

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

"TENDENCIA DEL ANALISIS INSTRUMENTAL
EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA"



INGENIERO QUIMICO

Guatemala, Junio de 1981.

208
T(1393)

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano: Ing. César Fernández Fernández
Vocal Primero: Dr. Bernardo Morales
Vocal Segundo:
Vocal Tercero: Ing. César Osorio Izaguirre
Vocal Cuarto: Br. Marinus Boer
Vocal Quinto: Br. Mauricio Montenegro
Secretario: Ing. Manuel de Jesús Castellanos

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano: Ing. César Fernández Fernández
Examinador: Ing. Sergio Chang
Examinador: Ing. Héctor Mayorga
Examinador: Ing. José Luna
Secretario: Ing. Manuel de Jesús Castellanos

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la ley Universitaria, tengo el honor de presentar ante vosotros mi trabajo de tesis titulado:

TENDENCIA DEL ANALISIS INSTRUMENTAL
EN LA INDUSTRIA GUATEMALTECA.

Tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la facultad de Ingeniería.

DEDICATORIA

A mi madre:

Matilde Taracena Vda de Ramírez.

A la memoria de mi padre:

Antonio Ramírez Herrera.

A mis hermanos:

Hilda, Emma, Dilia, Cesar,
Luis, Amanda y Arturo.

A las familias:

Meño Herrera, Deñ Cid Avalos,
Méndez Menegazzo, Linares Méndez

A mis cuñados y cuñadas.

A mi novia:

Anaí Linares Méndez.

A mis sobrinos

A mis amigos

A la Escuela de Ingeniería Química

A la Facultad de Ingeniería

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Un agradecimiento sincero a todas las empresas que me permitieron el ingreso a sus instalaciones, para poder realizar esta investigación, agradeciendo la colaboración del personal de dichas industrias, especialmente al que labora en el área de control de calidad e investigación en cada una de ellas; y a todas las personas que en una u otra forma coadyuvaron en la realización de este trabajo de tesis, ya que sin el concurso de las mismas no habría sido posible efectuar la misma.

INDICE

SUMARIO	1
INTRODUCCION	2
1. Revisión Bibliográfica	3
Instrumentación de Absorción Ultra- violeta y Visible	4
Espectroscopía Infrarroja	9
Espectrometría de Emisión de Llama y Absorción Atómica	10
Refractometría	13
Polarimetría	15
Cromatografía de Gases	16
Potenciometría	18
2. Resultados y Discusión	20
3. Conclusiones	31
4. Recomendaciones	32
Bibliografía	33

SUMARIO

Esta investigación fué realizada sobre una muestra de 25 industrias, lo que se puede considerar como representativa, de la industria guatemalteca, tanto en número como en variedad de procesos existentes, pues se encuestó la industria alimenticia, farmacéutica, del tabaco, metalúrgica, del vidrio, etc.

Se realizaron visitas a las diferentes industrias, en las cuáles se cuantificó el uso del análisis instrumental, los objetivos que se consiguen con el empleo de éste y el personal que lo tiene a su cargo, además de la tendencia de su uso, que cada día es mayor. Así mismo se realizaron entrevistas a profesionales que laboran en la industria, en el ejercicio de su profesión, y a docentes de la rama; y por todo lo anterior se puso de manifiesto lo importante -- que es el conocimiento sobre análisis instrumental, tanto teórico -- como práctico, para una mejor preparación del egresado de la Escuela de Ingeniería Química, así para la investigación como para el control de calidad, que es el uso más común que se le da en la industria guatemalteca.

INTRODUCCION

El presente trabajo de tesis se hizo debido a la necesidad de conocer el uso, los objetivos, las proyecciones y el tipo de personal que maneja el equipo de análisis instrumental, para evaluar la implementación de una preparación en esta rama del ingeniero actual y del futuro.

Los sistemas instrumentales aplicados al análisis y control químico son métodos que ahorran tiempo, requieren menos separación química y son seguros y sensibles, y esto se debe a que miden las propiedades físicas. Sólo es necesario recordar el gran número de propiedades físicas de las sustancias: índice de refracción, color, susceptibilidad magnética, conductividad térmica, grado de acidez, etc., para percibir el campo del análisis instrumental.

A pesar de su diversidad, los métodos instrumentales pueden tratarse individual o colectivamente, como parte de una sola disciplina: "La ciencia de la instrumentación y el desarrollo de esta disciplina - ha motivado la compilación y correlación de las teorías de medición, - un proceso que ha sido grandemente acelerado por el creciente énfasis que se ha puesto en la investigación, control de calidad y automatización". (2)

Los especialistas en instrumentación se necesitan producir en número cada vez más grande. Así mismo todos los productos de las industrias son el resultado de una serie de etapas en las cuales intervienen un sin número de materias primas que deben estar en las condiciones específicas, para una mejor producción. Además es necesario también entre cada etapa realizar análisis, es por eso el interés del equipo que se utiliza para llevar a cabo estas pruebas para el control de calidad.

En la actualidad hay algunas industrias que han mecanizado el control de calidad y también las hay, en las cuales es hecho siguiendo métodos bastante conservadores.

En la escuela de ingeniería química no se le ha dado la debida atención al análisis instrumental, puesto que en años anteriores se había tenido un curso sobre esta rama, de carácter optativo, que era servido por la facultad de ciencia químicas, pero por falta de orientación al alumnado, y desinterés, tanto de alumnos como de las anteriores autoridades, este servicio se perdió, quedando el estudiante sin ninguna preparación sobre esta rama, encontrándose luego frente a equipo que no conoce y no sabe como utilizar.

REVISION BIBLIGRAFICA

INSTRUMENTACION DE ABSORCION ULTRAVIOLETA Y VISIBLE

Los cambios en la configuración electrónica y en la energía de las moléculas producen espectros en las regiones ultravioleta y visible. Para nuestros propósitos, la región ultravioleta y visible se define como la radiación asociada con la absorción en el intervalo de 200-800 nm que son los límites espectrales de un espectrofotómetro ultravioleta-visible.

Las mediciones de absorción implican la determinación de la reducción del poder de radiación que experimenta un haz de luz, como consecuencia de su paso por un medio absorbente. La longitud de onda a la que se presenta una absorbancia máxima depende de la magnitud de la energía involucrada en una determinada transición electrónica. Los espectros de absorción son útiles para identificaciones cualitativas.

Tecnología y Componentes Básicos:

Los instrumentos diseñados para la medición de la emisión y la absorción de energía radiante de sustancias tienen varios nombres: fotómetros, espectrómetros y espectrofotómetros.

Fotómetro:

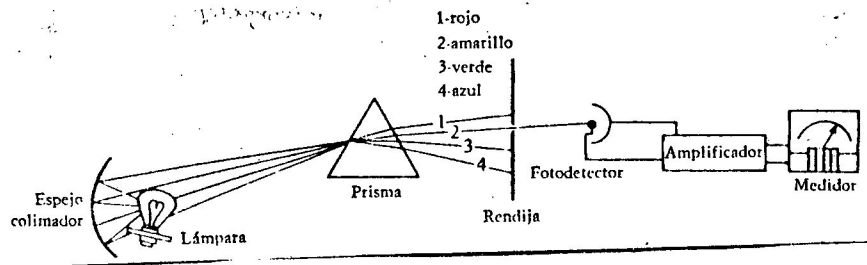
Es un instrumento que proporciona la relación, o alguna función de la relación, de los poderes de radiación de dos haces electromagnéticos.

Espectrómetro Óptico:

Es un instrumento con una rendija de entrada, un dispositivo dispersor y una o más rendijas de salida, con el que se llevan a cabo mediciones dentro del intervalo espectral o explorando la totalidad de dicho intervalo.

Espectrofotómetro:

Es un espectrómetro con equipo accesorio que proporciona la relación, o una función de la relación, del poder de radiación de dos haces electromagnéticos con respecto a la longitud de onda espectral.



Gráfica N^o 1 Diagrama Esquemático de un Espectrofotómetro.

La figura ilustra los componentes de un espectrofotómetro, todos los instrumentos de absorción deben tener una fuente de radiación y cada región espectral tiene sus propios requerimientos. También incluyen una forma de detección de las diferentes frecuencias de radiación mediante una dispersión del haz con un prisma o rejilla que produce un

espectro de longitudes de onda. En la región visible se observan entonces todos los colores, del violeta al rojo, en forma de un arcoiris continuo; el violeta pasa al azul, el azul a verde, etc.. La radiación dispersa incide sobre una superficie que tiene una rendija que se ajusta de tal manera que sólo pase a la muestra la línea o banda de emisión deseada. La rendija, al ajustarse para seleccionar una determinada amplitud de banda, bloquea toda radiación, excepto una banda estrecha. La muestra absorbe una porción de la luz; el resto se transmite a través de la propia muestra e incide en un detector, en donde se transforma en una señal eléctrica muy débil que se manda al amplificador. Al aumentar considerablemente la intensidad de la señal del detector, el amplificador elimina la necesidad de dispositivos de alta precisión y un simple medidor indica la cantidad de luz que pasa por la muestra. Desde el punto de vista de la ingeniería, es deseable que el sistema este limitado por el detector; es decir que el factor limitante sea el sonido generado por el detector. Efectuando una serie de mediciones y usando luz de diferentes longitudes de onda, el analista puede construir una curva que muestra la localización exacta y la magnitud de la absorción de la muestra en un amplio intervalo de longitudes de onda, equivalente a una huella digital inconfundible, para cada muestra.

Fuentes de Energía Radiante:

Los principales requerimientos de la fuente de luz consisten en que emita una radiación de suficiente intensidad en la región espectral deseada y que genere esta radiación en forma reproducible y regulada. Existen dos tipos de fuentes de radiación de uso común: fuentes incandescentes y fuentes de gases luminosos.

Las fuentes incandescentes se utilizan para trabajos en las regiones visible e infrarroja cercana, la más común entre estas es la lámpara incandescente de tungsteno o tungstenoyoduro.

Las fuentes de gases luminosos son usadas en la región ultravioleta, siendo la lámpara de descarga de hidrógeno o deuterio operadas a cd (corriente directa) y a baja presión las más comunes. Estas fuentes proporcionan una emisión ultravioleta continua hasta 1650 Å, con una ventana óptica de sílice fundida. A longitudes de onda superiores a 3600 Å, la descarga de hidrógeno tiene líneas de emisión superpuestas en un espectro continuo, por lo que las mediciones de rutina por encima de esta longitud de onda se obtienen por lo general, con fuente incandescente.

Detectores Fotosensibles:

Un detector de energía radiante debe tener una respuesta lineal en la región espectral usada y suficiente sensibilidad para la tarea que se lleva a cabo. Una fotocelda de capa barrera es el sistema más simple y requiere poco equipo adicional pero tiene una respuesta difícil de amplificar por lo que su uso suele limitarse a instrumentos equipados con un sistema óptico que haga incidir sobre el detector una banda ancha de energía radiante. Los instrumentos que restringen la amplitud de banda de la energía radiante que llega al detector requieren del uso de fototubos y unidades amplificadoras para incrementar la señal la señal de salida.

Dispositivos de Dispersión:

Los métodos espectrofotométricos se basan -

en la obtención de bandas de energía radiante, más o menos estrechas. Además en los procesos de emisión, es necesario poder seleccionar la relación más favorable entre la radiación de fondo y la de la línea analítica. Las características más importantes de un dispositivo de dispersión son su amplitud de paso de banda (el intervalo de longitudes de onda en el que la transmitancia es la mitad de la máxima), la transmitancia a la longitud de onda nominal y la longitud de onda nominal.

Los instrumentos más económicos pueden usar un filtro de interferencia para aislar la energía radiante adecuada. Para un óptimo aislamiento de la energía espectral, puede usarse un prisma o una rejilla de dispersión. Estos dispositivos de dispersión forman, junto con las rendijas de entrada y salida, los deflectores y los espejos, un monocromador.

Filtros:

El filtro de absorción de vidrio coloreado consiste en una lámina sólida de vidrio al que se le ha dado color mediante la adición de un pigmento disuelto o disperso en la masa vítrea. Los filtros compuestos se construyen por la conjunción de filtros unitarios. Una serie de éstos consiste en filtros de bloqueo definido que dejan pasar las longitudes de onda largas, esto es, el rojo y el amarillo; la otra serie son los filtros de bloqueo de longitudes de onda, que dejan pasar el azul y el verde. Los filtros de bloqueo se usan mucho para suprimir órdenes espectrales indeseables de los filtros de rejilla y de interferencia.

Los filtros de interferencia emplean capas metálicas o dieléctricas delgadas que producen fenómenos de interferencia a las longitudes de onda deseadas, lo que permite eliminar la radiación indeseable por reflexión selectiva.

Prismas:

La acción de un prisma depende de la refracción de la luz en el material del mismo. El poder de dispersión está relacionado con la variación del índice de refracción con respecto a la longitud de onda. Un rayo de luz que entre a un prisma a un ángulo de incidencia i se desviará hacia la normal (línea perpendicular a la cara del prisma) y en la interfase prisma-aire se desviará alejándose de la vertical. Para reducir al mínimo el astigmatismo de los prismas y lograr la mejor definición, el prisma debe iluminarse con luz paralela, con la rendija paralela a la arista del prisma y orientada de tal manera que los rayos de luz pasen a través de un plano paralelo a la base del prisma. Los rayos deben pasar por el prisma simétricamente para que los haces incidente y emergente formen ángulos iguales con las caras; el prisma se está usando así con desviación mínima. La rendija de entrada se proyecta sobre la rendija de salida en una serie de imágenes consecutivas, causadas por luz de longitud de onda que se desvía en mayor grado que la de mayor longitud de onda.

Rejillas:

Una rejilla consiste de un gran número de escalones paralelos y situados a espaciamientos iguales que se han roglado sobre una superficie perfectamente pulida. La luz, que incide sobre una ranura o bisel se difracta o es dispersada a varios ángulos y en ciertas direcciones se produce un reforzamiento o interferencia constructiva.

Separadores de Haces;

Cuando es necesario separar espectralmente un haz

de luz, se emplean placas separadoras de haces acromáticas, también - llamadas espejos dicróicos. Son espejos semitransparentes, por lo general graduados a 45° , con una de sus superficies recubierta con una capa de material, de manera que una determinada longitud de onda se refleje y el resto se transmita. Con iluminación blanca, los dos haces separados están constituidos por colores complementarios.

Rendijas e Irises:

El propósito de la rendija de entrada básicamente es el de suministrar una fuente de luz estrecha, de tal manera que, después de la dispersión y del reenfoque en el plano de la rendija de salida, el grado de superposición de las imágenes monocromáticas sea limitado. La rendija de salida selecciona, entonces, una banda estrecha del espectro disperso para ser observada por el detector. En la práctica es conveniente contar con rendijas de entrada y salida de la misma anchura, pues en condiciones de determinado poder de resolución, se lograra que pase por el espectrómetro un poder de radiación máximo.

Sistema Registrador:

En los espectrofotómetros de registro existe siempre un retardo de tiempo entre la lectura registrada y el valor real. Las velocidades de exploración deben seleccionarse, de tal manera que se logre que el sistema de detección pueda recoger la señal de líneas de emisión o bandas de absorción delgadas.

Funcionamiento de los Monocromadores:

El funcionamiento de un monocromador se basa en tres factores interrelacionados: resolución, poder colector de luz y pureza de la luz de salida. La resolución depende de la dispersión y de la perfección de la imagen formada, mientras que la pureza está determinada principalmente, por la cantidad de luz parásita o dispersa. Al utilizar monocromadores, es necesario contar con una alta dispersión y un gran poder de resolución para medir con exactitud los espectros de emisión y las bandas de emisión y las bandas de absorción amplias pueden medirse con instrumentos de dispersión media.

La dispersión es una medida de la separación de dos líneas espectrales.

La resolución (o poder de separación) de un espectrofotómetro es su capacidad para distinguir bandas de absorción o dos líneas espectrales muy próximas como entidades separadas. La resolución está determinada por el tamaño y las características de dispersión del prisma o la rejilla, por el sistema óptico del que forma parte la rejilla o prisma y por la anchura de la rendija del monocromador.

Instrumentos:

Los instrumentos para la fotometría de absorción pueden clasificarse como comparadores visuales, fotómetros de filtro y espectrofotómetros.

Comparadores Visuales:

Los tipos más simples de comparadores de color se basan en la observación simultánea de la luz de una fuente común (como luz de día difusa), que pasa por un par de tubos que contienen el problema y el patrón. Primero, se prepara una serie de soluciones patrón que se introducen en tubos de profundidad y diámetro constantes. La solución problema se transfiere a un tubo idéntico y se diluye a la marca de aforo del tubo. cuando se igualan los colores, la solución

problema tiene la misma concentración que el patrón. Cuando la igualación no es exacta, se puede lograr que el color de la solución problema quede entre dos soluciones patrón para estimar la posición de aquella en el intervalo. También existen patrones de color artificiales y semipermanentes que son vidrios coloreados (por lo general montados en un disco giratorio) para comparar diversos tipos de colores de reacciones.

Fotómetros de Filtros:

Los instrumentos, relativamente económicos que emplean filtros, son adecuados para muchos métodos, en especial para sistemas absorbentes con bandas de absorción anchas. En la práctica es necesario sacrificar la pureza espectral para obtener suficiente sensibilidad en las mediciones del galvanómetro cuando se emplea un instrumento de celdas fotovoltáicas.

El trayecto óptico va simplemente de la fuente de luz a través del filtro y del portamuestras al detector. La luz de la lámpara de filamento de tungsteno en el reflector se define en cierta área, mediante aberturas fijas en el portamuestras y se restringe a la banda de longitudes de onda deseada con un filtro de absorción o de interferencia. Después de pasar por el recipiente de la solución, la luz incide en la superficie de una celda de capa-barrera, cuya corriente de salida se mide con un galvanómetro de señal luminosa.

Para operar los fotómetros de filtro, el material de referencia (un testigo preparado con el disolvente o una solución de referencia) se coloca en la trayectoria de la luz y el instrumento se fija a una lectura de 0% de transmitancia cuando no pasa luz al detector (desconectando la fuente o posicionando un obturador); y a 100% cuando se conecta la luz y se abre el obturador. Después de estos ajustes, la muestra se introduce en la trayectoria de la luz y se lee la absorbancia o transmitancia, que se relacionará con la concentración por métodos algebraicos o por medio de una curva de calibración.

Espectrofotómetros de un solo haz:

En un espectrofotómetro de un solo haz se usa únicamente una trayectoria de luz de la fuente al detector. El instrumento suele operarse a una longitud de onda fija y se emplea principalmente para la determinación cuantitativa de la concentración de un solo componente cuando se analizan muchas muestras. Un requerimiento obvio de los espectrofotómetros de un solo haz es un alto grado de estabilidad tanto de la fuente de luz como del sistema detector.

Espectrofotómetros de haz doble y lectura directa:

Una pequeña rejilla produce la dispersión y, conjuntamente con las rendijas fijas, proporciona un paso de banda de 20 nm. El intervalo del espectrofotómetro es de 340 a 650 nm, con un fototubo sensible al azul, y puede ampliarse a 950 nm con la adición de un filtro de bloqueo del rojo y sustituyendo el fototubo por uno sensible al rojo.

Espectrómetros de registro de haz doble:

Este tipo de espectrofotómetro se basa en una variación continua de la longitud de onda y en la com-

paración automática de las intensidades de luz de la muestra y del material de referencia; la relación de estas intensidades es la transmitancia de la muestra, que se grafica en función de la longitud de onda. La operación automática elimina muchos de los ajustes tediosos y proporciona un espectrograma en poco tiempo. Estos instrumentos son muy apropiados para análisis cualitativos cuando se quieren obtener curvas de gran intervalo espectral.

ESPECTROSCOPIA INFRARROJA

La región infrarroja del espectro electromagnético se extiende desde el extremo rojo al final del espectro visible hasta las microondas; es decir, esta región incluye radiaciones de longitudes de onda entre 0.7 y 500 μ m, en números de onda, entre 14,000 $1/\text{cm}$ y 20 $1/\text{cm}$. El intervalo espectral de mayor uso es la región del infrarrojo medio, que cubre las frecuencias de 200 $1/\text{cm}$ a 4,000 $1/\text{cm}$ (50 a 2.5 μ m). La espectroscopia infrarroja implica movimientos de torsión, flexión, rotación y vibración de los átomos de una molécula. Al interactuar con la radiación infrarroja, algunas porciones de la radiación incidente se absorben a determinadas longitudes de onda. La multiplicidad de las vibraciones que ocurren en forma simultánea produce un espectro de absorción altamente complejo, que depende de las características de los grupos funcionales constitutivos de la molécula, así como de la configuración total de los átomos.

Instrumentación:

Es conveniente dividir la región infrarroja en tres zonas, con los límites de las divisiones basados en las capacidades de los instrumentos. Para estas diferentes regiones se requieren diversos tipos de fuentes de radiación, sistemas ópticos y detectores. El espectrofotómetro infrarrojo común es un instrumento que cubre un intervalo de 400 a 650 $1/\text{cm}$ (2.5 a 15.4 μ m). Aunque todavía se usan muchos instrumentos de prisma, ha habido una transición casi total a los espectrofotómetros de filtro-rejilla y de prisma-rejilla. Los instrumentos de rejilla poseen una gran resolución que permite la separación de bandas de absorción muy próximas entre sí, mediciones más precisas de posiciones e intensidades de las bandas, y mayores velocidades de exploración para determinados niveles de resolución y ruido. Los espectrofotómetros modernos generalmente cuentan con aditamentos que permiten supresión de velocidad, expansión de la escala, exploraciones repetitivas y control automático de rendija, período y ganancia. También pueden usarse accesorios tales como condensadores de haz, unidades de reflectancia, paralizadores y microceldas, que amplían la versatilidad y precisión del instrumento.

Los espectrofotómetros para la región infrarroja están formados por los mismos componentes básicos de los instrumentos usados para la región ultravioleta y visible, aunque las fuentes de radiación, los detectores y los materiales empleados en la fabricación de los componentes ópticos difieren, excepto en el infrarrojo cercano.

Fuentes de radiación:

En la región superior a 5,000 $1/\text{cm}$, por lo general se usan cuerpos negros sin bombilla de protección.

Espectrofotómetros:

La mayoría de los espectrofotómetros infrarrojos son instrumentos de doble haz en los que se toman de la fuente dos haces de energía radiante equivalentes. Por medio de una combinación de espejo giratorio e interruptor lumínico, la fuente ilumina alternativamente a la muestra de referencia y al problema.

ESPECTROMETRIA DE EMISION DE LLAMA Y ABSORCION ATOMICA

En todos estos métodos se introduce una fina rociada de la solución problema en la llama, donde se produce un proceso de desolvación, vaporización y atomización. El uso de una rociada de solución permite una distribución uniforme de la muestra en todo el cuerpo de la llama y la introducción de una porción representativa de cualquier muestra de la llama. Los dispositivos para absorción sin llama son útiles cuando la muestra es reducida o está en estado sólido.

En la espectroscopía de emisión de llama los átomos y las moléculas son elevados a un estado electrónico excitado por medio de colisiones térmicas con los componentes de los gases quemados en la llama. Al regresar a un estado electrónico más bajo, los átomos y las moléculas excitadas emiten radiaciones características de cada elemento. La emisión resultante pasa a través de un monocromador que aísla la característica espectral deseada. Entonces, el espectro es detectado en un fotodetector, cuya señal de salida se amplifica y se mide en un registrador. La correlación entre la intensidad de la emisión y la concentración de la sustancia en solución constituye la base para evaluaciones cuantitativas.

En la espectroscopía de absorción atómica, se hace pasar por la llama la radiación de una fuente externa de luz, que emite la(s) línea(s) espectral(es) correspondiente(s) a la energía necesaria para una transición electrónica del estado normal a un estado excitado. Los gases de la llama se consideran como un medio que contiene átomos libres y no excitados, capaces de absorber radiación de una fuente externa, cuando dicha radiación corresponde exactamente a la energía requerida para una transición del elemento investigado de un estado electrónico normal a un estado mayor de excitación. La radiación no absorbida pasa entonces a través del monocromador, que aísla la línea espectral excitante de la fuente de luz y se envía hacia el detector. La absorción de radiación de la fuente de luz depende la población del estado normal, la cual es proporcional a la concentración de la solución rociada en la llama. La absorción se mide por medio de la diferencia entre las señales transmitidas en presencia y ausencia del elemento analizado.

La fluorescencia atómica involucra una irradiación del vapor

atómico en la llama, con una fuente de iluminación apropiada colocada a ángulos rectos con la llama y los ejes ópticos del espectrómetro. Parte de la radiación incidente se absorbe a longitudes de onda que corresponden a las líneas de absorción atómica. Inmediatamente después se libera energía como una fluorescencia de longitud de onda característica, la cual emite en todas direcciones. La intensidad de la fluorescencia es directamente proporcional a la concentración del elemento que se está determinando en la solución problema.

Instrumentación:

Los tres métodos espectrométricos requieren los siguientes componentes: reguladores de presión, rotámetros para el combustible y los gases oxidantes; sistema de quemador y nebulizador; sistema óptico y detector(es) fotosensible(s); y el amplificador y el sistema de lecturas con sus respectivas fuentes de energía. Además, para la absorción atómica y la fluorescencia atómica, se necesita una fuente de luz apropiada para cada elemento que se vaya a determinar; frecuentemente se coloca un interruptor de luz entre la fuente de luz y la llama.

Reguladores de presión y rotámetros:

Para mantener un ambiente térmico constante en la llama, es imperativo que las presiones de los gases y los flujos de los mismos se mantengan constantes mientras se usa el espectrómetro de llama. El conocimiento de los flujos individuales del combustible y el oxidante permite al operador seleccionar varias mezclas que van desde llamas pobres hasta llamas ricas en combustible.

Sistema nebulizador-quemador:

El componente más importante en cualquier espectrómetro de emisión de llama o absorción atómica es el sistema del nebulizador y el quemador. Este sistema transforma a la sustancia problema de la solución en vapor atómico y, en la emisión, excita a los átomos neutros (o moléculas) para que emitan su radiación característica.

Fuentes de luz para absorción atómica:

Para la absorción atómica, las líneas espectrales de resonancia deben ser angostas comparadas con el ancho de la línea de absorción que se vaya a medir, brillantes en un fondo bajo y estables. La luz de un elemento específico no debe sufrir interferencia de otras líneas espectrales no resueltas por el espectrómetro, tales como las líneas que se originan de elementos de impurezas, materiales de los electrodos, o de gases portadores.

Tipos de fuentes:

Lámpara de cátodo hueco: La lámpara de descarga de cátodo hueco consiste de un ánodo y un cátodo cilíndrico dentro de una cámara llena de gas.

Lámpara de descarga de vapor: Para los elementos de bajo punto de fusión, la lámpara de descarga de vapor (Osram, Philips o Wo-

tan) produce un espectro en forma de arco que constituye una conveniente fuente de luz para elementos tales como metales alcalinos, zinc, cadmio y mercurio.

Sistema óptico:

La función del sistema óptico consiste en seleccionar una cierta línea en el espectro de emisión y aislarla de las demás líneas. Estos instrumentos están limitados en su aplicación a las muestras y a los elementos que, al ser excitados por una llama, producen un espectro simple en la porción visible de éste, tales como los metales alcalinos.

Sistemas de fotodetector, amplificador y lectura:

El uso de una celda de capa barrera está restringido a sistemas que emiten una gran variedad de energía radiante ya instrumentos con sistemas ópticos que permiten la llegada al detector de una amplia banda de energía radiante. Estos instrumentos son por lo general fotómetros de llama con filtros para medir sodio y potasio a través de sus señales de emisión.

Instrumentos comerciales:

Un instrumento de haz simple contiene un solo sistema de dispositivos ópticos. La luz emitida de la llama, o transmitida a través de la llama desde la fuente lumínica de absorción atómica, se (1) enfoca con lentes de vidrio resistentes al calor y se pasa a través de filtros de interferencia intercambiables hacia un fotodetector simple, o bien (2) se pasa hacia el monocromador y la radiación que sale por la rendija de salida se enfoca hacia el detector.

Para adaptar este tipo de instrumento a un espectrómetro de absorción atómica, se requiere solamente una fuente de luz colocada delante de la llama, con un interruptor mecánico situado entre la fuente de luz y la llama.

En los instrumentos de haz doble, la señal de emisión se divide en dos haces, y la técnica difiere para la emisión de llama y la absorción atómica. Para los instrumentos de emisión, se cuenta con una segunda trayectoria para la luz emitida de la llama por el elemento patrón interno que se adiciona en cantidades fijas, tanto a las muestras como a los patrones.

En los espectrómetros de absorción atómica, un haz se dirige a través de la llama mientras que el otro pasa sin atravesarla. Después de reunirse nuevamente, los dos haces pasan a través de un monocromador hacia un detector y un sistema de lectura.

Espectroscopía de emisión:

El espectrógrafo, como instrumento analítico, ha tenido un largo período de desarrollo desde que Bunsen y Kirchhoff descubrieron que los espectros de las llamas coloreadas por sales metálicas eran características de los metales. Los espectrógrafos modernos con registros automáticos pueden proporcionar

el porcentaje de varios elementos directamente en los cuadrantes en unos pocos minutos. Cualitativamente, el espectrógrafo puede detectar 0.001% o menos de la mayoría de los iones metálicos y de algunos no metálicos como P, Si, As, C y B, en una muestra de sólo unos cuantos miligramos. El espectrógrafo ha sustituido ampliamente a los antiguos métodos húmedos de análisis en las determinaciones rutinarias de componentes menores en aceros, aleaciones metálicas y otras sustancias.

Origen de los espectros:

Existen tres tipos de espectros: espectros continuos, espectros de bandas y espectros de líneas. Los sólidos incandescentes emiten espectros continuos que se caracterizan por la ausencia de líneas bien definidas. Los espectros de bandas consisten en grupos de líneas que se acercan cada vez más al tender hacia un límite o cabeza de la banda. Los espectros de bandas tienen su origen en moléculas excitadas. Los espectros de líneas consisten de líneas definidas que, por lo general, están ampliamente espaciadas en forma irregular. Este tipo de espectro es característico de los átomos o de los iones atómicos excitados que emiten su energía extra en forma de luz de longitud de onda definida.

REFRACTOMETRIA

Cuando un rayo de luz pasa oblicuamente de un medio hacia otro de densidad diferente, su dirección cambia al atravesar la superficie que los separa. A esto se le llama refracción. Si el segundo medio es ópticamente más denso que el primero, el rayo resultará más perpendicular a la superficie divisora. El ángulo entre el rayo en el primer medio y la perpendicular de la superficie divisora, se llama ángulo de incidencia, i , en tanto que el ángulo correspondiente en el segundo medio se le denomina ángulo de refracción, r . El seno de i y el seno de r son directamente proporcionales a las velocidades de la luz en los dos medios. La proporción $\text{sen } i / \text{sen } r$ se llama índice de refracción, n . Si el rayo incidente está en el medio más denso, n será menor que 1; si está en el menos denso, mayor que 1. Por lo general, se considera que n es mayor que 1 cuando el rayo pasa del medio ópticamente menos (generalmente aire) hacia el más denso.

El índice de refracción de dos medios dados varía con la temperatura y con la longitud de onda de luz y también con la presión, cuando se trata de gas. Si estos factores se mantienen invariables, el índice de refracción es una característica constante para el medio considerado y se emplea en la identificación y determinación de la pureza de sustancias y para el análisis de la composición de mezclas binarias homogéneas de constituyentes conocidos.

El índice de refracción teóricamente se refiere al vacío como el primer medio, pero el índice referido al aire difiere de éste por sólo 0.03% y, por conveniencia, es el más comúnmente usado. Al cambio de la refracción con la longitud de onda se le llama dispersión. Debido a la dispersión, al expresar índices de refracción es necesario especificar la longitud de onda.

Refractómetros:

Existen tres tipos de refractómetros: el de Abbé, el de Inmersión y el de Pulfrich. Este último se usa poco y no se discutirá.

El refractómetro de Abbé:

En la figura se muestra el instrumento y sus partes esenciales. La luz reflejada por un espejo pasa hacia el prisma iluminador, P_1 , cuya superficie superior tiene un pulido áspero. Esta superficie rugosa actúa como la fuente de un número infinito de rayos que pasan a través de una capa de 0.1 mm del líquido en todas direcciones. Estos rayos entonces golpean la superficie del prisma pulido P_2 y son refractados. El rayo crítico forma el límite entre las porciones de luz y sombra del campo cuando se observan con el telescopio que se mueve con la escala. La escala está provista de un telescopio para las lecturas.

El instrumento lee directamente el índice de refracción, es durable, requiere sólo una gota de la muestra. El instrumento utiliza luz blanca, y para evitar que aparezca un límite borroso y colorido entre los campos iluminado y oscuro, debido a las diferencias en los índices de refracción para luz de diferentes longitudes de onda, se emplean dos prismas de visión directa, llamados prismas de Amici, que se colocan uno arriba del otro enfrente del objetivo del telescopio. Estos prismas se construyen de diferentes variedades de vidrio y están diseñados de tal manera que no desvíen un rayo de luz correspondiente a la línea D del sodio.

Refractómetro de inmersión:

Este tipo es el de manejo más simple, pero requiere 10 a 15 ml de muestra. Emplea luz blanca o artificial y contiene un compensador Amici como el que ya se ha descrito. El prisma simple está montado rígidamente en el telescopio conteniendo el compensador y el ocular en el interior del tubo.

El refractómetro de inmersión de una precisión mayor en sus lecturas que cualquier otro tipo, excepto el refractómetro de interferencia. Una de las desventajas del análisis refractométrico es la necesidad de una regulación muy precisa. Si se obtienen tanto lecturas de densidad como refractométricas, es posible determinar la proporción de dos componentes, tales como alcohol metílico y alcohol etílico, con un grado favorable de exactitud cuando no hay ninguna otra sustancia presente.

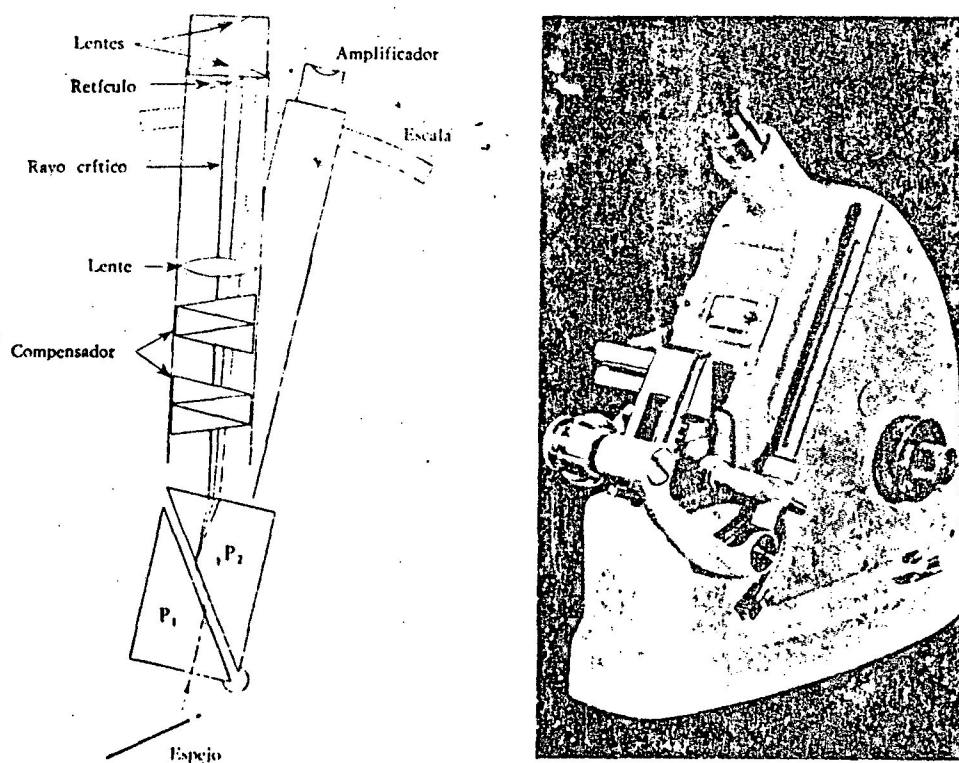
Aplicaciones:

El refractómetro de inmersión es especialmente útil en la determinación de la concentración de soluciones acuosas y alcohólicas.

La variedad de aplicación de las mediciones del índice de refracción, se sugiere en la siguiente lista de usos:

- 1) confirmación de la identidad de sustancias
- 2) análisis de muestras y corrientes en proceso
- 3) cálculo de propiedades de polímeros tales como el peso molecular, tamaño y forma.

- 4) cálculo de propiedades físicas tales como reflexión y dispersión óptica.



Gráfica N^o 2 Refractómetro de Abbó.

POLARIMETRIA

La polarimetría, o sea la medición del cambio de la dirección de vibración de la luz polarizada cuando interacciona con materiales ópticamente activos, es uno de los procedimientos instrumentales más antiguos.

El polarímetro:

El polarímetro consiste de las siguientes partes básicas:

- 1.- Una fuente de luz
- 2.- un polarizador
- 3.- Un analizador
- 4.- Un círculo graduado para medir el grado de rotación
- 5.- Tubos para muestras

Excepto en los instrumentos más sencillos, también se incluye un aparato de penumbra. Algunos polarímetros pueden estar equipados con fotoceldas u otros dispositivos para la medición de la intensidad de la luz que emerge del instrumento, aunque la mayoría de los polarímetros están diseñados para observación visual.

Las fuentes de luz más comunes para la polarimetría son las lámparas de vapor de sodio y las lámparas de vapor de mercurio.

El polarizador (y el analizador) pueden ser de diversos tipos. Uno de ellos consiste de un cristal, generalmente de calcita o cuarzo, cortado en forma diagonal a un ángulo tal que uno de los componentes de la luz sea totalmente reflejado. El segundo componente pasa a través de la otra mitad del cristal y emerge en la misma dirección que la del haz original.

Otro método para producir luz polarizada consiste en el uso de filtros Polaroid. Los filtros Polaroid están formados por cristales fuertemente dicroicos orientados en un material plástico. Estos cristales son fuertes absorbentes de la luz que vibra en dirección perpendicular. Los Polaroids nunca producen 100% de polarización; por consiguiente, el Polaroid sólo se emplea en los instrumentos más económicos.

El círculo graduado está acoplado a un vernier para mediciones más precisas del ángulo de rotación del prisma analizador. Los tubos de los polarímetros deben tener en los extremos discos de vidrio plano paralelos. El vidrio debe estar libre de tensiones; de lo contrario, producirá una polarización circular parcial de la luz y será imposible obtener una extinción total.

CROMATOGRAFIA DE GASES

La cromatografía gas-líquido se basa en una separación por partición de una muestra entre una fase gaseosa móvil y una capa delgada de un líquido no volátil sostenida sobre un soporte sólido. En la cromatografía gas-sólido se emplea un absorbente sólido como fase estacionaria.

La secuencia de una separación cromatográfica de gases es como sigue. Una muestra que contiene los solutos se inyecta en un bloque de calentamiento, donde se vaporiza instantáneamente y se arrastra en forma de vapor por medio de un gas portador hacia la entrada de la columna. Los solutos se adsorben en la cabeza de la columna en la fase estacionaria y después son desorbidos al hacer pasar gas portador puro. Este proceso de partición se va verificando varias veces a medida que la muestra se desplaza hacia la salida con el gas portador. Cada soluto se moverá a su propia velocidad a través de la columna y, por consiguiente, se formará una banda por cada soluto. Las bandas separarán en una magnitud dependiente de las proporciones de partición de los solutos y del grado de desplazamiento de las bandas. Los solutos se eluyen sucesivamente en orden creciente de sus proporciones de partición y entran a un detector conectado a la salida de la columna. Si se usa un registrador, las señales aparecen en la gráfica en forma de una curva de la composición de la corriente del gas portador en función del tiempo. El tiempo de emergencia de un pico identifica el componente, y el área de dicho pico indica la concentración del componente en la mezcla. Aunque el método de cromatografía de gases está limitado a materiales volátiles (un 15% de todos los compuestos orgánicos), la disponibilidad de cromatógrafos de gases que trabajan a temperaturas hasta de 450°C, las técnicas pirolíticas y la posibilidad de convertir muchos materiales en un derivado volátil, amplían la aplicabilidad de este método.

Cromatógrafos de gases:

Básicamente, un cromatógrafo de gases consiste de seis partes: (1) un suministro de gas portador en un tanque a alta presión, con los reguladores de presión y medidores de flujo necesarios, (2) un sistema de inyección de la muestra, (3) la columna de separación, (4) el detector, (5) un electrómetro y registrador de gráfica deslizando (quizá con un integrador), y (6) compartimientos se parados con te mostatos para contener las columnas y el detector, y poder regular su temperatura.

El helio es el gas portador preferible, y en ausencia de éste, la alternativa es el nitrógeno.

Sistema de inyección de la muestra:

El problema más crítico de la cromatografía de gases es el sistema de inyección de la muestra. La muestra debe introducirse como vapor en el volumen más pequeño posible y en un mínimo de tiempo, sin descomponerla o fraccionarla, y asegurándose de no perturbar las condiciones de equilibrio de la columna. Tanto la cantidad de muestra introducida como la técnica para hacerlo, deben ser reproducibles con un alto grado de precisión.

Las muestras líquidas generalmente se inyectan con una microjeringa a través de una diafragma de hule autosellante, en un bloque metálico que se calienta con un calentador de resistencia controlada. Puesto que la totalidad de la muestra debe vaporizarse instantáneamente para obtener un flujo tapón, la temperatura de la zona de inyección debe ser superior a los puntos de ebullición de todos los componentes.

Aunque las muestras gaseosas pueden inyectarse con una jeringa hermética, el método más preciso y exacto para muestras gaseosas emplea desviaciones de muestras y válvulas separadoras. Las columnas tubulares abiertas de paredes recubiertas pueden usarse con muestras de milésimos de microlitro. Para obtener el tamaño de muestra deseado, se coloca un dispositivo separador de muestras entre el bloque de inyección y la columna.

La pirólisis puede llegar a ser un método de gran aceptación para el manejo de sólidos. En el pirólizador de tipo tubo, la muestra se coloca en un compartimiento que está situado en el centro del tubo. El tubo se sella y se calienta con impulsos eléctricos con una elevación de temperatura controlada hasta el valor final deseado. Después se abre el tubo y los vapores se arrastran a la columna con la corriente de gas portador.

Columna cromatográfica:

Existen dos tipos básicos de columnas cromatográficas de uso común: empacadas y tubulares abiertas. Las columnas empacadas son tubos rellenos de un soporte inerte recubierto con una fase líquida no volátil para utilizarse en la cromatografía gas-líquido, o rellenas de un adsorbente o de una malla molecular para la cromatografía gas-sólido. Las columnas tubulares abiertas difieren de las empacadas en cuanto a que el trayecto del gas a través de la columna es un orificio sin restricciones, y el medio separador está en forma de recubrimiento sobre las paredes del tubo. La caída de pre-

si3n es de varios 3rdenes de magnitud menor que en las columnas empacadas de la misma longitud; esto permite emplear columnas muy largas. La longitud de las columnas empacadas suele ser del orden de 0.7 a 2 m; las columnas abiertas varían entre 30 y 300 m. Las columnas se hacen con un tubo enrollado como espiral abierta o en forma circular plana.

La capacidad de separaci3n por metro en columnas tubulares abiertas no difiere notablemente de las correspondientes a las empacadas; sin embargo, el uso de columnas muy largas acopladas con tiempo de an3lisis relativamente r3pidos, proporciona al químico un método para separar compuestos que tengan poca diferencia en sus características físicas. La principal desventaja de las columnas tubulares abiertas con parados recubiertas (TAPR) es la pequeña cantidad de fase líquida que puede depositarse sobre la pared. Esta limitaci3n se elimina aumentando el área superficial de la columna, recubriendo la pared con un soporte finamente molido sobre el cual se puede depositar una cantidad mucho mayor de fase líquida sin aumentar el espesor de la película. Esta es la columna tubular abierta con soporte de recubrimiento (TASR). La principal ventaja de un tubo abierto es la baja caída de presi3n que permite grandes longitudes y en esta se sigue manteniendo, pero el valor de beta (relaci3n de volumen de gas a volumen de líquido) se aproxima al de las columnas empacadas y la capacidad de la columna aumenta notablemente.

Soportes:

El soporte de uso general para columnas empacadas es tierra de diatomáceas que se ha triturado y calcinado por encima de 900°C (soporte rosado), o que se ha mezclado con una pequeña cantidad de un fundente, carbonato de calcio, y calcinado a más de 900 C (soporte blanco).

Algunos soportes especiales son muy comunes para ciertas aplicaciones. Las cuentas de vidrio con cargas muy ligeras se emplean para análisis muy rápidos por debajo del punto de ebullici3n de los componentes de la mezcla. La superficie de las cuentas se hace áspera mediante diversas técnicas para obtener un mejor mojado y aumentar la capacidad de la fase líquida. Para análisis de muestras corrosivas puede emplearse Tefl3n. En la cromatografía gas-sólido se usan cuentas de polímeros porosos.

Detectores:

Situado a la salida de la columna de separaci3n, el detector registra el arribo de los componentes separados a medida que salen de la columna, y produce la correspondiente señal eléctrica. La temperatura del compartimiento del detector debe ser suficientemente alta para evitar la condensaci3n de los vapores de la muestra, pero sin llegar a causar su descomposici3n.

Los detectores más comunes son: Célula de conductividad térmica; Detector de ionizaci3n de llama; Detector de captura de electrones. La aplicaci3n más frecuente de este último es la determinaci3n de pesticidas clorados; otras aplicaciones son los anestésicos halogenados, carcinógenos polinucleares.

POTENCIOMETRÍA

Los métodos potenciométricos comprenden dos tipos principales de análisis: la medici3n directa de un potencial de electrodo, con lo

cual se puede determinar la actividad (o la concentración) de un ión activo, y los cambios en la fuerza electromotriz que produce la adición de un titulante. El campo de la potenciometría analítica está experimentando una renovación de gran actividad, acicada por el desarrollo de nuevos tipos de electrodos de selectividad iónica, que están pasando a ocupar su lugar junto con el histórico electrodo de vidrio para el pH. Los electrodos se clasifican en las siguientes categorías:

- 1- Electrodo de vidrio
- 2- Electrodos de estado sólido y de precipitados
- 3- Electrodos de membrana líquido-líquido
- 4- Electrodos de enzimas y sensores de gases.

Todos ellos involucran un proceso de intercambio iónico en el mecanismo de determinación del potencial. Producen potenciales que pueden describirse por medio de la ley de Nernst clásica o sus modificaciones.

Los electrodos de selectividad iónica miden las actividades de los iones, esto es, la concentración iónica libre termodinámicamente efectiva, y no concentraciones. Las mediciones de actividad son valiosas, pues las actividades de los iones determinan las velocidades de las reacciones y los equilibrios químicos. Por ejemplo, las actividades iónicas son parámetros importantes en la predicción de velocidades de corrosión, grado de precipitación, formación de complejos, grado de acidez, conductividades de soluciones, efectividad de baños de decapado de metales y los efectos fisiológicos de los iones en los fluidos biológicos.

La potenciometría consiste en la medida de la fem de una celda galvánica a través de la cual la corriente que pasa es virtualmente cero, por lo que no tienen lugar cambios importantes en la concentración de las especies electroactivas.

La variación que interesa es la modificación del potencial de un electrodo sencillo o de la semicelda en que tienen lugar variaciones de la concentración de uno o de ambos componentes.

Como el potencial de un electrodo sencillo no puede medirse directamente, el par de electrodos de la celda consiste en un electrodo de referencia, que mantiene un potencial constante, y un electrodo indicador, cuyo potencial depende de la composición de la disolución electro-lítica.

El electrodo de vidrio consiste en una membrana delgada de vidrio en forma de pequeño bulbo, en el extremo de un tubo lleno con una disolución tampón de pH conocido. En los electrodos comerciales, la conexión externa de la disolución se efectúa mediante un pequeño electrodo de referencia de calomelanos o de cloruro de plata, colocado dentro del electrodo de vidrio. Cuando el electrodo se coloca en una disolución que contiene iones hidrógeno a diferente concentración de la existente en el interior de la membrana, se origina un potencial a través de la membrana de vidrio. El electrodo es en realidad una celda de concentración, cuyo potencial depende de la diferencia entre los iones H^+ por tener un pequeño tamaño y alta movilidad, penetran a través de la membrana más rápidamente que los demás iones de la disolución. La permeabilidad de la membrana depende sobre todo de su composición. Se han preparado vidrios especiales para fabricar electrodos que pueden utilizarse en forma continua en disoluciones de elevada alcalinidad (pH=14) y altas temperaturas.

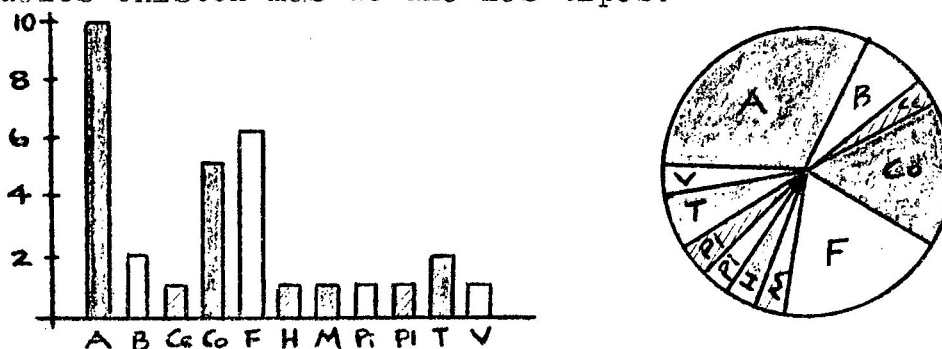
RESULTADOS Y DISCUSION

La investigación se realizó sobre una muestra de 25 industrias, entre las cuales están representadas, como se puede ver en la tabla número 1, la mayor parte de industrias que funcionan actualmente en Guatemala.

Tabla N^o 1: Tipos de Industrias.

Simbolo	Tipo de Industria	N ^o	%
A	Alimentos	10	32.2
B	Bebidas Gaseosas	2	6.5
Ce	Cerveza	1	3.2
Co	Cosméticos	5	16.1
F	Farmacéutica	6	19.3
H	Hulera	1	3.2
M	Metalúrgica	1	3.2
Pi	Pintura	1	3.2
Pl	Plástico	1	3.2
T	Tabaco	2	6.5
V	Vidrio	1	3.2

El total de tipos de industria no suman 25 porque hay algunas en las cuales existen más de uno los tipos.



Gráfica N^o 3 Representación de los tipos de Industrias Visitadas.

Estas industrias, son consideradas fuertes en su rama cada una, por su volumen de producción, por la cantidad de personal con que ellas cuentan y por la importancia del producto que elaboran. Debido a problemas, que no fueron posibles solucionar durante la investigación, han quedado fuera de esta encuesta industrias de importancia como la petrolera, de textiles y la del cemento entre otras.

En cuanto a la localización de las empresas que se visitaron, se puede decir, que el mayor porcentaje de ellas se encuentra dentro de la ciudad capital. Desde este momento, por promesa que se hizo al realizar la investigación, se nombrará a las industrias por números, los cuales irán del 1 al 25.

Tabla N^o 2: Localización de las Industrias Visitadas.

N ^o	DC	FC	N ^o	DC	FC	N ^o	DC	FC
1	XX		10	XX		19		YX

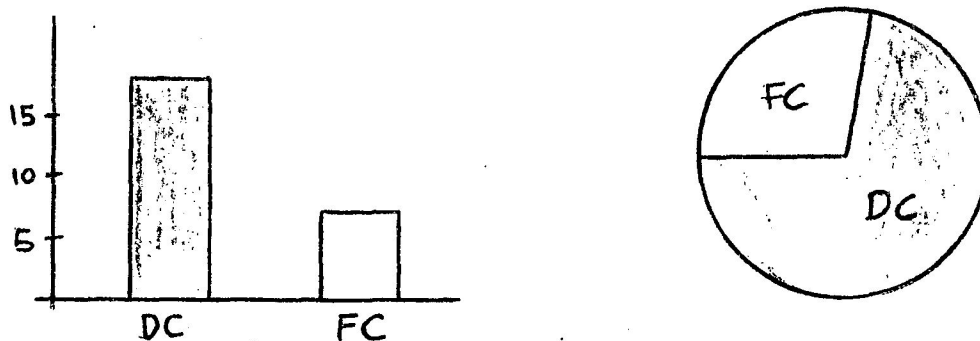
Continúa....

Nº	DC	FC	Nº	DC	FC	Nº	DC	FC
2		XX	11	XX		20	XX	
3	XX		12	XX		21	XX	
4	XX		13	XX		22	XX	
5		XX	14	XX		23	XX	
6	XX		15	XX		24		XX
7		XX	16	XX		25		XX
8	XX		17	XX				
9	XX		18		XX			

DC = dentro de la capital = 18

FC = fuera de la capital = 7

De lo anterior se puede notar que el 72% de la población investigada, de industrias, se encuentra localizada en la ciudad capital.



Gráfica N° 4 Representación de la Distribución de las Industrias Visitadas.

CLASIFICACION DE INSTRUMENTOS Y SUS USOS

- Instrumentos de Absorción de Luz Ultravioleta y Visible:

Dentro de

ellos los más utilizados son el espectrómetro y el espectrofotómetro; esto se debe a la extensa aplicación que tienen, así como al número de análisis que con ellos se realizan.

Así por ejemplo es utilizado en la industria alimenticia para detectar vitaminas, aminoácidos; analizar aceites y agua. En la farmacéutica para determinar el grado de pureza de las materias primas y productos terminados. En la producción del vidrio se verifica el Fe_2O_3 , Na y K así como el color (por comparación con un patrón) del producto final. En la industria cervecera se utiliza para analizar isohumulonas, polifenoles y el color.

En la tabla número 3 se puede apreciar las industrias que hacen uso de este tipo de instrumentación.

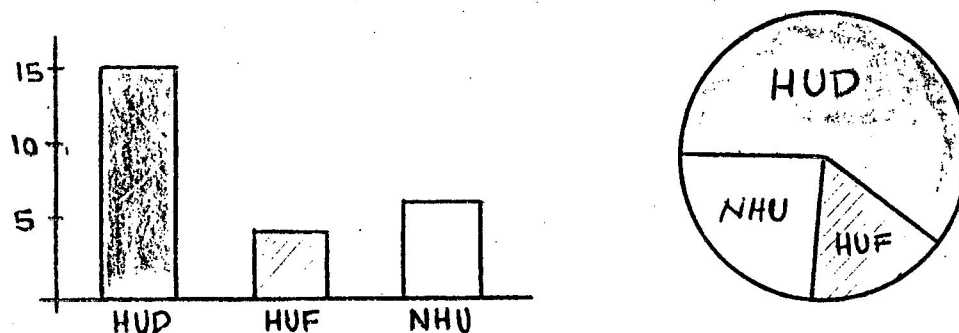
Tabla N° 3: Utilización de Instrumentos de Absorción de Luz Ultravioleta y Visible.

Nº	HUD	HUF	NHU	Nº	HUD	HUF	NHU	Nº	HUD	HUF	NHU
1		X		10	X			19			X
2	X			11	X			20	X		
3			X	12			X	21	X		
4		X		13			X	22	X		
5	X			14	X			23	X		

Continúa...

Nº	HUD	HUF	NHU	Nº	HUD	HUF	NHU	Nº	HUD	HUF	NHU
6	X			15			X	24		X	
7	X			16	X			25		X	
8			X	17	X						
9	X			18	X						

HUD = Hacen uso dentro de su laboratorio = 15
 HUF = Hacen uso fuera, en otro lab. = 4
 NHU = No lo utilizan = 6



Gráfica N° 5 Representación de la tabla N° 3.

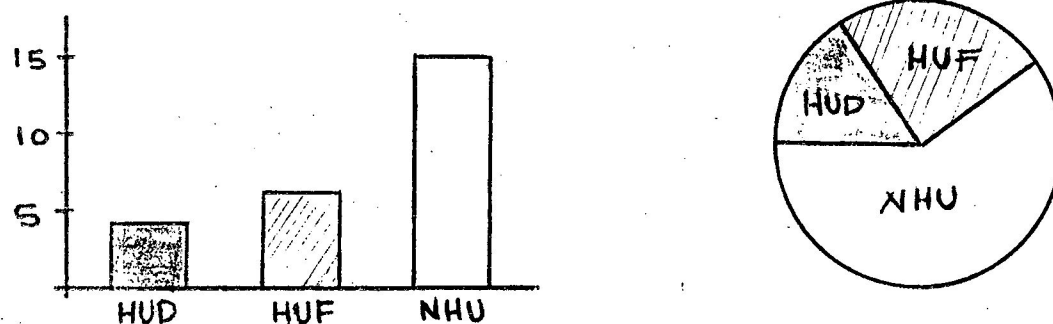
- Espectroscopía Infrarroja:

Esta tiene su campo de aplicación en la verificación de la pureza y composición de productos industriales, esto en la industria farmacéutica y en la de cosméticos, también es usada para el análisis de K y Na en la producción del vidrio. En la tabla número 4 se detalla la utilización de la espectroscopía infrarroja en las industrias investigadas.

Tabla N° 4: Utilización de la Espectroscopía Infrarroja.

Nº	HUD	HUF	NHU	Nº	HUD	HUF	NHU	Nº	HUD	HUF	NHU
1			X	10		X		19			X
2		X		11		X		20	X		
3			X	12			X	21		X	
4		X		13			X	22	X		
5			X	14		X		23	X		
6			X	15			X	24			X
7			X	16			X	25			X
8			X	17	X						
9			X	18			X				

HUD = Hacen uso dentro de su laboratorio = 4
 HUF = Hacen uso fuera, en otro lab. = 6
 NHU = No lo utilizan = 15



Gráfica N° 6 Representación de la tabla N° 4.

- Espectroscopía de Llama y Absorción Atómica:

Esta se utiliza en la industria farmacéutica, en la metalúrgica, la del vidrio, pero especialmente en la industria de la carne y su utilización más inmediata, es la determinación de pesticidas. El uso de esta se puede ver a continuación.

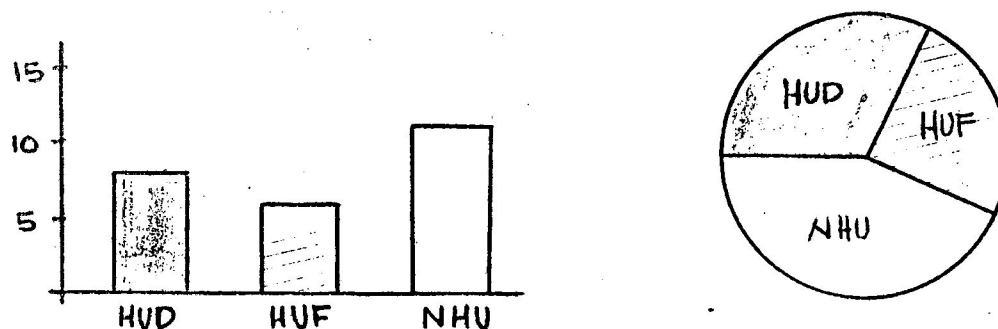
Tabla N° 5: Utilización de la Espectroscopía de Llama y Absorción Atómica.

N°	HUD	HUF	NHU	N°	HUD	HUF	NHU	N°	HUD	HUF	NHU
1			X	10	X			19			X
2			X	11	X			20	X		
3			X	12			X	21		X	
4	X			13			X	22	X		
5			X	14	X			23	X		
6			X	15			X	24		X	
7		X		16			X	25		X	
8			X	17	X						
9		X		18		X					

HUD = hacen uso en su laboratorio = 8

HUF = hacen uso fuera, en otro lab. = 6

NHU = no lo utilizan = 11



Gráfica N° 7 Representación de la tabla N° 5.

- Refractometría:

El refractómetro tiene aplicación en aquellas industrias, en las cuales se usa como materia prima el aceite, así como

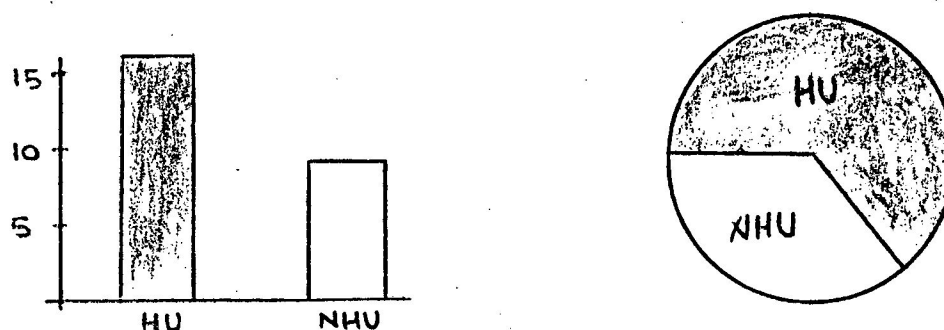
en sus derivados para determinar el grado de hidrogenación. La refractometría también se aplica en la industria de bebidas y en la producción de cerveza, para determinar el grado alcohólico. La utilización de la refractometría se presenta en la tabla número 6.

Tabla N^o 6: Utilización de Refractometría.

N ^o	HU	NHU	N ^o	HU	NHU	N ^o	HU	NHU
1		X	10	XX		19		X
2	XX		11		X	20	XX	
3		X	12	XX		21	XX	
4	XX		13	XX		22	XX	
5	XX		14	XX		23	XX	
6		X	15		X	24		X
7	XX		16	XX		25		X
8		X	17	XX				
9	XX		18	XX				

HU = hacen uso = 16

NHU = no hacen uso = 9



Gráfica N^o 8 Representación de la tabla N^o 6.

- Polarimetría:

Esta se aplica en la industria de alimentos, en la azucarera y en la farmacéutica, además de la de bebidas.

Esto lo podemos ver en la tabla número 7.

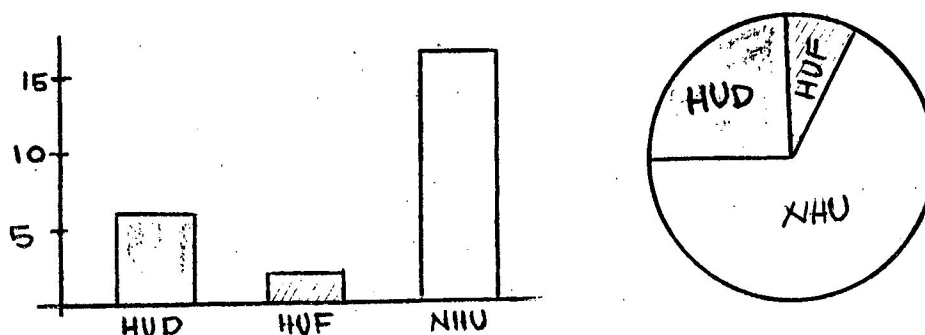
Tabla N^o 7: Utilización de Polarimetría.

N ^o	HUD	HUF	NHU	N ^o	HUD	HUF	NHU	N ^o	HUD	HUF	NHU
1			X	10			X	19			X
2	X			11			X	20	X		
3			X	12		X		21	X		
4			X	13		X		22			X
5			X	14			X	23	X		
6	X			15			X	24			X
7	X			16			X	25			X
8			X	17			X				
9			X	18			X				

HUD = lo usan en su lab. = 6

HUF = lo usan en otro lab. = 2

NHU = no lo usan = 17



Gráfica N° 9 Representación de la tabla N° 7.

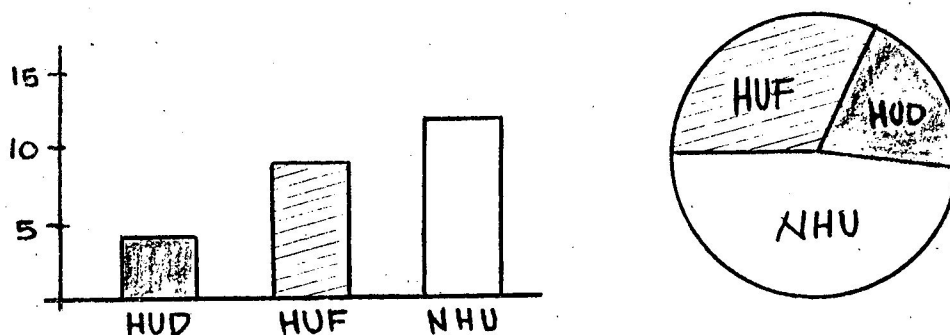
- Cromatografía:

Esta se utiliza en la industria de cosméticos, farmacéutica, de la carne, bebidas alcohólicas, del tabaco en análisis específicos a cada industria. La presencia de la cromatografía en la industria se aprecia en la tabla número 8.

Tabla N° 8: Utilización de Cromatografía.

N°	HUD	HUF	NHU	N°	HUD	HUF	NHU	N°	HUD	HUF	NHU
1			X	10			X	19			X
2		X		11			X	20	X		
3			X	12			X	21		X	
4	X			13			X	22	X		
5			X	14		X		23	X		
6			X	15			X	24		X	
7		X		16		X		25		X	
8			X	17			X				
9		X		18		X					

HUD = lo usan en su lab. = 4
 HUF = lo usan en otro lab. = 9
 NHU = no lo usan = 12



Gráfica N° 10 Representación de la tabla N° 8.

- Potenciometría:

Esta es utilizada en todos los tipos de industria visitadas, y es debido, a que en la mayoría de casos, es necesario verificarle el grado de alcalinidad o acidez, con que va a intervenir en el proceso cierta substancia, lo cual es determinante, para un producto de mejor calidad y que cumpla las especificaciones del caso.

Como se puede apreciar en los resultados anteriores, muchas de las industrias realizan sus análisis en laboratorios fuera de ellas, esto es debido a la inversión que elloles representa para un uso poco periódico, lo anterior se puede aprovechar al montar un laboratorio de análisis instrumental en el centro de investigaciones de ingeniería el -- cual además de dar investigación y docencia, prestaría un servicio a -- las industrias, lo que redundaría en la obtención de fondos para man-- tenimiento e implementación de dicho laboratorio.

PERSONAL ENCARGADO DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

La investigación lle vada a cabo nos proporciona los siguientes resultados: existen tres -- tipos de personal en los laboratorios: graduados universitarios (24%); técnicos laboratoristas a nivel intermedio (28%); laboratoristas empí-- ricos (48%). Indudablemente los responsables del laboratorio son -- siempre graduados universitarios, pero en muy pocos casos ingenieros -- químicos, y esto se debe a la poca preparación que en esta rama, reci-- ben en sus estudios; sin embargo los ingenieros químicos que trabajan en la industria tienen conocimiento del manejo instrumental, por capa-- citación posterior a su graduación. En la segunda categoría podemos mencionar a estudiantes que han recibido un entrenamiento adecuado pre-- vio a utilizar el instrumental del laboratorio; así como personas que han recibido cursillos sobre instrumentación, dentro o fuera de la em-- presa. Finalmente existen personas que han sido adiestradas en el ma-- nejo del equipo, pero que desde el punto de vista teórico, no tienen -- ni la menor idea del proceso físico-químico que se esta realizando. Todo esto lo podemos ver de una mejor manera en la tablas números 9 y 10.

Tabla N^o 9: Personal Encargado del Funcionamiento del Equipo.

N ^o	PP	TL	LE	N ^o	PP	TL	LE	N ^o	PP	TL	LE
1			XX	10	YX		XX	19		XX	XX
2	XX	XX	XX	11	XX		XX	20	XX	XX	XX
3	XX		XX	12			XX	21	XX		XX
4		XX	XX	13		XX	XX	22	XX		XX
5		XX	XX	14		XX	XX	23	XX	XX	XX
6		XX	XX	15	XX		XX	24		XX	XX
7	XX		XX	16	XX	XX	XX	25		XX	XX
8	XX		XX	17		XX	XX				
9	XX	XX	XX	18		XX	XX				

PP = Personal Profesional = 13
 TL = Técnico Laboratorista = 15
 LE = Laboratorista Empírico = 25

Los porcentajes son: 24, 28 y 48 % para PP, TL y LE respectiva-- mente.

Tabla N^o 10: Industrias en las Cuales el Respon-- sable del Laboratorio es un Ing. Químico.

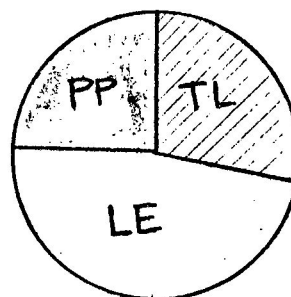
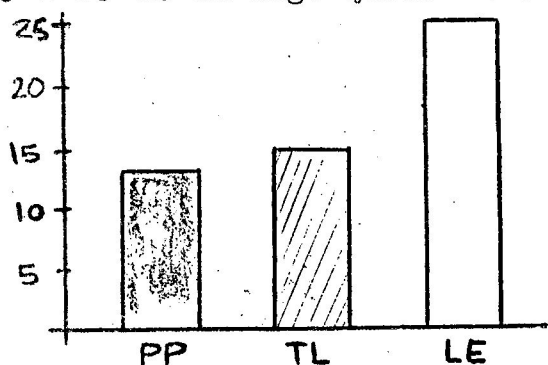
N ^o	SI	NO	N ^o	SI	NO	N ^o	SI	NO
1		XX	10		XX	19		XX
2		XX	11		XX	20	XX	

Continúa....

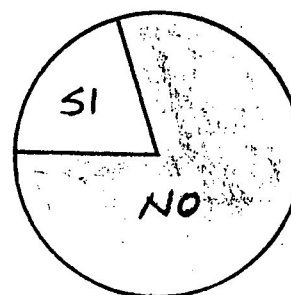
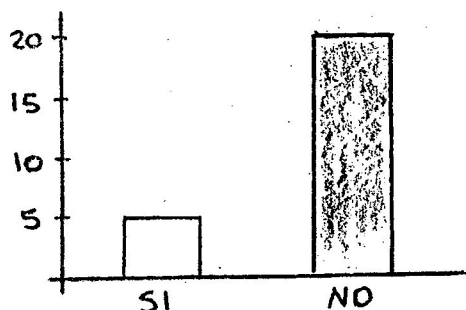
Continúa...

Nº	SI	NO	Nº	SI	NO	Nº	SI	NO
3	XX		12		XX	21	XX	
4		XX	13		XX	22		XX
5		XX	14		XX	23		XX
6		XX	15		XX	24		XX
7	XX		16		XX	25		XX
8	XX		17		XX			

SI = Es un Ing. Químico = 5
 NO = No es un Ing. Quím. = 20



Gráfica N° 11 Representación de la tabla N° 9.



Gráfica N° 12 Representación de la tabla N° 10.

OBJETIVOS DEL ANALISIS INSTRUMENTAL

Los objetivos de la utilización del análisis instrumental son: control de calidad (75%); control de calidad e investigación (25%).

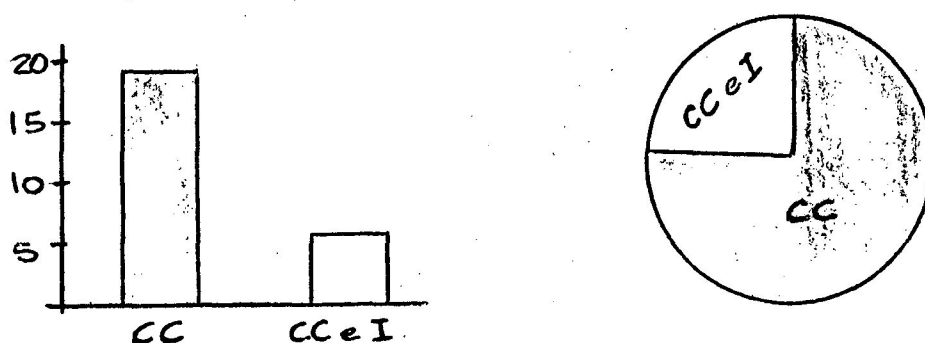
Estos resultados nos muestran con claridad que la industria guatealteca es dependiente; y esto se mire más claro si analizamos que el mayor porcentaje de ellas, por lo menos las más fuertes, son subsidiarias de multinacionales. Sin embargo es importante señalar que existe, en todas las industrias, personas encargadas del control de calidad de sus productos, utilizando, cada vez más, métodos instrumentales, mientras otras a la vez que utilizan el instrumental para el control de calidad, lo hacen también para la investigación. Esto se detalla en la tabla número 11.

Tabla N^o 11: Objetivos del Análisis Instrumental.

N ^o	CC	CC e I	N ^o	CC	CC e I	N ^o	CC	CC e I
1	XX		10	XX		19	XX	
2		XX	11	XX		20		XX
3	XX		12	XX		21	XX	
4	XX		13	XX		22		XX
5	XX		14		XX	23	XX	
6		XX	15	XX		24	XX	
7		XX	16	XX		25	XX	
8	XX		17	XX				
9	XX		18	XX				

CC = Control de Calidad = 19 ---- 75 %

CC e I = Control de Calidad e Investigación = 6 ---- 25 %



Gráfica N^o 13 Representación de la tabla N^o 11.

UTILIZACION DEL ANALISIS INSTRUMENTAL

En Guatemala la introducción del análisis instrumental a la industria es bastante reciente, porque hasta hace unos 15 años los aparatos utilizados no eran más que: polarímetros, potenciómetros, refractómetros. Sin embargo el avance de la tecnología y la automatización de las industrias ha obligado a que estas hayan hecho innovaciones en sus laboratorios, adquiriendo equipo que esté acorde a dicho desarrollo, de tal manera, que ahora muchas de ellas cuentan espectrofotómetros y cromatógrafos y más aun muchas tienen considerado a corto plazo la introducción de equipo que ayude a realizar un análisis más riguroso de su proceso, para la obtención de un mejor producto.

De los resultados obtenidos en la investigación, podemos ver que la tendencia del análisis instrumental en la industria guatemalteca es la de incrementarse cada vez más y esto es debido a el avance de la tecnología en la automatización de las industrias.

En la encuesta realizada se pudo evaluar que todas las industrias hacen uso del análisis instrumental y más aun alrededor del 40 % de la población investigada, tiene programado implementar su equipo a corto plazo.

Tabla N^o 12: Desarrollo del Análisis Instrumental Dentro de la Industria Guatemalteca.

Año -----	55	60	65	70	75	80
Refractometría		XX	XX	XX	XX	XX

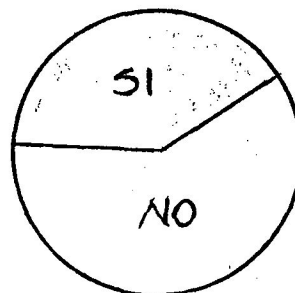
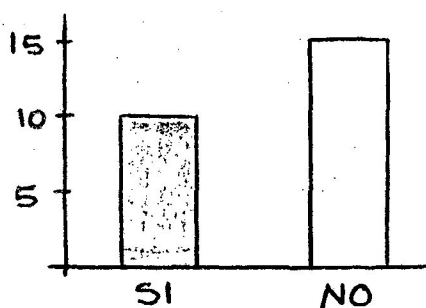
Continúa...

Continúa...	Año -----	55	60	65	70	75	80
Espectrofotometría de Absorción de Luz Ultravioleta y Vis.				XX	XX	XX	XX
Espectroscopía Infrarroja.					XX	XX	XX
Espectroscopía de Llama y Absorción Atómica.				XX	XX	XX	XX
Polarimetría.		XX	XX	XX	XX	XX	XX
Potenciometría.			XX	XX	XX	XX	XX
Cromatografía.						XX	XX

Tabla N^o 13: Implementación del Análisis Instrumental.

N ^o	SI	NO	N ^o	SI	NO	N ^o	SI	NO
1	XX		10		XX	19		XX
2	XX		11		XX	20	XX	
3		XX	12		XX	21	XX	
4		XX	13		XX	22	XX	
5		XX	14	XX		23		XX
6	XX		15		XX	24	XX	
7		XX	16		XX	25	XX	
8		XX	17		XX			
9	XX		18		XX			

SI = Se piensa implementar = 10
 NO = No se piensa implementar = 15



Gráfica N^o 14 Representación de la tabla N^o 13.

PREPARACION QUE PROFESIONALES Y ESTUDIANTES DE INGENIERIA QUIMICA LLEVAN EN LA RAMA

Como se ha mencionado anteriormente el conocimiento que de la ciencia instrumental llevan tanto profesionales como estudiantes es muy poca, mejor dicho ninguna, veamos porque: hace algunos años en el pensum de la carrera existía el curso de análisis instrumental, de carácter optativo; sin embargo en el laboratorio del mismo se carecía de equipo especializado por lo que el estudiante aprendía lo más elemental. En la actualidad no se sirve ningún curso de esta ciencia; existiendo en la facultad algún equipo que se podría utilizar, por ejemplo: refractómetro, espectrofotómetro, polarímetro, cromatógrafo, colorímetro, potenciómetro; como los más importantes.

Todo esto repercute en que el estudiante y profesional al llegar a la industria afronta el problema de que no conoce el equipo ahí utilizado, por lo que tiene que recibir un entrenamiento, muchas veces de carácter empírico.

La opinión de los docentes dedicados a la enseñanza del análisis instrumental en la Facultad de CC QQ y Farmacia, es que debido al gran avance de la tecnología cada día se cuenta con nuevas innovaciones en el instrumental, para hacer más exactas y precisas las determinaciones cualitativas y cuantitativas. Todo esto redundará en la industria, ya que se puede con ello tener un mejor control del proceso, que a la par, cada día se vuelve más automatizado y requiere por lo tanto de un riguroso control en cada una de sus etapas y del producto final.

La enseñanza del análisis instrumental es algo necesario en la formación del técnico-científico moderno, ya que sin estos conocimientos se va quedando a la zaga en las determinaciones automáticas que cada vez más son algo común en los laboratorios científicos e industriales.

Como el montaje de un laboratorio instrumental, dadas las condiciones de la universidad nacional, es muy difícil, creen ellos que con una cooperación, entre la Escuela de Ingeniería Química y la Facultad de CC QQ y Farmacia, los alumnos de ingeniería química podrían recibir los cursos de análisis instrumental en dicha facultad, lo que daría una solución inmediata a esa imperiosa necesidad académica.

CONCLUSIONES

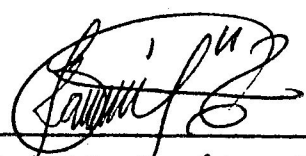
- 1- El análisis instrumental en la industria guatemalteca es utilizado más en el control de calidad.
- 2- La mayor parte del equipo de análisis instrumental es operado por personal únicamente "adiestrado".
- 3- Los instrumentos más utilizados en los laboratorios de las industrias son, en su orden: potenciómetro, refractómetro, espectrofotómetro.
- 4- Los conocimientos que el profesional y el estudiante de ingeniería química tiene en ciencia instrumental son adquiridos fuera de la escuela.
- 5- La tendencia a utilizar análisis instrumental, en la industria es cada vez mayor.

RECOMENDACIONES

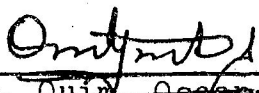
- 1- Es necesario implementar, en un corto plazo, un curso de análisis instrumental con laboratorio, en la Escuela de Ingeniería Química, para mejorar la preparación de sus egresados.
- 2- El laboratorio instrumental podría prestar servicio a la industria, con lo que tendría un autofinanciamiento.
- 3- Es indispensable un laboratorio instrumental para mejorar la investigación en la Facultad de Ingeniería.
- 4- Como la implantación de un laboratorio, no es algo que se pueda hacer en un plazo corto, se puede tomar en cuenta la cooperación que esta dispuesta a prestar la Facultad de CC QQ y Farmacia.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Willard, Hobart H. Métodos Instrumentales de Análisis. Trad. del inglés por Antonio Eroles. C.E.C.S.A. 1978. caps. 3,4,5,6,12, 13,14,15,18 y 20.
- 2- Strobel, Howard A. Instrumentación Química. Trad del inglés por Hortencia Corona. LIMUSA, 1979 caps. 3,4,5,6,7,9,10,14 y 15.
- 3- Ayres, Gilbert H. Análisis Químico Cuantitativo. Trad. del inglés por Santiago Pérez. HARLA S.A. 1973. caps. 31 y 32.
- 4- Espectroscopía Infrarroja por Jesús Morcillo. Washington, Secretaría General de la OEA, 1974. (Serie Química monografía N^o 12).
- 5- Cromatografía Líquida de Alta Presión. por Harold McNair y Benjamin Esquivel. Washington, Secretaría General de la OEA, 1973. -- (Serie Química monografía N^o 10).

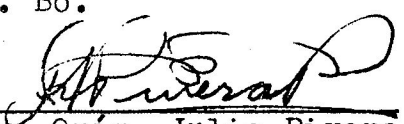


José Rodolfo Ramírez Taracena



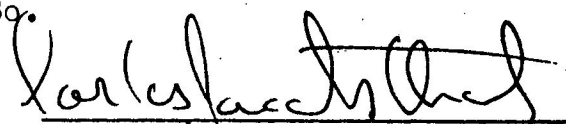
Ing. Quím. Oscar Arriola
ASESOR

Vo. Bo.



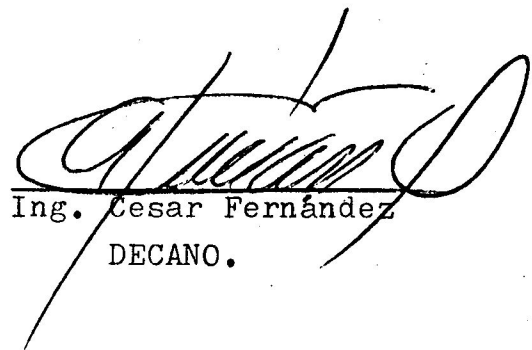
Ing. Quím. Julio Rivera
Coordinador de Investigación.

Vo. Bo.



Ing. Quím. Carlos Jacobsthal
Director Escuela de Ing. Química.

IMPRIMASE



Ing. Cesar Fernández
DECANO.