

Analizadores NIR para agilizar el laboratorio de pago y mejorar la productividad del proceso.

David von Boisman, MSc ingeniería agrícola, SCANCO tecnología, Costa Rica.

Introducción

Caña de azúcar es un cultivo de importancia significativo en las zonas tropicales de la tierra. Muchos países productores han implementado sistemas de pago, por lo general con base en BRIX y POL en jugo, para incentivar a los productores a entregar caña de buena calidad y mejorar la productividad del ingenio. En la mayoría de los ingenios todavía se utilizan métodos tradicionales, que requieren reactivos tóxicos a un costo elevado. El proceso tradicional de determinación de BRIX y POL demora unos 20-30 minutos, es por ello que no permite “la entrega de resultados en tiempo real”.

En algunos países, como Brasil y Japón, se han implementado sistemas de pago con base a equipos tipo NIR, que es un método rápido para la determinación de parámetros múltiples con luz infrarroja. En este artículo, presentamos de forma resumida las experiencias de Brasil y Japón, y el trabajo recién implementado en Guatemala.

Experiencias de Brasil

La tecnología NIR fue aprobada en 1995 por la “comisión de pago por caña de azúcar” en Brasil, y el número de equipos en uso por la industria creció de forma rápida durante los siguientes años. En 2008, había 54 equipos instalados, durante este año se instalaron 6 equipos de la última generación para jugos, más un equipo para análisis en línea (en el proceso). Durante 2009 y 2010 se instalaron 14 equipos adicionales.

En Brasil, los proyectos de NIR siempre han sido enfocados al análisis en jugo. Sin embargo, hay un par de instalaciones en línea para el análisis de caña fibrada directamente en la banda de transporte dentro del molino, para determinar Humedad, Pol y Fibra. Con estos parámetros se optimiza la extracción, la balanza de masas y la producción de energía¹.

Experiencias en Japón

El primer sistema de pago con base al NIR, fue implementado en 1994. El parámetro de pago era Pol en caña (PIC). Como el Pol como tal se determinaba con NIR en el jugo en aquel entonces, la caña pasaba por una desfibradora y una prensa. Se calculaba el POL en caña según la siguiente fórmula:

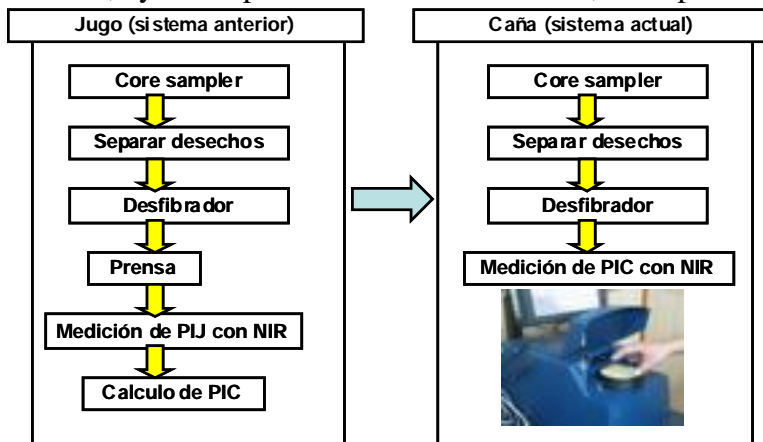
$$PIC = PIJ * MR + (1 - MR) * PIB$$

$$MR = 1 - \frac{\text{Peso de bagazo}}{\text{Peso de caña fibrada}}$$

PIC: Pol en caña PIJ: Pol en jugo MR: “Milling ratio” PIB: Pol en Bagazo

Para la zafra de 2005-2006, la universidad de Ryukyus, en colaboración con la industria azucarera, desarrolló un sistema para determinación de POL en caña directamente en la caña fibrada². Entre los beneficios se destacaba el ahorro de tiempo, 15 minutos por

muestra, y la operación mas económica, comparado con el sistema anterior.



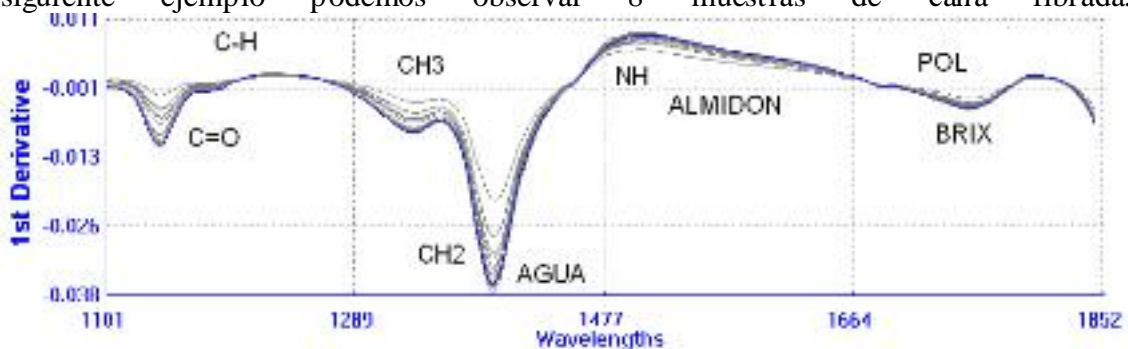
Para la siguiente zafra de 2006-2007, con el apoyo de decisiones políticas, el sistema ya se implemento en 10 ingenios, localizado en 8 islas en la región de Okinawa. Los equipos NIR fueron conectados a un servidor tipo RINA (Remote INternet Analysis), y cada equipo se sincroniza de forma automática con el servidor cada 24 horas, con el fin de monitorear el estado de cada equipo y sus resultados. De la misma forma, se puede implementar cualquier ajuste a todos los equipos de forma simultánea.³

Materiales y Métodos

La tecnología NIR hoy en día se usa para control de calidad en toda la cadena agroalimentaria, para parámetros como proteína, humedad y grasa en alimentos balanceados, carne, queso, harina, etc., generando grandes ahorros en la formulación de estos productos y contribuyendo a una calidad mas uniforme. La tecnología cuenta con aprobaciones oficiales para control de pagos de granos en países como EE.UU⁴., Alemania, Francia y Australia⁵, donde aporta confianza entre proveedores y clientes para cualquier transacción comercial.



Tecnología NIR

La tecnología Infrarrojo Cercano, NIR por sus siglas en ingles, funciona através del espectro electromagnético de la luz visible e infrarrojo. Cada muestra tiene un espectro único y por lo tanto, podemos determinar su composición y característica física. En el siguiente ejemplo podemos observar 8 muestras de caña fibrada:



Las diferencias que podemos observar ente las muestras se deben a su composición y característica física (se ha aplicado una derivada para acentuar las diferencias). En el grafico esta indicada algunas áreas de absorción reconocidos por la literatura⁶.

La operación del equipo NIR como tal es rápida y sencilla:

		
<p>1. Preparar la muestra y colocarlo en la celda.</p>	<p>2. Colocar la celda en el equipo e iniciar el análisis.</p>	<p>3. En 60 segundos, los resultados aparecen en la pantalla.</p>

Para la implementación exitosa de estos conceptos en la industria azucarera, tanto en Japón como en Guatemala, ha sido necesario considerar todos los componentes del sistema:

<p>1. Core sampler. Para obtener una buena representación de la muestra, se recomienda la toma de 3 muestras por camión. Una muestra en esta etapa puede ser de 5 a 15 kilos.</p>		
<p>2. Desfibradora. JEFFCO CG03 en el caso de Japón, varias marcas locales en Centroamérica. La preparación adecuada de la muestra es crucial y requiere 95-98% celdas abiertas.</p>	<p>Desfibradora</p>  <p>JEFFCO CG03</p>	<p>Preparación de muestra</p>  <p>BUENA MALA</p>
<p>3. Analizador NIR tipo FOSS InfraXact, para mediciones de muestras en reflectancia, con un rango de 570-1848 nm. La celda tiene una capacidad para aproximadamente 100 gramos de caña fibrada.</p>		

4. Equipos de laboratorio de referencia

para la determinación de BRIX y POL en jugo. En el caso de Japón, Atago AP-300 para Pol. En el caso de Guatemala, Schmidt-Hansen para BRIX, y Rudolph Auto Pol 880 para Lectura de Pol.



El NIR, por ser un método indirecto, requiere una calibración con mínimo 200 muestras con una composición conocida. Estas muestras son leídas por el NIR. En los proyectos mencionados, tanto los espectros como los datos de referencia, han sido ingresados en software WinISI, (FOSS Analytical) y luego procesados con el fin de levantar las calibraciones.

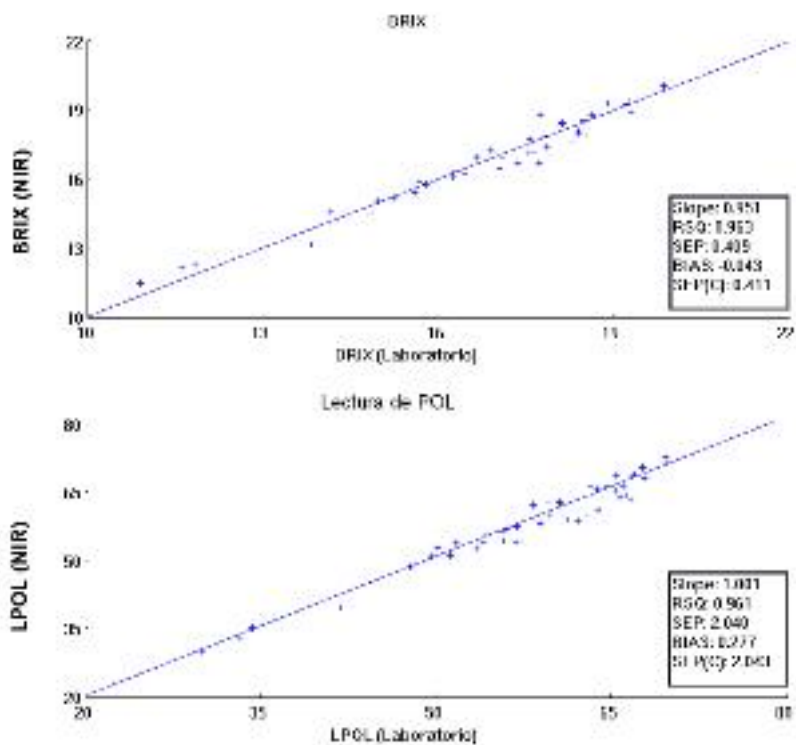
En Guatemala, utilizan el método POL Horne, que genera un valor conocido como Lectura de POL (LPOL). Con base a este parámetro y el BRIX, se calcula el POL de la siguiente manera:

$$POL = LPOL * (0,2605 - 0,0009882 * BRIX)$$

Para los resultados que se presenta en este reporte, se desarrolló una ecuación para BRIX y LPOL en caña fibrada, con base a 1989 muestras de las zafra de 2010 y 2011. Las muestras fueron registradas por un solo ingenio y un solo equipo NIR. Se utilizaron las longitudes de ondas de 1100 – 1048 nm, con un pretratamiento matemático de SNV/Detrend, y una derivada. Las ecuaciones fueron validadas con 47 muestras registradas en mayo 2010, justo al final de la zafra. Una muestra fue identificada como “outlier” y fue eliminada. El estudio de repetibilidad, le llevo a cabo el 13 de abril 2011, también con una muestra de final de zafra. La misma muestra fue escaneado 10 veces, colocándolo de nuevo en la celda para cada lectura.

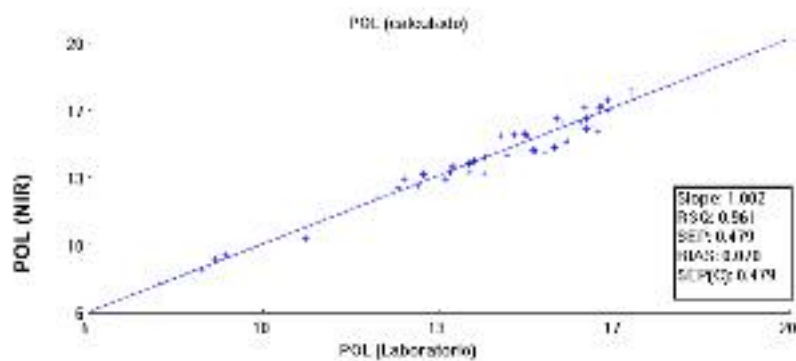
Resultados y discusión

Resultados de la validación, con datos de Guatemala, para BRIX y Lectura de POL:



La correlación es buena, gracias a los amplios rangos, y no se presentó problemas para acomodar esta variación en una sola ecuación. Sin embargo, los errores, tanto absolutos como expresados como SEP, están más altos que lo que se ha registrado en Japón. En Guatemala se trabaja con la caña tal como viene del core sampler, y por eso es una muestra que contiene algo de tierra, raíces y hojas, mientras en Japón los análisis se hace en caña limpia, lo que mejora la precisión.

Resultados calculados para POL, con base a los resultados de BRIC y Lectura de POL:



Podemos comparar el SEP de POL (calculado) de 0,479, con el valor obtenido en Japón para PIC, con un SEP de 0,23³. Por ser un estudio preliminar, hay un potencial considerable para mejorar la precisión en el caso de Guatemala, optimizando la metodología de calibración y muestreo.

Conclusiones

La aplicación de la tecnología NIR para caña o jugo, ofrece un importante potencial de ahorro y mejoras en los procesos para la industria azucarera en el Ecuador. La tecnología está disponible, pero tiene que ser implementada de una manera adecuada, tomando en cuenta las condiciones, prácticas y reglamentos locales.

Si se toma en cuenta las experiencias de otras regiones de caña, se puede asegurar una implementación rápida y exitosa. Sin embargo, es importante ver a la tecnología NIR como una parte integrada del sistema de control de calidad. Cada componente de la cadena tiene que funcionar como estaba previsto, a fin de lograr el rendimiento esperado.

Agradecimientos

Gracias a Eizo Taira, Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón y Martin Andersson, FOSS Japón, por compartir información y revisar este artículo. También a Pedro Issa, FOSS Brasil, por proveer información de la Industria Azucarera Brasileña. Finalmente gracias a nuestros clientes en Guatemala por compartir sus datos para este estudio.

Bibliografía

¹ P. Issa, Sugarcane Industry in Brasil, Presentación de reunión de distribuidores de FOSS, Cancún, July 24-29th, 2008

² E. Taira, M. Ueno, Y. Kawamitsu y R. Matsukawa, 2006. PJ15. Development of the Quality Evaluation System for the Shredded Sugarcane. Presentado en el congreso “Japan-Thailand Joint Symposium on Nondestructive Evaluation Technology”.

³ E. Taira, M. Ueno, Y. Kawamitsu y R. Matsukawa, Sugarcane diagnostics using a near infrared system. Proceedings of the 14th International Conference of NIR spectroscopy.

⁴ Near-Infrared Transmittance Handbook (NIRT), 2006. United States Department of Agriculture.

⁵ National measurement Institute, 2010. Certificate of Approval No 15/1/1.

<http://www.measurement.gov.au/Publications/CertificateOfApproval/OtherInstruments/GrainProteinMeasuringInstruments/Documents/15-1-1.pdf>

⁶ L Al-Amoodi, C A Roberts, J Workman, Jr., J B Reeves III. 2004. Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture, American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc.