

# ANÁLISIS DEL PROCESO DE DESTILACIÓN POR HIDROSELECCIÓN DE ALCOHOLES EN LA UEB DESTILERÍA, RONERA CÁRDENAS

## ANALYSIS OF THE DISTILLING PROCESS BY HYDRO-SELECTION OF ALCOHOLS IN THE UEB DISTILLERY, RONERA CÁRDENAS

Est. Daniela Abrante Leal, Universidad de Matanzas

[daniela.aleal@umcc.cu](mailto:daniela.aleal@umcc.cu)

Est. Anielbys Amaro Ocegüera, (0000-002-2404-9867)

### Resumen

El presente trabajo se desarrolló en la Unidad Empresarial de Base Destilería, Ronera Cárdenas, perteneciente a la Corporación Cuba Ron SA. Tiene como objetivo general: analizar el proceso de destilación por hidro selección de alcoholes en la UEB Destilería, Ronera Cárdenas. Dentro de las técnicas y herramientas aplicadas se pueden citar: observación directa, entrevista, tormenta de ideas, diagrama causa - efecto, método de Kendall, muestro del trabajo, fotografía individual y Método general de solución de problemas. Dentro de los principales problemas analizados se encuentran: afectación a la calidad del producto terminado y desaprovechamiento de la jornada laboral de un 23 %; debido a interrupciones del proceso, desconocimiento en la extracción lateral del volumen de impurezas necesario de las columnas de destilación, roturas y desajustes de los equipos por ser un equipamiento obsoleto y falta de mantenimiento. Para cada uno de los problemas se proponen soluciones que contribuyen a mejorar la calidad de la producción.

**Palabras claves:** alcohol; destilación; técnicas

---

### Abstract

The present work was developed in the Distillery Base Business Unit, Ronera Cárdenas, belonging to the Cuba Ron SA Corporation. Its general objective is: to analyze the distillation process by hydroselection of alcohols in the UEB Distillery, Ronera Cárdenas. Among the techniques and tools applied, we can mention: direct observation, interview, brainstorming, cause-effect diagram, Kendall's Method, work sampling, individual photography and General Problem Solving Method. Among the



Monografías 2022  
Universidad de Matanzas © 2022  
ISBN: 978-959-16-5074-0

main problems analyzed are: impact on the quality of the finished product and waste of the working day of 23%; due to process interruptions, ignorance in the lateral extraction of the necessary volume of impurities from the distillation columns, breakage and misalignment of the equipment due to being obsolete equipment and lack of maintenance. For each of the problems, solutions are proposed that contribute to improving the quality of production.

**Keywords:** *alcohol; distillation; technique*

---

La organización del trabajo surge con fines de racionalizar los recursos, mediante la determinación de jerarquías, disposición, correlación y agrupación de actividades, y con el tiempo se ha ido modernizando, e intentando modelar de la mejor forma posible para el cumplimiento de los objetivos. Según (Maynard, 1970): “la organización es una forma social especialmente idónea, bajo determinadas condiciones para conseguir ciertos fines, pero no lo es en general”.

Este tema es primordial en el funcionamiento de empresas de producción como la empresa objeto de estudio, ya que la fuerza de trabajo es el eje central de toda actividad y si esta fuerza de trabajo no se encuentra debidamente utilizada, atendida y controlada no se alcanza la efectividad tantas veces señalada como objetivo fundamental del sistema empresarial cubano.

Los estudios realizados por más de dos años en la UEB Destilería, Ronera Cárdenas, perteneciente al Ministerio de la Industria Alimenticia; han arrojado problemas referentes a la gestión de las operaciones productivas con énfasis en los incumplimientos de los planes de producción, equipamiento obsoleto, déficit de capacidad productiva, poca disponibilidad de recursos, entre otros aspectos que afectan los resultados esperados a alcanzar por parte de la industria en este sentido.

Sin embargo, la empresa carece de un estudio de organización del trabajo en algunos de los procesos que se ejecutan. Es por ello que el objetivo general de esta investigación es analizar el proceso de destilación por hidroselección de alcoholes en la UEB Destilería, Ronera Cárdenas.

Para dar cumplimiento se definen como objetivos específicos:

1. Elaborar el marco teórico de la investigación a través de una revisión de la literatura internacional y nacional.
2. Aplicar el Método General de Solución de Problemas en el proceso de destilación por hidroselectión de alcoholes.

Dentro de las técnicas aplicadas se pueden citar: la observación, entrevista, el análisis de documentos, muestreo del trabajo y fotografía individual.

Se emplearon *softwares* como: *Microsoft Visio*, *Microsoft Excel* y *EndNote*, para la realización de mapas de procesos y la ficha del proceso, el diagrama OTIDA, el Diagrama causa- efecto, para así lograr comprender el desglose del proceso con sus subprocesos.

El trabajo presenta la siguiente estructura:

- Marco teórico de la investigación donde se sintetizan los aspectos teóricos más importantes.
- Caracterización de la entidad, un estudio de tiempo de trabajo y desarrollo de las etapas del Método General de Solución de Problemas, para diagnosticar y brindar solución a los problemas que influyen negativamente en el proceso.
- Valoración Económica, Social y Medioambiental.
- Las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.
- La bibliografía consultada.

Fundamentación teórica sobre los cuales se apoya la investigación desarrollada en la Empresa Cuba Ron S.A Ronera Cárdenas.

-Sistema de producción: un sistema productivo, según Companys Pascual (1989), tal como cita Medina León (2014), es un conjunto de elementos materiales y conceptuales que realizan la transformación. Las entradas están compuestas esencialmente por trabajo humano, energía, materiales, dinero en forma generalmente de maquinaria e instalaciones, sin desdeñar la información tanto en forma de conocimiento tecnológico (*know-how*), y tecnología propiamente dicha (ingeniería del producto y de los procesos), como de conocimiento gerencial y de datos sobre la situación del entorno y del sistema productivo.

Los sistemas productivos según las variables definidas por Fernández Sánchez (1993), tal como cita Medina León (2014), se caracterizan por los siguientes elementos: límites o frontera, medio o entorno (existen dos tipos de medios que se deben considerar: genérico y específico), análisis estratégico, transformación, retroalimentación y jerarquía.

-Proceso: un proceso es una secuencia ordenada y lógica de actividades, generalmente repetitivas, que se realizan en la organización por una persona, grupo o departamento, con la capacidad de transformar unas entradas (inputs) en salidas (outputs) para un destinatario con un valor agregado.

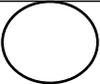
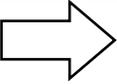
Según Medina (2014): estratégico, operativo, claves o del flujo esencial, apoyo o soporte.

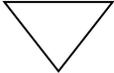
Según la posición que ocupa Nogueira (2014), en el proceso de la organización lo clasifica como: básico, servicio, auxiliares, otros.

Los elementos de la estructura interna de un proceso según Acevedo y Gómez (2012), son: tecnología, producto o servicio del proceso, flujo material del proceso, flujo financiero- monetario y flujo de información.

Para representar un proceso existen diversos métodos, entre ellos se pueden citar: mapa de procesos, ficha de proceso y diagrama OTIDA; este último de suma importancia en el estudio de tiempo que se quiere realizar, ya que se emplea para analizar o diseñar flujos materiales, informativo y financieros en un proceso de producción o servicio. A continuación, en la tabla 1 se hará referencia a los símbolos del diagrama OTIDA.

Tabla 1. Representación de los símbolos del diagrama OTIDA

| Representación  | Nombre                        | Descripción  |
|---|-------------------------------|--|
|  | Operación                     | Indica las principales fases del proceso. Hay operación cuando se da, se recibe información o cuando se hace planes o cálculos               |
|  | Inspección                    | Indica que se verifica la calidad y/o la cantidad. Puede consistir en preparar cualquier actividad que favorezca la terminación del producto |
|  | Transporte                    | Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipos de un lugar a otro, salvo que el traslado forme parte de una operación        |
|  | Depósito provisional o espera | Indica demora en el desarrollo de los hechos   |

|   |                           |  |
|---|---------------------------|--|
|  | Almacenamiento permanente | Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en almacén, se recibe o entrega mediante autorización o se guarda con fines de referencia |
|  | Actividades combinadas    | Cuando se desea indicar que varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo     |

Fuente: elaboración propia

#### -Método General de Solución de Problemas

Es necesario definir las etapas que integran el Método General de Solución de problemas, pues el diseño de esta investigación presenta esta estructura (Marsán Castellanos, 2011b). Ellas son: definición del problema, análisis del problema, búsqueda de posibles soluciones, evaluación y selección de las soluciones e informe y recomendaciones.

#### -Técnicas empleadas para recopilar información

El diagrama Ishikawa (causa - efecto) muestra las causas de un problema de calidad específico en su dependencia mutua. Se analiza la apariencia del incumplimiento debido a causas principales como: hombre, máquina, material, método, gestión y medio ambiente. El número de causas depende de la complejidad del problema y no necesita limitarse estrictamente a 5 M (Dzuiba, 2014).

El coeficiente de Kendall, según Nogueira (2014), posee un procedimiento matemático y estadístico que permite validar la fiabilidad del criterio de los expertos mediante el coeficiente de Kendall (W). Es la recopilación de información de un grupo de expertos, sobre un problema determinado, para seleccionar las causas y establecer prioridades de elementos para atender.

#### Estudio de la utilización de los tiempos de trabajo

La técnica de muestreo del trabajo centra su enfoque en la medición del trabajo mediante un muestreo estadístico fundamentado en observaciones aleatorias. Obteniéndose los instantes en que se encuentra activa o inactiva las operaciones a analizar (Marsán, 2011a).

El método de fotografía individual consiste en hacer una descripción de todas las actividades realizadas por el obrero dentro de la JL y medir la duración de cada una de ellas, a fin de conocer el empleo del tiempo disponible para trabajar. Toda la información debe recogerse en el modelaje establecido. "El método tiene especial aplicación en el estudio en puestos aislados en tareas no repetitivas", aunque puede realizarse indistintamente otros casos (Marsán, 2011a).

## Análisis del proceso de destilación por hidroselectión

### -Caracterización de la Ronera Cárdenas

A continuación, se caracteriza el proceso objeto de estudio mediante la aplicación de las variables mencionadas con anterioridad.

Límites o fronteras: la Ronera Cárdenas, perteneciente a la Corporación Cuba Ron SA, se encuentra ubicada en: calle Pinillos esquina Sáez, Cárdenas, Matanzas. Esta empresa se dedica a la producción y comercialización de alcohol etílico fino, rones y licores.

Entorno: cuenta con tres direcciones (operaciones, economía y fuerza de trabajo), y cinco unidades empresariales de base: destilería, ronera, mantenimiento e inversiones, comercial y servicios generales.

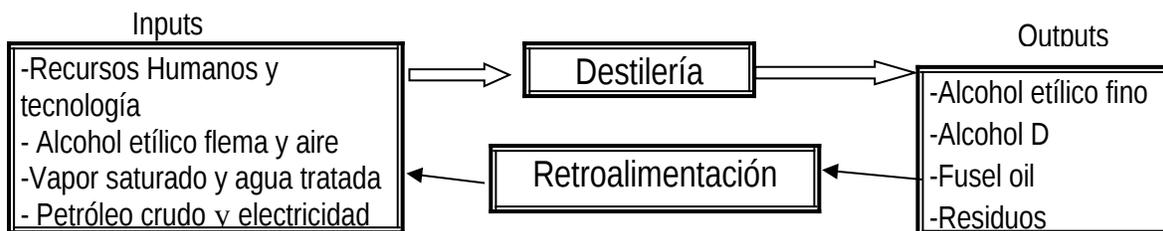
Para el cumplimiento de los objetivos definidos en la investigación, fue elegida la UEB Destilería por la claridad de su proceso productivo, y la facilidad para estudiarlo, permite un acercamiento preciso a la descripción y análisis de un proceso, visto en la práctica.

### Análisis estratégico:

En correspondencia con el objeto social aprobado, la misión de la UEB Destilería es producir y comercializar alcohol etílico fino, con los parámetros de calidad e inocuidad establecidos para satisfacer las necesidades de los clientes. Su objetivo es lograr el liderazgo de las producciones de alcohol etílico fino con competitividad, eficiencia y calidad, y aprovechar óptimamente las capacidades instaladas, respaldado por un Sistema de Aseguramiento de la Calidad.

La transformación de la UEB Destilería consiste en utilizar como materia prima el alcohol etílico flema y transformarlo en alcohol etílico fino y alcohol D, mediante el empleo de electricidad, petróleo, vapor saturado, aire, agua tratada y tecnología de destilación por hidroselectión.

Figura 1. Esquema del proceso productivo de destilación por hidroselectión de la UEB Destilería



Fuente: elaboración propia

Retroalimentación: al culminar el proceso de transformación, si el resultado obtenido no cumple con las especificaciones de calidad establecidos, este se reprocessa con el objetivo de alcanzar las especificaciones de calidad anteriormente mencionados.

Jerarquía: la UEB Destilería está conformada por el área de destilación, el laboratorio y el área energética; tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Jerarquía

Fuente: elaboración propia

- Área de destilación: el sistema de destilación es el proceso principal donde se garantiza la producción del alcohol etílico fino, que constituye la razón de ser de esta UEB y su objeto social.
- Laboratorio: garantiza un alto grado de calidad y confiabilidad de los servicios de ensayos emitidos a los clientes, teniendo en cuenta los parámetros establecidos.
- Área energética: en ella se encuentra la caldera de la UEB responsable de garantizarle al proceso de destilación el vapor necesario para su funcionamiento.

-Procesos

A continuación, se muestran los procesos de la UEB Destilería con su respectiva clasificación:

Estratégicos: Gestión de Dirección y Gestión de Calidad.

Operativo: precalentamiento de la materia prima, desflemación, rectificación y recuperación.

Apoyo: recepción de la materia prima y almacenamiento.

En el cuadro 2 se pueden observar las actividades relacionadas con los mismos.

Cuadro 1. Lista de procesos de la UEB Destilería

| Procesos                      | Actividades relacionadas  |
|-------------------------------|---|
| Gestión de Dirección de UEB   | Análisis del entorno, planificación empresarial, determinación de objetivos por áreas |
| Recepción de la materia prima | Controlar consumo de materia prima con que se cuenta para el proceso productivo       |

|                    |   |
|--------------------|---|
| Pre calentamiento  | Elevar su temperatura para aumentar la eficiencia energética en el proceso  |
| Desflemación       | Disolver el alcohol etílico flema y/o alcohol etílico rectificado para la separación de impurezas entregar la flema disuelta a la columna rectificadora |
| Rectificación      | Obtener como producto terminado Alcohol Etílico Fino  |
| Recuperación       | Recuperar el alcohol etílico fino en las extracciones en desflemación y rectificación   |
| Almacenamiento     | Tanques interiores donde se almacena tanto la materia prima como el producto final  |
| Gestión de Calidad | Verificar el cumplimiento de las especificaciones de calidad e inocuidad del producto   |

Fuente: elaboración propia

El proceso de destilación, según la posición que ocupa, es básico porque tributa al cumplimiento de la misión y de los objetivos estratégicos de la empresa.

-Descripción y representación del proceso de destilación

Tecnología: la materia prima, es recibida en la destilería por bombeos que se producen del almacén central.

De allí pasa a un calentador de tubo y coraza donde se eleva su temperatura, aprovechándose el calor residual del agua proveniente del primer condensador de la rectificadora. El alcohol flema caliente se inyecta a la desflemadora y se produce la dilución de este a través de destilación por hidroselección, para lo cual se utiliza el agua residual de la rectificadora y vapor directo.

En el tope de la columna se obtienen vapores alcohólicos que contienen impurezas, estos son condensados en 3 condensadores parciales: en los dos primeros la fracción condensada pasa a formar parte del reflujo que regresa a la desflemadora y en el tercero es enviada hacia la recuperadora. En la desflemadora se obtiene flema disuelta, se envía a la rectificadora poniéndose en contacto con el vapor directo, y con una nueva rectificación se obtiene alcohol etílico fino.

Los vapores alcohólicos de la rectificadora pasan a 4 condensadores parciales. En los tres primeros la fracción condensada pasa a formar parte del reflujo que se introduce de nuevo a la rectificadora y en el cuarto es enviada a la recuperadora, obteniéndose alcohol D que es enviado hacia los tanques de almacenamiento. El alcohol amílico es extraído de la campana de la recuperadora y enviado a la planta de separación y de allí al tanque de almacenamiento.

Documentos donde se refleja el control del proceso: MAN, UDE: 001, Manual de proceso para la producción de alcohol etílico fino y PO: UDE: 01. Control del proceso de destilación.

En el gráfico 1 y tabla 2 se representó el proceso de destilación a través del diagrama OTIDA.

Tabla 2. Leyenda del diagrama OTIDA.

| Operaciones | Descripción   |
|-------------|---|
|             | Almacenamiento del alcohol etílico flema (materia prima)  |
| 1           | Calentamiento de la materia prima a través de un calentador de tubo y coraza  |
| 2           | Columna desflemadora (diluir el alcohol flema). Separación de alcohol e impurezas   |
| 3-1         | -Columna rectificadora (se obtiene el alcohol etílico fino y se extraen impurezas). Se realizan muestras del alcohol para comprobar si este cumple con las especificaciones de calidad requeridas |
|             | Almacenamiento del alcohol etílico fino   |
| 4           | Columna recuperadora (se recupera parte del alcohol extraído en las extracciones realizadas anteriormente las operaciones 2 y 3. Se obtuvo alcohol amílico y alcohol D                            |
|             | Almacenamiento de agua tratada  |
| 5           | Separación fusel-oil  |
|             | Almacenamiento de fusel-oil   |

Fuente: elaboración propia

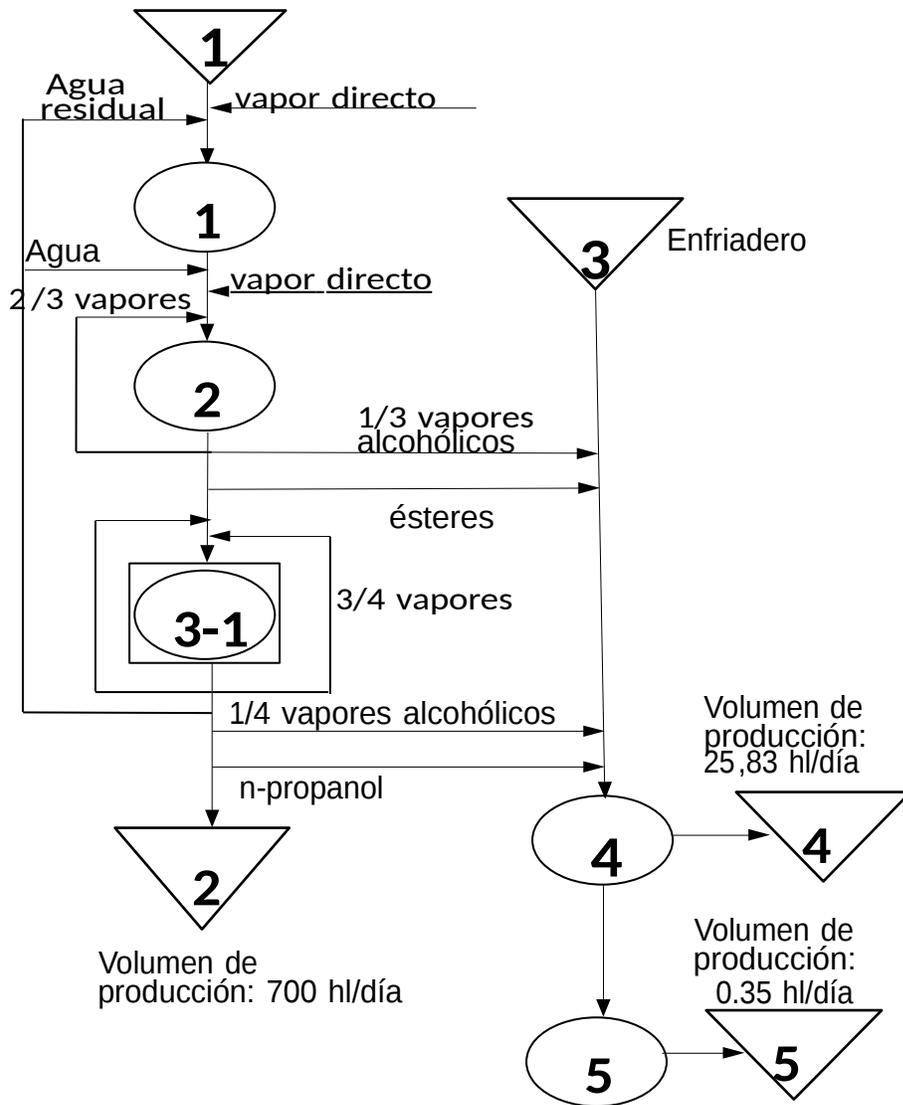


Gráfico 1. Diagrama OTIDA

Fuente: elaboración propia

En la figura 3 se muestra la interrelación de todos los elementos que están asociados al proceso a través del mapa de procesos.

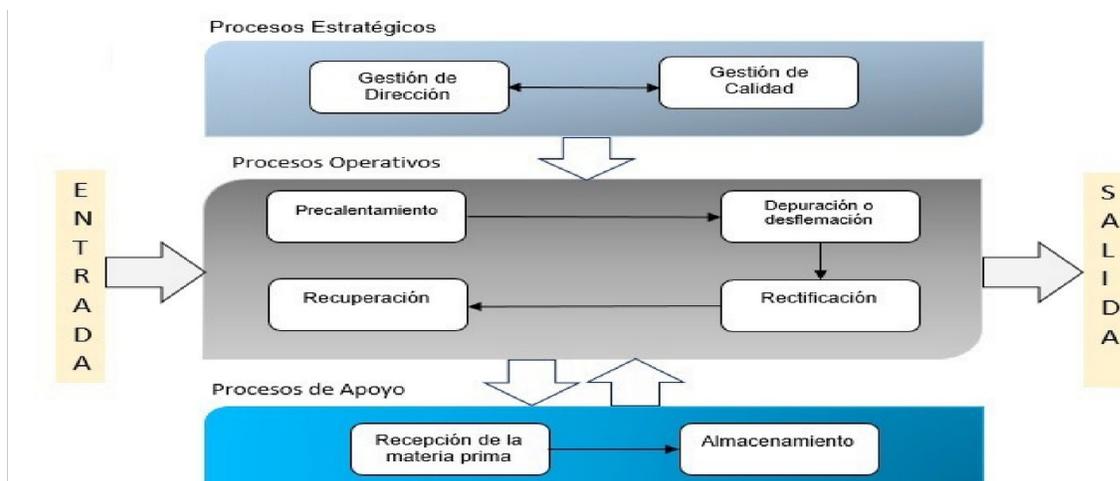


Figura 3. Mapa de procesos

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se puede observar la ficha de procesos, la cual recoge las características más relevantes para el control de las principales actividades representadas en el diagrama OTIDA.

Tabla 3. Ficha de procesos

| FICHA DE PROCESO  |   |   |   |
|---|---|---|---|
| Nombre del proceso :<br>Destilación por hidroselección de alcoholes   | Subproceso : Recepción y precalentamiento de la materia prima, desflemación, rectificación y recuperación | Responsable : María Rodríguez Fundora   |   |
| Misión : Producir Alcohol Etílico Fino, con los parámetros de calidad e inocuidad establecidos para satisfacer las necesidades de los clientes del mercado nacional |   |   |   |
| Alcance :<br>Inicio : Recepción de la materia prima<br>Incluye : Precalentamiento de la materia prima, desflemación y rectificación<br>Fin : Recuperación           |   |   |   |
| Ofertas de servicios :  |   |   |   |
| Entradas : Alcohol flema y/o rectificado.   | Suministradores : UEB Comercial.  | Salidas : Alcohol Etílico Fino.   | Destinatarios/Clientes : UEB Comercial. |
| Documentación utilizada : NC 792:2010 "Alcohol Etílico. Requisitos". NC ISO 9001:2008 Sistemas de gestión de la   | Aspectos legales : procedimientos PO: DGE: 023 y PO: DGE:   | Registros y Formatos : RE: DGE: 001 "Documentos externos recibidos", RE: DGE: |   |

|   |                        |  |
|---|------------------------|--|
| calidad. Requisitos   | 001, y el PO: DGE: 005 | 002 "Documentos externos distribuidos" |
| <p>Otras informaciones importantes para el proceso<br/> Riesgos : Establecido en los Planes APPCC y de los programas de Prerrequisitos de la UEB por los equipos de inocuidad creados, que incluyen además la identificación de los puntos críticos de control.<br/> Aplicaciones informáticas : Internet, Intranet, correo electrónico.</p>  |                        |  |
| <p>Descripción del proceso : recepción de la materia prima en tanques internos de almacenamiento. Pre calentamiento de esta a través de un calentador de tubo y coraza. En la desflemadora se realiza la separación de alcohol e impurezas. Se envía la flema disuelta a la rectificadora para ser rectificada y enfriada, se obtiene el Alcohol Etílico Fino, se extraen impurezas. Es enviada a la recuperadora las extracciones de alcohol con impurezas y se obtiene alcohol etílico amílico y alcohol D.</p> |                        |  |

Fuente: elaboración propia

Producto del proceso: el Alcohol Etílico Fino es el producto principal obtenido en la UEB Destilería a través de la tecnología por hidroselección del alcohol etílico flema y/o rectificado. Este se elabora según norma de proceso y cumple con las especificaciones de calidad establecidas en NC 792:2010 "Alcohol Etílico".

Este producto se emplea como materia prima para la fabricación de rones tanto para la exportación como para consumo nacional, y se comercializa con otras empresas productoras de bebidas alcohólicas, como son: Ronera Santa Cruz, Ronera Villa Clara, y EMBER.

Flujo material: la UEB Comercial es proveedor y cliente interno de la UEB Destilería. Se recibe la materia prima en los tanques de almacenamiento y la entrega se realiza en la puerta del cliente. Todo convenido por procedimientos generales de trabajo que forman parte del sistema de gestión de calidad certificados.

El ciclo de producción comprende desde que se recibe la materia prima, se obtiene el producto final, se inspecciona, se almacena y se vende. Están establecidos y se cumplen los índices de consumo material y energético en el proceso. Este proceso es de producción continua porque continuamente está entrando materia prima y saliendo el mismo producto terminado.

Flujo financiero-monetario: la UEB Destilería no se encuentra relacionada directamente con el flujo financiero-monetario, esta función le corresponde a la UEB Comercial.

Flujo de información: el Director General de la Ronera garantiza la comunicación con los clientes, proveedores, UEB, y comunica los requisitos de la calidad, objetivos y logros. El Director, jefes de departamentos y áreas distribuyen la información que se recibe en las áreas de interés. Los canales

establecidos para este flujo son: comunicación interpersonal, escrita, por teléfono, reuniones, correo electrónico, etc.

- Afectaciones al medio ambiente que provoca el proceso: la principal fuente contaminante del proceso es la afectación de la atmósfera, producto de los gases emanados de la combustión. Además, el proceso genera residuales líquidos de origen industrial y domésticos. Actualmente los volúmenes de carga contaminante vertidos a la bahía han disminuido, ya que la fábrica ha dejado de producir mosto que antiguamente era vertido. Los residuales de tipo doméstico de forma general son vertidos a pozos sépticos ubicados en la misma entidad.

Estudio y utilización de los métodos de trabajo: para recopilar la información necesaria se utilizó la observación y la entrevista personal, se sospecha que existe un desaprovechamiento de la JL en el proceso; por lo tanto, se lleva a cabo un muestreo del trabajo.

- Muestreo del trabajo

Objeto de estudio: determinación del aprovechamiento de la JL por el personal en el proceso.

Ambientación: se investiga sobre los detalles de los puestos de trabajo y las actividades que realizan, y de esta forma definir cuándo están realmente trabajando. Luego se conversa con los trabajadores objeto de estudio para darles una explicación sobre la técnica que se va a emplear.

Diseño del experimento: NC=95 %    S=±10    tr=8min    N. de puestos de trabajo:10

Tabla 4. Datos iniciales a partir de las observaciones

| Días                     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Observaciones trabajando | 80  | 76  | 86  | 84  | 72  |
| Total de observaciones   | 100 | 103 | 102 | 105 | 101 |

Fuente: elaboración propia

- Cantidad de observaciones:

$$N = 400 \times \left( \frac{1-pi}{pi} \right) = 400 \times \left( \frac{1-0.8}{0.8} \right) = 100 \qquad pi = \frac{80}{100} = 0.8$$

- Determinación de la cantidad de recorridos:

$$R_d = \frac{N}{k \times d} = \frac{100}{10 \times 5} \qquad R_{max} = \frac{JL - TDNP}{tr} = \frac{480 - 30}{8} = 56.25$$

Como  $R_d \leq R_{max}$  se cumple el estudio.

Tabla 5. Análisis de los resultados

| D | N   | P  | Pj   | Naj | Paj | Paj  | Nd     |
|---|-----|----|------|-----|-----|------|--------|
| 1 | 100 | 80 | 0.8  | 100 | 80  | 0.8  | 100    |
| 2 | 103 | 76 | 0.74 | 203 | 156 | 0.77 | 119.48 |
| 3 | 102 | 86 | 0.84 | 305 | 242 | 0.79 |        |
| 4 | 105 | 84 | 0.8  | 410 | 326 | 0.8  |        |
| 5 | 101 | 72 | 0.71 | 511 | 398 | 0.78 |        |

Fuente: elaboración propia

$$Nd = 400 \times \left( \frac{1 - paj}{paj} \right) = 400 \times \left( \frac{1 - 0.77}{0.77} \right) = 119.48$$

$$119.48 < 203$$

$$Nd \leq Naj$$

$$paj = 0.77$$

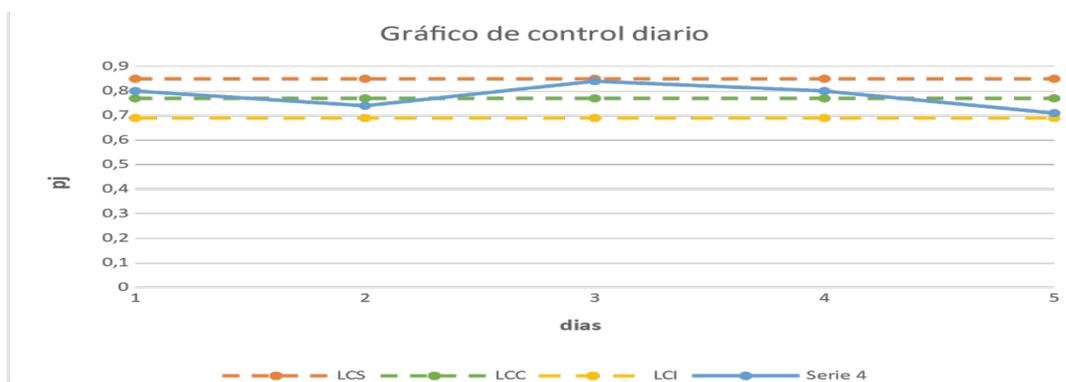
1. Gráficos de controles.

Gráfico 2. Gráfico acumulativo de control



Fuente: elaboración propia

Gráfico 3. Gráfico de control diario.



Fuente: elaboración propia

$$LCS = pf + 2 \times \sigma = 0.77 + 2 \times 0.042$$



|   |      |     |     |     |
|---|------|-----|-----|-----|
| Asiste a una reunión en hora de trabajo                           | TIOC | 0   | 0   | 76  |
| Entrega el turno al finalizar la JL                               | TPC  | 12  | 10  | 10  |
| Total   |      | 480 | 480 | 480 |
| $\overline{TTR} = \overline{TPC} + \overline{TO} + \overline{TS}$ |      | 370 | 372 | 374 |

Fuente: elaboración propia

$$N = 400 \times \left(\frac{\sigma}{\bar{x}}\right)^2 = 400 \times \left(\frac{2}{372}\right)^2 = 0.012$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1} = \frac{(370 - 372)^2 + (372 - 372)^2 + (374 - 372)^2}{2} = 4$$

$$\bar{X} = \frac{\sum TTR}{n} = \frac{370 + 372 + 374}{3} = 372$$

Se cumple que  $N \leq 3$ , por tanto es válido el muestreo.

- Aprovechamiento de la jornada laboral

$$\%AJL = \frac{\overline{TTR} + \overline{TIR}}{JL} \times 100 = \frac{372 + 30}{480} \times 100 = 83.75\% \quad \overline{TIR} = \overline{TIRTO} + \overline{TDNP} = 30$$

Hay un desaprovechamiento de la jornada laboral de un 16.25 %

- Pérdidas de tiempo

$$P_t = \frac{\overline{TITO}}{JL} \times 100 = \frac{47.67}{480} \times 100 = 9.93\% \quad \overline{TITO} = \frac{80 + 63}{3} = 47.67$$

$$P_t = \frac{\overline{TIC}}{JL} \times 100 = \frac{5}{480} \times 100 = 1.04\% \quad \overline{TIC} = \frac{15}{3} = 5$$

$$P_t = \frac{\overline{TIOC}}{JL} \times 100 = \frac{25.33}{480} \times 100 = 5.28\% \quad \overline{TIOC} = \frac{76}{3} = 25.33$$

- Incremento de la productividad

$$P_i = \frac{\overline{TITO}}{\overline{TO}} \times 100 = \frac{47.67}{340.67} \times 100 = 14\%$$

$$P_i = \frac{\overline{TIC}}{\overline{TO}} \times 100 = \frac{5}{340.67} \times 100 = 1.47\% \quad \overline{TO} = \frac{338 + 340 + 344}{3} = 340.67$$

$$P_i = \frac{TIOC}{TO} \times 100 = \frac{25.33}{340.67} \times 100 = 7.44\%$$

Se pierde un 9.93 % en TITO, que de aprovecharlo aumentaría la productividad en un 14 %.

Se pierde un 5.28 % en TIOC, que de aprovecharlo aumentaría la productividad en un 7.44 %.

Se pierde un 1.04 % en TIC, que de aprovecharlo aumentaría la productividad en un 1.47 %.

## 2.4. Principales problemas del proceso

A través de los análisis efectuados y la utilización de técnicas como entrevista, el estudio de muestreo y de fotografía individual se determinaron algunos problemas que se presentan en el proceso de destilación por hidroselección de alcoholes:

- Desaprovechamiento de la jornada laboral
- Falta de mantenimiento del área de destilación
- Afectación a la calidad del producto terminado
- Falta de análisis en los puntos críticos de control
- Rotura de la piscina de enfriamiento

Método de coeficiente de Kendall: se puede apreciar en la tabla 2.6, con el objetivo de determinar los principales problemas del proceso, los cuales son: afectación a la calidad del producto terminado y desaprovechamiento de la jornada laboral.

Tabla 7. Método del Coeficiente de Kendall para determinar los principales problemas

| Problemas   | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | $\Sigma A_i$ | $\Delta$ | $\Delta^2$ |
|---|----|----|----|----|----|----|----|--------------|----------|------------|
| Desaprovechamiento de la jornada laboral            | 1  | 2  | 1  | 3  | 1  | 2  | 1  | 11           | -10.4    | 108.16     |
| Falta de mantenimiento en el área de Destilación    | 3  | 4  | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 30           | 8.6      | 73.96      |
| Afectación a la calidad del producto terminado      | 2  | 1  | 4  | 2  | 2  | 1  | 3  | 15           | -6.4     | 40.96      |
| Falta de análisis en los puntos críticos de control | 5  | 3  | 3  | 1  | 5  | 4  | 2  | 25           | 3.6      | 12.96      |
| Rotura de la piscina de                             | 4  | 5  | 2  | 5  | 3  | 3  | 4  | 26           | 4.6      | 21.16      |

|              |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |                          |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------|--------------------------|
| enfriamiento |  |  |  |  |  |  |  |  |                  |                          |
|              |  |  |  |  |  |  |  |  | $\Sigma A_i=107$ | $\Sigma \Delta^2=2257.2$ |

Fuente: elaboración propia

$$T = \frac{107}{5} = 21.4 \quad W = \frac{12 \Sigma \Delta^2}{m^2 \times (k^3 - k)} = \frac{12 \times 257.2}{7^2 \times (5^3 - 5)} = 0.524 \quad 0.54 \geq 0.5$$

En los gráficos 2.4 y 2.5 se reflejan los diagramas causa- efecto, utilizados para determinar las causas y subcausas de los principales problemas del proceso de destilación.

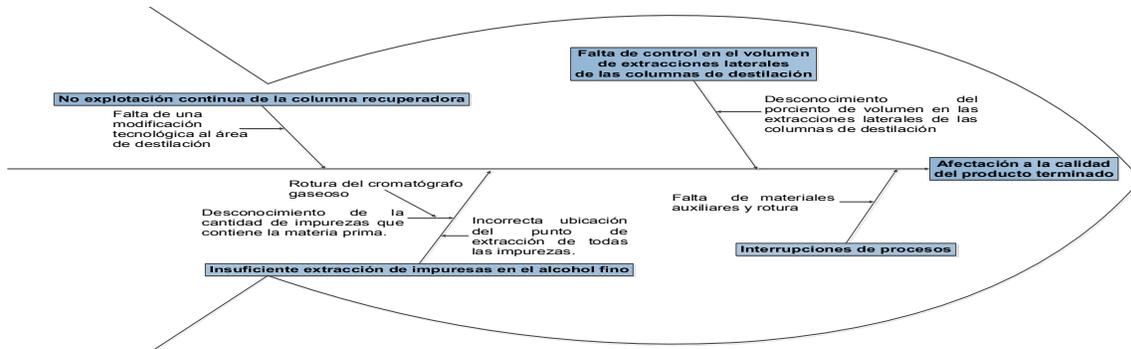


Gráfico 4. Diagrama causa-efecto para la afectación a la calidad del producto terminado.

Fuente: elaboración propia

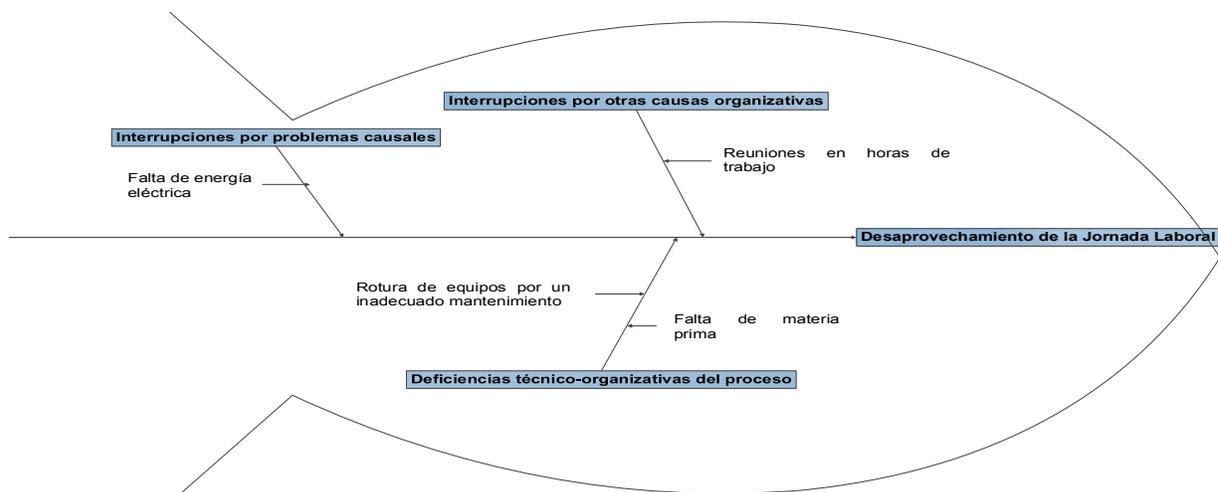


Gráfico 5. Diagrama causa efecto para el desaprovechamiento de la jornada laboral

Fuente: elaboración propia

- Soluciones propuestas para la eliminación de los principales problemas

Para la afectación a la calidad del producto terminado:

- Realizar un estudio de la calidad del producto final con diferentes volúmenes de extracciones de impurezas para determinar los límites críticos de extracciones laterales.
- Realizar una nueva ubicación de los puntos de extracción de impurezas en la desflemadora y así aumentar el volumen de fusel-oil extraído de la recuperadora.
- Desviar el flujo de alcohol condensado hacia la recuperadora para eliminar la mayor cantidad de volátiles en el alcohol D.
- Para disminuir las pérdidas por interrupciones que genera el déficit de agua se propone utilizar tanques elevados que ya están instalados para almacenar esta.

El bajo porcentaje de aprovechamiento de la jornada laboral es provocado por las interrupciones que ocurren en el proceso, para darle solución a esto se propone lo siguiente:

- Para TITO: compra de una nueva caldera o reparación de la actual.

Se realiza un análisis entre las alternativas existentes que entran dentro del presupuesto de la empresa, a través del cálculo de CAT y PAC. Se cuenta con dos opciones. La primera es comprar una nueva caldera de 17 t, con quemador SACKER de copa rotatoria, con un costo de 500 a 600 mil euros; esta se compra por inversión. La segunda opción es una reparación capital de la caldera actual, entra por presupuesto de mantenimiento; se encuentra alrededor de los 600 mil euros.

Tabla 8. Datos para el cálculo de CAT y PAC

| Alternativas | CI      | CO     | N año |
|--------------|---------|--------|-------|
| Actual       | 0       | 25 000 | 15    |
| A            | 580 000 | 10 000 | 10    |
| B            | 600 000 | 8 000  | 15    |

Fuente: elaboración propia

Método de costo anual total  $CAT = CO + \frac{CI}{N}$

$$CAT_1 = 25\,000 + \frac{0}{15} = 25\,000\$/año$$

$$CAT_2 = 10\,000 + \frac{580\,000}{10} = 68\,000\$/año \quad CAT_3 = 8\,000 + \frac{600\,000}{15} = 48\,000\$/año$$

La mejor alternativa es la 3.

Período de amortización del capital  $PAC = \frac{CI_a}{CO_p - CO_a}$

$$PAC_2 = \frac{580\,000}{25\,000 - 10\,000} = 38 \text{ años y 7 meses} \quad PAC_3 = \frac{600\,000}{25\,000 - 8\,000} = 35 \text{ años y 3 meses}$$

(No se recupera el capital)

No es viable ninguna de las dos opciones ya que el tiempo de amortización del capital es mayor al tiempo de vida útil del equipo; se propone realizar la gestión a nivel corporativo para la adquisición a través de donativo de una nueva caldera que está en existencia en la Ronera Santa Cruz del Norte.

- Para TIOC: organizar los horarios para que no se realicen otras actividades y se cumpla con el itinerario.
- Para TIC: Establecer una retroalimentación entre la empresa eléctrica y la entidad con el fin de disminuir pérdidas en el proceso.

Valoración económica, social y medioambiental

La UEB Destilería ha demostrado en los últimos tiempos resultados satisfactorios en cuanto a los procesos productivos que allí se realizan, pues a través del sistema que poseen han logrado dar cumplimiento a las normas establecidas a nivel nacional en los temas referentes a la calidad e higiene dentro de las plantas productivas. Esta UEB ha logrado insertarse en el mercado nacional e internacional como resultado de la venta de productos de alta calidad con una gran aceptación, que tiene como finalidad satisfacer a sus clientes y lograr la eficiencia de los procesos de producción y servicios que se realizan en esta organización. Con respecto a la situación medioambiental se ha visto en los últimos tiempos una mejora considerable del entorno donde está enclavada dicha organización, pues se han tomado una serie de medidas que han contribuido al cumplimiento de lo establecido en el Sistema de Gestión Ambiental y que realmente han dado solución a los problemas relacionados con el medio ambiente en este lugar.

A modo de conclusión se logró cumplir con el objetivo general de la investigación al analizar el proceso de destilación por hidroselectión de alcoholes en la UEB Destilería, Ronera Cárdenas. Fueron abarcados los fundamentos teóricos en los cuales se basa la investigación a partir de la revisión de una amplia bibliografía. Tras la aplicación del Método General de Solución de Problemas se determinó que el desaprovechamiento de la jornada laboral y la afectación de la calidad del producto terminado son los principales problemas que presenta la empresa en el proceso analizado; además se planteó las posibles soluciones para los mismos.

## Referencias bibliográficas

Acevedo Suárez, J. A. y Gómez Acosta, M. I. (2012). Introducción a la Ingeniería. Algunas Técnicas de la Ingeniería, Capítulo 1. Epíg 7.

Companys Pascual, R. (1989). Planificación y Programación de la Producción Marcombo, Marcombo, S.A.

Dzuiba (2014). «Applying the 5 why method to verification of non-compliance causes established after application of the Ishikawa diagram in the process of improving the production of drive half-shafts. » Production Engineering Archives, (2).

Fernández Sánchez, E. (2012). Dirección de la Producción I. Fundamentos Estratégicos. Editorial Civitas.

Marsán Castellanos, J. R. (2011a). Organización del trabajo. Estudio de tiempos., Tomo II. Editorial Félix Varela. ISBN 978-959-071420-7.

Marsán Castellanos, J. R. (2011b). Organización del trabajo. Ingeniería de Métodos., Tomo I. Editorial Félix Varela. ISBN 978-959-071420-7.

Maynard, H. B. (1970) Manual de Ingeniería de la Producción Industrial. Editorial Revolucionaria.

Medina León, A. (2014). Caracterización y clasificación de sistemas productivos. Sitio Web de Reserchgate: <http://www.researchgate.net/profile/DianelysNogueira-Rivera>

Nogueira Rivera, D. (2014). Introducción a la Ingeniería Industrial. Método del coeficiente de Kendall. Otras técnicas para recopilar, analizar y procesar la información.