INFORME NO. 1 DE PASANTIA
PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL CARBURANTE
INCAUCA S.A.

KLINTON ABRAHAM HURTADO GARCÍA

Universidad de San Buenaventura
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2014

INFORME NO. 1 DE PASANTIA
PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCION DE ALCOHOL CARBURANTE
INCAUCA S.A.

KLINTON ABRAHAM HURTADO GARCÍA

TRABAJO DE GRADO
PRACTICA EMPRESARIAL

FERNANDO A. CUERVO C.
TUTOR

Universidad de San Buenaventura
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2014

INDICE

1. INTRODUCCIÓN..... 3
2. MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS..... 4
3. ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS..... 6
4. ETAPA DE FERMENTACIÓN..... 8
5. ETAPA DE DESTILACIÓN..... 10
6. ETAPA DE EVAPORACIÓN DE VINAZA..... 12
7. ETAPA DE DESHIDRATACIÓN..... 14
8. ALMACENAMIENTO Y DESPACHO..... 16
9. PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS..... 17
10. BIBLIOGRAFIA..... 19

1. INTRODUCCIÓN

El etanol que se produce en el Ingenio del Cauca (Incauca) se usa como aditivo para la gasolina mejorando el octanaje de esta y disminuyendo la contaminación generada por los gases de combustión.

La mezcla de gasolina que se vende en Colombia está compuesta en un 90%-92% por gasolina y un 8%-10% de etanol, según lo dispuesto por la legislación Colombiana 693 del 2001.

La producción de alcohol a partir de miles de la caña de azúcar, es un proceso que consiste principalmente de tres etapas: fermentación, destilación y deshidratación. (INCAUCA)

La destilería del Ingenio del Cauca (Incauca S.A.) además de contar con los procesos anteriormente mencionados (fermentación, destilación y deshidratación), cuenta con un sistema de almacenamiento de alcohol, almacenamiento de materias primas, un sistema de red contra incendios, planta de tratamiento de aguas residuales y la zona de despacho de alcohol.



Imagen1. Destilería del Ingenio del Cauca Fuente: INCAUCA S.A.

2. MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS

Existen diversas materias primas que pueden emplearse para la producción de etanol como el maíz, remolacha y granos; la más común y usada en Colombia a nivel industrial es la caña de azúcar, la cual es utilizada en los ingenios azucareros y duales de Colombia. El proceso productivo inicia cuando el jugo es extraído de la caña a través de procesos de molienda donde se muele la caña suministrando simultáneamente agua a una temperatura entre 70 y 90 °C con el propósito de facilitar la solubilidad de la sacarosa. Los jugos extraídos (denominados jugo de primera extracción y jugo secundario) son mezclados y enviados a la sección de elaboración *(Acevedo et al, 2005; http//:www.cenicana.org)*

El jugo resultante (jugo diluido) se calienta y se somete a una serie de tratamientos químicos que pueden incluir: sulfitación (adición de azufre en forma gaseosa -SO2- o en forma líquida, para reducción de color), encalado (adición de cal en forma de lechada o mezclada con jugo) y adición de agentes floculantes, los dos últimos, para remover impurezas durante la clarificación. En esta etapa, el jugo se separa en dos corrientes: los fondos sedimentados y el jugo claro. Los fondos sedimentados, que contienen una alta carga de sólidos orgánicos e inorgánicos, son tratados en filtros al vacío donde se obtiene un subproducto sólido de consistencia pastosa conocido como cachaza aprovechada como abono orgánico después de ser sometida a un tratamiento de compostaje. El jugo resultante del proceso de filtración se retorna al proceso en la etapa previa de clarificación.

Por su parte, el jugo claro con un contenido de agua cercano a 85%, se concentra por medio de evaporadores de múltiple efecto para producir la meladura con un contenido de agua de 37% al 43%. La meladura se clarifica nuevamente para retirar otras impurezas, antes de ser enviada a los cristalizadores (tachos) de la estación de cristalización.

El producto principal obtenido en los tachos es conocido como masa cocida que es enviada a la estación de centrifugas para separar los cristales de azúcar de la miel. La miel del primer tacho (miel A) se envía al segundo tacho y posteriormente al tercer tacho donde se produce la miel B y la miel C, respectivamente. Estas mieles tienen un menor contenido de sacarosa pero altos contenidos de glucosa y fructosa que, aunque no son cristalizables, constituyen materias primas para la producción de alcohol. El diagrama de bloques del proceso se esquematiza en la Imagen 2.

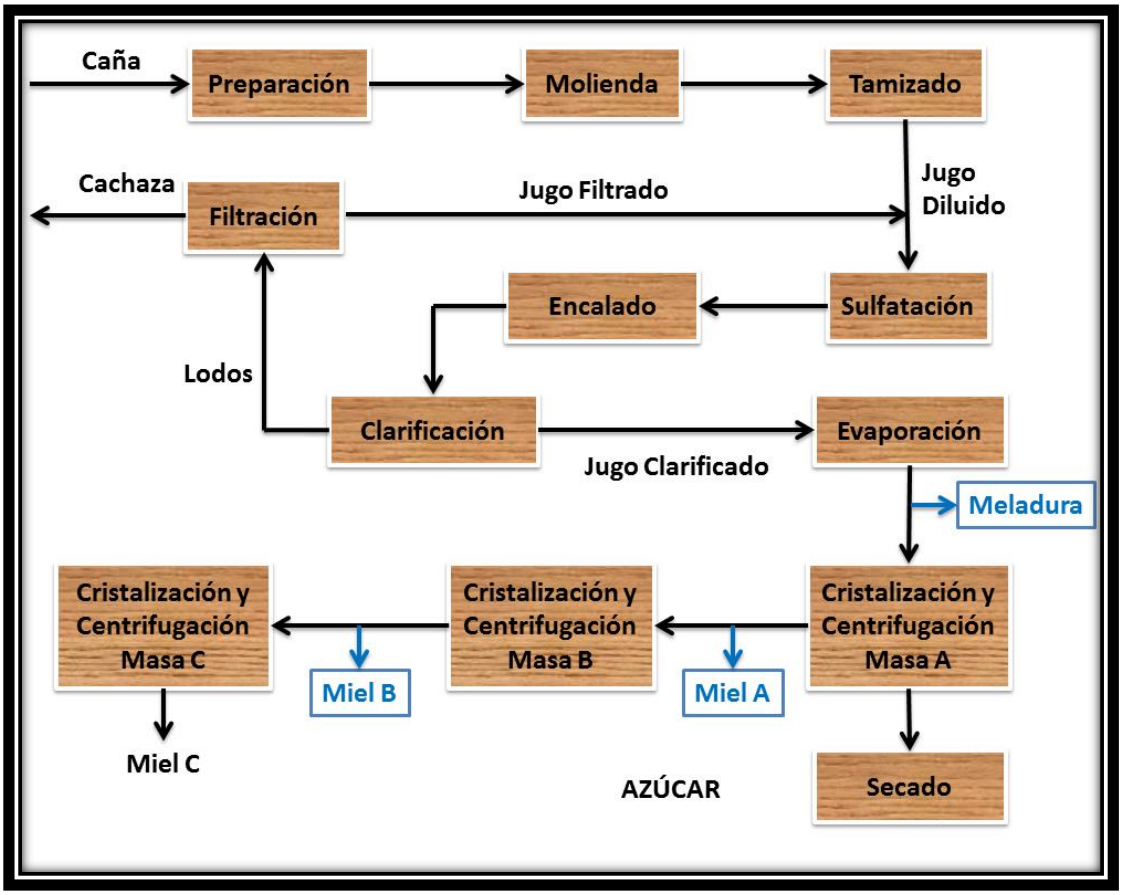


Imagen 2. Producción de azúcar a partir de caña. Fuente: El Autor, 2014.

3. ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

En este se mezclan y se preparan las materias primas (miel A, miel B) para que la mezcla de alimento resultante cumpla con las especificaciones requeridas en la fermentación (contenido de azúcares, sólidos y temperaturas) (Cenicana).

Inicialmente, las materias primas (miel A y miel B) llegan a los cuatro tanques de almacenamiento, donde son bombeadas por medio de tuberías que llegan hasta el tanque de mezcla (T-124) para ser diluidas con agua teniendo en cuenta las cantidades requeridas de estos.

Es en esta parte de la mezcla donde los azucares totales reductores (ATR) juegan un papel importante para hacer la mezcla con la cantidad necesaria de mieles y agua.

Es necesario ajustar los azúcares totales reductores (ATR) para evitar que la levadura fermente proporciones no establecidas. Es por eso que la dilución se hace con agua para disminuir los azucares totales reductores (ATR) y simultáneamente ayudando a transportar la mezcla en las tuberías de acero.

La mezcla es calentada por medio de vapores inyectados, evitando su contaminación, posteriormente la mezcla es dirigida al proceso de fermentación.

En la etapa de acondicionamiento, se cuenta con medidores de flujo que por medio de válvulas automáticas, miden y controlan el flujo que se desea disponer hacia el tanque de mezcla y hacia la fermentación.

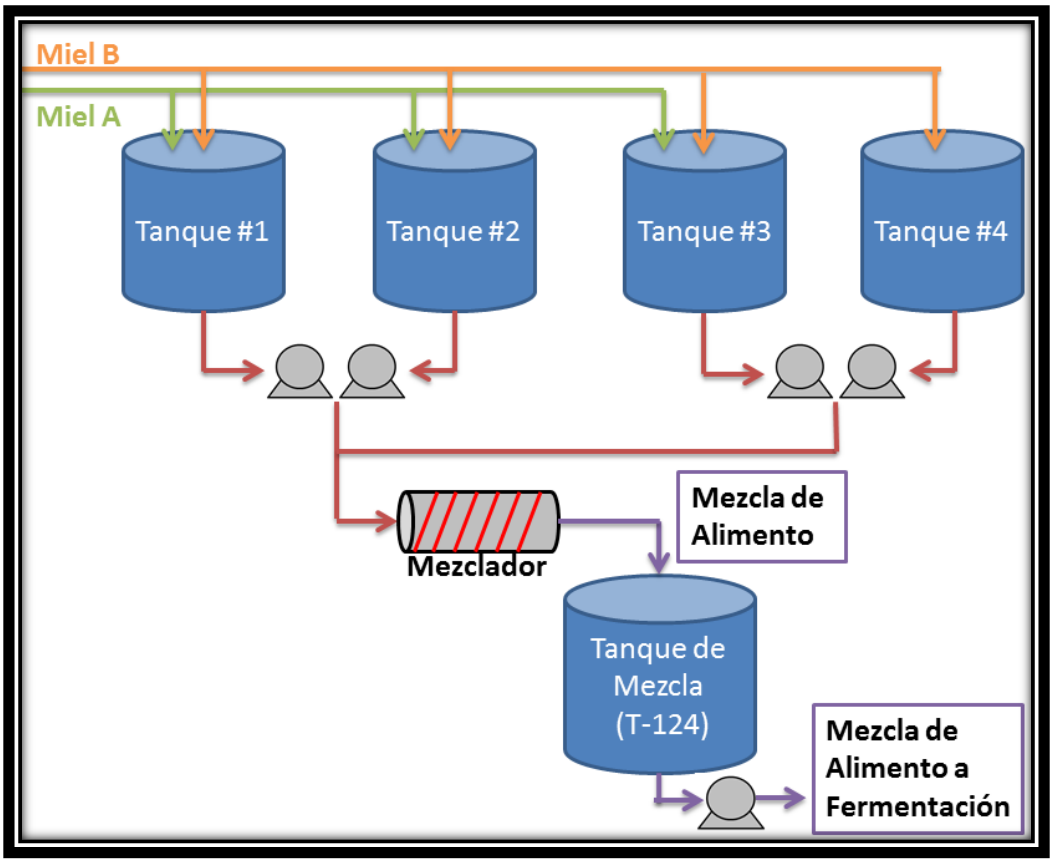


Imagen 3. Acondicionamiento Materias Primas. Fuente: El Autor, 2014.

4. ETAPA DE FERMENTACIÓN

En concordancia con (Cenicana) se puede afirmar que la fermentación es el proceso bioquímico efectuado por la levadura en el que los azúcares presentes en la mezcla de alimento son transformados en etanol y dióxido de carbono, principalmente. Constituye la etapa de mayor cuidado, por ser en la que se genera el producto de interés (alcohol). En esta etapa se deben manejar condiciones específicas de temperatura, pH, concentración de azúcares y nutrientes, para el desarrollo y buen desempeño de las levaduras.

La fermentación se desarrolla por medio de un proceso continuo de cinco reactores que trabajan en serie, donde se llevan a cabo las reacciones químicas de transformación de azúcar en etanol y gas carbónico (Imagen 4).

Al salir del ultimo fermentador se obtiene un producto conocido como mosto o vino fermentado que contiene una concentración promedio de 10,5% (v/v) de alcohol, además, contiene agua, sólidos y levadura.

El 70% de la levadura utilizada es recuperada en el tanque de sedimentación para ser usada nuevamente en el proceso, esta es enviada al tanque de acidulación (R-304) donde se hace un choque con ácido sulfúrico para reducir la contaminación bacteriana presente en la levadura disminuyendo el pH entre 2.5 y 2.7, después es enviada al primer tanque de fermentación, simultáneamente a este mismo se le adiciona por otra línea, levadura nueva proveniente del tanque de propagación (R-305).

El mosto o vino fermentado obtenido del último fermentador se envía por tubería a un tanque donde de forma continua sigue al proceso de destilación para realizar la separación del etanol producido.

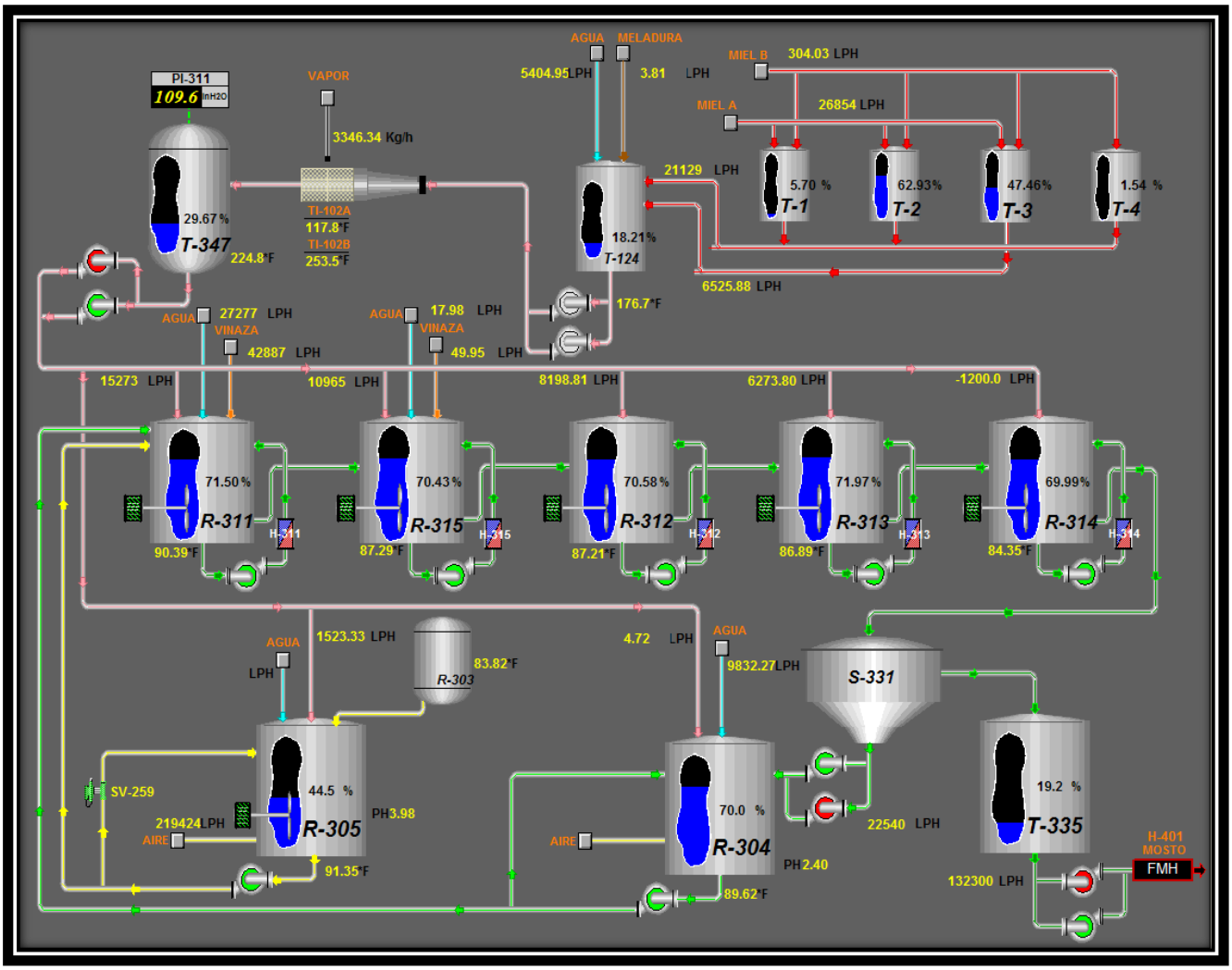


Imagen 4. Materias Primas y Fermentación, Fuente: pantallazo del cuarto de control de la Destilería del Ingenio del Cauca (INCAUCA S.A.).

5. ETAPA DE DESTILACIÓN



Imagen 5. Edificio de Destilación, Evaporación y Deshidratación, Fuente: INCAUCA S.A.

La destilación es un proceso de separación por diferencias en los puntos de ebullición de los componentes de una mezcla, que al ser sometidos al calor, los compuestos más volátiles como el alcohol se evaporan y se concentran en fase de vapor (INCAUCA).

En la destilación se calienta el mosto fermentado con el fin de evaporar el etanol, y obtener alcohol con una pureza del 96% (v/v). Para ello, la planta cuenta con una columna desgasificadora de 4 platos perforados, una columna mostera de 20 platos tipo grid, una columna de aldehídos de 24 platos de caperuza, y una columna rectificadora de 56 platos de caperuza, que operan en serie siendo

sometidas a vacío, para disminuir los puntos de ebullición de las sustancias volátiles, aumentando así, la eficiencia energética del proceso. (INCAUCA)

El mosto que proviene de la sección de fermentación contiene 10,5% v/v de etanol, además de agua, gases, sólidos disueltos y otros compuestos que deben retirarse, esto se hace enviándose a la columna mostera donde se obtienen 3 productos, por la parte superior se obtienen vapores livianos con que van a la columna de aldehídos para obtener el alcohol impuro con concentración del 96% v/v etanol, por la parte intermedia se obtienen gases con una concentración de alcohol entre el 40-50% v/v que se envían a la columna rectificadora para obtener alcohol del 96% v/v etanol, por la parte inferior de la columna se obtiene una corriente líquida llamada vinaza. (INCAUCA)

Por la parte superior de la columna rectificadora se obtiene el alcohol rectificado por encima de una concentración de 96% v/v etanol, de los platos intermedios de esta misma columna (rectificadora) se extrae el aceite de Fusel y por el fondo se obtienen las flemazas, que se envían a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). (INCAUCA)

Tanto el alcohol impuro proveniente de la columna de aldehídos con concentración del 96% v/v etanol y el alcohol rectificado con una concentración por encima del 96% v/v etanol son mezclados en un mismo tanque (T-409) para ser enviados a deshidratación.

6. ETAPA DE EVAPORACIÓN DE VINAZA

El flujo de vinaza que sale por la parte inferior de la columna mostera es dividido en 2 partes, el 45-50% de la vinaza generada se envía a la sección de fermentación sin ningún tratamiento alguno y el 50-55% restante hacia los 4 evaporadores de vinaza (Flubex) donde se concentran los sólidos para su posterior uso en compostaje (INCAUCA), cuando la generación de vinaza supera la cantidad de volumen que se puede usar en compostaje sale a flote un costo adicional para la destilería que es el transporte de vinaza en carro tanque para un directo riego en campo.

Los evaporadores (Flubex) son de tubo y coraza de una área para transferencia de calor de 502 m^2 cada uno, los cuales funcionan con el principio del lecho fluidizado, (proceso en el que, en un lecho con partículas sólidas, se hace pasar un fluido hasta lograr una mezcla homogénea entre las partículas y el fluido; volviéndolo útil para operaciones de intercambio de calor), haciendo circular la vinaza por los tubos con 4 toneladas de partículas metálicas de acero inoxidable, ayudando a prevenir la rápida incrustación de los evaporadores debido a los altos contenidos de sólidos de la vinaza.

Estos equipos (Flubex) permiten obtener una relación de generación de vinaza por cada litro de alcohol producido entre 0.9 – 2.0 litros de vinaza, el rango varía dependiendo a la cantidad de vinaza sometida al proceso de evaporación.

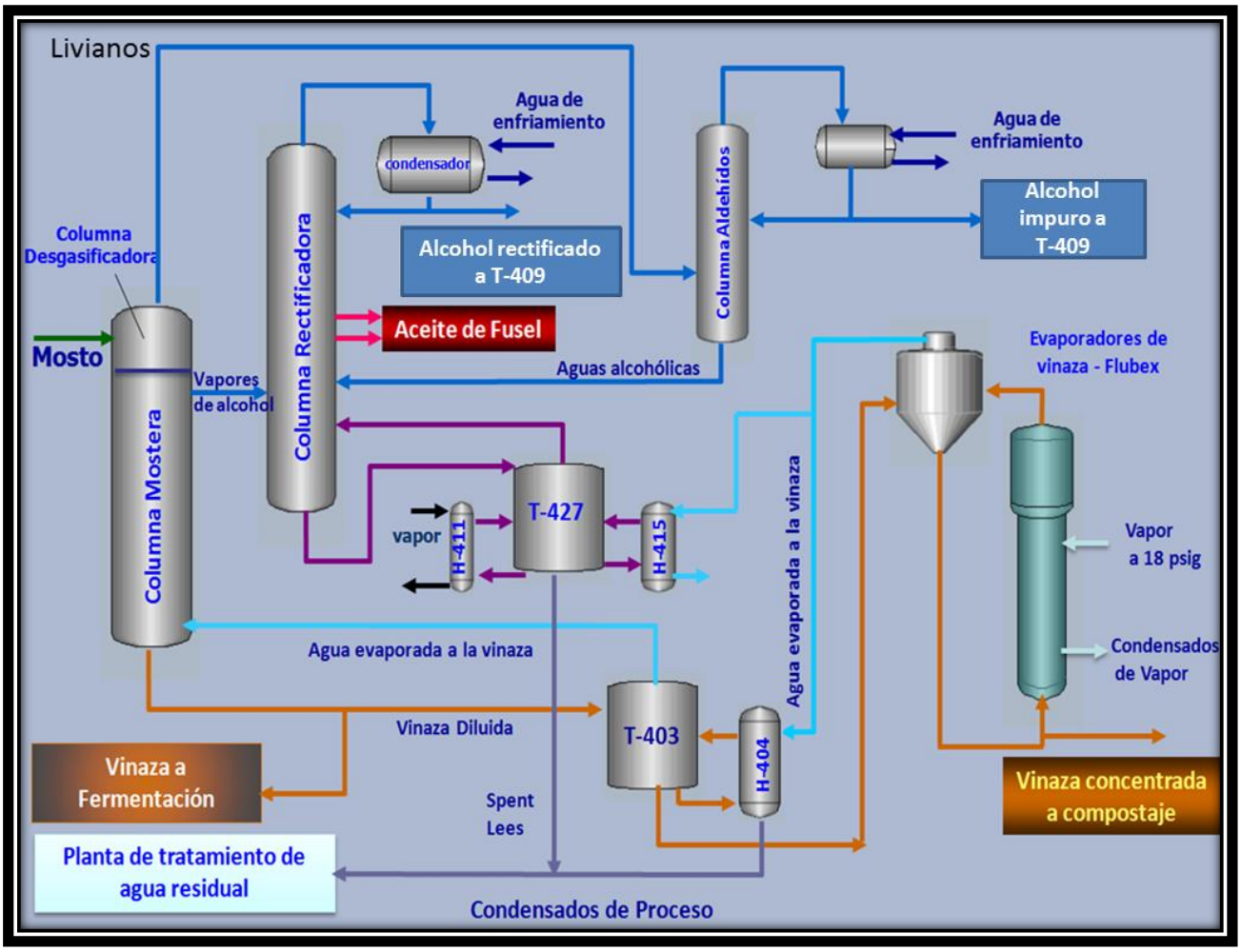


Imagen 6. Etapa de Destilación y Evaporación de vinaza, Fuente: INCAUCA S.A.

7. ETAPA DE DESHIDRATACIÓN

Etapa del proceso de producción de etanol carburante en la que se busca obtener un producto de elevada concentración de etanol (> 99.5 % v/v) retirando el agua remanente, bien sea mediante técnicas de adsorción por tamices moleculares, o también se pueden usar otras técnicas como la destilación azeotrópica, destilación extractiva o pervaporación.

El alcohol mezclado en el T-409 proveniente de la columna rectificadora y columna de aldehídos durante la etapa de destilación contiene aproximadamente 96% v/v de etanol y 4% v/v de agua. Para que el alcohol pueda ser usado como combustible, es necesario retirarle más cantidades de agua por medio de la deshidratación, que tiene lugar en los tamices moleculares, conformados por medio de una resina sintética (Zeolita) que retiene el agua contenida en el alcohol sobrecalentado (temperatura mínima de 250°F), la Zeolita tiene la capacidad de capturar moléculas de tamaños inferiores a 3 ångström (Å) cuando se pasa una corriente de vapores de alcohol húmedo sobrecalentado a través de estas. Para obtener como producto alcohol deshidratado con una concentración mínima de 99.7 % de etanol, el alcohol deshidratado o alcohol anhidro se condensa y enfría para ser almacenado. (INCAUCA)

Se cuentan con 2 tamices moleculares, que cumplen con el objetivo de deshidratar, mientras uno se encuentra deshidratando (extrayendo el agua del alcohol rectificado) por presión, el otro se encuentra regenerando las zeolitas por medio de vacío. (INCAUCA)

El alcohol deshidratado o también llamado alcohol anhidro es condensado y enfriado para ser almacenado en los tanques de almacenamiento y despacho.

Los análisis fisicoquímicos del producto, garantizan que este cumpla con las especificaciones requeridas para su uso como alcohol carburante, estos análisis son elaborados en el laboratorio para análisis de etanol (acreditado), donde debe

de cumplir el alcohol anhidro con el grado alcohólico, pH , conductividad y demás según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5308

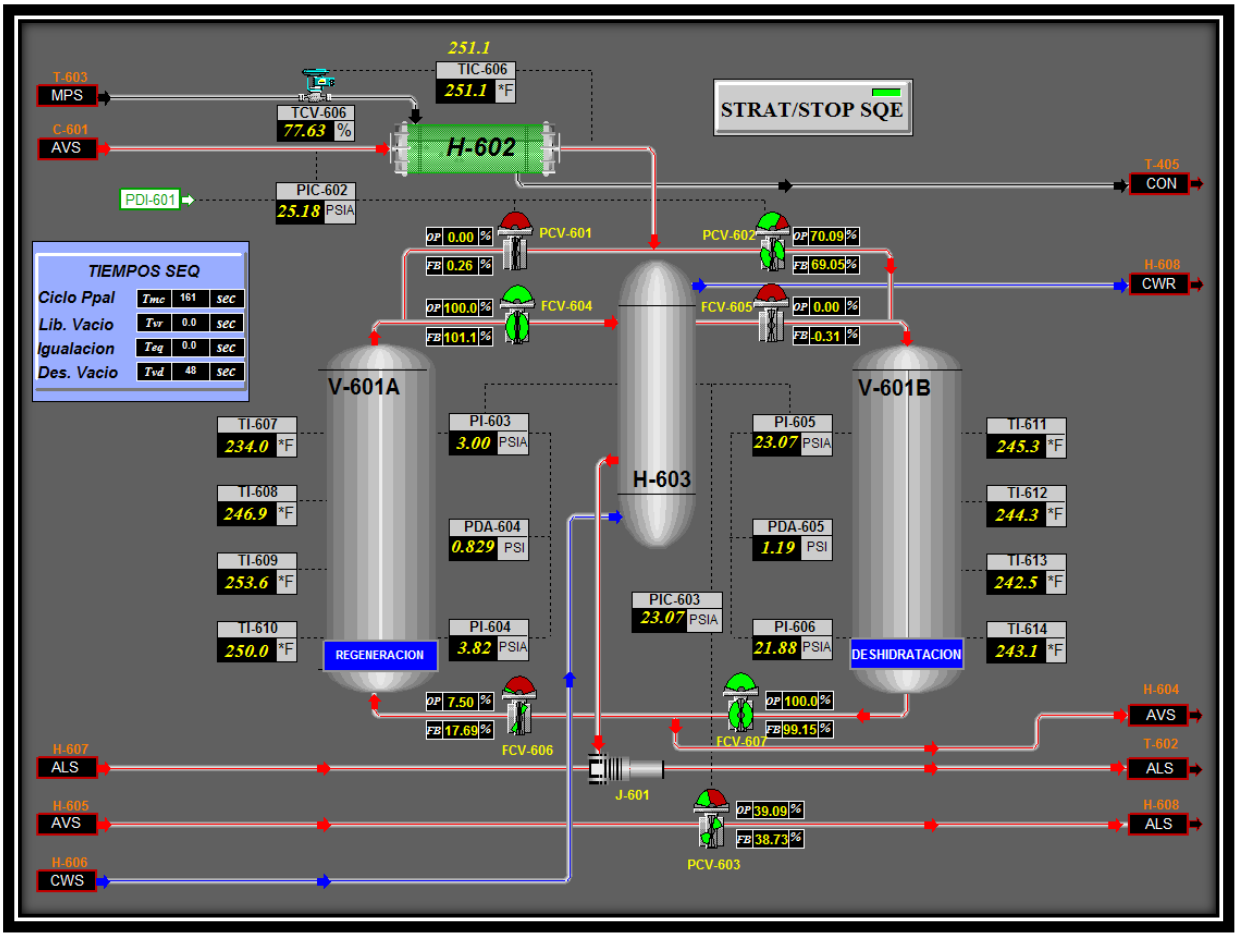


Imagen 7. Tamices Moleculares.

8. ALMACENAMIENTO Y DESPACHO

La destilería cuenta con una zona de almacenamiento y despacho para el producto terminado.

Existen dos tanques de 112 m^3 recibidores de alcohol anhidro a donde se dirige la producción de la destilería y se realizan las pruebas de calidad de este, después de que los analistas del laboratorio certifiquen el alcohol en los tanques recibidores, pasa a ser almacenado en tres tanques de tres millones de litros cada uno, con capacidad para 25 días de inventario.

Además, hay un tanque para alcohol rectificado (595 m^3), uno para alcohol impuro (75 m^3), aceite de Fusel (10 m^3) y gasolina (152 m^3), todos construidos en acero carbón.

Durante el despacho de alcohol en carro tanques, se regulan los flujos de alcohol anhidro y gasolina a los compartimientos de la cisterna, para lograr un contenido mínimo del (2% – 3%) v/v de agente desnaturalizante (gasolina) en el producto entregado.



Imagen 8. Almacenamiento de alcohol certificado, Fuente: INCAUCA S.A.



Imagen 9. Llenado de carro tanque en despacho, Fuente: INCAUCA S.A.

9. PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

El producto principal de la destilería es el alcohol anhidro, el cual sale de los tamices moleculares con 99,7% v/v de etanol, concentración que se disminuye con la adición del agente desnaturalizante (gasolina) a una proporción no menor al 2% v/v según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5308.

Como subproducto se obtiene vinaza concentrada que es enviada al área de compostaje o en su defecto es regada directamente en el campo, esta vinaza tiene una alta cantidad de solidos los cuales están diluidos facilitando el proceso de compost, favoreciendo al área de compostaje al no adicionar agua de pozo para darle humedad al compost.

Actualmente se tienen proyectos para obtener más beneficios de subproductos que se pueden obtener en la destilería, entre ellos está la venta de levadura deshidratada producto de la acidulación para consumo animal, transformar el gas carbónico producto del proceso de fermentación a dióxido de carbono y comercializarlo a empresas productoras de gaseosas, construir en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) un sistema de producción de gas.

ELEMENTO	OBSERVACIONES
LEVADURA SECA	Actualmente empresas como Bavaria separa la levadura usada en el proceso de fermentación para ser vendida a empresas que procesen alimentos de consumo animal, esto se debe a su valor proteínico.
ACEITE DE FUSEL	Este es vendido a empresas para transformación en disolventes, extracción de esencias o separación de sus alcoholes pesados.
VINAZA	Esta es usada en 3 campos; se puede recircular para la fermentación, disminuyendo el consumo de agua en este proceso; es también llevada a evaporadores para concentrar más los sólidos en esta y finalmente bombeada hasta compostaje donde disponen de ella para hacer riegos en campo o usarla en el proceso de compost.
FLEMAZA	Esta es producto del fondo de la columna mostera, condensados de proceso y vapores, es llevada a la PTAR para ser tratado y conducido a los afluentes.
DIOXIDO DE CARBONO	Es producido durante la fermentación, su principal uso es para bebidas gaseosas, se debe de comercializar en líquido.

10. BIBLIOGRAFIA

Cenicana. (s.f.). *Cenicana*. Recuperado el Mayo de 2014, de www.cenicana.org: http://www.cenicana.org/pop_up/fabrica/diagrama_etanol.php

INCAUCA. (s.f.). *INCAUCA*. Recuperado el Mayo de 2014, de ww.incauca.com: http://www.incauca.com/content/Alcohol-Carburante