



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión
Tecnológica de Santiago de Cuba
Cuba

Veliz-Jaime, Marlys Yanelys; González-Díaz, Yudith
EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES
ESENCIALES Y SU IMPACTO EN EL MEDIOAMBIENTE

Ciencia en su PC, núm. 4, 2017, pp. 103-115
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181353794008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

**EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES
ESENCIALES Y SU IMPACTO EN EL MEDIOAMBIENTE
TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF THE ESSENTIAL OIL
OBTAINATION PROJECT**

Autores:

Marlys Yanelys Véliz-Jaime, marlys@gobscu.cu. Consejo de la
Administración Provincial. Santiago de Cuba, Cuba.

Yudith González-Díaz, yudith@uo.edu.cu. Facultad de Ingeniería Química
y Agronomía, Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

RESUMEN

En Santiago de Cuba es una necesidad la realización de estudios para desarrollar procesos rentables a partir de desechos agroindustriales para obtener productos de alto valor agregado, como son los aceites esenciales. En este trabajo se identificó el método por arrastre de vapor como la tecnología para la obtención de aceites esenciales y se realizó la evaluación técnico-económica del proyecto. Los equipos evaluados fueron ofertados por la firma FIGMAY SRL. Los efectos ambientales resultaron ser mitigables y reversibles. Para los extractores a escala de laboratorio, piloto, semindustrial e industrial los valores del VAN fueron de 772,95 \$; 19506,03 \$; 97168,99 \$ y 199209,84 \$; de la TIR 20 %, 40 %, 84 % y 119 %. La inversión se recupera en 7 años y 2 meses, 3 años y 7 meses, 1 año y 8 meses, 1 año y cuatro 4 meses respectivamente. Los indicadores de rentabilidad son positivos para todos.

Palabras clave: destilación por arrastre con vapor, aceites esenciales, inversión, eficiencia económica.

ABSTRACT

In Santiago de Cuba it is necessary to carry out studies that promote the development of economic, efficient and cost-effective technological processes that encourage the use of waste as a source of suitable raw materials for the production of high added value products such as oils Essentials. Due to the need to identify the appropriate technology for the obtaining of essential oils, in this work the technical and economic evaluation of the project of its obtaining was carried out, in which market, technical and economic studies were carried out. As a result of the work developed, the method of extraction by steam trawl was selected, the teams evaluated were those offered by the company FIGMAY SRL. The environmental effects at each stage of the project proved to be both mitigable and reversible. For the extractors at laboratory, pilot, semi-industrial and industrial scale, the NPV values were \$ 772.95; \$19506.03; \$ 97168.99 and \$ 199209.84 respectively, the IIR values were 20%, 40%, 84% and 119% respectively and the investment is recovered in 7 years and 2 months, 3 years and 7 months, 1 year and 8 months, 1 year and 4 months respectively. In the economic evaluation carried out, profitability indicators are positive and favorable for all extractors, so the decision of which to acquire must be based on the availability of raw material in each entity.

Key words: steam trailing distillation, essential oils, investment, economic efficiency.

INTRODUCCIÓN

La protección del medioambiente se ha convertido en un tema prioritario para los sectores gubernamental e industrial, por ello es importante lograr un aprovechamiento racional de los subproductos agroindustriales. El aprovechamiento racional de los materiales residuales puede brindar rendimientos económicos que pueden contribuir a minimizar los gastos que supone la gestión de residuos (Navarrete, 2010). Por lo tanto, es una necesidad la realización de estudios que potencien el desarrollo de procesos tecnológicos económicos, eficaces y rentables; que incentiven la utilización de los desechos como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado.

Los aceites esenciales son una mezcla de componentes volátiles producto del metabolismo secundario de las plantas, en cuya composición interviene una porción de hidrocarburos de la serie polimetilénica del grupo de los terpenos, que responden a la fórmula $(C_5H_8)_n$, junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos y compuestos fenólicos), que son los que transmiten a los aceites el aroma que los caracteriza (Gil y Saez, 2005).

Se les llama aceites por su apariencia física y consistencia, que es bastante parecida a los aceites grasos; pero se distinguen de ellos porque al dejar caer unas gotas de esencia sobre el papel estas se volatilizan fácilmente sin dejar ninguna huella ni mancha grasosa (Gil y Saez, 2005).

Los aceites esenciales se encuentran muy difundidos en el reino vegetal. Se pueden encontrar localizados en diferentes partes de la planta, por ejemplo: en las hojas (albahaca, mejorana, menta, romero, salvia, etc.), las raíces (cálamo, valeriana, etc.), la corteza (canela, cedro, sándalo, etc.), las flores (jazmín, rosa, etc.), la cáscara del fruto (limón, mandarina, naranja, etc.) y los frutos (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, etc.).

Al desarrollar el proceso de extracción de aceites esenciales de plantas se plantea la posible diversificación de cultivos e incremento de la mano de obra en el campo. Además, puede ofrecer un modelo de desarrollo autosostenible al aprovechar totalmente todos los desechos generados (Zuluaga y Velázquez, 1997). La extracción de aceites esenciales, además de ser un proceso con tecnologías limpias, brinda la posibilidad de utilizar el 100 % de los desechos

generados en el proceso, lo cual contribuye a la conservación del medioambiente.

Es por esto que el proyecto *Apoyo a la cadena de valor hortofrutícola en la provincia de Santiago de Cuba* (PROSANTIAGO) se enfoca en la producción de un producto industrializado no tradicional, como lo es el aceite esencial, y la mejora de bienes y servicios en torno a esta cadena.

En este trabajo se realizó un estudio para la propuesta de un proyecto de inversión para la obtención de aceites esenciales, con el fin de sustituir importaciones y crear un producto con valor agregado muy cotizado en el exterior.

Por lo anteriormente explicado el objetivo fundamental del trabajo fue evaluar técnica y económicamente el proyecto de obtención de aceites esenciales.

METODOLOGÍA

Para la selección del método de extracción de aceites esenciales se realizó un estudio bibliográfico y a partir del mismo se analizaron las ventajas y desventajas de cada método.

Para la evaluación técnica de la propuesta tecnológica para la producción de aceite esencial se analizó la documentación del equipamiento ofertado por la firma FIGMAY SRL.

Para determinar el costo de capital total de la planta se calculó solamente la inversión fija, ya que la inversión operativa fue ofrecida por la firma FIGMAY SRL.

En el cálculo de la inversión fija los gastos de transporte, seguros e impuestos y el costo de equipamiento de la propuesta tecnológica fueron ofrecidos por la firma FIGMAY SRL

El procedimiento para la estimación del capital fijo fue el siguiente:

- $\sum$ Precio de compra de los equipos actualizados, E_i =Dato ofrecido por la firma
- $\sum$ Equipamiento instalado, C_{ei} , =10 % E_i
- $\sum$ Edificaciones principales, E_{dp} =10 % E_i
- $\sum$ Edificaciones auxiliares, E_{da} =0
- $\sum$ Facilidades y servicios instalados, F_s =55 % E_i
- $\sum$ Costo directo, C_d = C_{ei} + E_{dp} + E_{da} + F_s

- Σ Movimiento de tierra, $Mt=0$
- Σ Fletes, seguros e impuestos, $Fsi=8 \% Ei$
- Σ Otros gastos directos, $Ogd=6 \% Cd$
- Σ Costo directo total, $Cdt= Cd+ Mt+ Fsi+ Ogd$
- Σ Personal indirecto del campo de acción, $Pica= 5 \% Cdt$
- Σ Otros gastos indirectos del campo de acción, $Ogica=21 \% Cdt$
- Σ Costo de construcción, $Cc= Cdt+ Pica+ Ogica$
- Σ Gastos de la oficina de la empresa constructora, $Gom=3 \% Cc$
- Σ Gastos de la dirección del proyecto, $Gdp=5 \% Cc$
- Σ Gastos del personal supervisor, $Gps=3 \% Cc$
- Σ Imprevistos del proyecto, $Ipy=5 \% Cadi$
- Σ Imprevistos del proceso, $Ips=8 \% Cadi$
- Σ Capital depreciable, incluyendo imprevistos, $Cadii= Cadi+ Ipy+ Ips$
- Σ Compra de terreno, $Ctr=0$
- Σ Capital depreciable, excluyendo imprevistos, $Cadi= Cc+ Gom+ Gdp+ Gps$
- Σ Inversión fija, $IF= Cadii+ Ctr$

La inversión total está formada por el capital fijo y el capital operativo, por lo que se determinó de la siguiente manera:

Capital Total o Inversión Total = Capital Fijo + Capital Operativo

Es imprescindible estimar los costos de producción, todos aquellos en que es necesario incurrir para desarrollar el proceso productivo. Para ello se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Materias primas
- 2) Materiales de producción
- 3) Mano de obra de operación
- 4) Servicios auxiliares del proceso
- 5) Mantenimiento y reparaciones (2 % de la inversión fija)
- 6) Suministros de operación (10 % de mantenimiento y reparaciones)
- 7) Laboratorio de control (20 % de la mano de obra de operación)
- 8) Costos de fabricación directos = CFD = la suma 1) $\rightarrow$ 7)
- 9) Generales (nómina, empaque, almacenamiento, etc.), (70 % de la suma 3)+ 5)

- 10) Costo de fabricación indirecto= CFI = 8)+ 9) + 10)
- 11) Costo de fabricación total = CFT = CFD + CFI
- 12) Depreciación, D, ($\approx 10\%$ del Capital Fijo)
- 13) Costos administrativos (25 % de los Gastos generales)
- 14) Distribución y costos de venta (10 % del costo de producción total)
- 15) Investigación y desarrollo (5 % del costo de producción total)
- 16) Gastos generales = GG = 13) + 14) + 15)
- 17) Costos de producción total = CT = CFT +D + GG

Definidos el presupuesto y los costos de producción, se procede a realizar la evaluación económica del proyecto, para lo cual se determinaron los siguientes indicadores financieros:

- Flujo Neto de Efectivo
- Capacidad de equilibrio
- El Valor Actual Neto (VAN)
- La Tasa Interna de Rendimiento (TIR)
- Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI)
- Razón Beneficio/Costo (B/C)

El punto de equilibrio se puede calcular tanto para unidades como para valores en dinero. Algebraicamente el punto de equilibrio para unidades se calcula por la ecuación (1):

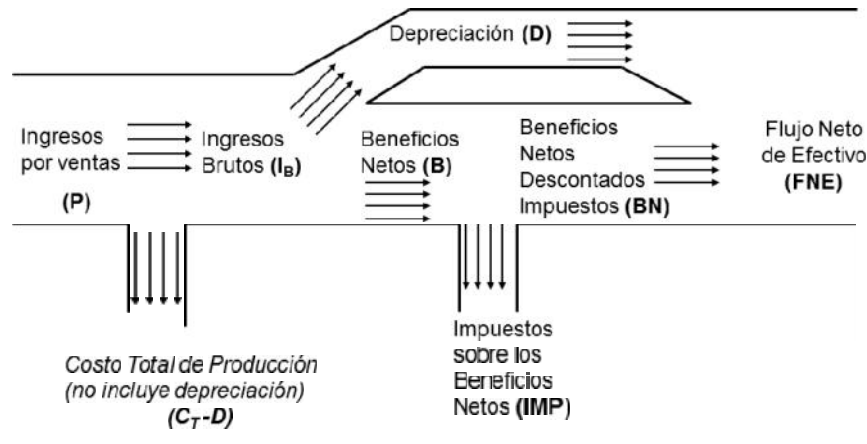
$$PE_{unidades} = \frac{CF}{p - v} \quad (1)$$

donde:

CF: costos fijos

p = precio de venta unitario

v= costo variable unitario



El VAN se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto, a partir de la determinación por años de las entradas y salidas de divisas en efectivo, desde que se incurre en el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyen los años de operación o funcionamiento del proyecto (Ulrich, 1992); puede resumirse en la ecuación:

$$VAN = \left[\frac{FNE_0}{(1+i)^0} + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \right] - I \quad (2)$$

donde:

VAN: Valor Presente Neto o Valor Actual Neto

I: Capital inicial de la inversión

FNE: Flujo Neto Efectivo

n: número de períodos a ser evaluados

i: tasa de inversión expresada en tanto por uno

La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) es la tasa de actualización a la cual el valor actual del flujo de ingresos en efectivo es igual al valor actual del flujo de egresos en efectivos; dicho de otra manera, es la tasa a la cual el VAN es cero; o sea, nula la rentabilidad del proyecto. Mientras mayor sea el valor del TIR más rentable es el proyecto. La Tasa Interna de Retorno de un proyecto puede entonces resumirse en la ecuación:

$$VAN = 0 = \left[\frac{FNE_0}{(1+TIR)^0} + \frac{FNE_1}{(1+TIR)^1} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+TIR)^n} \right] - I \quad (3)$$

El tiempo de recuperación de la inversión (TRI) o tiempo de pago de una inversión es el cálculo asociado a determinar, el momento en el que los flujos netos de efectivos han cubierto la inversión inicial y se comienza a obtener rendimiento del negocio o del proyecto. Para su cálculo se utiliza el valor de los flujos descontados para saber cuánto tiempo se tardará el proyecto en recuperar la inversión; es decir, sumar los flujos netos de efectivos a que los mismos den igual a la inversión.

$$TIR=t_{ia} + \frac{I - FNE_{aia}}{FNE_n} \quad (4)$$

La Razón Beneficio/Costo (B/C) representa cuánto se gana por encima de la inversión efectuada. Igual que el VAN y la TIR, el análisis de beneficio-costo se reduce a una sola cifra, fácil de comunicar, en la cual se basa la decisión. Solo se diferencia del VAN en el resultado, que es expresado en forma relativa. Se halla de la siguiente forma:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FNE_t}{(1+i)^t}}{I} \quad (5)$$

donde:

B/C: Razón beneficio Costo

t: Período

$\sum FNE_t$: Sumatoria de los Flujos netos efectivos actualizados

RESULTADOS

Para la selección del método apropiado de extracción de aceites esenciales se realizó un análisis de las ventajas y desventajas de los mismos.

Enfleurage: se puede obtener un aceite esencial de gran calidad, pero es un método antiguo que ya no se emplea. Es muy laborioso, requiere mucha mano de obra y está ampliamente superado técnicamente por otros métodos alternativos.

Extracción con solventes: se emplean bajas temperaturas y se puede realizar la separación de componentes individuales, pero es muy costoso; ocurre la coextracción de ácidos grasos, ceras y pigmentos; es difícil separar completamente el solvente sin alterar la composición del aceite y contamina el medioambiente; además, hay riesgo de incendio y explosión.

Extracción por prensado: es una tecnología bien conocida hace años, pero tiene sus particularidades. Cuando el aceite sale de la prensada todavía tiene muchas impurezas, que deben ser eliminadas; la mezcla detritos-agua-aceite se centrifuga a 5000 rpm durante 40 minutos y el aceite esencial recuperado se coloca en una nevera al 3 °C durante 4 horas para solidificar gomas y ceras que se localizan en la superficie.

Extracción con fluidos supercríticos: este método brinda altos rendimientos, es ecológicamente limpio, de fácil retiro y reciclaje del solvente; se emplean bajas temperaturas en la extracción; cambiando parámetros operacionales se puede cambiar la composición del aceite extraído; no hay alteración química del aceite, pero ácidos grasos, pigmentos y ceras también pueden ser extraídos junto con el aceite esencial; además, requiere de una alta inversión inicial.

Hidrodestilación: no se requiere de un calderín generador de vapor. Es muy utilizado en el campo y fácil de instalar; se puede llevar de un sitio a otro; es barato, seguro, fácil de operar y presenta un consumo energético bajo; sin embargo, tiene el inconveniente de que los aceites producidos son más coloreados, tienden a presentar un cierto olor a quemado y siempre van a requerir una etapa posterior de refinación.

Extracción por arrastre con vapor: es un proceso de extracción muy limpio que asegura un producto de buena calidad. Se requiere de instalaciones básicas de herrería para la construcción y mantenimiento del equipo. Es empleado a escala industrial y de laboratorio. Se obtienen buenos rendimientos en el aceite extraído. Son aplicables los principios de ingeniería química. Es de bajo costo, la tecnología empleada no es sofisticada y el aceite obtenido es puro y libre de solvente. Su principal inconveniente es la alta temperatura de operación, que lo hace inapropiado para aquellos aceites esenciales con componentes sensibles al calor.

El método seleccionado para la extracción de aceites esenciales es extracción por arrastre con vapor, debido a sus buenos rendimientos, la pureza y calidad del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada; además de tener bajo costo y ser energéticamente más eficiente.

Fueron recibidas de la firma argentina FIGMAY SRL ofertas para el equipamiento a diferentes escalas. El ejemplo demostrativo será para el extractor por arrastre de vapor a escala industrial, compuesto de cámara de

extracción de vidrio borosilicato de 100 litros de capacidad, con junta plana esmerilada, caldera con vela calefactora de cuarzo de 6000 Watt, montada sobre bujes y tuercas de teflón a un costo de \$ 22 900,00.

Este equipo tiene 0.9 m de ancho, 2 m de alto, 0,6 m de largo. Trabaja con 220V de alimentación eléctrica, un consumo de 3000 W/h. El consumo de agua es de 80 L/hora, la superficie de evaporación de la caldera es de 400 cm², volumen de la cámara de extracción 22, 32, 50 Litros (también volúmenes intermedios y mayores hasta 90-100 litros, según necesidades del cliente) y el peso completo del equipo 32 kg.

Partiendo del algoritmo que permite estimar la inversión total, se obtienen los resultados siguientes:

- Capital fijo o inversión fija $I_F = \$ 28\,214,95$
- Capital operativo $I_O = \$ 2\,821,49$
- Capital total o inversión total $I_T = \$ 31\,036,44$

Los resultados del proceso de estimación del costo de producción, según el algoritmo presentado, son mostrados en la tabla 1.

Tabla 1 Estimación del Costo de producción

Componentes	Costo (\$/a)
Materias primas	45454,55
Materiales de producción	8928,57
Mano de obra de operación	7176,00
Servicios auxiliares del proceso	2290,00
Mantenimiento y reparaciones	564,30
Suministros de operación	56,43
Laboratorio de control	1435,20
Costos de fabricación directos	65905,05
Generales (nómina, empackado, almacenamiento, etc.)	5418,21
Costo de fabricación indirecto	5418,21
Costo de fabricación total	71323,26
Depreciación	2821,49
Costos administrativos	4634,05
Distribución y costos de venta	9268,09
Investigación y desarrollo	4634,05
Gastos generales	18536,19
Costos de Producción Totales	92680,94

Para elaborar el programa de producción se tendrá en cuenta la disponibilidad de la materia prima; es decir, se pretende producir 95 040mL anuales de aceite esencial, lo cual representa el 50 % de la capacidad instalada de la planta. En el primer año se producirá el 80 % de la capacidad a producir (40 % de capacidad instalada), con la finalidad de identificar, seleccionar y asegurar los proveedores de materia prima e insumos y establecer los mecanismos de transporte y comercialización del producto de acuerdo con los requerimientos de los clientes. En los años siguientes se incrementará en un 10 % anual la capacidad de producción hasta alcanzar el 100 % de la capacidad a producir (50 % de la capacidad instalada); en todo los años se trabajará un turno de 8 horas y 20 días al mes.

Para la determinación de los ingresos por venta se considera el precio de venta actual para 1 mL de aceite esencial, que es de 0,4 \$/mL.

La determinación de la capacidad de equilibrio se realizó mediante la ecuación (1).

$$PE_{unidades} = \frac{CF}{p - v} = 62574,7 \text{ mL/año} \approx 62575 \text{ mL/año}$$

Teniendo en cuenta el punto de equilibrio determinado se puede afirmar que el volumen de producción mínimo de aceite esencial a producir para obtener ganancias es de 62 575 mL/año.

En la tabla 2 se muestra la determinación del flujo neto efectivo para lo cual se empleo la ecuación

Se elaboró el flujo de caja para un período de trabajo de 10 años, considerando la tasa mínima aceptable del rendimiento (TMAR) del 15 % (Tabla 3).

Tabla 2 Determinación del flujo neto de efectivo

Parámetros		(\$/a)
Ingresos por venta (S)		53 222,4
Costo total de producción (Ct)		35862,76
Depreciación (D)		2821,49
Ct-D		33041,26
Ingresos brutos (IB)	[S-(Ct-D)]	20181,14
Beneficios brutos (B)	[Ib-D]	17359,64
Impuestos (Imp)		5207,89328
Beneficios netos (Bn)	[B-Imp]	12151,75
Flujo neto de efectivo (FNE)	Bn+D	14973,25

Tabla 3 Flujo de caja

Años	Evento	FNE	FNE actualizado	FNE Acumulado
1	Inversión	-31036,44	-31036,4447	-31036,4447
2	Producción	11465,71	9970,17951	-21066,2651
3	Producción	14087,46	10652,1425	-10414,1227
4	Producción	14973,25	9845,15227	-568,970416
5	Producción	14973,25	8561,00197	7992,03156
6	Producción	14973,25	7444,34954	15436,3811
7	Producción	14973,25	6473,34743	21909,7285
8	Producción	14973,25	5628,99776	27538,7263
9	Producción	14973,25	4894,78066	32433,507
10	Producción	14973,25	4256,33101	36689,838
11	Producción	17794,74	4398,58781	41088,4258

Para una TMAR= 15 % el Valor Actual Neto (VAN) calculado fue de \$35729,07 y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) de un 43 %. Como el VAN es mayor que cero y la Tasa Interna de Rendimiento es mayor que la tasa mínima aceptable recomendada (TMAR) se acepta el proyecto.

El tiempo de recuperación de la inversión se determinó por la ecuación (4)

$$TRI = 3 + \frac{568,97}{8561,00} = 3,07$$

TRI= 3 años, 8 meses, 12 días

El tiempo para recuperar la inversión es de 3 años y 9 meses después de comenzado el proceso productivo.

El valor del Coeficiente Beneficio Costo fue de 2,32; por ser mayor que 1 se puede afirmar que la relación beneficio/ costo es buena y el proyecto es rentable.

CONCLUSIONES

1. El método seleccionado para la extracción de aceites esenciales es extracción por arrastre con vapor debido a sus buenos rendimientos, la pureza y calidad del aceite obtenido y no requerir tecnología sofisticada; además de tener bajo costo y ser energéticamente más eficiente.

2. La inversión inicial requerida es de \$31036.44 y el costo de producción total es de 92 680,94 \$/año.
3. En la evaluación económica realizada los indicadores de rentabilidad son positivos y favorables. El VAN es de \$ 35 729,07 y la TIR es 43 %. Se recupera la inversión a los 3 años y 9 meses de comenzado el proceso productivo y el valor del Coeficiente Beneficio Costo fue de 2,32.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Navarrete, C. (junio, 2010). Extracción y caracterización del aceite esencial de mandarina obtenido de residuos agroindustriales. *Dyna*, 77(162), p 85-92.

Gil, E. y Saez, A. (2005). Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía cero emisiones. *Cuaderno de Investigación*, 30, 42.

Zuluaga, O. y Velázquez, E. (1997). *Diseño de un proceso industrial para la obtención de aceites esenciales de dos especies nativas colombianas* (Tesis de Grado). Universidad EAFIT. Colombia.

Ulrich, D. G. (1992). *Diseño de economía de los procesos de Ingeniería Química*. México: Mc Graw Hell.

Recibido: marzo de 2017

Aprobado: agosto de 2017