

86
2 ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO
PARA ELABORAR PELICULAS DE VYNS O CELULOSA
CON ESPESORES CONTROLADOS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
FERNANDO PATLAN CARDOSO

ASESORES: DR JAIME KELLER TORRES (F.O./F.E.S.-C. U.N.A.M.)
FIS. ALFONSO CORTES PALACIOS (I.N.I.N.)
DR. ARTURO BECERRIL VILCHIS (I.N.I.N.)

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

258747



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Diseño y construcción de un dispositivo para elaborar Películas
de Vyns 6 Celulosa con espesores controlados".

que presenta el pasante: Fernando Patlán Cardoso.

con número de cuenta: 8402909-0 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 12 de Enero de 1998

PRESIDENTE Dr. Jaime Keller Torres

VOCAL Fis. Jesús Cruz Guzmán

SECRETARIO M. en C. Ramón Fuentes Villaseñor

PRIMER SUPLENTE Ing. Jaime Rodríguez Martínez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Juan González Vega

RECONOCIMIENTOS :

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (I.N.I.N) por facilitar sus instalaciones para realizar este trabajo. En particular al personal del Centro de Metrología de Radiaciones Ionizantes por su valiosa ayuda.

Al Dr. Jaime Keller Torres, director de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la U.N.A.M., por su asesoría, sus valiosos comentarios, sugerencias y el apoyo constante otorgado para la realización de este trabajo.

Al Fís. Alfonso Cortés Palacios y al Dr. Arturo Becerril Vilchis del Laboratorio de Patrones Radiactivos del I.N.I.N. por su apoyo incondicional, necesario para llevar a cabo este trabajo.

Al Dr. Jorge Rickards Campbell del Instituto de Física de la U.N.A.M. y al Dr. Armando Ortiz Rebollo del Instituto de Investigaciones en Materiales de la misma casa de estudios por prestar sus instalaciones para realizar los ensayos del Perfilómetro.

Al Sr. Felipe del Real y Cabrera del Laboratorio de Manufactura de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la U.N.A.M. por su colaboración en la fabricación del dispositivo.

Al Dr. José Alberto Figueroa Becerra del Centro de Metrología de Radiaciones Ionizantes del I.N.I.N. por su valiosa ayuda y su constante apoyo.

Al Sr. Luis Bribiesca Sánchez del Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica del I.N.I.N. por transmitirme desinteresadamente todos aquellos conocimientos adquiridos durante largos años de práctica profesional.

Finalmente, mi más sincero reconocimiento a la Srta. Irma Ortiz Patricia del Laboratorio de Patrones Radiactivos del I.N.I.N. , quien sin su ayuda, estoy seguro, no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS :

A MIS PADRES :

Carmen Cardoso Lara y Daniel Patlán Pérez

De quienes no tengo palabras para expresarles mi gratitud.

Al Dr. Ariel Tejera Rivera Pionero en las aplicaciones de las ciencias nucleares en México é iniciador de este proyecto.

A mi queridísima Claudia Vargas de Jesús por su constante aliento y confianza.

Este trabajo fue realizado en las instalaciones del Laboratorio de Patrones Radiactivos del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Prefacio

Este trabajo forma parte de una serie de estudios realizados en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares para la elaboración de fuentes radiactivas patrón. En particular se trata de la elaboración de fuentes radiactivas emisoras β - γ . La importancia del desarrollo de una técnica adecuada para su elaboración radica en que el campo de aplicación de las mismas crece día con día. La medicina, la ingeniería, la biología, la agricultura y aún la arqueología y las artes no han podido escapar al influjo e impacto de las ciencias nucleares. Pero, ¿Qué son las fuentes radiactivas?, ¿Qué es un soporte para una fuente radiactiva?, ¿Como seleccionar el material de elaboración de éstos?, ¿Qué técnica deberemos utilizar para optimizar la fabricación de los mismos?. Estas y otras dudas serán tratadas a lo largo del desarrollo de este trabajo.

El desarrollo del trabajo se lleva a cabo de la siguiente manera : En el capítulo I se presenta la introducción y el objetivo del trabajo. En el capítulo II se definen una serie de conceptos que se considera serán de utilidad a lo largo de todo el trabajo. Entre estos temas se mencionan al modelo de la estructura atómica y molecular; se muestra una descripción muy general de lo que es la radiación nuclear y se dan algunas de sus características. Se menciona en que consiste la ley del decaimiento radiactivo y se da una breve descripción de la interacción de las partículas Alfa con la materia. Se mencionan brevemente los métodos más comunes de detección de la radiación nuclear, haciendo énfasis en el sistema de detección con detector de barrera superficial.

En el capítulo III se refieren los distintos métodos de elaboración de los soportes para fuentes emisoras β - γ . Se presenta la elaboración de los soportes para fuentes radiactivas puntuales hechos a base de películas de Vyns ó Celulosa. Se describe la técnica para elaborar películas de Vyns ó Celulosa por el método tradicional; se muestran las ventajas y/o desventajas del método y partiendo de lo anterior se propone un dispositivo para elaborar las mismas. Se procede a llevar a cabo el desarrollo experimental que se deberá realizar para perseguir los objetivos trazados. Se comienza con el desarrollo de la metodología planeada. Posteriormente se describen las técnicas empleadas para la medida de los espesores de película. Se describe el método del Apilamiento y el método de la pérdida de energía para la medida de los espesores de película. Se menciona además al Perfilómetro como una opción para medir los espesores de película.

En el capítulo IV se presentan los resultados, se discuten los mismos y se dan las conclusiones correspondientes. Todo el procedimiento se llevó a cabo únicamente para el Vyns, debido a que la inversión de tiempo para realizarlo en la Celulosa es muy grande. Sin embargo, se hace énfasis en que las técnicas utilizadas para el Vyns siguen la misma tónica en el caso de la Celulosa. Finalmente, se proporciona una amplia bibliografía de consulta, la cual fue muy utilizada en el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO.

I.- Introducción.

II.- Algunos conceptos básicos de la detección de la radiación nuclear.

II.1.- Estructura Molecular y Atómica.

II.2.- La radiación nuclear.

II.3.- Desintegración radiactiva.

II.4.- Interacción de la radiación con la materia.

II.4.1.- Absorción de las partículas Alfa.

II.4.2.- Absorción en sustancias diferentes al aire.

II.5.- Detección de la radiación nuclear.

II.5.1.- Principio básico de detección de la radiación nuclear.

II.5.2.- Sistema de detección con detector de Barrera Superficial.

II.5.3.- Detectores de Barrera Superficial.

II.6.- La elaboración de soportes de Vyns ó Celulosa para fuentes radiactivas puntuales.

III.- Desarrollo Experimental.

III.1.- Método utilizado actualmente para la elaboración de películas de Vyns ó Celulosa en el laboratorio de patrones radiactivos del ININ.

III.2.- Técnicas que se emplearon para la medida de espesores de película.

III.2.1.- Medida del espesor de película por la técnica del Apilamiento.

III.2.2.- Medida del espesor de película por el método de la pérdida de energía.

III.2.3.- El Perfilómetro. Otro método para obtener la medida del espesor de las películas de Vyns ó de Celulosa.

III.3.- Diseño y construcción de una máquina para elaborar películas de Vyns ó Celulosa con espesores controlados.

IV.- Resultados y discusión.

IV.1.- Resultados obtenidos de la medida del espesor de las películas de Vyns elaboradas por el método tradicional.

IV.1.1.- Resultados obtenidos de la medida del espesor de las películas de Vyns por la técnica del Apilamiento.

IV.1.2.- Resultados obtenidos de la medida del espesor de las películas de Vyns por el método de la pérdida de la energía.

IV.1.3.- Resultados obtenidos de la medida del espesor de las películas de Vyns por medio del uso del Perfilómetro.

IV.1.4.- Obtención de la medida del espesor másico de una película de Vyns.

IV.2.- Pruebas de funcionamiento de la máquina a distintas condiciones de operación.

IV.2.1.- Condiciones de operación para el Vyns.

IV.2.2.- Condiciones de operación para la Celulosa.

IV.3.- Discusión.

IV.4.- Conclusiones.

Bibliografía.

1.- INTRODUCCION

Actualmente, en el Laboratorio de Patrones Radiactivos del Departamento de Metrología del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares se realizan estudios para la elaboración de fuentes radiactivas patrón (fuente radiactiva es aquel material ó instrumento que emite radiaciones (8)), las cuales sirven para calibrar instrumentos y equipos con los que se realiza la medida de la actividad radiactiva de materiales. Estos equipos son utilizados en la medicina é industrias diversas tales como la alimenticia y energética entre otras.

La elaboración de los diferentes tipos de fuentes radiactivas se lleva a cabo depositando el material radiactivo de interés sobre superficies de material inerte con la geometría deseada ó dentro del volumen del recipiente que tenga la forma geométrica que se requiera. Estas superficies ó recipientes de material inerte constituyen los soportes de las fuentes radiactivas. Hay una gran variedad de soportes (9). La forma del soporte depende de la aplicación de la fuente radiactiva.

Entre los soportes de tipo especial se encuentran los que se hacen con películas de Vyns ó de Celulosa. El método que se usa actualmente para elaborar los soportes tiene el inconveniente de que no permite un control sobre el espesor de la película, además de que la elaboración de éstas depende en gran medida de la habilidad y pericia de la persona encargada de ejecutar el proceso, ya que este es casi artesanal. Estos soportes son utilizados para la elaboración de fuentes radiactivas para la detección de partículas β (partículas cargadas). Debido a su carga eléctrica interaccionan con los electrones y núcleos de la materia a través de sus campos eléctricos, por lo que no es necesario que sufran interacciones directas para ceder su energía. El resultado de esta característica es que estas partículas sean detenidas por cantidades relativamente pequeñas de materia, es decir, por delgadas capas de material. De lo anterior se deduce que si se elaboran fuentes radiactivas con capas delgadas de material, se permitirá el paso del mayor número posible de partículas beta. De tal manera que si se elaboran fuentes radiactivas con películas delgadas es posible obtener fuentes de fluencia beta en las que la autoabsorción sea mínima. De esto se puede observar que si se puede controlar el espesor de la película, también se puede controlar la calidad de la fuente radiactiva.

Por lo tanto se pensó en el diseño de una máquina que automatizara el proceso de elaboración de las películas, para obtener éstas con un espesor deseado y al mismo tiempo lo más homogéneas posible. Este es el tema principal de este trabajo, construir una máquina que

II.- ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS DE LA DETECCION DE LA RADIACION NUCLEAR.

El Vyns es un polímero al cual químicamente se le conoce como Acetato cloruro de Polivinilo; la Celulosa es un polímero un poco más conocido. Estos materiales se utilizan para elaborar películas plásticas con las que se fabrican los soportes para un tipo especial de fuentes radiactivas; las fuentes radiactivas puntuales con mínima capacidad de absorción de radiación particular. En este capítulo se abordarán una serie de tópicos, los cuales nos serán de mucha utilidad a lo largo del desarrollo de este trabajo. Cabe señalar que no se trata de hacer un tratado en la materia, sino simplemente proporcionar al lector los conceptos fundamentales necesarios para aquel que no está familiarizado con el tema.

II.1.- ESTRUCTURA MOLECULAR Y ATÓMICA.

La materia en general está formada por moléculas, las moléculas están formadas por átomos y los átomos están formados por partículas sub-atómicas. Estas partículas sub-atómicas se conocen como protones, electrones y neutrones. Los protones tienen carga eléctrica positiva, los electrones tienen carga eléctrica negativa, los neutrones carecen de carga. Los protones y neutrones están fuertemente unidos por fuerzas nucleares de corto alcance y forman lo que se conoce como el núcleo del átomo, mientras que los electrones se encuentran girando a su alrededor ligados a él por fuerzas coulombianas de largo alcance.

Un núcleo correspondiente a un elemento determinado se identifica por el número de protones que tiene. Este número se designa con la letra "Z" y se le conoce como el número atómico. El número másico se designa con la letra "A" y se le define como la suma del número de protones más el número de neutrones. Los protones y neutrones generalmente se conocen como "Nucleones" debido a su presencia en el núcleo atómico.

De lo anterior se deduce que :

$$A = Z + N$$

Donde :

N = Número neutrónico ó número de neutrones en el núcleo.

Un núcleo atómico suele representarse con su símbolo químico, su número másico y su número atómico. El número másico suele colocarse como superíndice antes del símbolo químico del elemento y el número atómico se coloca como subíndice atrás del símbolo químico del elemento en cuestión. Si por ejemplo, estamos hablando del elemento Potasio el cual tiene 19 protones y 21 neutrones en su núcleo, entonces estaríamos hablando de un elemento con número atómico 19 y número másico 40, de tal manera que su representación sería de la siguiente manera : ${}_{19}^{40}\text{K}$. Sin embargo, la forma más común de representar a un núcleo, es por su número másico. Esta representación se realiza colocando enfrente del símbolo químico del elemento el número másico de este, de tal manera que para el ejemplo anterior la representación quedaría como sigue : K- 40; y se leería Potasio 40.

Hay algunos núcleos que, para el mismo número de protones, tienen distinto número de neutrones. Estos elementos presentan características químicas idénticas pero diferentes grados de estabilidad. Los átomos correspondientes a estos elementos se conocen con el nombre de "Isótopos". Todos los elementos que se encuentran en la naturaleza con número atómico mayor de 83 son inestables (8). En general, la inestabilidad de un núcleo se debe a un exceso de energía en el mismo. Esta energía se libera en forma de radiaciones. A la propiedad de emitir energía en forma de radiación al desintegrarse un núcleo, Maria Curie la llamó "Radiactividad". A todos los Isótopos inestables suele llamarseles "Radisótopos". Una gran variedad de Radisótopos ha sido creada por el hombre en aceleradores de partículas y en reactores nucleares.

II.2.- LA RADIACION NUCLEAR.

Un núcleo radiactivo al desintegrarse emite energía en forma de radiaciones; a esta radiación suele llamarse "Radiación Nuclear".La radiación nuclear consta de partículas subatómicas y rayos Gamma.

Las partículas más comunes de la radiación nuclear son el neutrón, el protón, las partículas α , el positrón, electrones ó partículas β , fragmentos de fisión y el neutrino. Además de estas partículas, la radiación nuclear se puede presentar en forma de energía electromagnética, la que se conoce comunmente como radiación Gamma.

Los tipos de radiación que son de interés en este trabajo son las partículas α y β (observadas por primera vez a fines del siglo pasado por H. Becquerel y Pierre y Maria Curie) así como los rayos γ .

Las partículas α son núcleos de Helio y se componen de dos protones y dos neutrones. De esta manera, si un núcleo al desintegrarse emite una partícula α , su número atómico disminuye en dos unidades, mientras que su número másico disminuye en cuatro. Por consiguiente, este núcleo se transforma en otro diferente, el cual corresponde a un elemento químico distinto. Por ejemplo, el ${}_{226}\text{Ra}^{88}$ emite una partícula α y pasa a ser ${}_{222}\text{Rn}^{86}$.

Las partículas β son electrones de carga $-e$. Por lo tanto, cuando un núcleo emite una partícula β su número atómico aumenta en una unidad, pero su número másico no se altera. Un ejemplo de esto es el caso del ${}_{131}\text{I}^{53}$, emite radiación β y se convierte en ${}_{131}\text{Xe}^{54}$ (44). Algunos radisótopos, en lugar de emitir electrones emiten positrones con carga $+e$; entonces el núcleo resultante disminuye su número atómico en una unidad y aparece un nuevo neutrón, de tal manera que el número másico no es afectado. Un ejemplo de esto es el caso del ${}_{64}\text{Cu}^{29}$, emite un positrón y se convierte en ${}_{64}\text{Ni}^{28}$. Los dos tipos de desintegraciones se designan como β^- y β^+ respectivamente. Los núcleos hijos ó núcleos residuales como se les conoce comunmente, en la mayoría de los casos quedan en estado excitado, y en la transición a su estado base emiten rayos γ .

II.3.- DECAIMIENTO RADIOACTIVO.

Se ha observado que todos los procesos radiactivos no importando el tipo de desintegración de la que se trate siguen una ley exponencial (8). Dicha ley esta definida por la siguiente expresión, la cual es la ley de decaimiento radiactivo :

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(II.3.1)$$

Donde :

- N** = Número de núcleos radiactivos que quedan después de un tiempo t.
- N₀** = Número inicial de núcleos inestables ó radiactivos.
- λ** = Constante de decaimiento. La constante de decaimiento es una característica de cada radisótopo, se expresa en seg^{-1} (ó en la inversa de cualquier otra unidad de tiempo).

Otra de las características de un radisótopo es su vida media. La vida media de un isótopo radiactivo (designada con la letra "T") se define como el tiempo en el cual el número de núcleos radiactivos disminuye a la mitad de los que había al comienzo. De esta manera, si inicialmente tenemos N_0 núcleos radiactivos; después de un tiempo " T " tenemos $N_0/2$ núcleos radiactivos; después de un tiempo " 2T " tenemos $N_0/4$ núcleos radiactivos y así sucesivamente (Fig. II.1).

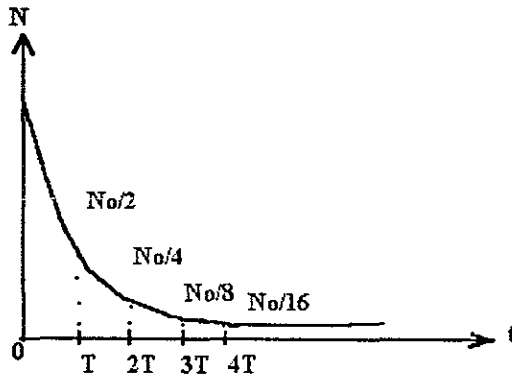


Fig. II.1.- Ley de decaimiento radiactivo.

Si hacemos :

$$N = \frac{1}{2} N_0 \quad \text{y} \quad t = T$$

Y lo sustituimos en la ecuación II.3.1, tenemos :

$$\frac{1}{2} N_0 = N_0 e^{-\lambda T}$$

Entonces :

$$e^{-\lambda T} = \frac{1}{2}$$

Aplicando logaritmos en ambos lados, tenemos :

$$\text{Ln} (e^{-\lambda T}) = \text{Ln} (1/2)$$

$$-\lambda T = \text{Ln } (1/2)$$

Esto implica que :

$$\lambda T = \text{Ln } 2$$

Por lo tanto :

$$T = (\text{Ln } 2)/\lambda = 0.693/\lambda$$

Las vidas medias van desde un gran número de años hasta unos cuantos segundos. Por ejemplo, la vida media del In-115 es de aproximadamente 6×10^{14} años, mientras que la del Be-8 es de 10^{-16} seg (44).

Una representación gráfica de la ec. II.3.1 puede verse en la figura II.1. En esta figura puede verse el comportamiento de la desintegración radiactiva en función del tiempo. Por medio de la ec. II.3.1, podemos encontrar la rapidez con la que los núcleos se desintegran. Derivando con respecto al tiempo en ambos lados de la ec. II.3.1 :

$$\frac{dN}{dt} = \frac{d(N_0 e^{-\lambda t})}{dt}$$

Tenemos que :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

Pero como :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Entonces :

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

Esto indica que la tasa de desintegración dN/dt es proporcional al número de núcleos presentes, es decir, N disminuye siempre en la misma proporción dada por la constante λ . Al valor absoluto $|dN/dt|$ se le conoce como la actividad de la sustancia. La actividad de la sustancia se expresa en Becquerels, abreviado Bq, en honor de Henri Becquerel. El Becquerel se define como la actividad de una sustancia en la cual se desintegra un núcleo por segundo. La antigua unidad de actividad que ya está en desuso es el Curie, abreviado Ci en honor de Pierre y Maria Curie. Un Curie es igual a 3.700×10^{10} desintegraciones por segundo.

II.4.- INTERACCION DE LA RADIACION CON LA MATERIA.

La forma de interaccionar de la radiación con la materia varía de acuerdo al tipo de radiación ionizante de la que se trate. De esta manera, las partículas cargadas tales como las α 's, β 's, protones, etc. ; interaccionan de manera distinta a como lo hacen las radiaciones sin carga (rayos X, rayos Gamma y neutrones). En este trabajo únicamente hablaremos de la interacción de las partículas α con la materia , ya que estas se utilizarán para la medida del espesor de las películas de Vyns ó Celulosa.

II.4.1.- Absorción de las partículas Alfa.

Cuando a un átomo se le proporciona una cierta cantidad de energía, puede ocurrir que uno ó varios de sus electrones cambien a un nivel de energía mas alto. Este fenómeno es conocido como excitación. Ahora bien, si a este átomo se le aplica una energía mayor entonces uno ó varios de sus electrones logran romper las ligaduras que tienen con el átomo y convertirse en electrones libres. Este proceso es denominado como el fenómeno de ionización, en el cual el átomo original se convierte en un ión positivo y el electrón expulsado es un electrón libre.

Cuando las partículas α interaccionan con la materia, estas pierden energía por medio de la excitación y ionización de los átomos del material con el cual están interaccionando. Esta pérdida de energía es debida a la Interacción, por medio de los campos coulombianos de las

partículas α con los electrones del material. A este proceso en el cual las partículas Alfa pierden el total de su energía al interactuar con la materia se le conoce con el nombre de Absorción.

El cálculo de la pérdida de energía de las partículas cargadas debidas a la excitación é ionización fueron hechos por Livingston y Bethe (10). Las pérdidas de energía por unidad de longitud, dE/dx , se conocen como el Stopping Power (poder de frenamiento) del material. Este se expresa como (8) :

$$-\frac{dE}{dx} = \left(\frac{1}{mv^2}\right)(4 \pi e^4 Z^2 N B)$$

Donde :

E , Z , y v = Energía cinética, carga y velocidad respectivamente de la partícula primaria.

N = Número de partículas por cm^3 .

Z = Número atómico del material absorbente.

B = Número de "Stopping".

Los simbolos "e" y "m" son conocidos comunmente como carga electrónica y masa electrónica respectivamente. Esta ecuación no funciona cuando la energía de las partículas α es menor de 0.1 MeV. No hay expresión para dE/dx en esta región. Cabe señalar que la energía de las partículas α depende de la especie radiactiva de interés, y su energía cinética puede alcanzar hasta los 10 MeV inclusive. Además, las partículas α son monoenergéticas y casi todas recorren la misma distancia en un medio dado. Su estudio puede hacerse directamente de un haz colimado de partículas α producido por una delgada fuente radiactiva. Una fuente radiactiva delgada es una fuente tal, que las pérdidas de energía por autoabsorción en esta son despreciables (8).

11.4.2.- Absorción en sustancias diferentes al aire.

Se han realizado muchos estudios experimentales y teóricos acerca de la relación alcance-energía de las partículas pesadas en una gran variedad de sustancias Taylor (15) revisó el estado de estas investigaciones.

El alcance de las partículas pesadas en otros materiales distintos al aire puede ser calculado directamente por el uso de la fórmula teórica de Livingstone y Bethe (10). Una compilación extensiva de curvas para semejante fin ha sido hecha por Aron, Hoffman y Williams (16). Más recientemente, Rich y Madey (17) extendieron este trabajo.

Una fórmula empírica que nos permite calcular el alcance R_A de las partículas α en un material de masa atómica A es (8) :

$$R_A (\text{mg/cm}^2) = 0.56 R (\text{cm}) A^{1/3}$$

Donde :

R = Alcance, expresado en cm, de las partículas α de energía E , en el aire a 15 °C y 760 mmHg.

El alcance en el aire de las partículas Alfa para distintas energías ya se ha reportado en la literatura. William J. Price (8) presenta tablas de alcance de las partículas Alfa en el aire a distintos niveles de energía y condiciones atmosféricas estándar (15 ° C y 760 mmHg).

El alcance en el material expresado en centímetros, se obtiene dividiendo R_A entre $10^3 \rho$, donde ρ es la densidad del material en g/cm^3 .

Al alcance de una partícula Alfa se le puede definir como la distancia en la cual estas pierden el total de su energía en un medio dado. Como ya se había dicho con anterioridad, las partículas Alfa interaccionan con la materia a través de sus campos eléctricos, razón por la cual van perdiendo energía al cederla a todos y cada uno de los átomos del material con el cual van interaccionando. Esto indica que mientras más átomos se presenten en su camino, mayor será la energía que pierdan por unidad de longitud y trayectoria y por lo tanto menor será el alcance; esto quiere decir que mientras mayor sea el espesor másico del material con el cual están interactuando mayor será la energía que pierdan por unidad de trayectoria; razón por la cual se utilizan para la medida de espesores muy delgados de película.

II.5.-DETECCION DE LA RADIACION NUCLEAR.

El análisis de procesos en los cuales intervienen materiales radiactivos involucra la presencia de la radiación nuclear. El análisis de estos procesos requiere de técnicas que no sólo revelen el paso de la radiación, sino que también nos proporcionen información sobre las propiedades de la misma. Necesitamos conocer el tiempo de tránsito, la velocidad, el momentum, la energía y algunas propiedades intrínsecas tales como la carga, la masa y aún la dirección del Spin de algunas partículas. En general, ningún método de detección proporciona la información necesaria para llevar a cabo un experimento tan completo.

En el caso que nos atañe nos interesa detectar el paso de partículas cargadas y determinar su número y energía. Las partículas cargadas se detectan por medio de la excitación ó ionización de las moléculas de un material al ser atravesado por estas. Este material ó volúmen de material es conocido como el volumen sensible del detector. La ionización es la propiedad por la cual también se realiza la detección de las radiaciones sin carga (rayos X, rayos Gamma y neutrones), ya que por medio de una colisión de estas con una partícula cargada se produce ionización (8).

Muchos instrumentos de detección estan basados en la producción de ionización en un gas, tal es el caso de la cámara de ionización, el contador Geiger Müller y el contador proporcional. Hay otros instrumentos de detección que son de menor uso que los anteriores, pero que también se basan en la ionización de un gas, entre estos podemos mencionar a la cámara de niebla, la cámara de burbujas y la cámara de chispas .

Otros detectores basan su medida en el fenómeno conocido como luminiscencia. este fenómeno consiste en la emisión de luz al interaccionar la radiación con la materia. Un ejemplo de este tipo de detectores es el contador de centelleo, el cual al interaccionar la radiación con este, produce una serie de destellos individuales. El número de partículas que incide sobre el volúmen sensible del detector es proporcional al número de destellos ó centelleos que se cuentan.

Hay otros tipos de detectores que utilizan semiconductores de estado sólido. Entre estos detectores podemos mencionar a los de Germanio Hiperpuro y a los de barrera superficial. Los de Germanio Hiperpuro sirven principalmente para la espectrometría de radiación Gamma. Los de barrera superficial sirven principalmente para la detección de partículas Alfa. En general, la elección del tipo de detector estará determinada por el tipo de

radiación a detectar, la cantidad de radiación detectada, así como su energía y sus propiedades.

Resumiendo, los métodos de detección más empleados (8) se basan en el uso de :

- a) Placas Fotográficas.
- b) Detectores por Ionización de gases.
- c) Centelleadores.
- d) Detectores Semiconductores

En este trabajo el detector que nos interesa es el Detector de Barrera Superficial, ya que con éste es con el que realizaremos las medidas del espesor de las películas de Vyns ó Celulosa por medio de la atenuación de un haz de partículas Alfa. Para explicar el funcionamiento de este detector nos basaremos en el principio básico de detección de la radiación nuclear.

II.5.1.- Principio básico de detección de la radiación nuclear.

Uno de los sistemas más comúnmente empleados en la detección de la radiación nuclear se basa en la recolección de los iones positivos y electrones libres que esta produce al interactuar con la materia. El dispositivo básico para coleccionar estos iones y electrones libres se muestra en la fig. II.2.

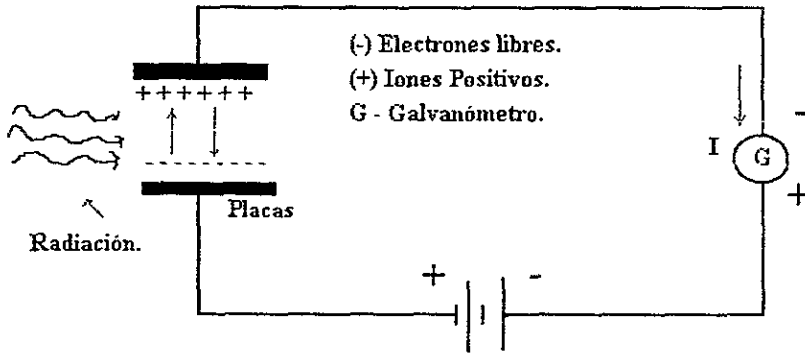


Fig. II.2.- Dispositivo básico de detección de la radiación nuclear.

Como podrá apreciarse, la radiación incide en un medio dado y produce ionización. Al producirse la ionización se generan electrones libres y iones positivos. En las terminales del medio antes mencionado se aplica un alto voltaje, de tal manera que los electrones libres sean atraídos al extremo ó terminal positiva de la fuente de alto voltaje y los iones positivos a la terminal negativa; produciéndose con esto que circule una corriente en el Galvanómetro. La intensidad de la corriente medida por el Galvánometro es proporcional a la intensidad de la radiación incidente, determinándose así las características de la misma.

De acuerdo al tipo de medio con el cual se hace interactuar a la radiación es la forma en que se clasifican los detectores. Por ejemplo, cuando el medio es un gas suele llamarseles detectores gaseosos. El medio que nos interesa en estos momentos es un material semiconductor, ya que el detector de barrera superficial esta construído a base de un material semiconductor que es el Silicio por lo que éste es un tipo de detector semiconductor. El funcionamiento de un sistema de detección con detector de barrera superficial se muestra a continuación.

II.5.2.- Sistema de detección con detector de Barrera Superficial.

Como se mencionó anteriormente, los detectores de radiación entregan corrientes eléctricas que pueden ser medidas. Estas corrientes pueden ser analizadas en sistemas electrónicos y obtener así las características correspondientes a la radiación que las produce. El sistema para detectar a la radiación es el que se muestra en la fig. II.3.

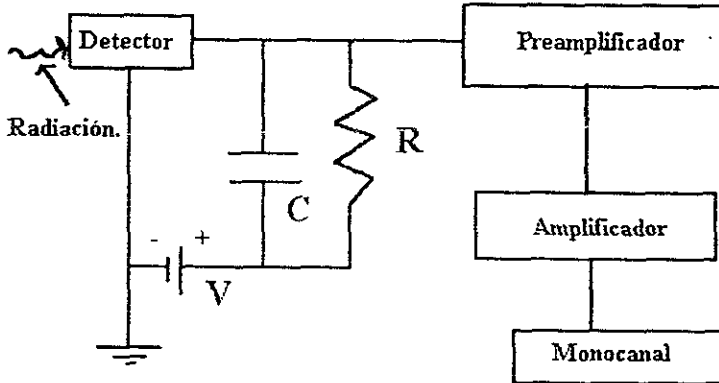


Fig. II.3.- Sistema básico de detección de la radiación nuclear.

Como ya se mencionó, al interactuar la radiación con el detector se producen iones positivos y electrones libres, los cuales son colectados por el voltaje V . Todas estas cargas son almacenadas en el capacitor C , las cuales nos generan un voltaje. Este voltaje se descarga por medio de la resistencia R , obteniéndose a la entrada del Preamplificador un pulso eléctrico. Este pulso tiene una duración de tiempo muy grande (del orden de 50 a 100 $\mu s.$), y además es muy poco útil para fines prácticos debido a su forma. Por lo tanto es necesario el uso de un amplificador que proporcione ganancia al pulso y al mismo tiempo le de forma. La función primordial del preamplificador es la de acoplar la impedancia existente entre el detector y el amplificador. En este caso la forma del pulso a la salida del amplificador es de tipo gaussiana, es decir, es una curva simétrica. El objeto de que sea simétrico el pulso es para poder medir con el mínimo de error la altura de este (42). Posteriormente este pulso se entrega a un dispositivo conocido como Monocanal. Este Monocanal tiene la función de registrar el número de pulsos entregados por el detector en un intervalo dado de energías. Con el Monocanal y un contador de pulsos se puede conocer el número de pulsos entregados por el detector y la

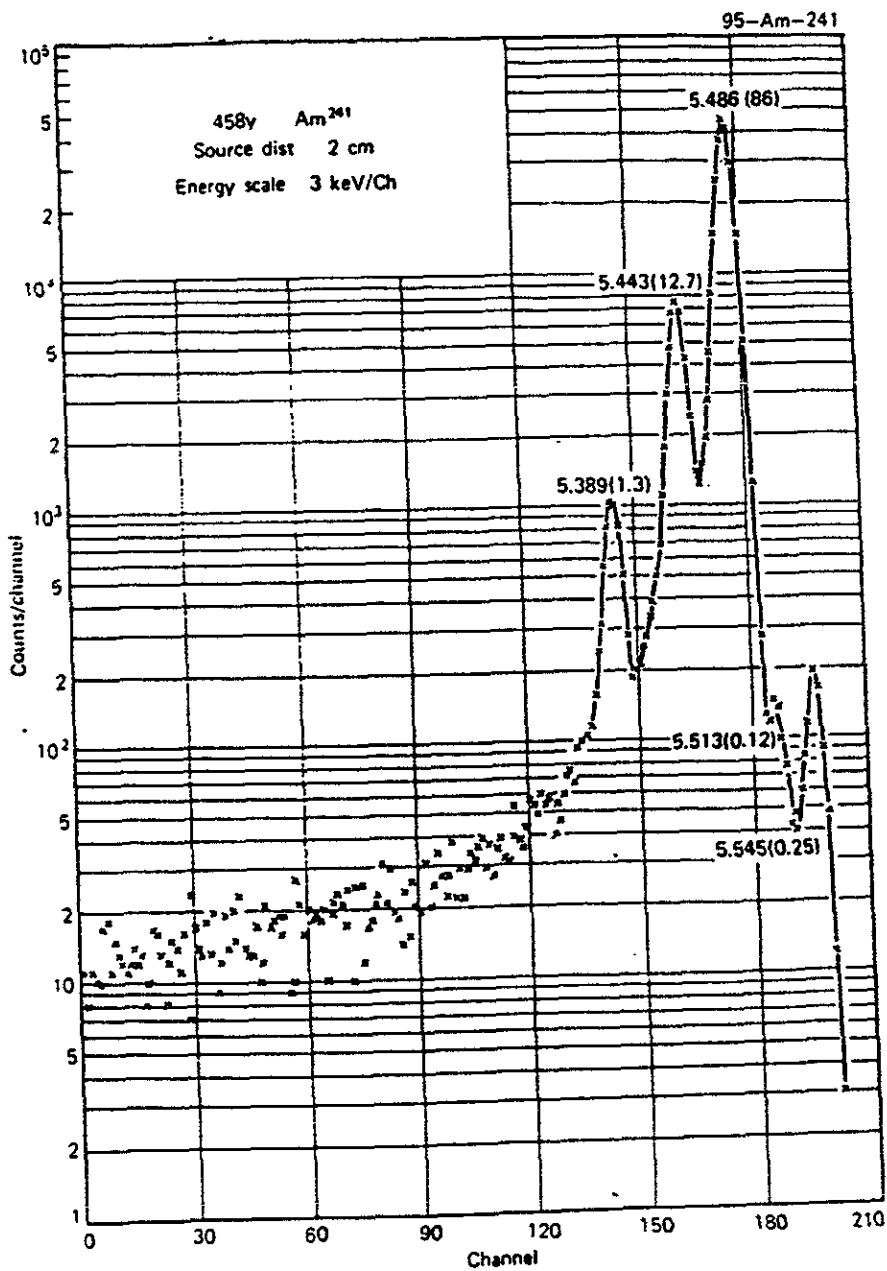


Fig. II.4.- Espectro Alfa del Am-241, registrado por un detector de barrera superficial (tomado de Glenn F. Knoll (42)).

magnitud de la energía de los mismos. El número de pulsos entregados por el detector es igual al número de partículas ó radiaciones electromagnéticas interaccionantes con el detector. Si nosotros graficamos el número de pulsos contra la amplitud de los mismos, obtenemos lo que se conoce con el nombre de espectro. Un aspecto muy importante que hay que tomar en cuenta en el estudio del espectro es que la forma del mismo es característica del tipo de radiación de la que se trate. En la fig. II.4 se muestra el espectro de emisión Alfa característico del Am-241. Un dispositivo que proporciona la información de un gran número de Monocanales es el Multicanal. El Multicanal nos proporciona directamente el espectro de la radiación interaccionante en el detector. La importancia del estudio del Espectro radica en que el parámetro que se utilizará para medir el espesor de las películas de Vyns ó Celulosa es precisamente el desplazamiento del pico de un espectro de Alfas.

Ahora bien, ya que conocemos como funciona un sistema básico de detección de la radiación nuclear, lo trasladaremos a un sistema de detección con detector de barrera superficial. El sistema de detección con detector de barrera superficial se muestra en la fig. II.5.

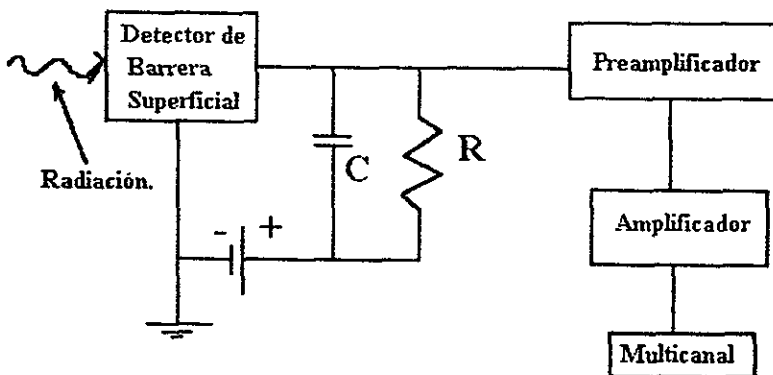


Fig. II.5.- Sistema de detección con detector de Barrera Superficial.

Como puede apreciarse en la fig. II.5, la única diferencia de un sistema básico de detección con el sistema de detección con detector de barrera superficial son el detector y el Multicanal; por lo tanto lo que restaría es explicar el funcionamiento de un detector de barrera superficial.

II.5.3.- Detectores de Barrera Superficial.

El Germanio ó el Silicio son semiconductores. Estos semiconductores al ser dopados con algunos elementos tales como el Fósforo ó el Boro se convierten en materiales conocidos como tipo P ó tipo N (35). Un material tipo P es portador de cargas positivas en su mayoría y un material tipo N es portador de cargas negativas.

Si se realizara un empalme entre estos dos materiales y se aplicara un voltaje en sus extremos como se muestra en la fig. II.6, las cargas positivas estarían conectadas con la terminal positiva de la fuente de voltaje y las cargas negativas a la terminal negativa de la misma. Debido a esto, hay una repulsión mutua entre cargas y terminales. Ahora bien, como el material tipo P tiene una gran cantidad de hoyos producidos por la falta de un electrón, los electrones libres del material tipo N tienden a ocupar los huecos del material tipo P, y a su vez ser atraídos por la terminal positiva de la fuente, generándose una corriente eléctrica en el circuito. Cabe hacer mención que este es el principio de funcionamiento de un diodo en polarización directa.

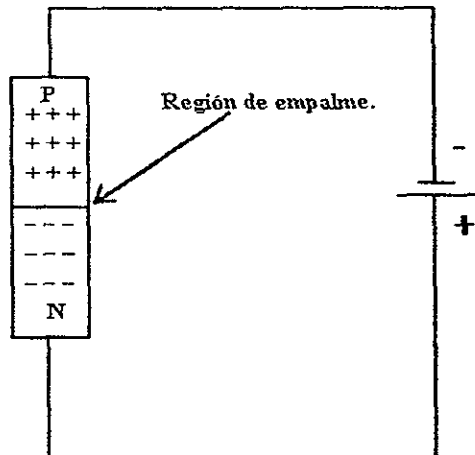


Fig. II.6.- Polarización directa.

Ahora, si por el contrario se polariza a estos materiales de manera inversa, las cargas positivas tenderían a irse hacia la terminal negativa de la fuente de voltaje y las cargas negativas hacia la terminal positiva. Esto ocasionaría que sucediera algo parecido a lo que se muestra en la fig. II.7.

Como puede apreciarse en esta figura, la región de empalme crece y el arreglo asemeja a un aislante en medio de dos electrodos. Este es el principio de funcionamiento de un diodo polarizado inversamente, y a su vez es también el principio de funcionamiento de un detector de barrera superficial.

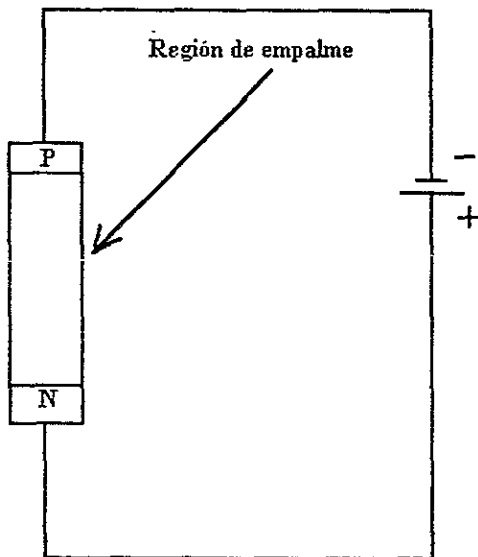


Fig. II.7.- Polarización inversa.

Entonces, tenemos un medio aislante entre dos electrodos en los cuales se aplica un alto voltaje. Los electrodos harían las veces de las placas de la fig. II.2 y el medio aislante sería donde interaccionaría la radiación, ó sea el volumen sensible del detector. El alto voltaje nos serviría para recolectar los iones y electrones libres producidos durante la ionización y de esta manera poder cuantificar las características de la radiación detectada.

Cabe señalar que el nombre de detector de barrera superficial es debido a que una de las dos capas de material (ya sea tipo P ó tipo N) es muy delgada (42). La causa fundamental de este tipo de construcción se debe a que las partículas Alfa son detenidas por espesores muy delgados de material y si fuera una capa muy gruesa las partículas Alfa no podrían ser detectadas, debido a que no podrían atravesarla hasta alcanzar el volumen sensible del detector.

II.6.- LA ELABORACIÓN DE SOPORTES DE VYNS O CELULOSA PARA FUENTES RADIATIVAS PUNTUALES.

Un soporte de Vyns ó Celulosa para fuente radiactiva puntual consiste de una película plástica de Vyns ó Celulosa sobre una rondana de acero inoxidable. Con el objeto de que toda la superficie de esta película sea conductora, se le deposita una capa de oro por evaporación en sus dos caras. Este procedimiento es descrito en detalle por Yves Le Gallic (3). El proceso de metalización de las películas queda fuera del alcance de este trabajo, por lo tanto solo se hablará de la elaboración de la película y su montaje en la rondana de acero inoxidable.

Daris & St. Pierre (21) nos describen una técnica para elaborar películas de Vyns para utilizarse en la fabricación de fuentes radiactivas para espectroscopía beta. En este trabajo Daris & St. Pierre nos mencionan que el control del espesor de las películas puede realizarse por variación de la dimensión de la superficie de extensión de la película y por variación de la concentración de la solución con que se elaboran. Ellos afirman haber obtenido espesores de película de 5 a 30 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

N. Kudomi, et. al. (42) desarrollaron una técnica para elaborar películas con el mismo propósito de Daris & St. Pierre. Sus películas fueron hechas con Mylar y el espesor máximo obtenido por ellos es de 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

K.F. Lauer & V. Verdingh (26) elaboraron películas de Vyns y/o Celulosa para el mismo fin. El espesor máximo que ellos reportan es de 10-100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Yves Le Gallic (3) elaboró películas de Polietileno y Poliestireno con espesores máximos de 100 mg/cm^2 . Elaboró películas de Mylar con espesores de 1 mg/cm^2 . Además propone el método para elaborar las películas de Vyns ó Celulosa. Este método tiene la ventaja de ser bastante sencillo (aunque rudimentario) y nos permite obtener películas con espesores máximos del orden de 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

De acuerdo a lo antes citado, se puede decir que las películas de Vyns y/o Celulosa son mucho más delgadas que las fabricadas con otro material, razón por la cual fueron seleccionadas para elaborar las fuentes radiactivas patrón.

El método para elaborar las películas de Vyns ó Celulosa que se utiliza actualmente se presenta en el siguiente capítulo.

ción de la
mostrará el
) Celulosa.
sor de las
cesidad de
be resaltar
as otras; el
is a llevar a
inalmente y
na que va a

lulosa en el

las rondanas
fig. III.1. Las
en en la fig.
) La técnica

po de
a mezcla la

b) Preparación de la solución de Celulosa :

Se disuelven 2 g. de Celulosa en 100 ml. de Acetato de Isoamilo. La Celulosa se corta en pajitas lo más delgadas posible. La disolución se hace por medio de un agitador magnético a una temperatura de 50 °C; el tiempo de disolución es de una hora aproximadamente. Esta mezcla en lo sucesivo la llamaremos la solución de Celulosa.

2) Preparación de las Películas de Vyns y de Celulosa.

A continuación se describe el procedimiento de fabricación :

a) Lavar las rondanas de acero inoxidable, la charola, los cilindros de acero inoxidable (cilindros tipo A) y el brazo giratorio (de preferencia dar una enjuagada en agua bidestilada). Las rondanas, los cilindros tipo A, la charola y el brazo giratorio se limpian con acetona primeramente y después con alcohol. Esto se hace para eliminar los residuos de grasa. El número de rondanas y cilindros utilizados es de acuerdo al número de películas que se quieran elaborar.

b) El fondo de la charola se pone horizontal con ayuda de un nivel de gota, esto con el objeto de que tanto la superficie de las rondanas como el brazo giratorio queden paralelos a la superficie del agua. De este modo el contacto de la superficie del agua con la franja de Vyns ó de Celulosa será mucho más homogénea, además de que la adhesión de las rondanas con la película será mucho más uniforme.

c) Se llena la charola con agua, la cual debe ser desmineralizada, ya que de esta manera garantizamos la pureza química de la misma. El nivel del agua debe llegar a cubrir las rondanas y los cilindros (el arreglo de las rondanas y los cilindros en la charola es el mostrado en la fig. III.1).

d) Se aplica en la ceja inferior del brazo giratorio una franja de la solución de Vyns ó una franja de la solución de Celulosa según sea el caso; ayudándonos con un Picnómetro (este paso también se ilustra en la fig. III.1).

CHAROLA ADAPTADA CON UN BRAZO HORIZONTAL PARA LA ELABORACION DE LAS PELICULAS DE VYNS O CELULOSA.

PICNOMETRO CON VYNS O CELULOSA.

BRAZO EMATORIO.

FRANJA DE VYNS O CELULOSA.

CILINDROS TIPO A.

ROMANA

AGUA

MANUEIRA DE DESAQUE

PIRZAS.

RECIPIENTE.

ADOT: cm.

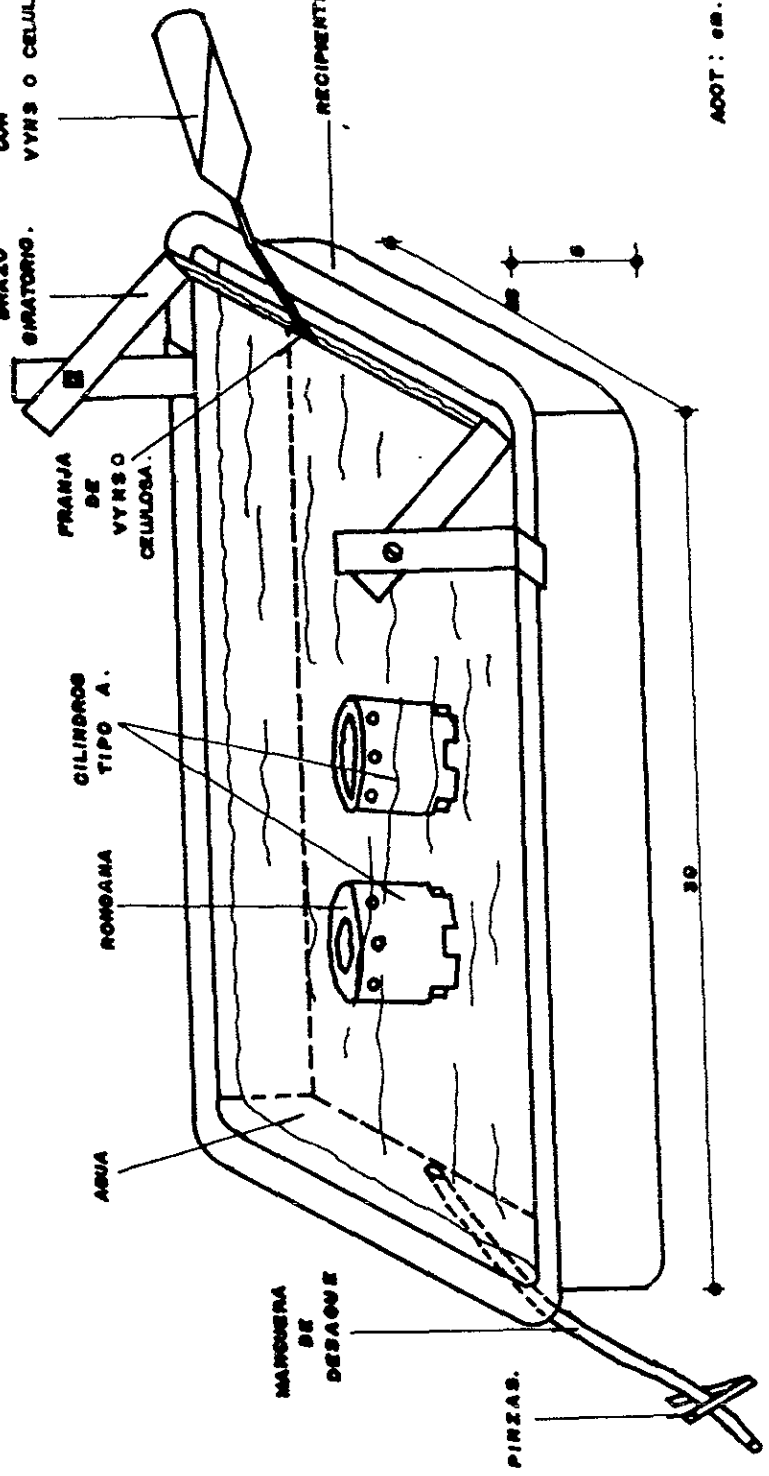
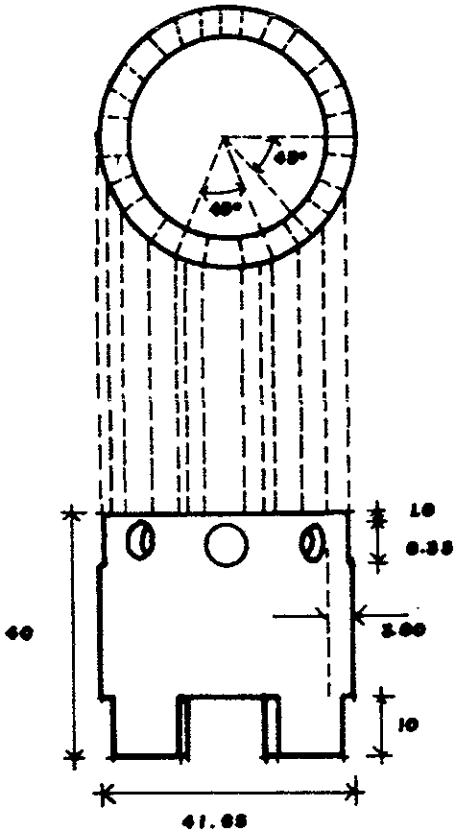


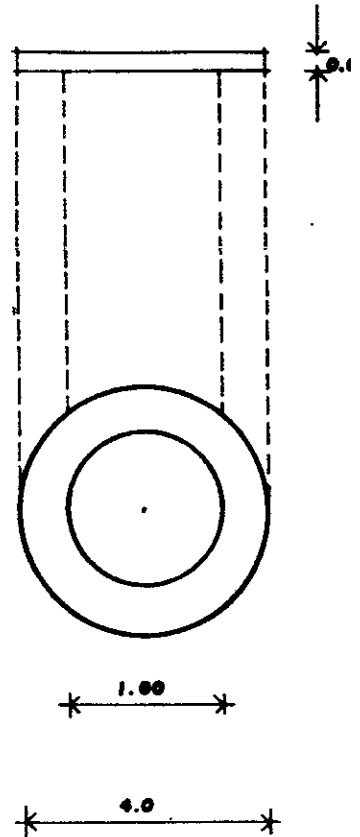
Figura III.1



CILINDRO - TIPO A.

MATERIAL : ACERO INOXIDABLE

ACOT: mm.



**RONDANA DE ACERO
INOXIDABLE**

ACOT: cm.

**Figure III . 1.A.: CILINDROS Y RONDANAS DE ACERO
INOXIDABLE .**

III.- DESARROLLO EXPERIMENTAL.

En este capítulo presentaremos las técnicas empleadas; desde la preparación de la película y la medida de su espesor, hasta el diseño de la máquina. Primeramente se mostrará el método con el que tradicionalmente se están elaborando las películas de Vyns ó Celulosa. Posteriormente se mostrarán las técnicas empleadas para la medida del espesor de las películas. Como carecemos de un patrón de medida de espesor, tenemos la necesidad de obtener uno. Para la obtención de este patrón se lleva la técnica del apilamiento. Cabe resaltar que esta es solo una forma de obtener este patrón, ya que pueden haber muchas otras; el Perfilómetro es un ejemplo de esto. Ya con nuestro patrón de medida procederemos a llevar a cabo la medición del espesor de películas elaboradas por el método tradicional. Finalmente y en base a todo lo visto anteriormente, se hará la proposición del diseño de la máquina que va a construirse.

III.1.- Método utilizado actualmente para la elaboración de películas de Vyns ó Celulosa en el Laboratorio de Patrones Radiactivos del ININ (7).

Para la elaboración de la película de Vyns ó Celulosa y su montaje sobre las rondanas de acero inoxidable, hasta ahora se ha utilizado el dispositivo mostrado en la fig. III.1. Las rondanas y los cilindros (los cuales en lo sucesivo llamaremos tipo A), se describen en la fig. III.1.A. La charola es de Aluminio y el brazo giratorio es de acero inoxidable. La técnica utilizada consiste de dos pasos (3) :

1) Preparación de la solución de Vyns y de Celulosa.

a) Preparación de la solución de Vyns :

Se disuelven 0.5 g. de Vyns en 4.5 ml. de Ciclohexanona (el tiempo de disolución es del orden de 48 horas a temperatura ambiente). Esta mezcla la llamaremos en lo sucesivo la solución de Vyns.

b) Preparación de la solución de Celulosa :

Se disuelven 2 g. de Celulosa en 100 ml. de Acetato de Isoamilo. La Celulosa se corta en pajitas lo más delgadas posible. La disolución se hace por medio de un agitador magnético a una temperatura de 50 °C; el tiempo de disolución es de una hora aproximadamente. Esta mezcla en lo sucesivo la llamaremos la solución de Celulosa.

2) Preparación de las Películas de Vyns y de Celulosa.

A continuación se describe el procedimiento de fabricación :

a) Lavar las rondanas de acero inoxidable, la charola, los cilindros de acero inoxidable (cilindros tipo A) y el brazo giratorio (de preferencia dar una enjuagada en agua bidestilada). Las rondanas, los cilindros tipo A, la charola y el brazo giratorio se limpian con acetona primeramente y después con alcohol. Esto se hace para eliminar los residuos de grasa. El número de rondanas y cilindros utilizados es de acuerdo al número de películas que se quieran elaborar.

b) El fondo de la charola se pone horizontal con ayuda de un nivel de gota, esto con el objeto de que tanto la superficie de las rondanas como el brazo giratorio queden paralelos a la superficie del agua. De este modo el contacto de la superficie del agua con la franja de Vyns ó de Celulosa será mucho más homogénea, además de que la adhesión de las rondanas con la película será mucho más uniforme.

c) Se llena la charola con agua, la cual debe ser desmineralizada, ya que de esta manera garantizamos la pureza química de la misma. El nivel del agua debe llegar a cubrir las rondanas y los cilindros (el arreglo de las rondanas y los cilindros en la charola es el mostrado en la fig. III.1).

d) Se aplica en la ceja inferior del brazo giratorio una franja de la solución de Vyns ó una franja de la solución de Celulosa según sea el caso; ayudándonos con un Picnómetro (este paso también se ilustra en la fig. III.1).

CHAROLA ADAPTADA CON UN BRAZO HORIZONTAL PARA LA ELABORACION DE LAS PELICULAS DE VYNS O CELULOSA.

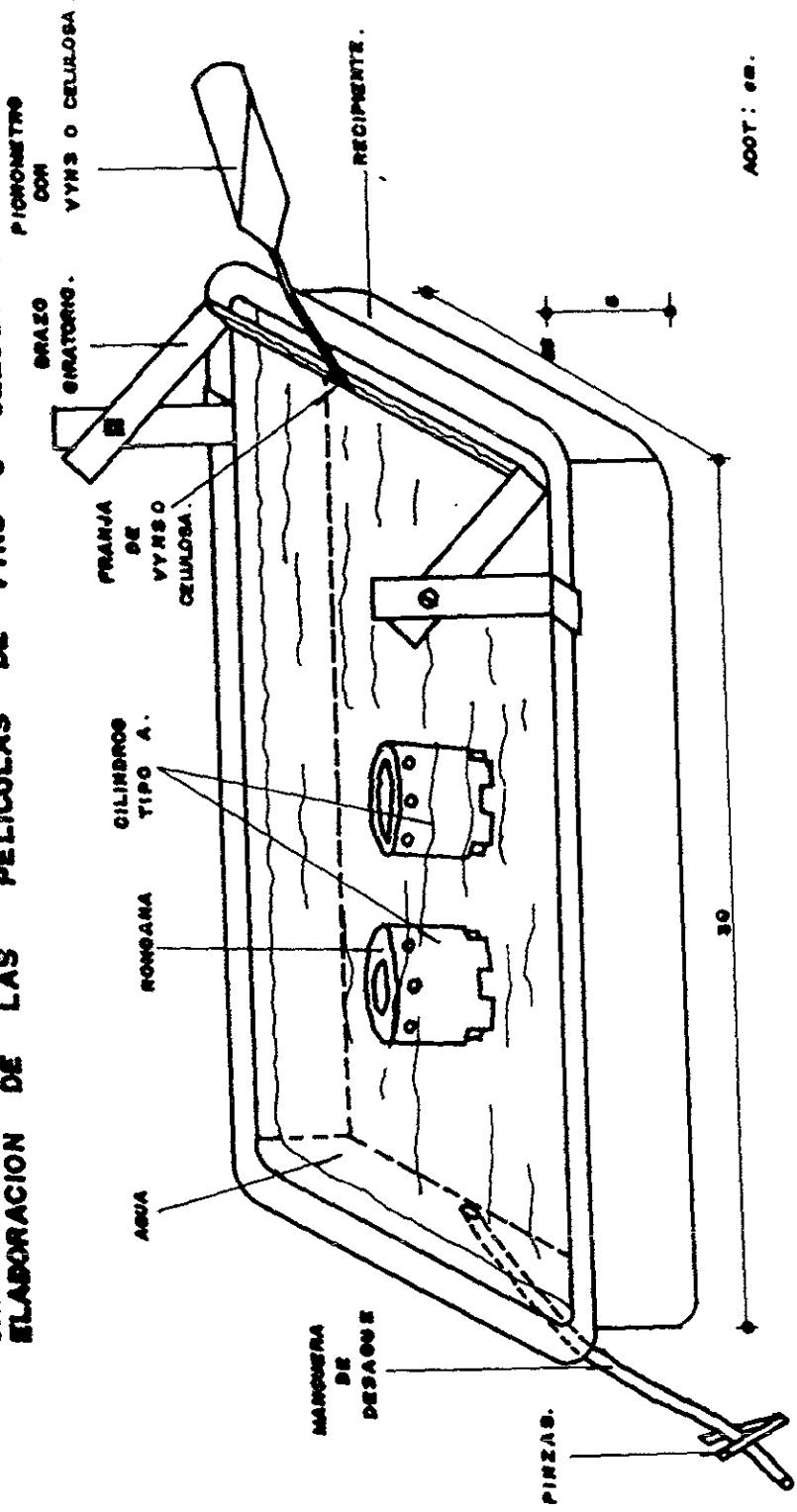
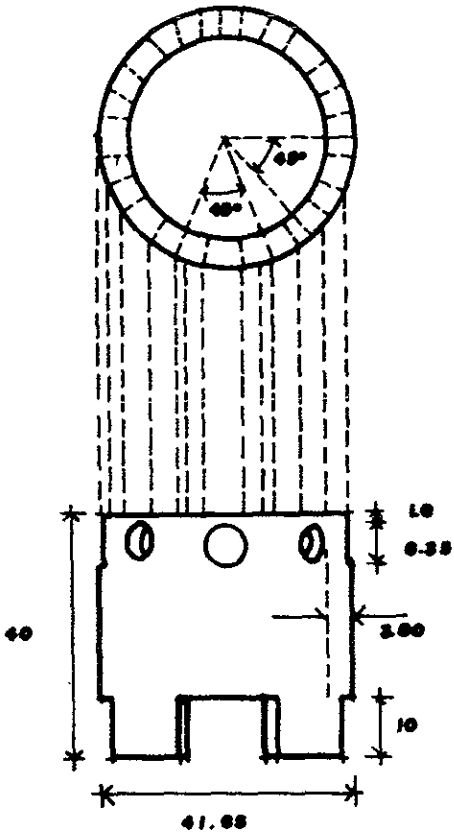


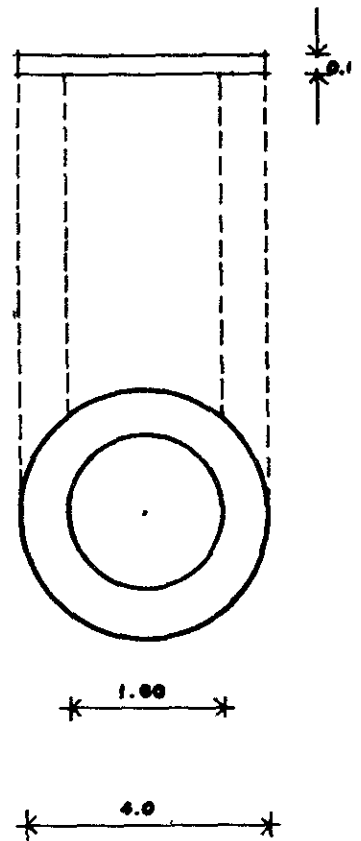
Figura III.1



CILINDRO TIPO A.

MATERIAL : ACERO INOXIDABLE

ACOT: mm.



RONDANA DE ACERO INOXIDABLE

ACOT: cm.

Figure III . 1.A.: CILINDROS Y RONDANAS DE ACERO INOXIDABLE .

e) Se pone en contacto la ceja inferior del brazo giratorio con el agua por un momento (tres segundos aproximadamente). Al contacto de la solución de Vyns ó Celulosa con el agua, una película de Vyns ó Celulosa se extenderá en la superficie de la misma. Se saca el brazo giratorio del agua y con un bisturí se corta la película a lo largo del brazo giratorio, de tal manera que la película quede desprendida de éste (en el caso de que se esté elaborando una película de Vyns, el bisturí deberá estar mojado en Ciclohexanona y en el caso de que se trate de la elaboración de una película de Celulosa el bisturí deberá estar mojado en Acetato de Isoamilo, esto para que el bisturí corte la película al disolverla con la Ciclohexanona ó el Acetato de Isoamilo según sea el caso).

f) Se acomoda la película de Vyns ó Celulosa sobre las rondanas y los cilindros de tal manera que cubra perfectamente a la mayoría de estos. Esto se realiza jalando a la película de sus extremos con la punta del bisturí, procurando no dañar a la misma.

g) Se evacua el agua de la charola y la película de Vyns ó Celulosa baja con el nivel del agua y se adhiere a las rondanas de acero inoxidable. En el caso de la Celulosa hay que tomar en cuenta que el tiempo de polimerización de la película es de un mínimo de dos horas aproximadamente. El Vyns polimeriza casi al contacto con el agua desmineralizada.

h) Se corta con el bisturí mojado en Ciclohexanona ó Acetato de Isoamilo (según sea el caso), la película que cubre a cada rondana. Dicho corte se hace a lo largo de la periferia de la rondana de acero inoxidable (solamente aquellas películas que esten totalmente transparentes son las que pueden ser utilizadas como soportes para fuentes radiactivas, ya que el color en la película denota inhomogeneidad de la misma, lo cual implica distintos espesores de película).

i) Se sacan del agua los cilindros y rondanas con su respectivo recubrimiento de película de Vyns ó de Celulosa y se secan a temperatura ambiente.

Como puede apreciarse, el procedimiento es muy rudimentario y el grueso de las películas esta condicionado al azar, razón por la cual se pretende construir una máquina que nos permita controlar el proceso.

III.2.- TECNICAS QUE SE EMPLEARON PARA LA MEDIDA DE ESPESORES DE PELÍCULA.

Como se había mencionado con anterioridad, uno de los objetivos trazados es el de controlar el espesor de las películas. Por lo tanto, surge la necesidad de tener un método confiable para medir el espesor de las mismas. En este apartado trataremos las distintas técnicas que se utilizaron para la medida del espesor de las películas.

III.2.1.- Medida del espesor de una película por la técnica del Apilamiento.

Este método consiste en el apilamiento de una cantidad "X" de películas y la medida del espesor en distintos puntos del apilamiento. El espesor de "X" películas apiladas entre el número de estas nos dará el espesor promedio de una de las "X" películas apiladas. Para desarrollar esta técnica nos auxiliaremos de lo siguiente :

Material y Equipo :

- 1) Un Micrómetro digital marca Mytutoyo, modelo BNA 77.
- 2) Un Portaobjetos de vidrio.
- 3) Un tubo de cobre (Fig. III.2).
- 4) Una hoja blanca de papel Bond tamaño carta.
- 5) Ciclohexanona y Acetato de Isoamilo.

Desarrollo :

Se procede de la siguiente manera :

- 1) Medir con el micrómetro digital el espesor de un portaobjetos de vidrio en distintos puntos de su superficie.
- 2) Repetir el procedimiento anterior en distintos portaobjetos.
- 3) Para cada portaobjetos obtener la media aritmética, la desviación estándar (SD) y la desviación estándar en porcentaje (% SD) de su espesor con los datos obtenidos en los puntos (1) y (2).

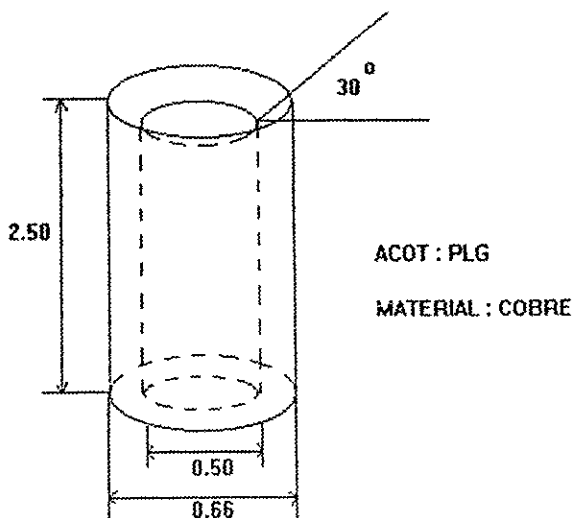
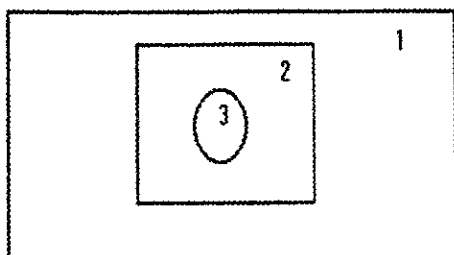


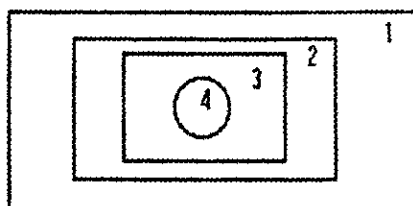
FIG. III.2.- Cortador de Películas de Vyns ó Celulosa.

- 4) Seleccionar el portaobjetos cuya desviación estándar de la medida de su espesor ó desviación estándar en porciento sea la menor, ya que éste será el de espesor más homogéneo.
- 5) Desprender la película de Vyns ó Celulosa de la rondana de acero inoxidable con la ayuda de un cortador de cobre (Fig. III.2).
- 6) Apilar sobre el portaobjetos seleccionado "X" películas de Vyns ó Celulosa. Para el apilamiento de estas, se llevará a cabo el siguiente procedimiento :
 - a) Sobre una hoja blanca de papel Bond tamaño carta se dibujará el contorno de la película. Dicha hoja deberá estar fija sobre una mesa de trabajo (Fig.III.3).
 - b) Sobre el dibujo del contorno de la película se colocará el portaobjetos seleccionado, de tal forma que quede lo más centrado posible sobre el contorno de la película de Vyns ó Celulosa (Fig. III.4) y fijo a la hoja de papel.



- 1) Mesa de trabajo.
- 2) Hoja de papel Bond blanca.
- 3) Dibujo del contorno de la película de Vyns ó Celulosa.

FIG. III.3



- 1) Mesa de trabajo.
- 2) Hoja de papel Bond blanca.
- 3) Dibujo del contorno de la película de Vyns ó Celulosa.
- 4) Portaobjetos.

Fig. III.4

c) Colocar sobre el portaobjetos una rondana de acero inoxidable con su respectiva película, procurando que la película quede lo más centrada posible sobre el dibujo del contorno (Fig. III.5). Con el cortador de películas, desprender la película de Vyns ó Celulosa de la rondana de acero inoxidable y colocarla en el portaobjetos. Para realizar esto, se procede de la siguiente manera :

i) Humedecer con un algodón impregnado con Ciclohexanona (si se trata de películas de Vyns) ó con Acetato de Isoamilo (si se trata de películas de Celulosa) el filo del cortador de películas.

ii) En el arreglo descrito en (c), colocar el cortador de películas, de tal forma que el filo de este quede en contacto con el contorno de la película.

iii) Girar el cortador 30° alrededor de su eje vertical longitudinal.

iv) Desplazar la rondana de acero inoxidable a lo largo del cortador y hacía arriba, como se muestra en la Fig. III.6.

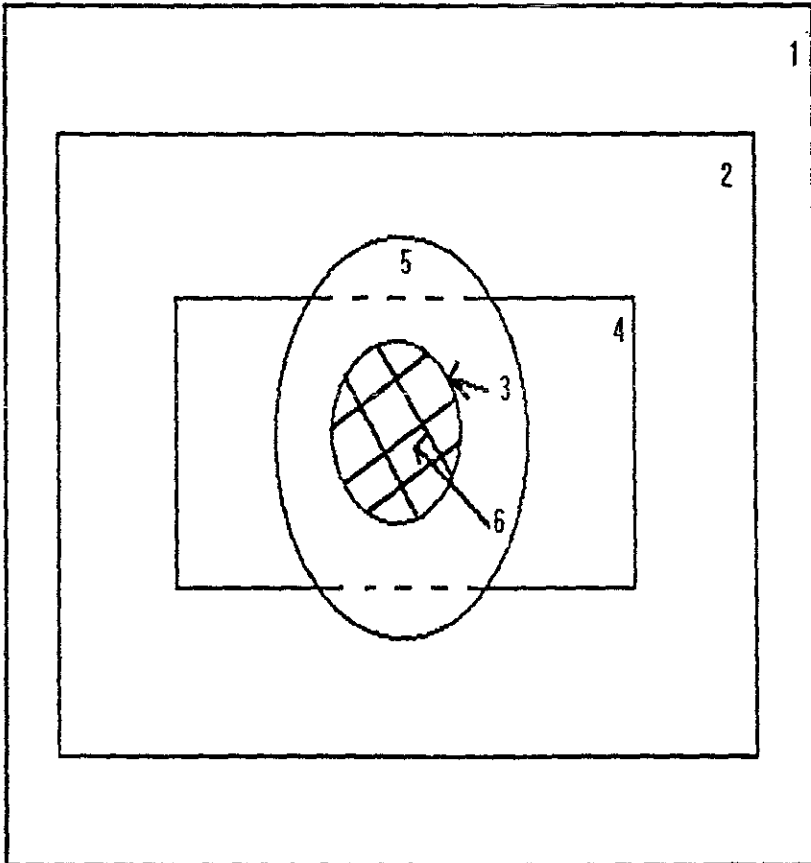
v) Retirar el cortador y la rondana de acero inoxidable, de esta manera solamente la película quedará sobre el portaobjetos.

vi) Repetir los procedimientos (c) i), ii), iii), iv) y v) hasta apilar el número "X" de películas seleccionado. Mientras más grande sea "X", la precisión de la medida aumenta ya que aumenta el tamaño de la muestra.

6) Medir con el micrómetro digital el espesor de las "X" películas apiladas sobre el portaobjetos en distintos puntos del apilamiento

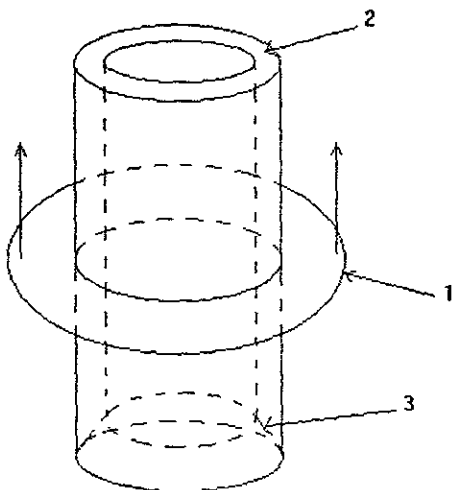
7) Con estos datos obtener la media aritmética, la SD y % SD y restar a la media del apilamiento + portaobjetos la media del espesor del portaobjetos, de esta manera obtendremos el espesor promedio del apilamiento.

8) Obtener el espesor promedio de cada película dividiendo el espesor promedio del apilamiento entre el número "X" de películas apiladas.



- 1) Mesa de trabajo.
- 2) Hoja blanca.
- 3) Dibujo del contorno de la película de Vyns ó Celulosa.
- 4) Portaobjetos.
- 5) Rondana de acero inoxidable.
- 6) Película de Vyns ó Celulosa.

Fig. III.5



- 1) Rondana de acero inoxidable.
- 2) Cortador de películas de Vyns ó Celulosa.
- 3) Filo interior del cortador de películas de Vyns ó Celulosa.

Fig. III.6.- Proceso de corte de las películas de Vyns ó Celulosa.

III.2.2.- Medida del espesor de película por el método de la pérdida de energía.

Este método está basado en la pérdida de energía que sufren las partículas Alfa al interactuar con la materia. Para realizar esta medición se usará lo siguiente :

Material y Equipo :

1) Espectrómetro Alfa que consiste de :

- a) Fuente de C.D. CANBERRA 3005R.
- b) Preamplificador ORTEC 142.
- c) Amplificador ORTEC 450.
- d) Bomba mecánica de vacío marca Edwards modelo FS-200.
- e) Detector de barrera superficial marca ORTEC.
- f) Medidor de vacío Sargent Welch modelo 1516.
- g) Campana de vacío marca ORTEC.
- h) Multicanal CANBERRA SERIE 35/PLUS.

2) Una fuente radiactiva emisora Alfa.

Un diagrama de bloques del arreglo a utilizarse se muestra en la Fig. III.7. La fuente radiactiva emisora de Alfas que se utilizará es una de Am-241, con las siguientes características : fuente radiactiva electrodepositada con una actividad de $1874 \alpha/\text{seg } 2\pi$ (La elección de esta fuente se debe a que la vida media del Am-241 es de 432.7 ± 0.5 años, por lo tanto su actividad podrá considerarse como constante durante el tiempo que se usará para estas medidas). El tiempo de conteo será de 500 s.

Desarrollo :

1) Se coloca la fuente de Am-241 en la campana de vacío a una distancia de 22.5 mm. del detector de Alfas (detector de barrera superficial).

2) Se conecta la bomba mecánica de vacío a la campana de vacío para obtener en esta una presión de $17.5 \mu\text{mHg}$. aproximadamente. Dicha lectura la observaremos en el medidor de vacío Sargent Welch.

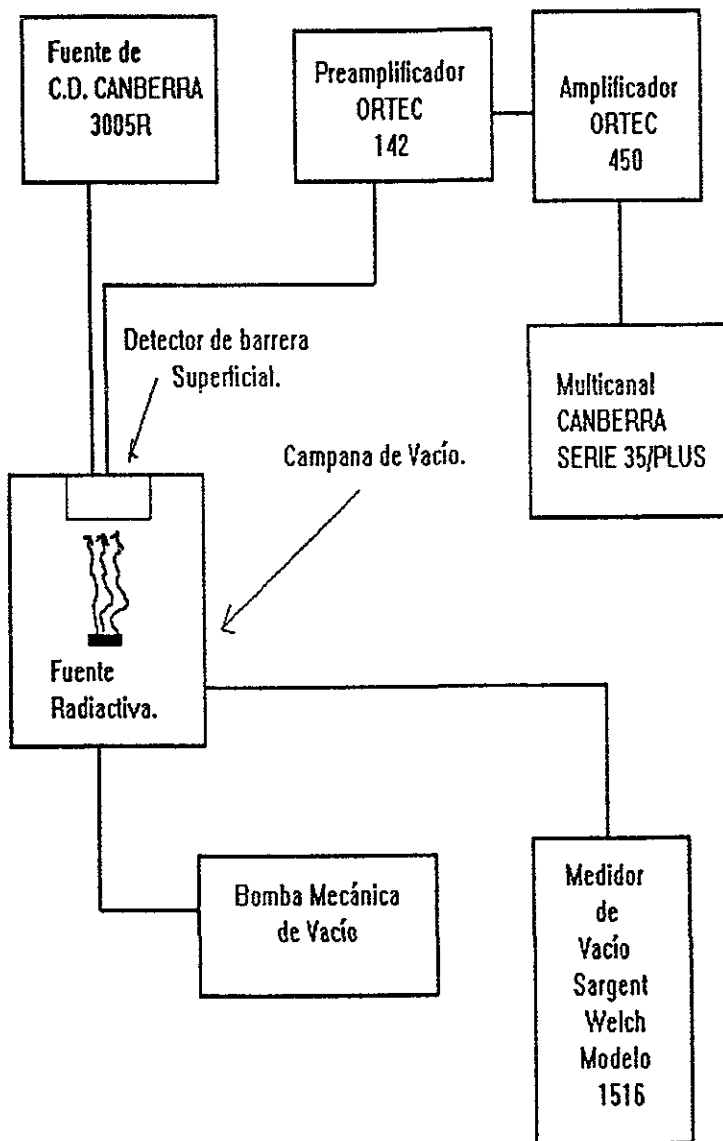


Fig. III.7.- Arreglo utilizado para la detección de las partículas Alfa del Am-241.

3) Se conecta la fuente de C.D. CANBERRA 3005R al preamplificador ORTEC 142. El voltaje de operación del detector es de +80 Volts.

4) El preamplificador se conecta al amplificador ORTEC450.

5) A la salida unipolar del amplificador ORTEC-450 se conecta el Multicanal CANBERRA SERIE 35/PLUS. Se pone en marcha el equipo con las condiciones de 17.5 μ mHg en la campana de vacío y el detector operando con +80 Volts. Se realiza un conteo de 500 seg. Al término del conteo se registra el número de canal que contiene el número máximo de cuentas del pico del Am-241. Se registran el número de cuentas de once canales, de cinco canales a la izquierda y cinco a la derecha del máximo del pico incluyendo a éste y se calcula el centroide del pico de Alfas con la siguiente ecuación :

$$\text{Centroide} = (\sum CN)/(\sum C)$$

Donde :

N = Número de canal.

C = Cuentas registradas por el canal N.

6) Se remueve el vacío de la campana y se interpone entre el detector y la fuente de Am-241 una película de Vyns ó Celulosa, según sea el caso. Se aplica nuevamente el vacío a la campana y se pone a contar al multicanal bajo las mismas condiciones en que se realizó el conteo en el punto 5). Se registra el centroide en el cual se localizó el pico de máxima energía del Am-241 con una película de Vyns ó Celulosa interpuesta entre la fuente y el detector.

7) Se remueve nuevamente el vacío de la campana y se retira la película de Vyns ó Celulosa que se encuentra interpuesta entre la fuente de Am-241 y el detector. Se aplica nuevamente vacío a la campana y se pone a contar al Multicanal bajo las mismas condiciones en que se realizaron los dos conteos anteriores y se obtiene el centroide del pico máximo de energía del Am-241 para esta condición de conteo.

8) Con los dos datos obtenidos cuando no hay película interpuesta entre la fuente de Am-241 y el detector, se obtiene un promedio del canal en el cual se localizó el pico máximo de energía del Am-241 y con este valor se obtiene el corrimiento del canal que existe entre la medida sin película y con película interpuesta entre el detector y la

fuelle de Am-241. El corrimiento de canal se obtiene con la resta del promedio de los centroides sin película registrados antes y después de poner la película menos el centroide del pico con película interpuesta entre la fuente y el detector. Esto se hace así debido a que es difícil reproducir exactamente las condiciones de presión y temperatura dentro de la cámara, y son precisamente las variaciones de presión y temperatura dentro de la cámara las que no permiten una reproducibilidad completa del experimento.

De acuerdo a lo dicho anteriormente, el corrimiento de canal lo obtendremos con la siguiente relación :

$$CC = PSP - PCP$$

Donde :

CC = Corrimiento del canal.

PSP = Promedio de los centroides de los picos del Am-241 antes y después de interponer la película entre la fuente y el detector.

PCP = Centroide el pico del Am-241 con película interpuesta entre la fuente y el detector.

9) Los incisos 5, 6 y 7 se repiten un número "X" de veces y se realiza un análisis estadístico de los datos obtenidos del corrimiento del canal. Se obtienen el promedio, la desviación estándar así como la desviación estándar en por ciento (% SD) de dicho corrimiento.

10) Se repiten los pasos 5, 6, 7 y 8; pero ahora para 2, 3, 4 y hasta "n" Películas interpuestas entre la fuente de Am-241 y el detector.

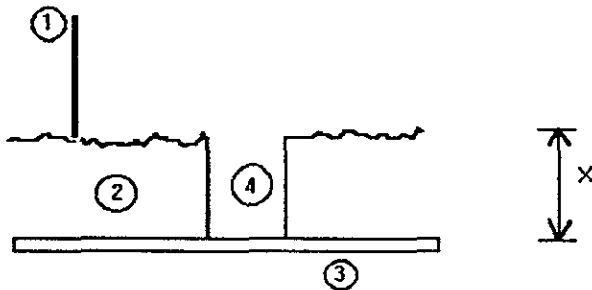
11) Con los datos obtenidos en los puntos anteriores se dibuja una gráfica de calibración. Esta se obtiene graficando corrimiento de canales contra espesores de película (Con los datos obtenidos por el método de apilamiento, nosotros estimamos el espesor promedio de una película de Vyns ó Celulosa esto implica que si interponemos entre la fuente y el detector una película de Vyns ó Celulosa, tendremos un espesor promedio G1 contra un corrimiento de canal ΔN_1 , si interponemos entre la fuente y el detector dos películas entonces tendremos dos

espesores promedio ó 2G1 contra un corrimiento de canal ΔN_2 y así sucesivamente).

12) Con la gráfica de calibración nosotros podemos estimar a qué corrimiento de canal le corresponde un grueso ó espesor G_x de película. Cabe señalar que se debe construir una gráfica de calibración correspondiente al Vyns y una que corresponda a la Celulosa.

III.2.3.- El Perfilómetro. Otro método para obtener la medida del espesor de las películas de Vyns ó de Celulosa.

En un intento por demostrar que las medidas obtenidas por el método del apilamiento y la pérdida de energía de las partículas Alfa nos arrojan resultados correctos, se buscó otra manera de medir el espesor de película. Un aparato que realiza la medición directa del espesor de las Películas es el Perfilómetro. Su principio de funcionamiento es muy sencillo; simplemente se trata de una aguja que con un peso de unos cuantos $\mu g.$ recorre la superficie de la Película y en una pantalla graduada muestra el recorrido de la aguja. Un esquema del recorrido de la aguja puede verse en la fig. III.8.



- 1) Aguja del Perfilómetro.
- 2) Película de Vyns ó de Celulosa.
- 3) Rondana de acero inoxidable.
- 4) Corte de la película de Vyns hecho para la medición de su espesor.

FIG. III.8.- Principio de funcionamiento del Perfilómetro.

Como puede observarse, en la película se hizo un corte, de tal manera que en la película quede una ranura y se forme un escalón. En su recorrido por la película de Vyns ó de Celulosa, la aguja del Perfilómetro describirá el cambio de altura existente entre la superficie de la película y la superficie de la rondana de acero inoxidable. Este cambio de altura es precisamente el espesor "X" de la película de Vyns ó de Celulosa

Un detalle muy importante que se debe tomar en cuenta en esta medición es que las películas de Vyns ó de Celulosa deberán estar soportadas en rondanas de acero inoxidable a las cuales se les haya hecho un pulido a espejo, esto es para que la superficie del sustrato (en este caso, la rondana de acero inoxidable) sea lo más homogénea posible.

III.3.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA PARA ELABORAR PELÍCULAS DE VYNS O CELULOSA CON ESPESORES CONTROLADOS.

De acuerdo a lo ya mencionado anteriormente, se necesita desarrollar un método para elaborar las películas de Vyns ó Celulosa en el cual nosotros podamos controlar el espesor de las mismas. Para esto se pensó en el diseño de un dispositivo (38), el cual tuviera la libertad de extender la película y al mismo tiempo hacerlo de la manera más homogénea posible, para tener un mismo espesor deseado.

Por lo tanto se hizo el diseño de tres mecanismos, los cuales acoplados a un motor eléctrico se espera nos proporcionen los resultados esperados. De estos tres diseños se escogió aquel que ofreció las mejores condiciones tanto en fabricación, como en costo y funcionamiento. Este diseño será precisamente aquel que elaboraremos y lo someteremos a ensayo para la fabricación de películas de Vyns ó Celulosa. Además determinaremos si es posible realmente controlar el espesor de película. Debido a esto, únicamente mostraremos el diseño elegido y su principio de funcionamiento. Este diseño esta basado en la transmisión de potencia por medio de un tornillo y un motor reversible.

Descripción y funcionamiento.

El esquema que describe a este sistema se muestra en la fig. III.9. Se trata de un sistema mecánico, el cual esta formado por dos soportes en los que se colocan un tornillo y una barra guía. El tornillo va acoplado a un motor reversible de arranque por capacitor del tipo fase partida ó fase dividida. Dicho acoplamiento se hace por medio de dos poleas y una banda. Ahora bien, el diseño se trató de que se ajustara lo más posible a lo existente en el mercado,

es decir, se trató de fabricar el menor número posible de piezas mecánicas. En las figs. III.9A y III.9B se muestran el conjunto de la máquina en dos vistas. En las figs. III.9C a K, se muestran las piezas del conjunto que deberán fabricarse. Como podrá notarse, no se incluyen el tornillo, la banda y las poleas; esto se debe a que estas piezas existen en el mercado. En la fig. III.10 se presenta la base en la cual se soporta a la máquina. En la base se pueden observar cuatro orificios roscados en los extremos. Estos orificios sirven para insertar cuatro tornillos, los cuales al girarse en un sentido u otro nivelaran la superficie de la máquina. El cálculo y selección de el tornillo, la banda y las poleas se muestra a continuación (Se utilizan las unidades del sistema inglés debido a que la comunidad del campo de la ingeniería es todavía renuente a utilizar las unidades del sistema internacional. En este caso 1 Plg = 2.54 cm) :

Cálculo del tornillo de fuerza y cálculos de desplazamiento y avance del posicionador del aplicador de Vyns ó Celulosa.

Para el tornillo se escogió uno de la serie UNC, debido a que es el más comercial, además de que debido a la carga que va a desplazar (unos cuantos mg. aproximadamente) no es necesario el uso de tornillos de otro tipo tales como el ACME ó el de rosca cuadrada (27). En la fig. III.11 se muestra la nomenclatura de un tornillo de la serie UNC (rosca American National ó Unificada).

Los cálculos realizados para el tornillo y el avance del posicionador de Vyns ó Celulosa son los siguientes :

a) Cálculo del desplazamiento del tornillo de fuerza :

Escogemos un tornillo de la serie UNC de 1/2 Plg. de diámetro mayor y N = 13 hilos/Plg (27).

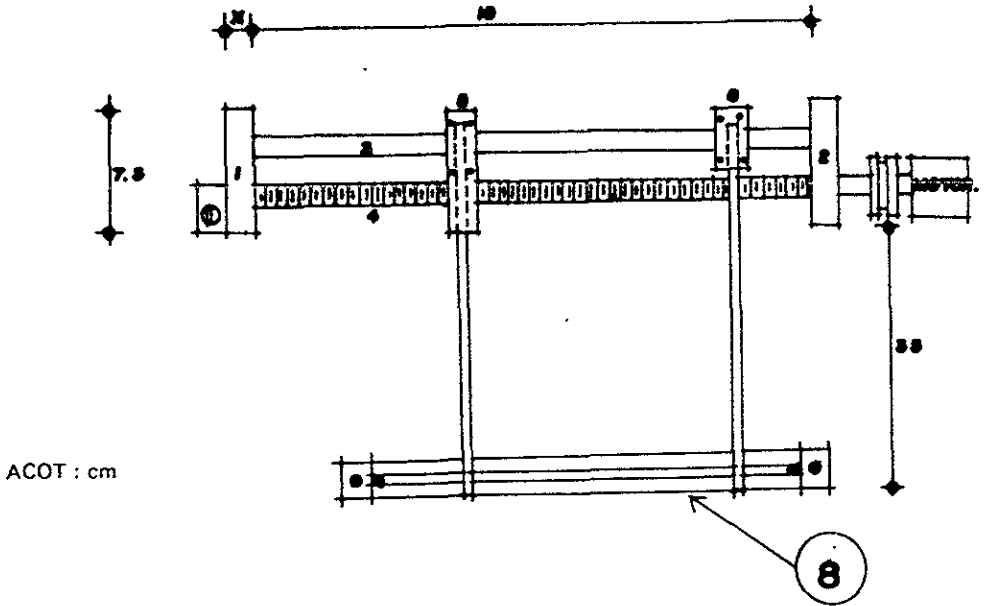
como :

$L = 1/N$; Donde : L = Avance de la tuerca (el avance de una tuerca se define como el desplazamiento de la misma en una revolución del motor).

Entonces :

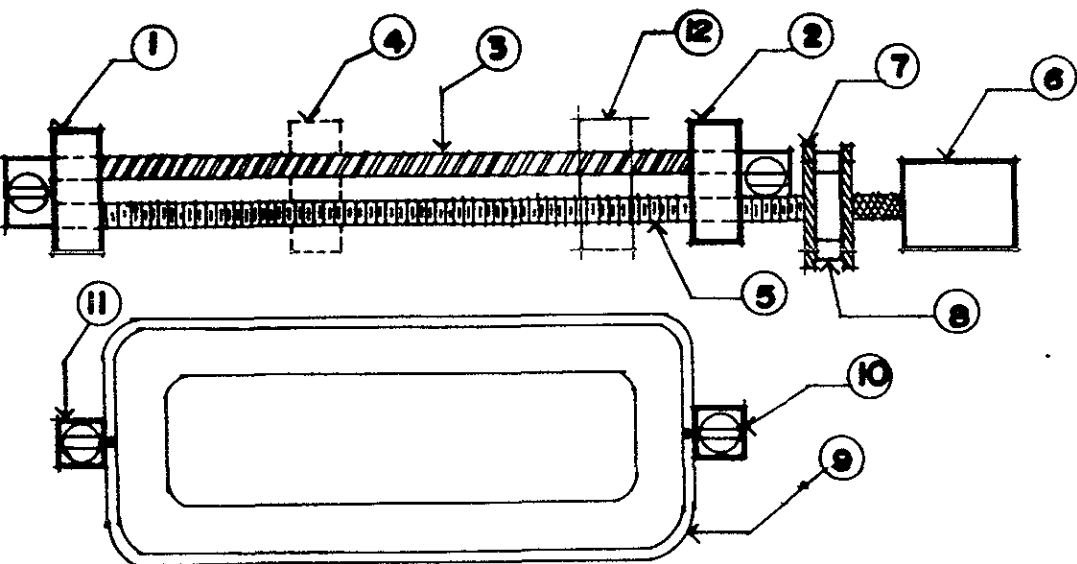
$$L = 1/13 = 0.07 \text{ Plg.}$$

NOTA : X DEPENDE DEL
ANCHO DEL BALERO .



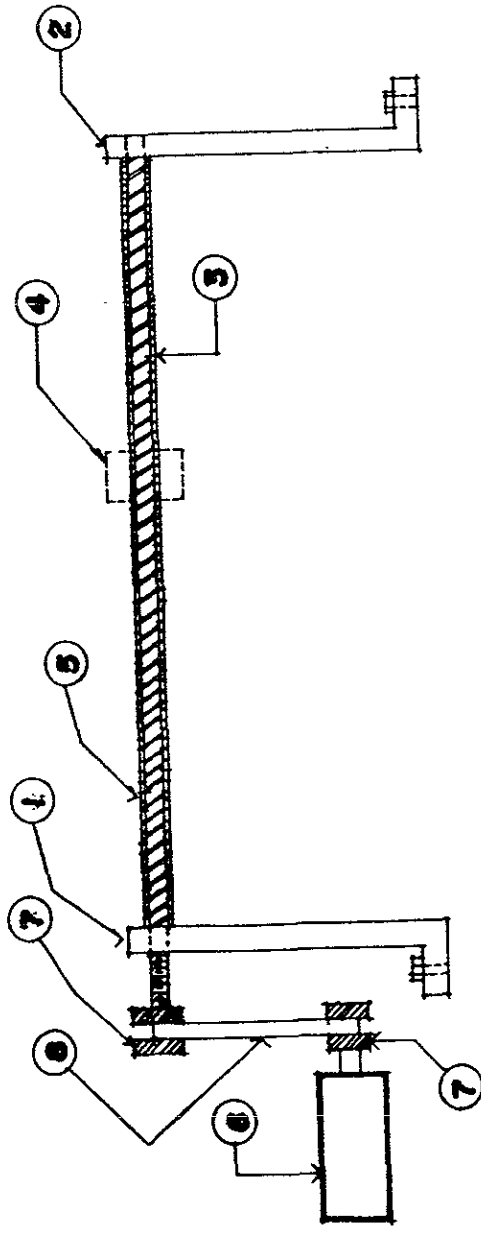
- 1,2.- SOPORTES DE BARRA GUIA Y TORNILLO.
- 3.- BARRA GUIA.
- 4.- TORNILLO DE FUERZA.
- 5.- SOPORTE TIPO TUERCA PARA EL APLICADOR DE VYNS O CELULOSA (posicionador "A").
- 6.- SOPORTE FIJO PARA APLICADOR DE VYNS O CELULOSA (posicionador "B").
- 7.- SISTEMA DE TRANSMISION AL MOTOR.
- 8.- GUIA DE LOS POSICIONADORES "A" Y "B".

FIG. III.9.- SISTEMA DE TRANSMISION POR TORNILLO CON MOTOR REVERSIBLE.



- 1,2.- SOPORTES PARA TORNILLO Y BARRA GUIA.
- 3.- BARRA GUIA.
- 4.- POSICIONADOR MOVIL DEL APLICADOR DE VYNS O CELULOSA (posicionador "A").
- 5.- TORNILLO DE FUERZA.
- 6.- MOTOR DE C.A. REVERSIBLE.
- 7.- POLEAS DENTADAS (ver detalle en la Fig. III.9.B)
- 8.- BANDA SINCRONA (ver detalle en la Fig. III.9.B).
- 9.- RECIPIENTE DE ALUMINIO.
- 10, 11.- SOPORTES DEL RECIPIENTE DE ALUMINIO.
- 12.- POSICIONADOR FIJO DEL APLICADOR DE VYNS O CELULOSA (posicionador "B").

FIG. III.9.A.- VISTA SUPERIOR DEL SISTEMA DE TRANSMISION POR TORNILLO CON MOTOR REVERSIBLE.



- 1, 2.- SOPORTES PARA TORNILLO Y BARRA GUIA.
- 3.- BARRA GUIA.
- 4.- POSICIONADOR FIJO DEL APLICADOR DE VYNS O CELULOSA (posicionador "B").
- 5.- TORNILLO DE FUERZA.
- 6.- MOTOR DE C.A. REVERSIBLE.
- 7.- POLEAS DENTADAS.
- 8.- BANDA SINCRONA.

FIG. III.9.B.- VISTA LATERAL DEL SISTEMA DE TRANSMISION POR TORNILLO EN FORMA PARCIAL (SIN LA TINA Y SIN LA GUIA DE LOS POSICIONADORES "A" Y "B").

PIEZA No. 1.- SOPORTE PARA TORNILLO Y BARRA GUIA

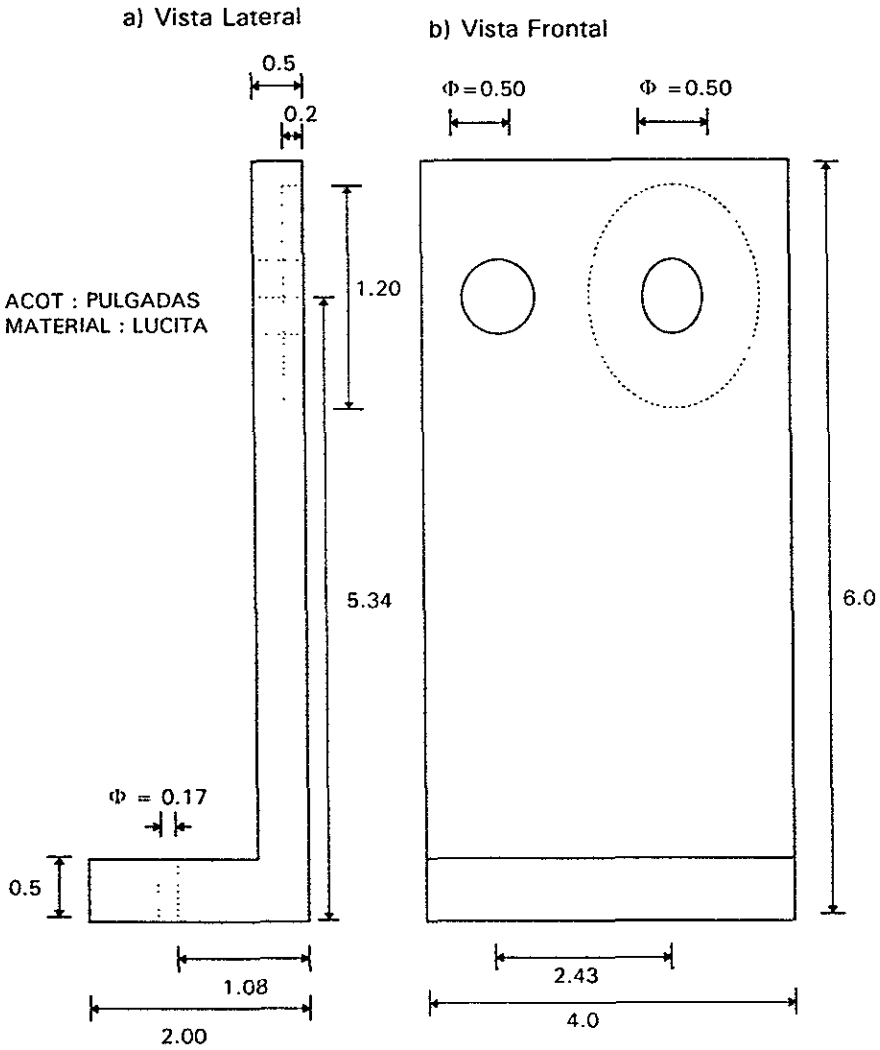
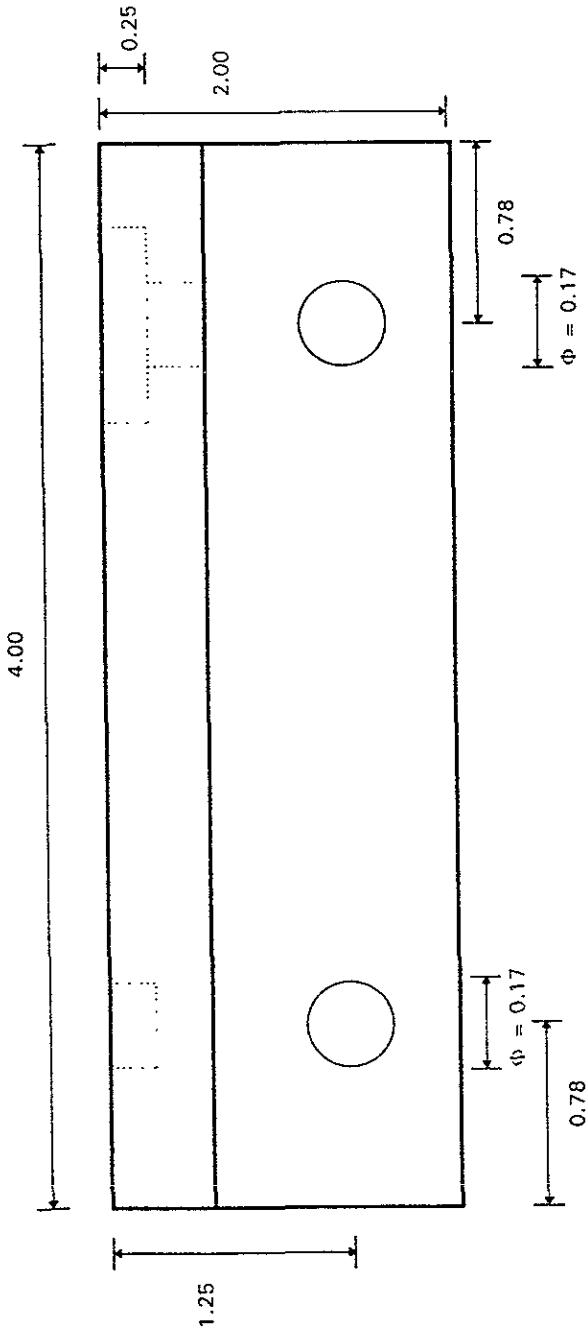


FIG. III.9.C

PIEZA No.1 - VISTA SUPERIOR



ACOT : PULGADAS
MATERIAL : LUCITA

FIG. III.9.D

PIEZA No. 2.- SOPORTE PARA TORNILLO Y BARRA GUIA

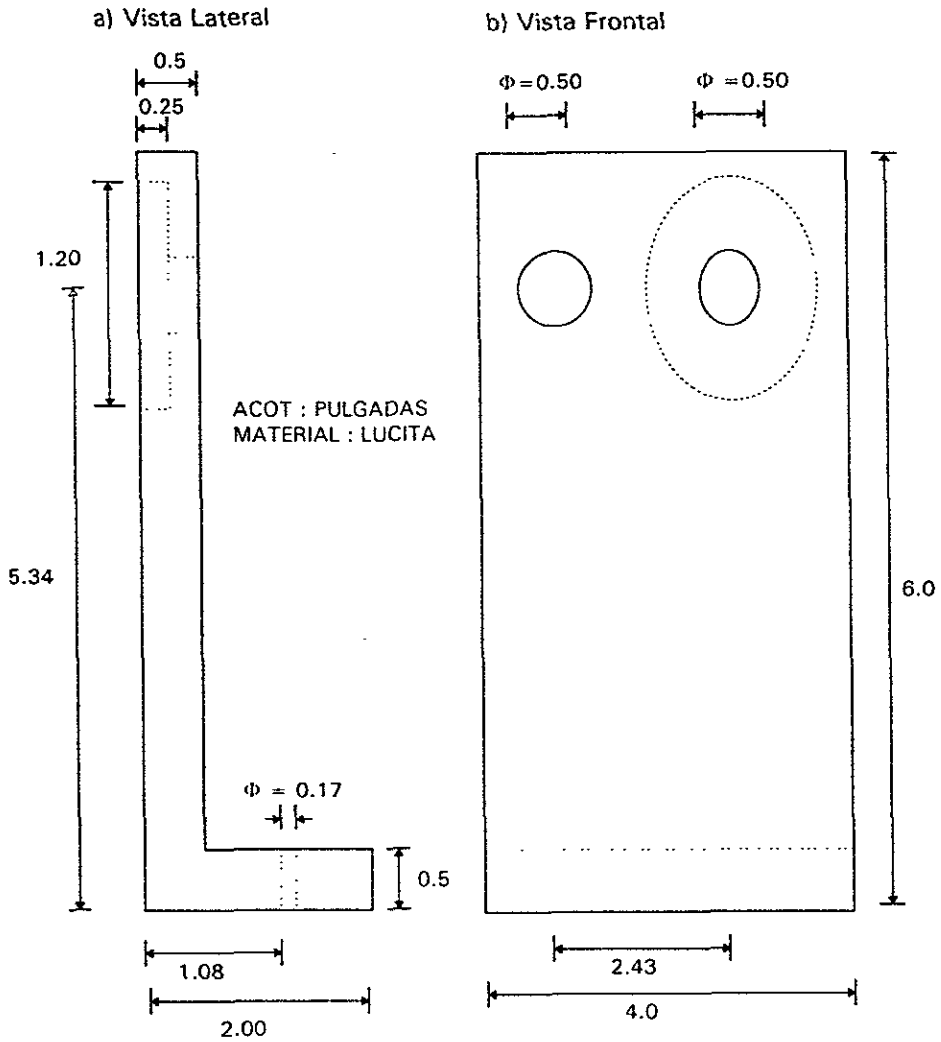
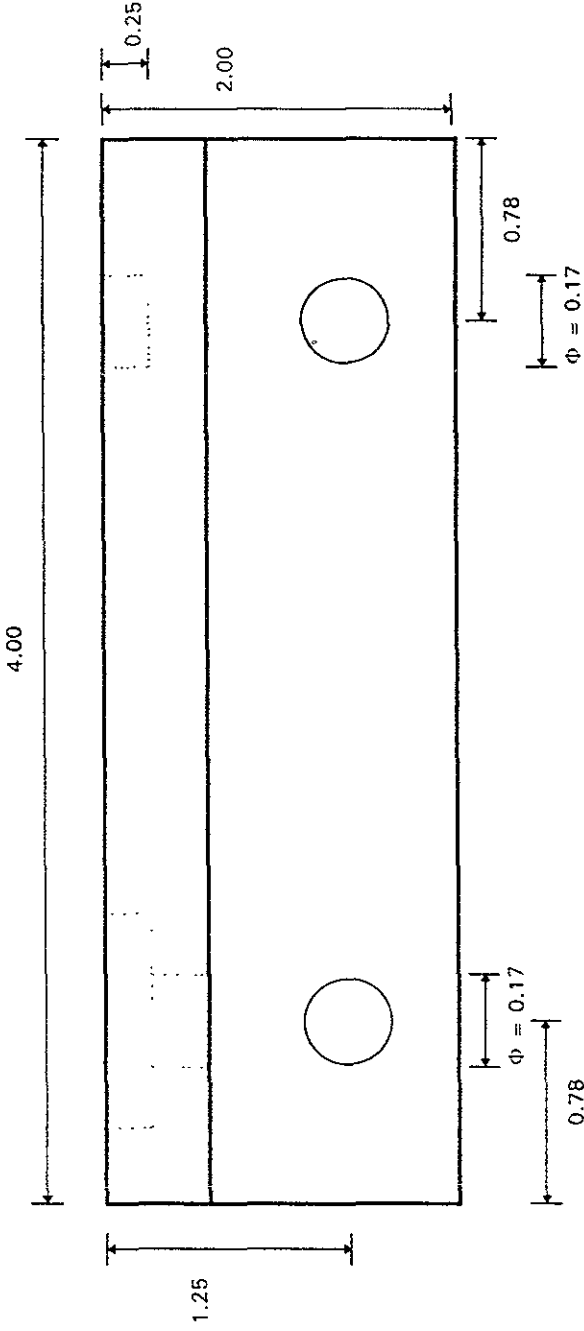


FIG. III.9.E

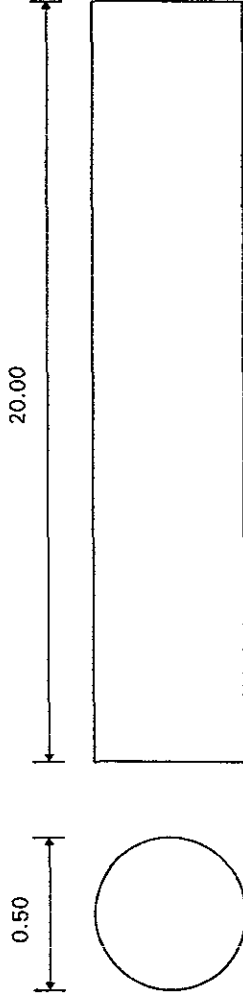
PIEZA No.2 .- VISTA SUPERIOR



ACOT : PULGADAS
MATERIAL : LUCITA

FIG. III.9.F

PIEZA No. 3 .- BARRA GUIA



ACOT : PULGADAS
MATERIAL : LATON

FIG. III 9.G

PIEZA No. 4.- POSICIONADOR DEL APLICADOR DE VYNS O CELULOSA (POSICIONADOR "A")

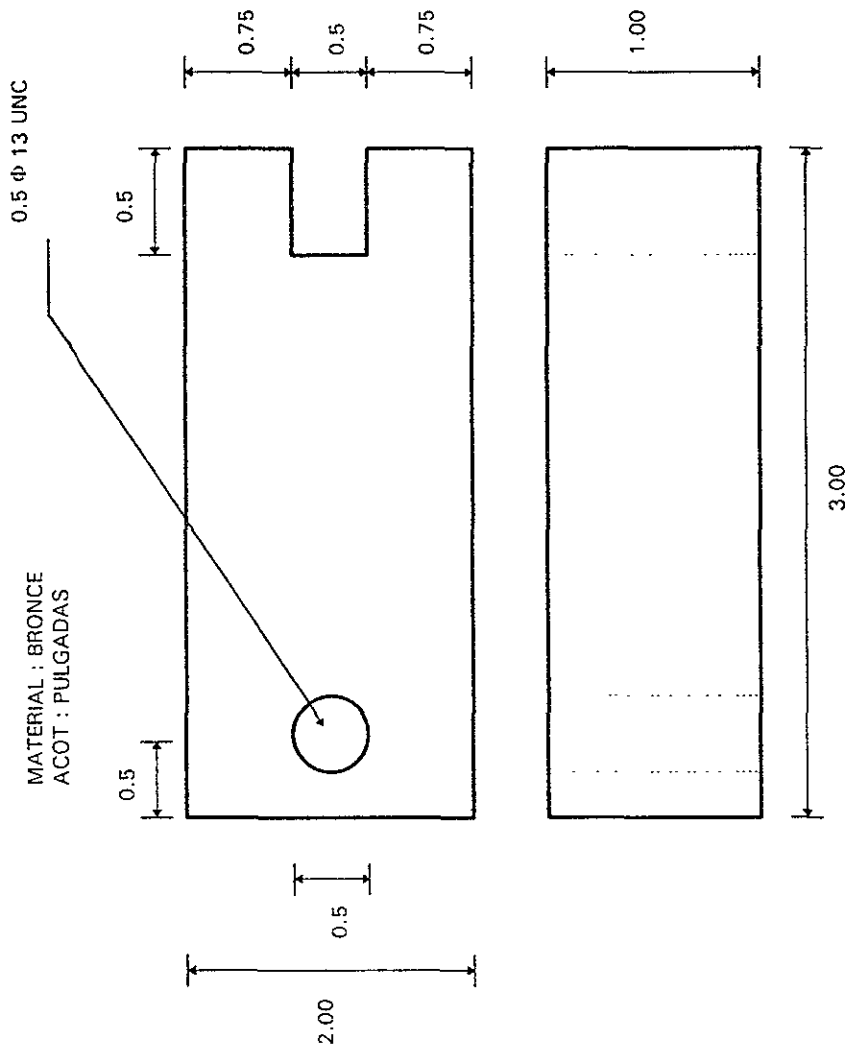


FIG. III.9.H

PIEZA No. 4.- POSICIONADOR DEL APLICADOR DE VYNS O CELULOSA (POSICIONADOR "A")

MATERIAL : BRONCE
ACOT : PULGADAS

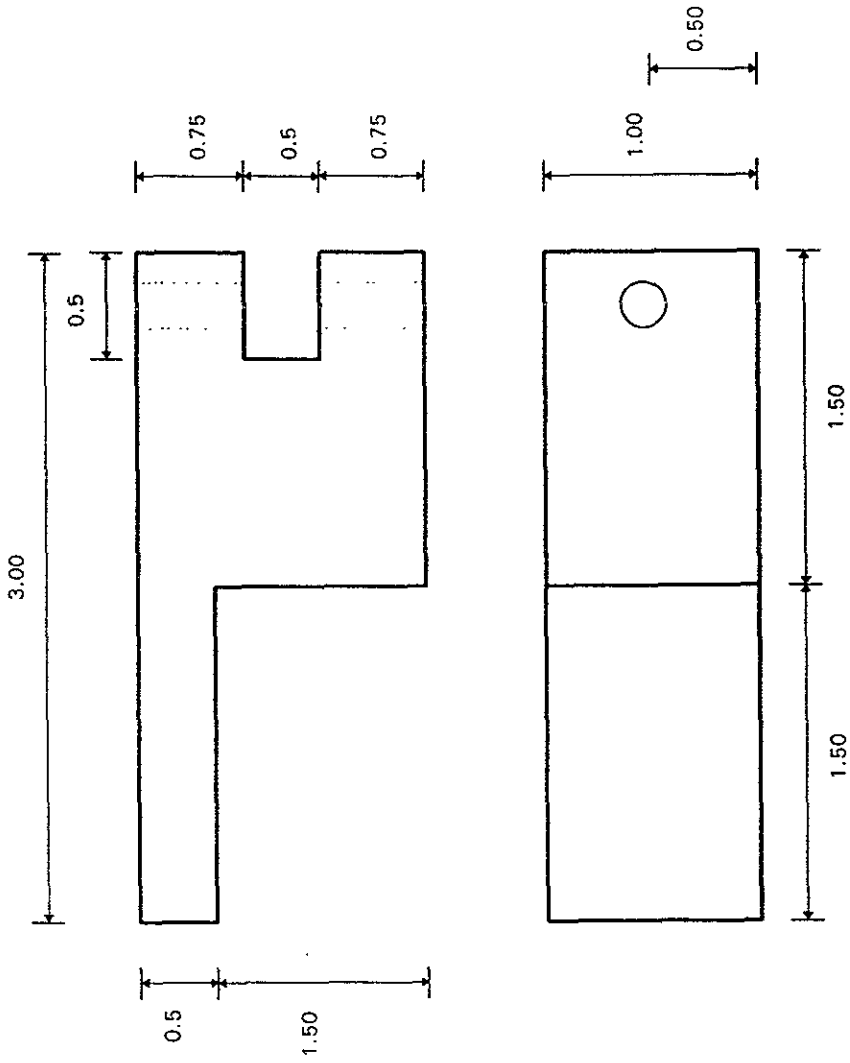
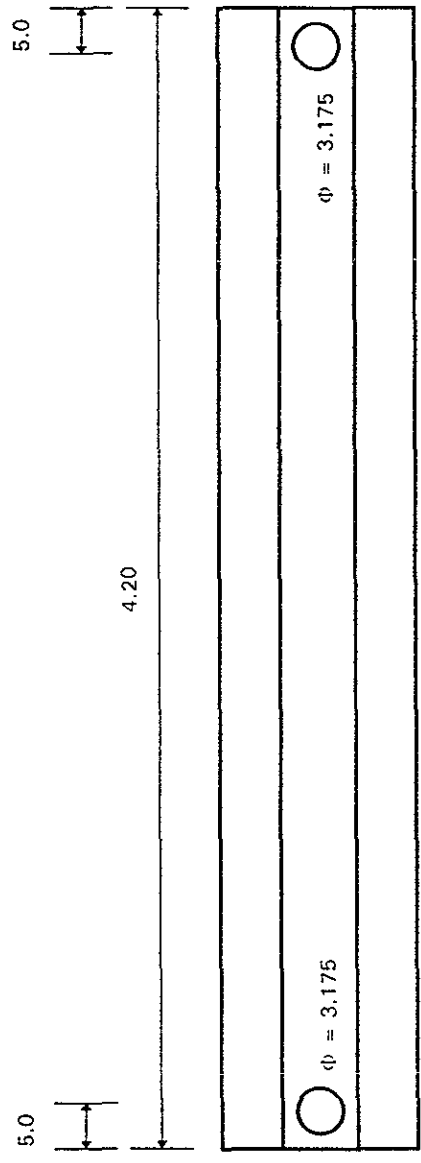


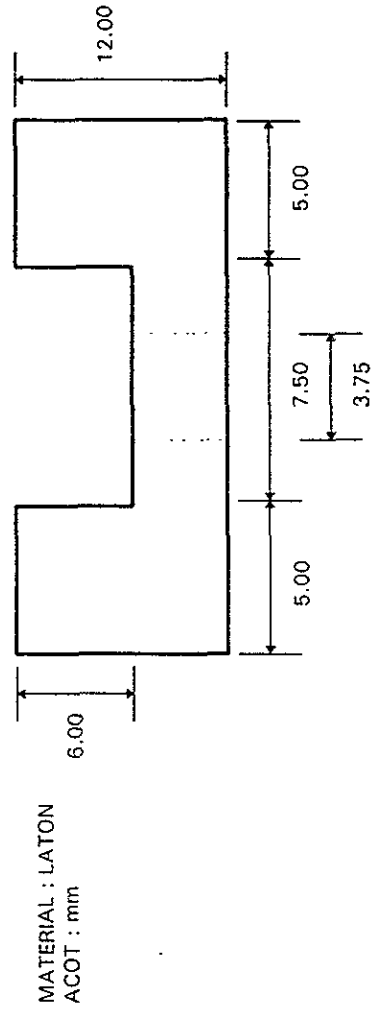
FIG. III.9.1

GUIA PARA LOS POSICIONADORES "A" Y "B"

a) VISTA SUPERIOR



b) VISTA LATERAL



MATERIAL : LATON
ACOT : mm

FIG. III.9.J

SOPORTE PARA LA GUIA DE LOS POSICIONADORES "A" Y "B"

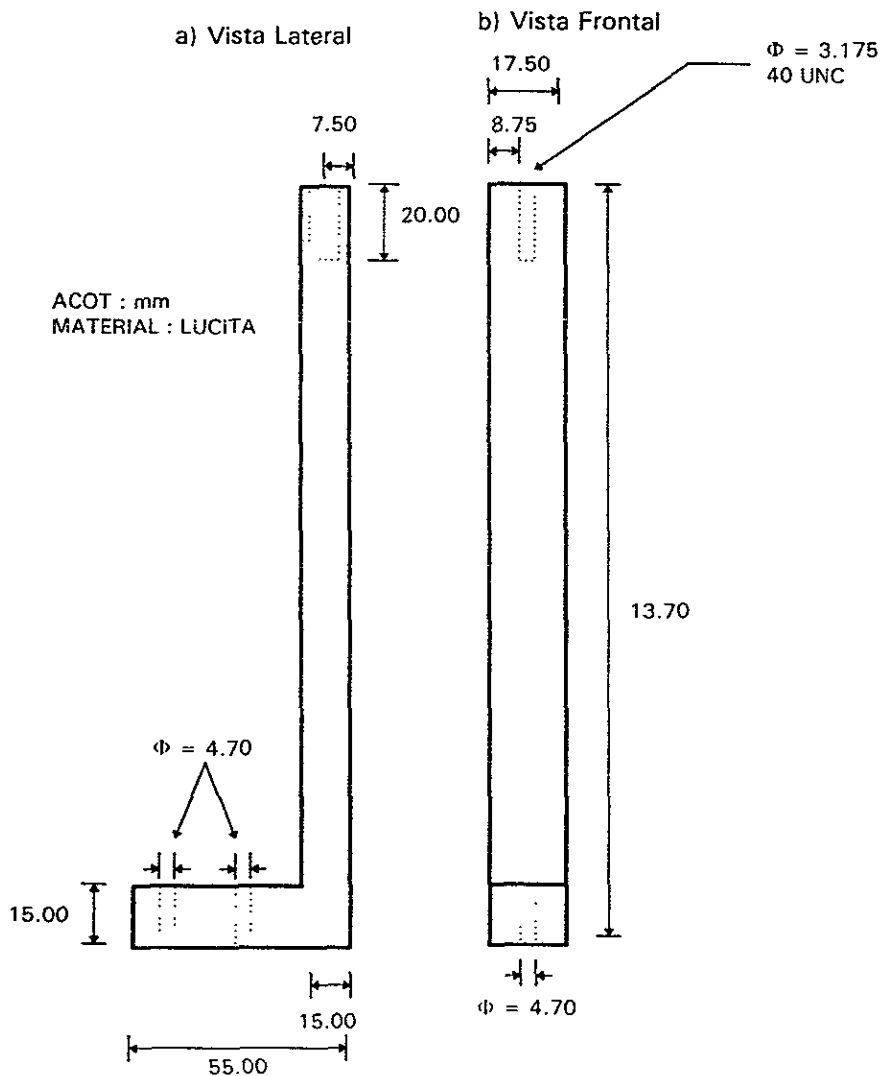
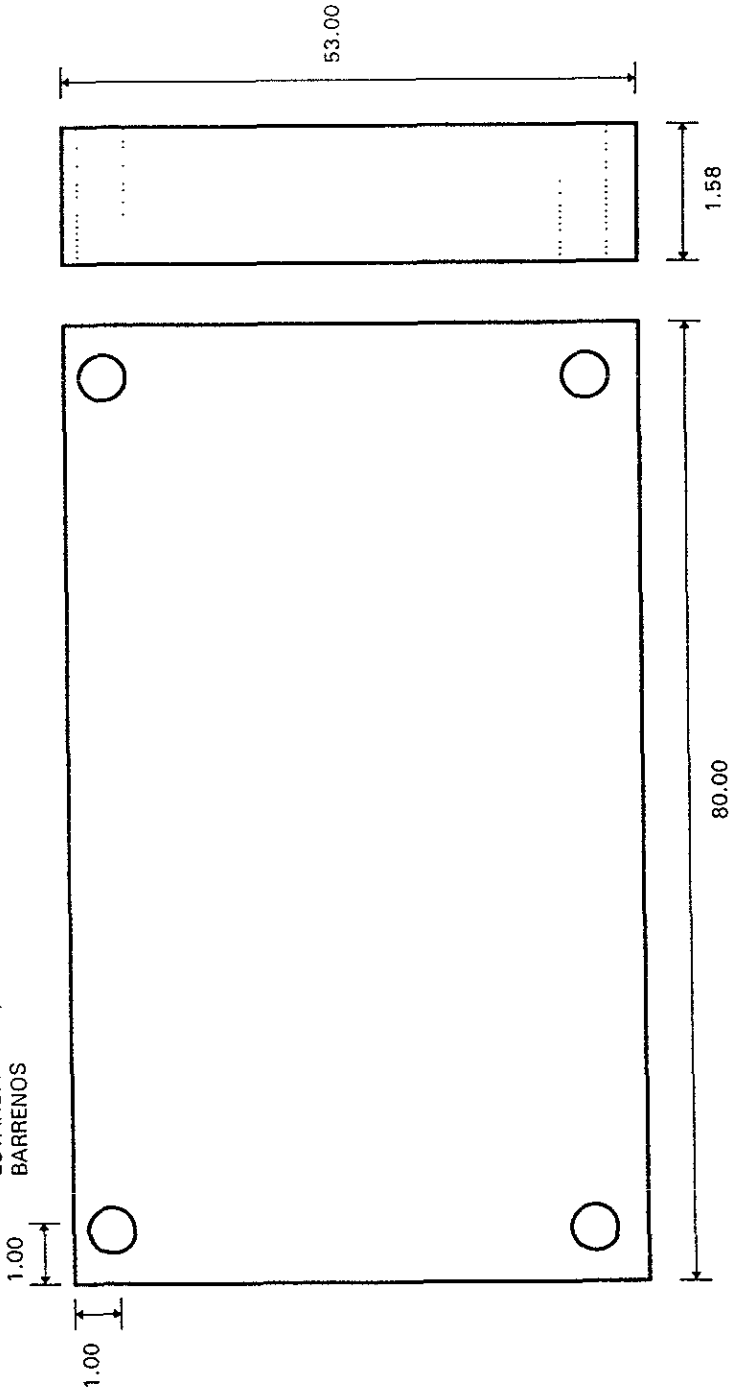


FIG. III.9 K

BASE DE LA MAQUINA

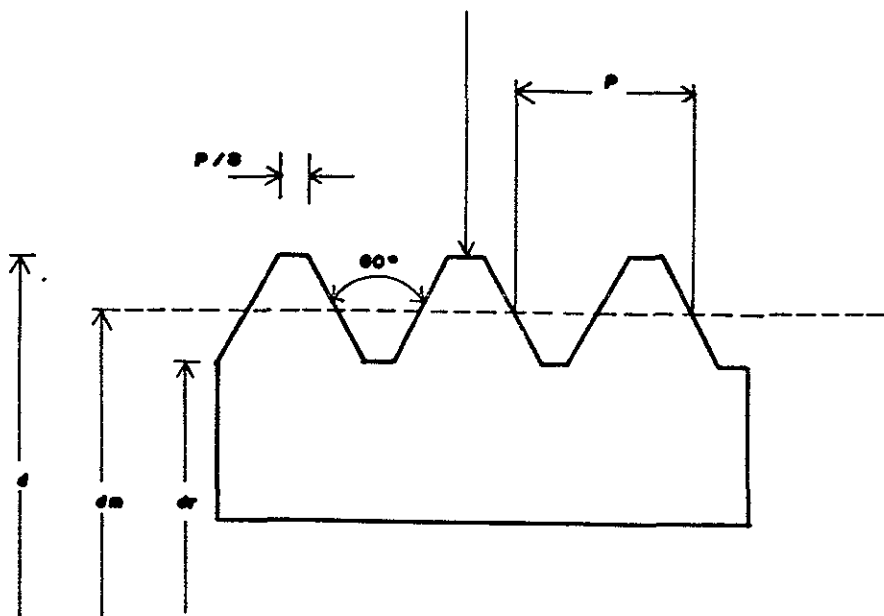
$\phi = 3/16$ PULGADAS, CUERDA
ESTANDAR UNC, PARA LOS
BARRENOS



ACOT : cm
MATERIAL : LUCITA

FIG. III.10

EXTREMO
(PUEDE SER PLANO
O REDONDEADO).



P — PASO DEL TORNILLO.

d — DIAMETRO MAYOR DEL TORNILLO.

dm — DIAMETRO MEDIO DEL TORNILLO.

dr — DIAMETRO MENOR DEL TORNILLO.

Fig. III.11.— ROSCA AMERICAN NATIONAL O UNIFICADA (UNC)

Pero como se trata de una rosca simple (ó de un solo filete), entonces el avance L es igual al paso P (el paso de un tornillo se define como la distancia existente entre dos hilos adyacentes medida paralelamente al eje de la rosca), por lo tanto :

$$L = P = 0.07 \text{ Plg.}$$

b) Cálculo del desplazamiento del posicionador del aplicador de Vyns ó Celulosa :

Como el posicionador del aplicador de Vyns ó Celulosa hace las veces de la tuerca del tornillo (27, 28, 29, 30, 31 y 32), entonces tenemos lo siguiente :

$$d = L * n \quad ; \quad \text{Donde : } d = \text{Desplazamiento de la tuerca en un minuto.}$$
$$n = \text{Velocidad angular del motor en rpm.}$$

Esto implica que para una revolución del motor :

$$d = (0.07 \text{ Plg.})(1 \text{ rpm}) = 0.07 \text{ Plg/min.}$$

Elección de la banda síncrona y las poleas dentadas.

La nomenclatura de una banda síncrona y su polea dentada se muestra en la fig. III.12. Las bandas se pueden combinar con poleas de diferentes diámetros para cubrir un rango de requerimientos de carga y velocidad (27, 28, 29, 30, 31, 32). Las tres dimensiones principales para la elección de una banda son el paso, la longitud y el ancho.

El paso de la banda es la distancia entre centros de dos dientes adyacentes medida en la línea de paso. La longitud de la banda (*longitud de paso*) es la longitud total (*circunferencia*) de la banda medida a lo largo de la línea de paso de la banda.

En las poleas el paso es la distancia entre centros de dos dientes y se mide sobre el diámetro de paso de la polea. El diámetro de paso de la polea coincide con la línea de paso de la banda y siempre es mayor al diámetro exterior de la polea.

La capacidad de carga de la banda está en función del ancho, paso, velocidad y condiciones de transmisión. Como en este caso no se necesita una elección muy concienzuda

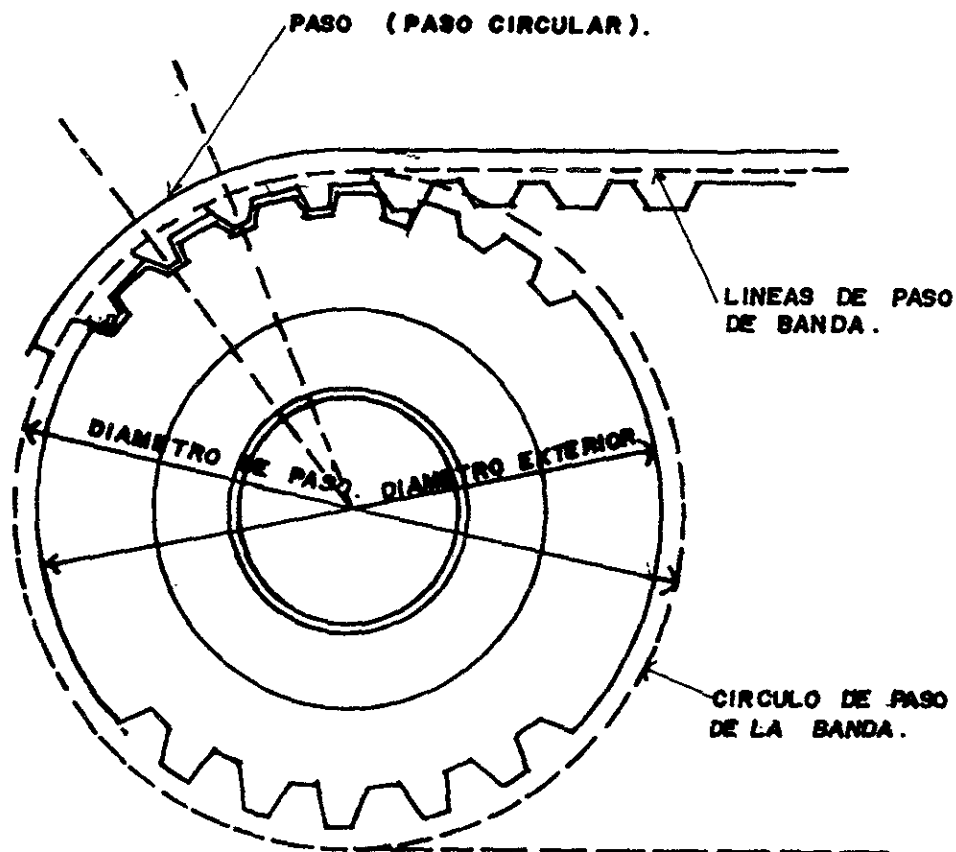


Fig. III. 12. NOMENCLATURA DE UNA BANDA SINCRONA Y SU POLEA DENTADA.

de la banda, gracias a que las condiciones de carga son despreciables; entonces se escogió una banda de 3/8 de pulgada de paso y una distancia entre centros de poleas de 8 Ptg.

En los posicionadores del aplicador de Vyns ó Celulosa se acopla un mecanismo como sistema aplicador de Vyns ó Celulosa. Este sistema se describe a continuación.

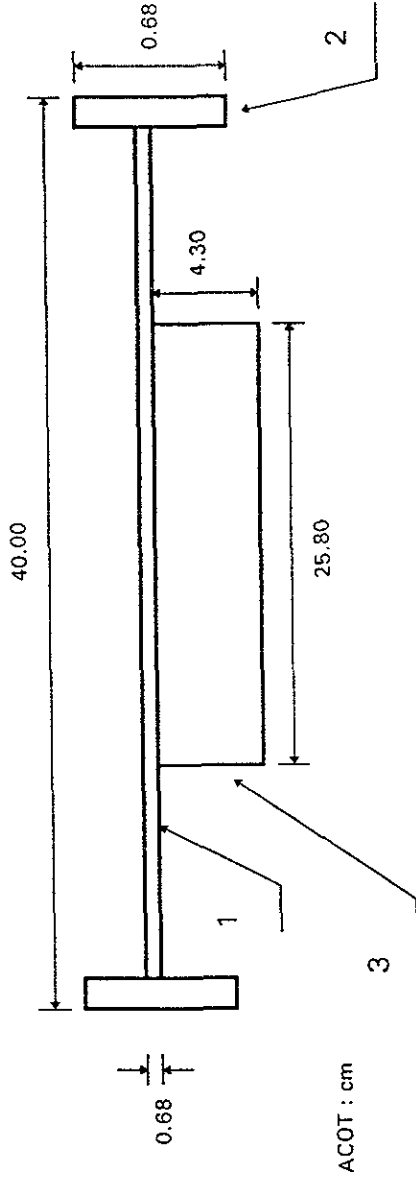
Sistema Aplicador de Vyns ó Celulosa.

Este sistema se muestra en la figura III.13. Este es un sistema mecánico formado por dos aplicadores de Vyns ó Celulosa, los cuales se muestran en la figura mencionada anteriormente. Los aplicadores de Vyns ó celulosa son placas de acero inoxidable. Los aplicadores de Vyns ó celulosa sustituyen al brazo giratorio (ver figura III.1) con el que actualmente se elaboran los soportes de Vyns ó celulosa. De estos aplicadores, uno es fijo y el otro es móvil. El fijo esta montado sobre una base la cual no tiene previsto movimiento alguno, y el móvil esta acoplado al diseño de banda y polea mencionado anteriormente.

El funcionamiento del sistema aplicador de Vyns ó Celulosa es el siguiente :

En la parte inferior de los aplicadores de Vyns ó Celulosa se coloca una franja de Vyns ó Celulosa, según sea el caso, ayudándonos de un Picnómetro. Dicha franja de Vyns ó Celulosa se aplica cuando los dos aplicadores, tanto el fijo como el móvil están en contacto. Debajo de estos aplicadores se coloca el recipiente mostrado en la figura III.1, con los cilindros y rondanas de acero inoxidable dentro de él y cubiertos con agua desmineralizada tal y como se muestra en la figura mencionada anteriormente procurando que el agua este en contacto con los aplicadores de Vyns ó Celulosa. Cuando esto suceda, el aplicador de Vyns móvil se desplaza debido al movimiento que le proporciona el diseño mencionado anteriormente. Con el sistema delimitador de película, esperamos lograr el control del área de aplicación deseada. Ya con la película de Vyns ó Celulosa extendida sobre la superficie del agua, con un bisturí mojado en Ciclohexanona se corta la película de Vyns a lo largo de la periferia del área descrita por los aplicadores y se realiza el mismo procedimiento en el caso de que la película sea de Celulosa, sólo que en este caso el bisturí está mojado en acetato de isoamilo. Después de hacer esto, se retiran las pinzas de la manguera de desagüe, de tal manera que salga el agua del recipiente y la película se adhiera a las rondanas de acero inoxidable.

SISTEMA DEL APLICADOR DE VYNS O CELULOSA



- 1) FLECHA DE ACOPLA AL SISTEMA DE TRANSMISION POR TORNILLO CON MOTOR REVERSIBLE (MATERIAL : ALUMINIO)
- 2) RODAMIENTO
- 3) APLICADOR DE VYNS O CELULOSA (MATERIAL : PLACA DE ACERO INOXIDABLE DE 1.18 mm DE ESPESOR)

FIG. III.13

Sistema de transmisión por tornillo con motor reversible.

Como se puede apreciar en la fig. III.9, al girar el motor en un sentido, el tornillo 4 gira en ese mismo sentido, y como el tornillo está girando sobre su propio eje, y la tuerca 6 esta siendo detenida por la barra guía 3, entonces esta tuerca se desplaza linealmente en un sentido. Al hacer que el motor gire en sentido contrario, dicha tuerca se desplaza también en sentido opuesto, produciéndose los movimientos necesarios para acoplar el sistema aplicador de Vyns ó Celulosa al mecanismo.

Control de Velocidad.

Como puede apreciarse, el movimiento necesario para hacer funcionar al mecanismo del diseño mencionado anteriormente, es proporcionado por un motor eléctrico. El motor eléctrico utilizado es un motor de inducción monofásico reversible, fase partida, arranque por capacitor de 1/8 de Hp de potencia. Por lo tanto, para controlar la velocidad del motor se diseñó un control de velocidad.

En este control de velocidad se utilizan los dispositivos semiconductores de potencia Triac y Diac. El Triac se utiliza primordialmente en los circuitos de control de energía de corriente alterna, debido a su conducción bidireccional (35). En ambas alternaciones del voltaje aplicado se entrega energía a la carga, con lo que se aprovecha mejor la energía disponible. Ya que el Triac tiene cuatro modos de disparo independientes, se puede utilizar una diversidad de métodos de disparo. El Diac interviene para disparar al Triac. El Diac conduce y produce un pulso de corriente cuando su voltaje de ruptura se excede en cualquiera de las direcciones. En consecuencia, puede suministrar cualquier polaridad de corriente de disparo para el Triac.

Al controlar la dirección de disparo del Diac con respecto a la polaridad del voltaje a través de las terminales del Triac, se puede controlar de manera efectiva la dirección del flujo de corriente y el ángulo de conducción del Triac. El control de potencia de corriente alterna por medio de Triac y Diac es muy utilizado en sistemas de calefacción, controles de iluminación y control de motores eléctricos.

El diagrama del control de velocidad diseñado se muestra en la fig. III.14. Este control tiene la configuración tradicional. Se trata de un control de retardo de fase con Triac. El Triac se conecta en serie con el motor de manera que proporciona su alimentación.

En la compuerta del Triac se conecta un circuito de disparo formado por un Diac, dos resistencias, un arreglo de capacitores y un potenciómetro.

Según la resistencia presentada por el potenciómetro, la carga del capacitor puede ser más rápida ó más lenta, demorando entonces más ó menos la llegada a la tensión de disparo del Diac. Solamente cuando la tensión del Diac llega al punto de disparo, el Triac se conecta, conduciendo corriente al motor.

De esta manera, en función de la alimentación de corriente alterada de la alimentación comercial, podemos mediante regulación de P1, hacer el disparo del Triac al principio ó al final del semiciclo. Si el disparo se hiciera al principio, en la posición de menor resistencia del potenciómetro, la conducción será casi total y la potencia del motor será casi la máxima (en la práctica no llega a ser la máxima ya que siempre existe un pequeño retardo).

Entre el máximo y el mínimo de resistencia del potenciómetro podemos obtener cualquier velocidad del motor.

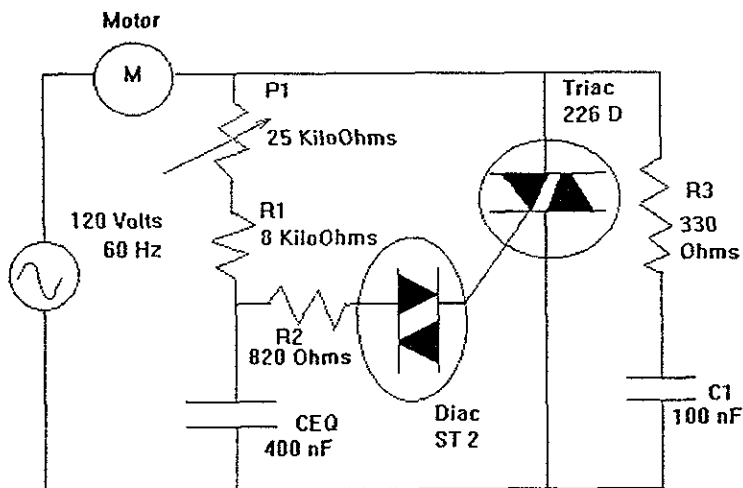


Fig. III.14.- Control de Velocidad.

Descripción del circuito.

Se tiene un motor eléctrico del cual se pretende controlar la velocidad de giro de su rotor. Para llevar a cabo esta acción se utilizaron los dispositivos semiconductores Triac y Diac (35). Como el Triac es un tiristor, entonces solo podrá conectarse ó desconectarse de acuerdo al voltaje que llegue a su compuerta; por lo que es necesario el cálculo de un circuito de disparo para que conectado al Diac nos proporcione los pulsos necesarios para hacer conducir ó bloquear al Triac, ya que el Diac esta conectado directamente a la compuerta del Triac.

Ahora bien, como puede observarse en la fig. III.14, la alimentación del Diac es proporcionada por el arreglo formado por la resistencia R1 y el potenciómetro P1, así como el capacitor C_{EQ}. De la misma figura se podrá observar que el voltaje que se suministra al arreglo del Diac es el mismo que el del capacitor C_{EQ}. por lo tanto, el voltaje en el capacitor estaría dado como sigue :

$$V_c = \frac{V_e(Z_c)}{Z_c + Z_R} ;$$

Donde :

V_c = Voltaje en el capacitor C_{EQ} .

V_e = Voltaje de alimentación de la red.

Z_c = Impedancia del capacitor C_{EQ} .

Z_R = Impedancia del arreglo formado por el potenciómetro P1 y la resistencia R1.

Ahora bien, como :

Z_c = 1/jωC_{EQ} y Z_R = R ; Donde : ω = Velocidad angular de la onda sinusoidal de alimentación de la red.

$$j = (-1)^{1/2}$$

Entonces :

$$V_c = V_e/(1 + j \omega RC) = V_e/(1 + \omega^2 R^2 C^2)^{1/2} = [V_e/(1 + \omega^2 R^2 C^2)^{1/2}] e^{-\Phi}$$

Donde : Φ = Angulo de disparo del Triac.

Pero como :

ω = 2πf ; Donde : f = frecuencia de la tensión de alimentación de la red local.

Entonces :

$$\Phi = \text{ang tan } (\omega RC) = \text{ang tan } (2\pi(60 \text{ Hz})(33 \times 10^3 \Omega)(400 \times 10^{-9} \text{ F}))$$

Lo que implica que :

$$\Phi = 78.49^\circ$$

Lo cual indica que hay un ángulo de disparo lo suficientemente grande como para alcanzar los ± 22 Volts (37) que se necesitan para hacer conducir al Diac y por ende al Triac. Esto quiere decir que por cada semiciclo tendremos más de 100° de ángulo de conducción, lo cual nos reportará un control de fase bastante aceptable.

En la fig. III.15 se muestran las formas de onda de alimentación, los ángulos de disparo del Triac y el voltaje suministrado al motor (V_{carga}). La resistencia R2, el capacitor C1 y la resistencia R3 sirven como protección al Diac y al Triac respectivamente.

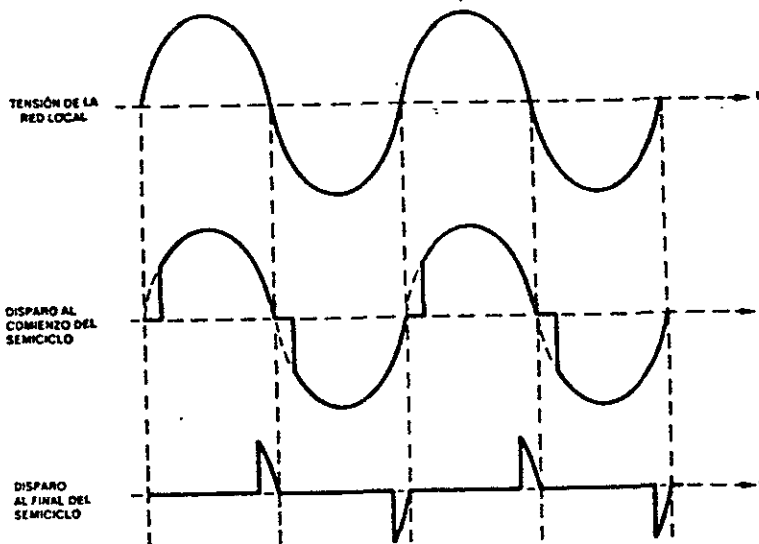


Fig. III.15.- Formas de onda del voltaje de alimentación, ángulos de disparo del Triac y el voltaje suministrado al motor (V_{carga}).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION.

IV.1.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MEDIDA DEL ESPESOR DE LAS PELÍCULAS DE VYNS ELABORADAS POR EL MÉTODO TRADICIONAL.

IV.1.1.- Resultados obtenidos de la medida del espesor de las películas de Vyns por la técnica del Apilamiento.

Con los métodos descritos en III.2.1, se apilaron 200 películas de Vyns y se obtuvieron los siguientes resultados :

	PROMEDIO (μm)	SD (μm)	% SD
Espesor del portaobjetos en la periferia de la pila de películas de Vyns	988.70 (Promedio de 20 Medidas)	6.3	± 0.64
Espesor del portaobjetos en puntos lejanos a la periferia de la pila de películas de Vyns	993.25 (Promedio de 20 Medidas).	3.09	± 0.31
Espesor del portaobjetos en general	985.90 (Promedio de 40 Medidas)	5.62	± 0.57
Espesor del portaobjetos + la pila de películas de Vyns	1002.80 (Promedio de 40 Medidas)	6.29	± 0.63

TABLA IV.1

De la tabla anterior :

$$\text{Espesor Promedio de la Pila} = (1002.80 - 985.9) = 16.90 \mu\text{m} \pm 49.9 \%$$

Ahora bien, como se trata de una pila de 200 películas de Vyns empalmadas, el espesor promedio de una película de Vyns es aproximadamente (1/200) del espesor promedio de la pila de películas de Vyns.

Por lo tanto :

$$\text{Espesor Promedio de una Película de Vyns} = (1/200)(16.90) \mu\text{m} = 0.0845 \mu\text{m} \pm 49.9 \%$$

De los valores obtenidos de (% SD) del espesor promedio del portaobjetos y del espesor promedio de la película de Vyns, se obtuvo lo siguiente :

$$\text{Espesor Promedio de una Película de Vyns} = 0.0845 \mu\text{m} \pm 49.9 \%$$

Lo cual indica que entre el espesor promedio medido hay casi un 50 % de dispersión en estos valores.

IV.1.2.- Resultados obtenidos de la medida del espesor de las películas de Vyns por el método de la pérdida de energía.

Con los métodos descritos en III.2.2, se realizó la medida del espesor de las películas de Vyns obteniéndose las siguientes resultados (como podrá notarse, se elaboraron un lote de películas; estas películas fueron etiquetadas y sólo pudieron medirse algunas de ellas ya que son muy frágiles):

No. de Película	Corrimiento de Canal. (Promedio de cinco medidas)	Desviación Estándar. (%)
4	1.19	± 24.5
7	0.93	± 30.1
8	1.23	± 10.7
10	1.61	± 23.9
11	1.73	± 13.5
12	1.42	± 29.2
13	1.46	± 14.4
	Prom. Pesado = 1.33 ± 4.05 %	

TABLA IV.1.- Medidas del corrimiento de canal debido a los espesores de 7 películas obtenido con el método descrito en III.2.2.

Posteriormente se realizaron medidas para una película de Vyns interpuesta entre la fuente de Am-241 y el detector, para dos películas de Vyns interpuestas entre la fuente y el detector, y así sucesivamente hasta llegar a un total de cinco películas interpuestas entre la fuente y el detector.

Con estos datos, se obtuvo un corrimiento promedio para una sola película y de acuerdo al método de apilamiento se hizo una relación entre el corrimiento promedio y el espesor de la película, por lo tanto :

1.33 canales (corrimiento de canal) equivalen a $0.0845 \mu\text{m} \pm 49.9 \%$ (espesor promedio de una película).

Acorde con esto, por regla de tres se obtuvieron los espesores individuales de cada película. Estos datos se reportan en la tabla IV.2.

No. de Película	Corrimiento de canal (Promedio)	Espesor de la Película (μm)
4	1.19	0.0756
6	1.34	0.0851
7	0.93	0.0590
8	1.23	0.0781
10	1.61	0.1022
11	1.73	0.1099
12	1.42	0.0902
13	1.46	0.0927

TABLA IV.2

Para una película de Vyns interpuesta entre la fuente y el detector, para dos películas de Vyns interpuestas entre la fuente y el detector y hasta cinco películas de Vyns interpuestas entre la fuente y el detector, se realizó el mismo procedimiento.

Los resultados se reportan en la tabla IV.3.

Películas Sobrepuestas	Espesor total de las Películas de Vyns (μm)	Corrimiento promedio de cinco medidas (canales)	Desviación Estándar (%)
C/P No. 6	0.0851	1.34	± 5.87
C/P No. 6 y No. 10	0.1873	2.58	± 8.38
C/P No. 6, No. 10 y No. 11	0.2972	4.46	± 7.14
C/P No. 6, No. 10, No. 11 y No. 12	0.3874	5.68	± 1.80
C/P No. 6, No. 10, No. 11, No. 12 y No. 13	0.4801	7.04	± 9.51

Tabla IV.3

Con los datos de la tabla IV.3 se realizó una gráfica de corrimiento de canal contra espesor de la película (Fig. IV.1). En esta gráfica se puede observar que el comportamiento del corrimiento de canal contra espesor es aproximadamente lineal. Debido a esto, se hizo un ajuste de ésta a una recta, esto se realizó obteniendo la ecuación de regresión lineal para estos datos.

Tomando al corrimiento de canal como la abscisa " X " y al espesor de la película como la ordenada " Y " se obtuvieron los siguientes resultados :

$$m = 0.0680$$

$$b = 0.000081$$

$$r = 1.00055$$

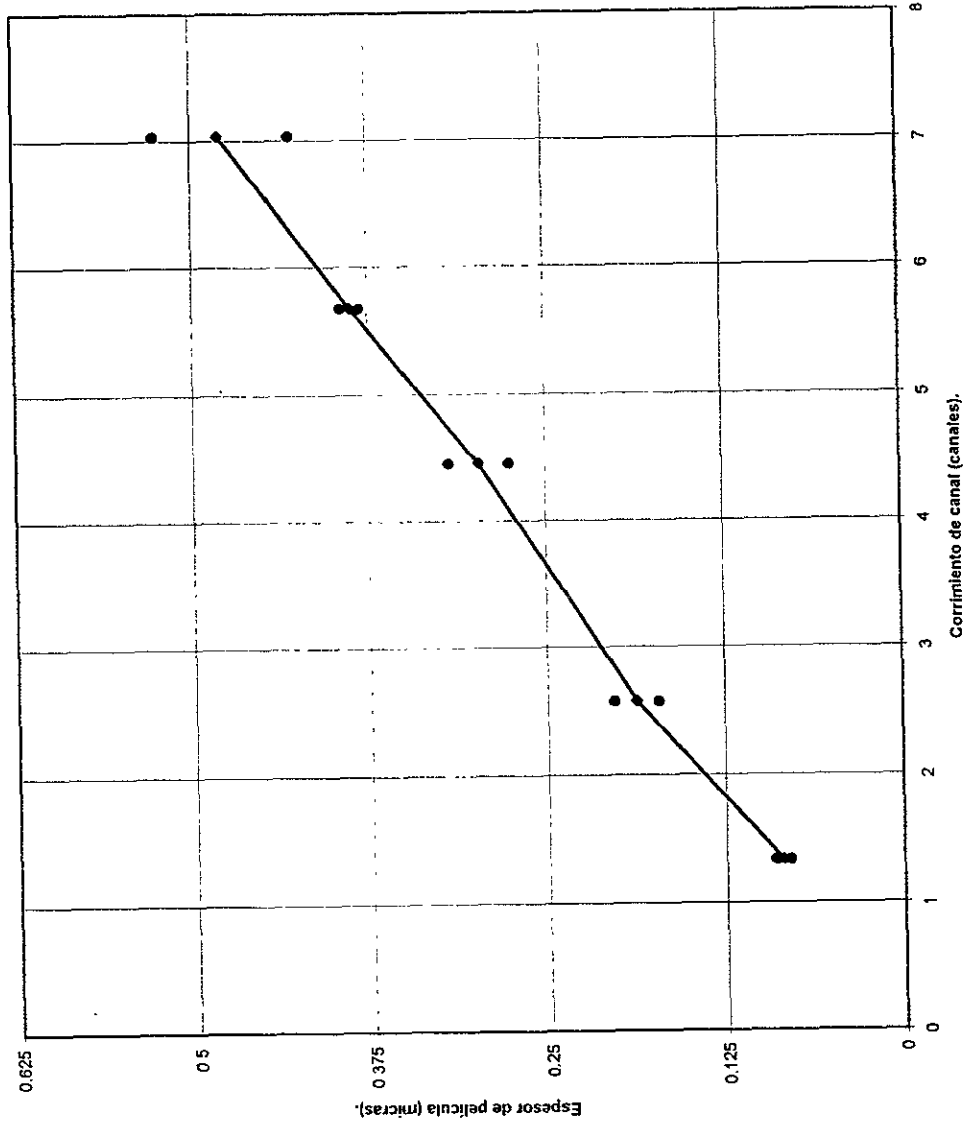
Donde :

m = Pendiente de la ecuación de regresión lineal.

b = Ordenada al origen de la ecuación de regresión lineal.

r = Coeficiente de correlación para estos datos.

Fig. IV.1.- Gráfica de corrimiento de canal contra espesores de película.



Por lo tanto, la ecuación de regresión lineal para estos datos quedó de la siguiente manera:

$$y = 0.0680 X - 0.000081$$

Donde :

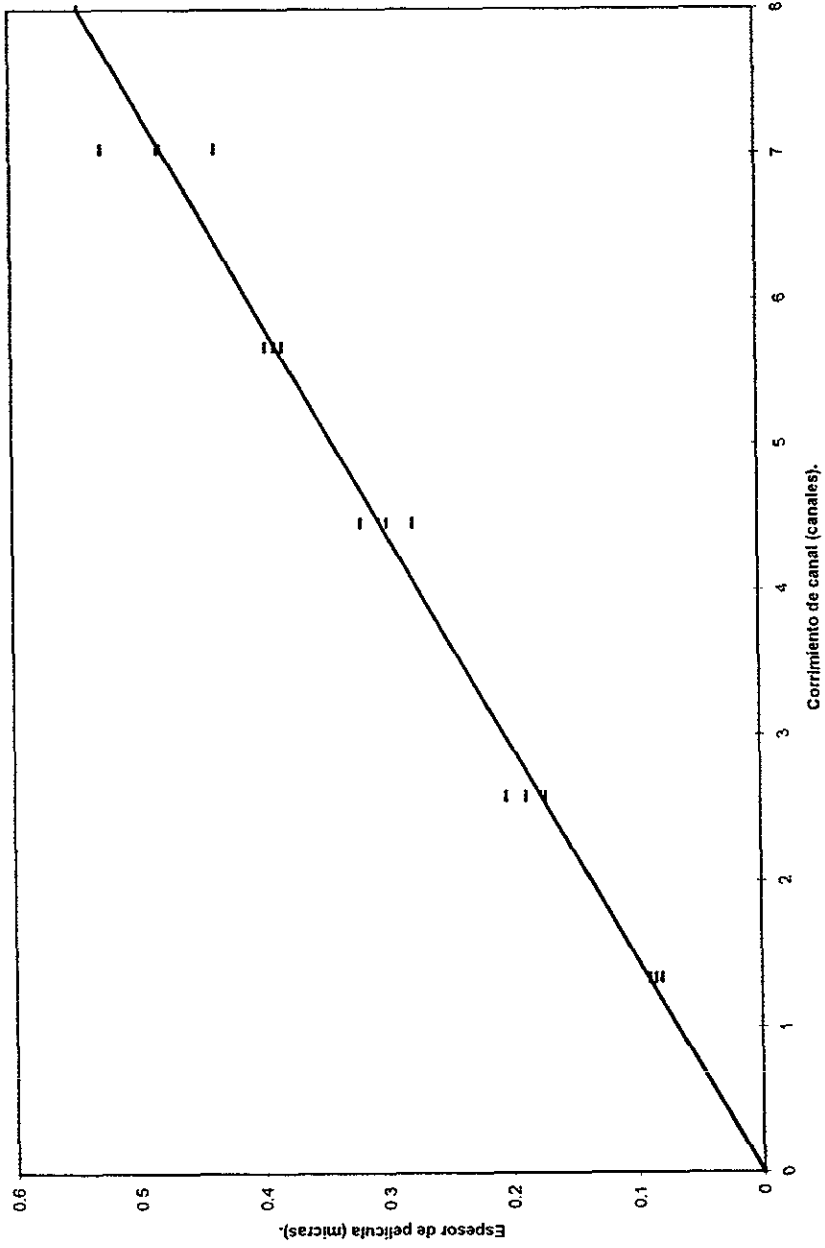
X = Corrimiento de canal (canales).

y = Espesor de la película (μm).

La gráfica de esta ecuación se muestra en la Figura IV.2. Esta gráfica corresponde a la gráfica de calibración mencionada en el punto III.2.2 inciso 10. Como puede observarse, en esta gráfica se puede conocer a que corrimiento de canal le corresponde un espesor de película cualquiera. Entonces, para medir el espesor de una película de Vyns cualquiera, lo único que hay que hacer es medir el corrimiento de canal correspondiente a esa película y llevarlo a la gráfica de calibración de la Fig. II.4.2.2 para encontrar el espesor de la misma.

Cabe señalar que un aspecto muy importante lo constituyen el control de la temperatura, la presión de vacío dentro de la cámara y la humedad relativa del ambiente. En un intento por encontrar la relación existente entre la temperatura y la ubicación del canal donde se localizó el máximo del pico de energía del Am-241, se hizo un análisis con los datos obtenidos en los conteos sin película de Vyns interpuesta entre la fuente y el detector, obteniéndose los resultados de la tabla IV.3.1.

Fig. IV.2- Gráfica de calibración para el Vyns.



Temperatura (°C)	Presión Inicial (μHg)	Presión Final (μHg)	Humedad Relativa (%)	Centroide	Area del Pico Conteo Máximo (cuentas/500 seg.)
17.1 ± 7.4 %	17.5	14	42.5	1048.16 ± 0.61 %	973.49 ± 3.05 %
18.4	17.5	14.5	45	1048.37	953.5 ± 4.84 %
19.54 ± 4.9 %	17.5	15	40.09 ± 6.1 %	1043.50 ± 0.34 %	944.39 ± 1.37 %
20.40 ± 6.0 %	17.5	15.5	40.17 ± 8.3 %	1040.99 ± 0.11 %	980.26 ± 2.57 %
21.03 ± 5.5 %	17.5	16	39.46 ± 5.4 %	1042.47 ± 0.36 %	943.45 ± 0.95 %

Tabla IV.3.1

IV.1.3.- Resultados obtenidos de la medida del espesor de las películas de Vyns por medio del uso del Perfilómetro.

Como ya se había mencionado en III.2.3, el Perfilómetro es un instrumento que basa sus mediciones en el recorrido de una aguja (con un peso de unos cuantos μg .) sobre el contorno de la película a medir. Una gráfica del recorrido de la aguja del Perfilómetro sobre una película de Vyns se muestra en la fig. IV.3.

Como puede observarse en esta figura, el espesor promedio fluctua entre los 700 y 800 Å, lo cual corresponde a un rango de variación de 0.07 a 0.08 μm , lo cual es muy cercano al valor encontrado por los dos métodos anteriores.

IV.1.4.- Obtención de la medida del espesor másico de una película de Vyns.

Una manera muy común de expresar el espesor de una película delgada es por medio del espesor másico de la misma, es decir su peso por unidad de área. Para realizar la medida del espesor másico de las películas de Vyns se deben llevar a cabo los siguientes pasos (este proceso es similar para la Celulosa) :

- 1) Construir un armazón de cobre, aluminio ó cualquier otro material que sea muy ligero. Este armazón debe quedar lo mas derecho y parejo posible. El armazón se muestra en la Fig. IV.4.
- 2) Limpiar el armazón con acetona primeramente, después con alcohol.
- 3) Pesar el armazón en la microbalanza (Microbalanza marca Mettler. mod. CH 8606, sensibilidad de 0.1 mg y una precisión de ± 0.002 mg)
- 4) Elaborar una película de Vyns que cubra perfectamente a la superficie del armazón, y cortar la misma a lo largo de toda la periferia del mismo.
- 5) Secar a temperatura ambiente la película que cubre al armazón.
- 6) Pesar el armazón con la película de Vyns sobre de este

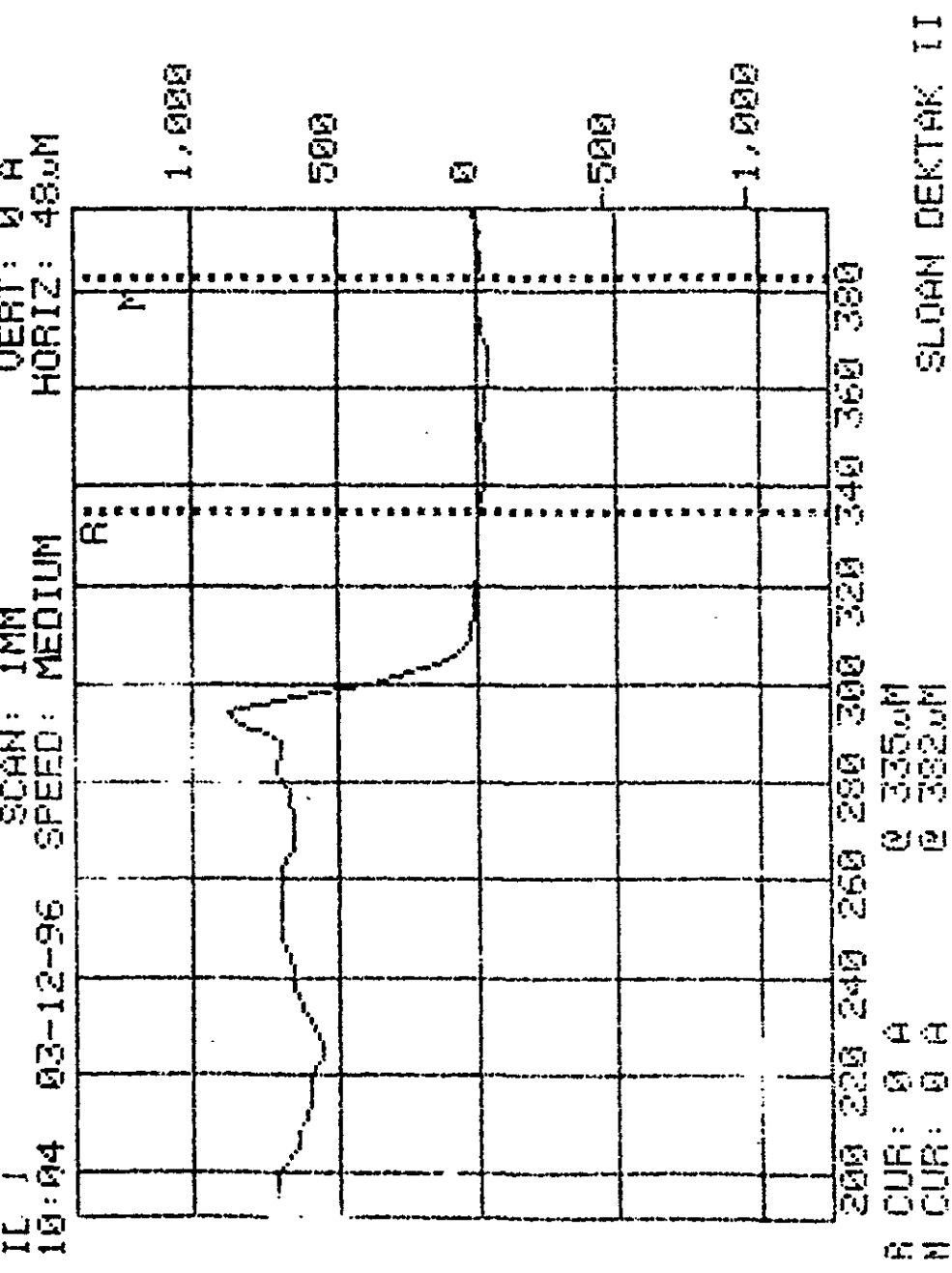
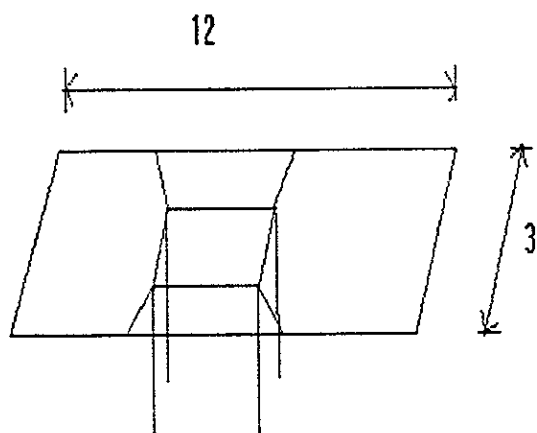


Fig. IV.3.- Gráfica del recorrido de la aguja del Perfilómetro sobre una película de Vyns.



Acot: cm

Material: Cobre (alambre calibre 22)

Fig. IV.4.- Arreglo utilizado para la medida del espesor másico de una película de Vyns.

7) Del peso del armazón + película de Vyns , restar el peso del armazón, y así obtener el peso de la película de Vyns.

8) Obtener el espesor másico de la película de Vyns por medio de la siguiente relación :

$$\rho_A = \frac{\text{Peso de la película de Vyns}}{\text{Area de la película de Vyns}}$$

Donde :

ρ_A = Espesor másico de la película de Vyns.

Los pasos 2, 4, 5 y 7 se llevaron a cabo en dos ocasiones mientras que los 3 y 6 se llevaron a cabo 20 y 30 veces respectivamente (10 para cada caso). las últimas 10 medidas del paso 6 se llevaron a cabo con el fin de corroborar los resultados obtenidos en la realización de este en las 20 medidas anteriores. De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se tienen tres eventos los cuales arrojaron los siguientes resultados :

a) Primer evento.

	Peso promedio (g)	SD (g)	% SD
Armazón solo	0.9982453	7.45×10^{-6}	$\pm 7.46 \times 10^{-4}$
Armazón + Película de Vyns	0.998571	5.83×10^{-6}	$\pm 5.83 \times 10^{-4}$

Las medidas fueron tomadas a una temperatura ambiente de 23.33 °C y 52 % de humedad relativa.

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Peso de la Película de Vyns} &= (0.998571 - 0.998245) \text{ g.} \pm 9.45 \times 10^{-6} \\ &= 3.257 \times 10^{-4} \text{ g.} \pm 2.9 \% \end{aligned}$$

Ahora bien, como se puede apreciar en la figura IV.4, el área de película aplicada sobre el armazón es un rectángulo. Las longitudes de los lados del rectángulo se midieron con una

regla graduada en mm, esto implica que la máxima precisión de la regla es de ± 0.05 cm. Entonces el área de la película de Vyns quedaría como sigue :

$$\text{Area de la película de Vyns} = (12 \pm 0.41 \%)(3 \pm 1.67 \%)$$

Lo cual indica que :

$$\text{Area de la película de Vyns} = 36 \text{ cm}^2 \pm 1.72 \%$$

Ahora, como el espesor másico de la película de Vyns esta dada de la siguiente manera:

$$\rho_A = \frac{\text{Peso de la película de Vyns}}{\text{Area de la película de Vyns}}$$

Entonces :

$$\rho_A = \frac{3.257 \times 10^{-4} \text{ g} \pm 2.9 \%}{36 \text{ cm}^2 \pm 3.39 \%} = 9.05 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^2 \pm 4.46 \%$$

Por lo tanto:

$$\rho_A = 9.05 \mu\text{g/cm}^2 \pm 4.46 \%$$

b) Segundo evento.

	Peso promedio (g)	SD (g)	% SD
Armazón solo	0.9982402	8.81×10^{-6}	$\pm 8.83 \times 10^{-4}$
Armazón + Película de Vyns	0.9986707	1.24×10^{-3}	$\pm 1.24 \times 10^{-3}$

Nuevamente las medidas fueron tomadas a una temperatura ambiente de 23.33 °C y 52 % de humedad relativa.

Esto implica que :

$$\text{Peso de la Película de Vyns} = 4.305 \times 10^{-4} \text{ g} \pm 3.53 \%$$

Ahora bien, como el área de la película es de $36 \text{ cm}^2 \pm 3.39 \%$, entonces el espesor másico de la película de Vyns queda como sigue :

$$\rho_A = \frac{4.305 \times 10^{-4} \text{ g} \pm 3.53 \%}{36 \text{ cm}^2 \pm 3.39 \%} = 1.19 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^2 \pm 4.89 \%$$

Por lo tanto :

$$\rho_A = 11.9 \text{ } \mu\text{g/cm}^2 \pm 4.89 \%$$

c) Tercer evento.

	Peso (g)	SD	% SD
Armazón + Película de Vyns	0.9986705	3.33×10^{-6}	$\pm 3.33 \times 10^{-1}$

Las medidas fueron tomadas a una temperatura ambiente de $23.33 \text{ }^\circ\text{C}$ y 51% de humedad relativa.

Esto implica que :

$$\text{Peso de la Película de Vyns} = 4.303 \times 10^{-4} \text{ g} \pm 2.18 \%$$

Por lo tanto, considerando que es la misma área del evento b), tenemos :

$$\rho_A = \frac{4.303 \times 10^{-4} \text{ g} \pm 2.18 \%}{36 \text{ cm}^2 \pm 3.39 \%} = 1.19 \times 10^{-5} \text{ g/cm}^2 \pm 4.03 \%$$

Por lo tanto :

$$\rho_A = 11.9 \text{ } \mu\text{g/cm}^2 \pm 4.03 \%$$

Ahora bien, con los datos obtenidos para ρ_A en el primero y segundo eventos, tenemos que el espesor másico de una película de Vyns elaborada por el método tradicional es la siguiente:

$$\rho_A = 9.97 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \pm 3.31 \%$$

De acuerdo a la siguiente relación :

$$\rho_A = \rho * X$$

Donde : ρ_A = Espesor másico de la Película.
 ρ = Densidad de la Película.
 X = Espesor de la Película

Nosotros podemos calcular la densidad de una película de Vyns. Dado que el espesor promedio de una película de Vyns elaborada por el método tradicional es de $0.0845 \pm 0.84 \%$ μm , entonces :

$$\rho = \frac{9.97 \frac{\mu\text{g}}{\text{cm}^2} \pm 3.31 \%}{0.0845 \mu\text{m} \pm 0.84 \%}$$

Por lo tanto :

$$\rho = 1.17 \text{ g}/\text{cm}^3 \pm 3.41$$

De esto podemos deducir que si quisieramos expresar el espesor de una película de Vyns en la forma de su espesor másico, solamente tendríamos que multiplicar su espesor por la densidad (ρ) calculada anteriormente.

IV.2.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA A DISTINTAS CONDICIONES DE OPERACION.

IV.2.1.-Condiciones de operación para el Vyns.

Para obtener los resultados de las pruebas de funcionamiento de la máquina propuesta para la elaboración de las películas de Vyns ó Celulosa, se elaboró un modelo prototipo, el cual nos simula el funcionamiento de la misma. Este modelo prototipo se construyó a base de madera, latón, acero al carbono y algunos herrajes. En este modelo, el aplicador móvil de Vyns ó Celulosa esta simulado en una flecha soportada en dos bañeros, los cuales se desplazarán a distintas distancias a lo largo de dos rieles de madera, los cuales permitirán el desplazamiento del aplicador de Vyns ó Celulosa móvil. De acuerdo a esto se realizaron nueve pruebas a distintas áreas de aplicación de la solución de Vyns, a distintas cantidades de solución de Vyns aplicada y a una velocidad constante, la cual experimentalmente se comprobó que es la mínima adecuada para elaborar las películas de Vyns.

En la tabla IV.4 se muestran los resultados obtenidos al realizar estas pruebas, así como las películas que se obtuvieron de dichas pruebas.

Nota : P significa película de prueba, de tal manera que 1P es película de prueba 1, 2P es película de prueba 2 y así sucesivamente.

No. de prueba.	Area de aplicación (cm ²)	Velocidad de desplazamiento del aplicador de Vyns ó Celulosa móvil (cm/s.)	Cantidad de Vyns aplicada (ml).	Películas que arrojó la prueba.
1	300	8.33	0.05	2P, 3P
2	240	8.33	0.05	4P, 5P
3	120	8.33	0.05	6P, 7P
4	180	8.33	0.05	8P, 9P
5	300	8.33	0.1	10P, 11P
6	180	8.33	0.1	12P
7	180	8.33	0.1	13P
8	240	8.33	0.1	14P, 15P
9	240	8.33	0.1	16P

Tabla IV.4

Para todas estas películas se llevo a cabo la medida del corrimiento promedio de canal en el espectro α , para conocer el espesor aproximado de las mismas. Este corrimiento se reporta en la tabla IV.5. Cada película se midió en cinco ocasiones, y con estos datos se realizó el análisis estadístico correspondiente.

Condiciones de conteo.	Corrimiento Promedio de cinco medidas.	% SD
C/Película 2P.	1.36	± 15.23
C/Película 3P	0.95	± 27.36
C/Película 4P	0.90	± 29.45
C/Película 5P	0.71	± 35.86
C/Película 6P	1.08	± 25.05
C/Película 7P	0.88	± 37.15
C/Película 8P	0.85	± 27.35
C/Película 9P	0.97	± 28.672
C/Película 10P	1.43	± 23.42
C/Película 11P	0.94	± 27.20
C/Película 12P	1.0	± 22.25
C/Película 13P	0.80	± 19.44
C/Película 14P	0.93	± 26.87
C/Película 15P	0.93	± 26.87
	Prom. Pesado = $0.96 \pm 6.72 \%$	

Tabla IV.5

Como puede observarse en la tabla anterior, a pesar de variar la cantidad de Vyns aplicada y el área de aplicación de la solución de la misma, los corrimientos de canal no variaron en mas de un 7 %, esto indica por lo tanto que el espesor de película no fue afectado (no se reporta el experimento con una cantidad superior de solución, debido a que las películas salen con demasiados colores).

IV.2.2.- Condiciones de operación para la Celulosa.

Con el prototipo descrito en IV.1.5.1 se realizaron pruebas de funcionamiento ahora con Celulosa. Se observó que efectivamente, con este se pueden fabricar las películas de Celulosa. También se observó que la solución de Celulosa al contacto con el agua se extiende homogéneamente a lo largo de la superficie recorrida. Por lo tanto se pensó en realizar una prueba por goteo en un área controlada, para conocer si realmente se puede de esta manera controlar el espesor de la película.

Para obtener el peso promedio de una gota de la solución de Celulosa se realizó lo siguiente:

- 1) Se depositó una cantidad "X" de la solución de Celulosa en un Picnómetro.
- 2) Se pesó el Picnómetro más la solución de Celulosa depositada.
- 3) Se procedió a depositar una gota de la solución de Celulosa a la depositada en el agua.
- 4) Se pesó el Picnómetro + la solución de Celulosa – una gota que se depositó en el agua.
- 5) Se realizaron nuevamente los procedimientos 2, 3 y 4 hasta llegar a un total de 10 pesadas de la gota de la solución de Celulosa.

Con los datos de estos 10 eventos se procedió a realizar su correspondiente análisis estadístico y se obtuvo el peso promedio de una gota de Celulosa, obteniéndose lo siguiente:

Peso promedio de una gota de la solución de Celulosa = 0.01694 g. \pm 1.94 %

Ahora, con estos datos se procedió a realizar un ensayo por goteo. Se elaboraron películas con distintas cantidades de la solución de Celulosa a un área controlada. Los resultados de estos ensayos se muestran en la tabla IV.6.

No. de Prueba.	Area de aplicación (cm ²)	Cantidad de Celulosa aplicada (gotas)	Cantidad de Celulosa aplicada (g)	Películas que arrojó la prueba.
1	150	1	0.01694	1Pc, 2Pc
2	150	2	0.03388	3Pc, 4Pc, 5Pc
3	150	3	0.05082	6Pc, 7Pc, 8Pc
4	150	4	0.06776	9Pc, 10Pc, 11Pc
5	150	5	0.0847	12Pc, 13Pc

Tabla IV.6

Nota : Pc significa película de prueba de Celulosa, de tal manera que 1Pc es película de prueba de Celulosa 1, 2Pc es película de prueba de Celulosa 2 y así sucesivamente.

Para estas películas nuevamente se midió el corrimiento de canal en cinco ocasiones y se realizó el análisis estadístico correspondiente. Estos resultados se reportan en la tabla IV.7.

Condiciones de conteo.	Corrimiento promedio de cinco medidas.	% SD
C/Película 1Pc	0.53	± 30.37 %
C/Película 2Pc	0.49	± 15.22 %
C/Película 3Pc	0.55	± 33.17 %
C/Película 4Pc	0.38	± 15.28 %
C/Película 5Pc	0.71	± 24.40 %
C/Película 6Pc	0.71	± 15.16 %
C/Película 7Pc	1.41	± 12.25 %
C/Película 8Pc	1.67	± 17.81 %
C/Película 9Pc	1.40	± 17.19 %
C/Película 10Pc	1.27	± 14.11 %
C/Película 11Pc	1.32	± 15.63 %
C/Película 12Pc	0.90	± 13.47 %
C/Película 13Pc	1.15	± 15.48 %
	Prom Pesado = 0.65 ± 5.17 %	

Tabla IV.7

Si tomamos los corrimientos de canal para una y dos gotas respectivamente, obtendremos lo siguiente :

$$\text{Corrimiento Promedio} = 0.53 \pm 22.4 \%$$

Pero si tomamos los corrimientos de canal para tres, cuatro y hasta cinco gotas, obtendremos lo que sigue :

$$\text{Corrimiento Promedio} = 1.22 \pm 24.8 \%$$

Esto nos indica que el espesor de la película fue afectado y que por lo tanto puede haber la posibilidad de controlarlo.

Si comparamos la cantidad de Celulosa aplicada contra el corrimiento de canal tenemos lo que se reporta en la tabla IV.8.

Cantidad de Celulosa aplicada (g)	Corrimiento de canal (canales)
0.01694	0.53
0.01694	0.49
0.03388	0.55
0.03388	0.38
0.03388	0.71
0.05082	0.71
0.05082	1.41
0.05082	1.67
0.06776	1.40
0.06776	1.27
0.06776	1.32
0.0847	0.90
0.0847	1.15

Tabla IV.8

Si hacemos un ajuste por mínimos cuadrados de la cantidad de Celulosa aplicada contra el corrimiento de canal obtenemos lo que se reporta en las gráficas de las figuras IV.5 y IV.6.

Fig. IV.5.- Gráfica de la cantidad de Celulosa aplicada contra corrimiento de canal.

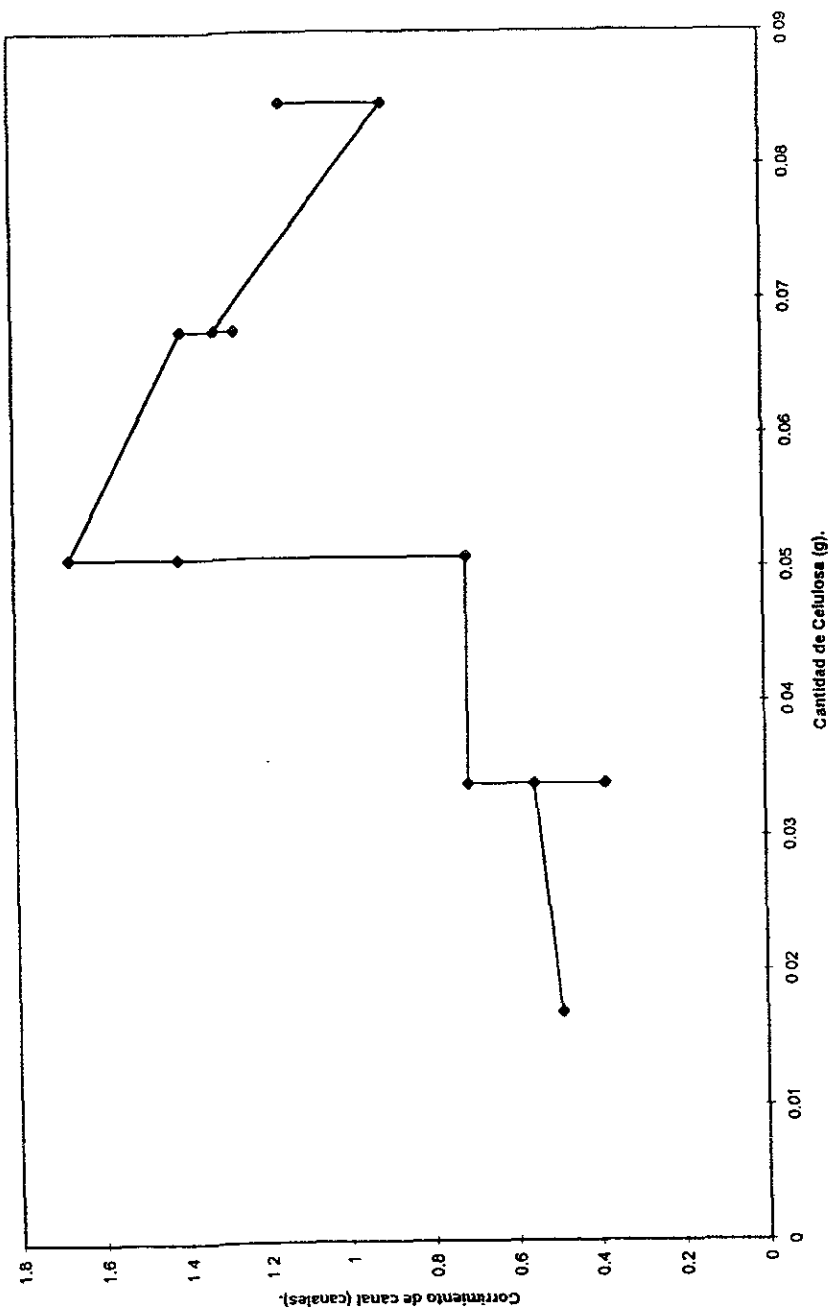
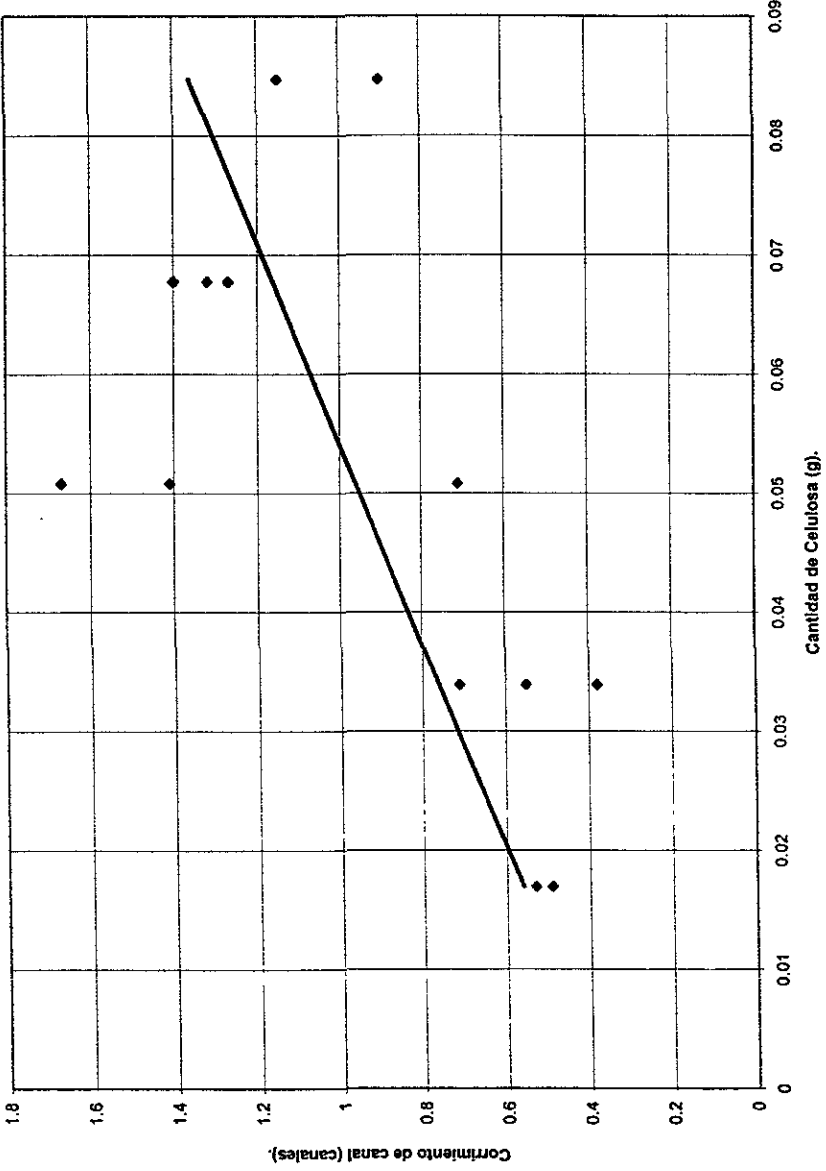


Fig. IV.6.- Ajuste de la cantidad de Celulosa contra corrimiento de canal.

$$y = 11.833x + 0.3594$$
$$R^2 = 0.4017$$



IV.3.- DISCUSION.

En las tablas IV.4 y IV.5 se puede apreciar que al variar la cantidad de Vyns de 0.05 ml. a 1.0 ml. en áreas de aplicación de 120 hasta 300 cm² y con una velocidad de desplazamiento del aplicador móvil de Vyns de 8.33 cm/seg no se apreció un cambio en el espesor de las películas. Sin embargo, como se puede ver en las tablas IV.6, IV.7 y IV.8, para la Celulosa sí parece haber un cambio, ya que se aprecia una variación de corrimientos de canal de más del doble y en la gráfica de la Fig. IV.6, en el ajuste de la curva de la cantidad de Celulosa aplicada contra corrimiento de canal se puede apreciar una pendiente muy pronunciada en la recta. Tal vez se necesiten realizar más pruebas para terminar de caracterizar el comportamiento de ambas películas. Una de las pruebas que sugiero es la de elaborar las películas de Vyns ó Celulosa variando la concentración de polímero arriba de 0.5 g. de Vyns en 4.5 ml. de Ciclohexanona y mayores que 2 g. de Celulosa en 100 ml. de Acetato de Isoamilo en el solvente. Respecto al sistema de medida de los espesores de película, tal vez sería conveniente optimizar el sistema y tratar de hacer un vacío lo más cercano al cero del medidor de presión, ya que esto nos reportaría una mayor reproducibilidad de las medidas y la dispersión de las mismas serían menores. Sin embargo, como se puede apreciar en las tablas IV.1, IV.2, IV.3 y de las gráficas reportadas en las Figs. IV.1 y IV.2 se puede ver que la calibración para medir los espesores de película, en las condiciones constantes en las que se mantuvo el equipo fue bastante buena.

IV.4.- CONCLUSIONES.

En resumen, y de acuerdo a lo reportado anteriormente; se puede concluir lo siguiente :

- 1) El dispositivo propuesto elabora películas de Vyns ó Celulosa.
- 2) El dispositivo no es capaz aún de controlar el espesor de las películas.
- 3) El dispositivo elabora películas con un espesor promedio de $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \pm 4 \%$, lo cual indica que por lo menos es posible obtener películas con un mismo espesor.
- 4) Finalmente se concluye que la hipótesis planteada al principio no ha sido comprobada en su totalidad pero se logró el objetivo principal de elaborar películas de Vyns ó Celulosa cuyo espesor sea el mismo bajo las mismas condiciones de fabricación.

Otro método para determinar el espesor de las películas es el gravimétrico, que consiste en pesar la película y dividir este peso entre su área para obtener directamente su espesor másico. Este método se empezó a practicar y resultó ser más rápido y preciso que el de atenuación de energía de las partículas Alfa por lo que lo propongo para desarrollos posteriores.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) P. J. Campion, I.J.A.R.I. 4, 232, 1959.
- 2) A. Spornol, E. de Roost and O. Lerch, "High Precision $4\pi\beta\text{-}\gamma$ Coincidence Counting and The Preparation of Solid Co-60 Standard Sources and Solutions for International Comparison", EUR 477. e, 1964.
- 3) Yves Le Gallic, "Préparation des Sources Radioactives pour Mesures d'Activité", LMRI, 2^{eme} trimestre 1977.
- 4) Cortés A. y Tejera A., "Método para elaborar Patrones de Cobalto-60 de baja actividad", Informe Técnico All-84-19, ININ, Dic. 1984.
- 5) Evans Robley D., "The Atomic Nucleus", Mc Graw Hill Book Company, Inc., 1955, cap. 22.
- 6) Balcázar García M. y Pineda H., "Versatile Irradiation Chamber to Perform Experiments with SSNTDS", The Nucleus, 20 (3, 4), 1983, pags. 75-77.
- 7) Cortés A., Tejera A., De la Torre O. J., Becerril A. y Bribiesca L., "Elaboración de Soportes para Fuentes Emisoras Beta (con Vvns)", Informe Técnico LPR-CMRI-01-90, ININ, 1990.
- 8) William J. Price, Nuclear Radiation Detection, second Edition, Mc Graw Hill, 1958.
- 9) Commissariat a L'energie Atomique, Etalons de Radioactivité (Radioactivity Standards), Catalogue 1992.
- 10) Livingstone, S., and H. Bethe : Revs. Mod. Phys. 9:263 (1937).
- 11) Allison, S.K., and S.D. Warshaw : Revs. Mod. Phys., 25:779 (1953).
- 12) Ueling, E. A. : Ann. Rev. Nuclear Sci., 4:315 (1954).
- 13) Bethe, H., and J. Ashkin : Article in E. Segre (de.), "Experimental Nuclear Physics", Vol. 1, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1953.
- 14) Gray , L.H. : Proc. Cambridge Phil. Soc., 40:72 (1944).
- 15) Taylor, A. E. : Repts. Progr. in Phys., 15:49 (1952).
- 16) Aron, W. A., B. G. Hoffman, and F. C. Williams : U.S. Atomic Energy Comm. Document AECU-663, 1949.
- 17) Rich, M., and R. Madey : U.S. Atomic Energy Comm. Document UCRL-2301, 1954.
- 18) Cook, C. J., E. Jones, Jr., and T. Jorgensen : Phys. Rev., 91:1417 (1953).
- 19) Heitler, W. : "The Quantum Theory of Radiation", Chap. 3, Oxford University Press, London, 1944.
- 20) Feather, N. : Proc. Cambridge Phil. Soc., 34:599 (1938).
- 21) R. Daris, C. St. Pierre, Nuclear Instruments and Methods, 64 (1968) 346.
- 22) E. Brunnix, G. de Rudstam, Nuclear Instruments and Methods, 13 (1961), 302.
- 23) G. Bertolini, G. de Pasqualli, R. Fantechi, Nuclear Instruments and Methods, 32 (1965) 355.

- 24) P. S. Robinson, *Nuclear Instruments and Methods*, 40 (1966).
- 25) S.A. Lindsay, AECL-2666 (1967).
- 26) K. F. Lauer, V. Verdingh, *Nuclear Instruments and Methods*, 21 (1963) 161.
- 27) Joseph Edward Shigley. "Mechanical Engineering Design". Mc Graw Hill Company. Fourth Edition. 1989.
- 28) M. F. Spotts. "Design of Machine Elements". Prentice Hall. Fifth Edition. 1978.
- 29) Virgil Moring Faires. "Design of Machine Elements". Macmillan Company. Fourth Edition. 1965.
- 30) Arthur G. Erdman and George N. Sandor. "Mechanism Design. Analysis and Synthesis. Vols. I-II". Prentice Hall. Second Edition. 1991.
- 31) Aaron D. Deutschman, Walter J. Michels and Charles E. Wilson. "Machine Design. Theory and Practice". Macmillan Publishing Co. Inc., First Edition. 1985.
- 32) Allen S. Hall Jr., Alfred R. Holowenko and Herman G. Lauglin. "Machine Design". Mc Graw Hill Co., First Edition.
- 33) Timothy J. Maloney. "Electrónica Industrial. Dispositivos y Sistemas". Prentice Hall. Primera edición en español, traducido de la Primera edición en Inglés. 1983.
- 34) Irving L. Kosow. "Control of Electric Machines". Prentice Hall. First edition. 1979.
- 35) Dale Patrick and Stephen W. Fardo. "Industrial Electronics. Devices and Systems". Prentice Hall. First Edition. 1986.
- 36) Harold W. Gingrich. "Máquinas Eléctricas, transformadores y Controles". Prentice Hall. Primera edición en español, Traducido de la Primera edición en Inglés. 1980.
- 37) Texas Instruments. "Manual de Semiconductores de Silicio". Edición Técnica 79/80.
- 38) Patlán F., Cortés A., "Soportes Para Fuentes Radiactivas Puntuales", Reporte SS, material de consulta exclusivamente en el LPR-CMRI-ININ, 1994.
- 39) W. Parker, M. de Croës and K. Sevier, Jr., *Nuclear Instruments and Methods*, 7 (1960) 22-36.
- 40) Hongshan Du, et al., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, A369 (1996) 424-426.
- 41) H. Du, Z. Jia and Y. Yu, *Nuclear Instruments and Methods*, A 251 (1986) 254.
- 42) Glenn F. Knoll, "Radiation Detection and Measurement", John Willey and Sons. 1979.
- 43) N. Kudomi, et. al., *Nuclear Instruments and methods in Physics research*, A322 (1992) 53-56.
- 44) Marcelo Alonso & Edward J. Finn. "Fundamental University Physics Vol. III". Addison-Wesley Publishing Company. 1967. Ontario C nada.