



D-10100

T
621.367
M552



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica



**"CONSTRUCCION DE UN EQUIPO DE FLUJO CONTI-
NUO ADADTABLE A UN ESPECTROFOTOMETRO"**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Ovidio Mera Reinoso

Guayaquil - Ecuador

1990

AGRADECIMIENTO



BIBLIOTECA

Al Ing. ERNESTO MARTINEZ,
Director de Informe Técnico,
por su ayuda y colaboración
para la elaboración del
presente trabajo.

DEDICATORIA

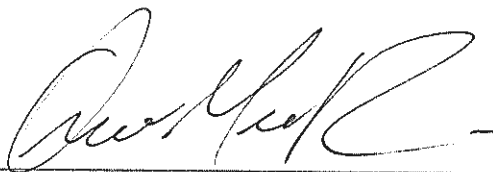
A MI ESPOSA CARMEN Y A
MIS HIJOS ANDRES Y
CAROLINA.

DECLARACION EXPRESA

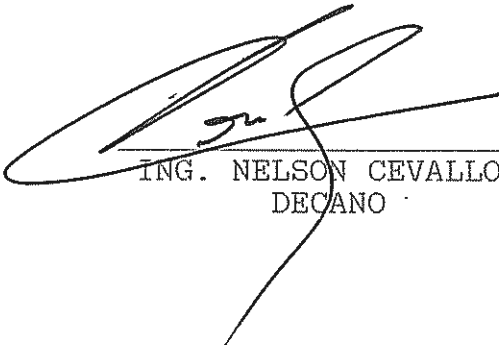
Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica".


(Reglamento de Graduación mediante la elaboración de Informes Técnicos).

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Ovidio Mera Reinoso', is written over a horizontal line.

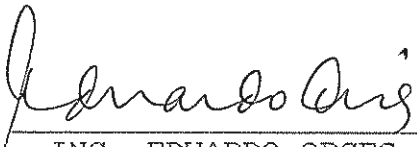
OVIDIO MERA REINOSO



ING. NELSON CEVALLOS
DECANO



ING. ERNESTO MARTINEZ
DIRECTOR DE INFORME



ING. EDUARDO ORCES
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

Este Informe es la recopilación ordenada de los datos que me llevaron a construir un equipo de flujo continuo utilizado de laboratorios analíticos, semiautomatizando el proceso, que es completamente manual.

Describo el uso y funcionamiento del espectrofotómetro que es empleado en los laboratorios analíticos industriales y clínicos, el bajo rendimiento de este equipo está dado por la forma manual como es operado.

Defino los tres eventos que deben considerar con diferentes alternativas de solución, elaboro un diseño preliminar, luego del diseño definitivo se seleccionan los materiales que deben cumplir restricciones de corrosión y ser inerte a los elementos químicos que maneja.

Después de ensamblar el equipo se realizaron diferentes pruebas, se analizaron los resultados obtenidos y se elaboró ciertas recomendaciones acerca del mantenimiento de este equipo.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

ANTECEDENTES

I. DEFINICION DEL PROYECTO

1.1 TEORIA BASICA DE ESPECTROFOTOMETRIA

1.2 PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS ANALITICAS

II. DISEÑO DEL EQUIPO DE FLUJO CONTINUO

2.1 EVENTOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR

2.1.1 Admisión de la muestra

2.1.2 Ajuste de Acero

2.1.3 Evacuación de la muestra

2.2 DISEÑO PRELIMINAR

III CONSTRUCCION DEL EQUIPO


3.1 TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

3.2 INSTALACION DEL EQUIPO

3.3 PRUEBAS Y ANALISIS

3.4 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

CONCLUSIONES



ANTECEDENTES

Los Laboratorios analíticos que atienden análisis de tipo industrial y clínico utilizan como elemento fundamental de trabajo el Espectrofotómetro, que es un equipo que mide la capacidad de absorber o transmitir la luz de las sustancias coloreadas. Para esto existen técnicas previamente desarrolladas por especialistas para lo cual utilizan vidriería calibrada y excesivo manipuleo de las muestras; por lo tanto, el operador siempre debe lavar la vidriería para realizar cada operación de lectura, convirtiéndose en monótona y lenta y con el consiguiente deterioro prematuro de las cubetas de vidrio, que se rayan por el uso quedando inservible en apenas dos meses. Para solucionar ésto se ha optado por utilizar mecanismos por los cuales se elimine todo este proceso y equipos modernos lo traen como parte opcional. Por mi experiencia como Ingeniero de soporte técnico en esta área he tratado de acoplar esta idea a el espectrofotómetro de mayor venta y he llegado después de varios intentos a desarrollar un equipo de flujo continuo con materiales baratos y resistentes a los químicos que maneja.

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROYECTO

1.1 TEORIA DE ESPECTROFOTOMETRIA

El espectrofotómetro ha sido bien llamado el "caballo de trabajo" en un laboratorio analítico.

En un caso particular la espectrofotometría visible y ultravioleta, es el método que se escoge en la mayoría de los laboratorios para la identificación y medición de compuestos orgánicos en un amplio rango de productos y procesos en el campo de alimentos, farmacéuticos, fertilizantes, aceites, minerales y en pinturas, en el campo de la medicina espectrofotómetro es de esencial ayuda para la investigación y control de rutina.

El hombre vive en un medio que es permanentemente expuesto a la radiación electromagnética, algunas de las cuales son detectadas por nuestros sentidos, el calor radiante es detectado por nuestra piel, el ojo responde a la luz visible que es la pequeña franja

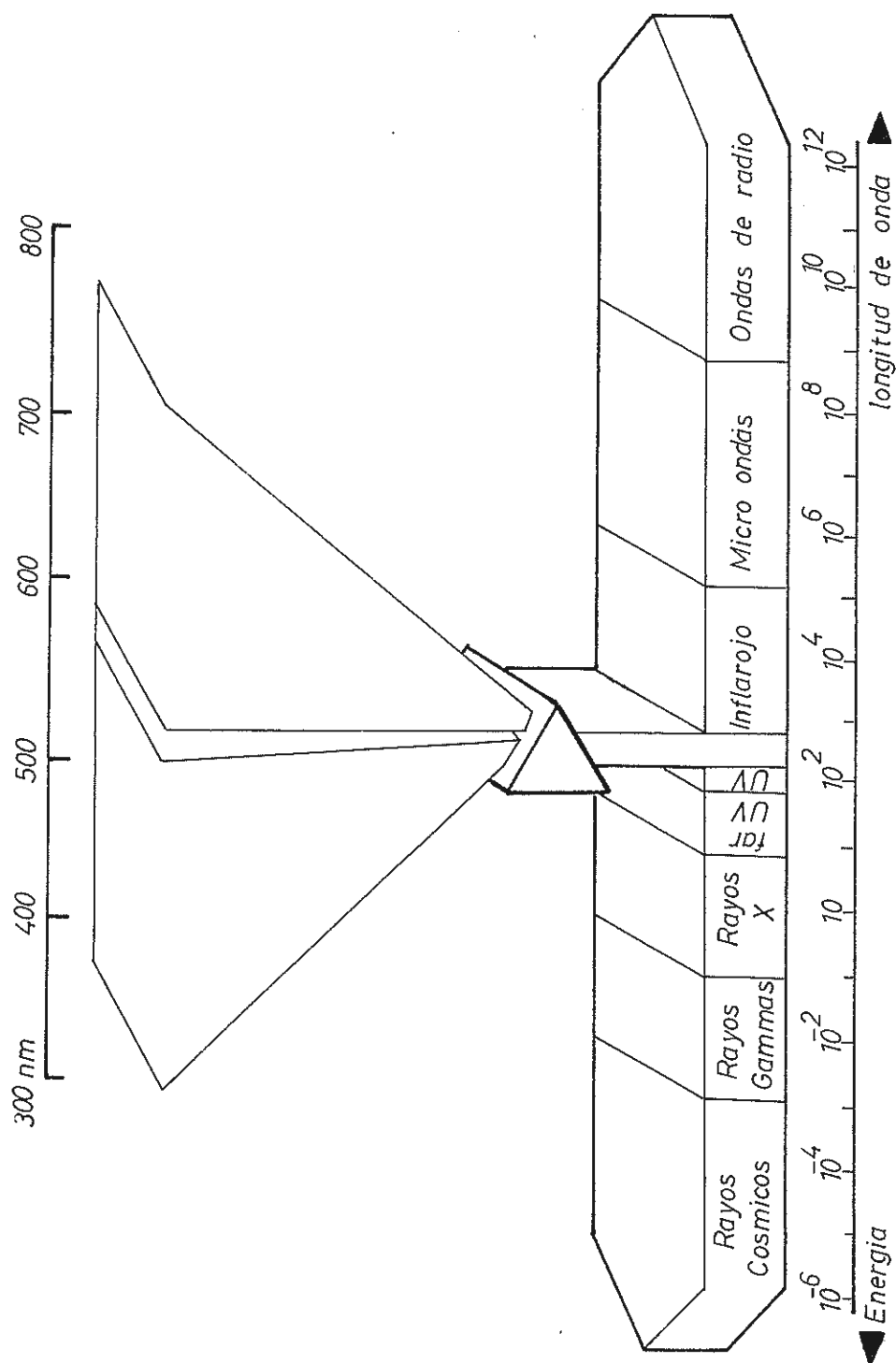


FIG. 1.- EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

que va del violeta al rojo a la derecha pasando por el infrarrojo, las microndas llegamos hasta las ondas de radio, del lado izquierdo partiendo de violeta y pasando por los rayos X y gamma llegamos hasta los rayos cósmicos con un decremento de la longitud de onda.

Es importante notar que la radiación natural es una forma de energía y que la energía es inversamente proporcional a la longitud de onda.

La radiación electromagnética viaja a una velocidad fija de 3×10^{10} centímetros por segundo (c) en el vacío, la distancia entre dos picos es la longitud de onda (λ), el número de picos pasando por un punto en particular en una unidad de tiempo es la frecuencia (ν) usualmente expresada en ciclos por segundos (Hertz) (hz).

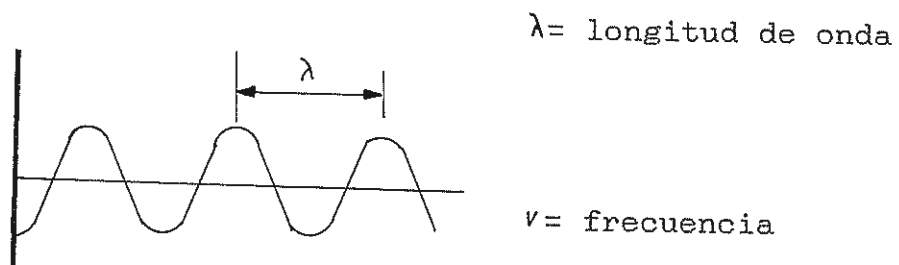


Fig. N 2 Longitud de Onda y Frecuencia



La relación aritmética de estas tres cantidades es expresada por

$$c = \lambda \nu \quad (I)$$

Las leyes de la mecánica cuántica aplicada a los fotones muestra que

$$E = h \nu \quad (2)$$

Donde E es la energía y h la constante de Plank por lo tanto

$$E = hc/\lambda \quad (3)$$

En la región visible es conveniente definir la longitud de onda en (nm) nanómetros que es 10^{-9} metros, a otras unidades encontradas como el milimicrón (m) o el Angstron (Å).

$$1 \text{ Nanómetro} = 1 \text{ nm} = 10 \text{ Å}$$

El espectro visible es usualmente considerado de 380 a 770 nm y la región ultravioleta definida de 200 a 380 nm.

Los requerimientos mínimos de un instrumento de estudio de la absorción-espectrofotómetro - son:



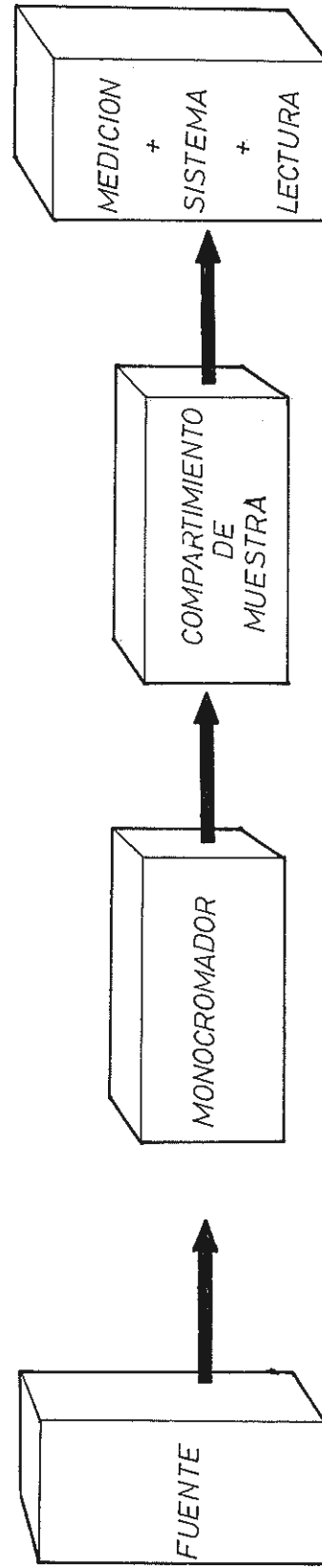


FIG.-3 CONSTRUCCION BASICA DE UN ESPECTROFOTOMETRO

1. Una fuente de radiación de una aceptable longitud de onda
2. Un medio de aislar a una sola longitud de onda -monocromador-
3. Un medio de introducir la muestra dentro ó a través del rayo de luz - es el objeto de este informe-
4. Un medio de detectar y medir la intensidad de la luz.

1.2 PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS ANALITICAS

En las escalas de los espectrofotómetros encontramos salidas como la transmitancia T y la absorbancia A, la concentración que es directamente proporcional a la absorbancia viene como un análisis posterior.

La transmitancia es la relación entre la luz transmitida (I) y la luz incidente (I_0) esto es llamado la Ley de Lambert.

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (4)$$

Es costumbre expresarla en terminos de porcentaje

$$\% T = \frac{I}{I_0} \quad (5)$$

La ley de Beer dice que la absorción es directamente proporcional a la concentración y el espesor del medio a través del cual pasa el rayo de luz.

La combinación de estas dos se conoce como la Ley de Beer Lambert.

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \log \frac{100}{T} = cb \quad (6)$$

donde:

A = absorbancia (adimensional)

= Absortibidad molar ($\text{dm}^3 \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$)

c = Concentración molar ($\text{mol} \times \text{dm}^{-3}$)

b = Longitud del medio (cm)

Es importante notar que es función de la longitud de onda y que la Ley de Beer Lambert es verdadera sólo para una longitud de onda o luz monocromática.

La figura N 4 ilustra las condiciones cuando tres muestra (soluciones standares) tienen idéntica absorción son introducidas en un rayo de luz monocromática, cada una de las muestras es escogida tanto que exactamente la mitad de la radiación

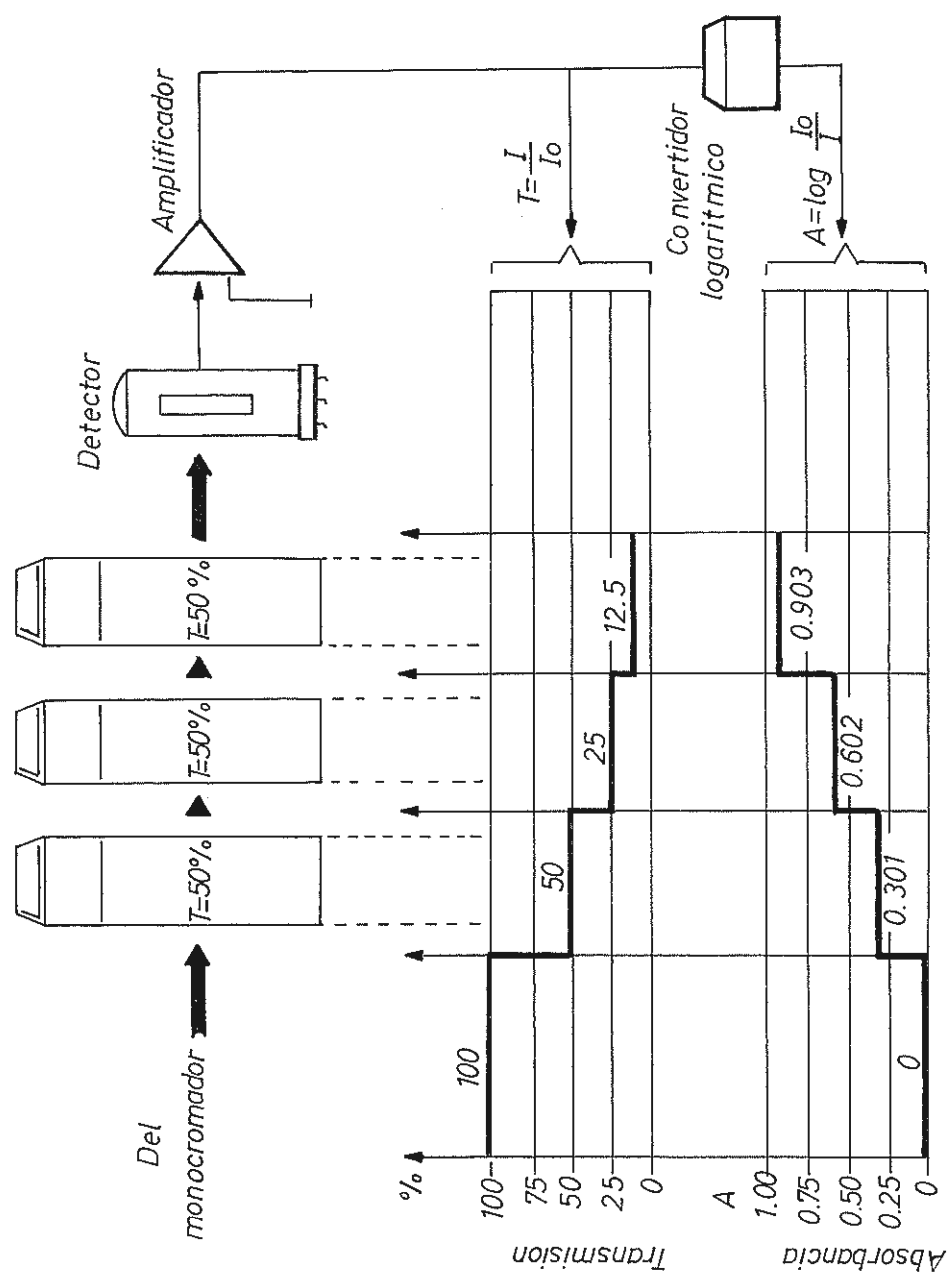


FIG.-4 REPRESENTACION DIAGRAMATICA DE RELACIONES ENTRE TRANSMISION Y ABSORCION

incidente es el 100% T entonces la intensidad después de cada muestra será:

$$\text{Después de } S1 = L \times 0.5 = 50\%T$$

$$\text{Después de } S2 = 50\% \times 0.5 = 25\%T$$

$$\text{Después de } S3 = 25\% \times 0.5 = 12.5\%T$$

Las tres muestras pueden ser consideradas como concentración conocida de un medio absorbente y por tanto es posible graficar la concentración contra la trasmisión.

Encontramos que el resultado es un gráfico exponencial.

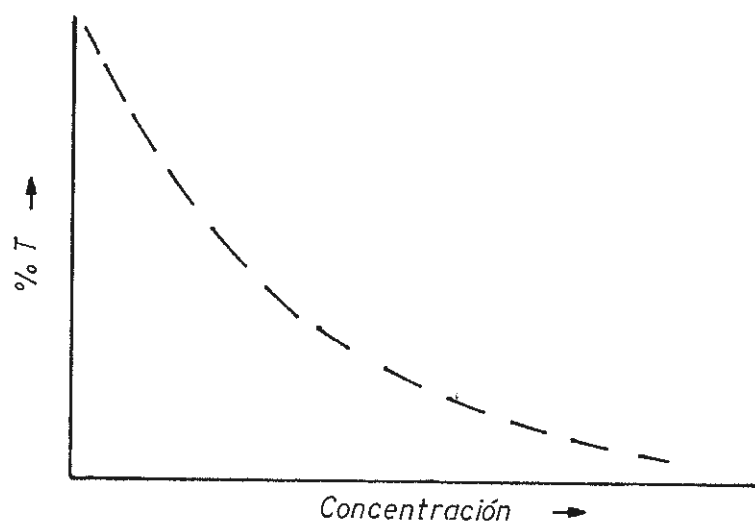


Fig. N 5 Transmisión vs. Concentración

También es posible definir el proceso en término de absorbancia, valiéndose de la misma monocromática usada y de la Ley de Beer Lambert.

En el ejemplo anterior la expresión que relaciona A

con T ($A = \log \frac{100}{T}$) muestra que después de cada

muestra la absorbancia será:

Después de S1 = 0.301

Después de S2 = 0.602

Después de S3 = 0.903

Se puede ver que el gráfico de la absorbancia contra la concentración es lineal por lo tanto es más conveniente expresar los resultados en absorbancia más que en transmisión, ya que cuando se tenga concentraciones desconocidas será más fácil encontrarlas con la lectura de la absorción debido a la linealidad del gráfico.

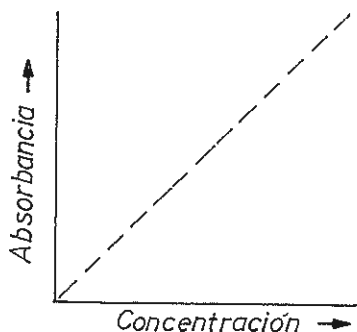


Fig. N 6 Absorbancia graficada contra concentración

Una alternativa en el gráfico de esta última curva es usar la relación:

$$C = KA$$

Donde C = la concentración del desconocido

A = la absorbancia medida del desconocido

K = es un factor derivado de la referencia ó solución estándar.

Para determinar el factor, se debe medir la absorbancia de una solución estándar de concentración conocida y dividir la concentración para la absorbancia.

$$K = \frac{\text{concentración (standar)}}{\text{absorbancia (standar)}}$$

El factor K puede ser aplicado a una serie de mediciones de absorbancia en soluciones similares en las mismas condiciones para dar resultados directamente en concentración.

En los espectrofotómetros de hoy se incluyen salidas electrónicas por medio de las cuales se puede entrar el valor de la concentración del estándar o factor para que el instrumento calcule directamente el resultado en unidades de concentración.

CAPITULO II

DISEÑO DEL EQUIPO DE FLUJO CONTINUO

2.1 EVENTOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR

En el Capítulo anterior se ha tratado el tema de la determinación de una constante K que multiplicada por los resultados de absorbancia de los problemas posteriores nos dará el resultado directamente en unidades de concentración.

Para realizar todo esto se hace necesario clarificar el procedimiento tecnológico que lleva a cabo el operador. En el espectrofotómetro en particular usado para esas pruebas el espectralonic 20 de Milton Roy que es el modelo más sencillo y popular con características tales como: lectura analógica en A y T , y un ancho de banda espectral no mayor de 20 nm lo cual da una buena aproximación de lo que se quiere leer.

El procedimiento de manejo que el fabricante sugiere es:

1. Encender el equipo y esperar 30 min para alcanzar su estabilidad y ajustar la longitud de onda.
2. Con el compartimiento de muestra vacío ajustar cero en transmitancia (el equipo tiene un obturador normalmente cerrado).
3. Introducir la cubeta con la solución blanco, ajustar en transmitancia.
4. El equipo está listo para admitir los estándares y muestras.

Esto se lo sintetiza en tres pasos fundamentales, admisión de la muestra, ajuste de cero y evacuación de la muestra.

El operador deberá combinar estas tres operaciones fundamentales en el equipo objeto del diseño y olvidarse de hacerlo usando una cubeta de vidrio, a la postre el uso del equipo de flujo de continuo le representará ahorro de tiempo y de reactivos.

2.1.1 Admisión de la Muestra

Como se vio en la metodología o técnicas de laboratorios se realizan tres eventos en los

que el operador pone la muestra en la cubeta y la introduce en el espectrofotómetro, luego la extrae, también encera el equipo cuando el porta-cubetas esté vacío, este proceso produce el rápido deterioro de las cubetas.

El caso es que en el equipo de flujo continuo no se empleará cubeta ya que la misma está empotrada dentro del porta-cubeta, entonces se puede emplear dos maneras de introducirla, la primera por medio de un embudo, y la segunda por una bomba peristáltica.

En el método con embudo solamente se tiene que vaciar el contenido en el interior y no se necesita de ningún tipo de canal para liberar el aire atrapado ya que la entrada es suficientemente grande como para permitir la entrada de muestra y la salida de aire simultáneamente por el mismo canal.

En el método por bomba peristáltica tiene la propiedad de trabajar como una bomba de desplazamiento positivo y mueve pequeñas cantidades de fluido, siempre y cuando la bomba sea controlada electrónicamente, es posible conseguir una bomba peristáltica manual y

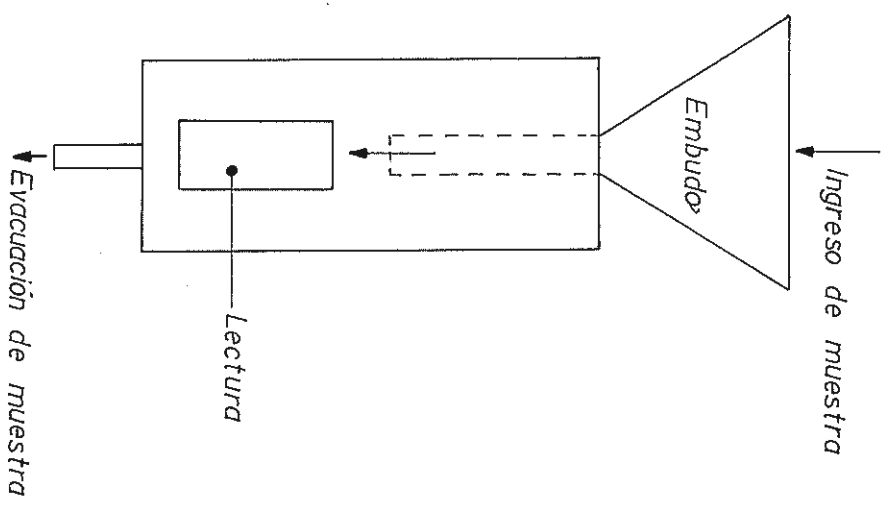
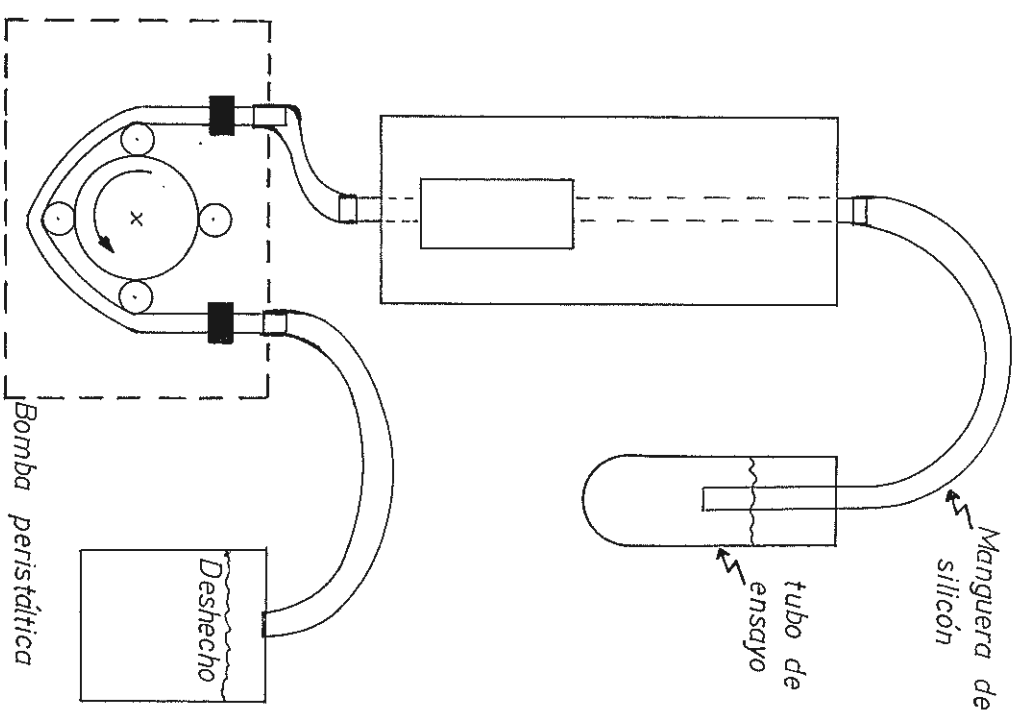


FIG.- 7 ESQUEMA DE LAS DOS ALTERNATIVAS
CON EMBUDO Y BOMBA PERISTALTICA



barata pero el proceso que se quería automatizar se vuelve manual.



2.1.2 Ajuste de Cero

El procedimiento de ajuste de cero es una parte del proceso con el cual es necesario que se corte el paso del rayo de luz con el objeto de que el espectrofotómetro no registre ninguna actividad fotométrica, y poder ajustar el cero electrónico, esta operación es realizada solo una vez en cada jornada de trabajo por lo tanto se tuvo que idear la manera de resolverlo, así que se analizó dos alternativas, la primera la de un obturador mecánico, este mecanismo debía aprovechar la ranura que se deja en el porta-cubetas del espectrofotómetro utilizado, figura No. 8 un corte de la sección del porta-cubetas con la ranura en la que se pretendía adaptar el mecanismo y un croquis de cómo sería.

La otra alternativa es la de apagar temporalmente la lámpara con el objeto de que el detector no observe ningún tipo de perturbación, el circuito eléctrico resulta ser extremadamente sencillo y es adaptable a cualquier modelo de espectrofotómetro ya que

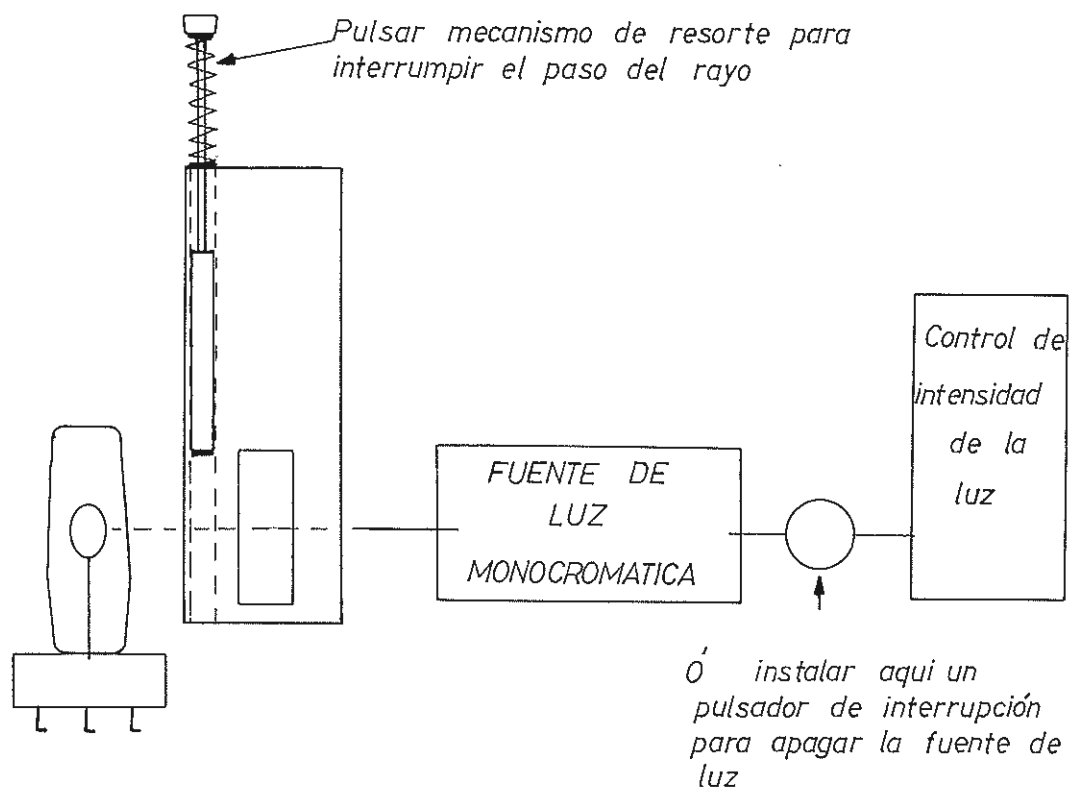


Fig. No. 8 Esquema del Mecanismo de Ajuste de Cero
y de interrupción eléctrica

solo hay que derivar una de las líneas que alimentan de energía la lámpara e intercalar un pulsador o interruptor eléctrico.

Una tercera alternativa es la de girar 90° el dispositivo de lectura, ya que éste tiene sección circular (ésto es determinante porque todos los espectrofotómetros que conozco tienen un portacubetas de sección circular, por lo tanto es circular el alojamiento del mismo) al realizar este giro se obtura el rayo de luz.

Una vez realizado el proceso de encerado se retorna a su estado de operación normal.

2.1.3 Evacuación de la Muestra

En este evento se trata de reemplazar el proceso manual de sacar la muestra del portacubetas la muestra que se encuentra en el interior del dispositivo de lectura, deberá ser retirada, para el efecto se dispone así mismo de dos alternativas, por vacío y por la misma bomba peristáltica.

En el método por vacío, figura No. 10, tenemos una bomba de aire del tipo de membrana que está

funcionando continuamente tratando de hacer vacío en la botella de deshecho por la línea A.

Pero no alcanza a hacerlo porque la línea de succión B está bifurcada por C y D que va a la atmósfera y a la cubeta de lectura respectivamente, cuando el dedo tape el punto C se producirá el flujo de la muestra por los circuitos D y B.

En el mecanismo por bomba peristáltica como se vé en 2.1.1 es posible que se obtengan dos alternativas, que la muestra una vez leída regrese al tubo de ensayo invirtiendo la dirección de giro de la bomba, y la segunda, que se ponga una botella de deshecho para que la muestra siga por ese recorrido.

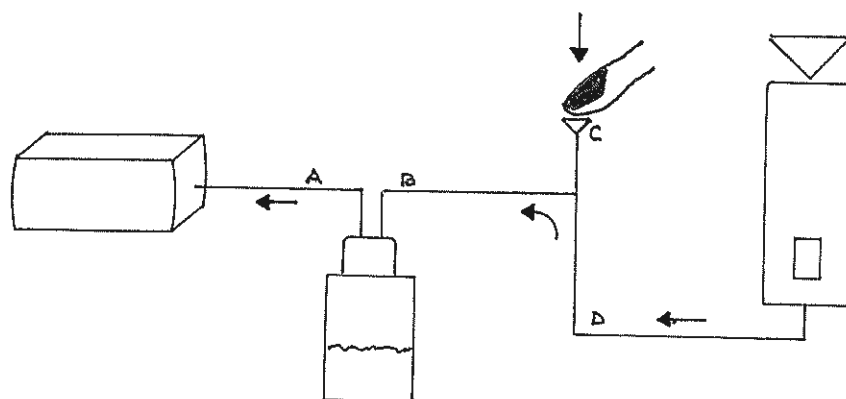


Fig. No. 9 Esquema del Circuito de Retiro de Muestra por Vacío

2.2 DISEÑO PRELIMINAR

Con todas las alternativas en orden correcto se emprende el proceso del diseño, para lo cual primero se tomó la decisión del cual de los dos procedimientos para admitir la muestra se tenía que adoptar, como existía a mano una bomba de acuario modificada para el efecto, se adoptó este procedimiento; por lo tanto, el circuito queda definido como se muestra en donde se escoge la admisión es por un embudo, cuando la muestra cae se obtura uno de los extremos abiertos de tee (ver figura No.10), el deshecho cae dentro de una botella a la cual se han practicado dos agujeros en su tapa.

Por uno cae el deshecho y por el otro se le hace vacío, utilizando la bomba modificada, esta descripción teórica del proceso es preámbulo para la descripción de la construcción de equipo, la cual se va a tratar en el capítulo siguiente.

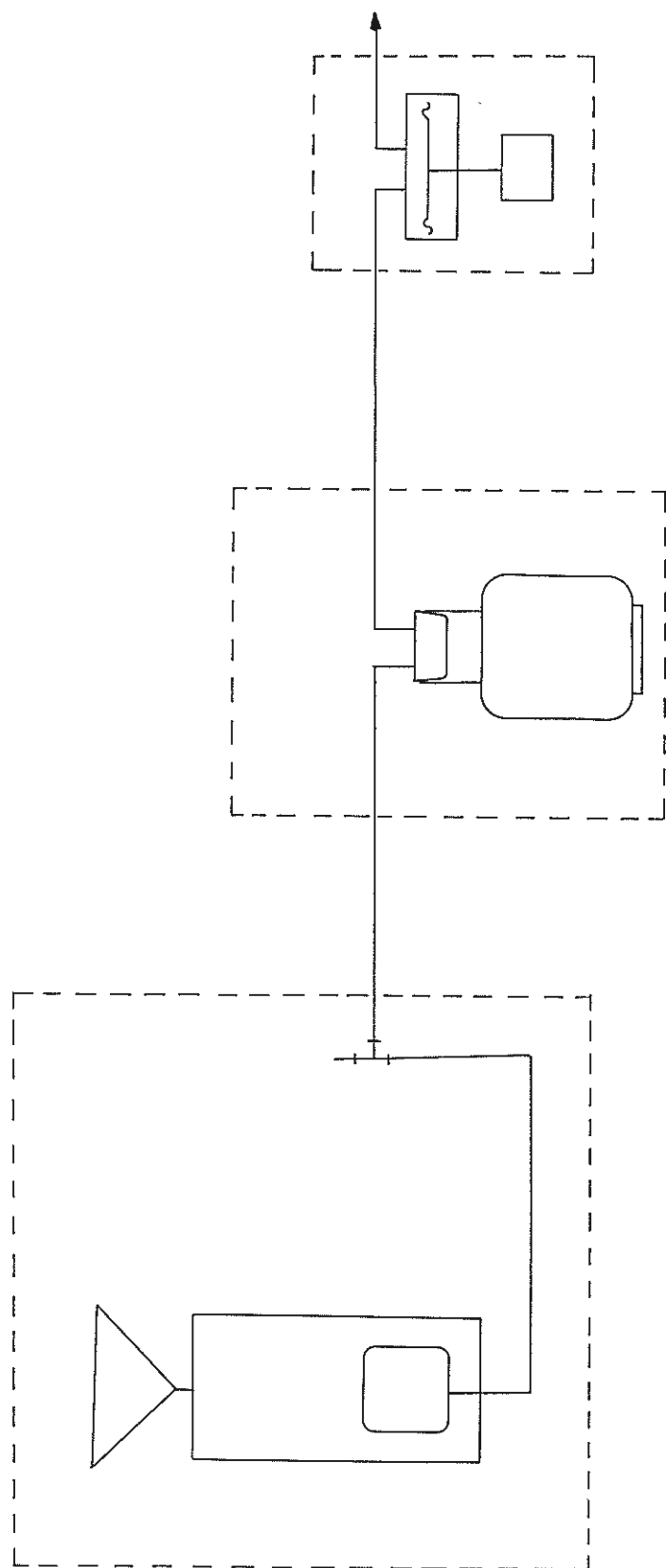


FIG. - 10 ESQUEMA DEL PROCESO

CAPITULO III

CONSTRUCCION DEL EQUIPO

3.1 TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

Como ya se ha definido en el diseño preliminar la disposición de los componentes, existe la capacidad de diseñar la forma del mismo para lo cual se toma la decisión de realizar un prototipo utilizando los materiales existentes. Se toma el porta-cubetas del espectrofotómetro y se adapta una cubeta rectangular de cristal de cuarzo, a la que previamente se la preparó tapando ambos extremos con resina epóxica y se le adaptaron los puertos de admisión de muestra y purga en la parte superior se acopla un embudo del tipo de 6 onzas que a su vez va acoplado a la tubería de admisión una tee de 2 milímetros es acoplada al puerto de purga, luego todo el sistema de botella de deshecho y bomba.

Como puede darse cuenta en esta primera etapa del diseño se trabaja la idea sin realizar ningún tipo de dibujo ni diseño previo, y fue posible armar el

equipo en pocas horas y el equipo funcionó así y prestó servicio normal, la segunda fase vino posteriormente cuando se tuvo a disposición una nueva micro-cubeta de plástico, y de poder desarrollar un diseño de tipo universal en el cual con el cambio de medidas básicas se puede utilizar en cualquier modelo de espectrofotómetro.

En la segunda fase de diseño se utiliza una micro-cubeta de plástico que provee un distribuidor local y mangueras de silicón, un embudo de 6 onzas y el mismo equipo adicional de botella de deshecho y bomba, ninguno de estos materiales son incompatibles o reaccionan con los productos bioquímicos que maneja.

Como el espectrofotómetro utilizado como ejemplo no es el único en el mercado y como todos tienen la misma disposición pero distintas medidas, se ideó un equipo universal en las cuales solo sea necesario reemplazar un adaptador para montarlo en cualquier espectrofotómetro.

El procedimiento constructivo es el siguiente:

Se dispone de un trozo de tubo PVC de 18 mm de diámetro, el embudo de 6 oz y la micro-cubeta que se

lo instala de acuerdo a la altura que debe penetrar dentro del espectrofotómetro, al tubo se le practican dos aberturas en la parte inferior para permitir el paso del rayo óptico y se introduce la micro-cubeta de plástico, a la cual previamente se le ha practicado un orificio de 2 mm de diámetro y se le acopla un tubo para que sirva como puerto de evacuación de muestra, se adhiere el adaptador a la parte central del tubo dejando un trozo de tubo de 2 mm para que permita el paso del camino de evacuación, ésto va fundido en epoxi; luego se adhiere el embudo a la parte superior utilizando una pistola de goma. Con esto queda concluída la sección de lectura, se construye una válvula de evacuación; así mismo fundiendo tubos de 2 mm dentro de otro de 12 mm de diámetro dejando los respectivos puertos de interconexión y una abertura superior para obturación de vacío. Este dispositivo es adicional y puede ser instalado con esponja de doble adherencia al espectrofotómetro (Figura # 13).

Un frasco de un litro y la bomba de vacío completan el equipo de flujo continuo, se realizan interconexiones con tubo de silicón de 2 mm de diámetro.

Para poder ajustar el cero de transmitancia se trató

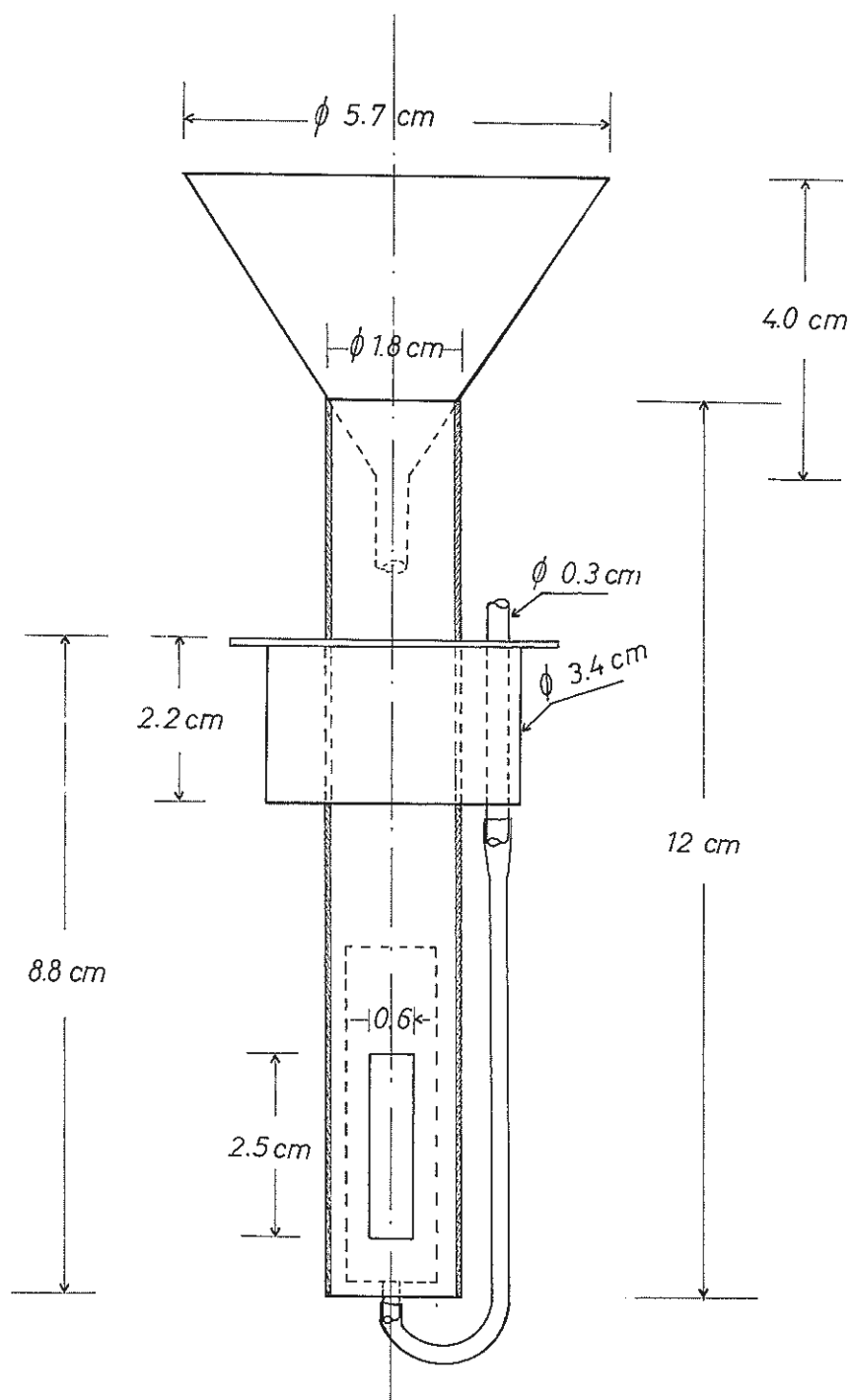


FIG.-11 DISPOSITIVO DE LECTURA EN ESCALA 1.1

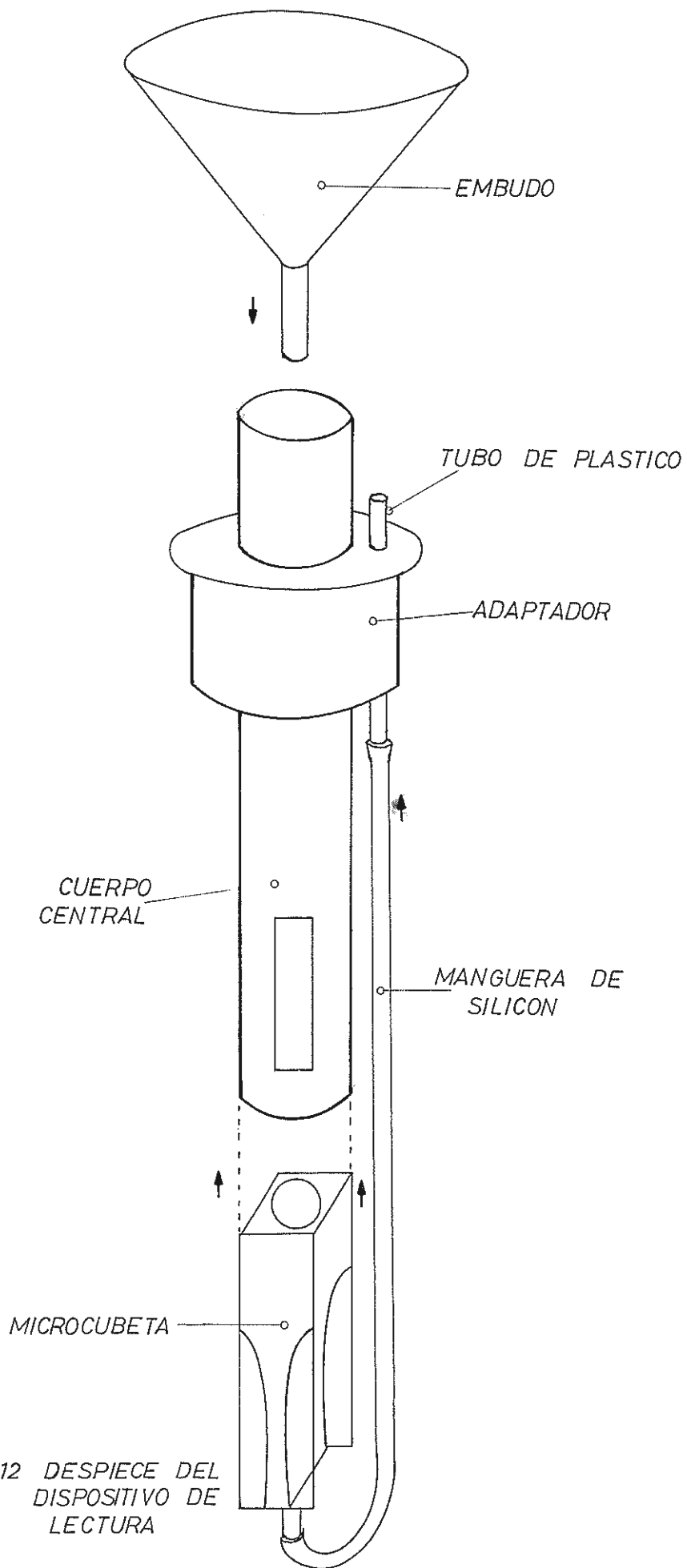


FIG.-12 DESPIECE DEL
DISPOSITIVO DE
LECTURA

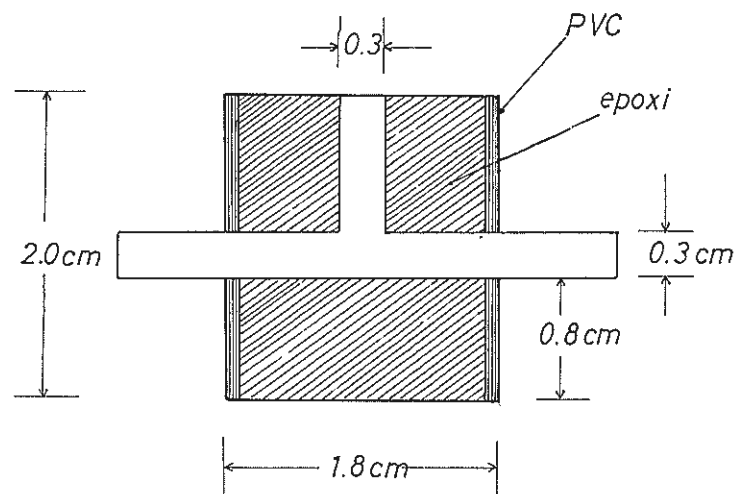
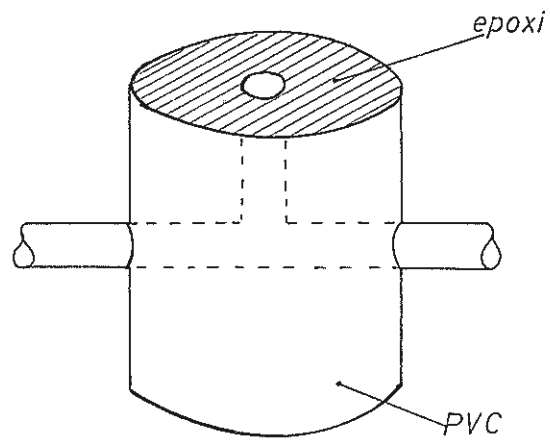


FIG.-13 VALVULA TEE DE EVACUACION



Fig. No. 14 Compartimiento de la Lámpara

inicialmente de hacerlo mediante el mecanismo descrito en 2.1.2, pero fracasó y fue necesario darle una solución inmediata y definitiva, ésto es, apagando la fuente de luz, mediante un sencillo circuito eléctrico, se intercala un pulsador y se lo coloca en la carcasa del espectrofotómetro cuidando no dañar su estética. En la figura No. 14 es posible darse una idea de la ubicación de la lámpara respecto al dispositivo de lectura y el detector, además demuestra lo sencillo que resulta el apagar la lámpara ya que se ve solo dos cables con 6 VDC alimentan la misma, este procedimiento simplificó aún más el equipo y le redujo su costo. Esto es posible realizar en instrumentos de otras marcas ya que todos tienen disposiciones semejantes.

Se seleccionó un frasco de 1 litro como depósito de desechos, un tapón de caucho No. 5 al cual se le practicaron dos agujeros para pasar dos tubos de vidrio de 3 mm. La altura de los tubos es importante, ya que el tubo de succión de aire es más corto que el tubo de succión de deshecho.

3.2 INSTALACION DEL EQUIPO

Una vez terminada la construcción del equipo se procedió a recabar información acerca de los

distintos tipos de espectrofotómetros ya que la profundidad y diámetro de los agujeros que soportan el porta-cubetas son importantes en el diseño de los equipos posteriores, y se encontró que el tamaño diseñado para el instrumento que se tomó como modelo sirve para todos los instrumentos que se encuentran en funcionamiento. Así que se procedió a instalarlo.

PROCEDIMIENTO

Se prepara el espectrofotómetro en una longitud de onda de 520 nm

Se extrae el portacubetas original y se coloca en su lugar el equipo en cuestión. Previamente se mide la altura, se lo desliza dentro del adaptador y se lo alinea de manera que la respuesta del galvanómetro detecte el máximo valor. Se considera determinada la alineación comprobando que la celda se encuentra normal al rayo, luego de esto se la pega con gotas de la misma resina. Este procedimiento debe hacerse para instalar en cualquier otro instrumento de otra marca; luego se acopla la manguera de silicón con el frasco de deshecho y éste a su vez con la bomba de vacío, tee, como se muestra en la secuencia de fotos de la figura No. 15.



BIBLIOTECA



BIBLIOTECA

Fig. No. 15 Fotografía del Equipo Instalado

3.3 PRUEBAS Y ANALISIS

Se realizaron pruebas de movimiento de fluido a través de todo el circuito de la siguiente manera:

- a. Se encendió el equipo y se permitió que se caliente durante 15 minutos, con el pulsador se apaga temporalmente la lámpara para proceder a ajustar el cero de T.
- b. Luego, se introduce 1 mililitro de agua destilada por el embudo de admisión de muestra y se ajusta 100 de T.
- c. Se enciende la bomba -ésta debe estar funcionando todo el tiempo- con el dedo índice se tapa el orificio de la tee y el líquido se mueve en dirección de la botella de deshecho, la cual alcanza una presión de 1.200 mm de H₂O a los 5 segundos, pero se observó que tan solo basta de 2 a 3 segundos para desalojar completamente la muestra.
- d. Se procede luego a hacer un chequeo utilizando una solución de Cobalto.

PREPARACION DE LA SOLUCION DE COBALTO

- a. En un balón volumétrico de un litro, se pone 200

ml de agua destilada y con suma cautela se le añaden 10 ml de ácido clorhídrico concentrado (grado ACS), se agita y se obtiene una solución clorhídrico 1%.

- b. En un balón volumétrico de un litro se ponen de 22 a 23 gm de cloruro de cobalto (grado ACS) y se disuelve con la solución de ácido clorhídrico 1%, se agita y queda preparada la solución de Cobalto.
- c. Se ajusta el espectrofotómetro a una longitud de onda de 500 nm.
- d. Nuevamente se repiten los pasos B y C.
- e. Se introduce la solución de cloruro de cobalto.
- f. Se lee el %T.
- g. Se repite lo mismo desde el paso e para 505, 510, 515 y 520 nm. Con esto se determina un mínimo entre 505 y 515 nm, figura No. 17, lo cual indica que el espectrofotómetro está alineado respecto a la celda.

Otra prueba es posible realizar aprovechando la solución de cloruro de cobalto y es el chequeo de la linealidad fotométrica, ya que la prueba anterior no

certifica en su totalidad si es que las lecturas van a ser concordantes o proporcionales, más específicamente porque pueden existir fallas constructivas que pueden ocasionar distorsión en la forma final del rayo o que existan fugas de luz parásita que puede entrar por el mismo embudo de admisión de muestra.

El procedimiento es el siguiente:

Se ajusta el espectrofotómetro a 510 nm.

Se ajusta cero T con el control de interrupción de luz y el control de ajuste de cero del espectrofotómetro.

Se inserta una muestra de agua destilada y se ajusta 100% T.

Se retira el agua tapando la tee con el dedo índice.

Se inserta la solución de cloruro de cobalto y se anota el valor de la absorbancia.

Cuidadosamente se diluye de 1. l la solución de cloruro de cobalto con otra de 1% de ácido clorhídrico.

Se inserta esta solución y el valor que se espera es exactamente la mitad.

Este procedimiento se explicó en 1.2 y se puede seguir diluyendo y graficando los resultados.

Esto se aplica para determinar si el equipo es confiable y vá a reproducir las lecturas tal como se espera.

Primero hice un estudio comparativo entre lectura con vidriería estándar y luego con Flujo Continuo.

Con el espectrofotómetro en forma estándar y con el monocromador ajustado a 520 nanómetros procedí a encerrarlo con la solución de cobalto, luego lo rebajé al 50% con la solución de HCL y tomé la lectura 50% T.

Lo mismo realicé cambiando a flujo continuo y reproduce el mismo valor lo cual me indica que las pequeñas pérdidas que puedan existir ya sea por reflexión o por fugas de luz son insignificantes. Así mismo determiné exactamente los valores de linealidad fotométrica tal como están graficados en la figura 4.

Como el espectrofotómetro para el cual está diseñado este equipo tiene un ancho de banda espectral de 20 nanómetros. Cualquier tipo de perturbación causada ya sea por pequeñas fugas de luz microburbujas o reflexión son aproximadas dando un resultado promedial, este es el motivo por el cual reproduce exactamente los valores esperados.

Realicé un análisis de los tiempos del proceso para determinar cuán efectivo es en lo que tiene que ver el ahorro del tiempo.

PROCESO	TIEMPO EN SEG. CON EQUIPOS ESTANDAR	TIEMPO EN SEG. CON FLUJO CONTINUO
Ajuste de cero T	15	15
Introducir blanco y ajustar 100% en T	20	12
Evacuar blanco	10	3
Introducir estantes y tomar la lectura	20	12
Evacuar estándar	10	3
Introducir Muestra 1 y tomar lectura	20	12
Evacuar Muestra 1	10	3
Introducir muestra 2 y tomar lectura	20	12
Evacuar muestra 2	10	3
Introducir Muestra n y tomar lectura	20	12
Evacuar muestra n	10	3

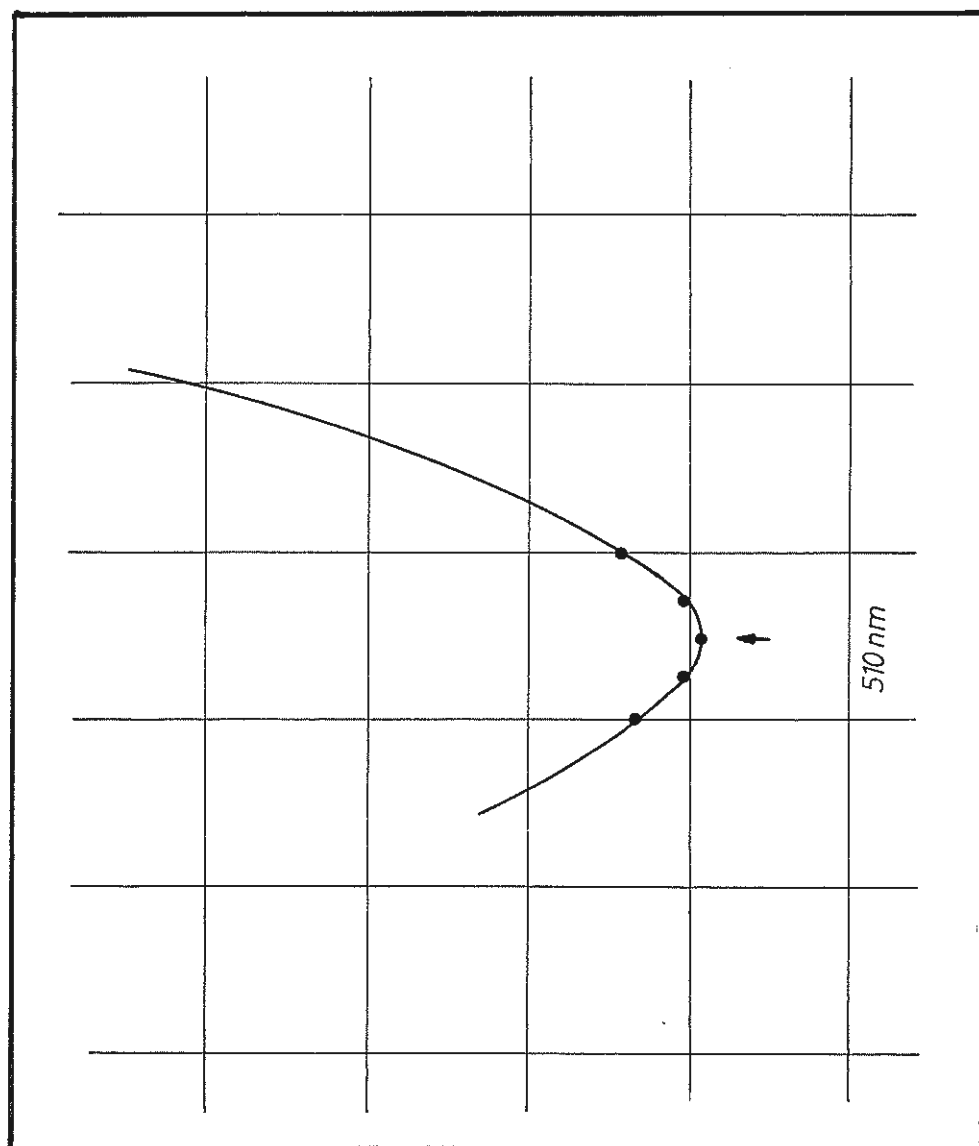


FIG.-16 RESULTADO DE LA CALIBRACION DE LONGITUD DE ONDA USANDO LA SOLUCION DE COBALTO

Tomando 10 muestras determiné que se utilizan 300 segundos con el método tradicional, y 150 segundos con flujo continuo, con un ahorro significativo del 50% en tiempo.

3.4 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Todas las recomendaciones que se enuncian son el producto de la experiencia adquirida en equipos semejantes en donde debido al trabajo invitro que se acostumbra manejan compuestos químicos y orgánicos, los que dejan residuos de películas, de proteínas, grasas y pigmentos.

Todos estos tipos de residuos deben ser removidos mediante un programa de mantenimiento diario, mensual y anual.

MANTENIMIENTO DIARIO

Una vez concluido el trabajo diario debe absorberse agua destilada por 20 segundos, esto se lo hace tapando el puerto con el dedo índice, luego se pasa una solución blanqueadora por 20 segundos, y por último agua destilada por 30 segundos.

CONCLUSIONES

- Se determinó que el equipo de Flujo Continuo resista a todos los reactivos de análisis y que los materiales son inócuos al resultado final y no se produce ningún tipo de interacción entre ambas partes.
- El tiempo de evacuación de 2 a 3 segundos es el mismo empleado por equipos similares instalados en otros equipos.
- Esto a su vez determina un ahorro considerable en el tiempo de análisis secuencial. Cuando con el método tradicional para leer 10 muestras es necesario utilizar 300 segundos, con flujo continuo esto se reduce a la mitad.
- Económicamente, cuando con el método tradicional es necesario introducir 3 mililitros de muestra con flujo continuo se introduce 1 mililitro ya que es la capacidad de éste. Esto representa un considerable ahorro de dinero, ya que el costo de los kits bioquímicos tienen valores que oscilan entre 15.000 y



20.000 sucres a la fecha y recomiendan para 100 pruebas. Con el ahorro volumétrico es posible llegar a obtener 300 pruebas por kit.

- Físicamente el equipo tiene una forma agradable a la vista y no es extremadamente grotesco, a pesar de su construcción artesanal.
- Su costo es menor a uno importado, comparación que hice al equipo de flujo continuo fabricado por CEELM en Brasil que tiene un costo aproximado de 200.000 sucres. He calculado que por 50.000 sucres incluido mi utilidad podría salir al mercado.
- Recomiendo el análisis de la producción de éste o de cualquier otro tipo de instrumento de uso médico o analítico, sea estudiado y desarrollado para evitar al país pérdida de dinero y de recursos tecnológicos de nuestros ingenieros, ya que hay mucho por hacer en esta área.