

DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE CRISTALES DE AZÚCAR UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL

EXPOSITORES

*Oscar Antonio Valencia
Francisco Eduardo Huguet*

INVESTIGADORES

*Héctor Escobar
Oscar Valencia,
Francisco Huguet
Manuel Cardona
Departamento de Electrónica e Informática*

La granulometría es el estudio de la distribución estadística del tamaño de las partículas de una muestra de material sólido fraccionado. Actualmente, los procesos de control de calidad del azúcar en los ingenios del país se basan, sobre todo, en la extracción de muestras para su posterior análisis en los laboratorios, utilizando un proceso con tamices y/o **softwares** comerciales que trabajan con el procesamiento digital de imágenes. Cuando la granulometría se apoya en el uso de tamices, la clasificación de las partículas se obtiene sometiendo éstos a movimientos vibratorios, lo cual separa por tamaño las partículas. Luego de obtener dicha clasificación, las partículas son pesadas y, de esta manera, se obtiene la cantidad del material retenido por cada tamiz. Como la forma de las partículas es irregular, la medición de su tamaño es expresada por medio de una magnitud teórica equivalente. Un ejemplo de esto último sería

el uso del Diámetro Medio, el cual puede encontrarse considerando la partícula como una esfera que pasaría a través de la abertura del tamiz de una malla.

El análisis granulométrico implementado en el proyecto se apoya en técnicas de procesamiento digital de imágenes. El **software** implementado, nombrado **Particle Vision**, es capaz de extraer propiedades geométricas de las partículas de azúcar a partir de imágenes de muestras de azúcar capturadas por cámaras digitales profesionales. La interfaz gráfica de **Particle Vision** permite la interacción con el usuario para ajustar parámetros de procesamiento, tales como umbrales de binarización, filtros de partículas de acuerdo a tamaño, medida de línea de referencia, entre otros. El programa realiza análisis estadísticos de las mediciones de los tamaños, a partir de los cuales se

obtienen indicadores de dispersión que expresan la heterogeneidad granulométrica de una muestra, indicando así su calidad. Estos datos son exportables a hojas de cálculo, facilitando su proceso de aplicación. Para la implementación se utilizaron tres aplicaciones: la codificación se hizo en *Qt Creator*, para el procesamiento de imágenes se utilizaron las funciones que ofrece la librería de Intel *openCV*, y el diseño de la interfaz se realizó utilizando *Qt Designer*.

El análisis granulométrico ejecutado por el programa utiliza el **Diámetro Medio (DM)** y el **Coefficiente de Variación (CV)** como parámetros descriptores de la muestra de material granular. El DM es una medida de la tendencia central y expresa el tamaño promedio de la muestra de los granos de azúcar. El CV define la dispersión y expresa la uniformidad de la muestra de azúcar; podemos decir que mide la precisión del resultado que se obtiene en una medición.

Para la captura de imágenes de las muestras se utilizaron cámaras profesionales y lentes de alta resolución. Las cámaras utilizadas fueron la *NI 1772C Smart Camera (National Instruments)* y la *Aca3800-14um (Basler)*. Las cámaras son manipuladas a través de la interfaz de usuario del programa. Para la validación del funcionamiento del programa se compararon los resultados de varios análisis de muestras provenientes de éste con los resultados provenientes de otros métodos, es decir, un método usando un patrón conocido y otro método basado en el análisis de imágenes usando un *software* comercial.

Los parámetros más importantes medidos y comparados fueron: la cantidad de partículas que tiene la muestra (cristales analizados, los no analizados y el número total), el tamaño de un cristal dado por su eje mayor y eje menor, el área de la partícula (**boundingbox**), el Diámetro Medio (DM), el Coeficiente de Variación (CV) y algunos datos estadísticos como la media, la varianza, la desviación estándar y la elongación media.

El método utilizando un patrón conocido fue muy útil en la validación de los datos. La prueba se basó en la generación de una imagen binaria, compuesta por rectángulos blancos de distintos tamaños colocados sobre un fondo negro y con una marca de referencia. Con los datos cocidos se elaboró una tabla en donde se colocó el eje mayor y menor de los rectángulos y se calculó su Diámetro Medio; al comparar los datos teóricos con los obtenidos con el programa *Particle Visión*, se pudo observar una diferencia muy pequeña, lo que indica que el programa funciona adecuadamente. También se comparó el desempeño de la aplicación implementada con el del software comercial *Image-Pro Plus*. Este último es utilizado por el ingenio La Cabaña para hacer sus análisis granulométricos. Para esta comparación se partió de fotos de muestras de azúcar previamente analizadas en ese ingenio utilizando *Image-Pro Plus*. Se compararon los resultados a partir de este programa con los obtenidos con *Particle Visión*, así se pudo constatar que los resultados eran bastante próximos, validando de esta manera el funcionamiento de la herramienta implementada.