

ANÁLISIS DEL PROCESO DE DESTILACIÓN EN LA UEB DESTILERÍA DE LA
RONERA CÁRDENAS
ANALYSIS OF THE DISTILLATION PROCESS IN THE UEB DISTILLERY OF THE
RONERA CARDENAS

Amelia Beatriz Ulloa Felipe¹, (0000-0002-4434-5006), Universidad de Matanzas,

ulloaamelia41@gmail.com

Ing. Juan Lázaro Acosta Prieto², (0000-0003-1390-2380),

María Laura Rúa Felipe³, (0000-0003-0405-7920)

Resumen

El presente trabajo desarrollado en la UEB Destilería de la Ronera Cárdenas, tiene como tema el análisis de los problemas del proceso de destilación por hidroselección, para ello fue necesario recurrir al Método General de Solución de Problemas. Dentro de las técnicas aplicadas se encuentran: la observación directa, entrevistas al personal de la empresa, tormenta de ideas, análisis de documentos, el diagrama causa-efecto, la multivotación y el Método de Kendall. Los principales problemas vienen dados por afectaciones a la calidad del producto terminado debido a las interrupciones del proceso, desconocimiento en la extracción lateral del volumen necesario de las columnas de destilación, roturas y desajuste de los equipos por ser un equipamiento obsoleto y falta de mantenimiento. Para cada uno de los problemas se propuso un plan de acciones de manera que contribuyeran a mejorar la calidad de la producción.

Palabras claves: alcohol étílico fino; alcohol étílico flemá; destilación por hidroselección, Método General de Solución de Problemas

Abstract

The present work developed in the UEB Distillery of the Rum Cárdenas, has as its theme the analysis of the problems of the distillation process by hydrosélection, for this it was necessary to



Monografías 2021

Universidad de Matanzas © 2021

ISBN: 978 - 959 - 16 - 4681 - 1

resort to the General Method of Problem Solving. Among the applied techniques are: direct observation, interviews with company personnel, brainstorming, document analysis, the cause-effect diagram, multivoting and the Kendall method. The main problems are due to effects on the quality of the finished product due to interruptions in the process, ignorance in the lateral extraction of the necessary volume from the distillation columns, breakages and mismatch of the equipment due to being obsolete equipment and lack of maintenance. For each of the problems, an action plan was proposed in order to contribute to improving the quality of production.

Keywords: *fine ethyl alcohol; ethyl alcohol phlegm; quality; hydroselction distillation, General Problem Solving Method*

Introducción

La industria es el conjunto de procesos y actividades que tienen como finalidad transformar las materias primas en productos elaborados o semielaborados. Además de materias primas, para su desarrollo, la industria necesita maquinaria y recursos humanos organizados habitualmente en empresas.

Desde el origen del ser humano, este ha tenido la necesidad de transformar los elementos de la naturaleza para poder aprovecharse de ellos, en sentido estricto ya existía la industria, pero es hacia finales del siglo XVIII, y durante el siglo XIX, cuando el proceso de transformación de los recursos de la naturaleza sufre un cambio radical, que se conoce como Revolución Industrial. Este acontecimiento es el que marca el inicio de la ingeniería industrial, disciplina que se encarga de diagnosticar, diseñar, operar, controlar y mejorar procesos de producción y servicios en toda la cadena de valor con el objetivo de lograr eficacia, eficiencia y sostenibilidad; considerando, con un enfoque sistémico, integrador y humanista, las características e interrelaciones entre los materiales, recursos humanos, de conocimiento e información, financieros, energéticos y de equipamiento, y preservando el medioambiente. En el mundo actual la ciencia proporciona innovaciones tecnológicas, las cuales son fundamentales para cualquier avance significativo de la civilización industrial. Cuba a pesar de ser un país de pocos recursos monetarios se ha mantenido a la vanguardia para llegar a un futuro de hombres de ciencia (Becerra, 2006).

Tomados los criterios de León (2014) y Vargas-Hernández (2016) se establece que la producción en una empresa se considera como el proceso de transformación técnica y económica en condiciones

de un diseño racional, planificado y controlado de unos inputs o factores de producción (mano de obra, tecnología, materias primas, información, maquinarias, instalaciones y energía) en outputs o productos resultantes (bienes materiales, servicio y(o) residuos), que provoca un incremento de utilidad o valor.

El presente proyecto, fue realizado en la Empresa Cuba Ron S.A Ronera Cárdenas perteneciente al MINAL específicamente en la UEB Destilería, ubicada en el municipio de Cárdenas.

Objetivo General: analizar los problemas del proceso de destilación por hidroselectión.

Materiales y métodos

Las herramientas empleadas para la captura de información son: la observación, entrevistas al personal de la empresa, tormenta de ideas, multivotación y el análisis de documentos.

Dentro de las técnicas aplicadas se pueden citar: el diagrama causa-efecto también conocido como diagrama Ishikawa, que según los criterios de Dziuba (2014) y Gonzalez (2019), muestra las causas de un problema de calidad específico en su dependencia mutua y coeficiente de Kendall, el cual, según Rivera (2020) consiste en la recopilación de información de un grupo de expertos, sobre un problema determinado, para seleccionar las causas y establecer prioridades de elementos para atender. El grupo de expertos (como mínimo 7) debe poseer conocimientos sobre la temática, para otorgar una puntuación según el orden de importancia, a criterio propio; con el objetivo de determinar los elementos prioritarios para el estudio.

El método utilizado es el Método General de Solución de Problemas, según los criterios de Castellanos (2011), Ricardo Cabrera (2020) y León Rodríguez (2021) sus etapas son:

1-Definición del problema: El propósito de la fase de definición del problema es el de formular el problema maximizando la posibilidad de aislarlo y definirlo satisfactoriamente, dejando esclarecido que debe hacerse desde el principio. Aquí deben tenerse en cuenta consideraciones tales como: de índole económica, de orden técnico y reacciones humanas, para lo que se deben tener en cuenta un determinado grupo de técnicas: observación directa, entrevistas, métodos de expertos, multivotación, fotografía continua, muestreo del trabajo, diagrama Ishikawa.

2-Análisis del problema: Consiste en hacer una lista detallada de las características del problema incluyendo las restricciones. En esta fase las herramientas a utilizar pueden ser: multivotación, cinco por qué, diagramas de análisis del proceso OTIDA, Ishikawa.

3-Búsqueda de posibles soluciones: Con la información ya recopilada es posible entrar en la fase de diseño del nuevo método, es decir, es necesario idear y desarrollar la mayor cantidad de soluciones posibles para lo que puede tener en cuenta los siguientes aspectos: experiencia, examen crítico, lluvia de ideas, multivotación.

4-Evaluación y selección de las soluciones: Una de las tareas principales de esta etapa es la de predecir cualitativamente el comportamiento de cada alternativa con respecto a cada uno de los criterios considerados. Para ello se utilizan las herramientas: lluvia de ideas y multivotación.

5-Informe y recomendaciones: En esta fase se comunican los resultados obtenidos. Para ello puede utilizarse la vía oral o escrita.

Resultados

A continuación, se enfoca el análisis de la caracterización de las UEB Destilería de la Ronera Cárdenas, por la claridad con que se puede observar su proceso productivo, la facilidad para estudiarlo y cumplir con el objetivo propuesto, pues permite un acercamiento preciso a la descripción y análisis de un proceso, visto en la práctica.

La Ronera Cárdenas, en lo adelante la Ronera, ubicada en: Calle Pinillos esq. Sáez en el municipio de Cárdenas en la provincia de Matanzas, adscrita a la Corporación Cuba Ron SA, dentro del MINAL, es una organización industrial que se dedica a la producción y comercialización de alcohol etílico fino, rones, licores y aguardiente Sao Can.

Transformación: En la figura 1 se muestra este proceso.

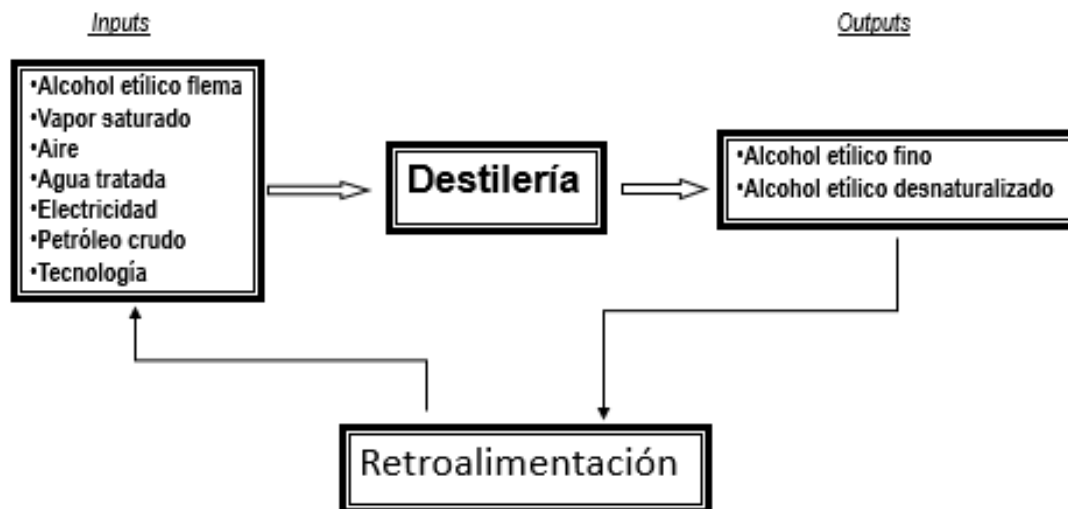


Figura 1. Esquema del proceso productivo de destilación por hidroselección de la UEB Destilería.

Fuente: elaboración propia.

Retroalimentación: Al culminar el proceso de transformación del alcohol etílico flema en alcohol etílico fino, si el resultado no cumple con los valores de calidad establecidos, este se procesa nuevamente con el objetivo de alcanzar los valores de calidad anteriormente mencionados.

Clasificación de los puestos de trabajo de la UEB Destilería

En la descripción de los puestos de trabajo fueron esclarecidas cada una de las acciones y labores que desempeñan los trabajadores de esta UEB Destilería, basándose en ellas entonces en el cuadro 1 se clasifican los mismos.

Cuadro 1. Clasificación de los puestos de trabajo

Puesto de trabajo	Grado de mecanización	Cantidad de trabajadores y su agrupamiento	Número de equipos que conforman el puesto	Grado de especialización	Grado de movilidad
Director UEB Destilería	Manual	Individual	Equipo único	Universal	Móvil
Especialista A en Procesos Tecnológicos para la producción de la Industria Alimenticia	Manual	Individual	Equipo único	Especializado	Móvil
Especialista C en Gestión de la calidad.	Mecánico manual	Colectivo	Multiequipo	Especializado	Estacionario
Destilador	Mecanizado	Colectivo	Multiequipo	Especializado	Estacionario

Analista B en Producción	Mecánico manual	Individual	Equipo único	Especializado	Estacionario
Técnico en Procesos Tecnológicos para Producción de la Industria Alimenticia (Especialista Principal)	Mecánico manual	Colectivo	Multiequipo	Especializado	Estacionario
Operador Auxiliar B de Elaboración de Productos de la Industria Alimenticia (ayudante de turno)	Mecánico manual	Colectivo	Multiequipo	Especializado	Estacionario
Operador B energético	Mecánico manual	Colectivo	Multiequipo	Especializado	Estacionario

Fuente: elaboración propia

Clasificación de los procesos de la UEB Destilería

Los procesos de la UEB Destilería se pueden clasificar en estratégicos, de apoyo y operativos según la norma ISO 9001. Para una mejor visualización de los procesos de la UEB se muestra el mapa de proceso en la figura 2.

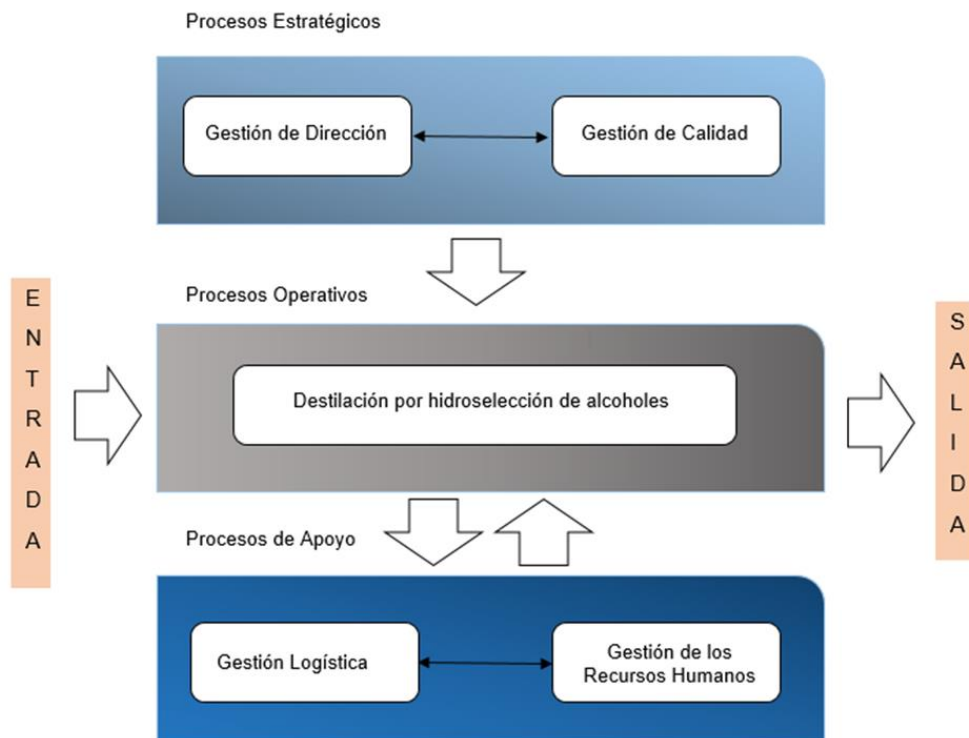


Figura 2. Mapa de procesos de la UEB Destilería

Fuente: elaboración propia

Para determinar el proceso prioritario en la UEB Destilería se aplicó el Método de coeficiente de Kendall, donde intervienen 7 expertos. En la tabla 1 se recoge las votaciones realizadas por cada experto.

Tabla 1. Método de coeficiente Kendall

Procesos	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	ΣA_i	Δ	Δ^2
Gestión de Dirección de UEB. Destilería	3	4	2	3	3	4	3	22	1	1
Gestión Logística de UEB. Destilería	4	5	3	5	5	3	4	29	8	64
Destilación por hidroselectión de alcoholes	1	2	1	1	2	2	1	10	-11	121

Gestión de los Recursos Humanos de UEB. Destilería	5	3	5	4	4	5	5	31	10	100
Gestión de Calidad de UEB. Destilería	2	1	4	2	1	1	2	13	-8	64
								$\sum A_i = 105$		$\sum \Delta^2 = 350$

Fuente: elaboración propia

$$T = 105 / 5 = 21$$

$$W = 12 \sum \Delta^2 / m^2 (k^3 - k) = 12 \times 350 / 7^2 (5^3 - 5) = 4200 / 49 \times 120 = 0,71$$

$$0,71 \geq 0,5$$

Con apoyo en el método de Kendall se definió a la destilación por hidroselección de alcoholes como proceso prioritario en la UEB. Destilería, por ser el proceso operativo a través del cual se obtiene el alcohol etílico fino que es el producto final y objetivo social de la UEB. Destilería.

Descripción del proceso de Destilación mediante la aplicación de los elementos de la estructura interna de un proceso y su representación mediante el diagrama de flujo OTIDA

El alcohol etílico flem a es la materia prima principal para la producción de alcohol etílico fino en la UEB. Destilería, el cual es suministrado por la UEB Comercial.

La materia prima, es recibida en la destilería por bombes que se producen del almacén central o por descarga directa de ésta en los tanques habilitados al efecto en el interior de la planta.

De los tanques interiores, el alcohol etílico flem a, es bombeado hacia un calentador de tubo y coraza donde se eleva la temperatura del mismo hasta 70 °C aproximadamente, aprovechándose para ello el calor residual del agua proveniente del primer condensador de la columna rectificadora. El agua resultante va al enfriadero.

El alcohol flem a caliente se inyecta a la columna desflemadora donde se produce la dilución de éste al aplicar la tecnología de destilación por hidroselección para lo cual se utiliza el agua residual de la columna rectificadora (flem aza) y vapor directo.

En el tope de la columna se obtienen vapores alcohólicos de alto grado que contienen mayormente impurezas (aldehidos), estos vapores son condensados en 3 condensadores parciales verticales: en

los dos primeros la fracción condensada pasa a formar parte del reflujo que regresa a la columna desflemadora y en el tercero la fracción condensada pasa a través de rotámetro donde se controla el volumen extraído y es enviada hacia la columna recuperadora. Por el fondo de la columna desflemadora se obtiene la flema disuelta, que es enviada por bombeo a la columna rectificadora poniéndose en contacto con el vapor directo alimentado a la paila, donde a través de una nueva rectificación se obtiene en la sección del pasteurizado la producción de alcohol etílico fino.

Los vapores alcohólicos del tope de la columna rectificadora son enviados a 4 condensadores parciales verticales. En los tres primeros la fracción condensada pasa completamente a formar parte del reflujo que se introduce de nuevo a la columna rectificadora y en el cuarto la fracción condensada (alcohol de cabeza) pasa a través de rotámetro donde se controla el volumen extraído y es enviada hacia la columna recuperadora. El agua empleada como agente de enfriamiento proviene de la planta de tratamiento de la Empresa "José Antonio Echeverría" los condensadores finales de las columnas de destilación tienen conexión con el condensador final en aras de expulsar a través de él los gases incondensables con el menor volumen de pérdidas posible y el agua caliente resultante retorna al enfriadero.

El flujo residual que sale por el fondo de la columna rectificadora es enviado a un tanque receptor de flemaza realizándose previamente un control de riquezas alcohólicas, la cual como se explicó anteriormente es utilizada como agente de disolución del alcohol etílico flema en la columna desflemadora.

En ambas columnas se realizan extracciones laterales de impurezas con el objetivo de extraer los alcoholes superiores, ésteres en la desflemadora y además n-propanol en la rectificadora, estas corrientes son enviadas a la columna recuperadora en la cual se recupera parte del alcohol extraído en todas las extracciones antes mencionadas que se realizan a las otras dos columnas, los vapores alcohólicos son condensados en dos condensadores parciales, los cuales emplan como agente de enfriamiento el agua tratada procedente del enfriadero y están conectados al condensador final, la fracción condensada en el primero va la reflujo de la columna y la del segundo es la producción de alcohol D y es enviada hacia los tanques de almacenamiento de este producto. El alcohol recuperado en la columna se obtiene por la flauta de extracción ubicada tres platos por debajo del tope y es enviado a la columna desflemadora donde continúa el proceso de destilación por

hidroselección, la flemaza residual se envía a zanja. En los platos intermedios de la columna recuperadora está situada la campana de concentración del alcohol amílico de donde es extraído y enviado a la planta de separación (planta de separación de amílico) y lavado en la cual existen dos columnas lavadoras y una separadora final de la cual por reboso se obtiene el alcohol amílico que es enviado al tanque de almacenamiento y el agua de lavado residual se vierte a zanja.

Representación del proceso a través del diagrama OTIDA (figura 3).

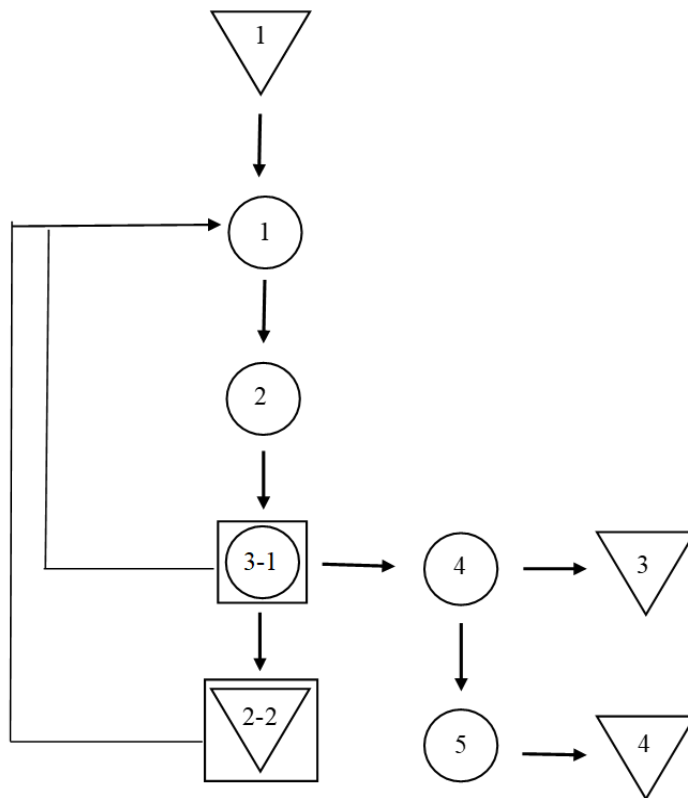


Figura 3. Diagrama OTIDA del proceso de destilación por hidroselección

Fuente: elaboración propia

Documentos donde se refleja el control del proceso:

- MAN: UDE: 001 Manual de proceso para la producción de alcohol etílico fino.
- PO: UDE: 01. Control del proceso de destilación.

Producto del proceso.

El Alcohol Etilico Fino es el producto principal obtenido en la UEB Destilería a través de la tecnología de destilación por hidroselección del alcohol etílico flem a y/o rectificado suministrado por la UEB Abastecimiento-Servicio con parámetros de calidad establecidos en contrato con los suministradores; se elabora según norma de proceso y cumple con las especificaciones de calidad establecidas en NC 792:2010 "Alcohol Etilico. Requisitos" para este producto, mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Especificaciones de Calidad del producto terminado Alcohol Etilico Fino según NC 792:2010 "Alcohol Etilico. Requisitos"

Características	Alcohol Etilico Fino
Grado alcohólico expresado en % de alcohol en volumen a 20 °C	95,5
Tiempo de Permanganato expresado en minutos (min)	> 30
Acidez Total expresado en miligramos de ácido acético por litro de alcohol absoluto (máximo)	15
Aldehídos expresados en miligramos de acetaldehído por litro de alcohol absoluto (máximo)	12,0
Alcoholes superiores expresados en miligramos de alcoholes superiores por litro de alcohol absoluto (máximo)	55,0
Ésteres Totales expresados en miligramos de acetato de etilo por litro de alcohol absoluto	35,0

Fuente: elaboración propia

Especificaciones sensoriales.

- Aspecto: líquido brillante, transparente, incoloro, sin sedimentos ni partículas en suspensión.
- Olor: característico de etanol, que recuerda la melaza, ligeramente dulce, sin presencia de notas ajenas.
- Sabor: ligeramente dulce, que recuerda la materia prima que le dio origen, sin presencia de notas ajenas al ligero dulzor característico.

Este producto se emplea como materia prima para la fabricación de Ronas 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 EMBERE.

Aplicación del Método General de Solución de Problemas de la Ingeniería

Al tener en cuenta que la entidad objeto de estudio presenta dificultades referentes al conocimiento real de sus capacidades productivas en el proceso de destilación por hidroselección de alcoholes, y con el propósito de determinar si se puede incrementar sus producciones, se decide realizar un estudio para dar solución a dicha dificultad, la cual se determinó a través de la aplicación de varias técnicas (entrevista, observación directa, cinco por qué, tormenta de ideas, multivotación) empleadas para la definición de problemas.

A través de los análisis efectuados y la utilización de las herramientas se determinó como problema central la afectación a la calidad del producto terminado y con la puesta en práctica de la herramienta de los cinco por qué se pudo establecer las causas que conllevan a la afectación de la calidad del producto terminado, figura 4, diagrama causa efecto.

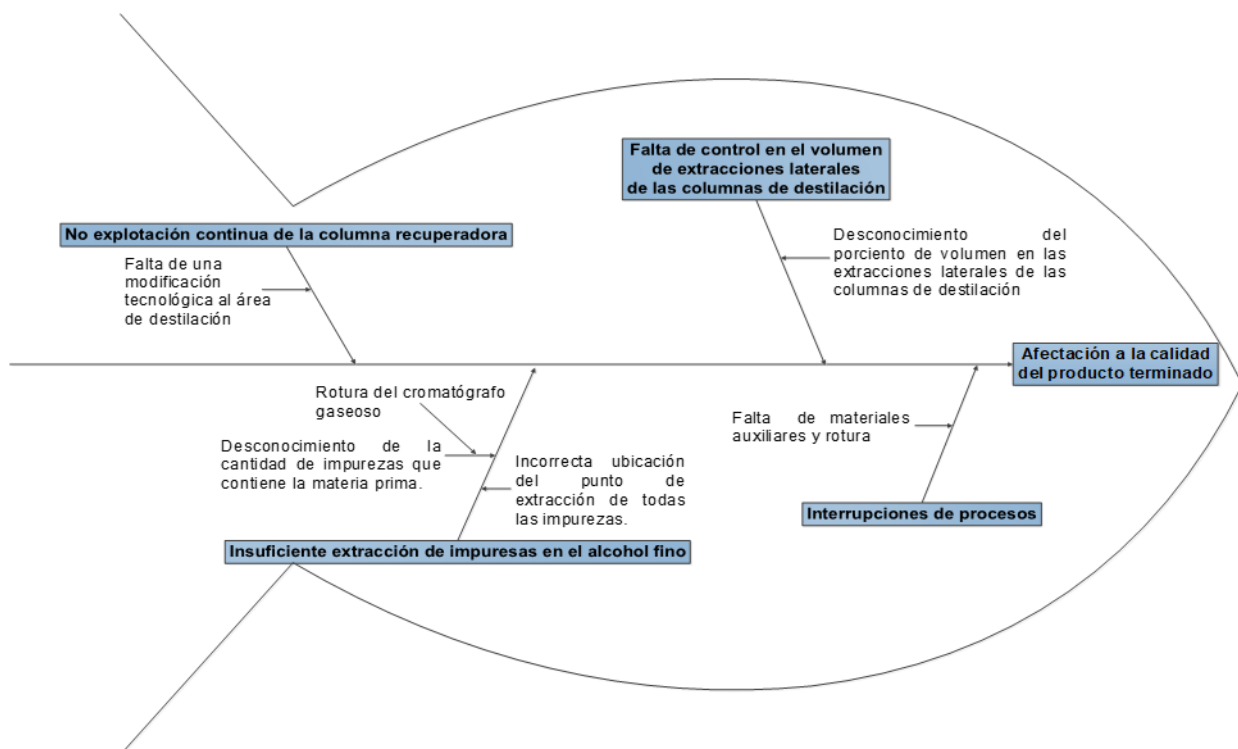


Figura 4. Diagrama de las causas que conllevan a la afectación de la calidad del producto terminado

Fuente: elaboración propia

Luego se aplicó la multivotación, donde intervinieron 7 expertos, para seleccionar las principales causas que provocan esta afectación, obteniéndose que los principales problemas que afectan el correcto desarrollo del proceso son: la falta de control en el volumen de extracciones laterales de las columnas de destilación, la no explotación continua de la columna recuperadora, la incorrecta ubicación del punto de extracción de todas las impurezas, las interrupciones de proceso y la rotura del cromatógrafo.

De igual modo, con la realización de una lluvia de ideas, se decretaron las posibles soluciones para cada uno de estos problemas. Dicho resultado se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Búsqueda de soluciones

PROBLEMAS	ACCIONES A REALIZAR
1-Falta de control en el volumen de extracciones laterales de las columnas de destilación.	Realizar un estudio del comportamiento de la calidad del producto final (alcohol etílico fino) con diferentes volúmenes de extracciones de impurezas para llegar a una conclusión que determine los límites críticos de extracciones laterales en la columna desflemadora y en la columna rectificadora para lograr un mayor control en el volumen de extracciones laterales de las columnas de destilación.
2-No explotación continua de la columna recuperadora.	Efectuar una modificación tecnológica al área de destilación para lo cual se propone: La Rectificación del alcohol de cabeza de columna desflemadora (alcohol D) en la recuperadora. Pasar el alcohol D producido en columna desflemadora por la columna recuperadora antes de ser enviado a los tanques de almacenamiento Desviar el flujo de alcohol condensado en el condensador final que es enviado por diseño a la columna desflemadora hacia la recuperadora con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de volátiles en el alcohol D que se extrae por el segundo condensador de esta columna y no

	volverlo a incorporar al sistema.
3-Incorrecta ubicación del punto de extracción de todas las impurezas.	Realizar una mejor ubicación en las extracciones de alcohol amílico en columna desflemadora para efectuar una nueva ubicación más eficaz de los puntos de extracción de impurezas y así aumentar el volumen de alcohol amílico (<i>fusel-oil</i>) extraído de la columna recuperadora. Enviar extracciones de impurezas de alcoholes de cabeza de la rectificadora a la recuperadora en vez de a la desflemadora.
4-Interrupciones de proceso	Con el objetivo de disminuir las pérdidas que ocurren por interrupciones por la falta de corriente que genera el déficit de agua en condensadores y la pérdida de los vapores alcohólicos a la atmósfera, utilizar tanques elevados que ya están instalados para almacenar agua para utilizarla en los condensadores finales de la columna rectificadora y en el final del sistema en general.
5-Rotura del cromatógrafo	Reparación del cromatógrafo o solicitud de uno nuevo para reemplazar el mismo.

Fuente: elaboración propia

Se caracterizó el sistema productivo de la UEB Destilería perteneciente a la Ronera Cárdenas a partir de las variables definidas por Fernández Sánchez (1993) apud Medina León et al. (2014). Mediante el empleo del Método de Kendall se definió que el proceso prioritario en la UEB Destilación es el proceso de destilación por hidroselección de alcoholes. Se identificaron los elementos internos (tecnología, flujo material, producto del proceso, flujo financiero, flujo de información y red de puestos de trabajo) del proceso de destilación por hidroselección de alcoholes. A partir de la aplicación del Método General de Solución de Problemas, se determinó que las posibles soluciones para erradicar el problema en cuestión son: realizar un estudio del comportamiento de la calidad del producto final con diferentes volúmenes de extracciones de impurezas, efectuar una modificación tecnológica al área de destilación, realizar una mejor ubicación en las extracciones de alcohol

am ílico en columna desflemadora, utilizar tanques elevados, reparación del cromatógrafo o solicitud de uno nuevo para reemplazar el mismo.

Referencias bibliográficas

Becerra, A. A. (2006). Introducción a la Ingeniería. *Félix Varela*.

Castellanos, J. R. M. (2011). Organización del trabajo. Ingeniería de Métodos. . *Félix Varela*, 1.

Dziuba. (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.

Gonzalez, L. D. O. (2019). Problemática de movilidad vehicular en sitios de alta demanda de la localidad de Kennedy-Bogotá 2015-2016 aplicando el diagrama Causa-Efecto (Ishikawa).

Henry Ricardo Cabrera, B. R. P., Alberto Medina León, Yesika Eileen Alcaina Castro. (2020). Implementación de metodología general de solución de problemas a puestos de trabajo en Comercializadora de Cementos. *Episteme*, 7.

Iván Xavier León Rodríguez, L. H. E. C., Simón Bolívar Gallegos Gallegos. (2021). Método general de solución de problemas y Diagrama de Ishikawa en el análisis de los efectos de los femicidios en el entorno familiar. 17.

José G Vargas-Hernández, G. M.-B., María Jiménez-Castillo. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? , 5.

León, M. (2014). La caracterización y clasificación de sistemas, un paso necesario en la gestión y mejora de procesos. Particularidades en organizaciones hospitalarias. *DYNA*.

Rivera, D. N. (2020). Elementos básicos de la cadena de suministros. Técnicas para la recopilación y análisis de la información: coeficiente de Kendall.