recobrar el ácido acético. El ácido acético crudo se toma del tambor V-203. El agua de lavado es tomada de la columna de metil acetato, C-202.

Después de un tiempo promedio de permanencia de 3 horas en el fracturador de peróxidos, R-102, donde el contenido de ácido peracético es convertido en ácido acético y el contenido de acetaldehído y oxígeno no reaccionante, con una cantidad de ácido acético crudo es alimentado a la columna de recuperación de acetaldehído, C-201, la cual es operada a 50 psia y 135°F. El acetaldehído sin reaccionar es recobrado como destilado y devuelto al reactor de destilación, R-101, a través del tambor de acetaldehído, V-104. El ácido acético crudo, libre de acetaldehído, sale por el fondo de la columna de recuperación de acetaldehído, C-201, es enfriado hasta 105°F mediante el intercambiador de calor, E-203, y luego es dividido en dos corrientes. Una corriente (corriente 1) es usada para lavar el aire entrante en la sección superior de la columna de tratamiento de aire, C-101, como se describió anteriormente y luego es llevado a la columna de metil acetato, C-202. La otra corriente (corriente 12) es usada para recobrar el acetaldehído de la corriente de gas que sale del reactor R-101 en la parte inferior de la columna de lavado del gas, C-102; y es retornado al reactor de oxidación, R-101.

El metil acetato, el cual es un subproducto de la reacción de oxidación es recuperado como destilado de la columna de metil acetato, C-202, y el producto de fondo de ésta columna es llevado a la columna final de ácido acético, C-203. La corriente de alimentación contiene cerca de 29% en peso de agua, la cuál es removida desde el tope de la columna como una mezcla azeotrópica con etil acetato. Este vapor del tope contiene cerca del 8,2% en peso de agua y 91,8% en peso de etil acetato; ésta mezcla se pasa a fase líquida a través de un condensador, E-206, y se pone en un separador de fases, V-205. La capa superior contiene 96,5% en peso de etil acetato y 3,5% en peso de agua; esta mezcla es retornada a la columna como un reflujo y la capa inferior que contiene un 7,1% en peso de etil acetato y el resto de agua, se alimenta a la columna de recuperación del etil acetato, C-204, donde el etil acetato se recupera como una mezcla azeotrópica con agua por el tope.

El ácido acético es retirado como vapor desde la columna de obtención de ácido acético glacial, C-203, luego se obtiene en fase líquida a través de un condensador, E-207, y se almacena en los tanques, T-201 T-202. Desde una pureza de 99,8% en peso, se puede usar directamente para producir ésteres, cetonas y vinil acetato.

El residuo de la columna de obtención de ácido acético glacial, C-203, contiene acetato de manganeso, es enfriado en el intercambiador de calor, E-209, y se recircula al reactor de oxidación, R-101.

II. Suposiciones realizadas:

Las siguientes suposiciones fueron hechas para realizar el estudio de factibilidad económica de una planta de producción de Ácido Acético a partir de Acetaldehído:

- **REGLA DE ESCALAMIENTO:** Se emplea la regla de seis-décima-regla, en ingles six-tenth-rule, para estimar el costo de la planta con la demanda requerida. Para ello se emplea un coeficiente de costo de capacidad de 0,6 para escalar u obtener el costo de la planta a partir de una, conocida su capacidad y costo. Hay que tener en cuenta que esta regla presenta mayor exactitud cuando se aplica para estimados de plantas en su totalidad que para una pieza de equipo, debido a que algunos equipos de procesos poseen coeficientes de costo, n , menores que 0,6. Similarmente otros equipos poseen coeficientes mayores que 0,6. Por tanto cuando se emplea esta regla para plantas completas, las diferencias anteriores tienden a anularse.
- **MATERIAL DEL EQUIPO:** El material de los equipos no afectan todos los costos del proceso, es decir, no todos los costos incrementan cuando incrementa el costo del material. Sin embargo los que si se ven afectados directamente son los costos del equipo. Esto para efecto de la aplicación del método de módulo estimación de costos de equipos.
- **PORCENTAJE DE CONTINGENCIA:** Se asumen valores de 15% y 3% de los costos totales de los equipos de todo el proceso para los costos de contingencia y gastos, los cuales compensan los eventos no predecidos, como tormentas, terremotos, paros y otros.
- **TREMA:** Se emplea un TREMA de 10% debido a que esta es la tasa de interés aproximada del país americano, debido a que se está realizando un estudio en base de moneda americana, el dólar. Adicionalmente esta tasa se tomo como constante, dado que los precios y costos están dado en dolares.

- **WASTE TREATMENT:** El proceso de producción de Ácido Acético a partir de acetaldehído genera poca cantidad de desechos que tienen que ser tratados antes de salir del proceso, debido a que el costo de materia prima es mucho más grande que estos costos de tratamiento de desechos, por lo tanto estos son despreciados.
- **VALOR DE SALVAMENTO:** El valor de salvamento de todo el proceso es cero, asumiendo que cuando la planta llega al final de su periodo de producción todos los equipos no tienen valor y que tampoco se pueden vender.
- **TERRENO:** Cuando se llega al final del periodo de servicio se asume que el terreno se vende.
- **DEPRECIACIÓN:** La depreciación de la planta se toma como una depreciación lineal, el cual asume que el valor de la propiedad decrece linealmente con el tiempo, es decir, cantidades iguales son restados por depreciación cada año a través del total de vida de servicio de la propiedad.
- **SALARIOS Y SUELDOS:** Los ingenieros y los operadores de plantas químicas son relativamente bien pagados, y el valor de salario por año se fija en 42.000\$/año, es decir, 21\$/hora.
- **COMPRESORES Y TANQUES:** Para aplicar el método de estimación costo del modulo de equipo se tomó los compresores como de tipo centrífugo debido a que son preferidos para altas capacidades y constante proporcionador de presión y los tanque de tipo bala para almacenar gases y líquidos de alta presión.
- **VALOR DEL DÓLAR:** El valor de la divisa se fija en 2.150 Bs.
- **UNIDAD TRIBUTARIA:** Una unidad tributaria equivale a 13,67\$.

III. Flujo de Caja:

El procedimiento empleado para la realización del flujo de caja se describe a continuación:

Primero se procedió a determinar los costos de todos los equipos, empleando una ecuación que permite correlacionar el parámetro de capacidad del equipo con unos coeficientes para determinar el precio del equipo para el año 1996, el cual tiene un índice de costo de 382. ^[1]

La ecuación empleada para la determinación de los costos tiene la siguiente forma general:

$$\text{Log}_{10}C_p = K_1 + K_2\text{log}_{10}A + K_3.(\text{log}_{10}A)^2 \quad [1]$$

Algunos costos de equipos, como la de almacenadotes y tanques fueron determinados a través de tablas en el apéndice A ^[1]. Mediante otra fuente se determinaron los costos de los dos reactores presentes en la planta. ^[7]

Una vez obtenida el precio del equipo se procedió a emplear el costo de índice del año 2003 que es 401,7 ^[4]; y así obtener el precio del equipo para ese año. Luego se sumo todos los costos de los equipos para aplicar el método de Lang Factor. Para aplicar el método de modulo de estimación de costo de equipos se determinaron el factor de presión, en donde se emplearon coeficientes C1, C2, C3 ^[1] y de material ^[1]. Para la aplicación del tercer método se basó en la referencia 2, el cual consiste en la sumatoria de valores obtenidos a partir de un porcentaje del costo total de los equipos.

Para la determinación del costo de manufactura se procedió a calcular los costos de materia prima y de servicios a partir de información dada en el enunciado ^[1]; y los costos de mano de obra ^[1].

Una vez realizada el flujo de caja, tabla N° 1, se procede a determinar el valor presente neto de la misma, para evaluar la factibilidad de construcción de una planta productora de ácido acético a partir de acetaldehído.

De acuerdo a lo anterior se obtuvo que el valor presente neto de la planta de \$ 51.949.986, la cual es un valor mayor que cero, positivo, y llamativo lo cual hace que el proyecto de construcción sea atractivo, más sin embargo no se puede decir sencillamente que esta planta es rentable debido a que el estudio económico realizado es sencillo y clasificado como un estimado para usos educativos. Sin embargo, estos resultados obtenidos del análisis nos permiten seguir adelante con estudios que lleven más tiempo y mayor cantidad de información para el análisis, es decir, estimaciones de costos más completos. Si el valor neto presente determinado hubiera sido negativo en nuestro estudio económico, es muy probable que sucesivos análisis más complejos arrojen el mismo resultado. Todo esto indica que la producción de 65.000 TON de Ácido Acético para las especificaciones dadas es atractivo para la inversión, teniendo en cuenta que se deben hacer estimados de mayor exactitud.

Para verificar, lo anterior se procede a determinar la T.I.R., en donde se obtuvo una tasa de 142%, la cual indica que la inversión es muy atractiva y que vale la pena invertir en la construcción de la planta porque generará altos porcentajes de ganancia, debido a que la tasa interna de retorno es mucho mayor que la TREMA la cual se especificó para un valor de 10%. Sin embargo, se debe hacer estudios económicos de mayor exactitud para que los resultados obtenidos se reflejen o se comporte de similar a la realidad cuando se construya y opere la planta. Adicionalmente, se puede apreciar de la tabla N° 1 y de la gráfica N° 1, que el periodo de recuperación de la inversión realizada se tiene en el primer periodo, lo cual a primera vista es muy beneficioso e indica que proceso de producción de ácido acético para las condiciones especificadas devuelve el capital invertido en un año y que los años siguientes de producción generará ganancias atractivas.

BIBLIOGRAFÍA DE DATOS EMPLEADOS

- a. Los valores de K1, K2, K3, C1, C2, C3. ^[1]
- b. Costos de equipos de almacenados y tanques. ^[3]
- c. Costos de los reactores de oxidación y fracturador de peróxidos. ^[7]
- d. Índice de costo del año 2003. ^[4]
- e. Coeficiente de escalamiento, $n=0,6$. ^[1]
- f. Valor del dólar. ^[6]
- g. Valor de unidad tributaria. ^[8]
- h. Valores de cantidades de trabajadores por turno y por equipo. ^[1]
- i. Precios de los insumos y servicios. ^[1]
- j. Valor de tratamiento de desechos. ^[5]
- k. Valor de salarios y sueldos. ^[1]

NOTA: Adicionalmente en la hoja de datos de Excel está especificado la fuente de los datos.

BIBLIOGRAFÍA

1. TURTON, Richard. " Analysis, Síntesis, and Desing of Chemical Processes". Prentice Hall.
2. PETERS, Max. " Plant Desing and Econimics for Chemical Engineers". McGraw-Hill. Third Edition. 1980
3. ULRICH, Gael. " A Guide to Cheical Engineering Process Design and Economics" John Wiley & Sons. 1976

Páginas Web:

4. Chemical Plant Desing & Operations

<http://www.eng-tips.com/viewthread.cfm?qid=120468&page=5>

5. ORICA: Chem Fact Sheet- Ácido Acético

http://www.pacia.org.au/_uploaditems/docs/3aceticacid.pdf

6. Yahoo! Noticias.

<http://espanol.news.yahoo.com/050330/2/z13r.html>

7. Matche provides conceptual process cost engineering to chemical energy manufacturing metallurg.

<http://www.matche.com/>