

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LA TRANSMISIÓN DE  
DATOS DE EQUIPO ANALÍTICO A UNA COMPUTADORA POR MEDIO DE  
PUERTOS SERIALES RS-232C EN EL LABORATORIO DE RECEPCIÓN DE CAÑA  
DE UN INGENIO AZUCARERO**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR**

**JOSÉ ARNOLDO ARRIAZA SAAVEDRA**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO**

**GUATEMALA, AGOSTO DE 1,996**

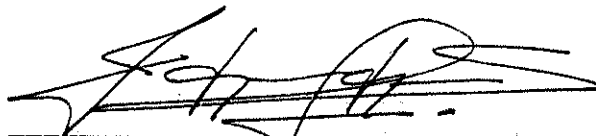
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

**Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS DE EQUIPO ANALÍTICO A UNA COMPUTADORA POR MEDIO DE PUERTOS SERIALES RS-232C EN EL LABORATORIO DE RECEPCIÓN DE CAÑA DE UN INGENIO AZUCARERO**

**tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química.**



**JOSÉ ARNOLDO ARRIAZA SAAVEDRA**

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

<b>DECANO:</b>	<b>Ing. Julio Ismael González Podszueck</b>
<b>VOCAL PRIMERO:</b>	<b>Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra</b>
<b>VOCAL SEGUNDO:</b>	<b>Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano</b>
<b>VOCAL TERCERO:</b>	<b>Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez</b>
<b>VOCAL CUARTO:</b>	<b>Br. Fernando Waldemar de León Contreras</b>
<b>VOCAL QUINTO:</b>	<b>Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. Francisco Javier González López</b>

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

<b>DECANO:</b>	<b>Ing. Julio Ismael González Podszueck</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Julio Enrique Chávez Montúfar</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Otto Raúl De León De Paz</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Julio Alberto Rivera Palacios</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. Francisco Javier González López</b>



COMPAÑIA AGRICOLA INDUSTRIAL SANTA ANA, S. A.

Kilómetro 64.5 RUTA A SANTA LUCIA COTZ. FINCA CERRITOS, ESCUINTLA.  
Teléfonos: 881-272, 881-273, 881-275, 881-277 FAX 881-393/394

Guatemala, julio de 1996

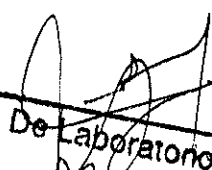
Doctor  
Adolfo Gramajo  
Director Escuela Ingenieria Quimica  
Universidad de San Carlos

Doctor Gramajo:

Por este medio me dirijo a Usted para hacer de su conocimiento que he revisado el informe final de tesis del estudiante JOSE ARNOLDO ARRIAZA SAAVEDRA, titulado: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION PARA LA TRANSMISION DE RESULTADOS DE EQUIPO ANALITICO A UNA COMPUTADORA POR MEDIO DE PUERTOS SERIALES RS-232C EN EL LABORATORIO DE RECEPCION DE CANA DE UN INGENIO AZUCARERO. Considero satisfactoria la realización de dicho trabajo de investigación y lo envio a Usted para su trámite y aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de Usted.

Atentamente,

  
Jefe De Laboratorio  
Ing. José Antonio Medrano  
Colegiado # 618  
Asesor de Tesis  
Ingenio Santa Ana



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 29 de julio de 1,996

Doctor  
Adolfo Gramajo  
Director Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.


Doctor Gramajo.

Por medio de la presente hago de su conocimiento, que he revisado el Informe Final de Tesis del estudiante, José Arnoldo Arriaza Saavedra, carnet No. 90-12260, titulado: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION PARA LA TRANSMISION DE DATOS DE EQUIPO ANALITICO A UNA COMPUTADORA POR MEDIO DE PUERTOS SERIALES RS232C EN EL LABORATORIO DE RECEPCION DE CAÑA DE UN INGENIO AZUCARERO, de la cual dejo constancia de mi aprobación, para proceder a la autorización del respectivo trabajo.

Agradeciendo su atención me suscribo de usted.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Julio Chávez Montúfar  
REVISOR

JCHM/ga  
c.c archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
SECRETARÍA DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo del estudiante José Arnoldo Arriaza Saavedra, titulado: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION PARA LA TRANSMISION DE DATOS DE EQUIPO ANALITICO A UNA COMPUTADORA POR MEDIO DE PUERTOS SERIALES RS-232C EN EL LABORATORIO DE RECPCION DE CAÑA DE UN INGENIO AZUCARERO**, procede a la autorización del mismo.

Dr. Adolfo Gramajo

DIRECTOR  
ESCUELA INGENIERIA QUIMICA



Guatemala, 14 de agosto de 1,996.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

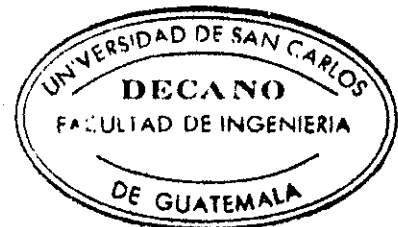
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de tesis titulado: **DESARROLLO DE UN SISTEMA DE COMUNICACION PARA LA TRANSMISION DE DATOS DE EQUIPO ANALITICO A UNA COMPUTADORA POR MEDIO DE PUERTOS SERIALES RS-232C EN EL LABORATORIO DE RECEPCIONN DE CAÑA DE INGENIO AZUCARERO** del estudiante **José Arnoldo Arriaza Saavedra**, procede a la autorización del mismo.

**IMPRIMASE:**

Ing. Julio Ismael González Podszueck  
DECANO



Guatemala, 14 de agosto de 1,996.

# ACTO QUE DEDICO

- A DIOS TODOPODEROSO :** Por permitirme alcanzar esta meta
- A MIS PADRES :** Yolanda C. Saavedra G. de Arriaza  
José Arnaldo Arriaza Aldana  
Como una pequeña muestra de profundo amor, respeto y admiración por su sacrificio de forjar a sus hijos como hombres de bien
- A MIS HERMANOS :** Juan Carlos Arriaza Saavedra  
Julio César Arriaza Saavedra  
Por la alianza fraterna que nos une por siempre
- A MI FAMILIA EN GENERAL,  
Y EN ESPECIAL A MIS TÍOS :** Argentina Saavedra de Chávez  
Rubén A. Chávez  
Con mucho cariño y respeto por su apoyo e interés por mi superación
- A MIS COMPAÑEROS :** Heber, Carlos, Oscar, Karlín, Danía, Otto, Yuri y Tono  
Por el apoyo otorgado y el trabajo en grupo realizado
- A MIS AMIGOS :** Payos, Alejandro, Nacho, Juan Carlos, Chlto, Lico, Gerardo, Claudia, Frieda y Ana Isabel  
Por brindarme su apoyo y amistad, que espero seguir cultivando para su conservación por siempre
- A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA :** Por darme la preparación adecuada para poder contribuir al desarrollo de mi país



## **AGRADECIMIENTOS**

**AL ING. JOSÉ ANTONIO  
MEDRANO GARCÍA :**

**Por su valiosa colaboración y asesoría  
prestada para la realización de este trabajo**

**AL INGENIO SANTA ANA :**

**Por facilitarme su Infraestructura para el  
desarrollo de este trabajo**

# ÍNDICE GENERAL

1.	LISTA DE ILUSTRACIONES .....	2
	1.1 Lista de figuras .....	2
	1.2 Lista de tablas .....	3
2.	LISTA DE SÍMBOLOS .....	4
	2.1 Letras latinas .....	4
	2.2 Letras griegas .....	4
3.	GLOSARIO .....	5
4.	INTRODUCCIÓN .....	7
5.	ANTECEDENTES .....	8
6.	JUSTIFICACIONES .....	9
7.	OBJETIVOS .....	10
8.	HIPÓTESIS .....	11
9.	CONSIDERACIONES TEÓRICAS .....	12
	9.1 Refractometría en el análisis de azúcar .....	12
	9.2 Polarimetría en el análisis de azúcar .....	14
	9.3 Comunicación serial .....	17
10.	OPERACIÓN DEL SISTEMA AUTOLAB .....	20
	10.1 Pasos previos a la operación de AUTOLAB .....	20
	10.2 Ingreso a AUTOLAB .....	20
	10.3 Menú principal .....	21
	10.4 Administración de archivos .....	21
	10.4.1 Archivo de usuarios .....	22
	10.4.2 Archivo de cañeros .....	23
	10.5 Administración de muestras .....	24
	10.5.1 Ingreso de muestras para análisis generales .....	24
	10.5.2 Ingreso de muestras para análisis de basura .....	26
	10.5.3 Consulta de muestras .....	27
	10.5.4 Borrado de muestras .....	28
	10.6 Emisión de reportes .....	29
	10.7 Emisión de gráficas .....	30

11.	<b>VENTAJAS OBTENIDAS UTILIZANDO AUTOLAB</b> .....	33
	11.1 Ventajas económicas .....	33
	11.2 Ventajas de confiabilidad .....	33
	11.3 Ventajas de evaluación .....	33
12.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	34
13.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	35
14.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	36
15.	<b>APÉNDICE Y ANEXOS</b> .....	37
	15.1 Corrección del brix .....	37
	15.2 Corrección del pol .....	37
	15.3 <b>Tabla 1: Escala internacional de índices de refracción de las soluciones de sacarosa a una temperatura de 20°C y una longitud de onda de 589 nm. (ICUMSA)</b> .....	38
	15.4 <b>Tabla 2: Factores de corrección de índices de refracción para lecturas tomadas a temperaturas menores o mayores a 20°C</b> .....	40
	15.5 <b>Tabla 3: Asignación de pines según los estándares RS-232C y V.24</b> .....	41

## 1. LISTA DE ILUSTRACIONES

### 1.1 Lista de figuras

Página	Figura	Descripción
12	1	Diagrama que ilustra la ley de refracción.
13	2	Refractómetro de ángulo crítico.
14	3	Diagrama esquemático del principio de medición del índice de refracción del refractómetro Atago RX-1000.
14	4	Diagrama esquemático de la ubicación del prisma y el sensor de temperatura del refractómetro Atago RX-1000.
15	5	Rotación de la luz polarizada.
16	6	Prisma de Nicol.
17	7	Diagrama esquemático del sacarímetro Autopol 880.
19	8	Asignación de pines en conector estándar DB-25.
19	9	Asignación de pines en conector estándar DB-9.
21	10	Menú principal del sistema AUTOLAB.
21	11	Submenú de administración de archivos.
22	12	Pantalla de administración de archivo de usuarios.
23	13	Pantalla de administración de archivo de cañeros.
24	14	Submenú de administración de muestras.
25	15	Pantalla de ingreso de muestras para análisis generales.
27	16	Pantalla de ingreso de muestras para análisis de basura.
27	17	Pantalla de consulta de muestras.
28	18	Pantalla de borrado de muestras.

Almacenamiento de datos  
 Almacenamiento de datos  
 Almacenamiento de datos

<b>Página</b>	<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>
28	19	Submenú de emisión de reportes.
29	20	Pantalla de emisión de reporte de resultados por finca.
29	21	Pantalla de emisión de reporte de cañero acumulado por pante.
30	22	Submenú de emisión de gráficas.
30	23	Pantalla para la emisión de gráfica de brix promedio por finca.
31	24	Gráfica de brix promedio por finca.
31	25	Pantalla para la emisión de gráfica de % jugo de las muestras de un pante.
32	26	Gráfica de % jugo de las muestras de un pante.

## 1.2 Lista de tablas

<b>Página</b>	<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>
39	1	Escala internacional de índices de refracción de las soluciones de sacarosa a una temperatura de 20°C y una longitud de onda de 589 nm. (ICUMSA)
41	2	Factores de corrección de índices de refracción para lecturas tomadas a temperaturas menores o mayores a 20°C.
42	3	Asignación de pines según los estándares RS-232C y V.24.

## 2. LISTA DE SÍMBOLOS

### 2.1 Letras latinas

B = brix de la solución (g de azúcar/g de solución)  
C = concentración del azúcar (g/100 ml de solución)  
D = luz de sodio a 589 nm  
i = ángulo de incidencia  
L = longitud de la celda (dm)  
n = índice de refracción  
r = ángulo de refracción  
t = temperatura

### 2.2 Letras griegas

$\alpha$  = rotación medida (grados)  
 $\rho$  = densidad de la solución (g de solución/ml de solución)  
 $\lambda$  = longitud de onda

### 3. GLOSARIO

**ASCII:** acrónimo de American Standard Code for Information Interface. (Código Estándar Americano para Intercambio de Información). Código de 7 u 8 bits utilizado para representar caracteres alfanuméricos.

**Bagazo:** producto sólido fibroso de la extracción de por lo menos parte del jugo de la caña de azúcar.

**Basura:** se considera basura a las hojas, puntas (hasta 1½ canutos debajo del último canuto anillado), raíces, tallos jóvenes ("mamones") y residuos de otras plantas.

**Binario:** referente al sistema numérico de base 2, en el cual los únicos dígitos permisibles son 0 y 1. A partir de esa condición, se determina que sólo existen dos valores, estados o voltajes posibles.

**Bit:** acrónimo de binary digit. (dígito binario) Unidad más pequeña para la información digital; puede ser un binario 0 o 1.

**Brix:** porcentaje en peso (contra solución total) de sólidos solubles disueltos presentes en una solución. Solamente es estrictamente válido y exacto para el caso de que sea una solución acuosa de sacarosa pura.

**Byte:** representación de un caracter en nomenclatura binaria. (8 bits)

**Capacitancia:** valor de la impedancia en un circuito, cuando sólo existe una capacidad. Se le conoce también con el nombre de reactancia de capacidad.

**DCE:** acrónimo de data communication equipment. (equipo de comunicación de datos) Un modem es un equipo de comunicación de datos, ya que se utiliza para la transmisión digital de datos a través de líneas telefónicas.

**Desfibrado:** mecanismo destinado a separar y romper las fibras de la caña para mejorar la extracción, pero en general no extrae jugo.

**DTE:** acrónimo de data terminal equipment. (equipo terminal de datos) Una computadora es un equipo terminal de datos.

**ICUMSA:** Entidad internacional que establece los métodos oficiales de análisis para laboratorios azucareros.

**Fibra:** todo el material sólido leñoso presente en la caña. Para fines de cálculo, se evita la restricción de leñoso a fin de incluir todos los sólidos no solubles ni

suspendibles presentes (residuos de suelo especialmente).

**Interface:** en el caso de dispositivos de manejo y transmisión de información digital, se define como el medio por el cual dos sistemas o dispositivos se encuentran conectados y la forma de interacción entre ambos.

**Jugo:** mezcla en una sola fase de agua, sólidos solubles disueltos y sólidos en suspensión.

**Modem:** acrónimo de modulator demodulator. (modulador demodulador) Dispositivo que transforma señales digitales en tonos auditivos para su transmisión, a través de líneas telefónicas y hace lo inverso para la recepción de datos.

**Pante:** división no uniforme de una finca en la cual se cosecha regularmente una variedad de caña de azúcar.

**Periférico:** dispositivo externo a la unidad central de procesamiento (CPU) y memoria principal de la computadora: impresora, modem, equipo analítico, etc., pero que está conectado con las conexiones eléctricas apropiadas.

**Pol:** abreviatura de polarización. Porcentaje en peso de sacarosa disuelta medida por medio de la actividad óptica de la solución. Sólo es estrictamente válido cuando la solución está formada de agua y sacarosa pura únicamente. Es la lectura en la escala del polarímetro ( $^{\circ}$ S).

**Puerto serial:** dispositivo por medio del cual se transmite y recibe información digital.



#### 4. INTRODUCCIÓN

La industria azucarera guatemalteca ha aumentado su producción a través de los años, a tal grado que en la actualidad ocupa el tercer lugar en producción de azúcar a nivel latinoamericano. Este sector industrial ha adquirido equipo de laboratorio que le permite, de manera rápida y efectiva, verificar los estándares de calidad necesarios para satisfacer las necesidades del proceso y del consumidor. El equipo actualmente utilizado tiene los dispositivos necesarios para recibir y/o transmitir información a computadoras; esto permite que los resultados obtenidos por el equipo puedan ser transmitidos a computadoras para que sean sometidos a diferentes tipos de análisis, y así determinar por medio de programas los niveles de calidad de la materia prima, producto en proceso y producto terminado. Asimismo es posible evaluar a través del tiempo las tendencias del producto analizado a partir de los datos almacenados en las computadoras.

Este trabajo de tesis trata el desarrollo de un sistema de comunicación para la transmisión de resultados obtenidos por el equipo analítico a una computadora por medio de puertos seriales RS-232C, a través de cables que se construyeron para este propósito. Este sistema se denomina AUTOLAB y se maneja por medio de opciones de menús y teclas de función, a través de las cuales se determinan las diferentes tareas que se van a ejecutar. AUTOLAB recibe los resultados directamente del polarímetro, refractómetro y balanzas del laboratorio vía electrónica, realiza un tratamiento matemático de los resultados recibidos para su comprobación y corrección, verifica los niveles de calidad de los productos analizados, genera gráficas, tablas y reportes de los resultados obtenidos, y almacena estos resultados para posteriores evaluaciones del comportamiento y tendencias de los productos analizados.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

## 5. ANTECEDENTES

La producción mundial de azúcar es de aproximadamente 100 millones de toneladas métricas, de las que 60 millones se extraen de caña de azúcar en 100 países. Guatemala, en la última zafra, produjo aproximadamente ochocientas mil toneladas métricas, y fue en Centro América el mayor productor con un 33% de la producción de los siete países (incluyendo Belice y Panamá).

El desarrollo de la industria azucarera guatemalteca ha ido en constante aumento hasta convertirse en una de las fuentes de producción agrícola-industrial más importante de la economía nacional. Actualmente existen en Guatemala 17 ingenios, ubicados en su mayoría en la zona suroccidental. Estos ingenios son :

- |                        |                      |                        |
|------------------------|----------------------|------------------------|
| - Ingenio Pantaleón    | - Ingenio Santa Ana  | - Ingenio Concepción   |
| - Ingenio La Unión     | - Ingenio El Pilar   | - Ingenio Palo Gordo   |
| - Ingenio Magdalena    | - Ingenio Guadalupe  | - Ingenio Madre Tierra |
| - Ingenio Tierra Buena | - Ingenio Los Tarros | - Ingenio El Baúl      |
| - Ingenio Tuluá        | - Ingenio San Diego  | - Ingenio Santa Teresa |
| - Ingenio La Sonrisa   | - Ingenio Mirandilla |                        |

Todos estos ingenios cuentan con su propio departamento de control de calidad, el cual se encarga de verificar por medio de análisis físicos, químicos y físico-químicos que las materias primas (caña y jugo de caña), materiales en procesos (mieles y masas) y productos terminados (azúcar y melaza) cumplan con los estándares de calidad establecidos por ASAZGUA (Asociación de Azucareros de Guatemala), así como por los mercados internacionales, en el caso de azúcar de exportación.

Dependiendo de la calidad de la materia prima -caña de azúcar-, el ingenio obtiene del proceso cantidades mayores o menores de producto, de alta o baja calidad, con el mismo costo de operación; por eso, el ingenio siempre busca la caña con el mejor rendimiento, y la acepta a partir de un límite inferior de calidad. La caña recibida es analizada previamente a su molienda. Se toma una muestra representativa de la caña a su ingreso por medio de un dispositivo automático nombrado Core Sampler. La muestra tomada es colocada en una prensa hidráulica, a partir de la cual se obtiene el jugo de la muestra. El jugo es luego analizado para determinar su brix y polarización para así calcular la pureza de la caña recibida. A partir del porcentaje de sacarosa (Pol) en el jugo, en términos del peso de la caña, y la pureza del jugo se obtiene el porcentaje de sacarosa (Pol) disponible de la caña. Del resultado obtenido, se determina el rendimiento probable de la caña recibida y se define el precio que se va a pagar de la caña recibida.

## 6. JUSTIFICACIONES

La comunicación entre equipo analítico y computadoras es una técnica que en Guatemala no se aplica en muchos sectores industriales, debido al desconocimiento de la misma, falta de disponibilidad económica y una disposición mental negativa a este cambio tecnológico. Adicionalmente se desconocen las ventajas obtenidas de la utilización de esta técnica para la optimización de los procesos en que se aplica. Este estudio pretende demostrar que la comunicación entre equipo analítico y computadoras es una técnica que no requiere de mayor inversión en comparación con las ventajas obtenidas en los procesos donde se aplica.

La comunicación entre equipo analítico y computadoras podría ser el punto de partida para la posterior comunicación del equipo piloto de procesamiento con computadoras para el estudio de la operación de éstos y reoptimización de los procesos en laboratorios de la Universidad, que permiten al estudiante conocer las ventajas obtenidas a través de esta técnica, para poder aplicarla en el sector industrial en el cual el estudiante se desarrollará.

La comunicación entre equipos de laboratorio con computadoras es parte esencial en la optimización de un proceso productivo, ya que permite una mayor rapidez en el procesamiento de los resultados obtenidos de los análisis para la posterior verificación de los niveles de calidad de los productos analizados. Asimismo se tiene la ventaja de tener los resultados almacenados, lo cual permite el estudio de las tendencias y comportamiento de los productos analizados.

La comunicación entre equipo analítico y computadoras es el paso previo a la automatización de un laboratorio, por lo que este estudio permitirá futuros estudios respecto a la automatización de laboratorios de control de calidad de la industria azucarera.

## 7. OBJETIVOS

### General:

Desarrollar un sistema de comunicación para la transmisión de resultados de equipo analítico a una computadora por medio de puertos seriales RS-232C en el laboratorio de recepción de caña de un ingenio azucarero, para su tratamiento matemático, verificación de los niveles de calidad de los productos analizados, generación de gráficas, tablas o reportes de los resultados obtenidos, y evaluación del comportamiento y tendencias de los productos analizados.

### Específicos:

- a. Comunicar el polarímetro, refractómetro y balanzas del laboratorio de recepción de caña a una computadora por medio de puertos seriales RS-232C.
- b. Diseñar y desarrollar un sistema que controle la comunicación entre una computadora y los equipos de análisis, analice los resultados obtenidos por los equipos, verifique los niveles de calidad de los productos analizados, y genere gráficas, tablas y reportes.

## 8. HIPÓTESIS

Es factible desarrollar un sistema de comunicación para la transmisión de datos de equipo analítico a una computadora por medio de puertos seriales RS-232C en el laboratorio de recepción de caña de un ingenio azucarero.

## 9. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

### 9.1 Refractometría en el análisis de azúcar

Cuando un rayo de luz pasa formando un ángulo de un medio, como el aire, a otro medio, como el agua, los rayos de luz se desvían o refractan. La cantidad que se desvía la luz es proporcional a la velocidad de la luz en los dos medios. La medida de la cantidad en que se desvía la luz se conoce como el índice de refracción  $n$  y es la relación entre el ángulo de incidencia  $LOP$  y el ángulo de refracción  $SOP'$

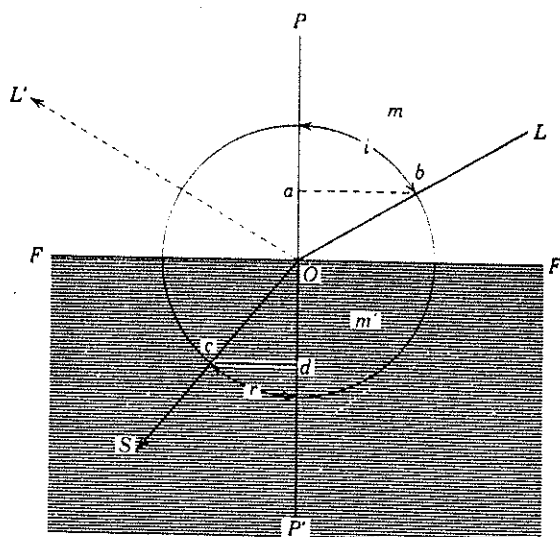


Figura 1: Diagrama que ilustra la ley de refracción

se obtiene así:

donde :  $n$  = índice de refracción  
 $i$  = ángulo de incidencia  
 $r$  = ángulo de refracción

El índice de refracción de una sustancia se determina midiendo el cambio en dirección (refracción) de una radiación colimada cuando pasa de un medio a otro. El índice de refracción varía con la temperatura, la longitud de onda de la luz y la cantidad de sólidos disueltos. En el caso de ser constante la longitud de onda de la luz y la temperatura, el índice de refracción de una solución de sacarosa es una medida del contenido de sacarosa en la misma. El índice de refracción del agua (el aire es el

patrón) con luz de sodio (589 nm) a 20°C se expresa como  $n_D^{20} = 1.3329$ . La ICUMSA preparó una escala internacional de índices de refracción de las soluciones de sacarosa a una temperatura de 20°C y una longitud de onda de 589 nm. (tabla 1) A causa de los efectos de los sólidos en suspensión en los jugos, las muestras para las lecturas de refractómetro deben filtrarse o centrifugarse antes de someterlas a la determinación de sólidos. Puesto que el índice de refracción depende considerablemente de la temperatura, cualquier lectura hecha por arriba o por abajo de 20°C debe corregirse a 20°C, como se indica en la tabla 2.

El refractómetro empleado en este estudio es del tipo de ángulo crítico, ya que mide el ángulo crítico del total de la luz refractada. Se define el ángulo crítico como el ángulo de refracción en un medio cuando el ángulo de la radiación incidente es de 90°.

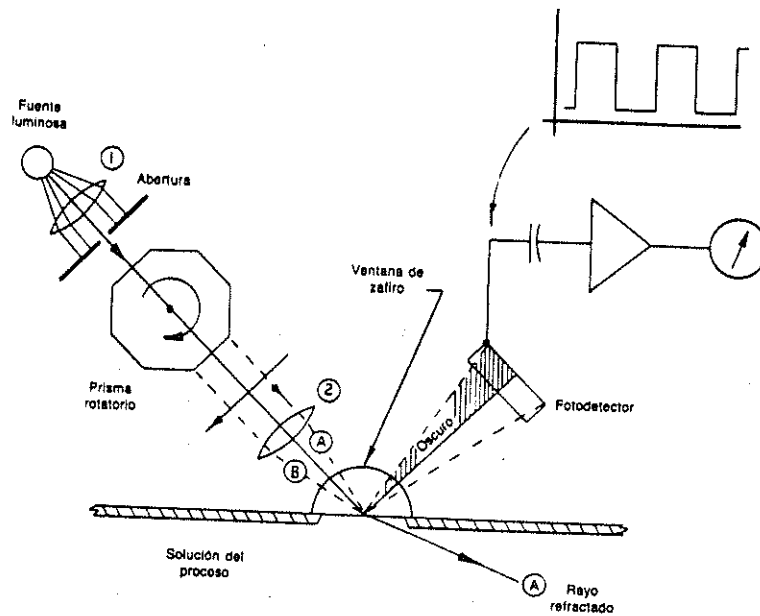


Figura 2: Refractómetro de ángulo crítico

El Atago RX-1000, refractómetro empleado en el laboratorio de recepción de caña, consiste, en principio, de un prisma en el cual se coloca la muestra, una fuente luminosa de un lado del prisma y una sección de un fotosensor del otro lado del prisma. En la sección de la fuente luminosa, la luz de la lámpara es enfocada por los lentes condensadores en el centro de la interface del prisma y la muestra. Además se encuentra un filtro de interferencia en la línea de la luz para solamente seleccionar la línea D. (luz monocromática con una longitud de onda de 589 nm) El índice de refracción de la muestra se obtiene por medio del fotosensor a partir de la detección de la luz reflejada y refractada por la muestra, ya que el índice de refracción del prisma es constante.

rotatoria específica ( $\alpha$ ), y está dado por la ecuación:

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{100\alpha}{CL} = \frac{100\alpha}{B\rho L}$$

donde :  
 $\alpha$  = rotación medida (grados)  
 $C$  = concentración del azúcar (g/100 ml de solución)  
 $B$  = brix de la solución (g de azúcar/g de solución)  
 $\rho$  = densidad de la solución (g de solución/ml de solución)  
 $L$  = longitud de la celda (dm)  
 $t$  = temperatura  
 $\lambda$  = longitud de onda

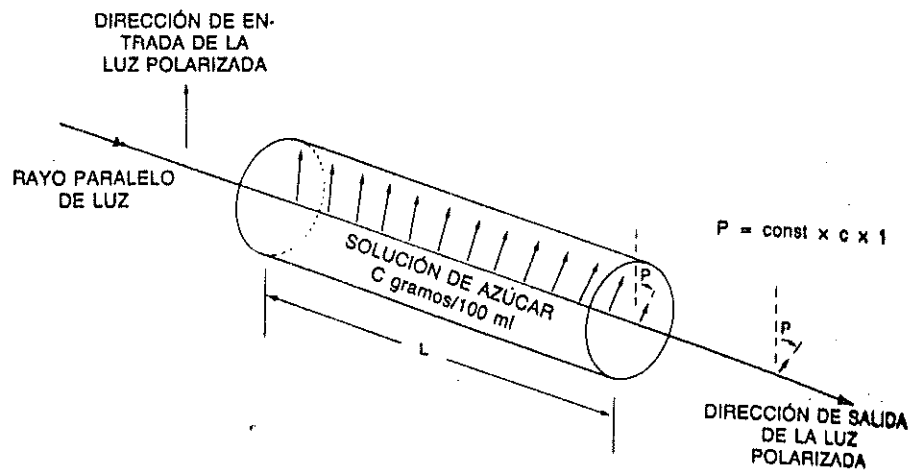


Figura 5: Rotación de la luz polarizada por una solución de azúcar

En vista de que la rotación específica depende de la longitud de onda de la luz empleada y la temperatura a la cual se mide, estas variables deben especificarse. La capacidad de rotación óptica de una solución de azúcar se muestra en forma esquemática en la figura 5.

Cuando un rayo de luz polarizada pasa a través de una solución de cualquier azúcar, la rotación varía con la concentración de la solución, la longitud de la celda, la longitud de onda de la luz y la temperatura. Si se tiene una longitud de onda constante de la celda y la longitud de onda de la luz, la temperatura, el peso y el volumen, y la fuente de luz son estándar, la rotación se vuelve una función de la concentración del azúcar en la muestra. Al medir la rotación en estas condiciones constantes, se determina la concentración del azúcar presente, siempre y cuando no estén presentes otras sustancias ópticamente activas.

La polarización de la luz se logra haciéndola pasar a través de un prisma de Nicol. Estos prismas se elaboran con un cristal transparente romboédrico de espato de Islandia, una forma pura y cristalina de la calcita. Las superficies de los extremos del



prisma se cortan y tallan de modo que el ángulo agudo sea de  $68^\circ$ . El prisma se corta después en dos partes, A y B, a través de los dos ángulos obtusos; las superficies se pulen y se pegan de nuevo en su posición original usando bálsamo de Canadá.

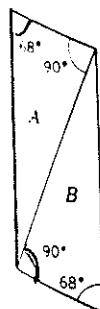


Figura 5: Prisma de Nicol

Al pasar a través del prisma, un rayo de luz se separa en dos rayos de luz polarizada en un plano: uno, llamado rayo ordinario, que es reflejado por el bálsamo de Canadá y otro, llamado rayo extraordinario, que pasa a través del polarímetro y de cuyas propiedades depende la construcción del instrumento.

Cada polarímetro contiene dos prismas de Nicol: el polarizador y el analizador, que en conjunto constituyen las partes esenciales del polarímetro. El polarímetro, que es un instrumento usado en la determinación cuantitativa de los azúcares por medios ópticos, es llamado genéricamente polariscopio, o más precisamente sacarímetro en el caso de medir grados de azúcar ( $^\circ\text{S}$ ).

Básicamente todos los polariscopios tienen las mismas partes ópticas que consisten en una fuente luminosa, un prisma de Nicol modificado (el polarizador) cortado y arreglado de tal manera que envíe dos rayos casi paralelos de luz polarizada a lo largo del instrumento, un tubo de longitud estándar para contener la solución de azúcar, un sistema de compensación con placas y cuñas de cuarzo (una de las cuñas es móvil de manera que es posible modificar el espesor de conjunto de las dos cuñas), otro prisma de Nicol (el analizador) ajustado de modo que su plano de polarización se cruce con el del polarizador y, finalmente, oculares para observar el campo del instrumento y hacer la lectura en la escala vernier que indica el movimiento de las cuñas de cuarzo. Se utilizan cuñas de cuarzo, ya que éstas compensan la rotación del plano de polarización originada por la solución. El cuarzo origina casi exactamente la misma dispersión de los rayos luminosos por rotación, que una solución azucarada, de modo que una sección de cuarzo y una solución de sacarosa de igual rotación rotarán de manera casi similar a la luz de todas las longitudes de onda. Las pequeñas diferencias en la dispersión por rotación las elimina un filtro de bicromato.

El sacarímetro utilizado para este estudio presenta algunos cambios de diseño y operación, que le permite ser completamente automático e inclusive enviar los resultados obtenidos a computadoras. Éste es un sacarímetro fotoeléctrico, el cual emplea un modulador de Faraday entre el polarizador y el analizador, el cual causa la oscilación periódica del plano de polarización. La intensidad de la luz en el analizador se mide con una celda fotoeléctrica y presenta dos picos de intensidad a medida que el plano oscila

a cada plano. La medición óptica del contenido de azúcar mediante un detector fotoeléctrico puede operarse automáticamente sin necesidad de hacer coincidir un campo dividido por medio de los ojos, lo que permite que los resultados obtenidos sean más exactos y más confluables y también ahorren tiempo.

El Autopol 880, sacarímetro empleado para este trabajo, utiliza un analizador rotatorio, el cual usa un servomotor y un codificador de ángulo para determinar la rotación del plano de polarización.

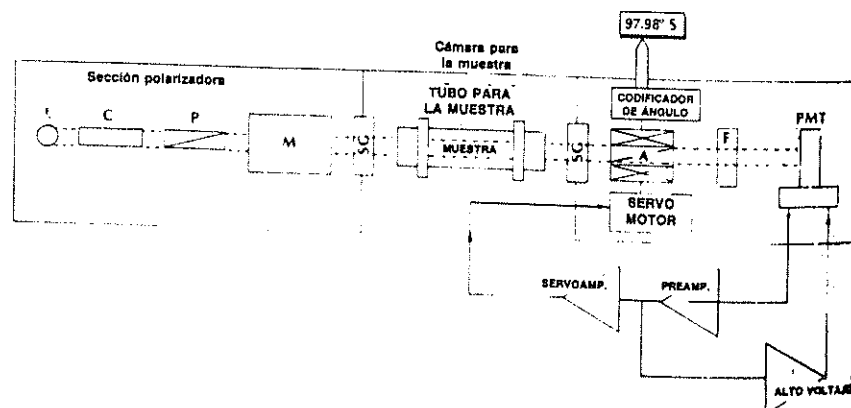


Figura 7: Diagrama esquemático del sacarímetro Autopol 880

### 9.3 Comunicación serial

La información que se transfiere entre computadoras y periféricos se denomina información digital y puede ser transmitida de manera serial o paralela. La comunicación paralela se utiliza principalmente para la conexión de computadoras o equipo analítico con impresoras, mientras que la comunicación serial se utiliza entre computadoras y otros periféricos. La comunicación serial se refiere a la transmisión de un bit, a la vez de los caracteres que componen la información a través de una sola línea de comunicación. En contraste, la comunicación paralela requiere al menos del mismo número de líneas de comunicación que los bits que componen cada carácter de la información. (8 líneas de comunicación para un carácter compuesto de 8 bits; 8 bits es igual a 1 byte). Cada línea de comunicación (alambre) puede expresar un solo bit de datos al tener uno de dos voltajes posibles en el caso de una comunicación paralela. Este tipo de comunicación tiene la limitante que solamente puede llevarse a cabo en cortas distancias, razón por la cual se prefiere utilizar la comunicación serial. El nombre serial se refiere al hecho de que los datos son enviados a través de un solo alambre, en el cual se transmiten en serie los bits que componen los datos. Para ello, cada carácter es definido por la tabla de códigos ASCII que lo caracteriza por una nomenclatura binaria (1-0) con una longitud de 8 dígitos. (8 bits) Cada carácter de los datos es enviado por un solo alambre de esta manera, y es el valor 1 para un voltaje definido y el valor 0 para otro voltaje. Para ello, se encuentra un circuito integrado (chip) en el puerto serial de salida del equipo que separa los datos en bits y otro chip a la entrada de la computadora

que convierte los bits recibidos en caracteres. Estos circuitos integrados encargados de la conversión serial de los datos son llamados UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter). Algunos de los equipos utilizados en este estudio pueden recibir y transmitir información, mientras que otros solamente pueden transmitir la información. Los equipos que solamente transmiten información se denominan de transferencia de datos simplex, mientras que los que reciben y transmiten información se denominan de transferencia dúplex.

La comunicación serial se lleva a cabo por medio de puertos seriales RS-232C, los cuales son estándar de la EIA (Electrical Industries Association); en Europa, se desarrolló por parte del CCITT (Comité Consultatif International Téléphone et Telegraph) un estándar virtualmente idéntico al RS-232C nombrado V.24. El V.24 únicamente se diferencia del RS-232C por las convenciones de nombre y los niveles de voltaje (tabla 3), ya que algunos de los equipos empleados para este estudio son de fabricación europea y se toma en cuenta el tipo de puerto serial que utiliza el equipo. RS-232 C, acrónimo de Recommended Standard 232, revisión C, está definido como la interface utilizada para el intercambio serial de información binaria entre equipo terminal de datos (DTE) y equipo de comunicación de datos (DCE). Este estándar se desarrolló para la comunicación serial entre computadoras (DTE) y modems (DCE) para la transmisión serial de datos a través de líneas telefónicas, para lo cual se utiliza un "cable modem", el cual tiene conexiones "pin a pin" diseñadas para la comunicación entre dispositivos DTE y dispositivos DCE. Empero, este estándar es utilizado de manera práctica para el control de impresoras o instrumentos, transferencia de archivos, redes locales y otros. Actualmente, el mismo estándar se utiliza ampliamente para la transmisión de datos entre equipo de análisis o de recolección de datos y computadoras, en el cual la computadora es el DTE. Sin embargo, muchos equipos de análisis o de recolección de datos no tienen la interface para ser equipos de comunicación de datos (DCE), por lo que se utiliza para este tipo de conexión el "cable null modem", el cual no tiene conexiones "pin a pin" como el "cable modem", sino que posee un tipo diferente de conexión que permite la comunicación serial de dos equipos terminales de datos (DTE). El estándar RS-232C especifica:

- Las características mecánicas de la Interface
- Las señales eléctricas a través de la Interface
- La función de cada señal
- Los subconjuntos de señales para ciertas aplicaciones

Las características mecánicas de la Interface descritas por este estándar especifican una conexión de 25 pines, para la cual se utiliza un conector nombrado DB-25; sin embargo, se encuentran conectores de 9 pines y cables de 4, 9 y 25 pines. El cable de 25 pines conecta cada uno de los pines (figura 9); el de 9 pines no incluye muchas de las conexiones normalmente inutilizadas (figura 10) y el de 4 pines utiliza el mínimo de conexiones útiles. Las señales eléctricas de cada uno de los pines se describen en las figuras 9 y 10. El nombre y la asignación de cada pin, según los estándares del EIA y CCITT, se describen en la tabla 3.

### Pin Assignments 25-Pin Style

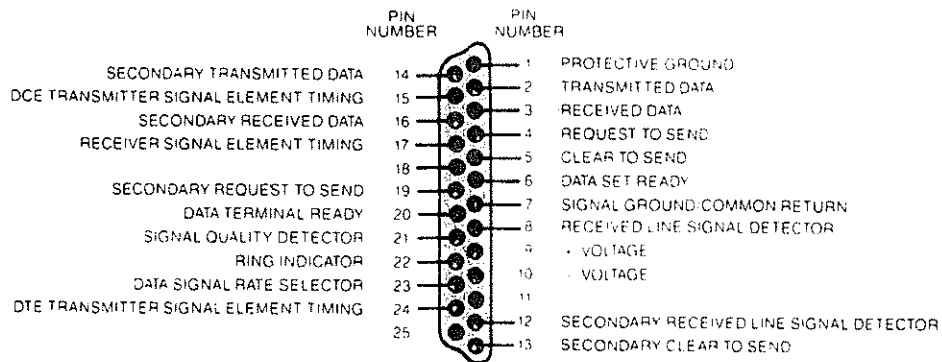


Figura 8: Asignación de pines en conector estándar DB-25

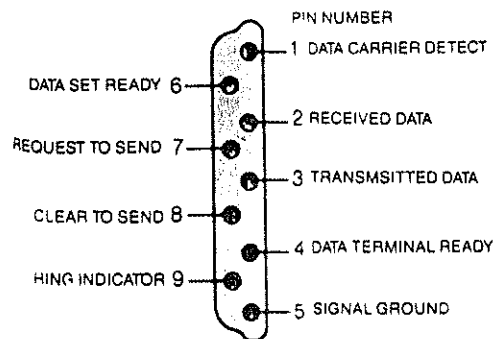


Figura 9: Asignación de pines en conector estándar DB-9

El estándar RS-232C determina que la longitud máxima en que puede utilizarse el cable serial es de 50 pies con una máxima capacitancia de 2500 picofaraday, aunque en la práctica puede utilizarse hasta en una longitud de 125 pies en un ambiente con poco ruido y cables de alta calidad, es decir, baja capacitancia.

Todos los equipos utilizados en este estudio emplean conectores DB-25; sin embargo, los cables se hicieron según requerimientos propios de cada uno de los equipos, ya que unos utilizan cables de 25 alambres, otros de 9 alambres y otros de 4. La computadora fue colocada dentro del laboratorio, razón por la cual no hubo problema con la longitud de los cables.

## 10. OPERACIÓN DEL SISTEMA AUTOLAB

### 10.1 Pasos previos a la operación de AUTOLAB

Previamente a la operación de AUTOLAB, debe revisarse que los cables seriales de los equipos analíticos a la computadora se encuentren bien conectados para evitar problemas posteriores en la transmisión de datos. Seguidamente se enciende la computadora y en el directorio raíz se tecldea **AUTOLAB**, presionando finalmente la tecla [ENTER]. En caso de que el programa de arranque encuentre algún problema de configuración, el mismo regresará a la pantalla el siguiente mensaje "Too many files are open" y regresará al directorio raíz. Para resolver este error, deberá editarse el archivo **CONFIG.SYS**, para lo cual deberá seguirse el siguiente procedimiento:

1. Vaya al directorio donde se encuentra el sistema operativo de la computadora: tecllear **CD\DOS**
2. Tecllear **EDIT C:\CONFIG.SYS**
3. Ir a la línea donde se define el parámetro **FILES=XX**
4. Sobrecribir el número que se encuentre en este parámetro por **50**
5. Ir a la línea donde se define el parámetro **BUFFERS=XX**
4. Sobrecribir el número que se encuentre en este parámetro por **30**
5. Presione la tecla [Alt] para operar el menú de edición y guardar el archivo **CONFIG.SYS**

### 10.2 Ingreso a AUTOLAB

Al ingresar a AUTOLAB, éste muestra inicialmente una pantalla, por medio de la cual se verifica que el usuario que vaya a operar el sistema esté autorizado para ingresar al mismo. Para realizar dicha verificación, el sistema requiere el ingreso de la clave numérica del usuario y su palabra clave de acceso (password). Luego de ingresar correctamente ambas claves, el usuario tiene la opción de presionar la tecla de función **F9** para cancelar el ingreso y regresar al sistema operativo o la tecla de función **F1** para ingresar al sistema y empezar a operar el mismo. En caso de ingresar la clave numérica o la palabra clave de acceso de manera errónea, el usuario tendrá tres oportunidades para corregirla(s), pero si no se ingresa bien alguna de éstas después de las tres oportunidades concedidas, el sistema invalida el ingreso del usuario desconocido, cancela el sistema y regresa al sistema operativo.

### 10.3 Menú principal

Luego de haber ingresado correctamente la clave numérica del usuario y su palabra clave de acceso, se presenta en pantalla el menú principal, el cual se ha denominado de esta forma ya que a partir de éste pueden escogerse las diferentes tareas a ejecutar con el sistema. El menú principal que se muestra es el siguiente:

```

┌────────── MENÚ PRINCIPAL - AUTOLAB - ─────────┐
│ 1 Administración de archivos                    │
│ 2 Administración de muestras                    │
│ 3 Emisión de reportes                          │
│ 4 Emisión de gráficas                          │
│ 5 Salir de AUTOLAB                              │
└────────── LAB. DE CONTROL DE CALIDAD, ING. STA. ANA ─────────┘

```

1. Actualizar archivos de usuarios y cañeros

Figura 10: Menú principal del sistema AUTOLAB

En la última línea de la pantalla, se explica brevemente las tareas que pueden ejecutarse al seleccionar cualquier de las opciones presentadas. Para seleccionar alguna de las opciones, puede presionarse el número de opción correspondiente o ir con las flechas del teclado a la opción que se desea y presionar la tecla [Enter]. Al seleccionar cualquiera de las opciones, se presenta un submenú, en el cual se detallan las tareas correspondientes a la selección realizada que pueden ejecutarse posteriormente. Los diferentes submenús y las tareas que se ejecutan a partir de éstos se describen a continuación.

### 10.4 Administración de archivos

Al seleccionarse la opción de administración de archivos del menú principal, se presente en pantalla el submenú de administración de archivos, el cual es así:

```

┌────────── MENÚ ADMINISTRACIÓN DE ARCHIVOS ─────────┐
│ 1 Actualizar archivo de usuarios                │
│ 2 Actualizar archivo de cañeros                │
│ 3 Regresar al menú principal                    │
└────────── LAB. DE CONTROL DE CALIDAD, ING. STA. ANA ─────────┘

```

Figura 11: Submenú de administración de archivos

En el submenú de administración de archivos, se presenta la opción de agregar, editar, consultar o borrar cualquiera de los datos de los archivos que ahí se presentan. En estos archivos, se almacenan de manera general algunos datos que son de interés para el sistema AUTOLAB. La selección de alguna de las opciones se hace de la misma forma que en el menú principal, y luego de realizar la selección se presenta la pantalla correspondiente, las cuales se describen a continuación.

#### 10.4.1 Archivo de usuarios

Al seleccionarse la opción de administración de archivo de usuarios se presenta la siguiente pantalla:

```

< Archivo de usuarios >
CLAVE : 12    USUARIO : JOSÉ PÉREZ
PASSWORD : *****

F2->AGREGAR   F3->CONSULTAR   F4->GRABAR
F5->CAMBIAR CLAVE  F6->BORRAR   F7->LIMPIAR
                F9->SALIR

<Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana>

```

Figura 12: Pantalla de administración de archivo de usuarios

El archivo de usuarios almacena los distintos usuarios que pueden ejecutar el sistema AUTOLAB. En este archivo, se guardan la clave numérica, el nombre y la palabra clave de acceso (password) de cada uno de los usuarios.

Para agregar un usuario, debe presionarse la tecla F2, seguidamente el sistema asigna una clave numérica para él y solicita el ingreso del nombre y del password que le va a ser asignado. Para consultar todos los usuarios almacenados, se presiona la tecla F3. Para grabar los ingresos o ediciones debe presionarse la tecla F4. Si se desea cambiar únicamente el password del usuario, debe presionar la tecla F5, seguidamente ingresar el password actual y finalmente ingresar el nuevo password. Para borrar algún usuario, debe ingresarse la clave numérica de éste y al presentarse los datos deberá presionarse la tecla F6. Para limpiar la pantalla para ingresar nuevos datos, se presiona la tecla F7. La tecla F9 se utiliza para salir de esta pantalla y regresar al menú de administración de archivos.

#### 10.4.2 Archivo de cañeros

Al seleccionarse la opción de administración de archivo de cañeros se presenta la siguiente pantalla:

```

      < Archivo de cañeros >
CODIGO : 23124   NOMBRE : FINCA LA ESPERANZA
  F2->AGREGAR   F3->CONSULTAR   F4->GRABAR
  F6->BORRAR    F7->LIMPIAR    F9->SALIR
<Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana>

```

Figura 13: Pantalla de administración de archivo de cañeros

El archivo de cañeros almacena el código y el nombre de los proveedores de caña del ingenio, datos que son de interés al analizar las muestras de caña. Para agregar un cañero, se presiona la tecla F2, para consultar los cañeros almacenados se presiona la tecla F3, para grabar los datos ingresados se presiona la tecla F4, para limpiar los datos en pantalla se presiona la tecla F5, para borrar algún cañero debe ingresarse su código, y al presentarse los datos en pantalla, debe presionarse la tecla F6 y para salir de esta pantalla y regresar al menú de administración de archivos debe presionarse la tecla F9.



## 10.5 Administración de muestras

El submenú de administración de muestras permite la transmisión de los resultados obtenidos por el equipo analítico a la computadora, la transmisión de los resultados obtenidos de la balanza a la computadora para la determinación del porcentaje de basura (trash) de la torta de la muestra, la consulta de los resultados transmitidos de todas las muestras y el borrado de alguna muestra que se desee.

El submenú de administración de muestras se presenta en pantalla de la siguiente forma:

```

      MENÚ ADMINISTRACIÓN DE MUESTRAS
  1 Ingreso de muestras para análisis generales
  2 Ingreso de muestras para análisis de basura
  3 Consulta de muestras
  4 Borrado de muestras
  5 Regresar al menú principal
  LAB. DE CONTROL DE CALIDAD, ING. STA. ANA
  
```

Figura 14: Submenú de administración de muestras

Las opciones de este submenú se presentan a continuación.

### 10.5.1 Ingreso de muestras para análisis generales

La opción de ingreso de muestras es aquella por medio de la cual se transmiten los resultados de los equipos analíticos a la computadora. Previamente a seleccionar esta opción, debe revisarse que los cables seriales que van del refractómetro, polarímetro y balanza se encuentren correctamente conectados a los puertos seriales de los equipos y de la computadora. Para una mayor comprensión del usuario, el procedimiento de toma de muestras se describe a continuación: inicialmente un brazo toma-muestras, llamado Core Sampler que recolecta caña de varios puntos del remolque donde se transporta la caña con el fin de tomar una muestra representativa. Posteriormente la muestra recolectada es colocada en una desfibradora de cuchillas que gira a 3500 RPM, la cual proporciona un desfibramiento uniforme sin pérdida de jugo, lo que permite gran precisión en el proceso de análisis. Seguidamente se toma una muestra de 500 g de la caña desfibrada y se coloca en una prensa hidráulica a presión de 250 kg/cm<sup>2</sup> durante 30 segundos; de ésta se obtiene una torta de bagazo y el resto de jugo. La torta se pesa en una balanza y del jugo obtenido se toman dos muestras: una de 5 ml y otra de 150 ml. La muestra de 5 ml de jugo se coloca directamente en el refractómetro para determinar su brix, mientras que a la muestra de 150 ml de jugo se agregan 2 g de subacetato seco de Hörne (acetato básico de plomo) para su clarificación. Esta muestra de jugo se clarifica después de 5 minutos aproximadamente, para luego ser colocada en el polarímetro y así determinar la polarización de la solución

de azúcar.

Al seleccionar la opción de ingreso de muestras, se presenta inicialmente una pantalla en la cual el usuario introduce el número de muestras que vayan a ingresarse en el lote actual. Seguidamente se presenta la pantalla de ingreso de muestras, la cual es así:

< Ingreso de muestras para análisis generales >									
##.	# NOTA	# ENVIO	qq ENT.	FINCA	#PANTE	TORTA	BRIX	TEMP.	POL
1.	1215845	1521547	10325.2	11254	124514	125.6	21.5	24.9	48.26
2.	1215846	1618745	9628.5	11321	126547	135.4	24.2	26.7	44.32
3.	1215847	1715874	8476.4	12458	134587	163.5	28.5	24.1	36.74
4.	1215848	1754787	11652.4	13478	115478	124.7	26.7	28.1	51.02
5.	1215849	1765483	10456.8	13564	114787	136.8	22.2	26.8	62.01
6.	1215850	1815467	6321.5	11111	132546	128.9	28.4	24.6	54.08
7.									
8.									
9.									
10.									
11.									
12.									
F1->TORTA                      F2->TARAR                      F3->BRIX                      F5->POL F6->GRABAR                      F7->LIMPIAR                      F9->SALIR									
< Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana >									

Figura 15: Pantalla de Ingreso de muestras

Inicialmente el usuario debe ingresar los datos generales de cada una de las muestras, los cuales se encuentran en la papeleta que es entregada en la balanza a la entrada del ingenio al chofer del remolque donde se transporta la caña. Los datos que se encuentran en esta papeleta son el número de nota, el número de envío, el número de la finca (código del proveedor) y el número del pante de la finca. Al haberse ingresado los datos generales de todas las muestras, procede realizar la transmisión de los resultados de los equipos a la computadora. Inicialmente se toma el peso de cada una de las tortas de bagazo, y por eso debe colocarse ésta sobre la balanza y presionar la tecla F1 para que AUTOLAB requiera de la balanza el resultado obtenido de la medición. El mismo procedimiento debe seguirse hasta completar la medición de la masa de todas las muestras. En caso de querer tarar la balanza, basta con presionar en cualquier momento la tecla F2 para que AUTOLAB ordene la tara de la balanza. Seguidamente se realiza la medición del brix de todas las muestras del lote, por lo que debe presionar la tecla F3 para que AUTOLAB inicie la comunicación con el refractómetro. Coloque la muestra de jugo en el refractómetro y presione la tecla [Start] del refractómetro, para que éste inicie el análisis. Al finalizar el análisis, el refractómetro transmite automáticamente el brix obtenido y la temperatura bajo la cual se realizó el análisis a la computadora y AUTOLAB recibe el resultado y lo muestra en pantalla para la muestra correspondiente. Este procedimiento debe seguirse hasta finalizar el análisis de brix de todas las muestras del lote. Finalmente se realiza el análisis de polarimetría

de las muestras, por lo que debe presionar la tecla F5 para que AUTOLAB inicie la comunicación con el polarímetro. Coloque la muestra del jugo ya clarificado en el polarímetro y presione la tecla [Continue] para que éste ejecute el análisis. Al finalizar el análisis el polarímetro, presenta el resultado en su propia pantalla, por lo que se presiona la tecla [Send] y luego la tecla [Enter] de este equipo y AUTOLAB recibe el dato y lo muestra en la pantalla de la computadora para la muestra correspondiente. Este procedimiento debe repetirse hasta finalizar con todas las muestras del lote. AUTOLAB detecta el momento en el cual han sido finalizados todos los análisis del lote de muestras, y muestra en pantalla el mensaje "Presione F6 para grabar los resultados"; en ese momento, el usuario decide si desea guardar los resultados transmitidos, o cancelarlos. Al presionar la tecla F6, AUTOLAB corrige el brix según la temperatura de medición tomando como temperatura de referencia 20°C, corrige el pol de la muestra, según el resultado obtenido, calcula el porcentaje de jugo de la muestra, el cual se define:

$$\% \text{ jugo} = \frac{500 - \text{peso torta}}{500} * 100,$$

y almacena los resultados observados y corregidos de cada una de las muestras del lote.

Al presionar la tecla F7, se limpian los resultados en pantalla sin almacenarlos y la tecla F9 se utiliza para salir de esta pantalla y regresar al submenú de administración de muestras.

### 10.5.2 Ingreso de muestras para análisis de basura

El análisis de basura es un análisis que se realiza a una muestra aleatoria de cada una de las fincas. Este análisis es la determinación del porcentaje de basura presente en la muestra recolectada por el Core Sampler. Previamente a seleccionar esta opción, debe verificar la correcta conexión del cable serial que va de la balanza a la computadora. Inicialmente ingrese el número de finca y el número de pante de la muestra a la que va a realizarle el análisis de basura. A continuación, coloque la muestra tomada por el Core Sampler sobre la balanza y presione la tecla F1 para que la balanza transmita el resultado obtenido. Luego separe las puntas y la basura de la muestra para la determinación de su peso. Seguidamente coloque las puntas separadas sobre la balanza y presione la tecla F3 para que la balanza transmita el resultado obtenido. Repita el mismo procedimiento para transmitir el peso de la basura presionando la tecla F5. En caso de desear tarar la balanza, presione la tecla F2. Para limpiar los datos en pantalla, presione la tecla F7 y para salir de esta pantalla y regresar al submenú de administración de muestras, presione la tecla F9.

La pantalla de Ingreso de muestras para análisis de basura se presenta a

continuación.

< Ingreso de muestras para análisis de basura >			
# NOTA	1932564	# ENVIO	2178748
# FINCA	13415	# PANTE	131456
PESO MUESTRA	4651.4 g	PESO PUNTAS	165.8 g
PESO BASURA	256.3 g	% BASURA 5.51%	
F1->MUESTRA			
F2->TARAR		F3->PUNTAS	F5->BASURA
F6->GRABAR		F7->LIMPIAR	F9->SALIR
< Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana >			

Figura 16 : Pantalla de Ingreso de muestras para análisis de basura.

### 10.5.3 Consulta de muestras

La consulta de muestras se utiliza para consultar los resultados obtenidos y corregidos de cualquiera de las muestras previamente ingresadas. Para realizar una consulta, ingrese el número de nota y el número de envío de ésta; AUTOLAB busca la muestra requerida y despliega en pantalla los resultados de esa muestra. Las teclas que puede utilizarse en esta pantalla son: F7 para limpiar los resultados en pantalla y F9 para regresar al submenú de administración de muestras. La pantalla que se presenta al seleccionar la opción de consulta de muestras es así:

< Consulta de muestras >			
# NOTA : 1784567	# ENVIO : 2154874	FECHA ANALISIS : 17/06/96	
# FINCA : 12145	# PANTE : 151547	HORA : 13:56	TONS ENTREGADAS : 245.6
BRIX OBS.: 21.2	POL OBS.: 46.82	TEMP.: 24.1°C	PESO TORTA : 126.8
BRIX COR.: 5.39	POL COR.: 11.27	% JUGO : 74.64	% BASURA : 5.28
F7->LIMPIAR		F9->SALIR	
< Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana >			

Figura 17: Pantalla de consulta de muestras

### 10.5.4 Borrado de muestras

La opción de borrado de muestras se utiliza para borrar del archivo de muestras la muestra que así se requiera. Debe tenerse cuidado con esta opción, ya que al borrar alguna muestra del archivo, no es posible recuperarla posteriormente. Para borrar una muestra, debe ingresar previamente el número de nota y número de envío para que AUTOLAB la seleccione y muestre los resultados de esta en pantalla. Para borrar la muestra en pantalla, debe presionar la tecla F6. AUTOLAB pregunta al usuario si éste está seguro de querer borrar tal muestra y requiere que el usuario presione nuevamente la tecla F6 para borrar la muestra. En caso de presionar accidentalmente la tecla F6, la muestra no es borrada, ya que requiere de la confirmación del usuario.

La pantalla que se observa al seleccionar la opción de borrado de muestras es:

< Borrado de muestras >			
# NOTA : 1784567	# ENVIO : 2154874	FECHA ANALISIS : 17/06/96	
# FINCA : 12145	# PANTE : 151547	HORA : 13:56	TONS ENTREGADAS : 245.6
BRIX OBS.: 21.2	POL OBS.: 46.82	TEMP.: 24.1°C	PESO TORTA : 126.8
BRIX COR.: 5.39	POL COR.: 11.27	% JUGO : 74.64	% BASURA : 5.28
F6->BORRAR			F7->LIMPIAR
			F9->SALIR
< Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana >			

Figura 18: Pantalla de borrado de muestras

### 10.6 Emisión de reportes

El submenú de emisión de reportes permite la generación y emisión de varios reportes tanto a pantalla como a impresora. El submenú de emisión de reportes se presenta así:

MENÚ EMISIÓN DE REPORTE	
1	Resultados de análisis por finca
2	Resultados de análisis por pante
3	Resultados de análisis por fecha
4	Cañero acumulado por finca
5	Cañero acumulado por pante
6	Regresar al menú principal
LAB. DE CONTROL DE CALIDAD, ING. STA. ANA	

Figura 19: Submenú de emisión de reportes

Los reportes de resultados de análisis por finca, pante o fecha requieren que



Inicialmente el usuario ingrese el rango de fincas, pantes o fechas, para el cual se desea hacer el reporte. Luego de haber ingresado el rango deseado, puede presionar la tecla F1 si desea que el reporte se presente a pantalla o la tecla F2 para imprimir el reporte generado. La tecla F7 se utiliza para limpiar los rangos de selección y la tecla F9 para regresar al submenú de emisión de reportes. Al presentarse un reporte en pantalla, el usuario puede moverse dentro del mismo utilizando las teclas de flechas [←↑↓→] y las teclas para avance y retroceso de página [Page Up] y [Page Down]. Las pantallas para el ingreso de los rangos de selección son similares, por lo que se presenta a continuación la pantalla para el ingreso de rango y emisión del reporte de resultados de análisis por finca.

```

< Reporte de análisis por finca >
DE LA FINCA # : 11458          FINCA LAS MARGARITAS
A LA FINCA #   : 11687          FINCA MONTE MARÍA
F1->REP. A PANTALLA          F2->REP. A IMPRESORA
F7->LIMPIAR                   F9->SALIR
< Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana >

```

Figura 20: Pantalla de emisión de reporte de resultados por finca.

Los reportes de cañero acumulado por finca y pante generan un reporte del total de caña recibida por un rango de fincas o pantes para un rango de fechas determinado. Las pantallas para el ingreso del rango de fincas o pantes y rango de fechas son similares, por lo que se presenta a continuación la pantalla de emisión y generación del reporte de cañero acumulado por pante.

```

< Entrega de caña acumulado por pante >
PANTE INICIAL : 114585          PANTE FINAL : 114687
DEL           15/06/96          AL           15/07/96
F1->REP. A PANTALLA          F2->REP. A IMPRESORA
F7->LIMPIAR                   F9->SALIR
< Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana >

```

Figura 21: Pantalla de emisión de reporte de cañero acumulado por pante.

## 10.7 Emisión de gráficas

El submenú de emisión de gráficas permite la generación y emisión de gráficas a pantalla o impresora del brix promedio, pol promedio y porcentaje de jugo promedio para un rango de fincas o pantes, y el brix, pol o porcentaje de jugo de las muestras correspondientes a un pante determinado. Estas gráficas permiten la evaluación del comportamiento y tendencias, tanto de las fincas como de los pantes. El submenú de emisión de gráficas se presenta así:

```

      MENÚ EMISIÓN DE GRÁFICAS
1 Brix promedio por finca
2 Brix promedio por pante
3 Brix de muestras de un pante
4 Pol promedio por finca
5 Pol promedio por pante
6 Pol de muestras de un pante
7 % Jugo promedio por finca
8 % Jugo promedio por pante
9 % Jugo de muestras de un pante
10 Regresar al menú principal
LAB. DE CONTROL DE CALIDAD, ING. STA. ANA
  
```

Figura 22: Submenú de emisión de gráficas.

Al seleccionar la emisión de la gráfica de brix, pol o porcentaje jugo promedio para fincas o pantes, debe ingresar inicialmente el rango de fincas o pantes para la generación de la gráfica, tomando en cuenta que por fines estéticos de la gráfica, se permite un rango máximo de quince fincas o pantes por gráfica. Dado que las pantallas para estas opciones son semejantes, se presenta a continuación la pantalla para la emisión de la gráfica de brix promedio para una finca.

```

< Gráfica de brix promedio de fincas >
FINCA INICIAL : 11458      FINCA LAS MARGARITAS
FINCA FINAL   : 11465      FINCA LLANO ALTO
DEL           01/05/96     AL             31/05/96
F1->GRAF. A PANTALLA      F2->GRAF. A IMPRESORA
F7->LIMPIAR                F9->SALIR
< Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana >
  
```

Figura 23: Pantalla para la emisión de gráfica de brix promedio por finca.

La gráfica que se presenta al realizar los ingresos mostrados en la fig. 23 se presenta a continuación.

Brix prom. de las fincas 11458 - 11465 del 01/05/96 al 31/05/96

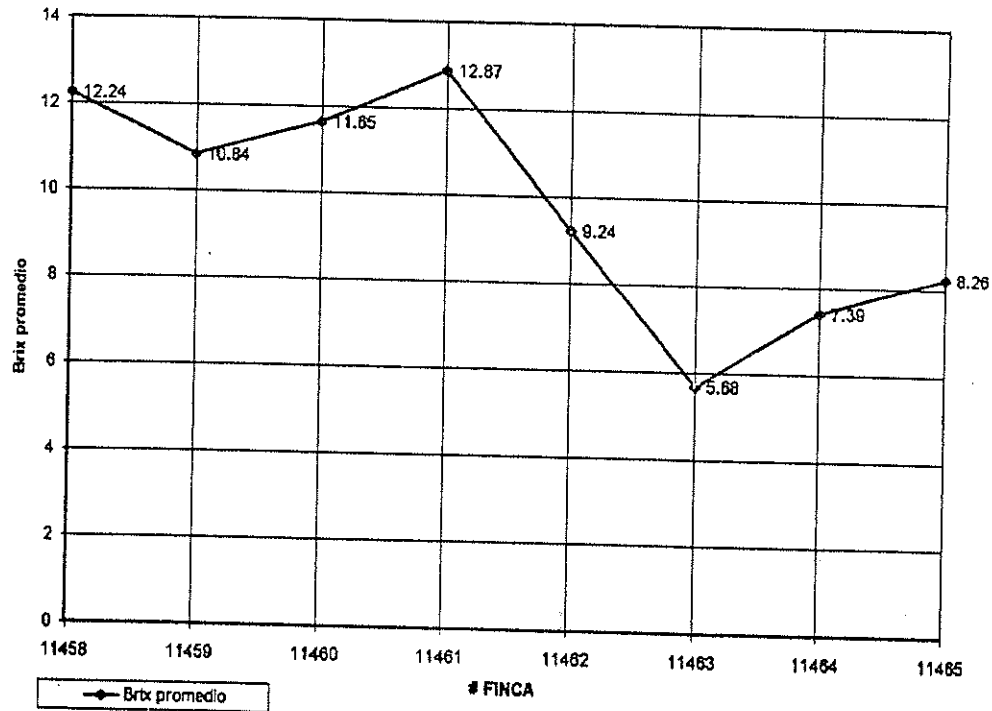


Figura 24: Gráfica de brix promedio por finca.

Al seleccionar la emisión de la gráfica de brix, por o porcentaje jugo de las muestras de un pante, debe ingresar el pante para el cual se desea realizar dicha gráfica. Dado que las pantallas son semejantes en los casos anteriores, se presenta a continuación la pantalla para la emisión de la gráfica del porcentaje de jugo de las muestras de un pante.

```

< Gráfica de % jugo de muestras de un pante >
PANTE # :124589   DEL :01/04/96   AL :31/05/96
F1->GRAF. A PANTALLA      F2->GRAF. A IMPRESORA
F7->LIMPIAR              F9->SALIR
< Lab. de Control de Calidad, Ing. Sta. Ana >
  
```

Figura 25: Pantalla para la emisión de gráfica de % jugo de las muestras de un pante.



La gráfica que se presenta al realizar los ingresos mostrados en la fig. 25 se presenta a continuación.

% Jugo de las muestras del pante 124589 del 01/04/96 al 31/05/96

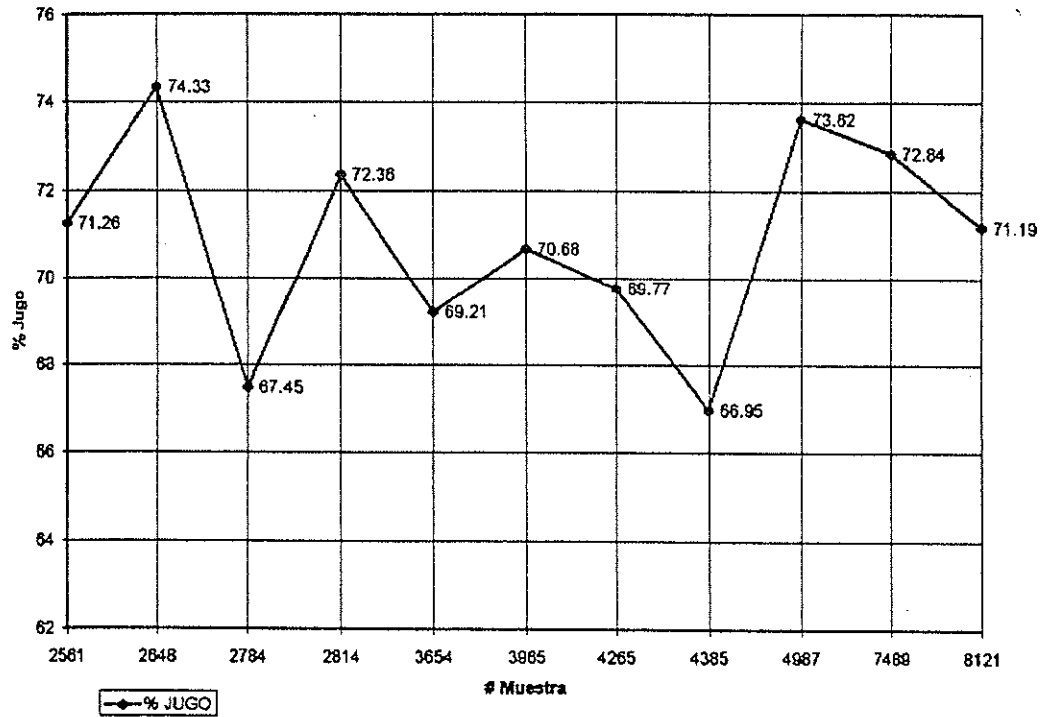


Figura 26: Gráfica de % jugo de las muestras de un pante.

## **11. VENTAJAS OBTENIDAS UTILIZANDO AUTOLAB**

### **11.1 Ventajas económicas**

Utilizando AUTOLAB, se eliminan procedimientos de ingreso de información provenientes de los equipos de análisis en forma manual, lo que permite que el tiempo utilizado por el digitador para la anterior tarea sea ahora utilizado para la realización de otras tareas.

### **11.2 Ventajas de confiabilidad**

Debido a que AUTOLAB recibe información directamente de los equipos de análisis, se minimiza en su totalidad la posibilidad de ingresos erróneos de información por error humano, lo cual implica la obtención de datos confiables para la valoración de la caña recibida en el ingenio. Adicionalmente AUTOLAB fue diseñado para seguir un procedimiento estándar, que impide que el analista pueda omitir o agregar pasos al procedimiento previamente definido.

### **11.3 Ventajas de evaluación**

El sistema AUTOLAB facilita la evaluación del comportamiento y las tendencias de las muestras analizadas, con la utilización de reportes y gráficas.

## 12. CONCLUSIONES

- 12.1** Sí es factible desarrollar un sistema de comunicación para la transmisión de datos de equipo analítico a una computadora por medio de puertos seriales RS-232C en el laboratorio de recepción de caña de un ingenio azucarero.
- 12.2** El sistema desarrollado elimina procedimientos de ingreso de información provenientes de los equipos de análisis en forma manual.
- 12.3** El sistema desarrollado elimina en su totalidad la posibilidad de ingresos erróneos de información por error humano, lo cual implica la obtención de datos confiables para la valoración de la caña recibida en el ingenio.
- 12.4** El sistema desarrollado facilita la evaluación del comportamiento y las tendencias de las muestras analizadas, con la utilización de reportes y gráficas.

### 13. RECOMENDACIONES

- 13.1** Se recomienda incluir, dentro del p nsu m de estudios de Ingeniería Química, aquellos cursos que permitan actualizar al estudiante sobre técnicas de optimización de procesos industriales, a través de la comunicación electrónica entre equipos y computadoras, automatización y análisis instrumental.
- 13.2** Es conveniente la aplicación de técnicas de comunicación electrónica entre equipo piloto de procesamiento con computadoras, para el estudio de la operación de éstos y optimización de los procesos en laboratorios de la Universidad.
- 13.3** Se deben establecer mecanismos de divulgación de este tipo de trabajos al sector productivo, para la utilización de técnicas de comunicación electrónica entre equipos y computadoras, y la automatización en el mismo.
- 13.4** Se recomienda desarrollar sistemas semejantes a éste para la conexión de equipos industriales a computadoras.

UNIVERSIDAD DE LOS RÍOS DE SUCRE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
CATEDRA DE PROCESOS INDUSTRIALES  
2008

#### 14. BIBLIOGRAFÍA

1. ATAGO. RX-1000 RX-3000, Instruction Manual. Japón: ATAGO. 1,992.
2. ATAGO. Digital Refractometer RX Series, Service Manual. Japón: ATAGO. 1,992.
3. BECKER, Philip L. Introduction to PC Communications. USA: Que Corporation. 1,992. 686 pp.
4. GUZMÁN HERMÁN, Sergio A. Evaluación del uso de microprocesadores para los cálculos básicos del control químico de ingenios azucareros. (tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala. 1,984. 97 pp.
5. HUGOT et. al. Manual para ingenieros azucareros. Carlos Ruiz Coutiño. 5. impresión. México, D.F.: Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. 1,963.
6. KLUSSMANN FIGUEROA, Jaime E. Normas básicas para el control químico de la fabricación de caña de azúcar. (tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala. 1,980. 96 pp.
7. MEADE, G. et. al. Manual de azúcar de caña. 9. edición. España: Montaner y Simón S.A. 1,967.
8. MEDRANO GARCÍA, José A. Elaboración de un manual de métodos de análisis físico, químico y físico-químico de insumos de producción utilizados en el proceso de elaboración de azúcar de caña. (tesis: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala) Guatemala. 1,995. 61 pp.
9. OMEGA. The Data Acquisition Systems Handbook. USA: OMEGA Engineering. 1,990.
10. PINNACLE PUBLISHING, Inc. CommTools Communications Theory. USA: Pinnacle Publishing, Inc. 1,993. 141 pp.
11. RUDOLPH RESEARCH. AUTOPOL 880 User Manual, Software V.1.7. USA: Rudolph Research. 1,995.
12. SKOOG, Douglas A. et. al. Análisis Instrumental. Marlo Calcagno. 2. edición. México, D.F.: Editorial Interamericana. 1,984.

## 15. APÉNDICE Y ANEXOS

### 15.1 Corrección del brix

El brix transmitido por el refractómetro a la computadora es corregido por AUTOLAB, según la temperatura a la cual se realizó la medición del brix, tomando como temperatura de referencia 20°C.

- Si el brix transmitido se encuentra entre 1.00 y 10.00 inclusive:  

$$\text{Brix cor.} = \text{Brix trans.} \times (\text{Temp.} - 20) \times 0.057$$
- Si el brix transmitido se encuentra entre 10.01 y 20.00 inclusive:  

$$\text{Brix cor.} = \text{Brix trans.} \times (\text{Temp.} - 20) \times 0.062$$
- Si el brix transmitido se encuentra entre 20.01 y 30.00 inclusive:  

$$\text{Brix cor.} = \text{Brix trans.} \times (\text{Temp.} - 20) \times 0.067$$
- En caso de que el brix transmitido no se encuentre en ninguno de los tres rangos anteriores, se asigna al brix corregido un valor nulo.

### 16.2 Corrección del pol

El pol transmitido por el polarímetro es corregido por AUTOLAB, según las siguientes fórmulas:

- Si el pol transmitido se encuentra entre 1.00 y 39.99 inclusive:  

$$\text{Pol Cor.} = 0.2453 \times \text{Pol Trans.} / 1.00963 + 0.2474$$
- Si el pol transmitido se encuentra entre 40.00 y 70.99 inclusive:  

$$\text{Pol Cor.} = 0.2328 \times \text{Pol Trans.} / 1.00963 + 0.4789$$
- Si el pol transmitido es mayor que 70.99:  

$$\text{Pol Cor.} = 0.2299 \times \text{Pol Trans.} / 1.00963 + 0.6939$$
- En caso de que el pol transmitido sea menor a 1.00, se asigna al pol corregido un valor nulo.

**15.3 Tabla 1:** Escala internacional de índices de refracción de las soluciones de sacarosa a una temperatura de 20°C y una longitud de onda de 589 nm. (ICUMSA)

<i>Sacarosa</i> g/100 g Brix	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	1.332986	333129	333272	333415	333558	333702	333845	333989	334132	334276
1	1.334420	334564	334708	334852	334996	335141	335285	335430	335574	335719
2	1.335864	336009	336154	336300	336445	336590	336736	336882	337028	337174
3	1.337320	337466	337612	337758	337905	338051	338198	338345	338492	338639
4	1.338786	338933	339081	339228	339376	339524	339671	339819	339967	340116
5	1.340264	340412	340561	340709	340858	341007	341156	341305	341454	341604
6	1.341753	341903	342052	342202	342352	342502	342652	342802	342952	343103
7	1.343253	343404	343555	343706	343857	344008	344159	344311	344462	344614
8	1.344765	344917	345069	345221	345373	345526	345678	345831	345983	346136
9	1.346289	346442	346595	346748	346902	347055	347209	347362	347516	347670
10	1.347824	347978	348133	348287	348442	348596	348751	348906	349061	349216
11	1.349371	349527	349682	349838	349993	350149	350305	350461	350617	350774
12	1.350930	351087	351243	351400	351557	351714	351871	352029	352186	352343
13	1.352501	352659	352817	352975	353133	353291	353449	353608	353767	353925
14	1.354084	354243	354402	354561	354721	354880	355040	355199	355359	355519
15	1.355679	355840	356000	356160	356321	356482	356642	356803	356964	357126
16	1.357287	357448	357610	357772	357933	358095	358257	358420	358582	358744
17	1.358907	359070	359232	359395	359558	359722	359885	360048	360212	360376
18	1.360539	360703	360867	361032	361196	361360	361525	361690	361854	362019
19	1.362185	362350	362515	362681	362846	363012	363178	363344	363510	363676
20	1.363842	364009	364176	364342	364509	364676	364843	365011	365178	365346
21	1.365513	365681	365849	366017	366185	366354	366522	366691	366859	367028
22	1.367197	367366	367535	367705	367874	368044	368214	368384	368554	368724
23	1.368894	369064	369235	369406	369576	369747	369918	370090	370261	370432
24	1.370604	370776	370948	371120	371292	371464	371637	371809	371982	372155
25	1.372328	372501	372674	372847	373021	373194	373368	373542	373716	373890
26	1.374065	374239	374414	374588	374763	374938	375113	375288	375464	375639
27	1.375815	375991	376167	376343	376519	376695	376872	377049	377225	377402
28	1.377579	377756	377934	378111	378289	378467	378644	378822	379001	379179
29	1.379357	379536	379715	379893	380072	380251	380431	380610	380790	380969
30	1.381149	381329	381509	381689	381870	382050	382231	382412	382593	382774
31	1.382955	383137	383318	383500	383682	383863	384046	384228	384410	384593
32	1.384775	384958	385141	385324	385507	385691	385874	386058	386242	386426
33	1.386610	386794	386978	387163	387348	387532	387717	387902	388088	388273
34	1.388459	388644	388830	389016	389202	389388	389575	389761	389948	390135
35	1.390322	390509	390696	390884	391071	391259	391447	391635	391823	392011
36	1.392200	392388	392577	392766	392955	393144	393334	393523	393713	393903
37	1.394092	394283	394473	394663	394854	395044	395235	395426	395617	395809
38	1.396000	396192	396383	396575	396767	396959	397152	397344	397537	397730
39	1.397922	398116	398309	398502	398696	398889	399083	399277	399471	399666
40	1.399860	400055	400249	400444	400639	400834	401030	401225	401421	401617
41	1.401813	402009	402205	402401	402598	402795	402992	403189	403386	403583
42	1.403781	403978	404176	404374	404572	404770	404969	405167	405366	405565
43	1.405764	405963	406163	406362	406562	406762	406961	407162	407362	407562
44	1.407763	407964	408165	408366	408567	408768	408970	409171	409373	409575
45	1.409777	409980	410182	410385	410588	410790	410994	411197	411400	411604
46	1.411807	412011	412215	412420	412624	412828	413033	413238	413443	413648
47	1.413853	414059	414265	414470	414676	414882	415089	415295	415502	415708
48	1.415915	416122	416330	416537	416744	416952	417160	417368	417576	417785
49	1.417993	418202	418411	418620	418829	419038	419247	419457	419667	419877
50	1.420087	420297	420508	420718	420929	421140	421351	421562	421774	421985
51	1.422197	422409	422621	422833	423046	423258	423471	423684	423897	424110
52	1.424333	424547	424760	424974	425188	425403	425617	425832	426046	426261
53	1.426486	426681	426896	427112	427328	427543	427759	427975	428192	428408
54	1.428625	428842	429059	429276	429493	429711	429928	430146	430364	430582
55	1.430800	431019	431238	431456	431675	431894	432114	432333	432553	432773





**15.4 Tabla 2:** Factores de corrección de índices de refracción para lecturas tomadas a temperaturas menores o mayores a 20°C.

Temperatura (°C)	% de sacarosa (sustancia seca)																	
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
<i>Restar del valor medido</i>																		
15	0.29	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37
16	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.30	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30
17	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22
18	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
19	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
<i>Añadir al valor medio</i>																		
21	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
22	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15
23	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.22
24	0.27	0.28	0.29	0.29	0.30	0.30	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30
25	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.38	0.39	0.39	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.39	0.39	0.39	0.38	0.37
26	0.42	0.43	0.44	0.45	0.46	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.46	0.46	0.45
27	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	0.52
28	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	0.63	0.64	0.64	0.64	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60
29	0.66	0.67	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68
30	0.74	0.75	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.81	0.81	0.82	0.81	0.81	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.75
31	0.83	0.84	0.85	0.87	0.88	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.84	0.83
32	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.92	0.90
33	1.00	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.03	1.02	1.00	0.98
34	1.10	1.11	1.12	1.13	1.15	1.15	1.16	1.17	1.17	1.17	1.16	1.15	1.14	1.13	1.12	1.10	1.08	1.06
35	1.19	1.20	1.22	1.23	1.24	1.25	1.25	1.26	1.26	1.25	1.24	1.23	1.23	1.21	1.20	1.18	1.16	1.13
36	1.29	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35	1.35	1.35	1.35	1.34	1.33	1.32	1.30	1.28	1.26	1.24	1.21
37	1.38	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.43	1.42	1.40	1.38	1.36	1.34	1.32	1.29
38	1.48	1.50	1.51	1.52	1.53	1.53	1.54	1.54	1.53	1.53	1.52	1.51	1.49	1.47	1.45	1.42	1.39	1.36
39	1.59	1.60	1.61	1.62	1.62	1.63	1.63	1.63	1.63	1.62	1.61	1.60	1.58	1.56	1.53	1.50	1.47	1.44
40	1.69	1.70	1.71	1.72	1.72	1.73	1.73	1.73	1.72	1.71	1.70	1.69	1.67	1.64	1.62	1.59	1.55	1.52

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
Biblioteca Central

**15.5 Tabla 3:** Asignación de pines según los estándares RS-232C y V.24.

Pin	EIA	CCITT	Signal Name	Abbr.	From
1	AA	101	Protective Ground	GND	DTE
2	BA	103	Transmitted Data	TD	DCE
3	BB	104	Received Data	RD	DTE
4	CA	105	Request to Send	RTS	DCE
5	CB	106	Clear to Send	CTS	DCE
6	CC	107	Data Set Ready	DSR	DCE
7	AB	102	Signal Ground	SG	
8	CF	109	Received Line SD	DCD	DCE
9			Reserved		
10			Reserved		
11			Unassigned		
12	SCF	122	Secondary Receive Line Signal Detect		DCE
13	SCB	121	Secondary Clear to Send		DCE
14	SBA	118	Secondary Transmit Data		DTE
15	DB	114	Transmit Signal Element Timing		DCE
16	SBB	119	Secondary Receive Data		DCE
17	DD	115	Receive Signal Element Timing		
18			Unassigned		
19	SCA	120	Secondary Request to Send		DTE
20	CD	108/2	Data Terminal Ready	DIR	DTE

**15.5 Continuación tabla 3: Asignación de pines según los estándares RS-232C y V.24.**

Pin	EIA	CCITT	Signal Name	Abbr.	From
21	CG	110	Signal Quality Detector	SG	DCE
22	CE	125	Ring Indicator	Ri	DCE
23	CH	111	Data Signal Rate Select DTE		DTE
23	CI	112	Data Signal Rate DCE		DCE
24	CI	113	Transmit Signal Element Timing		DTE
25	DA		Unassigned		