



**Novedoso sistema de mezcla de oxidantes fuertes para el  
tratamiento decolorante de meladura o jugos y licores de  
refinería, con efecto microbicida**

**Autores: Ing. Domingo Antonio Serpa Gil (1)  
Ing. Orlando Rafael Izarra Guerrero (2)**

1-Profesión: Ingeniero, Gerente de Aplicaciones Especiales  
Institución: LIPESA S.A  
e-mail: [serpad@lipesa.com](mailto:serpad@lipesa.com)

2-Profesión: Ingeniero Químico  
Institución: Central Azucarero La Pastora  
orlandoizarra2@gmail.com



## Abstracto

### **Mezcla para decolorar licores de sacarosa con efecto microbicida**

Se ha desarrollado una mezcla para la reducción de color y de turbidez en soluciones azucaradas permitiendo la decoloración a valores superiores al 80% del licor de sacarosa para refinería de azúcar. En combinación con los métodos tradicionales de clarificación del licor, aplicados durante la refinación del azúcar, la mezcla decolorante tiene la capacidad de reducir de manera determinante la turbiedad de las soluciones y actúa como un poderoso decolorante, mediante la oxidación parcial o total de las moléculas colorantes.

Una de las ventajas de la mezcla es su capacidad de estabilizar el pH de la solución, parámetro de control indispensable en el proceso de refinación de azúcar, que es un indicador de inversión de la sacarosa. Esto resulta en que el licor clarificado posea tanto un menor color como una excelente filtrabilidad.

Adicionalmente la mezcla es un potente Microbicida. La mezcla destruye *Leuconostoc* sp, enterovirus, *E. Coli* y amebas y es efectivo contra los quistes de *Cryptosporidium*., esto permite la comercialización de las mieles de refinería en la Industria de Alimentos, bajo parámetros de seguridad alimentaria. Esto ha llevado al uso de la mezcla en el proceso de molienda para el control microbiológico en jugo de caña.

Palabras Clave: Mezcla Decolorante, Reducción de Turbidez, Control Microbiológico



## ABSTRACT

### **Mixture for the decolorization of saccharose syrups with microbicidal effects**

A mixture for the reduction of color and turbidity in sweetened solutions has been developed allowing the discoloration to values superior to 80% of the saccharose syrup for the sugar refinery. In combination with the traditional methods of clarification of the syrup, applied during the refinement of sugar, the bleaching mixture has the capacity to reduce in a determining way the turbidity of the solutions and acts like a powerful bleaching agent, by means of the partial or total oxidation of colorant molecules.

One of the advantages of the mixture is its capacity to stabilize the pH of the solution, parameter of indispensable control in the sugar refinement process that is an indicator of inversion of saccharose. This results in that the clarified syrup has both a reduced color as well as an excellent filterability.

Additionally the mixture is a powerful microbiocide. The mixture destroys *Leuconostoc* sp, enterovirus, *E. Coli* and amoebas and are effective against the cysts of *Cryptosporidium*. This allows the commercialization of the honeys of the refinery in the Food Industry, under secure food parameters. This has also led to the use of the mixture en the milling process for microbiological control in cane juice.

**Key Words:** Decolorizing Mixture; Turbidity Reduction; Microbiological Control



## LIPESA 9005

**Novedoso sistema de mezcla de oxidantes fuertes para el tratamiento decolorante de meladura o jugos y licores de refinería, con efecto microbicida**



## Introducción

Desde el final de los años 60, se comenzó la experimentación con decolorantes que actuaban como multiplicadores de la polaridad de la carga eléctrica siendo estos polímeros cationicos, también llamados precipitantes de color. El primero de estos fue patentado por la Tate & Lyle con el sistema Talofloc (Chen y Chou, 1993)

A mitad de los años 70, se realizaron los primeros experimentos con oxidantes fuertes, específicamente con Ozono, el cual resulto ser un decolorante efectivo, pero de difícil generación en sitio (Moodley, 1992; Mendoza y Espejo, 2002; Bento, 2004). Esto llevo a los primeros experimentos con peróxido de hidrógeno, otro oxidante fuerte, pero estable y fácil de manejar.

En el Central El Palmar S.A. (CEPSA) Venezuela, en una refinería anexa a la fábrica de azúcar; se comienzan evaluaciones con Peróxido de hidrogeno en el año 1983, alternándolo con carbón activado hasta 1985, cuando se toma la decisión de utilizarlo como principal producto en la refinería. Su uso conlleva a un cambio en el patrón de refinación de CEPSA.

El peróxido de hidrogeno, aun con la dificultad que causaba en la estabilización del pH, probó que era capaz de decolorar soluciones azucaradas y obtener producto cristalizado de bajo color estable en el tiempo. Es necesario dosificar el peróxido previo a cualquier reacción, tal como la del proceso de fosfatación y seguido por un proceso de separación por flotación. Su uso en cualquier proceso donde no sea seguido por el más completo proceso de separación posible, se revertirá y causara la formación de nuevos colorantes generados por la reacción de los residuales de peróxido con metales. Esta es la razón por la cual muchos creen que el color regresa pero esto no es así, de acuerdo con Mendoza y Espejo (2003).

En CEPSA, la decoloración con peróxido de hidrogeno se utilizo exitosamente y se completaba con el uso de resinas de intercambio durante algunos años, pero luego se discontinuó el uso de las resinas de intercambio debido a problemas técnicos. Esto creo grandes problemas con la calidad del producto, que se intentaron resolver con el incremento de la dosificación de peróxido en la clarificación, intento que no tuvo éxito. Se determino que dosificaciones superiores a 1.000 ppm de peróxido de hidrogeno al 50 % se tornan muy inestables y existe riesgo de inversión de sacarosa.

Después de 27 años de utilizar un sencillo y limpio proceso de decolorization, un ingeniero venezolano, viendo la analogía del uso de agentes blanqueadores en la industria papelera, decidió probar una mezcla de peróxido de hidrogeno con LIPESA 9005, el cual es clorito de sodio estabilizado. El objetivo era generar



dióxido de cloro “in situ”. Este compuesto reacciona eficientemente con el color, la turbidez y con compuestos poliméricos asociados con colorantes de alto peso molecular que reducen la velocidad de cristalización y causan deformación de los cristales, siendo también responsables estos productos del pobre agotamiento de los licores.

El uso del peróxido de hidrogeno y clorito de sodio en cantidades equivalentes produce la cantidad requerida de dióxido de cloro y provee el residual necesario de peróxido de hidrogeno, lo que resulta en una alta remoción de color y turbidez y mantiene un proceso con un extraordinario control microbiológico.

### **Origen y comportamiento del color en el proceso de la elaboración de azúcar de caña.**

Según Cordovez *et al* (1991) se han identificado 5 grupos generales de colorantes:

1. Melaninas las cuales son productos compuestos de la oxidación y condensación de 3,4-dehidroxifenil alanina
2. Los productos coloreados de la degradación alcalina de azucares
3. Colorantes tipo caramelo, como resultado de calentamiento excesivo o prolongado de azucares.
4. Melanoidina la cual es producida por la reacción de Maillard entre aminoácidos y azucares reductores.
5. Complejos polifenolicos de hierro altamente coloreados, formados por hierro y polifenoles.

Según Riffer (1980) el peso molecular presentado por los 5 grupos citados va en orden descendente y su comportamiento con respecto al cristal en el proceso de cocimiento es como sigue:

- Los compuestos coloreados más intensos y de mayor peso molecular, asociados con los polisacáridos y los complejos metálicos formados por polifenoles tienden a incluirse en el cristal, mientras que el resto de los colores, está en la capa de melaza más externas del cristal y se eliminan con la afinación.
- El cristal de azúcar crudo debe ser disuelto para que el color que estaba incluido en el cristal, quede expuesto al posterior tratamiento, bien sea químico o fisicoquímico.



## Efecto del uso de la mezcla de oxidantes fuertes

La mezcla de oxidantes fuertes actúa sobre los precursores de color dejándolos inertes a las reacciones enzimáticas de formación de color. Su acción comparada a la del Peróxido de hidrógeno solo, hace que haya un pH más estable en la solución de azúcar con el uso de la mezcla. Todos los compuestos formados en reacción con la mezcla, salen del vía espumas de flotación en el clarificador.

La mezcla también produce rotura en las cadenas de polisacáridos. Esto reduce los efectos negativos de los polisacáridos sobre la turbidez, color y filtrabilidad de los azúcares crudos, sin el uso de enzimas en el proceso.

El tratamiento está siendo patentado y se está aplicando en Venezuela, Perú, Ecuador y Colombia. El tratamiento es aplicable tanto al proceso de refinado y producción de azúcar blanco directo, como para mejorar la clarificación de meladura y licores de refinería, como al jugo crudo enalado después del tanque flash. El inventor afirma que puede decolorar el azúcar crudo entre 30 y 60 % más que si no se dosifica.

La reactividad frente al color es muy selectiva a pH mayor de 7.2 (Mejores resultados), mientras que a bajo pH menor a 6.5, los iones metálicos compiten y forman complejos coloreados que neutralizan en parte la acción de los oxidantes. Su utilización como bactericida es muy efectiva en dosis muy bajas.

## Materiales y Métodos

Se realizaron corridas industriales de mezcla LIPESA 9005/Peróxido en la producción de azúcar blanco directo y refinada de varios ingenios en diferentes países (Venezuela , 3, Colombia, 1, Perú, 3 y Ecuador, 1) durante varias zafas iniciando en el año 2008 con el objetivo de:

1. Comprobar que la aplicación del novedoso sistema de mezcla de oxidantes fuertes para el tratamiento decolorante de meladura o jugos y licores de refinería, con efecto microbicida, no afecta negativamente el proceso de producción de Azúcar.
2. Evaluar los efectos de la mezcla de oxidantes fuertes como decolorante en la producción de azúcar blanco directo y azúcar refino, como microbicida en molinos y otros efectos en el tratamiento de soluciones azucaradas,

La mezcla LIPESA 9005/Peróxido dosificada en las siguientes proporciones:

Molinos (Como Microbicida)	= 20 a 40 ppm/base caña
Jugo Clarificado/Meladura (Blanco Directo)	= 160 a 500 ppm/base caña
Refinación:	= 500 a 800 ppm/base azúcar



Los equipos requeridos, incluyendo reactores para mezcla LIPESA 9005/Peróxido, las bombas dosificadoras y tuberías para 2 Puntos de aplicación Molinos, y un punto de aplicación en jugo clarificado, tanque de meladura no tratada o disolutor en refinería, según el proceso productivo a tratar.

### Análisis:

Mediciones normales realizadas por el Ingenio:

- Molinos: caída de pureza entre jugo primario y mixto, conteo microbiológico, azúcares reductores,
- Blanco Directo: Color, turbidez, azúcares reductores y dextranas.
- Refinación: Color, turbidez, azúcares reductores, dextranas y potencial floc.

### Resultados y cuantificación de los beneficios

#### Reducción de pérdidas en los molinos:

##### *Jugos mezclados:*

Su utilización como bactericida en la molienda es muy efectiva en dosis muy bajas de 15 a 20 ppm en caña. Los resultados indican una estabilidad en las purezas de los jugos de la primera extracción (la caída de pureza entre el jugo primario y el mezclado es menor a 0,5 puntos, el índice de inversión menor a 0,5 % - con pérdidas de sacarosa por tonelada de caña menores a 0,2 kg/ton/caña). Así como una reducción en el incremento de reductores en el jugo mezclado. Los índices de infestación se reducen a menos del 0,5 %.

Una de las características de la aplicación para el caso de reductores es que mantiene la diferencia entre ambos independientemente de la pureza de los jugos con un índice de infestación cercano al 0,5 % (ver figura 1)

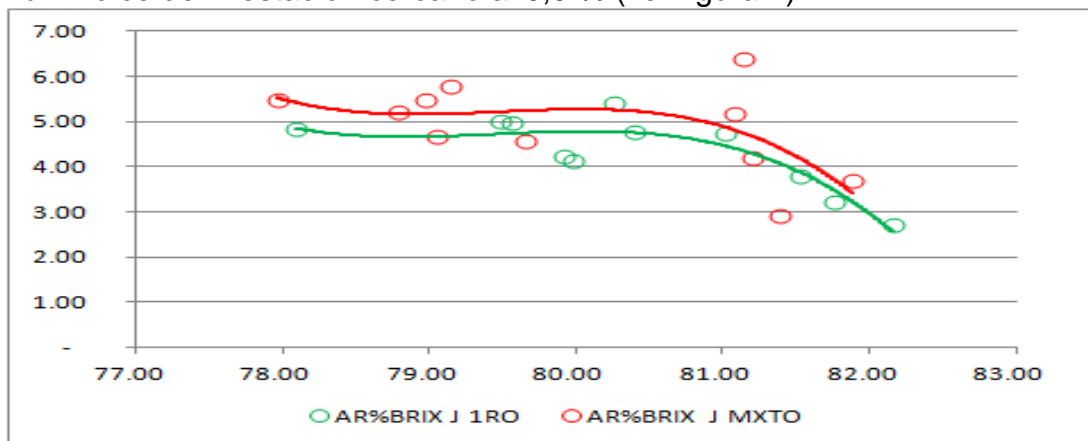


Fig. 1 – Contenido de azúcares reductores en función de la pureza del jugo



## Licor de refinera:

La aplicación de la mezcla antes de la etapa de clarificación reduce el color y turbidez en un 30 - 40 % en el azúcar cristalizado comparado con el proceso normal de decolorización (utilizando fosfatación, peróxido, polímeros aniónicos y cationicos), el cual solo alcanza un máximo de 50 % de remoción de color, como lo reportan Mendoza y espejo (2002). La aplicación de la mezcla oxidante (clorito de sodio y peróxido de hidrogeno) incremento la remoción de color (Ver Cuadro 1)

**Cuadro 1** – Prueba inicial de decolorización y remoción de turbidez en laboratorio con clorito y peróxido (mezcla oxidante)

<b>Color inicial</b>	<b>980</b>
<b>Turbidez inicial</b>	<b>1127</b>
<b>Color Total</b>	<b>2107</b>

<b>NaClO<sub>2</sub> (12,5% ) cc</b>	<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (50% ) cc</b>	<b>pH</b>	<b>Color ICUMSA</b>	<b>Turbiedad ICUMSA</b>
<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>8,3</b>	<b>372</b>	<b>169</b>
<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>8,4</b>	<b>303</b>	<b>45</b>
<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>7,8</b>	<b>245</b>	<b>22</b>

Se condujeron pruebas de laboratorio con muestras de azúcar cruda con diferentes características de color y turbidez, para seleccionar la mezcla que obtuviese los mejores resultados de remoción de color y turbidez antes de la etapa de clarificación de licor. Se mantuvo el proceso normal de decolorización (utilizando fosfatación, peróxido, polímeros aniónicos y cationicos). La aplicación de la mezcla incremento la remoción de color hasta un mínimo de 80 % (ver tabla 2)

**Tabla 2** – Pruebas de decolorización y remoción de turbidez en laboratorio con clorito y peróxido

Muestra de licor	1	2	3
Color ICUMSA inicial	852	988	1146
Turbiedad ICUMSA inicial	1295	1502	1743
Color ICUMSA final	140	185	228
Turbiedad ICUMSA final	26	53	113
% Decoloración	84%	81%	80%
% de caída de turbiedad	98%	97%	94%



Después de las pruebas de laboratorio, se realizaron pruebas de fabrica intensivas durante 4 años (ver tabla 3), donde se replicaron los resultados de laboratorio.

**Tabla 3 – Cuatro años de pruebas de remoción de color y turbidez en fabrica**

**BALANCE DE REFINACIÓN EJERCICIO 2009 - 2011**

<i>Período</i>	<i>Procesado</i>	<i>Factor de Refinación</i>			<i>Factor de decoloración</i>
			<i>Dosis ppm</i>	<i>tipo</i>	
<i>Refinación 2008</i>	<i>49.153,10</i>	<i>108,50</i>	<i>120</i>	<i>Manual</i>	<i>86,0%</i>
<i>Zafra 2009</i>	<i>7.624,00</i>	<i>108,80</i>	<i>120</i>	<i>Manual</i>	<i>89,0%</i>
<i>Zafra 2009</i>	<i>2.475,67</i>	<i>121,85</i>	<i>80-120</i>	<i>Parcial</i>	<i>68,0%</i>
<i>Refinación 2009</i>	<i>6.007,85</i>	<i>107,76</i>	<i>200</i>	<i>Reactor manual</i>	<i>87,8%</i>
<i>Refinación 2010</i>	<i>12.170,96</i>	<i>106,10</i>	<i>220</i>	<i>Reactor automático</i>	<i>89,3%</i>
<i>Zafra 2011</i>	<i>10.854,00</i>	<i>105,69</i>	<i>220</i>	<i>Reactor automático</i>	<i>88,6%</i>

Falla suministro de producto

Un cambio significativo en la viscosidad de los licores (ver Figura 2) a 80 °C fue validado por una serie de experimentos que redujeron el tiempo de cocimiento para alcanzar la cristalización. Se lograron caídas de viscosidad de 27 % entre los licores sin filtración sin tratamiento y licores tratados; caídas de viscosidad de 37 % entre los licores filtrados sin tratamiento y los tratados.

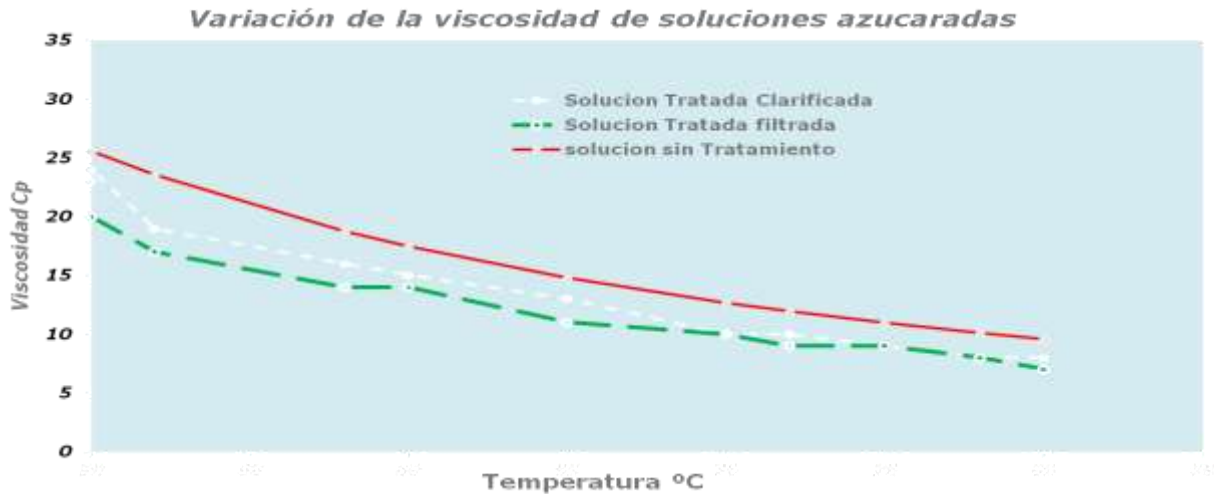


Figura 2 – variación en la viscosidad de soluciones azucaradas de 65 °Brix al ser tratadas con la mezcla oxidante

### Eliminación de la Afinación:

Al afinar puede considerarse aceptable que se disuelvan aproximadamente un 8,5% de los sólidos del azúcar crudo y estos permanecen en la melaza de afinación y son devueltos a la estación de recuperación. Si la recuperación de azúcar de la melaza de afinación es alrededor de un 87 %, se incrementa un 1,10 % la pérdida en la disolución de azúcar, lo cual no es un valor despreciable.

La aplicación de la mezcla oxidante elimina la necesidad de afinar, recuperando así el 1,10 % del azúcar que usualmente se pierde en este proceso (La retención en la recuperación se estima en un 87 %, lo que equivale a una pérdida de azúcar de 13 % del 8,5 % de azúcar crudo original. Si calculamos las pérdidas por esta causa, tendríamos:  $13/100 \times 8.5 = 1.10$  %.)

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es el trata del tipo y ubicación del color asociado con el azúcar crudo. El color que remueve la afinación es un color que está en una película sobre la superficie del cristal. El color ocluido en el cristal, no es removido por la afinación. Con el uso de la mezcla oxidante, la eliminación de los colorantes de alto peso molecular antes de que ocurra la cristalización, reduce el color ocluido dentro del cristal. Adicionalmente, el ataque sobre los sitios insaturados de los colorantes fenolicos reduce el color en la superficie externa y hace innecesaria la afinación.



### Reducción de la Transferencia de Color al Cristal:

El factor de transferencia de color del licor al cristal de azúcar se reduce a un valor alrededor del 5,0 %, cuando usualmente oscila alrededor de un 7,0 % al utilizar peróxido y resinas decolorantes (CEPSA 2011), obteniendo colores finales de menos de 25 IU, y turbidez menor a 20 IU. Esto fue evaluado en la semana entre el 5 y el 11 de junio del 2011 en la refinería de CEPSA.

La medición de la transferencia de color del licor alimentado a los evaporadores y el cristal de azúcar promedio 4,73 %, como lo indica la Tabla 4.

Junio 5	43 <sup>avo</sup> día de refinación	4,57 % Transferencia de color
Junio 6	44 <sup>avo</sup> día de refinación	7,05 % Transferencia de color
Junio 7	45 <sup>avo</sup> día de refinación	3,76 % Transferencia de color
Junio 8	46 <sup>avo</sup> día de refinación	5,45 % Transferencia de color
Junio 9	47 <sup>avo</sup> día de refinación	6,51 % Transferencia de color
Junio 10	48 <sup>avo</sup> día de refinación	5,52 % Transferencia de color
Jun10 11	49 <sup>avo</sup> día de refinación	4,97 % Transferencia de color

**Tabla 4-** Transferencia de color del licor filtrado concentrado al cristal de azúcar

La mezcla ataca los precursores volviéndolos inertes a las reacciones enzimáticas que generan formación de color, los enlaces insaturados de los compuestos fenolicos, así como los dobles enlaces de polisacáridos como almidones y dextranas y otras sustancias de alto color asociadas con ellos, reduciendo así la viscosidad.

Estos resultados son interesantes ya que permiten manejar azúcares de alto color y obtener resultados semejantes al azúcar crudo de bajo color (ver Figura 3, Figura 4 y Tabla 5). Esto significa una menor re-circulación de mieles que se traduce en una mayor capacidad del ingenio y menor tiempo perdido por lleno de mieles entre otras serie de ventajas operativas. La única diferencia en los tratamientos es el uso de la mezcla oxidante; todos los restantes parámetros de operación y dosificación de químicos se mantienen sin modificación.

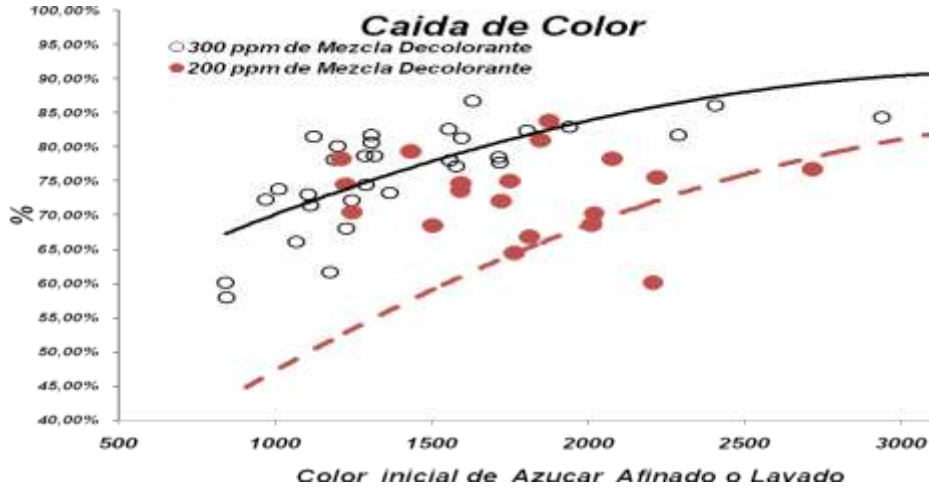


Figura 3 - Efecto de la mezcla oxidante en el color de soluciones tratadas

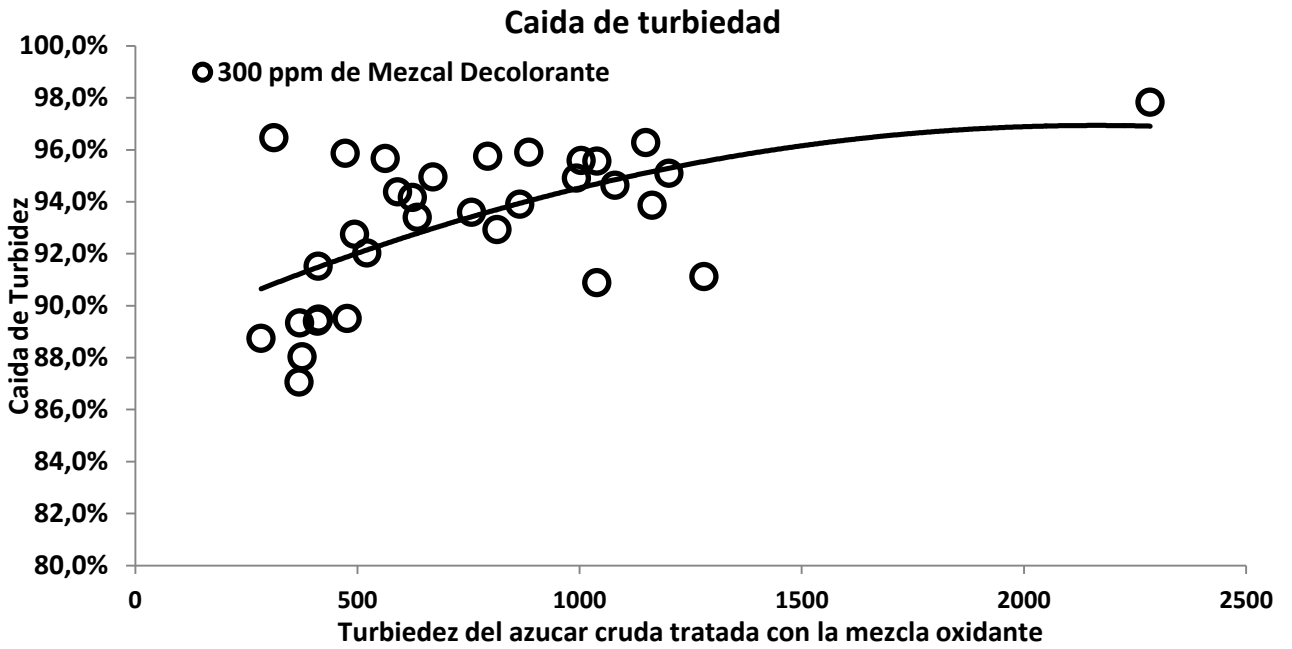


Figura 4 - Efecto de la mezcla oxidante sobre la remoción de turbiedad de azúcar refinada sin afinación



**Tabla 5-** Remoción de color y turbidez, Julio 2012

	COLOR				AZUCAR REFINO	TURBIDEZ			
	LICOR DISUELTO	LICOR CLARIFICADO	LICOR FILTRADO	% DEC		LICOR DISUELTO	LICOR CLARIFICADO	LICOR FILTRADO	% CLR
01-jul-12	1.986	442	404	79,7%	38	641	54	44	93,07%
02-jul-12	1.561	486	409	73,8%	39	561	64	36	93,67%
03-jul-12	1.922	543	499	74,0%	47	566	73	65	88,50%
04-jul-12	2.009	514	408	79,7%	39	484	43	31	93,65%
05-jul-12	1.445	433	348	75,9%	33	480	36	21	95,56%
06-jul-12	1.586	432	385	75,7%	37	426	32	25	94,12%
07-jul-12	1.699	515	459	73,0%	44	528	43	29	94,46%
08-jul-12	1.568	497	420	73,2%	40	698	51	41	94,17%
09-jul-12	1.542	591	471	69,5%	45	635	57	42	93,40%
10-jul-12	1.656	589	509	69,2%	48	817	60	42	94,86%
11-jul-12	1.568	455	388	75,3%	37	459	41	27	94,02%
12-jul-12	1.318	469	375	71,6%	36	388	33	21	94,54%
13-jul-12	1.578	464	404	74,4%	38	629	37	23	96,33%
14-jul-12	1.541	306	233	84,9%	22	540	28	17	96,93%
15-jul-12	1.106	268	276	75,0%	26	367	28	23	93,64%
16-jul-12	1.488	826	430	71,1%	41	520	154	45	91,44%
17-jul-12	1.752	502	416	76,3%	39	880	64	44	95,05%
18-jul-12	1.577	374	345	78,1%	33	654	39	31	95,21%
19-jul-12	1.481	405	402	72,9%	38	494	48	39	92,12%
20-jul-12	1.646	821	645	60,8%	61	1264	96	73	94,20%
21-jul-12	1.243	488	378	69,6%	36	963	50	33	96,62%
22-jul-12	1.479	379	338	77,2%	32	409	37	27	93,44%
23-jul-12	1.371	478	386	71,8%	37	379	64	43	88,72%
24-jul-12	1.319	338	315	76,1%	30	697	42	28	95,93%
25-jul-12	1.731	416	362	79,1%	34	608	56	43	92,87%
26-jul-12	2.261	667	635	71,9%	60	780	75	64	91,85%
27-jul-12	1.549	400	328	78,9%	31	398	31	25	93,84%
28-jul-12	1.625	351	303	81,4%	29	568	30	21	96,25%
29-jul-12	1.494	406	331	77,9%	31	520	32	21	95,96%
30-jul-12	1.841	739	500	72,8%	48	648	74	39	94,00%
31-jul-12	1.906	429	365	80,8%	35	425	31	21	95,15%

## Conclusiones

La mezcla oxidante tiene la capacidad de reducir de manera determinante la turbiedad de las soluciones azucaradas y actúa como un poderoso decolorante, mediante la oxidación parcial o total de las impurezas colorantes. Estos materiales colorantes incluyen aminoácidos, muchos ácidos hidróxidos y aldehídos; hierro, que forma complejos con fenoles para crear cuerpos de color; y azúcares reductores. Estos materiales a menudo tienen bajo peso molecular y son difíciles de remover de la solución de azúcar, que la mezcla viene a resolver de una manera sencilla, práctica y con bajo costo.

La solución azucarada de 60-65° Brix, tratada con la mezcla decolorante muestra un comportamiento muy estable en la clarificación por flotación, formando una espuma consistente y con mejoras en la velocidad de reacción de los polímeros aniónicos utilizados en los procesos de fosfatación y/o carbonatación. El licor clarificado presenta una reducción de viscosidad, que se evidencia en las mejoras en la filtración y velocidad en la cristalización, permitiendo la incorporación de las mieles producto del primer cocimiento en la disolución, lo que permite un incremento en la recuperación de sacarosa en la refinería.

Una de las ventajas de la mezcla es su capacidad de estabilizar el pH de la solución, en el proceso de refinación, que puede ser un indicador de inversión de la sacarosa.



La mezcla oxidante también es un potente microbicida, capaz de penetrar el biofilme que los microorganismos generan al colonizar las superficies en contacto con las soluciones azucaradas, drásticamente reduciendo las pérdidas de sacarosa y previniendo la formación de polisacáridos producidos por los microorganismos

La mezcla oxidante es además un poderoso microbicida, amigable con el ambiente, capaz de penetrar el biofilme que generan los microorganismos que colonizan las superficies en contacto con las soluciones azucaradas, reduciendo drásticamente las pérdidas de sacarosa y la formación de polisacáridos generados por la actividad microbiana.

### Referencias

- Bento, L.S.M.** (2004). Decolorization of Sugar Solutions with Oxidants and Ion Exchange Resins. *Proc. Sug. Ind. Technol.*, 265-269.
- CEPSA, Camacho, V.** (2011) Laboratory data studies of the colour transfer from the liquor to the sugar crystal in the refinery crystallization at Central El Palmar S.A. (operational data).
- Chen, J.C.P. and Chou, C.C.** (1993). *Cane Sugar Handbook: A Manual for Cane Sugar Manufacturers and Their Chemists*, 12th Ed., Wiley.
- Cordovez F., Mendoza, J.J. and Prato, V.H.** (1991). A simplified sugar refining process. *Proc. Sug. Ind. Technol.*, 618: 133-140.
- Mendoza, J. and Espejo, D.** (2002). Update on the Use of Hydrogen Peroxide at Central El Palmar Refinery. *Proc. S.P.R.I. Conf.*
- Moodley, M.** (1992). Preliminary Results on the Decolorization of Melt with Hydrogen Peroxide. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.*, 66: 151-154.
- Riffer, R.** (1980). A study of chemical additives for use in sugar refining. *Proc. Tech. Sess. Cane Sugar Refining Res. U.S.D.A. Sci. Educ. Adm.*, 84-102.