



**Universidad del Azuay**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Ingeniería en Alimentos**

***DETERMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FILTRACIÓN  
EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS EN  
EMBOTELLADORA AZUAYA S.A., A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE LA  
TURBIDEZ.***

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniera en  
Alimentos**

**Autora:**

Molina Díaz María Augusta

**Director:**

Ing. Albarracín Solís Oswaldo

**Cuenca, Ecuador  
2009**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Gustavo y María Augusta, por ser mi ejemplo de lucha, honestidad y dedicación y por enseñarme que detrás del sacrificio está el camino del éxito.

A mi hermana Viviana, por ser mi fiel amiga, compañera y confidente, y mi gran apoyo para lograr esta meta.

A una persona muy importante en mi vida, Luis, por brindarme todo su cariño y amor, en el largo transcurso de este sueño que ahora se cumple.

Gracias a todos ustedes.

Les llevo en el corazón.

María Augusta

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios, pues el es el autor de mi vida y el autor de este logro. A mis padres por ser mi ejemplo del camino a seguir y brindarme incondicionalmente su apoyo.

De manera muy sincera a mi director de tesis, Ingeniero Oswaldo Albarracín, por su paciencia y dedicación en la realización de este trabajo.

A la empresa Embotelladora Azuaya, por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones y de manera especial a la Doctora Cristina Moreno y Enóloga Claudia Chiffel.

Un especial agradecimiento al Doctor Manuel Vega y a la Doctora Silvana Donoso por apoyarme en la realización de este trabajo.

Al Máster Moisés Pérez Barinotto por ser mi proveedor de tierras filtrantes y mi asesor para realizar la mejora alcanzada en este trabajo.

A las autoridades de la Facultad de Ciencia y Tecnología, a todos mis distinguidos maestros quienes con sabiduría y entrega, supieron guiarme en la etapa universitaria.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para la realización de este trabajo.

María Augusta

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	1

### CAPÍTULO 1: TURBIDEZ

1.1. Conceptos.....	3
1.1.1. Turbidez.....	3
1.1.2. Turbidímetro.....	3
1.2. Métodos de medición de la turbidez.....	4
1.2.1. Medición mediante turbidímetro.....	4
1.2.2. Medición mediante espectrofotómetro.....	4
1.3. Turbidímetro marca Hach, modelo 2100 P.....	5
1.3.1. Fundamento.....	5
1.3.2. Características.....	6
1.3.3. Especificaciones técnicas.....	6
1.3.4. Procedimiento de medición de la turbidez.....	8
1.3.5. Calibración.....	9
1.4. Conclusiones.....	10

**CAPÍTULO 2: FILTRACIÓN**

2.1. Conceptos.....	11
2.1.1. Filtración.....	11
2.1.2. Tierras filtrantes.....	11
2.1.2.1. Propiedades físicas.....	12
2.1.2.2. Mecanismo de acción.....	13
2.1.2.3. Formas y dosis de utilización.....	13
2.1.3. Módulos filtrantes.....	14
2.1.3.1. Factores que influyen el nivel de retención en los módulos filtrantes.....	15
2.1.3.1.1. Del producto.....	15
2.1.3.1.2. Del módulo.....	15
2.1.4. Eficiencia de filtración.....	15
2.1.4.1. Teoría general de la filtración.....	16
2.1.5. T-Student.....	17
2.2. Métodos de filtración.....	17
2.2.1. Filtración de superficie.....	17
2.2.1.1. Construcción.....	18
2.2.2. Características.....	18
2.2.2. Filtración de profundidad.....	18
2.2.2.1. Estructura.....	18
2.2.2.2. Construcción.....	18
2.2.2.3. Características.....	19

2.2.3. Filtración de membrana.....	19
2.2.3.1. Estructura.....	19
2.2.3.2. Construcción.....	19
2.2.3.3. Características.....	19
2.3. Medios filtrantes.....	20
2.3.1. Tierras diatomeas.....	20
2.3.2. Filtros prensados y barras de algodón.....	22
2.3.3. Pulpas y papeles filtros.....	22
2.3.4. Lechos granulares.....	22
2.3.5. Placas filtrantes de arcilla, cuarzo, vidrio, tierras diatomeas de determinado tamaño de grano.....	22
2.4. Trenes de filtración.....	23
2.5. Conclusiones.....	26

### **CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE FILTRACIÓN ACTUAL**

3.1. Toma de datos.....	28
3.1.1. Determinación del tamaño de la muestra.....	28
3.1.1.1. Cálculos.....	29
3.1.2. Características generales de los productos.....	29
3.1.3. Datos obtenidos por cada punto de control y por producto.....	30
3.1.4. Costos de filtración para los 22 lotes de cada producto.....	35
3.2. Análisis estadístico de los datos.....	36
3.1.2. Determinación de la eficiencia de filtración actual en cada uno de los productos y vida útil de los módulos.....	36
3.3. Conclusiones.....	40

## CAPÍTULO 4: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FILTRACIÓN

4.1. Nuevos métodos de filtración.....	41
4.1.1. Nuevos módulos filtrantes aplicados para este proceso.....	41
4.1.1.1. Módulos de filtración de profundidad Supradisc II, de Pall.....	41
4.1.1.1.1. Características y usos.....	42
4.1.1.1.2. Ventajas.....	42
4.1.1.1.3. Desventajas.....	42
4.2. Nuevos medios de filtración.....	43
4.2.1. Nuevas tierras filtrantes.....	43
4.2.1.1. Producto AB y producto AI.....	43
4.2.1.1.1. Fibrosteril.....	43
4.2.1.2. Producto AW.....	44
4.2.1.2.1. Fibroxcel 10.....	44
4.2.1.2.2. Fibroxcel 30.....	45
4.2.2. Ensayos con las nuevas tierras diatomeas.....	46
4.2.1.1. Datos obtenidos.....	47
4.2.3. Costos de filtración para los 22 lotes de cada producto.....	50
4.2.4. Análisis estadístico de los datos para determinar la eficiencia de filtración utilizando las nuevas tierras.....	51
4.2.5. Comparación del método actual con la mejora propuesta, utilizando el método t-student con análisis de varianza.....	57
4.3. Disponibilidad y factibilidad de usar los nuevos medios filtrantes.....	64
4.4. Conclusiones.....	65

**CONCLUSIONES**.....66

**RECOMENDACIONES**.....67

**BIBLIOGRAFÍA**.....68

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

### FIGURAS

Figura 1. Turbidímetro 2100 P y accesorios.....	5
Figura 2. Sistema óptico.....	6
Figura 3. Esqueletos de diatomeas.....	12
Figura 4. Diseño clásico de discos lenticulares.....	14
Figura 5. Célula individual de filtración.....	14
Figura 6. Dirección de flujo.....	15
Figura 7. Filtro de superficie.....	20
Figura 8. Filtro de profundidad.....	20
Figura 9. Filtro de membrana.....	20
Figura 10. Filtro de arena a presión.....	22
Figura 11. Porcentaje de eficiencia actual de los productos.....	39
Figura 12. Costos de filtración para los 22 lotes de producto con el proceso actual.....	39
Figuras 13, 14 y 15. Exterior e interior del módulo Supradisc II, de Pall.....	41
Figuras 16 y 17. Daños en módulos clásicos de discos lenticulares.....	43
Figura 18. Porcentajes de eficiencia de filtración de los productos utilizando las nuevas tierras filtrantes.....	54
Figura 19. Comparación de eficiencias de filtración en el producto AB.....	54
Figura 20. Comparación de eficiencias de filtración en el producto AI.....	55
Figura 21. Comparación de eficiencias de filtración en el producto AW.....	55
Figura 22. Costos de filtración para los 22 lotes de producto, utilizando las nuevas tierras filtrantes.....	56

Figura 23. Comparación de costos en los productos AB y AI.....	56
Figura 24. Comparación de costos en el producto AW.....	57

## TABLAS

Tabla 1. Propiedades de las diatomeas marca Celite.....	21
Tabla 2. Tierras diatomeas utilizadas actualmente en la línea 3.....	31
Tabla 3. Tierras diatomeas utilizadas actualmente en la línea 1.....	31
Tabla 4. Producto AB (Datos iniciales).....	32
Tabla 5. Producto AI (Datos iniciales).....	33
Tabla 6. Producto AW (Datos iniciales).....	34
Tabla 7. Producto AB y AI (Costos iniciales).....	35
Tabla 8. Producto AW (Costos iniciales).....	35
Tabla 9. Producto AB (%eficiencia actual).....	36
Tabla 10. Producto AI (%eficiencia actual).....	37
Tabla 11. Producto AW (%eficiencia actual).....	38
Tabla 12. Nueva tierra diatomea utilizada en la línea 3.....	46
Tabla 13. Nuevas tierras diatomeas utilizadas en la línea 1.....	46
Tabla 14. Producto AB (Datos secundarios).....	47
Tabla 15. Producto AI (Datos secundarios).....	48
Tabla 16. Producto AW (Datos secundarios).....	49
Tabla 17. Producto AB y AI (Costos secundarios).....	50
Tabla 18. Producto AW (Costos secundarios).....	50
Tabla 19. Producto AB (%eficiencia con las nuevas tierras).....	51
Tabla 20. Producto AI (%eficiencia con las nuevas tierras).....	52

Tabla 21. Producto AW (%eficiencia con las nuevas tierras).....	53
Tabla 22. Producto AB (T-student).....	62
Tabla 23. Producto AI (T-student).....	63
Tabla 24. Producto AW (T-student).....	64

## **FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 1. Placa vertical de la estación filtrante de la línea 3.....	23
Fotografía 2. Módulos de discos lenticulares.....	24
Fotografía 3. Carcasa de acero inoxidable marca Veladisk.....	24
Fotografía 4. Estación filtrante de la línea 1.....	25
Fotografías 5 y 6. Módulos de discos lenticulares.....	26

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Letra clave del tamaño de la muestra.....	71
Anexo 2. Planes de muestreo para inspección normal.....	73
Anexo 3. Ficha técnica de la tierra diatomea; Fibra Cell S-W10.....	75
Anexo 4. Ficha técnica de la tierra diatomea: Hyflow Super Cell.....	77
Anexo 5. Ficha técnica de la tierra diatomea: Celite Standar Supercell.....	79
Anexo 6. Ficha técnica de la tierra diatomea: Fibrosteril.....	81
Anexo 7. Ficha técnica de la tierra diatomea: Fibroxcel 10.....	84
Anexo 8. Ficha técnica de la tierra diatomea: Fibroxcel 30.....	87

## **RESUMEN**

En Embotelladora Azuaya S.A., un proceso vital es el de filtración, ya que del mismo depende la buena calidad de las bebidas alcohólicas que se ofertan al consumidor.

El objetivo principal de este trabajo fue mejorar la eficiencia de filtración de tres productos que se elaboran en la empresa.

En primer lugar se realizó un diagnóstico de la situación actual (con tierras filtrantes utilizadas actualmente), tomando muestras y midiendo la turbidez, para determinar la eficiencia de filtración.

En segundo lugar se utilizaron otras tierras filtrantes, nuevamente se tomaron muestras para medir la turbidez y determinar la eficiencia de filtración.

Se obtuvo una notable mejora en todos los productos, a la vez que se redujeron costos.

## **ABSTRACT**

In the bottling company Embotelladora Azuaya S.A., filtration is a vital process that is key to producing the high-quality alcoholic beverages that they offer to the customer.

The main objective of this work was to improve efficiency in the filtration of three products produced by the company.

First, a diagnostic of the current situation was done (with earth filters currently used), taking samples and measuring the turbidity in order to measure the filtration efficiency.

Secondly, different earth filters were used and samples were again taken to measure the turbidity and determine the filtration efficiency.

There was a notable improvement in all the products, while at the same time a reduction in costs.

Molina Díaz María Augusta  
Trabajo de Graduación  
Ing. Oswaldo Albarracín Solís.  
Abril del 2009

**DETERMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FILTRACIÓN EN  
EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS EN  
EMBOTELLADORA AZUAYA S.A., A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE LA  
TURBIDEZ**

**INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo está dirigido a determinar y optimizar la eficiencia de filtración de tres bebidas alcohólicas producidas por Embotelladora Azuaya S.A.

Para poder entender la importancia de la operación de filtración, se describirá brevemente su desarrollo.

El proceso de filtración consta de varios sub procesos. En la sección de elaboración, el primer sub proceso, consiste en filtración por tierras diatomeas, por unas máquinas llamadas “estaciones filtrantes”, que consisten básicamente en un conjunto de placas, ya sean verticales u horizontales, -dependiendo de la línea en la que se trabaje-, sobre las cuales se forma una torta de tierras y se hace pasar el producto elaborado (El producto “elaborado” es aquel que únicamente es filtrado antes de ser envasado y ya no se realiza ningún otro proceso intermedio que pueda modificar sus características químicas u organolépticas, hasta llegar al consumidor) para que retenga todo tipo de partículas en suspensión provenientes de las materias primas.

El siguiente sub proceso consiste en filtrar los productos por módulos de discos lenticulares, los cuales están fabricados en mayor proporción de polietileno y en menor cantidad por tierras diatomeas (en su interior). Estos accesorios, se utilizan para retener las partículas más pequeñas y dar un aspecto brillante al producto. Sin embargo tienen una desventaja y es su elevado costo.

Finalmente, como tercer sub proceso, en la sección de envasado, existe la filtración por módulos de discos lenticulares pero de menor poraje, para eliminar todas las partículas que no han sido retenidas en la sección de elaboración y de esta manera garantizar una adecuada filtración de los productos.

Actualmente, el principal problema que existe, es que las tierras diatomeas no son adecuadas para los productos, por su composición y tampoco son selectivas para los mismos. Este problema provoca una reducción en la vida útil de los módulos filtrantes, ya que los productos ingresan menos limpios a los módulos y los módulos realizan un trabajo mayor para lograr una eficiencia más alta en la filtración, incrementando los costos, por tener que reemplazarlos con mayor frecuencia.

Es por ello que en este proyecto se planteó realizar -en primera instancia- un diagnóstico de la situación actual del proceso de filtración. Para ello se tomaron seis muestras en distintos puntos críticos del proceso, de veinte y dos lotes de cada producto (Aplicando la norma de muestreo NTC-ISO 2859-1: Procedimientos de muestreo para inspección por atributos), en tres productos, dos de ellos de la línea de aguardientes y uno de la línea de licores afrutados y se midió la turbidez de cada una de las muestras, reportada en unidades NTU. Como siguiente paso se determinó la eficiencia de filtración en cada lote y en promedio de todos los lotes, de cada producto.

Al concluir la primera parte, se investigó sobre nuevas tierras filtrantes que podrían ayudar a mejorar la eficiencia de filtración y se realizó el mismo tratamiento anterior, utilizando las nuevas diatomeas.

Se pudo comprobar que existió una mejora en la eficiencia de filtración y también una reducción de costos.

La mejora obtenida, fue demostrada estadísticamente, a través de la T Student ó Prueba T, para medias de dos muestras emparejadas, con varianzas iguales, ya que esta prueba se utiliza cuando la población se somete a prueba antes y después de un experimento, siempre que sean de una misma naturaleza y se aplica para saber si lo que se intenta demostrar tiene o no tiene validez estadísticamente.

Finalmente, al concluir este proyecto, la empresa desea implementar los cambios propuestos y las mejoras alcanzadas, monitoreando siempre las operaciones para lograr un mayor control y una mejora continua en el proceso.

## CAPÍTULO 1

### TURBIDEZ

#### 1.1. Conceptos

##### 1.1.1. Turbidez

“Se entiende por turbidez al grado de transparencia o "pureza óptica", más allá de su color, que lo da la proporción, cantidad y calidad de distintos materiales en suspensión dentro de un líquido”.

**Fuente:** (Instrucción interna de la empresa I12PRO, “Filtración de elaborado”).

También se define como la falta de transparencia de un líquido, debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuanto más sólidos en suspensión haya en el líquido, más alta será la turbidez.

Las mediciones de turbidez proporcionan datos sobre la concentración de partículas que no se han disuelto y que quedan suspendidas en la fase líquida. La concentración de partículas determinada se utiliza para el control y la optimización del proceso, por ejemplo en los procesos de filtración o la medición de concentración de sólidos en líquidos.

##### 1.1.2. Turbidímetro

Instrumento utilizado para medir la turbidez de los líquidos. Mide la dispersión de un haz de luz en un ángulo de 90°. Consta de una caja oscura, en la que se aloja la fuente luminosa y los receptores, en el que se inserta un recipiente transparente con la muestra de líquido cuya turbidez se pretende determinar. Tras ubicar la muestra en su receptáculo, se procede a taparlo para evitar la entrada de luz parásita del exterior. Normalmente, antes de su utilización, se realiza una calibración del aparato con una solución testigo de turbidez conocida.

Los turbidímetros se utilizan para comprobar la pureza de los líquidos, la presencia de coloides o sustancias disueltas, y para analizar las propiedades físicas de las muestras. La unidad de turbidez es NTU (*Nephelometer Turbidity Units*).

El espectrofotómetro también se utiliza en este tipo de mediciones aunque no es tan específico para ello como el nefelómetro. El espectrofotómetro mide la luz transmitida a través del cuerpo en cuestión, y esta luz está, de modo aproximado, inversamente relacionada con la luz dispersada.

## **1.2. Métodos de medición de la turbidez**

### **1.2.1. Medición mediante turbidímetro**

La turbidez en una muestra es producida por sólidos en suspensión. El grado de turbidez es una medida de la concentración de los mismos.

Cuando la luz pasa a través de un medio transparente en el que existe una suspensión de partículas, parte de la radiación se dispersa.

La disminución de la intensidad de un haz colimado, como consecuencia de la dispersión de la luz por las partículas, constituye la base de los métodos turbidimétricos, los cuales miden la radiación dispersada a un ángulo de 90° con respecto al haz incidente.

Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbidez. Por ello la medición de la turbidez puede ser usada para proporcionar una estimación de la concentración de TSS (Sólidos Totales en Suspensión).

### **1.2.2. Medición mediante espectrofotómetro**

El espectrofotómetro es un aparato utilizado para medir la turbidez de una sustancia. Esta sustancia proporciona luz monocromática, que solamente permite el paso de la longitud de onda elegida (expresadas en nanómetros: nm).

La cantidad de luz absorbida por una suspensión es medida por una célula fotoeléctrica y se expresa como absorbancia o densidad óptica.

Así, la absorbancia se define como la proporción de luz incidente absorbida por una suspensión y se puede calcular como: luz absorbida/luz incidente.

Por otra parte la transmitancia se define como la proporción de luz transmitida que atraviesa una suspensión: luz transmitida/luz incidente.

La relación entre la transmitancia y la absorbancia se define matemáticamente de la siguiente manera:

$$\text{Absorbancia} = 2 - \log (\% \text{ de transmitancia})$$

Por lo tanto, el espectrofotómetro mide la luz transmitida a través del cuerpo en cuestión, y esta luz está de modo aproximado, inversamente relacionada con la luz dispersada.

### 1.3. Turbidímetro marca Hach, modelo 2100 P

**Figura 1.** Turbidímetro 2100 P y accesorios



**Fuente:** [www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3A4650093157%7C1](http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3A4650093157%7C1).

**Elaboración:** Hach Company.

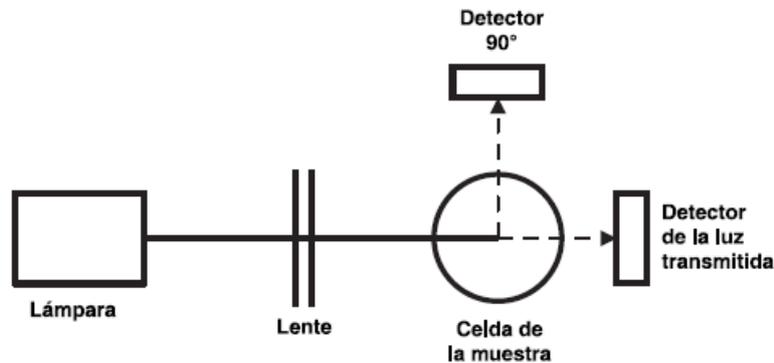
#### 1.3.1. Fundamento

El Turbidímetro Portátil Modelo 2100P mide la turbidez por el método nefelométrico.

El sistema óptico (Figura 2) consta de una lámpara de filamento de tungsteno, un detector en 90° para captar la luz difusa y un detector de luz transmitida. El microprocesador del instrumento calcula el coeficiente entre las señales del detector en 90° y del detector de luz transmitida. Esta técnica por coeficientes corrige la distorsión de los resultados producida por el color y/o los materiales absorbentes de la luz y compensa las fluctuaciones de la intensidad de la lámpara,

proporcionando estabilidad de calibración a largo plazo. Asimismo, el diseño óptico minimiza la luz difusa, aumentando la precisión de las mediciones.

**Figura 2.** Sistema óptico



**Fuente:** [www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3A4650093157%7C1](http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3A4650093157%7C1).

**Elaboración:** Hach Company.

### 1.3.2. Características

Este turbidímetro mide la turbidez en el intervalo comprendido entre 0,01 y 1.000 NTU en el modo de selección automática, con colocación automática del punto decimal. El modo de selección manual mide la turbidez en uno de los siguientes intervalos: 0,01 a 9,99, 10 a 99,9 y 100 a 1.000 NTU.

El instrumento tiene un intervalo de medida, precisión y resolución propias de un instrumento de laboratorio, gracias al empleo de un microprocesador.

Utiliza cuatro baterías tipo AA o un Adaptador de CA opcional.

El equipo se desconecta automáticamente tras un periodo de 5,5 minutos sin pulsar ninguna tecla (lo cual no influye en la operación).

### 1.3.3. Especificaciones técnicas

**Método de Medición:** Por coeficientes entre la señal nefelométrica (90°) de luz difusa y la señal de luz transmitida.

**Intervalo de Medida:** 0,01-1.000 NTU con colocación automática del punto decimal o selección manual del intervalo de medida entre 0,01 -9,99, 10-99,9 y 100-1.000 NTU.

**Precisión:**  $\pm 2\%$  de la lectura más la luz difusa en el intervalo 0-1.000 NTU.

**Resolución:** 0,01 NTU en el intervalo de medida más bajo.

**Repetibilidad:** el valor mayor entre el  $\pm 1\%$  de la lectura o 0,01 NTU (con patrones Gelex).

**Tiempo de Respuesta:** 6 segundos para el cambio sin medición promediada en el modo de lectura continua.

**Luz Difusa:**  $< 0,02$  NTU.

**Calibración:** Patrones primarios de formazina. (hidracina + hexametilentetramina).

**Patrones Secundarios:** Patrones secundarios gelex.

**Dispositivo de Visualización:** Cristal líquido con 4 dígitos; los dígitos tienen 10,16 mm de altura e incorporan iconos para el operador.

**Fuente de Luz:** Lámpara de filamento de tungsteno.

**Detectores:** Silicona fotovoltaica.

**Medición promediada:** Seleccionable por el operador.

**Celdas para muestras:** (alto x ancho) 60,0 X 25 mm.

Vidrio de borosilicato con capuchón roscado, banda de marcado y línea de llenado.

**Cantidad de muestra necesaria:** 15 ml.

**Temperatura de almacenamiento:** -40 a 60 °C (sólo el instrumento).

**Temperatura de funcionamiento:** 0 a 50 °C (sólo el instrumento).

**Humedad de funcionamiento:**

Humedad Relativa entre 0 y 90% sin condensación a 30 °C.

Humedad Relativa entre 0 y 80% sin condensación a 40 °C.

Humedad Relativa entre 0 y 70% sin condensación a 50 °C.

**Envoltura:** Plástico ABS de gran resistencia a los impactos.

**Dimensiones:** 22,2 X 9,5 X 7,9 cm.

**Peso del instrumento:** 520 g.

**Peso al Embarque:** 3,1 Kg.

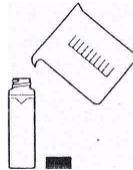
#### 1.3.4. Procedimiento de medición de la turbidez

Las mediciones pueden hacerse en el modo activado o desactivado de medición promediada y en el modo de selección manual o automática de medida. Se recomienda emplear el modo de selección automática. El modo de medición promediada consume más energía y sólo se debe emplear cuando la muestra no proporcione lecturas estables.

La medición precisa de la turbidez depende del empleo de técnicas apropiadas de medida, tales como la utilización de celdas para muestras limpias, en buen estado y sin burbujas de aire.

Para este estudio el procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1) Recoger una muestra representativa en un recipiente limpio. Llenar una celda para muestras hasta la línea de llenado (15 ml), teniendo cuidado en tomar a la celda por la parte superior únicamente. Cerrar la celda.



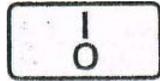
- 2) Limpiar la celda con un paño suave y sin pelusa para eliminar las manchas de agua y las huellas de los dedos.



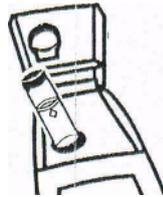
- 3) Aplicar una película delgada de aceite de silicona. Limpiar con un paño suave para obtener una película uniforme sobre toda la superficie.



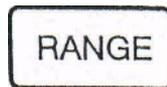
- 4) Pulsar I/O



- 5) Introducir la celda de la muestra en su compartimento, de modo que el diamante o la marca de orientación de la celda, coincida con la marca de orientación marcada en relieve delante del compartimento. Cerrar la tapa.



- 6) Seleccionar el modo de selección manual o automática del intervalo pulsando la tecla RANGE. La pantalla mostrará AUTO RANG si se seleccionó el modo de selección automática de intervalo.



- 7) Pulsar READ. La pantalla mostrará ----NTU y a continuación, el valor de la turbidez expresado en NTU.



### 1.3.5. Calibración

Los turbidímetros deben ser correctamente calibrados con un patrón primario. Se exige una calibración trimestral.

En caso necesario, calibrar más a menudo. Emplear patrones secundarios para la comprobación de la calibración. La frecuencia de la calibración depende del empleo y de factores medioambientales (humedad, temperatura, etc). Se debe tener presente que antes de su empleo como patrones secundarios, los patrones gelex deben recibir previamente unos valores asignados después de una calibración con formazina. Los patrones gelex, deben calibrarse nuevamente cada vez que se calibre el instrumento con formazina.

La calibración del turbidímetro 2100P se basa en la formazina, el patrón primario para la turbidez. El diseño óptico y electrónico del instrumento proporciona estabilidad a largo plazo y minimiza la necesidad de una calibración frecuente. El sistema de medición con dos detectores compensa la mayor parte de fluctuaciones de la tensión de salida de la lámpara.

No obstante, se debe efectuar una recalibración con formazina cada tres meses como mínimo, o más frecuente según las condiciones en las que se trabaje.

El instrumento viene equipado con los patrones secundarios Gelex, que son suspensiones de macropartículas similares a la formazina en sus características difractoras de la luz. Los valores NTU de los patrones Gelex indican el intervalo en el que se deben emplear. No obstante, y debido a las pequeñas variaciones del cristal y de los sistemas ópticos de cada instrumento, el verdadero valor de los patrones Gelex deberá ser determinado con relación a la formazina, en el mismo instrumento que servirá para los controles de calibración posteriores.

#### **1.4. Conclusiones**

La turbidez es una característica de los líquidos que expresa su grado de transparencia y está dada por la cantidad y calidad de partículas en suspensión dentro del líquido.

La turbidez se expresa en unidades NTU, provenientes del inglés Nephelometer Turbidity Units, o Unidades Nefelométricas de Turbidez.

La turbidez puede ser medida mediante un Turbidímetro o mediante un espectrofotómetro y se diferencian porque el Turbidímetro mide la cantidad de luz dispersada por la muestra en un ángulo de  $90^\circ$ , mientras que el espectrofotómetro mide la cantidad de luz transmitida por la muestra, que es inversamente proporcional a la cantidad de luz dispersada.

La medición de la turbidez puede ser usada para estimar la cantidad total de sólidos en suspensión de un producto.

## **CAPÍTULO 2**

### **FILTRACIÓN**

#### **2.1. Conceptos**

##### **2.1.1. Filtración**

“La filtración se puede definir como la operación básica en la que el componente sólido insoluble de una suspensión sólido-líquido se separa del componente líquido, haciendo pasar a este último a través de una membrana porosa que retiene las partículas sólidas en su superficie superior o dentro de su estructura o ambas cosas a la vez.”

**Fuente:** (JG Breman, “et al”, 1980, página 121.)

La suspensión de sólido en líquido se conoce por papilla de alimentación, al líquido que pasa a través de la membrana se conoce por filtrado y a la membrana se conoce como medio de filtración. Los sólidos separados se conocen por torta de filtración una vez que forman una capa detectable que cubre la cara superior del medio. A fin de recuperar adecuadamente un filtrado y/o torta de pureza conveniente, en la práctica es preciso lavar la torta o liberarla del filtrado soplando aire a su través, una vez que la filtración ha terminado.

La filtración es un proceso de flujo que se utiliza para separar las partículas sólidas contenidas en el líquido, haciéndolo pasar por agujeros finos.

Las partículas suspendidas en el fluido no pasan por estas aberturas, siendo retenidas y dando lugar a lo que se conoce como torta de filtración. A veces el producto buscado es el líquido filtrado y en otras, es la torta el objeto de la filtración.

##### **2.1.2. Tierras filtrantes**

La diatomita es un alga microscópica unicelular caracterizada por una compleja estructura unicelular compuesta principalmente por sílice amorfa.

Las diatomeas son restos de diminutas plantas acuáticas que vivieron y se multiplicaron en aguas prehistóricas, que en otros tiempos cubrieron regiones de California (Estados Unidos) y Jalisco (México). A través de las edades, sus esqueletos fueron formando grandes depósitos sobre el fondo del océano. Esas tierras submarinas luego se levantaron, y hoy en día se caracterizan por su alta pureza y la infinidad de formas que presentan esos esqueletos, y por la variedad de aplicaciones en las que se utilizan.

**Figura 3.** Esqueletos de diatomeas



**Fuente:** <http://www.prodiversitas.bioetica.org/>.

**Elaboración:** Andrea del Rosario Ibáñez Molina.

#### 2.1.2.1. Propiedades físicas

- Aspecto macroscópico: roca purulenta, fina y porosa
- Color por lo regular blanco brillante (en el caso de alta pureza), pero también pueden estar coloreadas
  - Blanco (calcinado con fundente)
  - Rosa (calcinado)
  - Gris (sin calcinar)
- Alta porosidad
- Capacidad para absorber líquidos muy alta
- Capacidad abrasiva suave
- Conductividad térmica muy baja
- Alta resistencia a temperatura
- Punto de fusión: 1,400 °C a 1,750°C
- Área superficial: 10 a 30 m<sup>2</sup>/g (calcinado 0,5 a 5 m<sup>2</sup>/g)
- Químicamente inerte
- El porcentaje de humedad varía de acuerdo al depósito (entre 10 a 60%).

### **2.1.2.2. Mecanismo de acción**

Durante una filtración, las partículas en suspensión y/o coloidales son atrapadas por una capa porosa, formada por el agregado de auxiliar filtrante (diatomeas) al filtro, lo cual va formando una torta sobre las telas del filtro, y a medida que se incrementa la torta, la retención de las partículas aumenta.

El auxiliar filtrante mantiene canales abiertos que permiten que el flujo del líquido continúe, a la vez que retiene los sólidos sin obstruir la capa porosa.

Los canales que se abren son tan pequeños que no dejan pasar las partículas en suspensión y es ahí donde comienza la filtración.

Dos factores a tener en cuenta en este procedimiento son la granulometría del auxiliar filtrante y la cantidad del mismo a utilizar durante el proceso. Su correcta elección permite optimizar el caudal y el costo de la operación.

### **2.1.2.3. Formas y dosis de utilización**

Las diatomeas o pueden ser utilizadas básicamente de dos maneras:

- Solamente como precapa, es decir agregándolas durante la formación de la torta y con ello realizar múltiples filtraciones, sin reconstituir en cada bach de producto pequeñas cantidades que se pierden durante la filtración.
- Agregándolas durante la formación de la torta y dosificando pequeñas cantidades durante la filtración de cada bach de producto, ya sea al inicio de la filtración o dosificándolas en forma de aluvionado, durante todo el tiempo que dure la filtración.

Para este estudio las diatomeas se utilizaron en la formación la torta y al inicio de la filtración de cada bach de producto para reconstituir las pérdidas, en ningún caso se utilizó aluvionado continuo.

La cantidad recomendada de diatomeas generalmente se encuentra entre 0,5 y 1 kg por cada metro cuadrado de área filtrante que contiene el filtro. Sin embargo para obtener mejores resultados se pueden emplear dosis mayores –de 1,5 kg por ejemplo- dependiendo de las condiciones del proceso de filtración.

La dosificación se la puede realizar con un solo tipo de tierra o con varios tipos, pero en todo caso la cantidad total no debe superar la cantidad recomendada total.

### 2.1.3. Módulos filtrantes

Los módulos de discos de filtración lenticulares están constituidos por células individuales o “lentejas” formadas por dos hojas de medio de filtración distanciadas mediante un separador de polipropileno.

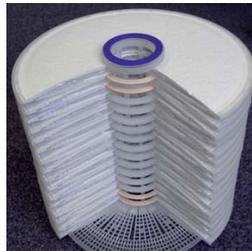
Las células completas se apilan una encima de otra hasta obtener la altura necesaria (número de células).

A continuación, las células completas se van apilando, haciéndolas pasar por un núcleo central de polipropileno hasta alcanzar la altura (número de células) deseada.

Después se fijan las tapas al núcleo central (con una junta teórica doble o una junta plana), bloqueando así cada célula en su posición y asegurando la integridad del módulo.

Esto constituye entonces un módulo completo de 12 pulgadas de diámetro x 16 células.

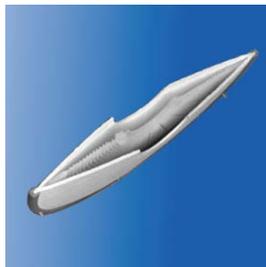
**Figura 4.** Diseño clásico de discos lenticulares



**Fuente:** [http://www.pall.com/pdf/FB\\_SUPRADiscspa.pdf](http://www.pall.com/pdf/FB_SUPRADiscspa.pdf).

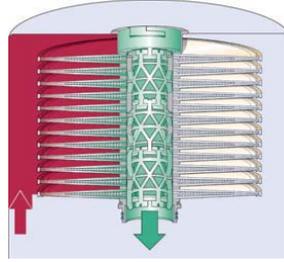
**Elaboración:** Pall Corporation.

**Figura 5.** Célula individual de filtración



**Fuente:** [http://www.pall.com/pdf/FB\\_SUPRADiscspa.pdf](http://www.pall.com/pdf/FB_SUPRADiscspa.pdf).

**Elaboración:** Pall Corporation.

**Figura 6.** Dirección de flujo

**Fuente:** [http://www.pall.com/pdf/FB\\_SUPRADiscspa.pdf](http://www.pall.com/pdf/FB_SUPRADiscspa.pdf).

**Elaboración:** Pall Corporation.

### 2.1.3.1. Factores que influyen en el nivel de retención en los módulos filtrantes

#### 2.1.3.1.1. Del producto

- Naturaleza de las impurezas/ partículas
- Número y tamaño de las impurezas y partículas
- Viscosidad
- Composición química
- Valor de pH
- Velocidad de flujo
- Polaridad de las impurezas/ partículas (Debido a que los módulos contienen celulosa en su interior, la cual tiene carga eléctrica positiva que ayuda a retener las partículas de carga eléctrica negativa. (Llamado potencial Z)).
- Temperatura

#### 2.1.3.1.2. Del módulo

- Tamaño del área superficial interna (capacidad de retener las partículas/impurezas)
- Espesor del medio filtrante
- Naturaleza y composición de los materiales del módulo

### 2.1.4. Eficiencia de filtración

La eficiencia de filtración tiene que ver con muchos factores, según el proceso que se emplee en la filtración, según el tipo de producto, composición del mismo, tipo de maquinaria que se utilice, velocidad, presión, auxiliares filtrantes, entre otros.

Para este estudio, la eficiencia de filtración será determinada mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{(\text{Turbidez en producto elaborado} - \text{Turbidez en producto final})}{\text{Turbidez en producto elaborado}} * 100$$

**Nota 1:** El producto “elaborado” es aquel que únicamente es filtrado antes de ser envasado y ya no se realiza ningún otro proceso intermedio que pueda modificar sus características químicas u organolépticas, hasta llegar al consumidor.

Para tener una visión más clara de los factores que influyen en la eficiencia de filtración se describe a continuación la teoría general de la filtración.

#### 2.1.4.1. Teoría general de la filtración

El estudio de la filtración es fundamentalmente un estudio del sistema de flujo.

Bajo la influencia de la fuerza, que es la diferencia de presión a través del filtro, el fluido pasa a través del medio de filtración (tela de filtración, malla, lecho, etc.), que ofrece resistencia a su paso. Con ello se genera la siguiente ecuación:

$$\text{Velocidad de filtración} = \text{fuerza motriz/resistencia}$$

La resistencia procede del medio filtrante, al que hay que añadir la resistencia de la torta, que es progresiva. La resistencia de la torta de filtración se obtiene multiplicando la resistencia específica de la sustancia que forma la torta (es decir, la resistencia por unidad de espesor) por el espesor de la torta. Las resistencias de la capa preliminar de torta se combinan en una sola resistencia, que se conoce por resistencia del filtro. Es favorable expresar la resistencia del filtro en términos de un espesor equivalente de torta filtración. Este espesor se multiplica por la resistencia específica de la torta para obtener la resistencia del filtro.

Como la resistencia total también es proporcional a la viscosidad del fluido, se puede escribir:

$$\mathbf{R} = \mu r(L_c + L)$$

en la que **R** es la resistencia al flujo a través del filtro, **μ** es la viscosidad del fluido, **r** es la resistencia específica de la torta filtrada, **L<sub>c</sub>** es el espesor de esta torta y **L** es el espesor equivalente hipotético de la tela y capa preliminar de la torta.

Si se conocen la velocidad de flujo del líquido y su contenido en sólidos, se puede expresar el espesor de la torta por la ecuación:

$$L_c = wV/A$$

en la que **w** es el contenido en sólidos por unidad de volumen del líquido, **V** es el volumen de fluido que ha pasado a través del filtro y **A** es el área de la superficie del filtro sobre la que se forma la torta.

La resistencia se puede escribir por ello de la siguiente manera:

$$R = \mu r(wV / A + L)$$

y la ecuación del flujo, a través del filtro, bajo la fuerza motriz de la caída de presión, del siguiente modo:

$$\frac{dV}{dT} = \frac{A\Delta P}{\mu r \left[ \frac{wV}{A} \right] + L}$$

donde **dV/dT** es la velocidad de flujo a través del filtro y **ΔP** es la caída de presión a través del filtro.

Esta ecuación se puede considerar como la ecuación fundamental de la filtración, la cual describe la velocidad de filtración en función de cantidades que se pueden medir y en algunos casos estimar.

### 2.1.5. T-Student

La prueba T de student se puede describir técnicamente como aquella que se utiliza en un modelo en el que una variable explicativa (variable independiente), intenta explicar una variable respuesta (variable dependiente).

Esta prueba se basa en el cálculo de estadísticos descriptivos previos: el número de observaciones, la media y la desviación típica de cada grupo. A través de estos estadísticos previos se calcula el estadístico de contraste experimental. Con la ayuda de unas tablas se obtiene a partir de dicho estadístico el p-valor. Si  $p < 0,05$  se concluye que hay diferencia entre los dos tratamientos que estamos comparando.

La hipótesis o asunciones para poder aplicar la t de Student son que en cada grupo la variable estudiada siga una distribución normal y que la dispersión en ambos grupos sea homogénea (hipótesis de homocedasticidad = igualdad de varianzas).

Por otra parte no es obligatorio que los tamaños de los grupos sean iguales, ni tampoco es necesario conocer la dispersión de los dos grupos.

## 2.2. Métodos de filtración

### 2.2.1. Filtración de superficie

Es un tipo de filtración que combina una cantidad relativamente alta de contaminantes retenidos, con una selección de retención clara.

Los filtros de superficie tienen un medio filtrante en varias capas de microfibras de vidrio o poliméricas. Las partículas de tamaño mayor que los espacios de la matriz del filtro, son retenidas, en su mayoría en la superficie.

Las partículas de menor tamaño van quedando atrapadas dentro de la matriz, por lo que un filtro de superficie tiene las propiedades de un filtro de membrana y un filtro de profundidad.

#### **2.2.1.1. Construcción**

Generalmente, este tipo de filtros están constituidos de polipropileno, celulosa resinada o fibra de vidrio/papel.

#### **2.2.1.2. Características**

Los filtros de superficie poseen una alta capacidad de retención, debido a que están constituidos por varias capas de medio plegado.

Debido a que su estructura de poros es controlada, es decir existen de diversos mirajes que pueden ser escogidos según el tipo de producto a filtrar, su eficiencia de filtración es más predecible que en los filtros de profundidad, y en general son más económicos que los filtros de membrana.

### **2.2.2. Filtración de profundidad**

La filtración de profundidad permite la eliminación de la mayoría de partículas de forma económica.

#### **2.2.2.1. Estructura**

Los filtros de profundidad tienen una matriz fibrosa, granular o sintetizada, que produce una estructura de poros aleatoria. De esta manera, las partículas quedan atrapadas en el laberinto de canales que forma.

La base de la retención es la adsorción aleatoria y el atrapado mecánico en toda la profundidad de la matriz.

#### **2.2.2.2. Construcción**

El medio filtrante puede ser de algodón, polipropileno, celulosa, fibra de vidrio, metal sintetizado, porcelana o tierras diatomeas.

La configuración puede incluir fibras de celulosa combinadas con un filtro inorgánico.

### **2.2.2.3. Características**

Los filtros de profundidad tienen una gran capacidad de retener contaminantes y retienen también un elevado porcentaje de contaminantes menores que su tamaño de poro nominal.

En general son más económicos que los filtros de membrana.

### **2.2.3. Filtración de membrana**

Los filtros de membrana permiten la eliminación completa de partículas, coloides, bacterias y otros microorganismos de las bebidas. También purifican sistemas centrales de agua y gases.

Las membranas microscópicas pueden trabajar en régimen normal (filtración directa), o bien en flujo tangencial, en una amplia gama de separaciones sólido/líquido y sólido/gas.

Los filtros de membrana se usan también como herramienta analítica para recoger, identificar y medir partículas y microorganismos.

#### **2.2.3.1. Estructura**

Poseen una matriz porosa, geoméricamente regular. Las partículas se retienen en la superficie de la membrana, principalmente por su tamaño.

Todas las partículas mayores que el tamaño del poro del módulo, incluido los microorganismos quedan retenidos.

#### **2.2.3.2. Construcción**

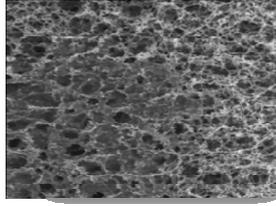
Están constituidos por membranas poliméricas, que permiten que se produzcan las separaciones críticas y de macromoléculas.

#### **2.2.3.3. Características**

Al tener una estructura de poro controlado, este tipo de módulos, limitan la mayor partícula que puede atravesar un filtro de membrana. La eficiencia de filtración es independiente del caudal y de la presión diferencial.

La desventaja de los filtros de membrana es que tienen baja capacidad de retención pero la ventaja es que no liberan fibras al producto que está siendo filtrado.

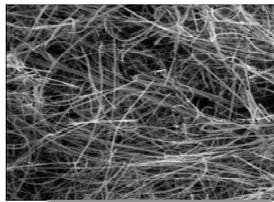
**Figura 7.** Filtro de superficie



**Fuente:** Procesos de filtración [Microsoft Power Point, 2007].

**Elaboración:** María del Carmen Mejía.

**Figura 8.** Filtro de profundidad



**Fuente:** Procesos de filtración [Microsoft Power Point, 2007].

**Elaboración:** María del Carmen Mejía.

**Figura 9.** Filtro de membrana



**Fuente:** Procesos de filtración [Microsoft Power Point, 2007].

**Elaboración:** María del Carmen Mejía.

## **2.3. Medios filtrantes**

### **2.3.1. Tierras diatomeas**

Como mencioné anteriormente las tierras diatomáceas son algas microscópicas unicelulares, caracterizadas por una compleja estructura, compuestas principalmente por sílice amorfa. Por ello, según el producto en el que se vaya a emplear se escogerá la que genere mejores resultados.

Las diatomeas son muy diversas y difieren entre ellas por su tamaño (Desde 1 micrón hasta 100), color, densidad, grado de retención en las mallas filtrantes, peso específico, permeabilidad, marca, etc.

En la tabla 1 se resume las principales tierras diatomáceas de la marca Celite, algunas de ellas utilizadas en este proyecto, y las características de las mismas.

**Tabla 1.** Propiedades de las diatomeas marca Celite

Propiedades de las diatomeas marca Celite									
	Grado	Color	Densidad seca g/l	Humedad g/l Máx	% Retención Malla 150	pH	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad promedio (Micras)	Permeabilidad (d'Arcys)
<b>Natural</b>	Filter Cel®	Gris	100	262	1.0	8.0	2.10	1.5	0.05
<b>Calcinado Directo</b>	Celite® 505	Rosado	128	360	0.1	8.0	2.15	2.7	0.07
	Celite® 577	Rosado	145	327	3.0	8.0	2.15	3.0	0.16
	Standar Super Cel®	Rosado	150	333	8.0	8.0	2.15	3.5	0.28
	Celite® 512	Rosado	165	333	10.0	8.0	2.15	5.0	0.54
	Celite® 520	Rosado	165	333	10.0	8.0	2.15	6.0	0.80
<b>Calcinado con fundente</b>	Hyflo Super Cel®	Blanco	144	333	10.0	10.2	2.30	7.0	1.00
	Celite® 501	Blanco	152	327	15.0	10.2	2.30	9.0	1.40
	Celite® 503	Blanco	152	333	15.0	10.2	2.30	10.0	2.00
	Celite® 535	Blanco	175	345	20.0	10.2	2.30	15.0	3.10
	Celite® 545	Blanco	192	345	20.0	10.2	2.30	17.0	4.80

**Fuente:** [http://www.chirca.com/prod\\_diato.htm](http://www.chirca.com/prod_diato.htm).

**Elaboración:** Chirca Company

### 2.3.2. Filtros prensados y barras de algodón

Los filtros son fibrillas de lana o pelusas prensados; contruidos en polipropileno, polyester, poliamida, fibra de vidrio, etc, que permiten filtrar partículas gelatinosas.

### 2.3.3. Pulpas y papeles filtros

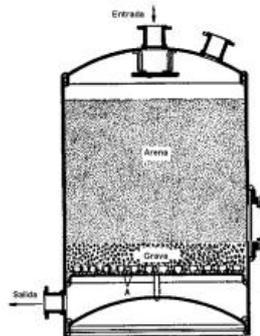
Generalmente están fabricados con fibras de algodón y otras fibras vegetales de elevada pureza, dependiendo del resultado que se desee obtener.

Se utilizan para retener sólidos muy finos y aclarar soluciones.

### 2.3.4. Lechos granulares

Son principalmente filtros de arena y carbón para filtrar agua y soluciones químicas. En los filtros de arena generalmente se coloca una capa de grava en la parte inferior, sirviendo de soporte para la capa de arena que va colocada sobre ella. Habitualmente la capa de arena está entre 0,60 y 1,20 m de altura con lo que se asegura que al colocar el líquido por la parte superior del filtro la arena no se revuelva.

**Figura 10:** Filtro de arena a presión



**Fuente:** <http://mipagina.cantv.net/filtrinca/Home%20Page/Papel%20Filtro.htm>.

**Elaboración:** Filtros industriales, 2006.

### 2.3.5. Placas filtrantes de arcilla, cuarzo, vidrio, tierras diatomeas de determinado tamaño de grano.

Estos materiales granulados se compactan y se unen con la ayuda de aglutinantes para formar placas de diferente porosidad.

## 2.4. Trenes de filtración

Un tren de filtración se puede definir como una combinación de procesos que siguen una secuencia lógica para obtener un determinado resultado en cualquier producto que se desee filtrar.

Para ello es importante considerar algunos factores que afectan a la filtración, tales como:

- Tipo de producto a filtrar
- Naturaleza de dicho producto
- Cantidad de producto a filtrar en un tiempo determinado
- Resultado esperado después de la filtración
- Aparatos utilizados para la filtración

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó lo siguiente:

**Para la línea número 3 (Línea de aguardientes), en la cual están considerados los productos AI y AB.**

En el área de elaboración

### 1. Estación filtrante

- Marca: Link Power
- Serie: 31280
- Modelo: 30V159
- Área filtrante: 15 m<sup>2</sup>
- Año de fabricación: 1981
- Procedencia: Estados Unidos
- Placas: Verticales

**Fotografía 1:** Placa vertical de la estación filtrante de la línea 3.



**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

2. Prefiltro de cartuchos o discos lenticulares de profundidad, con un micraje de 1 a 3 micras, colocados dentro de una carcasa de acero inoxidable, de marca veladisk, en donde se apilan tres grupos de discos.

**Fotografía 2:** Módulos de discos lenticulares



**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Fotografía 3:** Carcasa de acero inoxidable marca Veladisk



**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

En el área de envasado

1. Filtro de cartuchos o discos lenticulares de profundidad, con un micraje de 0,3 a 0,7 micras, colocados dentro de una carcasa de acero inoxidable, de marca veladisk, en donde se apilan tres grupos de discos.

**Para la línea número 1 (Línea de licores afrutados), en la cual está considerado el producto AW.**

En el área de elaboración

1. Estación filtrante

- Marca: Della Toffolla
- Modelo: NF-15
- Área filtrante: 15 m<sup>2</sup>
- Año de fabricación: 2001
- Procedencia: Italia
- Placas: Horizontales

**Fotografía 4:** Estación filtrante de la línea 1.



**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

2. Prefiltro de cartuchos o discos lenticulares de profundidad, con un micraje de 1 a 3 micras, colocados dentro de una carcasa de acero inoxidable, de marca veladisk, en donde se apilan dos grupos de discos.

**Fotografías 5 y 6:** Módulos de discos lenticulares



**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

En el área de envasado

1. Filtro de cartuchos o discos lenticulares de profundidad, con un micraje de 0,3 a 0,7 micras, colocados dentro de una carcasa de acero inoxidable, de marca veladisk, en donde se apilan dos grupos de discos.

Estos equipos constituyen el tren de filtración, llamado así por ser el recorrido que sigue el producto hasta el momento de ser envasado, reduciéndose la turbiedad del mismo al momento de salida de cada equipo descrito.

## **2.5. Conclusiones**

La filtración es fundamentalmente un estudio del sistema de flujo y puede definirse como el proceso en el que las partículas sólidas de una suspensión sólido-líquido se separan del componente líquido. En ciertos casos el producto buscado es el líquido filtrado y otras veces la torta es el objeto de la filtración.

La filtración es una operación unitaria compleja en la que influyen muchos factores tales como el tipo de producto a filtrar, naturaleza y número de impurezas del

producto, resultado esperado luego de la filtración, prototipo y cantidad de diatomeas a emplear, velocidad de flujo durante la filtración, presión, etc.

Las diatomeas existentes en el mercado son muy numerosas al igual que sus aplicaciones, por lo que es de vital importancia saber escoger las que mejor se ajusten a los productos y procesos en los que se deseen aplicar.

En el caso específico de este proyecto se utiliza filtración por tierras diatomeas, manejando una estación filtrante marca Link Power para los productos AI y AB, con placas verticales y área filtrante de 15 m<sup>2</sup> y para el producto AW una estación filtrante marca Della Toffolla, con placas horizontales y área filtrante de 15 m<sup>2</sup> y filtración por módulos de discos lenticulares de distinto micraje en el área de elaboración y envasado.

## CAPÍTULO 3

### DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE FILTRACIÓN ACTUAL

#### 3.1. Toma de datos

##### 3.1.1. Determinación del tamaño de la muestra

La determinación del tamaño de la muestra se la realizó utilizando la Norma Técnica Colombiana NTC – ISO 2859-1: Procedimiento de muestreo para inspección por atributos.

Para realizar el muestreo se debe considerar los siguientes datos de entrada:

- Tamaño del lote
- Nivel de inspección
- Plan de muestreo

Luego se procede de la siguiente manera:

1. **Determinar la letra clave:** Con el nivel de inspección y el tamaño del lote, determinar la letra código en la tabla 1 (Ver anexo 1).
2. **Tamaño de la muestra:** Con la letra clave, en la tabla de planes de muestreo simple encontrar el tamaño de la muestra “n” (Ver anexo 2).

Para este estudio, los datos considerados son los siguientes:

- **Tamaño del lote:** 10.000 a 35.000 litros, ya que un lote de producción en la empresa tiene 14.800 litros.
- **Nivel de inspección:** S-4
- **Plan de muestreo:** Simple
- **Letra clave:** H
- **Tamaño de la muestra:** 50 litros

Ahora bien, utilizando todos los datos anteriores, la cantidad a muestrear de cada lote que nos indica la norma debe ser de 50 litros.

Como 50 litros es la cantidad total para tomar las muestras a lo largo del tren de filtración, lo dividimos para 0,375 lts. (375ml), que es la cantidad tomada para cada muestra, por utilizarse botellas de 375 ml.

El valor resultante lo dividimos para 6, debido a que la turbidez se controla en 6 puntos del proceso de producción y obtenemos un valor de 22.

Este valor de 22 nos indica que se debe tomar 22 muestras en cada punto de control, es decir 132 muestras por cada producto que incluye este estudio.

Por lo tanto, se debe tomar 1 muestra en cada punto crítico de inspección, en 22 lotes de cada producto.

Los puntos críticos de inspección son los siguientes:

- Producto elaborado antes de la filtración
- Salida de la estación filtrante
- Salida del módulo veladisk en el área de elaboración
- Entrada del módulo veladisk en el área de envasado
- Salida del módulo veladisk en el área de envasado
- Producto final

#### **3.1.1.1. Cálculos**

50 litros/ 0,375 litros = 133 muestras

133 muestras / 6 puntos de control = **22 muestras por cada punto de control y por cada producto.**

#### **3.1.2. Características generales de los productos**

Como se observa a continuación, el producto AB tiene una turbidez inicial alta, ya que contiene gran cantidad de aguardiente de caña en su formulación, el mismo que por su naturaleza tiene un alto contenido de impurezas. Para poder entender de manera más adecuada la turbidez inicial del producto, se describe brevemente el proceso de obtención del mismo:

Todo empieza con el corte de la caña, la cual es llevada a un trapiche y se tritura para obtener el jugo. (Mientras más azúcar tiene la caña mejor es el aguardiente).

El jugo va a toneles de madera en donde se lo almacena por 48 horas para que fermente y se transforme en un mosto fermentado. En ese estado va a los calderos de cobre, alimentados con leña, para hervirlo durante unas ocho horas. Poco a poco, el jugo de la caña obtiene un color verdoso y se llena de espuma. El vapor del jugo hirviendo pasa por unos tubos en forma de espiral hasta un depósito para su enfriamiento en donde está convertido ya en aguardiente.

El producto AI al igual que el anterior también contiene en su formulación una gran cantidad de aguardiente de caña, sin embargo esta materia prima sufre un tratamiento previo para ser añadido al producto, lo que reduce notablemente la turbidez inicial.

Por otro lado el producto AW contiene principalmente alcohol en su formulación y por lo tanto una turbidez inicial baja, ya que esta materia prima tiene un contenido de impurezas muy bajo.

El proceso de obtención del alcohol, se realiza a través de la fermentación de la melaza y luego de algunos pasos posteriores se separan los componentes en columnas de gran altura en donde van quedando los compuestos tóxicos y a la vez las impurezas, y el producto obtenido es muy límpido.

En el caso del aguardiente es muy difícil controlar la calidad inicial de esta materia prima, en cuanto a turbidez, ya que existen diversos proveedores los mismos que obtienen aguardientes a partir de varios tipos y calidades de caña.

En el caso del alcohol, si bien es una materia prima más homogénea, de igual manera que en el aguardiente, la melaza que se fermenta para su obtención proviene de distintos tipos de caña, sumado a esto la diversidad de proveedores que si bien poseen un proceso de obtención similar, sus condiciones tecnológicas son distintas.

Al tener materias primas variables, en cuanto a turbidez, los porcentajes de retención de las partículas en suspensión serán ligeramente variables y también la eficiencia de filtración. Sin embargo, al filtrar el producto por la estación filtrante con tierras diatomeas adecuadas, podremos tener un mayor control del proceso y hacer que la eficiencia de filtración aumente, como lo demostraremos en el capítulo siguiente.

### **3.1.3. Datos obtenidos por cada punto de control y por producto.**

Los datos obtenidos se recopilieron utilizando las siguientes tierras diatomeas:

a) Línea número tres (Producto AB y producto AI), para la formación de la torta o precapa:

**Tabla 2.** Tierras diatomeas utilizadas actualmente en la línea 3

<b>DIATOMEA</b>	<b>% UTILIZADO</b>	<b>CANTIDAD UTILIZADA (KG)</b>	<b>COSTO (KG)</b>	<b>PERMEABILIDAD (D'ARCYS)</b>
Fibra Cell S-W10	60	9	\$ 4,04	2,5
Celite Standar Supercell	40	6	\$ 0,88	0,29

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

- Adicionalmente se agregó 10% (1,5 kg) de Celite Estándar Supercell para cada lote de producción de 14800 lts.

b) Línea número uno (Producto AW), para la formación de la torta o precapa:

**Tabla 3.** Tierras diatomeas utilizadas actualmente en la línea 1

<b>DIATOMEA</b>	<b>% UTILIZADO</b>	<b>CANTIDAD UTILIZADA (KG)</b>	<b>COSTO (KG)</b>	<b>PERMEABILIDAD (D'ARCYS)</b>
Fibra Cell S-W10	30	4,5	\$ 4,04	2,5
Hyflow Supercell	50	7,5	\$ 0,95	1,0
Celite Standar Supercell	20	3	\$ 0,88	0,29

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

- Adicionalmente se agregó 6,7% (1 kg) de Celite Standar Supercell para cada lote de producción de 14800 lts. (Ver anexos fichas técnicas).

**Tabla 4:** Producto AB (Todos los valores en unidades NTU)

<b>CODIGO</b>	<b>PRODUCTO ELABORADO</b>	<b>SALIDA ESTACION FILTRANTE</b>	<b>SALIDA VELADISK ELABORACION</b>	<b>ENTRADA VELADISK ENVASADO</b>	<b>SALIDA VELADISK ENVASADO</b>	<b>PRODUCTO FINAL</b>
EAB1 39610	4,55	0,31	0,30	0,19	0,15	0,15
EAB1 39623	3,14	0,48	0,41	0,40	0,21	0,18
EAB2 39623	3,11	0,41	0,22	0,22	0,21	0,22
EAB1 39611	3,86	0,27	0,15	0,11	0,09	0,11
EAB1 39645	4,33	0,23	0,33	0,31	0,17	0,17
EAB2 39645	3,65	0,21	0,20	0,21	0,13	0,13
EAB1 39650	3,78	0,43	0,33	0,32	0,24	0,25
EAB2 39650	4,04	0,32	0,28	0,26	0,19	0,20
EAB3 39307	3,75	0,95	0,88	0,26	0,28	0,30
EAB1 39616	3,40	0,47	0,38	0,23	0,24	0,26
EAB1 39617	3,00	0,65	0,35	0,30	0,32	0,36
EAB2 39617	3,12	0,68	0,39	0,30	0,30	0,36
EAB1 39345	3,39	1,21	1,11	0,56	0,55	0,53
EAB2 39345	3,69	1,19	0,84	0,52	0,50	0,49
EAB3 39345	3,33	0,92	0,75	0,49	0,48	0,44
EAB1 39349	3,70	0,79	0,86	0,58	0,58	0,72
EAB1 39352	4,04	0,89	0,76	0,51	0,53	0,60
EAB2 39652	4,10	0,84	0,62	0,62	0,50	0,53
EAB1 39672	3,40	0,56	0,47	0,47	0,40	0,42
EAB1 39678	3,51	0,58	0,48	0,47	0,42	0,44
EAB2 39678	3,06	0,60	0,46	0,45	0,43	0,43
EAB1 39653	3,05	0,58	0,47	0,45	0,39	0,38

**Fuente:** Investigación directa**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Tabla 5:** Producto AI (Todos los valores en unidades NTU)

<b>CODIGO</b>	<b>PRODUCTO ELABORADO</b>	<b>SALIDA ESTACION FILTRANTE</b>	<b>SALIDA VELADISK ELABORACION</b>	<b>ENTRADA VELADISK ENVASADO</b>	<b>SALIDA VELADISK ENVASADO</b>	<b>PRODUCTO FINAL</b>
EAI1 39609	1,62	0,84	0,78	0,72	0,65	0,65
EAI1 39623	1,38	0,82	0,50	0,49	0,34	0,34
EAI2 39623	1,47	0,83	0,61	0,48	0,31	0,31
EAI1 39624	1,79	1,10	0,83	0,84	0,53	0,55
EAI1 39625	1,15	0,87	0,58	0,59	0,39	0,39
EAI2 39625	1,09	0,80	0,59	0,53	0,36	0,36
EAI1 39626	1,71	1,42	0,55	0,55	0,42	0,43
EAI2 39626	1,59	1,17	1,00	1,01	0,63	0,63
EAI3 39626	1,72	1,16	0,97	0,96	0,65	0,65
EAI1 39629	1,57	1,09	0,88	0,87	0,64	0,63
EAI2 39629	1,59	1,11	0,89	0,87	0,64	0,63
EAI1 39630	1,54	1,12	0,84	0,83	0,67	0,66
EAI2 39630	1,54	1,25	1,08	1,03	0,67	0,68
EAI1 39637	1,32	1,10	0,96	0,94	0,39	0,38
EAI2 39637	1,63	1,08	0,92	0,88	0,50	0,52
EAI1 39639	1,44	1,12	0,98	0,97	0,58	0,58
EAI2 39639	1,67	1,31	0,89	0,89	0,55	0,56
EAI1 39640	1,36	1,13	0,93	0,86	0,56	0,57
EAI1 39643	1,13	1,00	0,74	0,75	0,67	0,68
EAI2 39643	1,29	0,82	0,77	0,79	0,68	0,69
EAI1 39651	1,59	0,85	0,75	0,75	0,62	0,64
EAI1 39652	1,57	0,83	0,68	0,69	0,41	0,41

**Fuente:** Investigación directa**Elaboración:** Ma. Augusta Molina.

**Tabla 6:** Producto AW (Todos los valores en unidades NTU)

<b>CODIGO</b>	<b>PRODUCTO ELABORADO</b>	<b>SALIDA ESTACION FILTRANTE</b>	<b>SALIDA VELADISK ELABORACION</b>	<b>ENTRADA VELADISK ENVASADO</b>	<b>SALIDA VELADISK ENVASADO</b>	<b>PRODUCTO FINAL</b>
EAW1 39601	0,23	0,12	0,09	0,06	0,06	0,06
EAW2 39601	0,20	0,10	0,08	0,09	0,06	0,06
EAW1 39602	0,22	0,09	0,08	0,08	0,08	0,10
EAW1 39615	0,20	0,13	0,10	0,09	0,06	0,05
EAW2 39615	0,11	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06
EAW1 39617	0,19	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
EAW1 39619	0,19	0,14	0,07	0,07	0,05	0,05
EAW1 39636	0,18	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06
EAW1 39637	0,18	0,09	0,06	0,06	0,05	0,06
EAW1 39644	0,18	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
EAW1 39650	0,14	0,09	0,08	0,08	0,06	0,10
EAW1 39336	0,24	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06
EAW1 39365	0,23	0,12	0,06	0,06	0,07	0,08
EAW1 39370	0,23	0,11	0,06	0,06	0,05	0,05
EAW2 39370	0,18	0,10	0,06	0,06	0,05	0,05
EAW1 39386	0,18	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07
EAW1 39387	0,15	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07
EAW1 39391	0,13	0,11	0,08	0,08	0,05	0,08
EAW1 39430	0,26	0,12	0,07	0,08	0,06	0,08
EAW2 39430	0,21	0,11	0,10	0,08	0,06	0,06
EAW1 39433	0,25	0,10	0,07	0,08	0,05	0,05
EAW1 39435	0,24	0,15	0,09	0,08	0,05	0,06

**Fuente:** Investigación directa**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

Como podemos observar, en varios lotes de los tres productos, existe un ligero aumento de la turbidez en el producto final, causada por el uso de botellas recicladas. Si bien, al momento que las botellas recicladas ingresan a la línea de producción, son lavadas con vapor a 70°C y con sosa cáustica para eliminar cualquier sustancia contenida en ella y asegurar su inocuidad, existen partículas imperceptibles a la vista que quedan en el envase y causan ese ligero aumento de turbidez, lo que no ocurre con los envases nuevos, ya que vienen paletizados y sellados por el fabricante hasta el momento de ingresar a la lavadora.

#### 3.1.4. Costos de filtración para los 22 lotes de cada producto

**Tabla 7.** Producto AB y AI

	<b>Torta o precapa</b>	<b>Reposición de torta para cada lote de producción</b>
<b>Diatomea</b>	<b>Costo total (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Fibra Cell sw10	36,4	-----
Celite estándar supercell	5,28	29,04
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 70,72</b>

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina.

**Tabla 8.** Producto AW

	<b>Torta o precapa</b>	<b>Reposición de torta para cada lote de producción</b>
<b>Diatomea</b>	<b>Costo total (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Fibra Cell sw10	18,20	-----
Hyflow Supercell	7,12	-----
Celite estándar supercell	2,64	19,36
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 47,32</b>

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina.

### 3.2. Análisis estadístico de los datos

#### 3.2.1. Determinación de la eficiencia de filtración actual en cada uno de los productos y vida útil de los módulos.

Como se describió en el capítulo anterior, la eficiencia de filtración se calculó mediante la siguiente relación:

$$\% \text{Eficiencia} = \frac{(\text{Turbidez en producto elaborado} - \text{Turbidez en producto final}) * 100}{\text{Turbidez en producto elaborado}}$$

**Tabla 9.** Producto AB

<b>CODIGO</b>	<b>% EFICIENCIA</b>
EAB1 39610	96,7
EAB1 39623	94,3
EAB2 39623	92,9
EAB1 39611	97,2
EAB1 39645	96,1
EAB2 39645	96,4
EAB1 39650	93,4
EAB2 39650	95,0
EAB3 39307	92,0
EAB1 39616	92,4
EAB1 39617	88,0
EAB2 39617	88,5
EAB1 39345	78,5
EAB2 39345	86,7
EAB3 39345	86,8
EAB1 39349	80,5
EAB1 39352	85,1
EAB2 39652	87,1
EAB1 39672	87,6
EAB1 39678	87,5
EAB2 39678	85,9
EAB1 39653	87,5
<b>PROMEDIO</b>	<b>89,8%</b>

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Tabla 10.** Producto AI

<b>CODIGO</b>	<b>% EFICIENCIA</b>
EAI1 39609	59,9
EAI1 39623	75,4
EAI2 39623	78,9
EAI1 39624	69,3
EAI1 39625	66,1
EAI2 39625	67,0
EAI1 39626	74,9
EAI2 39626	60,4
EAI3 39626	62,2
EAI1 39629	59,9
EAI2 39629	60,4
EAI1 39630	57,1
EAI2 39630	55,8
EAI1 39637	71,2
EAI2 39637	68,1
EAI1 39639	59,7
EAI2 39639	66,5
EAI1 39640	58,1
EAI1 39643	39,8
EAI2 39643	46,5
EAI1 39651	59,7
EAI1 39652	73,9
<b>PROMEDIO</b>	<b>63,2%</b>

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina.

Con estos porcentajes de tierras utilizadas y su respectiva eficiencia la vida útil para los módulos de discos lenticulares de la línea número tres fue de cuatro meses.

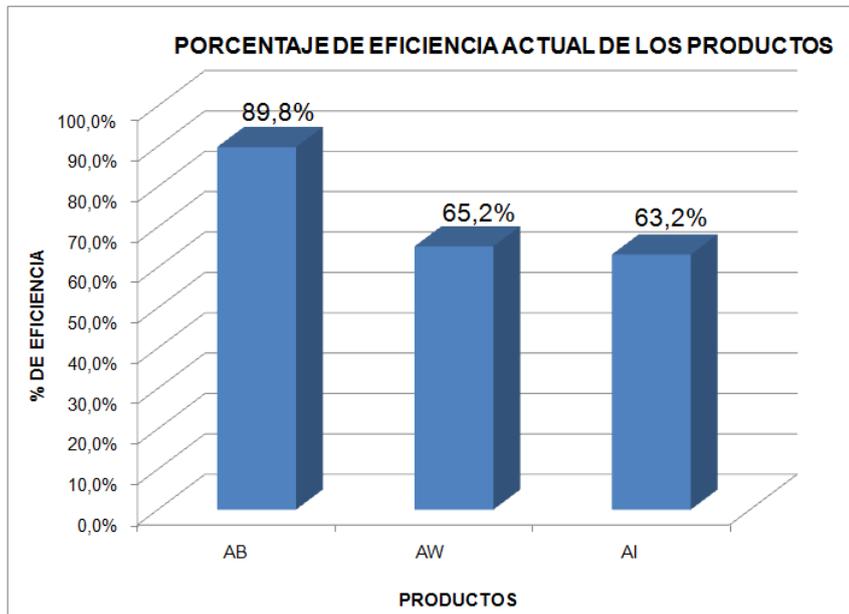
**Tabla 11.** Producto AW

<b>CODIGO</b>	<b>% EFICIENCIA</b>
EAW1 39601	73,9
EAW2 39601	70,0
EAW1 39602	54,5
EAW1 39615	75,0
EAW2 39615	45,5
EAW1 39617	73,7
EAW1 39619	73,7
EAW1 39636	66,7
EAW1 39637	66,7
EAW1 39644	66,7
EAW1 39650	28,6
EAW1 39336	75,0
EAW1 39365	65,2
EAW1 39370	78,3
EAW2 39370	72,2
EAW1 39386	61,1
EAW1 39387	53,3
EAW1 39391	38,5
EAW1 39430	69,2
EAW2 39430	71,4
EAW1 39433	80,0
EAW1 39435	75,0
<b>PROMEDIO</b>	<b>65,2%</b>

**Fuente:** Investigación directa

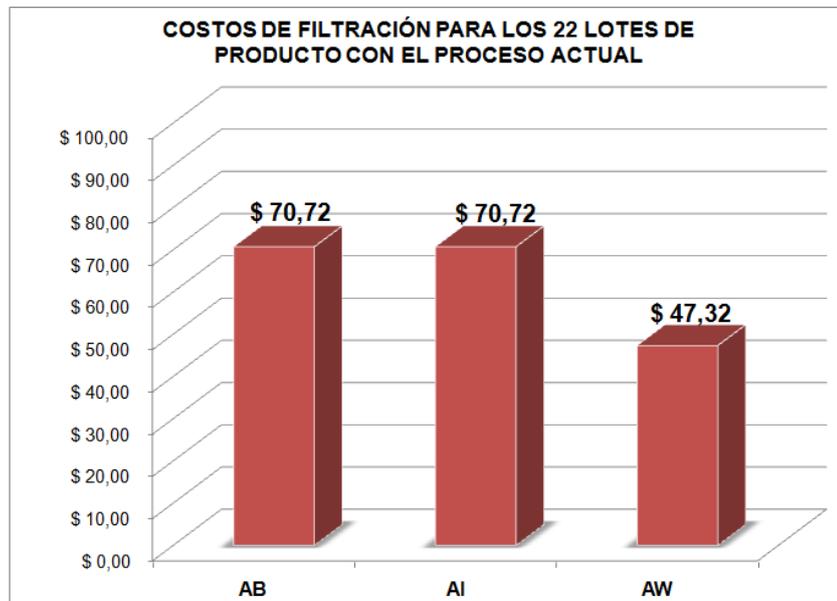
**Elaboración:** Ma. Augusta Molina.

Con estos porcentajes de tierras utilizadas y su respectiva eficiencia la vida útil para los módulos de discos lenticulares de la línea número uno fue de seis meses y medio.

**Figura 11.** Porcentaje de eficiencia actual de los productos

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina.

**Figura 12.** Costos de filtración para los 22 lotes de producto con el proceso actual.

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

### 3.3. Conclusiones

Luego de concluir la primera parte de este proyecto se pudo observar que el producto con mayor eficiencia de filtración es AB, lo cual viene dado por algunas características, principalmente por la formulación que lo constituye, por ser este producto a base de aguardiente, con un alto grado de impurezas que son retenidas en su mayoría durante la filtración.

Sin embargo, al ser la filtración una operación unitaria compleja, no existen reglas claras, lo que se puede comprobar con el producto AI, el mismo que al estar constituido también por aguardiente, su eficiencia es mucho menor.

Por otro lado, la eficiencia del producto AW es similar a la del producto AI, a pesar de estar formulado principalmente a base de alcohol, con un grado muy bajo de impurezas, que dificultan su retención durante la filtración.

A estos hechos se suma que las tierras utilizadas no son las más adecuadas para ninguna de las líneas.

Con el tipo de tierras utilizadas actualmente, el tiempo de vida útil de los módulos es relativamente corto, por lo cual, en el siguiente capítulo de este proyecto se planteará una mejora en la formulación de la torta o precapa, para cada una de las líneas, utilizando otras tierras diatomeas con lo que se podrá incrementar la eficiencia de filtración, la vida útil de los módulos y por consiguiente reducir costos.

## CAPÍTULO 4

### OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FILTRACIÓN

#### 4.1. Nuevos métodos de filtración

##### 4.1.1. Nuevos módulos filtrantes aplicados para este proceso

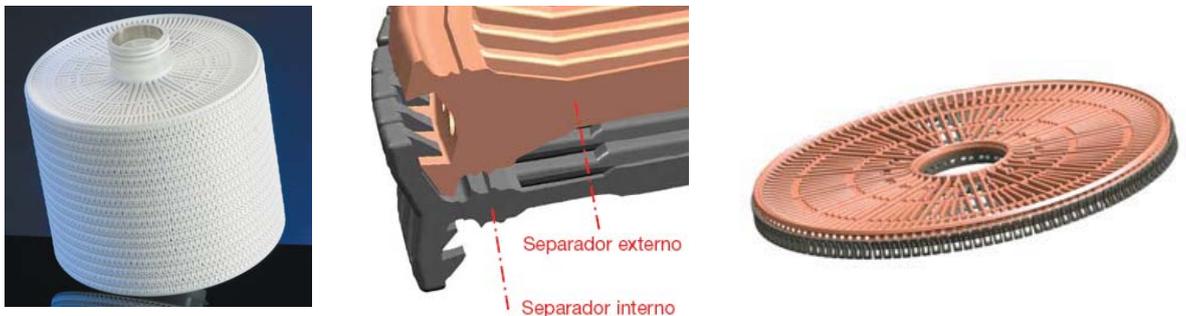
##### 4.1.1.1. Módulos de filtración de profundidad Supradisc II, de PALL

Los módulos de discos de filtración lenticulares cuentan con una larga historia de aplicaciones en las industrias de la alimentación y las bebidas.

El diseño clásico de los módulos de discos lenticulares fue el primer diseño y presenta desventajas de rendimiento. Desde su concepción, los módulos clásicos lenticulares de filtración se fabricaban de manera que cada célula o unidad de medio filtrante quedaba expuesta dentro de la carcasa del filtro. Este diseño posee muchas limitaciones, ya que al existir golpes de presión, el módulo se deforma o se rompe, terminando con la vida útil del mismo.

Los módulos Supradisc II, son de nuevo diseño en un formato de 12 pulgadas (30,48 cm) apto para numerosas aplicaciones, a excepción de aquellas con una carga de sólidos muy elevada.

**Figuras 13, 14 y 15.** Exterior e interior del módulo Supradisc II, de Pall



**Fuente:** [http://www.pall.com/pdf/FB\\_SUPRADiscspa.pdf](http://www.pall.com/pdf/FB_SUPRADiscspa.pdf).

**Elaboración:** Corporación Pall.

#### **4.1.1.1.1. Características y usos**

Están formados por discos individuales constituidos por dos hojas de medio de filtración de profundidad perforados y distanciados entre sí por un separador de polipropileno.

Los discos perforados y los separadores internos se van apilando, haciéndolos pasar por un núcleo central rígido de polipropileno, hasta alcanzar la cantidad de medios de filtración de profundidad deseada.

A continuación, se utiliza un pistón hidráulico para ejercer fuerza para encajar y fijar en su posición los separadores externos (Con cierre Clip-Seal Interlock), sellando cada uno de los discos.

Seguidamente, se realiza el bloqueo con junta doble o junta plana, creando así un módulo completo. Esto forma entonces un “paquete de cartucho” completo o un módulo completo.

Se utilizan en la industria de licores, cerveza, vino, vino espumoso, agua, zumo de frutas, azúcar y gelatina, para eliminación de partículas en suspensión y coloides principalmente.

#### **4.1.1.1.2. Ventajas**

- El diseño de separadores proporciona sujeción tanto en dirección ascendente como descendente.
- Cada módulo es capaz de soportar la contrapresión y suprimir los problemas de rotura del medio filtrante.
- El medio filtrante ya no queda expuesto, suprimiéndose el deterioro del material sensible de las hojas durante su manipulación.
- El diseño exclusivo Clip-Seal Lock conecta los separadores internos con los externos, obteniéndose un diseño mucho más robusto en comparación con los módulos más tradicionales de discos apilados.
- Es de fácil manejo y reemplazo por lo que reduce los costos de funcionamiento.
- Existe mejor aprovechamiento de la hoja del filtro (vida útil más larga, aumento del caudal).

#### **4.1.1.1.3. Desventajas**

- No se pueden utilizar en aplicaciones con cargas de sólidos muy elevadas.

**Figuras 16 y 17.** Daños en módulos clásicos de discos lenticulares

**Fuente:** [http://www.pall.com/pdf/FB\\_SUPRADiscspa.pdf](http://www.pall.com/pdf/FB_SUPRADiscspa.pdf).

**Elaboración:** Corporación Pall.

## **4.2. Nuevos medios de filtración**

### **4.2.1. Nuevas tierras filtrantes**

Como se mencionó anteriormente en el capítulo dos, existe una gran cantidad y variedad de tierras filtrantes según el proceso en el que se va a emplear y el tipo de producto que se va a filtrar.

Hemos visto que en el proceso actual de filtración, se utilizan dos tipos de tierras para la línea tres (aguardientes) y tres tipos de tierras para la línea uno (afrutados). Sin embargo el resultado de la eficiencia de filtración no es muy adecuado, lo que demuestra que no existe una gran retención de impurezas durante el proceso de producción.

Es por ello que luego de contactarnos con los representantes de las marcas más reconocidas de tierras filtrantes, como son Celite y AEB Group, se decidió utilizar las tierras de AEB, que a más de obtener mejoras en la eficiencia de filtración, los costos se redujeron.

#### **4.2.1.1. Producto AB y producto AI**

##### **4.2.1.1.1. Fibrosteril**

Fibrosteril es un coadyuvante de filtración químicamente inerte de estructura alveolar compleja, constituido por celulosa producida en ambiente ácido y luego reconstituida con procedimientos específicos.

Contiene celulosa, bentonitas super-adsorbentes sin poder de hinchamiento y perlititas obtenidas por calentamiento, expansión y molturado de rocas silíceas.

Las perlitas presentes en esta tierra son purísimas, con una excelente capacidad de filtración y dotadas de una ideal distribución granulométrica.

Fibrosteril ha sido ideado para resolver los complejos problemas debidos a la adsorción de todos los elementos químicos y biológicos difíciles de eliminar en el curso de la filtración.

El coadyuvante adsorbe y retiene las impurezas más pequeñas e incluso los microorganismos en gran cantidad. No contiene sustancias tóxicas para el organismo humano.

Fibrosteril está dotado de baja permeabilidad, calidad física que asociada al elevado poder adsorbente permite la obtención de valores nefelométricos muy bajos en el producto filtrado.

Debe ser utilizado en cantidades que varían de los 800 a 1000 g/m<sup>2</sup> de superficie filtrante y para reposición en cada batch de filtración del 2 al 5% de la cantidad total del área filtrante.

#### **4.2.1.2. Producto AW**

##### **4.2.1.2.1. Fibroxcel 10**

Fibroxcel 10 es un coadyuvante de filtración químicamente inerte empleado en la filtración para la formación de la precapa.

El preparado es producido con un sistema tecnológico que permite obtener una perfecta homogeneidad entre los diversos componentes.

Este sistema genera el englobamiento de las perlitas entre las fibras de algodón y de celulosa.

La nueva estructura creada otorga a las precapas y a las sucesivas capas una estructura constante, que aumenta la eficacia de filtración.

Confiere una estructura elástica a la capa aportando elevada resistencia a los cambios bruscos de presión que se manifiestan en el curso de la filtración.

Su homogeneidad reduce los tiempos de formación de la precapa y evita la separación de las fibras del filtro; la precapa resulta ser homogénea desde la

primera fase de su formación, de idéntico espesor y con la misma distribución en toda la superficie filtrante.

Al final de la filtración la separación de la precapa es fácil y completa en todas las tipologías de filtro.

Este coadyuvante ha sido diseñado para el empleo sobre varios tipos de bebidas y es eficaz para filtros a presión.

Debe ser utilizado en cantidades que varían de los 800 a 1000 g/m<sup>2</sup> de superficie filtrante para formar la precapa.

#### **4.2.1.2.2. Fibroxcel 30**

Es un coadyuvante de filtración expresamente estudiado para formar una precapa adecuada para las filtraciones de abrillantado.

Su composición está balanceada en relación a su estructura fisicoquímica que le otorga particulares propiedades de retención de los turbios. El producto es formulado con un sistema de homogenización que permite el englobamiento de las perlititas entre las fibras de algodón y de celulosa. Fibroxcel 30 es empleado para la formación de las precapas y facilita la obtención de un grado de brillantez superior en relación a productos similares. Es un coadyuvante que mejora la capacidad de filtración y la calidad del producto final.

Su utilización implica la formación de una precapa mecánicamente mucho más resistente y homogénea, sin fisuras o grietas. Impide la formación de líneas preferenciales de filtración (apertura de canales en la torta), optimiza la capacidad total de filtración para obtener un producto final con las mejores propiedades organolépticas y estructurales. Fibroxcel 30 tiene una permeabilidad menor respecto a Fibroxcel 10 y esta peculiaridad formulación sugiere el empleo en bebidas originariamente no muy turbias, para llegar a los más elevados efectos de brillantez. En la formación de la precapa se utiliza normalmente en dosis de 400-800 g/m<sup>2</sup> de superficie filtrante y para reposición en cada batch de filtración de 1 al 3% de la cantidad total del área filtrante.

#### 4.2.2. Ensayos con las nuevas tierras diatomeas

a) Línea número tres (Producto AB y producto AI), para la formación de la torta o precapa:

**Tabla 12.** Nueva tierra diatomea utilizada en la línea 3

DIATOMEA	% UTILIZADO	CANTIDAD UTILIZADA (KG)	COSTO (KG)	PERMEABILIDAD (D'ARCYS)
Fibrosteril	100	15	\$ 1,85	2,1

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

- Adicionalmente se agregó 2% (0,3 kg) de Fibrosteril para cada lote de producción de 14800 lts.

b) Línea número uno (Producto AW), para la formación de la torta o precapa:

**Tabla 13.** Nuevas tierras diatomeas utilizadas en la línea 1

DIATOMEA	% UTILIZADO	CANTIDAD UTILIZADA (KG)	COSTO (KG)	PERMEABILIDAD (D'ARCYS)
Fibroxcel 10	40	6	\$ 1,70	0,35
Fibroxcel 30	60	9	\$ 1,76	0,25

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

- Adicionalmente se agregó 1,25% (0,19 kg) de Fibroxcel 30 para cada lote de producción de 14800 lts (Ver anexos fichas técnicas).

## 4.2.2.1. Datos obtenidos

Tabla 14. Producto AB (Todos los datos en unidades NTU)

CODIGO	PRODUCTO ELABORADO	SALIDA ESTACIÓN FILTRANTE	SALIDA VELADISK ELABORACIÓN	ENTRADA VELADISK ENVASADO	SALIDA VELADISK ENVASADO	PRODUCTO FINAL
EAB1 39701	3,20	0,24	0,18	0,17	0,13	0,13
EAB1 39703	3,42	0,25	0,17	0,17	0,14	0,13
EAB1 39699	3,53	0,28	0,19	0,20	0,14	0,15
EAB2 39699	4,01	0,27	0,18	0,18	0,12	0,11
EAB1 39712	3,78	0,26	0,17	0,17	0,13	0,13
EAB2 39712	3,43	0,21	0,14	0,15	0,11	0,12
EAB1 39722	4,12	0,25	0,15	0,14	0,10	0,09
EAB1 39727	3,50	0,23	0,16	0,15	0,13	0,13
EAB2 39727	3,55	0,18	0,12	0,10	0,10	0,09
EAB3 39727	4,10	0,29	0,18	0,17	0,10	0,11
EAB1 39733	4,38	0,21	0,15	0,16	0,13	0,12
EAB1 39740	4,02	0,27	0,21	0,20	0,17	0,18
EAB2 39740	3,45	0,27	0,14	0,15	0,13	0,13
EAB1 39744	3,78	0,25	0,18	0,17	0,15	0,14
EAB1 39747	4,04	0,24	0,19	0,20	0,14	0,13
EAB1 39753	3,77	0,28	0,17	0,18	0,11	0,12
EAB2 39753	3,22	0,30	0,21	0,20	0,17	0,16
EAB1 39758	3,45	0,28	0,18	0,18	0,15	0,14
EAB1 39762	4,21	0,33	0,24	0,25	0,17	0,16
EAB2 39762	3,54	0,26	0,17	0,17	0,12	0,13
EAB1 39770	3,44	0,25	0,12	0,13	0,11	0,10
EAB1 39775	3,22	0,32	0,21	0,20	0,14	0,16

Fuente: Investigación directa

Elaboración: Ma. Augusta Molina

**Tabla 15.** Producto AI (Todos los datos en unidades NTU)

<b>CODIGO</b>	<b>PRODUCTO ELABORADO</b>	<b>SALIDA ESTACIÓN FILTRANTE</b>	<b>SALIDA VELADISK ELABORACIÓN</b>	<b>ENTRADA VELADISK ENVASADO</b>	<b>SALIDA VELADISK ENVASADO</b>	<b>PRODUCTO FINAL</b>
EAI1 39686	1,52	0,71	0,45	0,44	0,31	0,30
EAI1 39687	1,62	0,69	0,42	0,40	0,28	0,28
EAI1 39688	1,53	0,64	0,44	0,42	0,31	0,32
EAI1 39691	1,52	0,57	0,42	0,42	0,29	0,31
EAI1 39693	1,63	0,70	0,47	0,45	0,31	0,30
EAI2 39693	1,49	0,41	0,35	0,35	0,27	0,27
EAI3 39693	1,51	0,63	0,48	0,47	0,31	0,31
EAI1 39694	1,52	0,59	0,45	0,45	0,29	0,30
EAI1 39697	1,54	0,70	0,50	0,49	0,32	0,32
EAI2 39697	1,64	0,73	0,52	0,51	0,34	0,34
EAI1 39699	1,55	0,64	0,51	0,49	0,30	0,29
EAI1 39703	1,53	0,62	0,43	0,42	0,29	0,28
EAI2 39703	1,57	0,63	0,42	0,43	0,30	0,31
EAI1 39706	1,60	0,55	0,45	0,46	0,32	0,33
EAI1 39715	1,63	0,68	0,52	0,51	0,37	0,36
EAI1 39725	1,62	0,69	0,50	0,51	0,39	0,38
EAI1 39732	1,47	0,49	0,39	0,39	0,26	0,27
EAI1 39805	1,53	0,62	0,50	0,49	0,32	0,33
EAI1 39813	1,65	0,56	0,40	0,41	0,30	0,31
EAI2 39813	1,59	0,63	0,50	0,39	0,32	0,32
EAI1 39837	1,48	0,47	0,38	0,37	0,28	0,29
EAI1 39838	1,47	0,43	0,31	0,30	0,27	0,27

**Fuente:** Investigación directa**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

Tabla 16. Producto AW

CODIGO	PRODUCTO ELABORADO	SALIDA ESTACIÓN FILTRANTE	SALIDA VELADISK ELABORACIÓN	ENTRADA VELADISK ENVASADO	SALIDA VELADISK ENVASADO	PRODUCTO FINAL
EAW1 39680	0,20	0,09	0,07	0,07	0,04	0,05
EAW1 39683	0,22	0,11	0,09	0,10	0,04	0,04
EAW2 39683	0,17	0,09	0,07	0,08	0,04	0,05
EAW1 39690	0,21	0,12	0,10	0,09	0,06	0,06
EAW1 39691	0,19	0,13	0,10	0,09	0,03	0,05
EAW1 39694	0,20	0,12	0,09	0,10	0,04	0,04
EAW1 39697	0,17	0,09	0,07	0,07	0,05	0,05
EAW2 39697	0,23	0,11	0,08	0,09	0,04	0,05
EAW1 39701	0,17	0,08	0,06	0,05	0,03	0,03
EAW2 39701	0,21	0,14	0,10	0,10	0,07	0,05
EAW1 39702	0,18	0,11	0,09	0,06	0,03	0,04
EAW1 39707	0,24	0,14	0,10	0,08	0,06	0,07
EAW1 39710	0,19	0,12	0,10	0,09	0,04	0,05
EAW1 39713	0,22	0,17	0,12	0,11	0,07	0,08
EAW2 39713	0,21	0,16	0,11	0,11	0,06	0,05
EAW3 39713	0,17	0,12	0,09	0,09	0,03	0,04
EAW1 39722	0,23	0,15	0,11	0,10	0,06	0,07
EAW2 39722	0,18	0,13	0,10	0,09	0,05	0,04
EAW1 39730	0,19	0,09	0,07	0,07	0,03	0,03
EAW1 39745	0,20	0,13	0,10	0,10	0,07	0,07
EAW2 39745	0,16	0,11	0,09	0,10	0,06	0,05
EAW1 39747	0,18	0,09	0,07	0,07	0,03	0,03

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

#### 4.2.3. Costos de filtración para los 22 lotes de cada producto

**Tabla 17.** Producto AB y AI

	<b>Torta o precapa</b>	<b>Reposición de torta para cada lote de producción</b>
<b>Diatomea</b>	<b>Costo total (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Fibrosteril	27,75	12,25
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 40</b>	

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Tabla 18.** Producto AW

	<b>Torta o precapa</b>	<b>Reposición de torta para cada lote de producción</b>
<b>Diatomea</b>	<b>Costo total (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Fibroxcel 10	10,20	-----
Fibroxcel 30	15,84	7,26
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 33,30</b>	

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

#### 4.2.4. Análisis estadístico de los datos para determinar la eficiencia de filtración utilizando las nuevas tierras.

Al igual que en el capítulo anterior la eficiencia de filtración se calculó mediante la siguiente relación:

$$\% \text{Eficiencia} = \frac{(\text{Turbidez en producto elaborado} - \text{Turbidez en producto final})}{\text{Turbidez en producto elaborado}} * 100$$

**Tabla 19.** Producto AB

<b>CODIGO</b>	<b>% EFICIENCIA</b>
EAB1 39701	95,94
EAB1 39703	96,20
EAB1 39699	95,75
EAB2 39699	97,26
EAB1 39712	96,56
EAB2 39712	96,50
EAB1 39722	97,82
EAB1 39727	96,29
EAB2 39727	97,46
EAB3 39727	97,32
EAB1 39733	97,26
EAB1 39740	95,52
EAB2 39740	96,23
EAB1 39744	96,30
EAB1 39747	96,78
EAB1 39753	96,82
EAB2 39753	95,03
EAB1 39758	95,94
EAB1 39762	96,20
EAB2 39762	96,33
EAB1 39770	97,09
EAB1 39775	95,03
<b>PROMEDIO</b>	<b>96,4%</b>

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Tabla 20.** Producto AI

<b>CODIGO</b>	<b>% EFICIENCIA</b>
EAI1 39686	81,94
EAI1 39687	83,33
EAI1 39688	80,39
EAI1 39691	80,26
EAI1 39693	82,21
EAI2 39693	83,22
EAI3 39693	80,13
EAI1 39694	80,26
EAI1 39697	79,62
EAI2 39697	79,88
EAI1 39699	82,58
EAI1 39703	81,70
EAI2 39703	80,98
EAI1 39706	80,86
EAI1 39715	78,53
EAI1 39725	76,97
EAI1 39732	81,63
EAI1 39805	78,43
EAI1 39813	81,21
EAI2 39813	79,87
EAI1 39837	80,41
EAI1 39838	81,63
<b>PROMEDIO</b>	<b>80,7%</b>

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

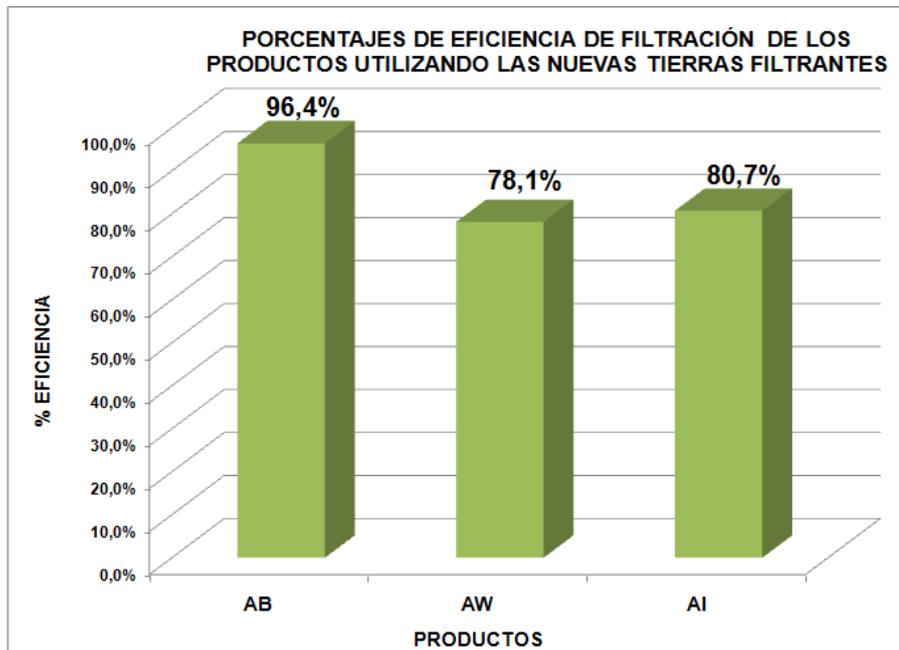
**Tabla 21.** Producto AW

<b>CODIGO</b>	<b>% EFICIENCIA</b>
EAW1 39680	80,95
EAW1 39683	86,36
EAW2 39683	76,47
EAW1 39690	76,19
EAW1 39691	80,95
EAW1 39694	82,61
EAW1 39697	77,78
EAW2 39697	82,61
EAW1 39701	84,21
EAW2 39701	76,19
EAW1 39702	80,00
EAW1 39707	79,17
EAW1 39710	78,95
EAW1 39713	69,57
EAW2 39713	82,61
EAW3 39713	76,47
EAW1 39722	69,57
EAW2 39722	77,78
EAW1 39730	84,21
EAW1 39745	65,00
EAW2 39745	68,75
EAW1 39747	83,33
<b>PROMEDIO</b>	<b>78,1%</b>

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

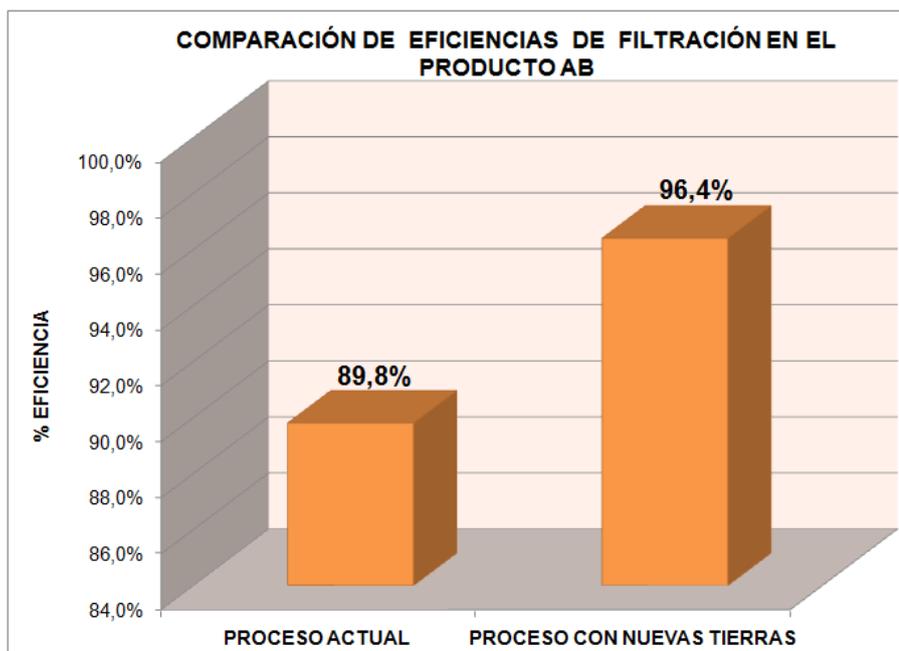
**Figura 18.** Porcentajes de eficiencia de filtración de los productos utilizando las nuevas tierras filtrantes.



**Fuente:** Investigación directa

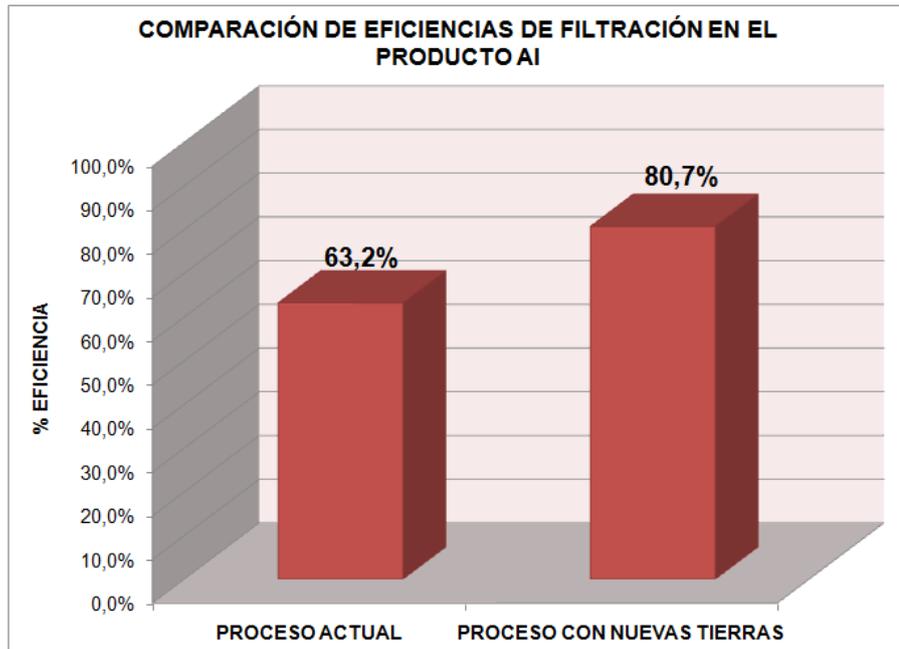
**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Figura 19.** Comparación de eficiencias de filtración en el producto AB



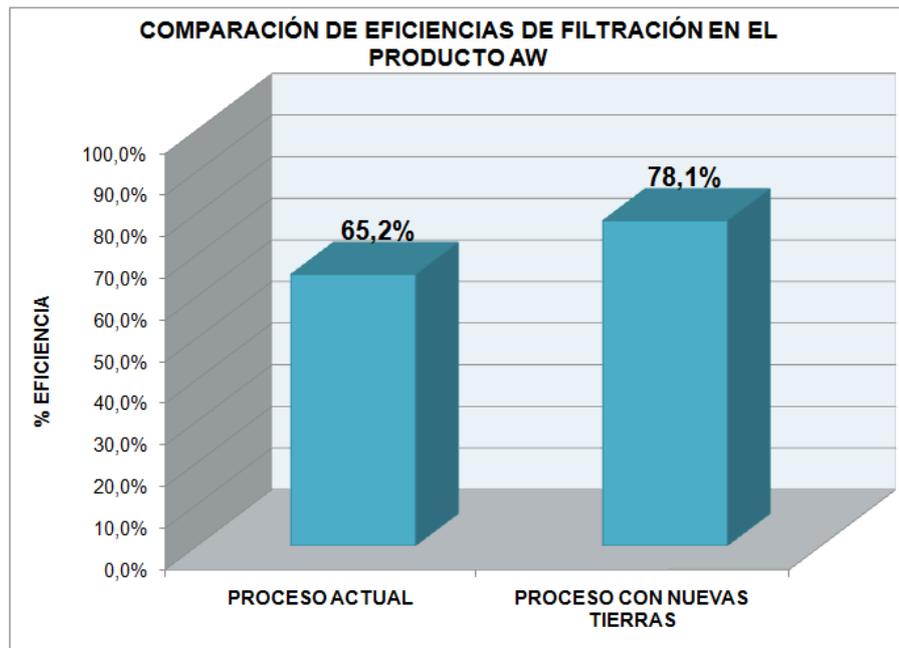
**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Figura 20.** Comparación de eficiencias de filtración en el producto AI.

**Fuente:** Investigación directa

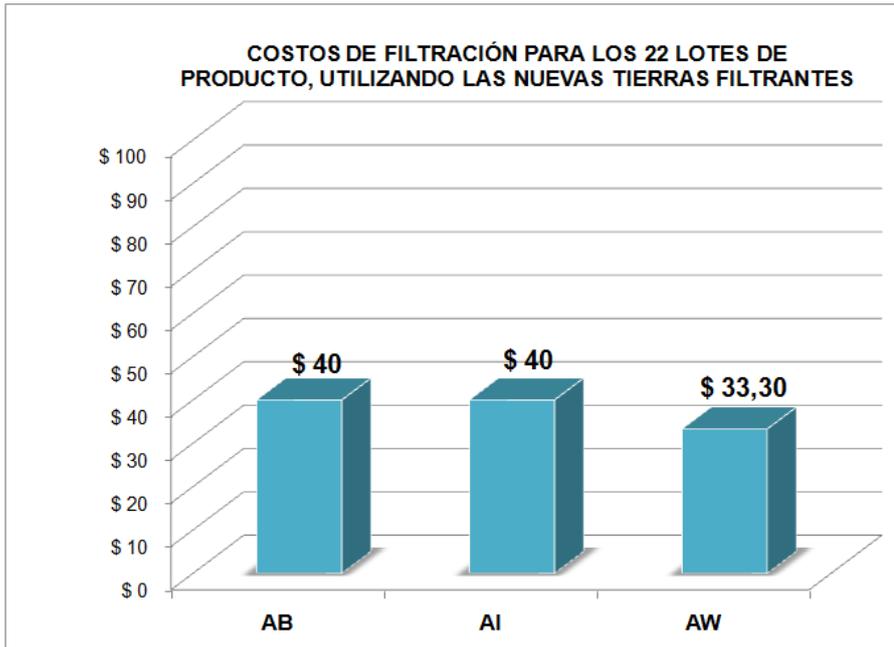
**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Figura 21.** Comparación de eficiencias de filtración en el producto AW

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

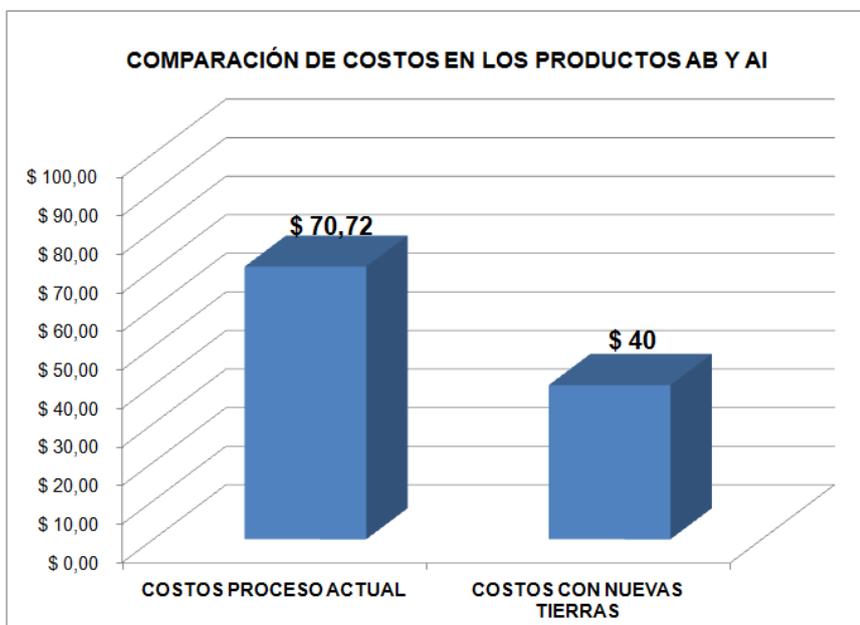
**Figura 22.** Costos de filtración para los 22 lotes de producto, utilizando las nuevas tierras filtrantes



**Fuente:** Investigación directa

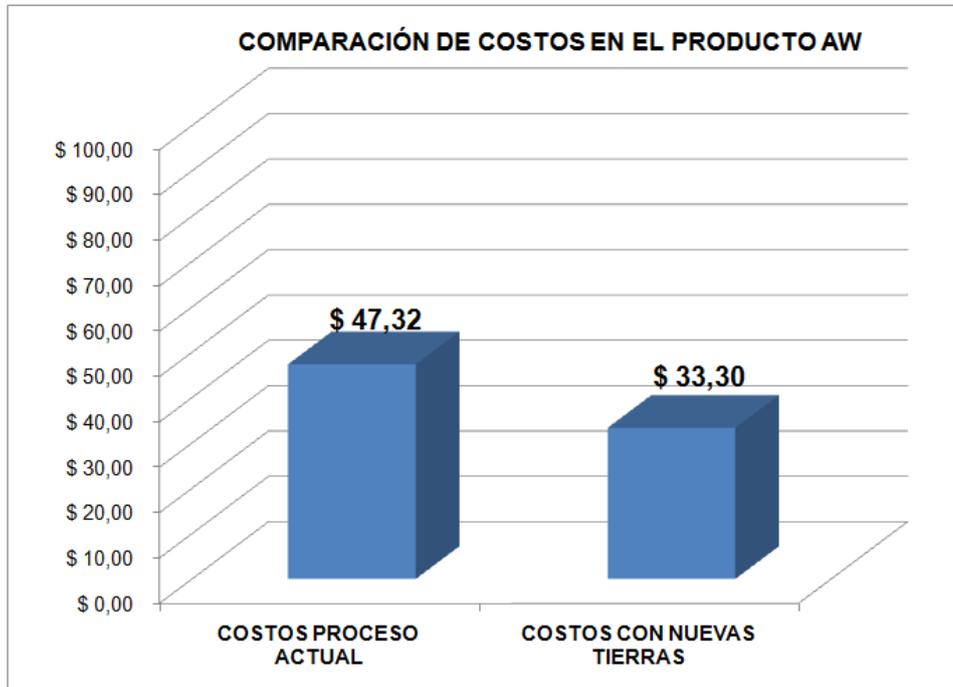
**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Figura 23.** Comparación de costos en los productos AB y AI



**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

**Figura 24.** Comparación de costos en el producto AW

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

#### 4.2.5. Comparación del método actual de filtración con la mejora propuesta, utilizando el método t-student con análisis de varianza.

Al aplicar esta herramienta estadística se utilizó el T Student ó Prueba t para medias de dos muestras emparejadas, con varianzas iguales. Se recurre a ello cuando la población se somete a prueba antes y después de un experimento y tiene la misma naturaleza.

Para formular la prueba se debe plantear una hipótesis. Una hipótesis principia con una afirmación, o supuesto, acerca de un parámetro de la población, cuyo objetivo es probar.

El primer paso a seguir es plantear la hipótesis nula, denominada  $H_0$ . La letra H indica "hipótesis" y el subíndice  $_0$  indica "no hay diferencia". Por lo general hay un "no" en la hipótesis nula, que indica "no hay cambio". Esta hipótesis se puede aceptar o rechazar. Se aceptará si los datos muestrales no pueden proporcionar evidencia convincente de que es falsa.

El segundo paso es plantear la hipótesis alternativa, denominada  $H_1$ . Con frecuencia se conoce como “Hipótesis de investigación”. Esta hipótesis será aceptada si los datos muestrales proporcionan evidencias estadísticas suficientes de que la hipótesis nula es falsa.

El tercer paso es establecer si se toma la prueba con una o dos colas. Las colas indican los límites entre los que se desarrolla la prueba. Las pruebas con una cola se utilizan cuando la hipótesis alternativa,  $H_1$ , indica una dirección, es decir cuando se afirma algo.

En este caso se tomó con una cola porque se trata de afirmar algo, ya que la hipótesis alternativa está formulada para probar que la eficiencia de filtración aumentó.

Como último paso, para interpretar los resultados de la prueba se plantea lo siguiente:

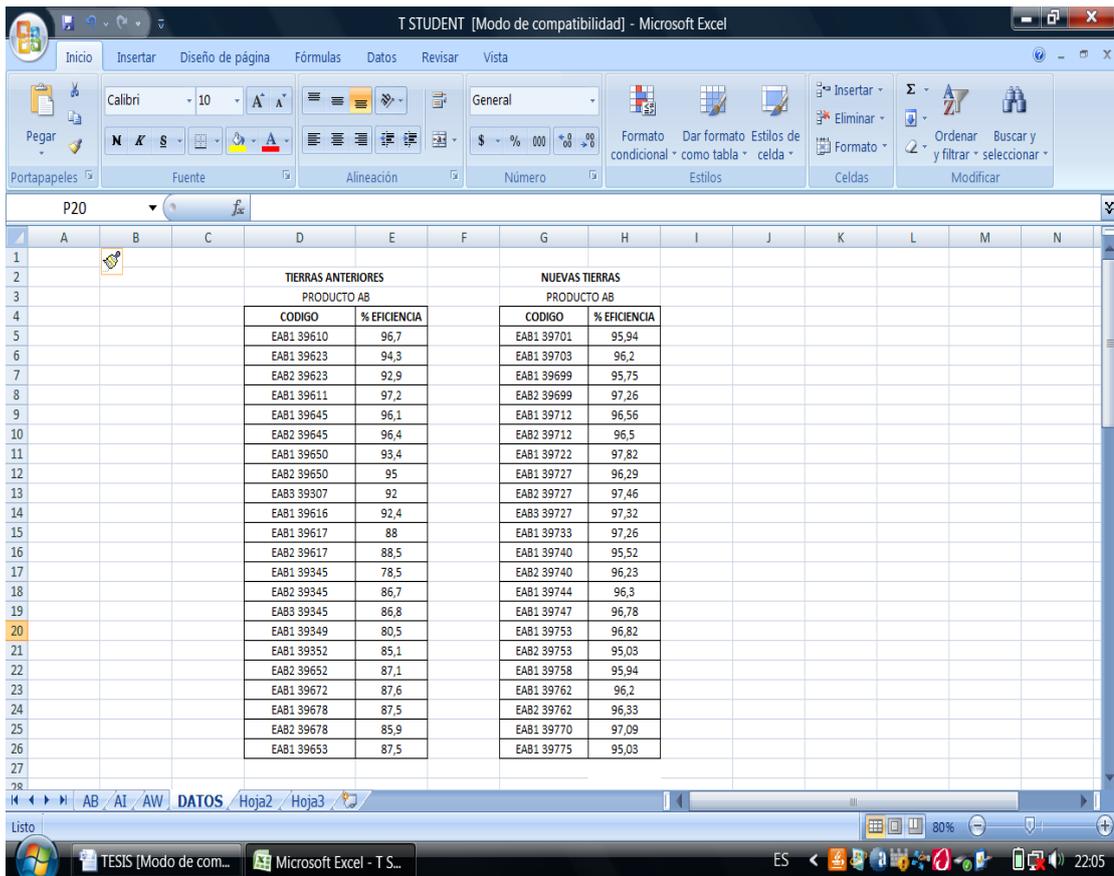
Cuando el “Estadístico  $t$ ” es menor al “Valor crítico de  $t$ ” se acepta la hipótesis nula, caso contrario se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. El dato resultante del “Estadístico  $t$ ” o “Valor crítico de  $t$ ”, se toma en valor absoluto.

Para todos los productos la hipótesis son las siguientes:

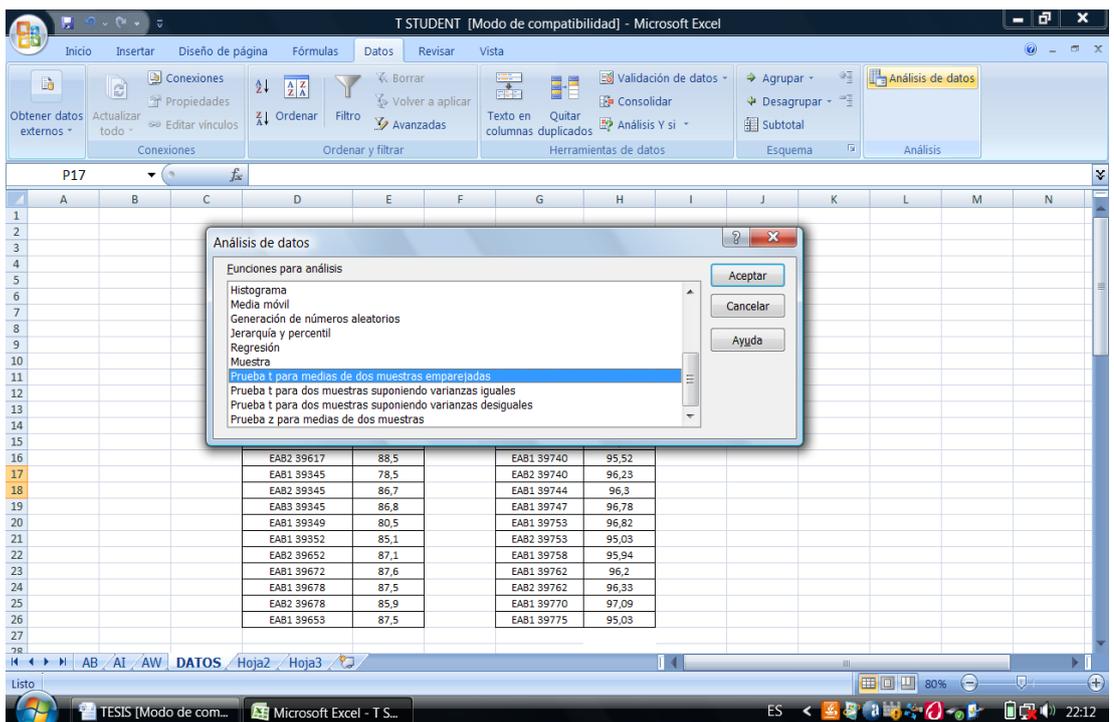
**$H_0$**  = Utilizando las nuevas tierras filtrantes no hay aumento significativo en la eficiencia de filtración.

**$H_1$**  = Utilizando las nuevas tierras filtrantes si existe aumento en la eficiencia de filtración.

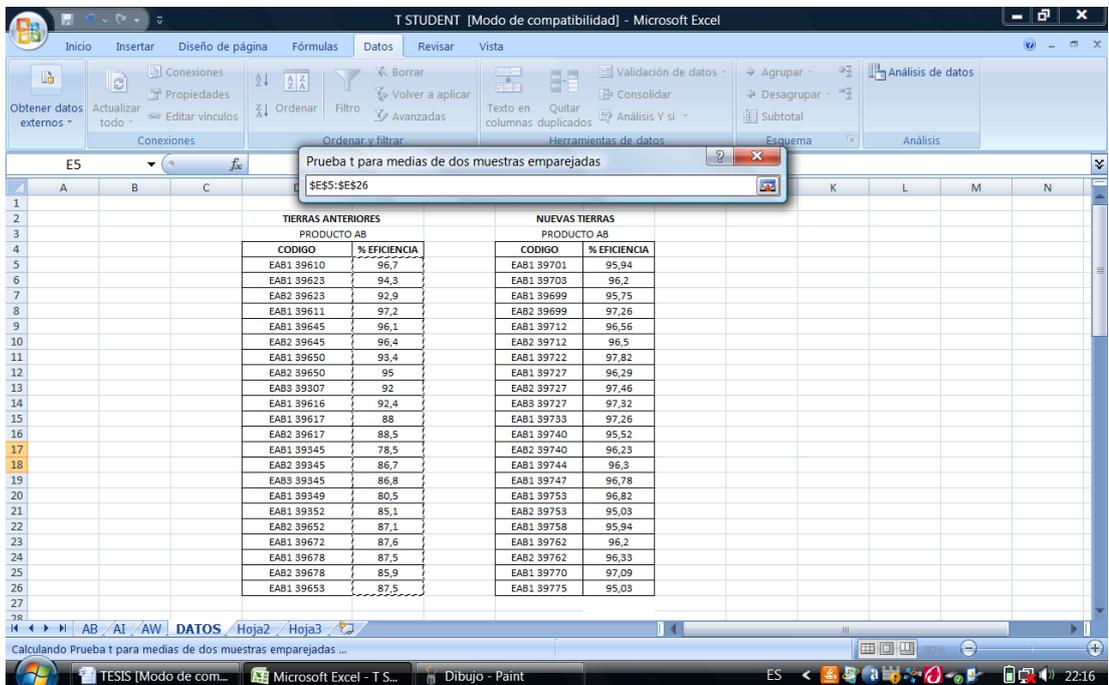
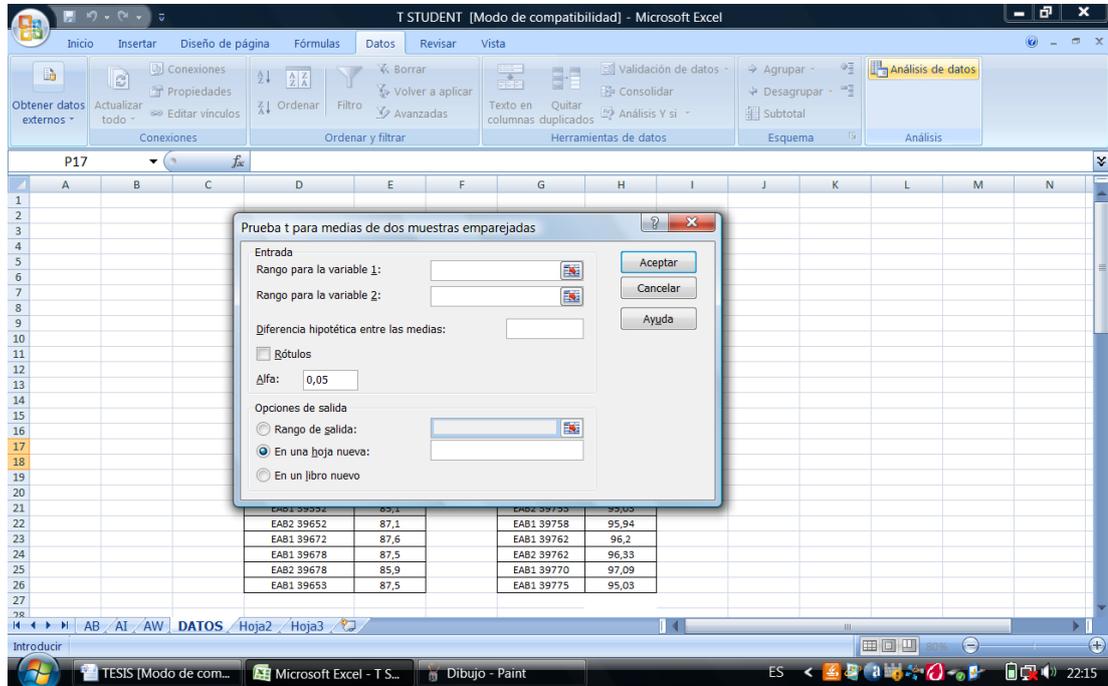
Para aplicar la prueba, en una hoja de cálculo de Excel se colocan dos columnas: la primera con todos los datos de los porcentajes de eficiencia de filtración con las tierras filtrantes actuales y la segunda con los datos de los porcentajes de eficiencia de filtración con las nuevas tierras filtrantes, para cada uno de los productos, por ejemplo:

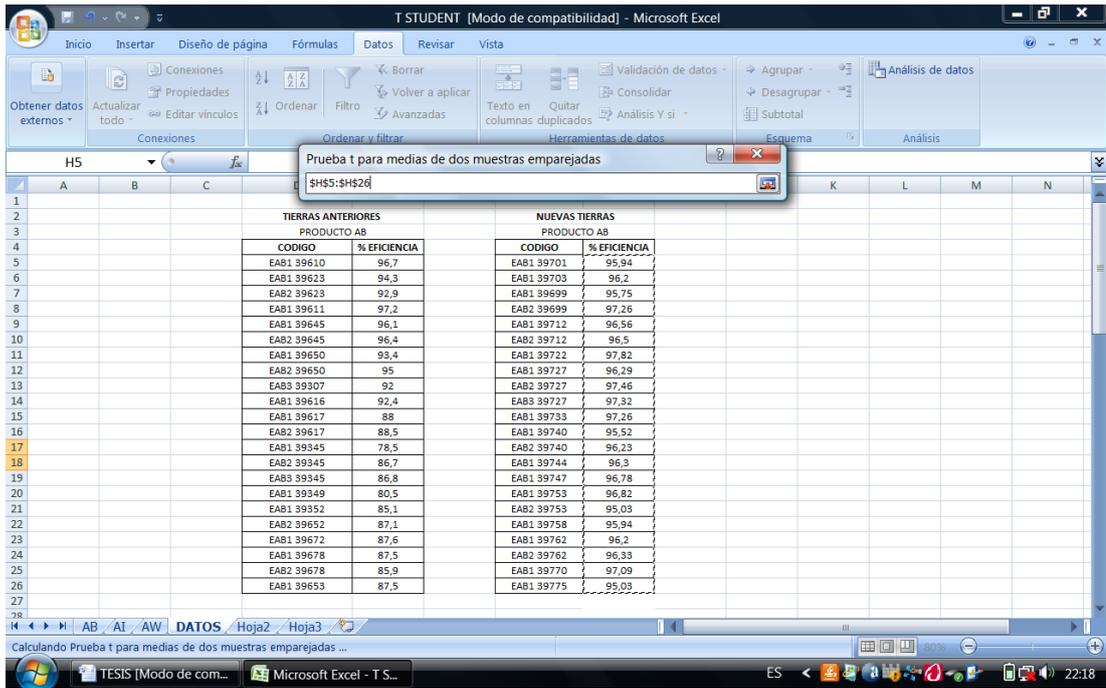


Luego, en el menú “Datos”, se escoge la opción “análisis de datos” y dentro del mismo la opción “prueba t para medias de dos muestras emparejadas”.

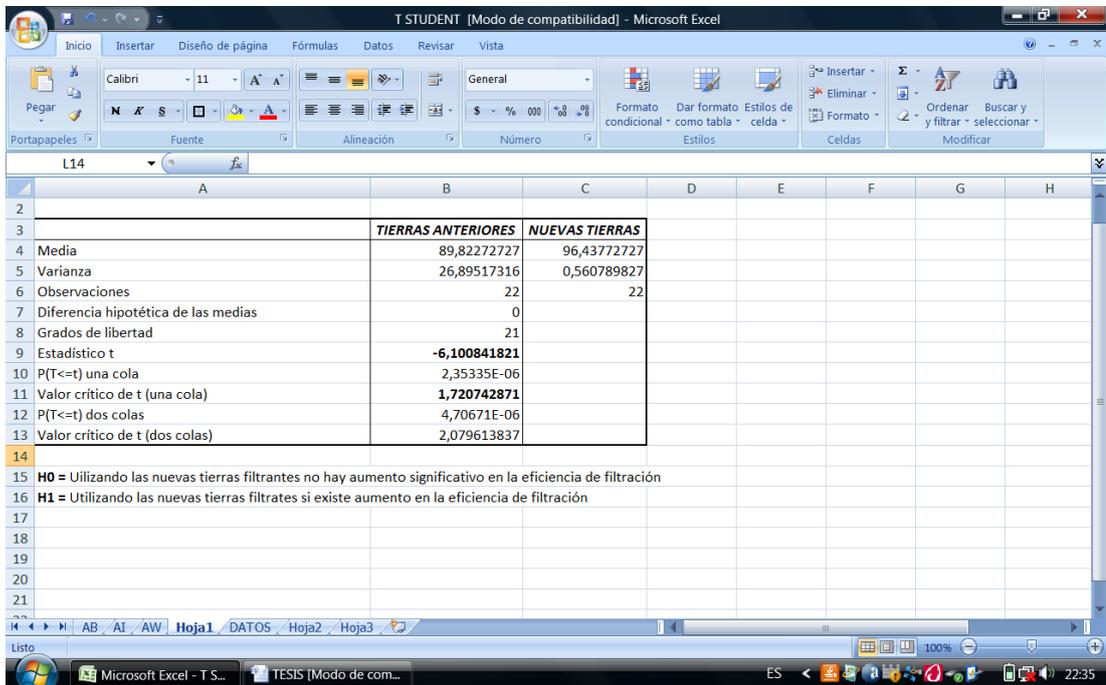


En ese momento se genera una matriz con dos casilleros: “rango para la variable 1” y “rango para la variable 2”. Para el número uno se seleccionan todos los datos de la primera columna y para el número dos se seleccionan todos los datos de la segunda columna.





Se genera la tabla con los resultados. Se debe eliminar el valor “P(T<=t) dos colas”, ya que para todo el estudio se tomó solo con una cola.



**Tabla 22.** Producto AB

	<b>PROCESO ACTUAL</b>	<b>PROCESO CON NUEVAS TIERRAS</b>
Media	89,82272727	96,43772727
Varianza	26,89517316	0,560789827
Observaciones	22	22
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	21	
Estadístico t	<b>-6,100841821</b>	
P(T<=t) una cola	2,35335E-06	
Valor crítico de t (una cola)	<b>1,720742871</b>	

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

Debido a que el “Estadístico t”, es mayor al “Valor crítico t”, se rechaza la hipótesis nula y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa, lo que demuestra que utilizando las nuevas tierras filtrantes si existe aumento en la eficiencia de filtración.

**Tabla 23.** Producto Al

	<b>PROCESO ACTUAL</b>	<b>PROCESO CON NUEVAS TIERRAS</b>
Media	63,21818182	80,72909091
Varianza	86,33584416	2,423303896
Observaciones	22	22
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	21	
Estadístico t	<b>-8,964387042</b>	
P(T<=t) una cola	6,3376E-09	
Valor crítico de t (una cola)	<b>1,720742871</b>	

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

Debido a que el “Estadístico t”, es mayor al “Valor crítico t”, se rechaza la hipótesis nula y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa, lo que demuestra que utilizando las nuevas tierras filtrantes si existe aumento en la eficiencia de filtración.

**Tabla 24.** Producto AW

	<b>PROCESO ACTUAL</b>	<b>PROCESO CON NUEVAS TIERRAS</b>
Media	65,19090909	78,16954545
Varianza	178,3637229	31,91667121
Observaciones	22	22
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	21	
Estadístico t	<b>-4,096561649</b>	
P(T<=t) una cola	0,000257904	
Valor crítico de t (una cola)	<b>1,720742871</b>	

**Fuente:** Investigación directa

**Elaboración:** Ma. Augusta Molina

Debido a que el “Estadístico t”, es mayor al “Valor crítico t”, se rechaza la hipótesis nula y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa, lo que demuestra que utilizando las nuevas tierras filtrantes si existe aumento en la eficiencia de filtración.

#### **4.3. Disponibilidad y factibilidad de usar los nuevos medios filtrantes.**

Una vez concluido este proyecto y al ver que existió una mejora en la eficiencia de filtración de los productos, que a la vez redujeron los costos, la empresa desea implementar el uso de las nuevas tierras filtrantes en todas sus líneas.

Internamente, se seguirá monitoreando el proceso para mantener un control adecuado de la turbidez y seguir realizando investigaciones para una mejora continua.

#### **4.4. Conclusiones**

Al concluir la segunda parte de este proyecto se pudo observar que la eficiencia de filtración aumentó 6,6% en el producto AB, 17,5% en el producto AI, y 12,9% en el producto AW, lo que demuestra que existió una mejora, principalmente en producto AI, que era el de menor eficiencia.

Por otro lado, los costos de filtración para los productos AB y AI se redujeron en 43,4%, es decir existió un ahorro de \$30,72 para los veinte y dos lotes de cada producto, que corresponde a un volumen de 325 600 litros. Para el producto AW, los costos se redujeron en 29,63%, es decir existió un ahorro de \$ 14,02 para los veinte y dos lotes de producto, que corresponde a un volumen de 325 600 litros.

En cuanto a la prueba T, o T Student, se pudo demostrar y confirmar estadísticamente que si existió una mejora en la eficiencia de filtración en todos los productos, lo que da mayor sustento a este proyecto.

Finalmente, las mejoras serán implementadas en la empresa, manteniendo un monitoreo constante de la turbidez y realizando más investigaciones para lograr una mejora continua.

## **CONCLUSIONES**

El objetivo principal de este proyecto fue incrementar la eficiencia en la filtración de tres bebidas alcohólicas de la empresa Embotelladora Azuaya S.A.

Para lograrlo se realizaron una serie de pasos intermedios, comenzando por la determinación de la eficiencia de filtración actual, pudiéndose establecer que el producto de mayor eficiencia es el AB, y el de menor es el producto AI, lo mismos que a pesar de estar formulados a base de aguardiente, existen procesos previos en una de las materias primas que conforman al producto AI, que provocan que la turbidez en los distintos puntos de control difiera mucho entre ellos y por lo tanto su eficiencia.

Para poder realizar la segunda parte del estudio, se planteó el uso de nuevas tierras filtrantes, empleando las de la empresa AEB, y se llevó a cabo la nueva determinación de la eficiencia, obteniendo una mejora en todos los productos.

En el producto AB la eficiencia de filtración aumentó 6,6%, en el producto AI aumentó 17,5% y en el producto AW 12,9%.

También se pudieron reducir los costos de filtración. Para la los productos AB y AI en 43,4%, generando un ahorro de \$30,72; para los veinte y dos lotes de cada producto, que corresponden a un volumen de 325 600 litros. Para el producto AW en 29,63%, generando un ahorro de \$ 14,02, para los veinte y dos lotes de cada producto que corresponden a un volumen de 325 600 litros.

El incremento de eficiencia fue demostrado estadísticamente mediante la T Student ó Prueba T.

Finalmente, al ser la filtración una operación unitaria compleja fue indispensable investigar y estudiar cada parte del proceso, porque en ella influyen un sin número de factores que pueden ayudar a tener un adecuado control, ya que los principales beneficiarios son los consumidores y la empresa.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda implementar las mejoras alcanzadas y seguir realizando investigaciones que permitan afianzar aún más el proceso de filtración, con miras a mantener e incrementar la calidad de los mismos, porque la razón de ser de la empresa es el consumidor.

También se recomienda a futuro incrementar un Turbidímetro en línea, para tener un control más exhaustivo y en caso de que exista algún inconveniente tomar la acción correctiva correspondiente in situ.

Se recomienda la utilización de los nuevos módulos Supradisc II, de Pall, por todas las ventajas descritas en el capítulo 4.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CATÁLOGO MILLIPORE, “Filtración de Bebidas”, Rev. A – 11/2001, USA.

COVO, Mino, “Apuntes sobre filtración de fluidos”, Riobamba, Ecuador, sin año.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA LUCIO, Pilar, “Metodología de la Investigación”, Editorial Ultra, S.A. de C.V., México, Segunda edición, 2000.

ICONTEC. Procedimientos de muestreo para inspección por atributos, NTC- ISO 2959-1, Colombia, 1992.

INSTRUCCIÓN INTERNA DE LA EMPRESA, “Filtración de elaborado”, I12PRO, Revisión 6.

JG, Breman, JR, Butters, N.D., Cowel, AEV, Lilly, “Operaciones de la ingeniería de los alimentos”, Editorial Acribia, Zaragoza, España, Segunda edición, 1980, páginas 121 - 123.

MANSON, Robert D, LIND, Douglas A., MARCHAL, William G., “Estadística para Administración y Economía”, Editorial Alfaomega, Colombia, Décima edición, 2003, Traducción, María Cristina Hernández Lozano, Lic. en interpretación.

MANUAL DE LA ESTACIÓN FILTRANTE DE LA LÍNEA TRES, “Installation, operation and maintenance instructions, filter station serial 31280, model 30V159”, Link Power & Machinery Corporation, Naples, Florida, 1995.

MANUAL DE LA ESTACIÓN FILTRANTE DE LA LÍNEA UNO, "Instructions and maintenance manual for NF 5-8-10-15-18-20 filters", Della Toffola, Treviso, Italia, sin año.

MILLISTAK + DE SERIES, "Clarification/Prefiltration Filters", Rev B – 10/99, USA.

PERRY Robert H, GREEN Dow W, MALONEY James O., "Manual del Ingeniero Químico", Editorial Mc Graw Hill, Sexta Edición, Abril 2001.

R.L., Earle, "Ingeniería de los alimentos", Editorial Acribia, Zaragoza (España), 1973, páginas 246 - 247, Traducción, Dr. José Aleman Vega, Dr. en Ciencias Químicas.

SALVATORE, Dominick, "Econometría", Editorial McGraw-Hill, Primera edición, 1991, Traducción, Jorge Celis Sarmiento, Decano de la Facultad de Economía, Universidad Militar.

## **REFERENCIAS ELECTRÓNICAS**

AEB GROUP, "Coadyuvantes de filtración", [en línea]. Disponible en internet: <http://www.aeb-group.com>.

ARREDONDO, Marcela, ARREDONDO, María Luisa, "Diatomea", [en línea]. Disponible en internet: <http://www.dicafil.com.ar/celatom.htm>.

BOLUDA BOTELLA, Nuria, ITALIANO, Doménico, Universidad de alicante, departamento de Ingeniería Química, "Parámetros físicos", [en línea]. Disponible en internet: [http://iq.ua.es/MedioAmbiente/paginaprincipalagua\\_archivos/1Aguas%20naturales/6ParametrosFisicos.swf](http://iq.ua.es/MedioAmbiente/paginaprincipalagua_archivos/1Aguas%20naturales/6ParametrosFisicos.swf).

CHIRCA, “Chirca productos químicos”, 2006, [en línea]. Disponible en internet: [http://www.chirca.com/prod\\_diato.htm](http://www.chirca.com/prod_diato.htm).

CONTROL DE CALIDAD CON MEDICIÓN DE TURBIDEZ, “Turbidez” [en línea]. Disponible en internet: [www.wtw.com/media/ES L 11 Turb 104 109 I.pdf](http://www.wtw.com/media/ES_L_11_Turb_104_109_I.pdf).

ESCUELA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DEL AGUA DE ANDALUCÍA, “Turbidez”, [en línea]. Disponible en internet: [www.grupotar.org/master/analisis/protopdf/TURBIDEZ.pdf](http://www.grupotar.org/master/analisis/protopdf/TURBIDEZ.pdf).

GALBATI, Jorge M., “Distribución T Student”, [en línea]. Disponible en internet: [www.jorgegalbiati.cl/nuevo\\_06/tstud.pdf](http://www.jorgegalbiati.cl/nuevo_06/tstud.pdf).

HACH COMPANY. Turbidímetro Portátil, Modelo 2100P, “Manual del Instrumento”, Revisión 1, 1999, USA, [en línea]. Disponible en internet: [www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3A4650093157%7C1](http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3A4650093157%7C1).

LENNTECH, “Agua residual & purificación del aire Holding B.V.”, [en línea]. Disponible en internet: <http://www.lenntech.com/espanol/Turbidez.htm>.

PALL (Pall Corporation). “Food and beverage”, [en línea]. Disponible en internet: [http://www.pall.com/pdf/FB\\_SUPRAdiscspa.pdf](http://www.pall.com/pdf/FB_SUPRAdiscspa.pdf).

REFIL S.A., “Diatomea: Auxiliares filtrantes”, [en línea]. Disponible en internet: [http://www.refil.com.ar/sec\\_productos\\_diatomea\\_aux\\_grados.asp](http://www.refil.com.ar/sec_productos_diatomea_aux_grados.asp).

SANCHEZ BRIZUELA Ricardo, MANSILLA Silvia, “Operaciones Unitarias”, [en línea]. Disponible en internet: <http://www.aguardientes.com.ar/ouweb/filtracion.htm>.

**ANEXO 1**

LETRA CLAVE DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

## LETRA CLAVE DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Tamaño del lote	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 a 90	B	B	C	C	C	D	F
91 a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 a 10 000	C	D	F	G	H	L	M
10 001 a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 y más	D	E	H	K	N	Q	R

**ANEXO 2**

**PLANES DE MUESTREO SIMPLE PARA INSPECCIÓN NORMAL**

**Planes de muestreo simple para inspección normal**

Letra Clave	Tamaño de la muestra	Nivel aceptable de calidad (inspección normal)																									
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
		Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re	Ac-Re
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
R	2000	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

↓ = Utilizar el primer plan debajo de la flecha. Si el tamaño de la muestra es igual o excede el del lote, hacer inspección al 100 %

↑ = Utilizar el primer plan encima de la flecha.

Ac = Número de aceptación.

Re = Número de rechazo.

**ANEXO 3**

FICHA TÉCNICA DE LA TIERRA DIATOMEA: FIBRA CELL SW-10




Alejandro Dumas 103 3er Piso Colonia Polanco 11560 México, D.F. -Tel (52-55) 52800289, Fax (52-55) 52812587, 52810460.

**Celite Mexicana, S.A. de C. V.**

### CERTIFICATE OF ANALYSIS

Date: Jul/04/07	CELITE MEXICO, S.A. DE C.V.
Ref.:	P-715
Customer:	TREPACO CIA. LTDA.
Grade:	Fibra-Cel SW-10
Identification:	100% Powdered Cellulose.
Appearance:	Fibrous White Powder
Lot Number:	W024660/W025209
Date of Exp.	Mar/01/2009.

Bulk Volume:	Meets spec.	5.0-6.0 cc/g.
150 microns	Meet spec.	≥ 45%
75 microns	Meet spec.	≥ 20%
Cake flow. (ml./min/cm <sup>3</sup> )	Meet spec.	spec. 10.2-24.0

It is guaranteed the content of these limits.

Heavy Metals (as Pb)	≤ 10 ppm. F.C.C.
Arsenic (as As)	≤ 10 ppm. F.C.C.



**Ing. Guillermo Pelayo Peña.**

37 <sup>62</sup>

**ANEXO 4**

FICHA TÉCNICA DE LA TIERRA DIATOMEA: HYFLOW SUPER CELL



**Celite México**  
 Alejandro Dumas 103  
 Col. Polanco C.P. 11560 México, D.F.  
 Tel: (525)280-0289 - Fax: (525)281-2587

## Technical Data

### HYFLO SUPER CEL®

#### TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Color	White
Appearance	Powder
Description	Filter Aid
Density,	
Wet (lbs/ft <sup>3</sup> )	18.5
(g/l)	300.0
150 Mesh Screen Residue, %	7.0
pH	10.0
Moisture, as shipped, %	.1
Relative Flowrate	530.0

#### TYPICAL CHEMICAL ANALYSIS, %

SiO <sub>2</sub>	91.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1
TiO <sub>2</sub>	0.2
CaO	0.7
MgO	0.4
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	3.1

The typical physical or chemical properties of Celite Corporation products represent average values obtained in accordance with accepted test methods and are subject to normal manufacturing variations. They are supplied as a technical service and are subject to change without notice. Typical data shown above are considered accurate and reliable; however, no guarantee is given or intended.

**ANEXO 5**

FICHA TÉCNICA DE LA TIERRA DIATOMEA: CELITE STANDARD SUPERCELL



**Celite México**  
 Alejandro Dumas 103  
 Col. Polanco C.P. 11560 México, D.F.  
 Tel: (525)280-0289 • Fax: (525)281-2587

## Technical Data

### STANDARD SUPER CÉL®

#### TYPICAL PHYSICAL PROPERTIES

Color	Pink
Appearance	Powder
Description	Filter Aid
Density,	
Wet (lbs/ft <sup>3</sup> )	19.0
(g/l)	310.0
150 Mesh Screen Residue, %	5.5
pH	6.5
Moisture, as shipped, %	.5
Relative Flowrate	245.0

#### TYPICAL CHEMICAL ANALYSIS, %

SiO <sub>2</sub>	92.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2
TiO <sub>2</sub>	0.2
CaO	0.7
MgO	0.4
Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	1.2

The typical physical or chemical properties of Celite Corporation products represent average values obtained in accordance with accepted test methods and are subject to normal manufacturing variations. They are supplied as a technical service and are subject to change without notice. Typical data shown above are considered accurate and reliable; however, no guarantee is given or intended.

**ANEXO 6**

FICHA TÉCNICA DE LA TIERRA DIATOMEA: FIBROSTERIL

## Precapa para filtraciones abrillantadoras

# Fibrosteril®

**Empresa Productora** AEB IBERICA, S.A. – Av. Can Campanyà, 13 - 08755-Castellbisbal (Barcelona)  
Tel. 93 772 02 51 - Fax 93 772 08 66  
e-mail: [aebiberica@aebiberica.es](mailto:aebiberica@aebiberica.es) - [www.aeb-group.com](http://www.aeb-group.com)

**Empleo** Utilizar en aluvionado continuo  
**Dosis de empleo** 25-100 g/hL en aluvionado continuo en cualquier tipo de filtro  
**Confección** Saco de 15 Kg. netos. Cód. Prod.: 002967

### FICHA TÉCNICA Y DE SEGURIDAD

- 2 COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES**  
Perlitas exentas de sílice – E460 Celulosa – Bentonita de alta absorción sin poder de hinchamiento
- 3 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO**  
El preparado no es peligroso.  
Las perlitas, si se inhalan durante mucho tiempo, puede provocar problemas a las vías respiratorias, el efecto es transitorio y reversible.
- 4 MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS**  
Si el producto ha dañado los ojos no tocar, lavar inmediatamente con abundante agua.  
Si la irritación persiste, consultar a un médico.  
Contacto con la piel: ningún riesgo.  
En caso de inhalación: alejarse de la zona con polvo, beber agua para limpiar la garganta.  
Ingestión: ningún riesgo.
- 5 MEDIDAS ANTINCENDIO**  
El preparado no es inflamable.  
Alejar al personal presente y acercarse en caso de absoluta necesidad y provistos de mascarar .  
Extinguir con polvo químico, espuma o agua nebulizada. Consultar las fichas del resto de los productos que se encuentran en el almacén.  
Mantener fríos los envases mediante irrigación de agua y procurar que el fuego no venga alimentado.
- 6 EN CASO DE PÉRDIDA ACCIDENTAL**  
Precauciones ambientales: ninguna  
Procedimiento de limpieza: recoger el material mediante medios mecánicos, introducirlo en contenedores limpios y eliminarlo según las normativas vigentes.
- 7 MANIPULACIÓN Y ALMACENAJE**  
Manipulación: evitar siempre que sea posible la formación de polvo.  
Trabajar en ambientes ventilados, utilizando mascarar antipolvo.  
Almacenaje: mantener alejado de productos que emitan olores.
- 8 VOLORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN INDIVIDUAL**  
TLV-TWA Perlita 10 mg/m<sup>3</sup>.  
Fracción respirable 3 mg/m<sup>3</sup>.  
Protección de los ojos: utilizar gafas de seguridad.  
Protección de las vías respiratorias: utilizar mascarar antipolvo.

<b>9</b>	<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b> Aspecto físico polvo blanco mixto con fibras Densidad aparente 0,1 - 0,2
<b>10</b>	<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b> Ninguna descomposición se produce si se utiliza según las indicaciones.
<b>11</b>	<b>INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b> Perlitas Toxicidad aguda (dosis letales) LD50 ratón vía oral dosis: > 5000 mg/kg. Información posterior: el producto no ha sido probado en animales; los datos sobre toxicidad se han extraído de experiencias con productos similares. Irritación primaria: ligera irritación de las mucosas. Sensibilización: ninguna. Efecto sobre las personas: El polvo puede ser causa de posible irritación de ojos y/o mucosas. El polvo puede secar la piel. En caso de inhalación prolongada y/o excesiva superación de los límites de exposición, el polvo de cuarzo respirable puede causar silicosis.
<b>12</b>	<b>INFORMACIÓN ECOLÓGICA</b> Perlitas Valoración: no biodegradable. Información posterior: el producto es de origen mineral.
<b>13</b>	<b>CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN</b> Trabajar según las disposiciones nacionales y locales vigentes. Y las directivas DIR 91/156/CEE - 91/689/CEE - 98/62/CE.
<b>14</b>	<b>INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE</b> Normas ADR: el producto no está clasificado.
<b>15</b>	<b>INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN</b> En aplicación a las directivas 1999/45/CE e 2001/60/CE correspondientes a la clasificación, embalaje y etiquetado de productos peligrosos, el preparado <b>no es peligroso</b> .
<b>16</b>	<b>INFORMACIÓN ADJUNTA</b> Sería recomendable que el encargado de su manipulación tenga la información sobre su aplicación y los riesgos específicos del producto. La presente ficha ha sido redactada por el departamento técnico de AEB, en base la información de que dispone a fecha de la última revisión. Las informaciones detalladas se refieren solo al preparado indicado y pueden no ser válidas si el producto es utilizado de forma inadecuada o en combinación con otros. Nada de lo expresado debe ser utilizado como garantía, tanto implícita como explícita, En cada caso es responsabilidad del usuario determinar como esta información debe ser aplicada y como determinar la adaptabilidad de cada producto a su particular finalidad. <b>N.R.G.S.: 31-04293/CAT - 31-00975/B</b> Para más información se ruega llamar o escribir a: Tel. 93 772 02 51 - Fax 93 772 08 66 e-mail: <a href="mailto:aebiberica@aebiberica.es">aebiberica@aebiberica.es</a> - <a href="http://www.aeb-group.com">www.aeb-group.com</a>

Recopilada en aplicación a la directiva 2001/58/CE referente a la modalidad de las informaciones sobre sustancias preparados peligrosos comercializados.

**FIBROSTERIL** (fecha de la última revisión: 19 de Abril 2006)



**ANEXO 7**

FICHA TÉCNICA DE LA TIERRA DIATOMEA: FIBROXCEL 10

## Precapa para filtraciones de desbaste

# Fibroxcel® 10

**Empresa Productora** AEB IBERICA, S.A. - Av. Can Campanyà, 13 - 08755-Castellbisbal (Barcelona)  
Tel. 93 772 02 51 - Fax 93 772 08 66  
e-mail: [aebiberica@aebiberica.es](mailto:aebiberica@aebiberica.es) - [www.aeb-group.com](http://www.aeb-group.com)

**Empleo** Utilizar en precapas y en aluvionado  
**Dosis de Empleo** 500-1000 g/m<sup>2</sup> de superficie filtrante en la formación de la precapa  
20-100 g/hL en aluvionado continuo  
**Confección** Saco de 20 Kg. netos. Cód. Prod.: 000472

### FICHA TÉCNICA Y DE SEGURIDAD

- 2 COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES**  
Perlitas exentas de sílice CAS n° 93763-70-3 - E460 Celulosa CAS n° 9004-34-6 - Fibra corta de algodón
- 3 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO**  
El preparado no es peligroso.  
Las perlitas, si se inhalan durante mucho tiempo, pueden provocar problemas en las vías respiratorias, el efecto es transitorio y reversible.
- 4 MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS**  
Si el producto daña los ojos no restregar. Lavar inmediatamente con abundante agua.  
Si la irritación persiste consultar a un médico.  
Contacto con la piel: ningún riesgo.  
En caso de inhalación: alejarse de la zona de polvo, beber agua para limpiar la garganta.  
Ingestión: ningún riesgo.
- 5 MEDIDAS ANTINCENDIO**  
El producto no es inflamable.  
Alejar al personal presente y acercarse solo en caso de absoluta necesidad y provistos de mascarar autorespiratorias.  
Extinguir con polvo químico, espuma o agua nebulizada. Consultar las fichas del resto de los productos del almacén.  
Mantener fríos los contenedores mediante chorros de agua y procurar que el fuego no se alimente.
- 6 MEDIDAS EN CASO DE PÉRDIDA ACCIDENTAL**  
Precauciones ambientales: ninguna.  
Procedimiento de limpieza: recoger el material mediante medios mecánicos, e introducirlo en contenedores limpios y eliminarlo respetando las normativas vigentes.
- 7 MANIPULACIÓN Y ALMACENAJE**  
Manipulación: Evitar siempre que sea posible la formación de polvo.  
Trabajar en ambientes ventilados utilizando mascarar anti-polvo.  
Almacenaje: Mantenerlo alejados de productos que emitan olores.
- 8 VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN INDIVIDUAL**  
TLV-TWA Perlitas 10 mg/m<sup>3</sup>.  
Fracción respirable 3 mg/m<sup>3</sup>.  
Protección de los ojos: Utilizar gafas de seguridad  
Protección de las vías respiratorias: Utilizar mascarar antipolvo más mascarar tipo 2 (3M o equivalente)

<b>9</b>	<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b> Aspecto físico polvo homogéneo blanco Densidad aparente 0,2 aproximadamente
<b>10</b>	<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b> Ninguna descomposición si se almacena y emplea según las indicaciones.
<b>11</b>	<b>INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b> Perlita: toxicidad aguda (dosis letales) LD50 ratón vía oral dosis: > 5000 mg/kg. Información posterior: el producto no ha sido probado en animales; los datos sobre la toxicidad han sido extraídos de experiencias con productos similares. Irritaciones primarias: ligera irritación de las mucosas. Sensibilización: ninguna. Efectos en el hombre: El polvo puede ser causa de posibles irritaciones en ojos y/o mucosa. El polvo puede hacer que la piel se reseque.
<b>12</b>	<b>INFORMACIÓN ECOLÓGICA</b> Perlitas Valoración: no biodegradable. Información posterior: el producto es de origen mineral.
<b>13</b>	<b>CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN</b> Trabajar según las disposiciones vigentes nacionales y locales. Y las directivas 91/156/CEE - 91/689/CEE - 98/62/CE.
<b>14</b>	<b>INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE</b> Normas ADR: el producto no está clasificado.
<b>15</b>	<b>INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN</b> <i>En aplicación a las directivas 1999/45/C y 2001/60/CE relativas a la clasificación, embalaje y etiquetado de los preparados peligrosos, el preparado <b>no es peligroso.</b></i>
<b>16</b>	<b>INFORMACIÓN ADJUNTA</b> Es aconsejable que el responsable tenga periódicamente informados a los usuarios de los riesgos específicos para el empleo del producto. La presente ficha ha sido realizada por el departamento técnico de AEB en base a las informaciones disponibles a la fecha de la última revisión. Las informaciones indicadas hacen referencia solo a la preparación indicada y pueden no ser válidas si el producto es utilizado de forma inapropiada o en combinación con otros. Nada de lo indicado debe ser interpretado como garantía, tanto implícita como explícitamente. En cada caso es responsabilidad del usuario el determinar como esta información debe ser aplicada y como determinar la adaptabilidad de cada producto a su particular finalidad. <b>N.R.G.S.: 31-04293/CAT - 31-00975/B</b> Para más información se ruega llamar o escribir a: AEB IBERICA, S.A. - Av. Can Campanyà, 1 - 08755 - Castellbisbal (Barcelona) Tel. 93 772 02 51 - Fax 93 772 08 66 e-mail: <a href="mailto:aebiberica@aebiberica.es">aebiberica@aebiberica.es</a> - <a href="http://www.aeb-group.com">www.aeb-group.com</a>

Recopilada en aplicación a la directiva 2001/58/CE referente a la modalidad de las informaciones sobre sustancias y preparados peligrosos comercializados.

**FIBROXCEL 10** (fecha de la última revisión: 1 de Junio 2006)



**ANEXO 8**

FICHA TÉCNICA DE LA TIERRA DIATOMEA: FIBROXCEL 30

*Precapa para filtraciones abrillantadoras*

# Fibroxcel® 30

**Empresa Productora** AEB IBERICA, S.A. - Av. Can Campanyà, 13 - 08755-Castellbisbal (Barcelona)  
Tel. 93 772 02 51 - Fax 93 772 08 66  
e-mail: [aebiberica@aebiberica.es](mailto:aebiberica@aebiberica.es) - [www.aeb-group.com](http://www.aeb-group.com)

**Empleo** Utilizar en precapas y en aluvionado  
**Dosis de Empleo** 500-1000 g/m<sup>2</sup> de superficie filtrante en la formación de la precapa  
20-100 g/hL en aluvionado continuo  
**Confección** Saco de 20 Kg. netos. Cód. Prod.: 000474

## FICHA TÉCNICA Y DE SEGURIDAD

- 2 COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES**  
Perlititas exentas de sílice CAS n° 93763-70-3 - E460 Celulosa CAS n° 9004-34-6 - Fibra corta de algodón
- 3 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO**  
El preparado no es peligroso.  
Las perlititas, si se inhalan durante mucho tiempo, pueden provocar problemas en las vías respiratorias, el efecto es transitorio y reversible.
- 4 MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS**  
Si el producto daña los ojos no restregar. Lavar inmediatamente con abundante agua.  
Si la irritación persiste consultar a un médico.  
Contacto con la piel: ningún riesgo.  
En caso de inhalación: alejarse de la zona de polvo, beber agua para limpiar la garganta.  
Ingestión: ningún riesgo.
- 5 MEDIDAS ANTINCENDIO**  
El producto no es inflamable.  
Alejar al personal presente y acercarse solo en caso de absoluta necesidad y provistos de mascarar autorespiratorias.  
Extinguir con polvo químico, espuma o agua nebulizada. Consultar las fichas del resto de los productos del almacén.  
Mantener fríos los contenedores mediante chorros de agua y procurar que el fuego no se alimente.
- 6 MEDIDAS EN CASO DE PÉRDIDA ACCIDENTAL**  
Precauciones ambientales: ninguna.  
Procedimiento de limpieza: recoger el material mediante medios mecánicos, e introducirlo en con tenedores limpios y eliminarlo respetando las normativas vigentes.
- 7 MANIPULACIÓN Y ALMACENAJE**  
Manipulación: Evitar siempre que sea posible la formación de polvo.  
Trabajar en ambientes ventilados utilizando mascarar antipolvo.  
Almacenaje: Mantenerlo alejados de productos que emitan olores.
- 8 VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN INDIVIDUAL**  
TLV-TWA Perlititas 10 mg/m<sup>3</sup>.  
Fracción respirable 3 mg/m<sup>3</sup>.  
Protección de los ojos: Utilizar gafas de seguridad  
Protección de las vías respiratorias: Utilizar mascarar antipolvo más mascarar tipo 2 (3M o equivalente)

<b>9</b>	<b>PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS</b> Aspecto físico polvo homogéneo blanco Densidad aparente 0,2 aproximadamente
<b>10</b>	<b>ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD</b> Ninguna descomposición si se almacena y emplea según las indicaciones.
<b>11</b>	<b>INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA</b> Perlita: toxicidad aguda (dosis letales) LD50 ratón vía oral dosis: > 5000 mg/kg. Información posterior: el producto no ha sido probado en animales; los datos sobre la toxicidad han sido extraídos de experiencias con productos similares. Irritaciones primarias: ligera irritación de las mucosas. Sensibilización: ninguna. Efectos en el hombre: El polvo puede ser causa de posibles irritaciones en ojos y/o mucosa. El polvo puede hacer que la piel se reseque.
<b>12</b>	<b>INFORMACIÓN ECOLÓGICA</b> Perlitas Valoración: no biodegradable. Información posterior: el producto es de origen mineral.
<b>13</b>	<b>CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN</b> Trabajar según las disposiciones vigentes nacionales y locales. Y las directivas 91/156/CEE - 91/689/CEE - 98/62/CE.
<b>14</b>	<b>INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE</b> Normas ADR: el producto no está clasificado.
<b>15</b>	<b>INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN</b> <i>En aplicación a las directivas 1999/45/C y 2001/60/CE relativas a la clasificación, embalaje y etiquetado de los preparados peligrosos, el preparado <b>no es peligroso</b>.</i>
<b>16</b>	<b>INFORMACIÓN ADJUNTA</b> Es aconsejable que el responsable tenga periódicamente informados a los usuarios de los riesgos específicos para el empleo del producto. La presente ficha ha sido realizada por el departamento técnico de AEB en base a las informaciones disponibles a la fecha de la última revisión. Las informaciones indicadas hacen referencia solo a la preparación indicada y pueden no ser válidas si el producto es utilizado de forma inapropiada o en combinación con otros. Nada de lo indicado debe ser interpretado como garantía, tanto implícita como explícitamente. En cada caso es responsabilidad del usuario el determinar como esta información debe ser aplicada y como determinar la adaptabilidad de cada producto a su particular finalidad. <b>N.R.G.S.: 31-04293/CAT - 31-00975/B</b> Para más información se ruega llamar o escribir a: AEB IBERICA, S.A. - Av. Can Companyà, 1 - 08755- Castellbisbal (Barcelona) Tel. 93 772 02 51 - Fax 93 772 08 66 e-mail: <a href="mailto:aebiberica@aebiberica.es">aebiberica@aebiberica.es</a> - <a href="http://www.aeb-group.com">www.aeb-group.com</a>

Recopilada en aplicación a la directiva 2001/58/CE referente a la modalidad de las informaciones sobre sustancias y preparados peligrosos comercializados.

**FIBROXCEL 30** (fecha de la última revisión: 1 Junio 2006)

