

77  
1ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"DISEÑO DE UN PROTOTIPO TOTALMENTE  
ELECTRONICO DE RAYOS X, PARA USO MEDICO"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN COMPUTACION  
P R E S E N T A N :  
ALFREDO POLO PEREZ  
ARACELI PALMA GARCIA  
JOSE ANDRES MARTINEZ SUAREZ

S  
E  
I  
S  
Z

ASESOR: M. EN I. JUAN CARLOS ROA BEIZA

MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





## **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.

**INDICE****Página****INTRODUCCION****Capítulo I****"TEORIA DE LOS RAYOS X"**

I.1.	Características y clasificación de los rayos X de acuerdo a materiales y estructuras	3
I.2.	Rayos X utilizados en la medicina	11
I.3.	Proceso de generación de rayos X	22
I.4.	Funcionamiento de los equipos de rayos X	31
I.5.	Técnicas para la obtención de placas radiográficas en seres humanos.	45

**Capítulo II****"TUBOS GENERADORES DE RAYOS X"**

II.1.	Tubos de ánodo fijo	61
II.2.	Tubos de ánodo rotatorio	71
II.3.	Coraza metálica de los tubos de rayos X y dispersión de la radiación	83
II.4.	Sistema de seguridad y blindaje	89
II.5.	Precauciones y estándares que deben cumplir los equipos	103

## INDICE

---

	Página
<b>Capítulo III</b>	
<b>"DISEÑO DEL PROTOTIPO ELECTRICO"</b>	
III.1. Diseño de las etapas de suministro de energía al sistema, acondicionamiento del voltaje y corriente (alto voltaje 150 Kv)	117
III.2. Diseño de las interfaces de optoacoplamiento para el manejo de las etapas	127
III.3. Manejo de los estándares para los tiempos de exposición	138
III.4. Diseño para el control de los motores de posición	166
<b>Capítulo IV</b>	
<b>"M.C.U."</b>	
IV.1. Principios de operación y características del MC-68705R3	191
IV.2. Características y selección del teclado	219
IV.3. Sistema de visualización y prevención de datos	233
IV.4. Diseño del sistema de control y adquisición de datos	250
IV.5. Desarrollo del software necesario para el control, visualización y adquisición de datos para cada uno de los sistemas	258
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>313</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>315</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>320</b>
<b>Apndice A</b>	<b>i</b>
<b>Apndice B</b>	<b>viii</b>
<b>Apndice C</b>	<b>xxiii</b>

## TEORIA DE LOS RAYOS X

### INTRODUCCION

Los rayos X, que fueron producidos, entre otros, por Morgan en 1785, por Plucker en 1850, por Geissler en 1860, por Hittorf en 1869 y por Lenart en 1892, esto es por quienes experimentaron el paso de una corriente de alta tensión a través de gases de baja presión (enrarecidos), recién fueron descubiertos por Röntgen en 1895.

En 1785 Guillermo Morgan, miembro de la "Royal Society" de Londres, presenta ante la sociedad una comunicación en la cual describe los experimentos que había hecho sobre el fenómeno producido por el paso de una descarga eléctrica en el interior del tubo de vidrio, observó que cuando no hay aire, y el vacío es lo más perfecto posible, no puede pasar ninguna descarga eléctrica, pero al entrar una pequeña cantidad de aire, el vidrio brilla con un color verde.

Morgan, sin saberlo, había producido rayos X, y su sencillo aparato representaba el primer tubo de rayos X.

El 8 de noviembre de 1895 Wilhelm Conrad Röntgen, profesor de física de la universidad de Würzburg, Alemania, descubrió una nueva clase de rayos, a los que llamó "rayos X". A continuación se describe este acontecimiento histórico tal como lo relató el 5 de Noviembre de 1897 Sylvanus P. Thompson, físico fundador de la British Röntgen Society.

"El 8 de Noviembre de 1895 será siempre una fecha inolvidable en la historia de la ciencia. En este día se observó por primera vez una luz que el ojo humano no había visto nunca ni en la tierra ni en el mar. La observó el profesor Wilhelm Conrad Röntgen, en el Instituto de Física de la Universidad de Würzburg en Baviera. Lo que vio fue una iluminación débil y titilante de color verdusco sobre un pedazo de cartón cubierto de un preparado químico fluorescente. Sobre la superficie débilmente iluminada se veía una sombra oscura lineal. Todo

esto sucedía en una habitación cuidadosamente oscurecida, de la cual se había excluido escrupulosamente toda clase de rayos o luces conocidas. En la habitación había un tubo de Crookes estimulado internamente por las chispas producidas por un carrete de inducción, pero cuidadosamente protegido con cartón negro, impermeable a toda clase de luz conocida, aun la más intensa. Sin embargo, en esta oscuridad arreglada exprofesamente para que el ojo pudiera observar fenómenos luminosos, no se veía nada hasta que aparecieron los rayos desconocidos, emanando del tubo de Crookes y penetrando la cubierta de cartón hasta llegar a la pantalla luminiscente, revelando de esta forma su existencia.

Para el investigador avezado, no fue cuestión más que de unos minutos, observar en la pantalla fluorescente la iluminación producida por los rayos invisibles, y la línea sombreada que la atravesaba y darse cuenta, inmediatamente de que en el tubo de Crookes estaba la fuente de los rayos. Los rayos invisibles, ya que invisibles eran hasta que caían sobre la pantalla tratada químicamente, tenían un poder penetrante hasta en aquel momento nunca imaginado. Penetraban cartón, madera y tela, con gran facilidad. Atravesaban incluso una tabla gruesa, un libro de 2000 páginas, iluminando la pantalla colocada en el otro lado. Ciertos metales, por ejemplo el cobre, el hierro, el plomo, la plata y el oro, eran menos penetrados, siendo los más densos prácticamente opacos. Lo más sorprendente de todo fue que atravesaban la piel humana, que era muy transparente, mientras que los huesos eran opacos. Así fue como el descubridor interponiendo sus manos entre la fuente de rayos y el pedazo de cartón fluorescente vio la silueta de los huesos de su propia mano, en la pantalla".

## I.1 CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACION DE LOS RAYOS X DE ACUERDO A MATERIALES Y ESTRUCTURAS

La luz, las ondas de radio, los rayos X, etc. son ondas de energía electromagnética y viajan a la velocidad de 300 000 km. por segundo. Todas estas formas de radiación electromagnética se agrupan de acuerdo con sus longitudes de onda en lo que se conoce con el nombre de espectro electromagnético. La longitud de onda de la corriente alterna de 60 ciclos corresponde más o menos a la distancia de una costa a otra de los Estados Unidos. La longitud de onda de las ondas cortas de radio es aproximadamente igual a la altura de un hombre. Los rayos X que se usan en la medicina, que no tienen más que 1/10 000 de la longitud de onda de la luz (la longitud de onda de la luz en el centro del espectro es aproximadamente  $5.5 \cdot 10^{-5}$  cm., mientras que los rayos X usados en la radiografía en el centro del espectro de los rayos X, tienen una longitud de onda de  $5.5 \cdot 10^{-9}$ ), tienen una longitud de onda de aproximadamente 1/(2 540 000 000) de cm. Se miden generalmente, en unidades angström (Å); un angström equivale a 1/(100 000 000) de cm. En radiografía médica se emplean longitudes de onda de aproximadamente de 1/10 a 1/2 unidad de angström (ver Fig. I.1.1).

Los rayos X actúan también como si estuvieran formados por pequeños e independientes paquetes de energía, llamados cuantos o "fotones".

### Rayos X

Los rayos X son vibraciones atómicas cuyo origen se explica en la siguiente forma: cuando un electrón libre, que posea gran velocidad, choca dentro de un átomo pesado, con otro electrón satélite, y logre pasar de una a otra de sus órbitas profundas del átomo, se produce un desequilibrio energético dentro de éste, que se manifiesta exteriormente por la emisión de una radiación X.

Los rayos X, que forman parte de un espectro electromagnético, son invisibles y tienen por límite  $5 \text{ \AA}$  y  $0.01 \text{ \AA}$ .

Los rayos X son eléctricamente neutros y tienen longitudes de onda extremadamente corta, especialmente si se compara su longitud con el tamaño del núcleo atómico y los espacios

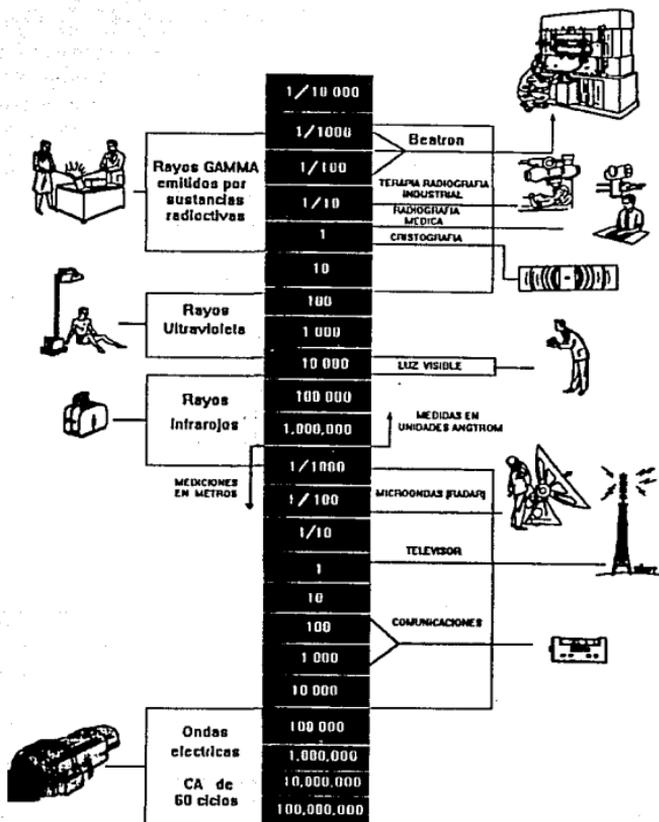


Fig.1.1.1 Diagrama del espectro electromagnético y ejemplos de la unidad de algunas longitudes de onda.

relativos entre el mismo y las orbitas circundantes. Y es precisamente por estos espacios relativamente holgados que no pocas de las radiaciones de longitud de onda más corta pueden atravesar un átomo, entre el núcleo y las órbitas de los electrones, sin tropezar con estos. A ello se debe que los rayos X sean capaces de penetrar a través de la materia. Sin embargo, el material atravesado por tales fotones absorbe una gran cantidad de la energía radiante de las partículas Röntgen elementales. Esta pérdida de energía corresponde a la producción de radiaciones secundarias.

Para los rayos X, los  $\beta$ , rayos X duros o  $\gamma$ , la cantidad de energía absorbida por un peso dado de materia es casi independiente hasta de su composición elemental. Sin embargo, esto no es así para los rayos X blandos. De todo ello se deduce claramente que la acción de los rayos X es mucho menos selectiva que la de la luz pues, por ejemplo; si luz ultravioleta de 2.600 Å pasa a través de una mezcla a partes iguales de un ácido nucleico y una proteína del suero, más del 90 por ciento de su energía se absorbe en el ácido nucleico y menos del 10 por ciento en la proteína. Sin embargo, usando rayos  $\gamma$ , la misma cantidad de energía se absorbe en la proteína y en el ácido nucleico.

Los electrones expulsados de los átomos del material en el cual pasan, absorben casi totalmente la energía de los rayos X y  $\gamma$ . Este proceso es casi independiente de la manera de como estos átomos están combinados en las moléculas.

Un átomo, al absorber un cuanto de los rayos X o  $\gamma$ , pierde un electrón. Con excepción de los rayos X extremadamente blandos, la energía del quantum absorbido es mucho mayor que la necesaria para producir una ionización (es decir expulsar un electrón de un átomo), apareciendo el exceso en forma de energía cinética en el electrón expulsado y en el átomo ionizado. Con ello, el electrón expulsado es lo suficiente energético para producir ionizaciones en los átomos que atraviesa.

Para los rayos X, casi todas las ionizaciones las producen los electrones expulsados por lo que, usualmente, se desprecia el efecto inicial del quantum de rayos X. Como consecuencia de esto, los iones producidos no están distribuidos al azar a través de la disolución, sino que se concentran a lo largo de la trayectoria del electrón expulsado.

Los fotones de energía pueden influir o verse influidos por la materia, así como penetrar en la misma de acuerdo con cualquiera de tres diferentes mecanismos:

- 1) **Emisión fotoeléctrica y absorción verdadera:** Cuando una cantidad suficiente de fotones de alta energía integrantes del haz primario entran en colisión con un electrón y lo desplazan de la órbita K de un átomo del material atravesado, dicho átomo emite un rayo característico, y otro electrón viene a llenar el espacio que quedó vacío. El electrón desplazado recibe toda la energía que le transfiere el fotón; inmediatamente después se desprende del átomo a que pertenecía, y en ocasiones choca e ioniza a otros átomos que encuentra en su trayectoria. Este tipo de interacción constituye una emisión fotoeléctrica y una verdadera absorción; el electrón a que nos hemos referido es un fotoelectrón (la emisión de cargas negativas por acción de la luz sobre una superficie es lo que se conoce como efecto fotoeléctrico, y las cargas emitidas son los fotoelectrones), que se desplaza con la energía cinética que le transfiriera el fotón. Este ha cedido, por cierto, toda la que tenía. (ver Fig. I.1.2)

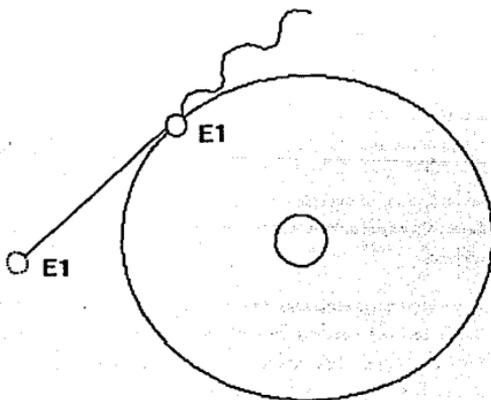


Fig. I.1.2 *Absorción verdadera con emisión de un fotoelectrón.*

- 2) **Dispersión inmutable (dispersión de Thompson).** Un fotón dotado de considerable energía, perteneciente al haz primario de radiaciones, puede chocar con un átomo y reflejarse en otra dirección sin llegar a penetrar en el mismo. El fotón conserva toda su energía original, y de ahí el adjetivo de inmutable (el concepto de mutabilidad se refiere a una reducción en el cupo de energía y a un aumento correlativo de la longitud de onda). Un fotón puede también pasar entre el núcleo y la órbita K de un átomo sin tocar ni uno ni otra, pero como el núcleo atrae en cierta medida al fotón, éste se desviará ligeramente al salir. (ver Fig. I.1.3)

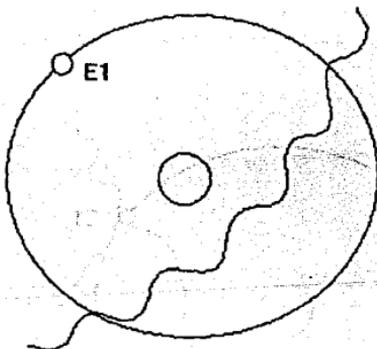


Fig. I.1.3 *Dispersión verdadera (Thompson).*

- 3) **Efecto Compton:** El efecto Compton supone una acción mutua entre el fotón incidente y un electrón libre (suelto), o bien entre dicho fotón y un electrón que se mantenga en órbita. Un fotón del haz primario dotado de gran energía puede incidir oblicuamente sobre uno de tales electrones orbitales; en tal caso parte de la energía del primero es transmitida al electrón y tiende a desplazarlo de su órbita; por otra parte, el fotón se desvía de su trayectoria originaria y continúa a través del átomo.

Este electrón así expulsado es un electrón de rebote que puede tropezar con otros electrones antes de abandonar el átomo y, por lo mismo, producir una ionización adicional de dicho átomo o de otros que luego encuentre en su carrera. Como resultado de tal acción tiene lugar la formación de un par iónico (cuando un átomo pierde un electrón y éste se incorpora a otro átomo, cada uno de ellos se ioniza, y ambos reciben el nombre de par-iónico). El fotón retiene la mayor parte de su energía original y puede producir una ionización sobre añadida. Este fotón modificado es un fotón de Compton. (ver Fig. I.1.4)

Si no hay cambios químicos, toda la energía de los rayos X, al igual que la de las ondas luminosas, aparece finalmente en forma de calor en el material absorbente. El efecto calorífico se puede despreciar salvo, quizá, para radiaciones muy fuertemente ionizantes o en "puntos calientes" en los que se disipa una cantidad desproporcionada de energía.

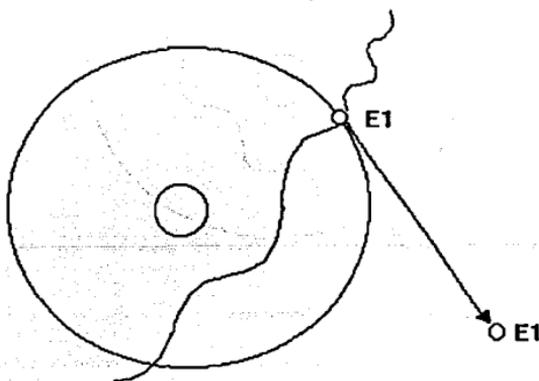


Fig. I.1.4

*Efecto Compton: el fotón Compton pierde o cede parte de su energía y prosigue en una dirección diferente; el electrón rechazado ( $E_1$ ) continúa con una trayectoria distinta de la del fotón Compton; a su vez, aquél posee menos energía que éste.*

Puesto que los efectos químicos y biológicos de los rayos X y los produce el electrón de alta velocidad expulsado y no la ionización primaria se deduce, sin duda alguna, que podrán obtenerse resultados semejantes a los obtenidos con ellos bombardeando directamente con electrones de energías comparables.

Hasta relativamente hace poco tiempo, los rayos X de mayor energía usados en experiencias biológicas se obtenían mediante tubos de terapia de 400 kv y daban un espectro de longitudes de onda que partiendo de  $0.03 \text{ \AA}$ , tenía una longitud de onda media de  $0.06 \text{ \AA}$ . Por su parte los rayos obtenidos del radio poseen una longitud de onda de  $0.01 \text{ \AA}$  es decir, correspondían a rayos X de  $1.2 \cdot 10^6 \text{ V}$ .

### Características

Fundamentalmente, los rayos X obedecen todas las leyes de la luz, pero entre sus propiedades especiales hay algunas que son de interés particular:

- Su cortísima longitud de onda permite penetrar materiales que absorben o reflejan la luz visible.
- Hacen fluorecer ciertas sustancias, es decir, les hacen emitir radiaciones de longitud de onda más larga, tal como la radiación visible y la ultravioleta.
- Afectan las películas fotográficas, produciendo un registro que puede hacerse visible mediante el procesamiento.
- Producen modificaciones biológicas (somáticas y genéticas), lo que permite emplearlos en terapéutica aunque ello obliga a tomar ciertas precauciones al usar las radiaciones.

La penetrabilidad es una de las cualidades importantes de los rayos X. No menos importantes, por cierto, son las de dureza y longitud de onda, ya que las tres son mutuamente interdependientes entre sí y a su vez, del kilovoltaje y de la corriente empleada.

### Rayos secundarios

Cuando un haz de rayos X pasa a través de cualquier sustancia, ésta tiende a absorber o a modificar parte de su energía. Se han realizado numerosos experimentos destinados a estudiar la reducción producida en la intensidad de un haz de rayos X al atravesar una capa absorbente. El efecto del aire como tal, es de la mayor importancia. Aun cuando el aire está integrado en su mayor parte, por moléculas relativamente sueltas de elementos muy ligeros, los rayos primarios establecen interacciones con dichos átomos o moléculas por uno o más mecanismos.

Cuando los rayos primarios atraviesan los tejidos del cuerpo u otro material de carácter orgánico, se producen diversos fenómenos. Entre ellos cabe citar la producción de radiaciones secundarias. Son rayos secundarios los generados en el individuo o en los objetos circundantes por el paso de los rayos primarios.

Experimentalmente se comprueba que estos rayos secundarios suelen ser por lo menos de dos clases:

- **Dispersos o secundarios:** (algunos con longitudes de onda idénticas y otras más largas que los rayos primarios) Los rayos dispersos secundarios divergen en todas direcciones desde el punto donde se generan en el objeto (radiador). La mayor intensidad de estos rayos se registra hacia adelante. En el campo del tratamiento, considerando el efecto de estos rayos sobre los tejidos humanos, estos tienen una importancia extrema cuando la longitud de la onda primaria es corta.
- **Fluorescentes característicos:** (éstos poseen la misma longitud de onda del material radiante). Estos son idénticos a las radiaciones propias; el modo de producirse unos u otros es diferente. Los rayos propios (característicos) resultan del impacto de los electrones catódicos en la placa anódica del tubo de Röntgen; los rayos característicos fluorescentes son el resultado del choque de un fotón primario de rayos X en el objeto radiante (radiador). El voltaje o tensión que se requiere para producir rayos característicos es directamente proporcional al cuadrado del número atómico del material que recibe el impacto.

## I.2 RAYOS X UTILIZADOS EN LA MEDICINA

El descubrimiento de los rayos X, no solo fue un acontecimiento para el mundo científico, fue un gran avance para la medicina.

Con este descubrimiento se pudo ver por primera vez el interior del cuerpo humano sin necesidad de utilizar cirugía, y se podía ahora llevar a cabo una operación sabiendo exactamente donde estaba el mal (tumores, huesos rotos, cuerpos extraños, etc.) actualmente el uso de los rayos X en la medicina es imprescindible. Pero no todo fueron ventajas, también hubo desventajas, se comenzó a detectar que la exposición prolongada a los rayos X podía ser dañina en los seres vivos lo que provocó un estudio más profundo para futuras aplicaciones médicas de los rayos X y su óptimo aprovechamiento, dando paso al campo de la radiología.

Al considerar las aplicaciones médicas de los rayos X debe tomarse en cuenta que el cuerpo humano es una estructura compleja compuesta no solamente de diferentes espesores sino de diferentes sustancias que absorben los rayos X en grados variables. Es decir, el hueso absorbe más rayos X que los músculos; los músculos, más que el aire (los pulmones por ejemplo). Además, los tejidos enfermos generalmente absorben los rayos X de manera diferente que los huesos y los tejidos blandos normales. La edad del paciente también tiene influencia. Por ejemplo, los huesos de los ancianos tienen menos calcio y por lo tanto absorben menos rayos X que los huesos de los jóvenes.

En el diagrama de la página siguiente (ver Fig. I.2.1) se demuestran estas variaciones de absorción. En este dibujo se indica la localización de los huesos, de la pierna. Debajo hay una sección transversal de la zona distal a la rodilla para indicar la posición relativa de los huesos, los músculos y la piel. Los rayos X originados en el punto focal penetran los tejidos en cantidades diferentes, tal como lo indica las gradaciones en las bandas verticales debajo de la sección transversal. Las bandas de tonos más claros indican la mayor intensidad de radiación, por consiguiente, la menor absorción por un tejido particular. Las bandas de tonos más oscuros indican la menor intensidad de radiación, por consiguiente, la mayor absorción por un tejido particular. Las bandas de tonos más oscuros indican la mayor intensidad de radiación como resultado de la mayor absorción de los tejidos. Esta mezcla de tonos claros y

oscuros puede considerarse como imagen radiográfica invisible que puede hacerse visible con la pantalla radioscópica o registrarse en una película radiográfica.

La producción conveniente de radiografías de alta calidad requiere el desarrollo de una técnica fácil de realizar que sea satisfactoria en la mayor parte de los casos. Resulta muy útil levantar una tabla de especificaciones técnicas que nos indiquen las máximas desviaciones de la norma que nos están permitidas. Los mejores resultados finales sólo se podrán obtener cuando se atienda cuidadosamente a los detalles de tiempo y temperatura propios de un buen revelado de la película.

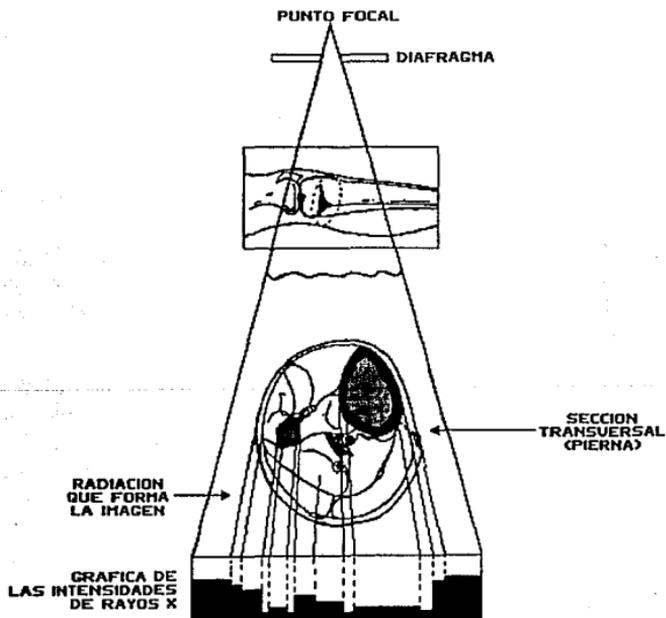


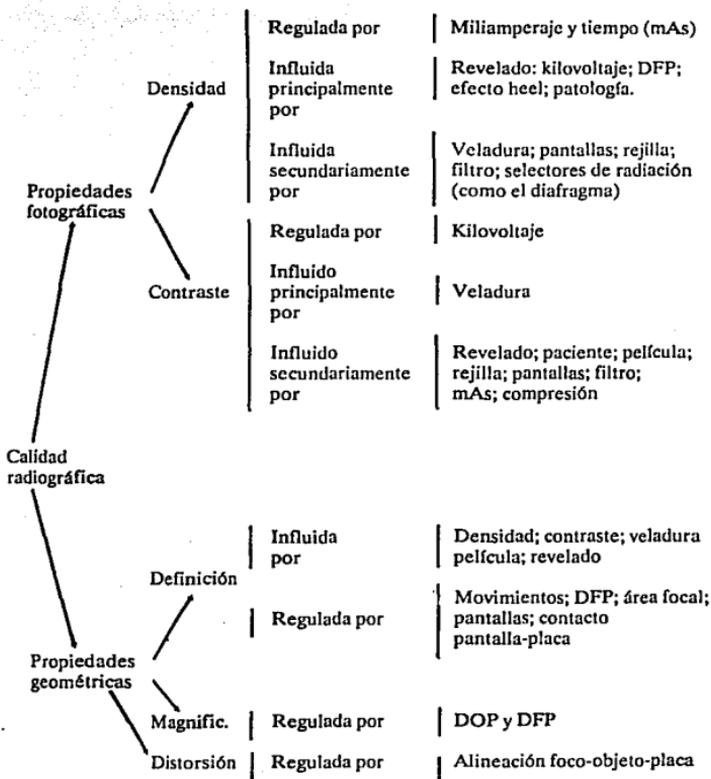
Fig. 1.2.1 Diagrama de variaciones de absorción de Rayos X.

Las variaciones anatómicas y fisiológicas en los pacientes son factores que escapan a cualquier descripción escrita. Más abajo se enumeran algunas de las variantes que merecen nuestra consideración.

<u>Estado físico</u>	<u>Cambios de exposición</u>
Extremadamente obeso	Auméntese la exposición
Muscular	Auméntese la exposición (kilovoltaje)
Muy delgado	Redúzcase la exposición
Niños	Redúzcase la exposición
Personas de edad	Redúzcase la exposición
En un medio húmedo	Auméntese la exposición 3 a 4 veces
En un medio seco	Auméntese la exposición 2 veces
<u>Estado patológico</u>	<u>Cambios de exposición</u>
Esclerosis	Auméntese la exposición (kilovoltaje)
Osteomielitis	Auméntese la exposición ligeramente
Osteoporosis	Redúzcase la exposición
Enfermedad de Paget	Auméntese la exposición
Atrofia ósea	Auméntese la exposición

Existen factores que afectan la calidad de un diagnóstico y estos pueden ser los siguientes: veladura, magnificación, distorsión, definición, visibilidad de los detalles, contraste, densidad y latitud.

Los efectos de cada cambio técnico particular en cualquiera o en todos estos ocho factores se apreciarán con mayor facilidad si se les presenta en forma tabulada como se muestra en la siguiente tabla.



Dentro de las aplicaciones de los rayos X en la medicina y sobre todo en la medicina deportiva, esta la detección de fracturas o fisuras en los huesos, el esqueleto humano de un adulto consta de 210 huesos independientes agrupados de la siguiente forma:

Extremidades superiores	60
Extremidades inferiores	60
Columna vertebral	24
Caja torácica	25
Cintura escapular	4
Cintura pelviana	8
Hioides	1
Cráneo	22
Huesecillos de oído	6
<b>TOTAL</b>	<b>210</b>

Por lo común se dice que el esqueleto consta de 206 huesos. Esta diferencia se debe a la terminología y a las partes componentes que se consideren coxales, pero cabe señalar que en un estudio radiológico de los huesos, la terminología general de estos es fundamentalmente la misma. En la siguiente página se muestra el dibujo del esqueleto visto de frente y por atrás. (ver Fig. I.2.2)

Una de las partes más importantes del esqueleto humano es la columna vertebral y es en ella donde los rayos X tienen gran importancia. Por medio de ellos se pueden encontrar lesiones en ella producto de malformaciones o golpes, así como desviaciones de las vértebras debidas a enfermedades como la descalsificación de los huesos, que pueden provocar parálisis de la extremidades inferiores, dolores muy intensos de espalda o en caso extremo hasta parálisis general.

Pero los rayos X (radiografías) no solo son importantes para observar el esqueleto humano, los diferentes órganos del cuerpo humano también son importantes. Los tejidos, como el músculo y la grasa que constituyen las partes blandas, poseen una baja densidad intrínseca y la diferencia de densidad entre estructuras adyacentes es muy escasa (poco contraste). Por lo tanto, las partes blandas se deben radiografiar con una técnica que aproveche al máximo este pequeño contraste.

Si se dispone del aparato, la técnica de elección es la xerorradiografía; de lo contrario, el método radiográfico convencional consiste en emplear el kilovoltaje más alto que penetre bien la parte respectiva, 15 a 20 kv menor que el necesario para los detalles óseos.

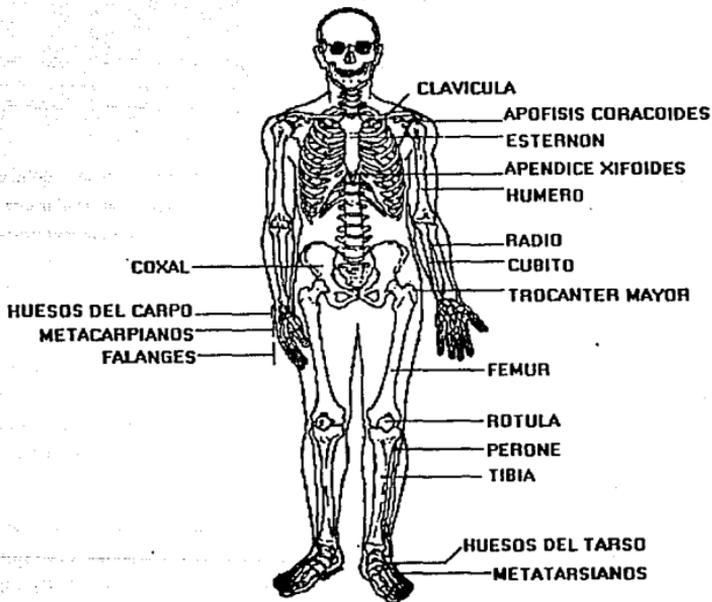
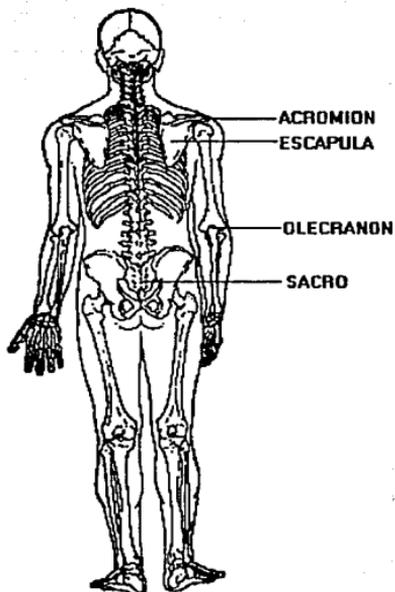


Fig. 1.2.2 a) Esqueleto visto por delante.



**Fig. I.2.2**    *b) Esqueleto visto por detrás.*

Con el kilovoltaje bajo se visualizan elementos que son radiolúcidos a kilovoltajes más altos y ocasionan errores de interpretación. Por este motivo la parte a examinar no debe estar cubierta por ninguna prenda, se deben evitar los pliegues cutáneos adoptando una posición apropiada y se debe tomar nota de la presencia de verrugas, lunares, quistes y otras lesiones cutáneas para el conocimiento del radiólogo.

En este tipo de radiografías la película sin pantalla ofrece detalles óptimos de las partes blandas, pero puede no ser práctica para las partes más gruesas del cuerpo dado el tiempo largo de exposición que se requiere.

La aplicación del bajo voltaje se usa para mostrar:

- a) Cuerpos extraños de baja densidad.
- b) Laringe y partes blandas del cuello en incidencia lateral.
- c) Cisticercosis (calsificación parasitaria).
- d) Calsificaciones de tendones y arterias.
- e) Ulceración de tejidos blandos.
- f) Grasa subcutánea en estudios nutricionales.
- g) Signos de partes blandas consecutivos a luxaciones o subluxaciones de la articulación acromioclavicular.
- h) Alteraciones de la grasa subdeltoidea en la peritendinitis o bursitis del hombro.

La absorción de los rayos X por los diversos tejidos, varía de acuerdo con el aumento del kilovoltaje, porque es un poco mayor en las partes blandas y un poco menor en el hueso, la diferencia de densidad entre las partes blandas y el hueso, es mucho menor a 120 kv.

La emisión del tubo de rayos X es mucho mayor con kilovoltajes altos. La fluorescencia de las pantallas intensificadoras también aumenta la rapidez a medida que el kilovoltaje es

mayor, y esto permite reducir mucho los factores de exposición, pero con kilovoltajes altos también aumenta el efecto relativo a la radiación dispersa.

El alto voltaje se usa comunmente en:

- a) En radiografía obstétrica, porque se reduce la dosis que recibe la madre y el feto.
- b) En histerosalpinografía, porque se reduce la dosis gonadal.
- c) En los exámenes baritados y en las radiografías seriadas rápidas, porque se acorta el tiempo de exposición y el tubo se calienta menos.
- d) En incidencias latentes de la columna lumbosacra, porque se ofrece una gama más amplia de densidades.

En las radiografías múltiples se obtienen una o más radiografías con una sola exposición y estas pueden ser de densidades distintas o réplicas la una de la otra.

Este procedimiento depende de una serie de pantallas intensificadoras de velocidades graduadas, de modo que contienen una determinada densidad de película, y la gama de la primera suele cubrir la diferencia entre la densidad del hueso y la de las partes blandas. La ventaja de este tipo de radiografías es que en una sola exposición se obtienen películas de excelente definición con una amplia gama de densidades, y es fácil conseguir radiografías duplicadas con fines de enseñanza o investigación sin entregar una dosis de radiación adicional al paciente.

Este tipo de radiografías se realizan para:

- a) Demostración de la tráquea supraesternal y retroesternal.
- b) Investigación del sitio de la placenta.
- c) Demostración de la región toracolumbar en incidencia lateral.
- d) Cualquier examen que requiera detalles de huesos y partes blandas.
- e) Tomografía de cortes múltiples.

Podemos hablar también de la macrorradiografía que es la producción de una imagen ampliada por magnificación de los rayos X. Para obtener esta magnificación geométrica de la imagen se aprovecha la divergencia del haz a partir de una fuente pequeña.

Los principales usos de la macrorradiografía son:

- a) La demostración de estructuras esqueléticas, en particular huesos carpianos y tarsianos, tobillos, codos y huesos largos distales.
- b) Investigación del tórax, en particular para diagnosticar neumoconiosis.
- c) Sialografía.
- d) Estudio de los huesos temporales.
- e) Examen de pequeños vasos renales durante la arteriografía.
- f) Investigación de cardiopatías neonatales.
- g) Linfografía.
- h) Angiografía cerebral.

Dentro de la medicina forense la aplicación de los rayos X es muy variada, algunas de estas aplicaciones son:

- a) Identificación.
- b) Demostración de trayectorias de proyectiles.
- c) Localización de cuerpos extraños.
- d) Demostración de lesiones o enfermedades.
- e) Autorradiografía.
- f) Investigación.

Como podemos observar los rayos X tienen en la medicina una de las más altas aplicaciones, después de la industrial como todo, se debe tener cuidado en la aplicación de ellos, de lo contrario se puede perder el beneficio de los mismos, por esto se deben seguir reglas o lineamientos mínimos de seguridad para aprovecharlos debidamente.

### I.3 PROCESO DE GENERACION DE RAYOS X

La luz, las ondas de radio, los rayos X, etc., son ondas de energía electromagnética y viajan a la tremenda velocidad de 300,000 Km. por segundo. Todas estas formas de radiación electromagnética se agrupan de acuerdo con sus longitudes de onda en lo que se conoce con el nombre de espectro electromagnético.

La radiación corpuscular está constituida por electrones, protones, neutrones, etc., que se mueven a una determinada velocidad y que, por tanto, tienen una cantidad finita de energía cinética.

Existen dos formas de generar radiación, una es la natural y la otra es artificial. En los estudios sobre la radiactividad natural, se descubrió un fenómeno interesante: aún en ausencia de muestras de rocas, los instrumentos señalaban la presencia de radiación, incluso estando encerrados en recipientes herméticos para excluir la posibilidad de que restos de emanaciones (radón y torio), siempre presentes en el aire, pudieran hacer sentir su presencia. Estos instrumentos, electroscopios muy sensibles, revelaban una corriente de fuga que correspondía a la producción continua de 10 pares de iones por centímetro cúbico y por segundo. Otro fenómeno era que esta corriente se hacía 5 veces menor cuando el electroscopio se rodeaba de una capa de plomo de 10 cm. de espesor, y que un aumento del espesor parecía no influir en tal disminución. Estos hechos sugieren la existencia de un tipo de radiación gamma también conocida como radiación cósmica.

La radioactividad fue descubierta por H. Becquerel en 1896. Su denominación, debida a M. Cury, pone de manifiesto la propiedad de ciertas sustancias (como el Radio), de emitir radiaciones capaces de atravesar capas metálicas delgadas, ionizar los gases y hacerlos conductores de electricidad. Esta emisión es espontánea y constante e independiente de las condiciones exteriores. La radioactividad es una propiedad atómica de los elementos, independiente del tipo de enlace de los átomos en la molécula. La energía liberada es una emisión radioactiva, tiene su origen en la parte central del núcleo.

Rutherford comprobó que la emisión del radio se compone de tres tipos distintos de radiaciones: los rayos alfa ( $\alpha$ ), que son detenidos por capas delgadas de material y que, al

atravesar un campo eléctrico, son atraídos por el electrodo negativo. Los rayos son átomos de Helio; los rayos beta ( $\beta$ ), capaces de atravesar capas más gruesas de material, son electrones (negativos) idénticos a los llamados rayos catódicos; finalmente, existe una tercera componente de la radiación, que no es desviada por los campos eléctricos ni magnéticos y que puede penetrar varios milímetros de plomo, consiste en una radiación análoga a la luz, pero de longitud de onda bastante inferior, del tipo de los rayos X, a los que Rutherford llamó rayos gamma ( $\gamma$ ).

### Los elementos radioactivos artificiales

A partir de 1934 pudo el hombre disponer de otro elemento radiactivo, además de los naturales; fue capaz, en efecto, de producir radioisótopos, es decir, isótopos inestables de casi todos los elementos naturales. En el invierno de aquel año, I. y F. Joliot-Curie descubrieron que el boro, el aluminio y el magnesio, podían convertirse en radioactivos bombardeándolos con rayos del polonio.

De este modo se descubrió un nuevo fenómeno radioactivo artificial, para el cual la ley de desintegración es la misma que para la radiación natural, y los modos de desintegración muy similares. Actualmente se conoce algo más sobre la formación de los núcleos radioactivos.

Otra forma de radiación artificial la constituyen los rayos X, la que describiremos a continuación.

### El tubo de rayos X

El tubo es la parte vital y específica del aparato de rayos X, los tubos modernos (o tubos Röntgen Fig. I.3.1), constan de tres partes esenciales: una ampolleta de vidrio en la que se ha hecho el vacío, un filamento incandescente o cátodo y un ánodo provisto de una superficie de choque o reflexión adecuada. La envoltura de vidrio o ampolleta herméticamente sellada contiene en su interior el cátodo y el ánodo. Entre uno y otro fluye la corriente eléctrica sin afectar para nada el vacío. El tubo Röntgen se encuentra protegido por un material que lo recubre salvo en un portillo o ventana que permite el paso de los rayos X emitidos, a través

de su reducida abertura. El material de la ventana debe ser radiolúcido. El ánodo contiene un pequeño bloque o placa de tungsteno sobre la cara que mira hacia el cátodo. Esta placa de tungsteno de aproximadamente 2 mm. es el centro o foco donde va a chocar el electrón desprendido del cátodo.

El filamento del cátodo se haya rodeado por un reflector (colector) de molibdeno. Dicha superficie colectora concentra el flujo de electrones emitidos por el filamento catódico sobre el área limitada de la placa o foco del ánodo. Dado que el filamento tiene forma lineal, los electrones chocan sobre la placa del anticátodo y sobre una línea focal. Esta placa del ánodo se encuentra inclinada con respecto al cátodo, con lo cual los rayos X reflejados en ángulo recto desde aquél, al transformar el haz de electrones recibidos desde el segundo, se proyecta una imagen que parece proceder desde un punto y no de una línea según señalamos.

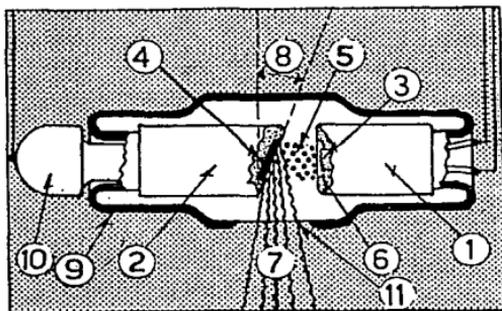


Fig. I.3.1

*Diagrama del tubo Röntgen. 1) Cátodo. 2) Anodo. 3) Filamento. 4) Bloque de Tungsteno. 5) Rayos Catódicos (electrones). 6) Copa focalizadora. 7) Haz de rayos. 8) Angulo de inclinación del anticátodo. 9) Vidrio de la ampollita. 10) Radiador térmico. 11) Ventana de emisión.*

### Cátodos

El cátodo posee una carga negativa en relación con el ánodo. El circuito del filamento del aparato de rayos X suministra el calentamiento necesario al filamento del cátodo. Uno de los extremos de dicho filamento se conecta también en el embobinado secundario del transformador de alta tensión y conduce la corriente secundaria a través del tubo Röntgen.

La disposición especial del colector, la relación del mismo con el filamento del cátodo y la aplicación de un voltaje elevado al tubo de rayos X hace que los electrones emitidos por el filamento catódico choquen sobre el área reducida (foco), de la placa del ánodo.

El delgado filamento opone una resistencia considerable al paso de la corriente de calentamiento, la cual eleva la temperatura de aquél hasta un grado lo suficientemente alto como para que los electrones del susodicho filamento se volaticen y rodeen el cátodo formando una nube electrónica. El aumento de intensidad de la corriente del filamento se traduce en el consiguiente aumento de la energía cinética de los electrones del mismo, haciendo que de esta manera se desprenda una cantidad proporcionalmente mayor de ellos, de los enrollamientos del alambre. El proceso de liberación de electrones debido a la incandescencia se conoce con el nombre de emisión termoiónica. Como se muestra en la figura 1.3.2.

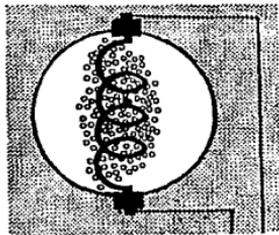


Fig. 1.3.2

*Al paso de la corriente eléctrica de suficiente intensidad un conductor de gran resistencia se pondrá incandescente por efecto Joule, y formará a su alrededor vapor de electrones.*

## Anodos

En cuanto al ánodo receptor de electrones, llamado corriente anticátodo, está formado por un grueso cilindro de cobre, cortado a "bisel" frente al cátodo; esta pared frontal lleva encajado un bloque de tungsteno para blanco o impacto de los rayos catódicos; el cilindro, por su extremo opuesto, sobresale de la ampolla de vidrio, lo que facilita su refrigeración. El cobre transfiere rápidamente el calor generado en dicha placa o foco de tungsteno hacia el revestimiento del tubo.

Existen distintos métodos para disipar el calor generado en el ánodo y propagado a la envoltura o blindaje del tubo. Uno de dichos procedimientos para refrigerar el ánodo, utiliza una capa de aceite, que transmite el calor al blindaje, y éste, a su vez, lo irradia al medio ambiente. Otro método de refrigeración anódica se vale de radiadores especiales. Las aletas de las persianas se disponen en ángulo recto con respecto al eje longitudinal del ánodo.

El flujo catódico de electrones se lanza contra el ánodo y completa el circuito. Este haz electrónico incide sobre el mismo en el área (o punto focal verdadero), determinada por el colector de molibdeno, la forma del filamento catódico y el ángulo del ánodo. En los tubos radiográficos primitivos el ángulo del bisel anódico era de 45 grados. En los tubos Röntgen modernos el ángulo suele ser de unos 20 grados, con el propósito de disminuir el tamaño efectivo de la línea focal. (Fig. I.3.3)

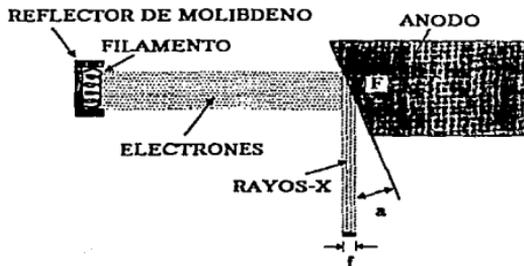


Fig. I.3.3 Flujo de electrones y generación de Rayos X.

En síntesis, la función del tubo consiste en:

- 1) Producir vapor de electrones,
- 2) Acelerar estos contra (choque) el anticátodo y
- 3) Emitir rayo X.

#### Emisión termiónica

El paso de corriente eléctrica entre las terminales de las válvulas o tubos Röntgen se hace posible por la llamada emisión termiónica. La emisión termiónica es la liberación de electrones determinada por la aplicación de calor.

Experimentalmente se ha demostrado que la corriente circula entre el cátodo y el ánodo (en el tubo al vacío de filamento incandescente), sólo cuando el filamento del cátodo desprende electrones. El número de electrones liberados (emisión termiónica), depende del grado de calentamiento del filamento. Cuando actúa una corriente de saturación, la relación entre la intensidad de la corriente y la temperatura del filamento se expresa según la ecuación de Richardson, modificada por Dushman:

$$I = AT^b e^{-\frac{b}{T}}$$

A y b constantes del filamento de Tungsteno

I = intensidad de corriente (Amp·cm<sup>2</sup>)

T = temperatura absoluta (°k)

A que equivalen las variables = 60.2(Amp/°kcm<sup>2</sup>)

#### Utilizando como material para filamento el tungsteno

Los electrones que fluyen desde el cátodo hacia el ánodo por segundo constituyen la llamada corriente del tubo; la magnitud de esta corriente es función del número total de electrones que se dirigen del cátodo al ánodo.

Para que se produzcan los rayos X es necesario que los electrones liberados choquen contra el foco del ánodo a una gran velocidad. Tal cosa ocurre si el ánodo se encuentra positivamente cargado dentro del circuito de alta tensión. Al cerrarse el conmutador de exposición, la tensión secundaria es bastante más alta en el cátodo que en el ánodo. Por ello, la caída de tensión o diferencia de potencial entre uno y otro acelera el flujo catódico de electrones en dirección al ánodo cargado positivamente con una fuerza en cierto modo proporcional a la tensión de la corriente de alimentación que llega del secundario. La parte central del transformador de alta tensión está conectada a tierra para lograr un aislamiento efectivo. Como el circuito de rectificación lo integran las dos derivaciones de un transformador conectado con tierra en su parte intermedia, el resultado en cualquier momento es un potencial altamente positivo en una de ellas y otro potencial negativo elevado en la opuesta. Este dispositivo, junto con la rectificación de la corriente; proporciona una acentuada diferencia de potencial entre el cátodo y el ánodo.

En la unidad de autorrectificación, la generación de calor en el ánodo es por lo general insuficiente para permitir el desplazamiento de electrones; por eso, la corriente no fluye desde el ánodo hacia el cátodo en la mitad inversa del ciclo. No obstante, cuando el ánodo se calienta con exceso por efecto del uso intenso y continuo, permitirá la emisión de electrones. La interposición en serie de una válvula entre el ánodo de la ampolla de rayos X y el transformador de alta tensión evita la rectificación de la corriente por el tubo Röntgen. En cuanto al ánodo de la válvula, no puede alcanzar un grado de calentamiento tal que le permita el desprendimiento de electrones, y ello por falta de una caída de potencial.

### La producción de rayos X

La placa del ánodo contiene millones de átomos de tungsteno. Para que se produzcan los rayos X, se hace necesario una desaceleración brusca o incluso la detención de los electrones lanzados a gran velocidad desde el cátodo. Cuando uno de estos velocísimos electrones catódicos chocan contra un átomo de tungsteno, podrá penetrar en este de acuerdo con la energía que albergue. En los modernos tubos Röntgen de diagnóstico, la velocidad de los electrones que bombardean el ánodo al recibir la energía conferida por corriente de muy alta tensión, alcanza proporcionalmente 0.9 de la correspondiente a la luz. La tensión aplicada

imprime un movimiento acelerado a los electrones que se desplazan desde el cátodo hacia el ánodo. De este modo, y recordando que cada electrón se mueve dentro de un campo magnético altamente electrificado, la velocidad de aquél se va haciendo cada vez mayor a medida que se acerca a la placa anódica. La energía cinética podrá calcularse en forma aproximada si se conoce el kilovoltaje, es decir:

$$E = e v$$

donde:

$E$  = energía

$e$  = carga electrónica

$v$  = kilovoltaje

La fórmula de la energía cinética (KE) se expresa como sigue:

$$KE = \frac{m v^2}{2g} \quad \text{en que } g \text{ constante gravitatoria es equivalente a } 980 \text{ g cm seg.}$$

$m$  = masa

$v$  = kilovoltaje

De acuerdo con la ley de la conservación de la energía, un electrón que se desplaza desde el cátodo a gran velocidad, al ser desacelerado o detenido por un átomo deberá transferir su energía. Ello determina la consiguiente desaceleración del electrón intruso.

Al atravesar las tres órbitas externas del átomo de tungsteno (P, O y N), el electrón transfiere energía al átomo, el cual a su vez la emite con una longitud de onda que corresponde al infrarrojo (calor). Es de esta manera que se disipa o pierde la mayor parte de la energía incorporada (aproximadamente el 99%). Con suficiente voltaje, muchos de los electrones catódicos podrán llegar al ánodo con suficiente energía como para atravesar las órbitas M, L e incluso K. Es precisamente esta gran cantidad de energía conferida al átomo de tungsteno por los electrones y emitida desde dicho átomo como exceso de aquélla, la que se mantiene con una longitud de onda que está dentro de los límites del espacio continuo de los rayos X. Tal energía así emitida equivale, aproximadamente, al 1% de la energía total aplicada. El espectro continuo correspondiente a los rayos X es denominado la radiación general o blanca;

también se le llama el espectro continuo de las radiaciones "de freno", y es una banda formada como resultado de la desaceleración de los veloces electrones que penetran en el átomo.

Liberado del filamento, el electrón acelerado puede chocar o desviar de su órbita a otro electrón del átomo anódico. Cuando ello ocurre, otro electrón deberá llenar el espacio vacío. Recuerdese que, al ser detenido o frenado el electrón catódico, su energía es transferida al átomo que recibió el impacto. Tal acierto alude al hecho de que se requiere determinada cantidad de energía para desplazar a un electrón de su órbita. Para desprender un electrón desde la órbita K, se necesita mayor energía que para hacerlo de la L; más de la L que de la M, y así sucesivamente. La energía de las diversas órbitas se considera como negativa, en tanto que la energía de que es portador el electrón catódico es considerada como positiva. De ellos se sigue que, cuando más se alejen del núcleo atómico, tanto más energía albergarán.

De esta manera la estructura del átomo determina la energía de la radiación propia, los rayos correspondientes pueden producirse del tránsito entre las órbitas homónimas de dos átomos cualesquiera, cuando los rayos correspondientes son resultados del tránsito entre las órbitas, los mismos son también propios o característicos.

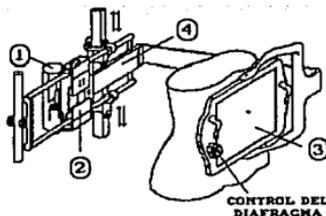
El voltaje aplicado al tubo regula la fuerza con que bombardean a los electrones, controlando por lo tanto su energía. En consecuencia la mayor o menor tensión aplicada determina la energía de la onda electromagnética emitida, es decir de los rayos X. Y puesto que el voltaje regula la energía del fotón Rontgen, el pico o tensión máxima determina la órbita de la que se irradia el fotón Rontgen más energético y, consecuentemente determina la mínima longitud de onda emitida. De ellos se sigue, pues, que la longitud de la onda depende del voltaje. Experimentalmente se comprueba que cuando más cortas son las longitudes tanto más duras son las radiaciones (con más energía), o sea que la dureza depende de la longitud de onda. A medida que aumenta la dureza, aumenta la capacidad de penetración de la onda; por ello, la penetrabilidad depende de la longitud de onda. Estas tres propiedades de los rayos X: longitud de onda, dureza y penetrabilidad, definen la calidad de los mismos, y todas ellas son determinadas por el kilovoltaje.

## I.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE RAYOS X

Prescindiendo de su construcción o modelo, todos los aparatos de rayos X tienen muchas características en común, estos deben tener:

- Una mesa sobre la cual se acueste el paciente o en su defecto se coloca frente a una pantalla vertical. (ver Fig. I.4.1)

- 1) Tubo de rayos X blindado.
- 2) Diafragmas de láminas de Plomo.
- 3) Cristal emplomado transparente.
- 4) Brazo rígido.



- 1) Un brazo que sostiene: el tubo de rayos X, un diafragma y un cono.
- 2) La cubierta de material transparente.
- 3) El chasis o estuche para la película fotográfica.
- 4) La charola deslizable.

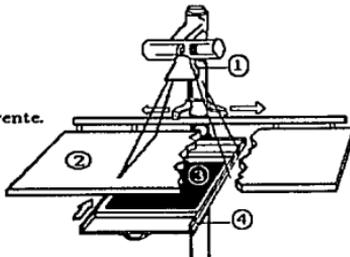


Fig. I.4.1 *Aparatos auxiliares para los rayos X.*  
 Figura superior muestra una pantalla vertical.  
 Figura inferior muestra mesa para el paciente.

- Un tablero de controles en el cual se determina el kilovoltaje, miliamperaje y tiempo (el kilovoltaje, miliamperaje y tiempo se dan en segundos o fracción), son los tres factores principales que intervienen en la producción de rayos X.
- Algunos medidores auxiliares y selectores para el amperaje y voltaje de circuito, etc.

En el tablero de controles se encuentran siempre:

- 1) Una llave de encender y apagar (on-off) que pone en acción la mayoría de los circuitos del aparato.
- 2) Un dispositivo selector de miliamperaje.
- 3) Un dispositivo selector de kilovoltaje
- 4) Un dispositivo para la exposición suele estar conectada al tablero de control por medio de un cordón (salvo en los aparatos móviles). El kilovoltaje (kv) es el voltaje (fuerza y capacidad de penetración) de la producción de rayos X y al mismo tiempo el voltaje del tubo, controla la velocidad de cada electrón, que a su vez produce una acción muy importante sobre los rayos X generados en el punto focal; el miliamperaje multiplicado por el tiempo de exposición constituye los miliamperiosegundos (mAs) y la corriente del tubo. Los miliamperiosegundos representan la cantidad e intensidad de la producción de rayos X.

El número de electrones está controlado por la temperatura (el grado de incandescencia) del filamento catódico. Este control se obtiene ajustando la corriente del filamento con su propio circuito eléctrico de bajo voltaje. Cuanto más caliente está el filamento, más electrones se emiten para formar la corriente electrónica, es decir la corriente del tubo de rayos X. (ver Fig. 1.4.2)

La sucesión habitual de las operaciones son las siguientes:

- 1) Volver la llave de circuito a la posición de encendido (on).
- 2) Controlar (y ajustar si fuera necesario) el voltaje de circuito.

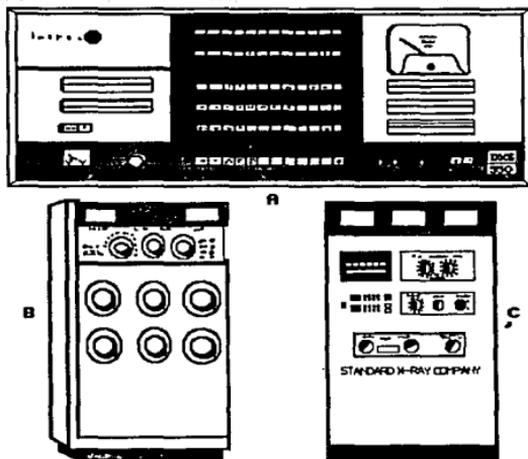


Fig. 1.4.2 Tableros de control de los aparatos radiográficos: A) modelo DXS 550 General Electric; B) modelo Keleket 500 MA; C) modelo Standar Ultima 600.

- 3) Elegir el miliamperaje.
- 4) Fijar el tiempo (y cerciorarse de que mA por tiempo de lo más correcto).
- 5) Elegir el kilovoltaje.
- 6) Comparar todas las selecciones con la tabla de rendimientos.

Un aparato de rayos X posee una cantidad de transformadores y otros dispositivos eléctricos generalmente sumergidos en baño de aceite y situados a cierta distancia tanto de la mesa como del tablero de controles. Desde la superficie superior del transformador se extienden los cables de alto voltaje (alta tensión) hacia los distintos tubos de rayos X.

Una de las partes más importantes del aparato de rayos X es el tubo, dado que en éste se generan los rayos X y salen de él por el portillo (ventanilla en la caja metálica que encierra al tubo).

El aparato eléctrico que permite el control y funcionamiento del tubo consta de cierto número de componentes básicos que se muestran en sus posiciones relativas en el circuito representado en la figura 1.4.3: transformador de alto voltaje; autotransformador; rectificador; suministro de corriente para el filamento del tubo de rayos X y un regulador para ajustar la corriente al filamento.

Los circuitos que abarcan el tubo de rayos X, el rectificador y el transformador de alto voltaje se disponen de forma que el voltaje positivo se aplica al extremo anódico del tubo, y el voltaje negativo alto al cátodo. Los electrones que salen del filamento caliente del cátodo están

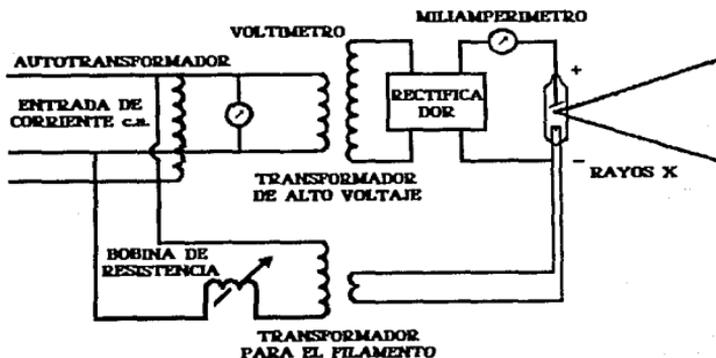


Fig. 1.4.3 Principales elementos eléctricos de un equipo de rayos X.

cargados de electricidad negativa y son atraídos con gran fuerza por el ánodo positivo. Este alto voltaje se expresa generalmente en términos de kilovoltaje máximo (1 kilovoltio es igual a 1,000 voltios).

### **Circuitos del Aparato de Rayos X**

El suministro de energía eléctrica a la mayoría de las instalaciones consiste en una corriente alterna monofásica de 110-120 o 220-240 voltios. Los equipos de rayos X más reducidos (ó portátiles) requieren una tensión de 110-120 voltios mientras lo aparatos más importantes (o fijos) utilizan corrientes de 220-240 voltios.

Los aparatos de rayos X emplean múltiples circuitos para operar. Tres de ellos constituyen la base de toda su acción: el primario, o de baja tensión; el secundario, o de alta tensión; y el filamento, o de calentamiento. Sin embargo, toda la electricidad utilizada para que funcione el aparato de rayos X se obtiene de una sola fuente: la línea de alimentación.

#### **Circuito primario**

Integran el circuito primario el autotransformador, el bobinado primario del transformador de "alta", los circuitos reguladores de encendido y tiempo, y los otros circuitos de "baja", necesarios para hacer funcionar los equipos.

#### **Circuito secundario**

El circuito secundario se inicia y termina en el bobinado secundario del transformador de alta tensión, y conduce el elevado voltaje utilizado en la producción de los rayos X. (ver Fig. 1.4.4)

#### **Circuito de filamento**

El circuito primario suplente la corriente necesaria para el llamado circuito de filamento, el cual es también frecuentemente llamado circuito de calentamiento. El transformador del filamento produce la corriente que calienta a éste, que circula por el cátodo del tubo. La

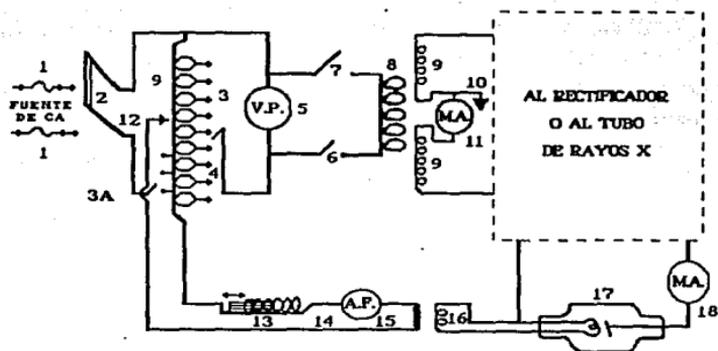


Fig. I.4.4 Diagrama de la porción del circuito común a todos los aparatos generadores de rayos X.

corriente de calentamiento para el cátodo de la válvula se origina en una determinada posición del transformador automático. La corriente actúa produciendo en el filamento catódico el calor suficiente para que se produzca la tensión secundaria, traducida en una emisión termoiónica, entre las terminales de las tubos de válvula y de rayos X. (ver Fig. I.4.5)

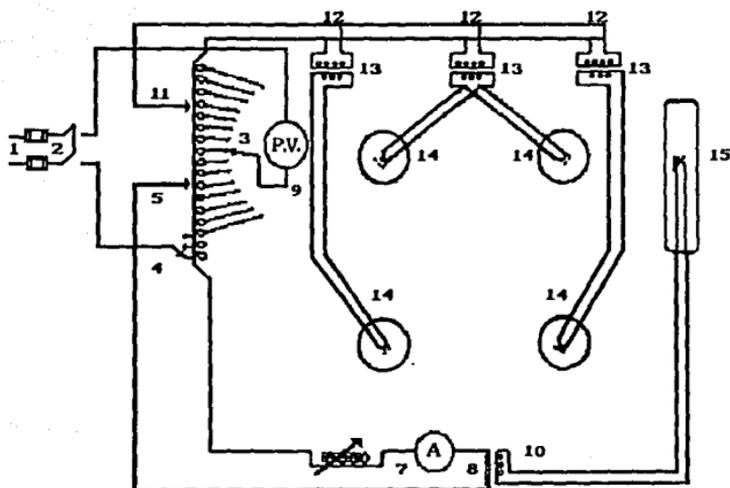


Fig. I.4.5 Circuito de filamento (calentamiento)

- |  |  |
|--|--|
| 1) Fusibles.   | 10) Enrollado secundario del transformador de filamento. |
| 2) Interruptor principal (de entrada).                       | 11) Conexión del transformador de filamento de válvulas. |
| 3) Autotransformador.  | 12) Primario del transformador de válvulas.              |
| 4) Regulador de tensión.                                     | 13) Secundario del transformador de válvulas.            |
| 5) Conector del circuito para el transformador de filamento. | 14) Filamentos de las válvulas.                          |
| 6) Bobina de reducción.                                      | 15) Filamento catódico del tubo de rayos X.              |
| 7) Amperímetro del filamento.                                |  |
| 8) Enrollado primario del transformador de filamento.        |  |
| 9) Voltímetro preindicador.                                  |  |

Como ya hemos dicho, los accesorios principales, aparte del tubo de rayos X, son: un autotransformador; un transformador de alto voltaje; un circuito rectificador (cuando sea necesario); y un transformador de bajo voltaje para el filamento del tubo de rayos X. Todas estas partes básicas están representadas en la figura I.4.6.

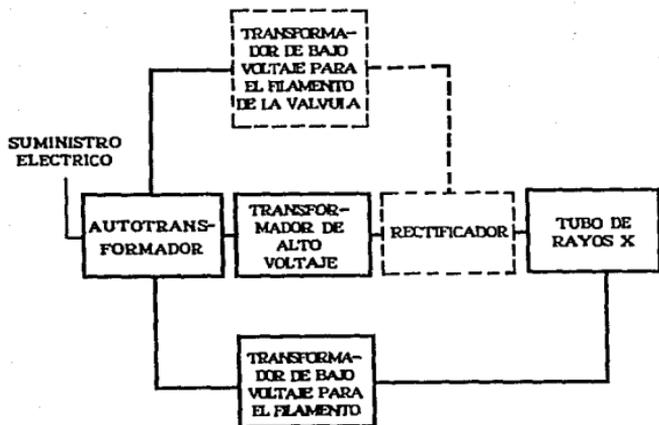


Fig. I.4.6

Diagrama simplificado de las relaciones entre los componentes esenciales de los aparatos generadores.

### **Transformador**

El transformador es un aparato empleado para transferir la corriente eléctrica alterna de un circuito a otro y de un voltaje a otro. En su forma más sencilla consta de dos bobinas de alambre aislado enrolladas sobre un núcleo de hierro sin que estén eléctricamente conectadas entre sí. La bobina conectada a la fuente de energía es el primario y la otra se llama bobina secundaria. El voltaje es inducido en el secundario cuando se aplica la energía al primario. Los voltajes en ambas bobinas son directamente proporcionales al número de vueltas del alambre en cada una, presumiendo una eficiencia teórica de 100%. Como el voltaje se aumenta, este tipo de transformador se llama transformador-elevador. Al mismo tiempo, la corriente en las bobinas disminuye en la misma proporción en que el voltaje aumenta. Estos transformadores se emplean para suministrar el alto kilovoltaje al tubo de rayos X.

### **Acción de la corriente alterna**

El voltaje puede describirse en forma de gráfica que representa la acción de un voltímetro imaginario conectado a las terminales del transformador. Cuando se emplea corriente alterna de 60 ciclos, la aguja del voltímetro pasaría desde 0 a un máximo (o cresta) y regresaría a 0 en 1/120 de segundo. Inmediatamente continuaría en dirección inversa hasta llegar al máximo y regresaría al 0 en otro 1/120 de segundo. Esto se llama ciclo completo y requiere de 1/60 de segundo. En un segundo se completan 60 de estos ciclos, y por esto se emplea el término de "c.a. de 60 ciclos".

### **Autotransformador**

El voltaje corrientemente suministrado para los equipos de rayos X es de 220 voltios y corriente alterna. Las técnicas radiográficas, sin embargo, requieren gran variedad de kilovoltajes. Resulta pues que el alto voltaje del tubo de rayos X puede preelegirse en el autotransformador antes de que se haga la exposición de rayos X. Este aparato se llama autotransformador porque el primario y el secundario están combinados en un solo enrollado.

### Transformador de bajo voltaje para el filamento

Es preciso disponer de un medio no sólo para encender el filamento del tubo de rayos X, sino para controlar su incandescencia. Para ello se necesitan unos pocos amperios, a 4 ó 12 voltios, que están suministrados por un transformador de bajo voltaje. La bobina secundaria del transformador de bajo voltaje está muy bien aislada de la primaria, así como del núcleo de hierro, para que el alto voltaje del tubo de rayos X no regrese a las líneas de suministro del aparato de rayos X.

### Diagrama del circuito generador

Hay una gran cantidad de accesorios que completan el aparato generador de rayos X, tales como medidores, fusibles y relevadores de sobrecarga. En la figura 1.4.6 se muestran diagramáticamente en sus lugares indicados; este diagrama es común a todos los generadores de rayos X. Si seguimos el circuito entenderemos mejor la acción de los diferentes componentes del aparato. Los fusibles (1) se colocan en las líneas de suministro como en cualquier aparato eléctrico. La corriente pasa por el interruptor (2) al autotransformador (3). En 3A se ve una línea compensadora de voltaje que puede ajustarse de manera que el voltaje de la corriente de entrada pueda aplicarse al autotransformador. El voltímetro primario c.a. (5) en el circuito del autotransformador indica el voltaje aplicado al primario (8) del transformador de alto voltaje por medio de un control variable (4). El relevador de sobrecarga (6) funciona cuando el transformador de alto voltaje está sobrecargado. El interruptor cronométrico (7) se cierra para hacer la exposición. La corriente de alto voltaje en el tubo de rayos X está indicada por el miliamperímetro (11).

El transformador de bajo voltaje para el filamento de tubo de rayos X es abastecido desde una posición fija (12) en el autotransformador. El amperímetro (14) permite ajustar el control del voltaje del filamento (13) para el transformador (15). El secundario del transformador del filamento (16) está directamente conectado con el filamento en el cátodo del tubo de rayos X (17).

Las terminales del secundario del transformador de alto voltaje (9) están conectadas de distintas maneras al tubo de rayos X, según el método de rectificación.

Los equipos modernos están contruidos de forma que todas las partes expuestas a kilovoltajes altos, están especialmente aisladas. Todo esto incluye el transformador de alto voltaje, el sistema de rectificación, los transformadores para los filamentos de los tubos rectificadores y de los rayos x, los cables y el tubo de rayos X. En los equipos anticuados que no son a prueba de choques eléctricos, el alto voltaje es transmitido al tubo de rayos X por medio de conductores expuestos que generalmente están colgados del techo por medio de aisladores. En este sistema se acostumbra colocar un miliampermetro de alto voltaje (18).

Los aparatos de rectificación de media onda necesitan una válvula rectificadora (22) con su transformador de bajo kilovoltaje para el filamento (20-21), tal como se ven en la figura I.4.7 Los aparatos de rectificación completa necesitan cuatro válvulas rectificadoras (22) adecuadamente conectadas y con sus propios transformadores de bajo kilovoltaje para el filamento (20-21). En cualquiera de los dos sistemas el transformador de bajo kilovoltaje para el filamento de la válvula rectificadora es abastecido desde una conexión fija en el autotransformador (19).

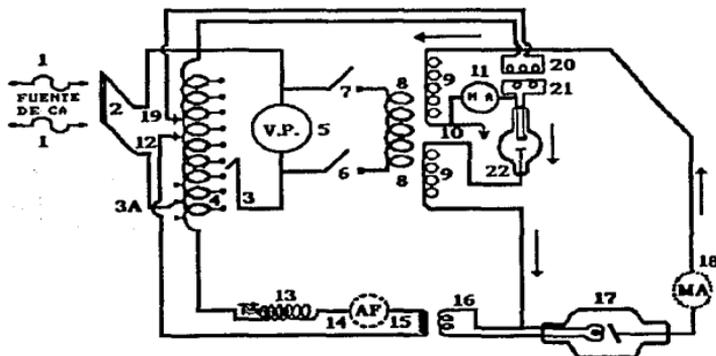


Fig. I.4.7

Circuito generador.

**Autorrectificación**

Cuando se aplica alto voltaje directamente a un tubo de rayos X el ánodo es alternativamente positivo y negativo con respecto al cátodo cada medio ciclo. Cuando el ánodo es positivo, atrae los electrones disponibles del cátodo y se producen rayos X. Recíprocamente, cuando el ánodo es negativo, no atrae a los electrones. Por consiguiente, no hay radiación X. El medio ciclo que no se aprovecha se denomina voltaje inverso. Como el tubo actúa como su propio rectificador, se llama autorrectificador. (ver Fig. I.4.8)

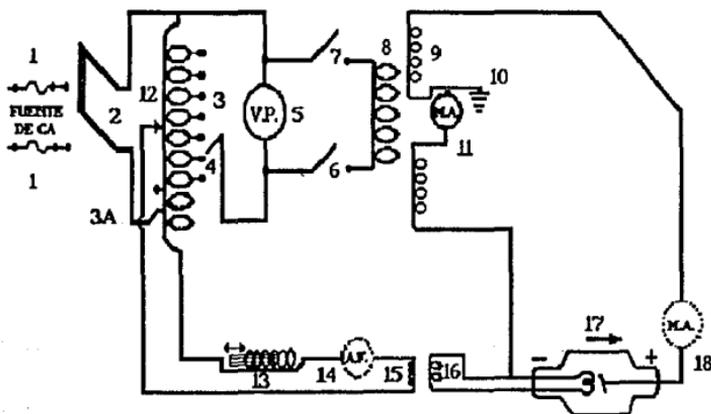


Fig. I.4.8 Circuito del tipo rectificación más sencillo, llamado autorrectificación.

### Rectificación

Rectificación es la restricción operada sobre una corriente eléctrica para que circule en una dirección o sentido determinado, es decir de modo que el paso de la corriente en cada semionda se produzca en una dirección que convenga a la producción de los rayos X.

La rectificación puede aplicarse únicamente a la corriente del tubo. Este tipo es satisfactorio en limitadas ocasiones y constituye una variante de la llamada rectificación de media onda. En términos generales, la rectificación se clasifica ya sea como de media onda o de onda completa del período. En la figura I.4.9a. se representan esquemáticamente el flujo o curso de la corriente en un circuito de rectificación de media onda.

Al operar con un equipo de rectificación de media onda, sólo la mitad de los impulsos eléctricos de la corriente producen rayos X. La corriente únicamente puede circular desde el cátodo hacia el ánodo. Consecuentemente, la corriente de dirección opuesta se halla bloqueada.

En cambio, el cátodo de un equipo de rectificación de onda completa recibe todos los impulsos de la corriente en el mismo sentido, es decir, un flujo de corriente continua. La figura I.4.9b. muestra diagramáticamente el paso de la corriente eléctrica en un circuito de rectificación de onda completa.

Los tubos de válvulas se encuentran montados en serie con respecto al circuito de rectificación. Se produce una ligera pérdida de kilovoltaje al pasar la corriente desde el cátodo hacia el ánodo en el tubo valvular; debido principalmente a que el mismo opera por debajo de la corriente de saturación. Esta pérdida rara vez excede los 3 kilovoltios. (ver Fig. I.4.9)

### Aparato para descargar el condensador

Otro método para proporcionar alto voltaje al tubo de rayos X es el del aparato para descargar el condensador. En este sistema se carga lentamente un condensador grande (1/4 a 1/2 farads) por un circuito de poca potencia, bien con rectificación de media onda o con rectificación completa. Cuando la carga alcanza el kilovoltaje deseado, el condensador se transmuta al tubo de rayos X, a través del cual se descarga en una pequeña fracción de segundo.

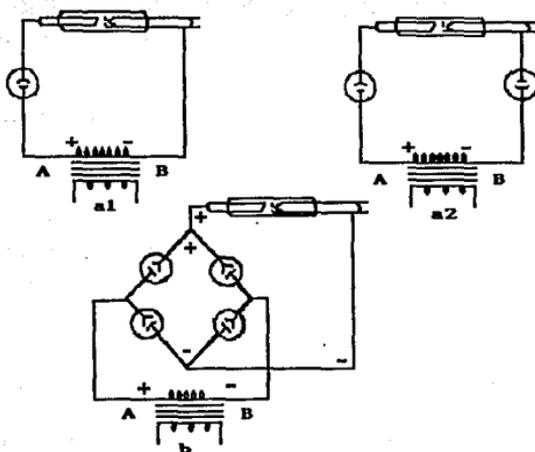


Fig. 1.4.9 Representación esquemática de circuitos rectificadores: a1) de media onda, con un solo tubo valvular; a2) de media onda, con dos tubos valvulares; b) de onda completa, con cuatro tubos valvulares.

De esta manera produce una corriente uniforme de rayos X durante la duración de la descarga. Lo importante de este método es que hace actuar a las líneas de abastecimiento de poca potencia como si fuera de alta potencia.

## I.5 TÉCNICAS PARA LA OBTENCIÓN DE PLACAS RADIOGRÁFICAS EN SERES HUMANOS

### I.5.1 Principios de Calidad Radiográfica

La producción de radiografías de alta calidad diagnóstica depende de múltiples circunstancias. La calidad radiográfica es la suma de diversos factores que se combinan para producir la película buscada, y es determinada por el grado de diferenciación tisular que puede apreciarse. Como una cantidad de energía de los rayos X se ve absorbida en proporción a la densidad o espesor de los tejidos en sus diversas partes, ello permite lograr la diferenciación predicha. Se dice que existe una diferenciación tisular máxima sólo si la placa radiográfica demuestra una nitidez (definición) y una visibilidad de detalles extremas.

Factores que afectan el detalle radiográfico			
CONTRASTE RADIOGRÁFICO		DEFINICIÓN	
Contraste del sujeto	Contraste de la película	Factores geométricos	Grado
Afectado por:	Afectado por:	Afectado por:	Afectado por:
A Espesor de sujeto	A Clase de película	A Tamaño del punto focal	A Clase de pantalla
B Calidad de radiación	B Revelado (tiempo, temperatura y agitación)	B Distancia entre el foco y la película	B Centelleo de los quanta
C Medios de contraste	C Actividad del revelador	C Contacto entre la pantalla y la película	C Clase de película
Reducido por: 1 Diafragmas y conos 2 Antidifusor Potter-Bucky	D Pantallas de refuerzo	D Distancia entre el sujeto y la película	

Los párrafos que siguen se refieren, en forma sucinta, a los diversos factores en juego en torno de la calidad radiográfica.

### Nitidez

La nitidez definición o sutileza en los detalles consiste en la claridad con que son registradas en la película las distintas estructuras anatómicas.

La nitidez se ve regulada por los siguientes factores: movimiento, tamaño del área focal, distancia entre el foco y la película (DFP) o entre el objeto y la misma (DOP), y composición de los diafragmas o pantallas. El grado de nitidez se ve influido por: veladuras, calidad de la emisión fotográfica, revelado, ennegrecimiento y contraste.

**Tamaño del foco:** El área o línea focal del tubo Rontgen (superficie del ánodo que recibe el bombardeo catódico), comúnmente llamada foco, constituye el factor mecánico más importante y efectivo sobre la nitidez. Cuanto más reducido sea el tamaño del foco, tanto más nítida será la imagen.

En aquellas ocasiones en que el área focal es mayor que la prevista, por un cambio de aparato o la utilización de un tubo distinto, se mantendrá el grado de nitidez compensando la diferencia establecida por medio del aumento de distancia entre el foco y la placa (DFP).

**Movimiento:** Durante la exposición, cualquier desplazamiento del objeto o movilización de alguna de sus partes determinará una pérdida de nitidez. Existen cuatro métodos para reducir al mínimo tales efectos:

- 1) Mediante el uso de dispositivos de inmovilización, tales como bolsas de arena, vendas compresivas, etc.
- 2) Utilizando los tiempos de exposición más cortos que sea posible, lo cual obliga, por lo general, al uso de pantallas de refuerzo (la ligera disminución de nitidez producida por la interposición de tales pantallas no es obstáculo para que procuremos reducir los efectos del movimiento).

- 3) Pidiéndole al paciente que suspenda su respiración durante las exposiciones, lo cual por supuesto no será necesario en las radiografías de las extremidades.
- 4) Tratando de prevenir cualquier vibración o movimiento del brazo de soporte del tubo o de la mesa.

**Magnificaciones:** La magnificación produce inevitablemente pérdidas de diverso grado en la definición de la imagen. Sin embargo, la magnificación puede reducirse al mínimo cuidando de dos factores: la distancia entre el objeto y la película, o entre ésta y el foco. Son estas distancias los factores más importantes habitualmente considerados cuando la magnificación se trata. A medida que se aleja el foco de la placa disminuye el agrandamiento de la imagen. Inversamente, cuanto menor sea la distancia entre el objeto y la película, mejor será la riqueza de detalle, o sea la nitidez. Claro está que en determinados casos será preferible contar con cierta magnificación de la imagen, cuando la visualización de alguna parte determinada del objeto sea más importante que una definición máxima.

**Distorsión:** Como ocurre con la magnificación, la distorsión determina pérdidas de diversos grados en la definición (nitidez o detalle).

La distorsión se evita cuidando de una perfecta alineación y centrado por parte del foco, el objeto y la película. En la radiografía de ciertas partes anatómicas -como, por ejemplo, una toma lateral de la mandíbula- se hace necesario, y está permitido, distorsionar ligeramente la imagen del objeto para satisfacer ciertos requerimientos radiográficos. En este caso particular, la angulación del foco distorsiona (alarga) el perfil del maxilar. (ver Fig. I.5.1)

**Densidad y contraste:** La densidad y el contraste son considerados dos importantísimos factores que contribuyen a la apreciación de los detalles. A su vez, son muchas las circunstancias que influyen en la regulación de una y otro al mismo tiempo, en tanto que unas pocas influyen por separado, ya en la densidad, ya en el contraste. La densidad de una radiografía está indicada por el área de ennegrecimiento o de opacidad producida en la película cuando sobre ella inciden las radiaciones X o la luz. Las sales de plata existentes en tales áreas, impresionadas por la radiación o la luz, se reducen y convierten en plata metálica de color negro por la ulterior acción de ciertas sustancias utilizadas en el revelado. Por definición, densidad es el grado de ennegrecimiento de la película. La densidad es regulada



*Fig. 1.5.1 Distorsión. En A, B y C el kvp era de 45; los mAs de 1.25; y la DFP, de 40 pulgadas. Para todas se utilizaron portapellículas de cartón y películas ordinarias. En la exposición de A, el rayo central se dirigió en un ángulo de 90° sobre la superficie del portapellícula. En la exposición B, el rayo central se dirigió 20° hacia la derecha y al centro de la vértebra. En la exposición C, el rayo se dirigió 20° hacia la izquierda y al centro de la vértebra.*

de acuerdo con los miliamperiosegundos empleados es decir, el miliamperaje (intensidad) y el tiempo. Dos tipos de factores influyen sobre la densidad. Factores de orden primario son los siguientes: procedimiento radiográfico, kilovoltaje, tipo de película, distancia foco-placa, efecto anódico y carácter patológico de la estructura. Son factores de orden secundario los siguientes: veladura, composición de las pantallas, rejillas, filtros y tipo de los dispositivos de control de las radiaciones, tales como conos, colimadores o diafragmas.

**Conos y diafragmas:** El uso de conos y de otros dispositivos destinados a limitar el área de exposición aumenta el contraste, pero disminuye la densidad. Si se utiliza un cono de pequeño tamaño - como, por ejemplo, uno extensible-, las radiaciones primarias pueden llegar al paciente en una superficie directamente proporcional a las dimensiones de aquél y a la distancia a que se encuentre del enfermo. Por lo tanto, el uso de un cono pequeño limita la cantidad de radiaciones secundarias generadas en el paciente. Cuando ello ocurre, también

se produce una menor radiación residual. El resultado es que, si bien la densidad se ve disminuida, el contraste aumenta. Con el objeto de mantener la primera en el grado requerido, cuando se utilizan conos de poco diámetro habrá de incrementarse el kilovoltaje pico o los miliamperiosegundos.

**Filtros:** Con cualquier clase de equipo de rayos X para diagnóstico deberán usarse filtros. Además del filtro que lleva el aparato, se recomienda un mínimo de filtrado equivalente a una plancha de aluminio de 2 mm de espesor. Por lo general, por cada milímetro más que se agregue a dicho límite se requiere un aumento de 2 kilovoltios, por cuanto la filtración adicional disminuye el grado de densidad de la película. En las técnicas en que se aplica una tensión muy alta, la utilización de filtros adicionales mejora notablemente el contraste.

**Consideración de los factores corporales:** La producción conveniente de radiografías de alta calidad requiere el desarrollo de una técnica fácil de realizar que sea satisfactoria en la mayor parte de los casos. Resulta muy útil levantar una tabla de especificaciones técnicas que nos indique las máximas desviaciones de la norma que nos están permitidas. Los mejores resultados finales sólo se podrán obtener cuando se atienda cuidadosamente a los detalles de tiempo y temperatura propios de un buen revelado de la película.

Las variaciones anatómicas y fisiológicas en los pacientes son factores que escapan a cualquier descripción escrita.

### 1.5.2 Relación de los Factores de Exposición

#### Relación entre miliamperaje y tiempo

**Regla:** El miliamperaje necesario para una exposición dada es inversamente proporcional al tiempo de exposición. Es decir, cuanto más corto sea el tiempo, más alto ha de ser el miliamperaje y a mayor tiempo de exposición, menor miliamperaje. La fórmula se expresa así:

$$\frac{M_o}{M_n} = \frac{T_n}{T_o}$$

Esto a su vez puede resolverse para cualquiera de los factores nuevos, por ejemplo:

$$Mn = \frac{MoTo}{Tn}$$

**Ejemplo 1:** Supongamos los factores siguientes: Mo 30 y To 1/2 (0.5) segundo. A fin de detener el movimiento es preciso reducir Tn a 1/20 (0.05) de segundo. ¿Qué Mn debe usarse?

**Solución 1:** Como hemos visto arriba, el nuevo miliamperaje es igual al original multiplicado por el tiempo original y dividido por el nuevo tiempo. Así pues:

$$Mn = \frac{MoTo}{Tn}$$

Substituyendo los valores conocidos, tenemos la ecuación siguiente:

$$Mn = \frac{30 * 0.5}{0.05} = \frac{15}{0.05} = 30 \text{ [mA]}$$

**Ejemplo 2:** Supongamos un Mo de 30 y un To de 2 segundos y que es deseable aumentar Mn a 60. ¿Qué Tn se necesita?

**Solución 2:** Empleando la misma fórmula, y solución para Tn tenemos:

$$Tn = \frac{MoTo}{Mn} = \frac{30 * 2}{60} = 1 \text{ [seg.]}$$

Recordemos que la exposición es la intensidad multiplicada por el tiempo. (Aquí consideramos el miliamperaje como el factor que controla la intensidad). Cuando se escribe la fórmula original  $MoTo = MnT$ , se ve rápidamente que el producto del miliamperaje y el tiempo permanece constante para un resultado radiográfico dado, si los demás factores no se cambian. En consecuencia, llegamos al término "miliamperios-segundos" (mAs) tan comúnmente usado en radiografía, que puede entonces considerarse como el factor único que controla la cantidad de exposición si el kilovoltaje permanece constante.

**Relaciones de la distancia entre foco y película**

Los rayos X, como la luz, son divergentes y a medida que se alejan de su fuente cubren una zona cada vez mayor, y pierden intensidad. Podemos referirnos al experimento de alejar una bombilla de la página que se está leyendo para observar cómo la luz es menos brillante a medida que se aleja. Esta relación entre la distancia y la intensidad de la radiación se llama la ley de la proporción inversa, porque la intensidad de la radiación varía inversamente con el cuadrado de la distancia entre el foco y la película.

Esto se demuestra en la figura siguiente, en la cual la misma radiación que cubre cierta zona a la distancia  $D$  del punto focal debe distribuirse sobre una zona cuatro veces mayor al doble de la distancia  $2D$  (4 es el cuadrado de 2). Esto quiere decir que la intensidad de la radiación en un punto de la zona  $2D$  es la cuarta parte del mismo punto en  $D$ . Para llevar el ejemplo un poco más lejos, si en la figura la distancia  $3D$  representara una distancia tres veces mayor de la original, la zona cubierta por la radiación sería nueve veces la de la distancia  $D$  (el cuadrado de 3 es igual a 9), y la intensidad sería la novena parte de la de  $D$ . (ver Fig. 1.5.2)

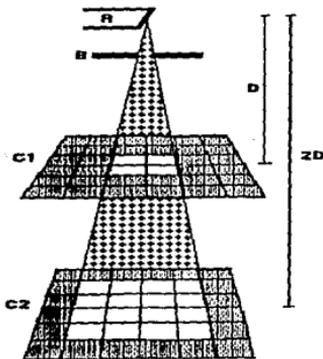


Fig. 1.5.2 Relación de distancias entre foco y película.

¿Por qué es necesario a veces cambiar la distancia entre el foco y la película? Hay tres razones principales:

- 1) Al aumentar la distancia entre el foco y la película se mejora la definición y se reducen la ampliación y la deformación de la imagen. (Es importante recordar que la distancia entre el foco y la película está en la práctica limitada por la capacidad del tubo, ya que al aumentar la distancia hay que aumentar la exposición).
- 2) Cuando se emplea un antidifusor Potter-Bucky, el tubo debe funcionar a la distancia para la cual se ha diseñado el antidifusor. Esta es, en general, de 1.02 m., pero puede ser mayor o menor. La latitud en la selección de la distancia entre el foco y la película disminuye a medida que el índice de la rejilla es mayor. Por ejemplo, una rejilla de 5:1 permite una distancia entre el foco y la película que varía entre 71 cm. y 1.83 m. La rejilla de 16:1, por otra parte, permite solamente una distancia entre el foco y la película de 1.02 m.
- 3) Los entablillados, los vendajes de yeso y cualquier artefacto que pueda dificultar la posición óptima del paciente requieren una modificación de la distancia entre el foco y la película.

#### Relación entre tiempo y distancia

Es obvio que cuando se altera la distancia entre el foco y la película es necesario aumentar o disminuir la cantidad total de rayos X para hacer una exposición comparable bajo las condiciones de la nueva distancia  $D_n$ . Esto puede hacerse modificando el miliamperaje, que gobierna la cantidad de radiación X producida por el tubo, o ajustando el tiempo de exposición. Si se conocen el tiempo  $T_o$  y la distancia  $D_o$  requeridos para una exposición dada, el nuevo tiempo de exposición  $T_n$  puede calcularse para la nueva distancia  $D_n$ . Como ya hemos visto, la ley de las proporciones inversas determina que la intensidad del haz de rayos X varía inversamente con el cuadrado de la distancia. Para producir una densidad dada a diferente distancia, es pues necesario variar directamente la exposición según el cuadrado de la distancia. Es decir, la exposición debe aumentarse al aumentar la distancia, o disminuirse al disminuir la distancia. Esta fórmula se expresa así:

$$\frac{\text{Tiempo Nuevo}}{\text{Tiempo Original}} = \frac{\text{Distancia Nueva}^2}{\text{Distancia Original}^2}$$

$$\frac{T_n}{T_o} = \frac{D_n^2}{D_o^2}$$

**Ejemplo 1:** Supongamos que el tiempo de exposición original  $T_o$  es de 2 segundos, y la distancia  $D_o$  de 1.02m. ¿Qué  $T_n$  se requiere si  $D_n$  se reduce a 76 cm?

**Solución 1:** Substituyendo los valores conocidos en la fórmula anterior en la cual

$$T_n = \frac{T_o D_n^2}{D_o^2}$$

tendremos que:

$$T_n = \frac{2 \cdot 76^2}{1.02^2} = \frac{2 \cdot 5776}{10.404} = 1.125 \text{ [seg.]}$$

**Ejemplo 2:** Supongamos que el tiempo de exposición original  $T_o$  es de 1/2 segundo y la distancia  $D_o$  es 1.83m. Se desea disminuir  $T_n$  a 1/10 (0.1) de segundo. ¿Qué  $D_n$  se requiere?

**Solución 2:** Basándonos en la fórmula original, tenemos la siguiente ecuación:

$$D_n^2 = \frac{T_n D_o^2}{T_o}$$

$$D_n^2 = \frac{0.1 \cdot 1.83^2}{0.5} = \frac{0.1 \cdot 33489}{0.5}$$

$$D_n^2 = 6698$$

Resolviendo  $D_n$  encontramos:

$D_n = \text{raíz cuadrada de } 6698 = 81.8 \text{ aproximadamente}$

**Relación entre miliamperaje y distancia**

Las operaciones aritméticas necesarias para resolver los problemas de las relaciones entre miliamperaje y distancia son esencialmente las mismas que para las relaciones entre tiempo y distancia porque el miliamperaje y el tiempo afectan a la exposición de la misma manera. La fórmula general para la relación entre miliamperaje y distancia es:

$$\frac{Mn}{Mo} = \frac{Dn^2}{Do^2}$$

**Relación entre miliamperios-segundos y distancia**

Como ya dijimos antes, el producto de miliamperios y tiempo se considera comúnmente como un solo factor. Los cálculos más útiles por lo que se refiere a la distancia son los que combinan estos factores. Para simplificar estos problemas emplearemos aquí el símbolo MT para miliamperios-segundos.

El valor original de miliamperios-segundos se representa así: MoTo. Y los nuevos valores se representan con MnTn. La fórmula miliamperios-segundos-distancia se expresa de esta forma:

$$\frac{\text{Distancia Nueva}^2}{\text{Distancia Original}^2} = \frac{\text{Nuevos Miliamperios - Segundos}}{\text{Miliamperios - Segundos}}$$

$$\frac{D^2}{D^2} = \frac{MT}{MT}$$

**Ejemplo 1:** Supongamos que para una exposición se necesitan 100 miliamperios-segundos (MnTn) para una distancia Do de 1.83m. ¿Qué Dn se necesita para reducir MoTo a 25?

**Solución 1:** Para resolver la fórmula para d2 tenemos la ecuación siguiente:

$$Dn^2 = \frac{MoT Do^2}{Mo To}$$

o sea:

$$Dn^2 = (25 / 100)^2 72 = (1/4) * 33 489 = 8 372$$

Así pues, Dn raíz cuadrada de 8 372 = 91cm

**Ejemplo 2:** Supongamos que los factores usuales para una radiografía de la pelvis son distancia Do de 1.02 cm, y miliamperios-segundos MoTo de 100. El paciente no puede llevarse a la mesa y la altura de la cama permite una distancia máxima Dn de sólo 88.9 cm. ¿Qué valor MnTn se requiere?

**Solución 2:** La fórmula es:

$$Mn Tn = \frac{MoTo Do^2}{Do^2}$$

Substituyendo los valores conocidos, tenemos la ecuación siguiente:

$$MT = \frac{100 * 7 903}{10 404} = 76.5 \text{ [mAs]}$$

#### Relación entre kilovoltaje y tiempo

A veces hay condiciones bajo las cuales hemos de alterar el kilovoltaje; esto necesita un cambio compensador de la exposición. Es preciso tener en mente que el aumento en el kilovoltaje con la exposición ajustada para mantener la misma densidad producirá menor contraste en la radiografía, inversamente, menos kilovoltaje producirá más contraste. En la tabla se encuentran las correcciones aproximadas aplicables al kilovoltaje y al tiempo cuando uno de ellos se cambia. Hemos de advertir que los valores que se dan en la tabla no son más que una guía aproximada, ya que las relaciones precisas dependen tanto del kilovoltaje como del contraste del sujeto.

Relación aproximada entre kilovoltaje y tiempo		
Disminución del tiempo de exposición	Aumento de kilovoltaje	
	Con pantallas de velocidad media	Sin pantallas
25%	7%	15%
50%	20%	40%
75%	50%	100%
Aumento del tiempo de exposición	Disminución de kilovoltaje	
	Con pantallas de velocidad media	Sin pantallas
25%	5%	10%
50%	10%	18%
75%	13%	25%
100%	16%	30%

**Ejemplo 1:** Supongamos una técnica con pantallas de velocidad media, 80kv y 2 segundos de exposición; ahora se desea reducir la exposición a 1 segundo. ¿Qué voltaje se necesita?

**Solución 1:** La variación de 2 segundos a 1 segundo representa el 50 por ciento de reducción. De acuerdo con la tabla, la disminución del tiempo de exposición de 50 por ciento necesita un 20 por ciento de aumento en el kilovoltaje cuando se usan pantallas.

Así pues:

$$20\% \text{ de } 80 \text{ kv} = 16 \text{ kv}$$

$$80 \text{ kv} + 16 \text{ kv} = 96 \text{ kv}$$

**Ejemplo 2:** Supongamos que se han empleado 80 kv y 2 segundos de exposición con una técnica de pantallas de velocidad media y que se desea disminuir el kilovoltaje a 70. ¿Qué tiempo de exposición se necesita?

**Solución 2:** El cambio de 80 a 70 kilovoltios representa una disminución de aproximadamente el 13 por ciento. La tabla muestra que esto requiere un aumento de tiempo de 75 por ciento cuando se emplean estas pantallas.

$$75\% \text{ de } 2 \text{ segundos} = 1.5 \text{ segundos}$$

$$2 \text{ segundos} + 1.5 \text{ segundos} = 3.5 \text{ segundos}$$

### III.5.3 Procedimiento para radiografiar las extremidades

Los pasos a seguir en la práctica habitual se consideran a continuación:

- 1) Elíjase la posición requerida.
- 2) Selecciónense todos los factores en juego, salvo el kilovoltaje.
- 3) Llévase al paciente a la sala de radiografía. De poder contarse con la cooperación de aquél hágasele adoptar la posición deseada.
- 4) Una vez decidido el tamaño (o formato) de la película, colóquese ésta en la mesa del aparato, por debajo de la parte que haya de radiografiarse. Facilítase la rápida identificación, marcando con una letra *Do* una *I* el lado derecho o el izquierdo.
- 5) Si ello es posible, explíquese al paciente lo que se va a realizar.
- 6) Céntrese la parte que deba radiografiarse, de modo que corresponda a la subdivisión adecuada del chasis.
- 7) Céntrese en la forma debida el tubo, tanto en las radiografías verticales como apaisadas, para que se alinie en forma correcta con respecto al objeto a radiografiar.
- 8) Evalúese el espesor de la parte que se va a radiografiar y, valiéndose de la tabla de especificaciones técnicas, determinese el kilovoltaje y regúlese el mismo en los controles.
- 9) Círrase el interruptor primario y pruébese la línea de energía.

- 10) Instrúyase al paciente sobre el modo como debe respirar.
- 11) Obsérvense los movimientos del paciente hasta el momento de la exposición.
- 12) Durante la exposición, el operador deberá cerciorarse de que el aparato emite las radiaciones requeridas, consultando continuamente el miliamperímetro.
- 13) Avísele al paciente para que reasuma su ritmo respiratorio normal.

### Mano

#### Radiografías anterior (P-A) y oblicua

Formato de la película: 24 cm X 30 cm  
En cartón  
Apalsada

Sobre la mesa  
Cono

Técnica			
Factores	Chasis p. pelic. c/pant. (mediana)	Portaplacas de cartón (con pant.)	Portaplacas de cartón (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	4	4	4
kv	46	59	56
Distancia (m)	1	1	1

**Preparación del paciente:** Quitar, si es posible, todas las alhajas.

**Puntos de palpación:** Extremos distales y cuerpos de los metacarpianos.

**Procedimiento:**

**Anterior (P-A):** Siéntese al paciente al extremo de la mesa. Colóquese la mano en posición prona, con el pulgar y los dedos restantes extendidos y ligeramente separados.

Céntrese en la porción media del tercer metacarpiano en el centro de la mitad interna del chasis.

**Oblicua:** Con la palma apoyada sobre la película, rótese la mano hacia afuera unos 35 grados. Flexiónese y sepárense algo los dedos, extendiendo simultáneamente el pulgar. La porción media del cuerpo del tercer metacarpiano se hará coincidir con el centro de la mitad lateral del chasis.

**Rayo central:** Se dirigirá el rayo central de modo que incida perpendicularmente sobre la parte media del cuerpo del tercer metacarpiano y el centro del chasis coincidentes.

**Inmovilización :** Se colocará una bolsa de arena sobre el antebrazo.

**Marcas de posición:** Se colocará la marca que corresponda en la radiografía oblicua, sobre el borde del centro.

**Estructuras demostradas:** Imágenes radiográficas anterior (P-A) y oblicua de los huesos del carpo, metacarpianos y falanges (ver Fig. 1.5.3).

**Indicaciones técnicas:** Relajar los dedos como para colocar los ejes longitudinales de los metacarpianos paralelos a la superficie de la película.

**Nota:** Para descubrir la presencia de un cuerpo extraño en la mano realcense solamente exposiciones con incidencias anterior (P-A) y lateral, previa colocación de una marca de plomo sobre el punto de entrada de aquél.

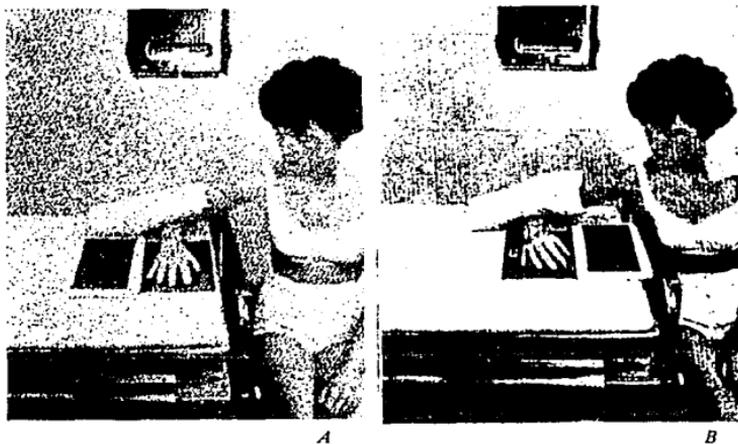
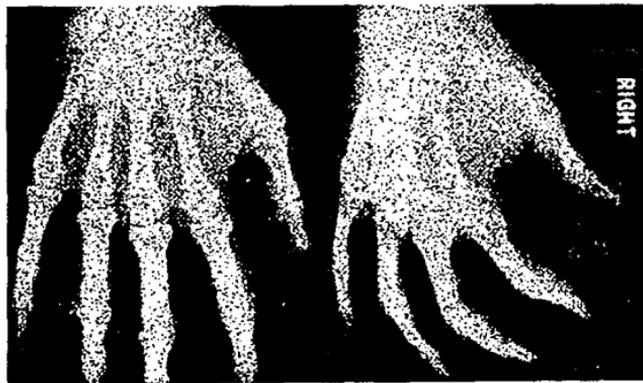


Fig. 1.5.3 Posiciones de la mano. A, anterior (P-A); B, oblicua.



## "TUBOS GENERADORES DE RAYOS X"

### II.1 TUBOS DE ANODO FIJO

Una de las partes más importantes del aparato de rayos X es el tubo. Los rayos X se generan en el tubo y salen de él por el portillo (ventanilla) en la caja metálica que encierra al tubo.

Existen dos modelos fundamentales de tubos termoiónicos, tubos de tres electrodos y de dos electrodos, en los cuales la conductividad eléctrica para la marcha de los electrones está lograda por la existencia de iones gaseosos residuales. Los tubos de tres electrodos están compuestos por ánodo, cátodo y anticátodo, estando conectados el cátodo y anticátodo al polo negativo de la fuente de producción de electricidad. Los de dos electrodos se les conoce también como tubos Röntgen o Roentgen, ya que fué el primero que demostró que los rayos X emanaban directamente del ánodo y que, por lo tanto era innecesaria la presencia de un tercer electrodo o anticátodo, para recibir el impacto del haz electrónico saliente del cátodo. Se explica efectivamente lo innecesario de un ánodo separado ya que se demostró que en realidad el mismo anticátodo es el que atrae el flujo de rayos catódicos.

El tubo Röntgen se encuentra protegido por un material que lo recubre salvo en una ventanilla que permite el paso de los rayos X emitidos, a través de su reducida abertura. El ánodo contiene un pequeño bloque o placa de tungsteno, sobre la cara que mira hacia el cátodo, este material fue elegido por sus características de número atómico (74), densidad (19.3), punto de fusión (2470 °C), temperatura de volatilización (alta), conductividad térmica (0.35) y calor específico (0.03). Esta placa de tungsteno con espesor aproximado de 2 mm es el centro o foco en donde van a chocar los electrones desprendidos del cátodo (rayos catódicos).

El filamento del cátodo se encuentra rodeado por un reflector (colector) de molibdeno. Dicha superficie colectora concentra el flujo de los electrones emitidos por el filamento

cátodo sobre una área limitada de la placa o foco del ánodo. Dado que el filamento tiene forma lineal, y la placa del ánodo se encuentra inclinada con respecto al cátodo, con lo cual los rayos X reflejados se proyectan en una imagen que parece proceder desde un punto y no de una línea. (ver Fig. II.1.1)

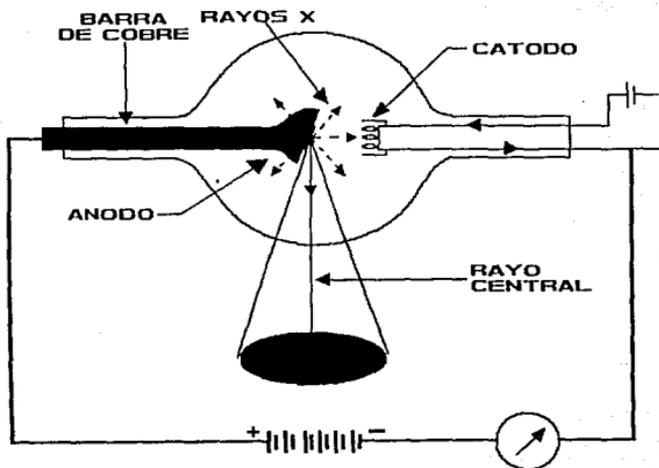


Fig. II.1.1 Proyección de rayos X en un tubo de ánodo fijo.

Los tubos de ánodo fijo consisten de una barra o columna de cobre, en cuyo extremo se encuentra encajada una placa o botón de tungsteno. El cobre transfiere rápidamente el calor generado en dicha placa o foco de tungsteno hacia el revestimiento del tubo que también sirve de protección. (ver Fig. II.1.2)

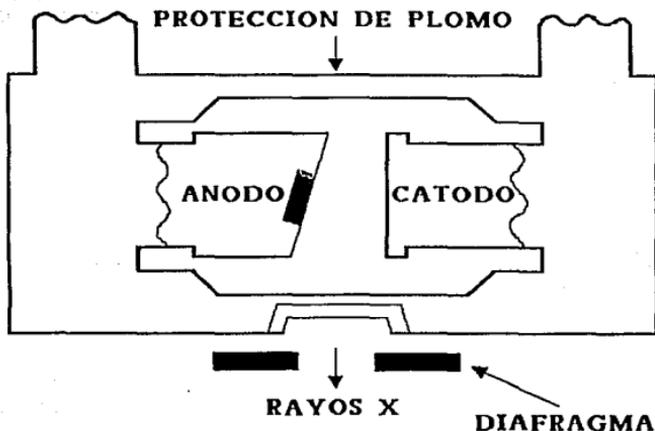


Fig. II.1.2 Tubo de rayos X de ánodo fijo revestimiento y protección.

Existen distintos métodos para disipar el calor generado por el ánodo y propagado a la envoltura o blindaje del tubo. Uno de dichos procedimientos para refrigerar el ánodo utiliza una capa de aceite, que transmite el calor al blindaje, y éste, a su vez, lo irradia al medio ambiente. Otros métodos de refrigeración anódica se valen de persianas o radiadores especiales. Las aletas de las persianas se disponen en ángulo recto con respecto al eje longitudinal del ánodo. La mayor parte de los tubos radiográficos de alta capacidad cuentan con un ventilador mecánico junto al blindaje protector, que contribuye a su enfriamiento.

El ánodo que es el polo positivo (dentro del tubo Röntgen) en el circuito secundario (o de alta tensión). Cuando el conmutador del exposímetro está cerrado, el flujo catódico de electrones se lanza contra el ánodo y completa el circuito. Este haz electrónico incide sobre el mismo en un área (o punto focal verdadero) determinada por el colector de molibdeno, la forma del filamento catódico y el ángulo del ánodo.

En los tubos radiográficos primitivos el ángulo del bisel anódico era de 45 grados. En los tubos Röntgen modernos de ánodo fijo (ver Fig. II.1.3), el ángulo suele ser de 20 grados, con el propósito de disminuir el tamaño efectivo de la proyección de la línea focal. Las bandas o puntos de los focos anódicos primitivos mostraban contornos elípticos o rectangulares.

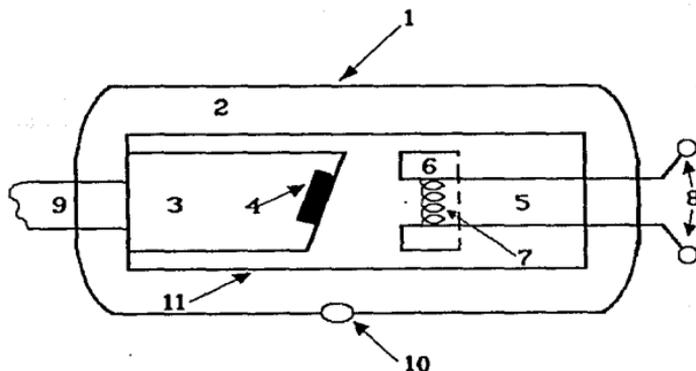


Fig. II.1.3 Tubo de roentgen

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1) Blindaje metálico.        | 8) Cables conectores al embobinado secundario del transformador de filamento. |
| 2) Aceite aislador.          | 9) Conexión del ánodo al circuito secundario.                                 |
| 3) Anodo.                    | 10) Ventanilla del blindaje.  |
| 4) Placa focal de tungsteno. | 11) Envoltura de vidrio en vacío.   |
| 5) Cátodo.                   |   |
| 6) Colector de enfoque.      |   |
| 7) Filamento de cátodo.      |   |

Estos focos lineales de los tubos de ánodo fijo surgieron tras numerosos intentos para reducir el tamaño del área focal efectiva. Los términos área focal real (o verdadera) y área focal efectiva a menudo se confunden y con frecuencia son mal interpretados. El área focal real es la verdadera zona bombardeada por los electrones procedentes del cátodo. El área focal efectiva es la zona de proyección del área focal verdadera; esta proyección se produce en ángulo recto con respecto al haz de electrones catódicos.

El área focal real es considerablemente mayor que el área focal efectiva. Con el término de foco efectivo se designa el área de proyección focal de un determinado tubo de Röntgen. (ver Fig. II.1.4)

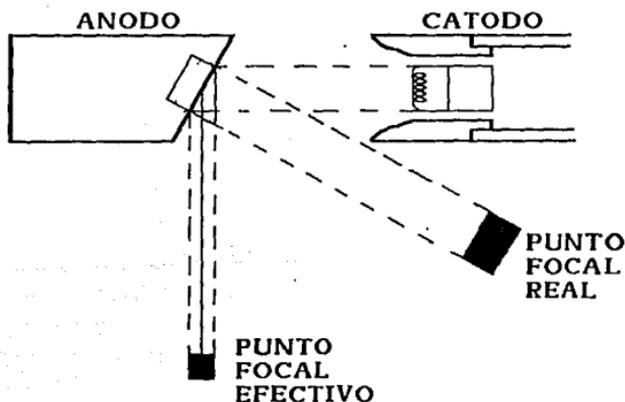


Fig. II.1.4 *Punto focal real y punto focal efectivo de proyección en un tubo de rayos X de ánodo fijo.*

En muchos de los aparatos modernos de rayos X se usa un doble foco (un ánodo giratorio con otro fijo). Este tipo de tubos suele tener dos filamentos para el cátodo, independientes entre sí. Algunos fabricantes de tubos Röntgen usan un solo filamento con dos sistemas de conexión al mismo circuito; cada uno de ellos se conecta sobre el filamento continuo el cual muestra una porción más corta (filamento menor) situada por lo general en el centro de la más larga. Cuando existen dos filamentos independientes en el cátodo, suelen hallarse uno junto al otro. Algunos de los tubos de doble foco cuentan con interruptores separados, para poder seleccionar el tamaño del área focal que más convenga.

Existen también tubos de filamento, inventados por Coolidge, se diferencian de los anteriores porque el cátodo es de wolframio que se calienta mediante el paso de una corriente de bajo voltaje. El calentamiento del filamento aumenta la energía cinética de los electrones de valencia y conducción, escapando del metal. El resto del proceso es análogo al de los tubos Röntgen, con la diferencia que aquí la corriente catódica depende de la temperatura del filamento y está, a su vez, puede controlarse muy fácilmente variando la intensidad de la corriente.

El tubo Coolidge difiere de los antiguos tubos de gas y su construcción se funda en dos efectos físicos fundamentales:

- 1) El efecto Edison.
- 2) El efecto De Forest.

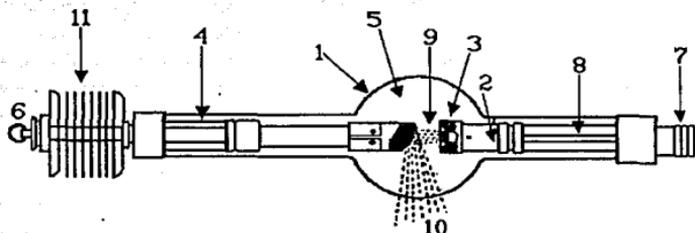
Edison demostró que toda partícula o filamento metálico llevado a la incandescencia dentro de una atmósfera muy enrarecida, emite partículas atómicas cargadas de electricidad negativa, es decir electrones. El filamento de una lámpara de iluminación eléctrica, emite pues gran cantidad de electrones que en forma de una nebulosa se proyectan en todas direcciones en el interior de la ampolla de vidrio.

El descubrimiento de Edison solucionaba pues en primer término uno de los problemas capitales de los tubos termoiónicos es decir, la producción de abundantes electrones que en los tubos antiguos dependía preferentemente de la cantidad de gas que aún alojaba la ampolla.

Pero los electrones emanados de un filamento llevado a la incandescencia por una corriente eléctrica dentro de una ampolla al vacío, pese a su abundancia no poseen velocidad suficiente como para que su impacto dé lugar a un efecto físico. Pero De Forest había demostrado que los electrones en el interior de la ampolla al vacío, eran atraídos violentamente, si frente a la fuente productora de las partículas negativas se colocaba una pantalla o cuerpo metálico cargado de electricidad de signo contrario a la de ellos y con una mayor rapidez cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre el filamento y dicho elemento metálico. De manera que si dentro de una ampolla al vacío se coloca frente al filamento productor de electrones una pantalla metálica resistente y se conectan ambos electrodos a una fuente generadora de energía eléctrica de gran potencial, de manera que el polo positivo coincida con la pantalla, llevándose por medio de otra corriente el filamento a la incandescencia, podrá observarse lo siguiente: el filamento no emite electrones en forma de una nebulosa, sino que ellos se desprenden en forma de una columna violentamente atraídos hacia la pantalla cargada de electricidad positiva. El impacto de la columna electrónica sobre la pantalla produce calor (99,8%) y desprendimiento de rayos X (0,02% de la energía eléctrica) siempre que la diferencia de potencial entre cátodo (filamento) y ánodo sea suficientemente intensa.

Puesto que en estos tubos las moléculas de gas estorban a los electrones del cátodo, es necesario trabajar a presiones muy bajas, inferiores a  $10^{-5}$  mm de mercurio (Hg).

Los tubos Coolidge presentan la ventaja de poder controlar con precisión la intensidad de los rayos producidos. En ellos un aumento del voltaje únicamente aumenta la velocidad de los electrones. El filamento normalmente está empotrado en un bloque metálico (cobre normalmente) que actúa de cátodo y enfoca los electrones sobre el ánodo, el cual se refrigera mediante un flujo de agua fría que circula por su interior. Enfrente del cátodo se deposita sobre el cobre una capa de metal cuya radiación se quiere excitar. (ver Fig. II.1.5)



**Fig. II.1.5** Representación esquemática para mostrar los elementos constituidos en un tubo de Coolidge

- 1) Ampolla de vidrio Pyrex en la cual se realiza un vacío de aire lo más completo posible, que puede llegar hasta billonésimos de una atmósfera.
- 2) Prolongación lateral constituida por una barra metálica destinada a sostener el cátodo o polo negativo. LLeva en su interior conductores de corriente de baja tensión, destinada a alimentar la calefacción del filamento.
- 3) Porción terminal de la barra constituida por un filamento metálico enrollado en espiral que constituye el cátodo.
- 4) Prolongación lateral destinada a sostener el ánodo o polo positivo. Termina en un dispositivo que se une al polo positivo de la fuente de alta tensión.
- 5) Interior de la ampolla o receptáculo evacuado.
- 6) Conexión con la fuente de alta tensión de signo positivo.
- 7) Conexión con la fuente de alimentación de la calefacción del filamento y con el polo negativo de alta tensión.
- 8) Conductores de la corriente de baja tensión necesaria para la calefacción del filamento.
- 9) Corriente de electrones que fluye del cátodo al ánodo.
- 10) Esquematación de los rayos X que salen de la superficie oblicua del ánodo (mancha focal).
- 11) Radiador de aletas para la refrigeración por el sistema de enfriamiento mediante el aire.

El tubo tiene practicadas de dos a cuatro ventanas obturadas por un material muy transparente a los rayos X. Se utilizó mica, vidrio Lindemann (vidrio de B, Li y Be) e incluso aluminio. Actualmente se emplean delgadas láminas de berilio.

En estos tubos es muy importante el asegurar su alto vacío en el interior. De otra manera puede producirse una descarga en arco que lo dañaría gravemente. Por esta razón es aconsejable poner en funcionamiento algún tiempo, al menos cada uno o dos meses, todos los tubos que se posean.

Como para su funcionamiento es necesario que haya electrones termoiónicos, antes de aplicar el alto voltaje entre ánodo y cátodo hay que calentar el filamento, en caso contrario puede producirse una emisión "fría" de rayos X que puede estropear el filamento.

Un inconveniente de estos tubos reside en que, con el tiempo, el filamento sufre adelgazamiento al evaporar el metal irremediablemente termina por fundirse. Al contrario de los tubos Röntgen, que teóricamente tiene una vida "indefinida", los de tipo Coolidge, por la razón antes indicada, son perecederos, teniendo una vida activa de unas miles de horas.

Este fenómeno de la vaporización del filamento tiene otra consecuencia desagradable: parte del metal (wolframio) del mismo se deposita sobre el ánodo, que al ser bombardeado por los electrones, puede emitir radiación característica, superpuesta a la del metal del ánodo. Al cabo de unos cientos de horas de funcionamiento esta contaminación puede ser capaz de dar lugar a la aparición de líneas y puntos espúreos en los diagramas de difracción, que han causado y causarán errores.

Los rayos Roentgen se producen por el impacto de una corriente de electrones emanados de un filamento incandescente al chocar con un ánodo hacia el que son violentamente atraídos por la carga positiva de éste. La energía de bombardeo electrónico es transformada en pequeña parte en radiación Roentgen.

Este es el fundamento del funcionamiento del tubo Coolidge, del cual existen innumerables modelos comerciales pero cuya arquitectura responde básicamente a los principios anteriormente expuestos.

Los tubos de rayos X son desde el punto de vista físico sumamente imperfectos ya que la mayor parte de la energía eléctrica aplicada se transforma en calor y sólo una mínima parte en rayos X. Además de la radiación policromática proporcionada por este tubo sólo es utilizable una pequeña fracción espectral. Cuando se exige a un tubo funcionamiento en regímenes máximos de su capacidad la radiación útil aprovechada en radioterapia o en radiografía instantánea llega a ser el 1 a 10,000 de la energía eléctrica que le llega desde el transformador.

## II.2 TUBOS DE ANODO ROTATORIO

Los tubos como ya lo hemos mencionado son parte vital y específica del aparato de rayos X; constituye esencialmente un acelerador de partículas (los electrones).

El tubo termoelectrónico o de cátodo incandescente fue ideado por el Ing. W. D. Collidge, de la General Electric, en 1912. Consiste en una ampolla de vidrio (fórmico o primex), dentro de la cual se ha logrado un vacío del orden de billonésimas de atmósferas. Contiene dos partes principales: el ánodo y cátodo. El ánodo generalmente es de cobre se extiende desde uno de los extremos hasta el centro. En el cátodo hay un alambre de tungsteno (filamento), enrollado en forma de espiral y aproximadamente de 1.27 cm. de longitud y 0.32 cm. de diámetro. Está colocado en una base con forma de copa (llamado copa enfocadora), situada a 2.5 cm. del ánodo.

El problema principal al proyectar en un tubo de rayos X una radiografía, es cómo evitar la elevación excesiva de la temperatura del blanco producida por la gran energía que debe suministrarse durante la corta exposición. En 1929, apareció una ingeniosa solución basada en la siguiente idea. Si el blanco se exponía a los electrones durante  $1/50$  de segundo y entonces se retiraba para que se enfriara durante  $49/50$  de segundo antes de exponerlo otra vez, su temperatura, después de dos exposiciones, estaría muy por debajo de lo que hubiera alcanzado después de una única exposición de  $2/50$  de segundo. Esto podía lograrse girando el blanco a 50 revoluciones por segundo, lo que daría un pulso de rayos X de dos centésimas de segundo de duración cada segundo y el resto del tiempo no se producirían rayos. Para remediar esto podían añadirse otros cuarenta y nueve blancos, que serían colocados sucesivamente en el haz de electrones. Con este dispositivo se debería poder aumentar la energía consumida en el blanco y de esta forma aumentar el rendimiento, sin elevar la temperatura del blanco hasta un nivel peligroso. En la práctica se usa un blanco continuo en forma de disco biselado a los usuales 20 grados. (ver Fig. II.2.1)

El filamento se dispone de manera que dirija la corriente de electrones contra el borde del bisel del disco de tungsteno.

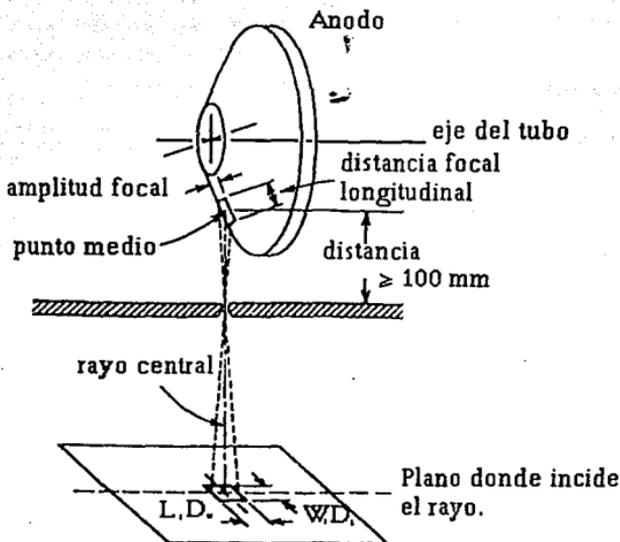


Fig. II.2.1 Representación esquemática de un ánodo rotatorio y proyección del rayo.

Así pues, la posición del punto focal (es decir, la zona del blanco donde golpean los electrones), permanece fija en el espacio mientras el ánodo circula, gira rápidamente durante la exposición, proporcionando continuamente una superficie más fría para recibir la corriente de electrones (ver Fig. II.2.2).

El ánodo rotatorio es un disco de unos 7 u 8 cm. de diámetro. Un rotor exterior hace que el ánodo gire sobre su eje a la velocidad aproximada de 3,000 r.p.m. Como resultado de este giro, cambia continuamente el área focal donde incide el haz de electrones catódicos. Ello permite utilizar un mayor kilovoltaje y más miliamperios -segundos sin salirse de los límites

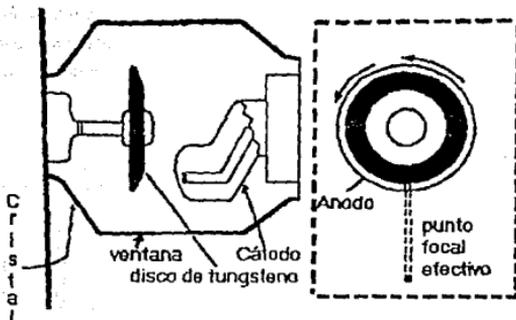


Fig. II.2.2 Tubo de ánodo rotatorio.

de seguridad para operar el tubo determinado por las especificaciones de la carta correspondiente al mismo. Sobre el borde circular del disco se encuentra el área real de bombardeo electrónico. Los electrones sólo chocan con una zona reducida de esta barda o circunferencia en un instante preciso. Con la introducción de los tubos rotatorios se han logrado notables avances en el desarrollo de las radiografías ultrarrápidas, para las que se requieren corrientes de muy alta tensión y tiempo de exposición muy corto.

El motor de inducción cuyo rotor está en el interior del tubo, mientras que el estator, al que se conecta la corriente de la red, está en el exterior. La siguiente figura muestra como está construido un tubo de ánodo rotatorio.

Como el rotor se ha de montar sobre cojinetes, es totalmente imposible eliminar el calor del blanco por conducción al aceite; la convección también es imposible, porque el tubo está evacuado, de manera que el único método disponible es el de radiación. Para hacer esto más efectivo, el blanco se pone a elevada temperatura (casi al rojo blanco).

De esta forma, el calor se irradia al aceite y escapa a través de la superficie de protección. Como el rotor se hace de cobre y debe mantenerse relativamente frío, es preciso unirlo al blanco mediante un material que sea mal conductor de calor, pero relativamente bueno respecto a la electricidad. Con este objeto se emplea una delgada varilla de molibdeno, porque combina una conductividad térmica relativamente baja (0.35 unidades de C.G.S) con un alto punto de fusión ( $3\ 370\ ^\circ\text{C}$ ), (ver Fig. II.2.3)

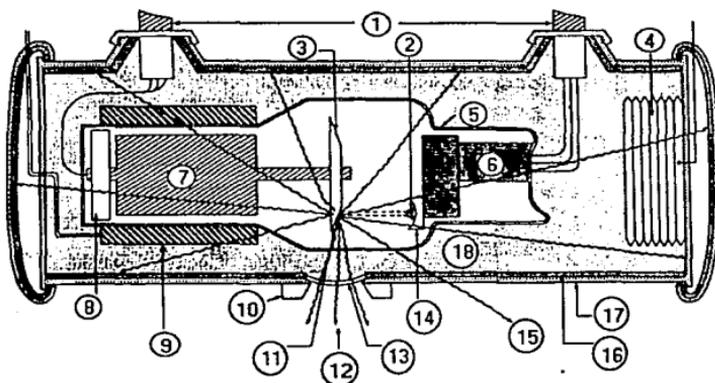


Fig. II.2.3 Elementos de un tubo de ánodo rotatorio

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1) Cables de alto voltaje.         | 11) Punto focal.                           |
| 2) Blanco de tungsteno.            | 12) Radiación primaria.                    |
| 3) Filamento dual.                 | 13) Pórtico del tubo de rayos X.           |
| 4) Fuente térmica de seguridad.    | 14) Copa focal catódica.                   |
| 5) Vidrio envolvente.              | 15) Filtrado.                              |
| 6) Unión catódica.                 | 16) Forro de plomo.                        |
| 7) Rotor de motor de inducción.    | 17) Cubierta de acero del tubo de rayos X. |
| 8) Cojinete.                       | 18) Aceite                                 |
| 9) Estator del motor de inducción. |  |
| 10) Tope del lente colimador.      |  |

En muchos de los aparatos modernos de rayos X se usa un doble foco (un ánodo giratorio junto con otro fijo). Este tipo de tubo suele tener dos filamentos para el cátodo, independientes entre sí. Algunos fabricantes de tubos usan un solo filamento con dos sistemas de conexión al circuito del mismo; cada uno de ellos se conecta sobre el filamento continuo el cual muestra una porción más corta (filamento menor), situada por lo general en el centro de la más larga. Cuando existen dos filamentos independientes en el cátodo, suelen hallarse uno junto al otro. Algunos de los tubos de doble foco cuentan con interruptores separados, para poder seleccionar el tamaño del área focal que más convenga. Por lo común el selector de miliamperaje. (ver Fig. II.2.4)

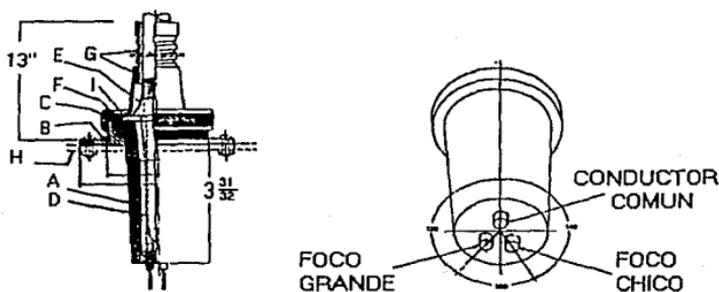


Fig. II.2.4 Anodo rotatorio junto con el fijo.

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| A: Aislador de material plástico.                        | F: Tuerca de cable.                  |
| B: Rebordado para el ajuste.                             | G: Manguera de protección del cable. |
| C: Tuerca de sujeción del aislador de material plástico. | H: Tapa del transformador.           |
| D: Aislante del cable.                                   | I: Junta.                            |
| E: Proyección del cable conexión a tierra.               |                                      |

Las características térmicas de cada componente del ánodo están calculadas de modo que se logre una disipación máxima de calor sin sobrecalentamiento de ninguna de ellas.

#### Clasificación de la serie Dynamax

TUBOS DE ANODO ROTATORIOS	—	DYNAMAX "25"
		DYNAMAX "26"

La serie Dynamax comprende dos tipos de tubos de rayos X con ánodo giratorio y protección total, ambas poseen las siguientes características fundamentales:

- Una larga duración de vida de piezas giratorias.
- Funcionamiento uniforme y seguro.
- Gran capacidad de carga.

Por las razones antes mencionadas, se prestan a toda índole de radiografías. También contienen un amplio disco de wolframio macizo que constituye la placa y están sostenidos por un vástago de molibdeno acoplado a un rotor equilibrado dinámicamente cuyos cojinetes están lubricados con plata, procedimiento especial que proporciona un funcionamiento siempre silencioso y seguro. Estos equipos se pueden adaptar a toda clase de mesa de exploración radiológica.

#### Detalles de construcción del fabricante

**Coraza de protección total:** La carcasa es metálica y está recubierta de plomo. Está rellena en vacío de un aceite sometido a tratamiento especial y cerrada herméticamente. Consta asimismo de una cámara de expansión destinada a la contención del aceite en toda la gama de temperaturas normales, producidas durante su funcionamiento. Contiene también el estator para la propulsión del rotor (mínima temperatura ambiente  $-9^{\circ}\text{C}$ ). (ver Fig. II.2.5)

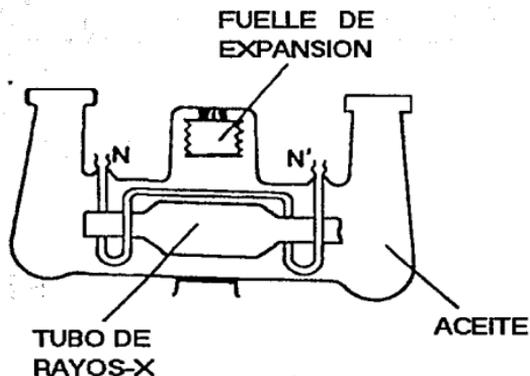


Fig. II.2.5 Coraza de protección total, circular de agua en el tubo N-N'.

**Acabado:** El cuerpo de la carcasa está esmaltada con pintura negra rugosa. Las partes metálicas son de chapa pulida de cromo satinado muy vistoso.

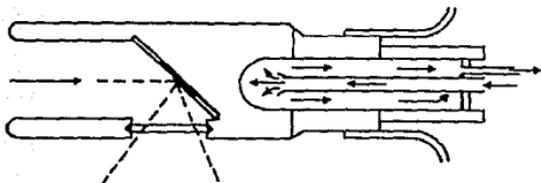
**Filtración propia:** Aproximadamente 0.5 mm. de aluminio.

**Protección anti-rayos:** Equivalente a la ejercida por una plancha de plomo de 1.5 mm. como mínimo intercalada en la trayectoria de los rayos directos, en todas las direcciones, salvo en el orificio de salida de la radiación. (ver Fig. II.2.3)

**Campo de acción de los rayos X:**  $17^\circ$  a partir del rayo central con corte a los  $15^\circ$  producido por el canto del platillo anódico.

**Sistema de refrigeración:** El tubo incertado es refrigerado por medio de aceite contenido en la coraza de protección total, el cual a su vez se refrigera por radiación y convección a través del aire, reforzada por la corriente de aire proyectado por un potente ventilador, si está equipado de este dispositivo. (ver Fig. II.2.6)

## REFRIGERACION.



## CIRCULACION DE ACEITE

*Fig II.2.6 Circulación de aceite dentro de la coraza.*

**Cables:** Están destinados a establecer las conexiones entre la fuente de energía y el tubo de protección total. Los cables de alta tensión están provistos de aislamiento suficiente para resistir la tensión de trabajo requerida, y de una envoltura metálica, mantenida a potencial de tierra. Cuenta así mismo con terminales enchufables para conexión con el tubo generador y con el generador de alta tensión respectivamente. La conexión con el generador de alta tensión se puede realizar alternativamente por medio de piezas aislantes enchufables directamente en el mismo o por conexión, con un sistema de conducción aérea de alta tensión.

**Equipo de control del motor:** Comprende un condensador para el arranque del motor y un sistema relevador que produce el retardo necesario entre el arranque del motor y la exposición, permitiendo asimismo accionar un circuito automático de caldeo intensivo del filamento. Impide que tenga lugar una exposición si las conexiones del motor están interrumpidas o invertidas. (ver Fig. II.2.7)

**Ventilador:** Este dispositivo se suministra sólo a petición y siendo su finalidad el lograr una mayor velocidad de disipación calorífica. Consiste en un motor eléctrico, dotado de aspas, instalado en una carcasa que se puede montar sobre la coraza de protección total del tubo.

**Peso:** La equilibración con el contrapeso debe realizarse con los cables ya montados.

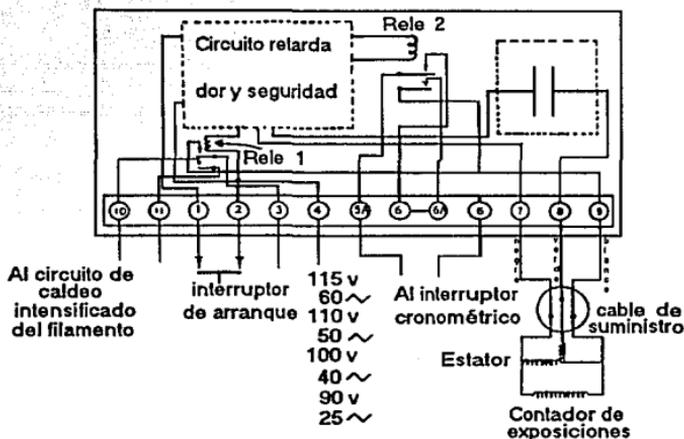


Fig II.2.7 Conexiones del equipo de control del motor.

Los valores máximos de energía desarrollados en los distintos modelos son diferentes dependiendo de la velocidad de rotación del ánodo, la cual depende a su vez de la frecuencia, de la corriente de alimentación del motor que impulsa al ánodo.

### Montaje

Se monta sobre los soportes corrientes por medio de un adaptador cónico que se suministra juntamente con el tubo, y se acopla al carrillo porta tubo en forma idéntica que la clásica caperusa de vidrio plomizo. Los soportes especiales precisarán de dispositivos a propósito para su montaje. Su aplicación más general es en montaje debajo de la mesa radiográfica, las terminales del cable que parten del extremo del tubo correspondiente al cátodo, pueden dirigirse hacia la cabeza de la mesa o bien hacia los pies según se prefiera. (ver Fig. II.2.8)

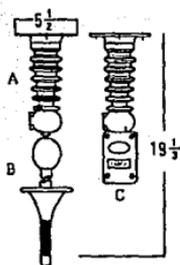


Fig. II.2.8 Montaje del terminal de cable en la línea de alta tensión.

- A) Soporte de techo para el cable.
- B) Terminal del cable.
- C) Interruptor del cable accionado por un cordón.

#### Equipo de control del motor

Es imprescindible utilizar en combinación con el circuito del motor algún dispositivo que impida toda exposición radiográfica antes de que el rotor haya alcanzado su velocidad nominal.

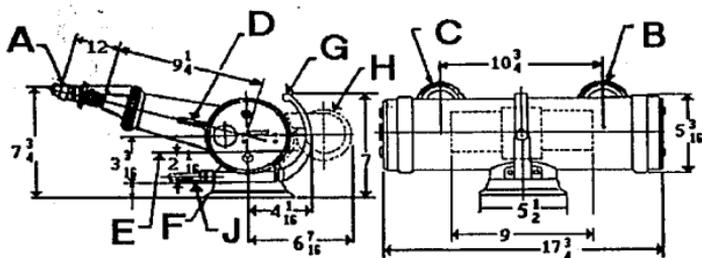
#### Advertencias

No debe dejarse conectado nunca el filamento durante más tiempo que el necesario. Debe conectarse la calefacción siempre justamente antes de hacer la exposición, regulando la corriente al valor adecuado y desconectándolo inmediatamente después de hecha aquella. En ningún momento debe permitirse que la corriente del filamento exceda de los 5.5 amperios. Al efectuar la calibración del voltaje primario en función del kilovoltaje de salida deseado, debe tenerse en cuenta que es necesario tomar como base para ella los valores de miliamperaje que han de utilizarse para la exposición.

Aconsejamos tomar las máximas precauciones para evitar la posibilidad de un incidente al momento de la calibración.

### Recambios del Cable

El tubo de rayos X va montado en el interior de la coraza, cerrada herméticamente. a fin de tener la garantía de que las condiciones en que se realiza éste montaje son las adecuadas para un perfecto funcionamiento, éstas operaciones tienen lugar en la propia fábrica. (ver Fig. II.2.9)

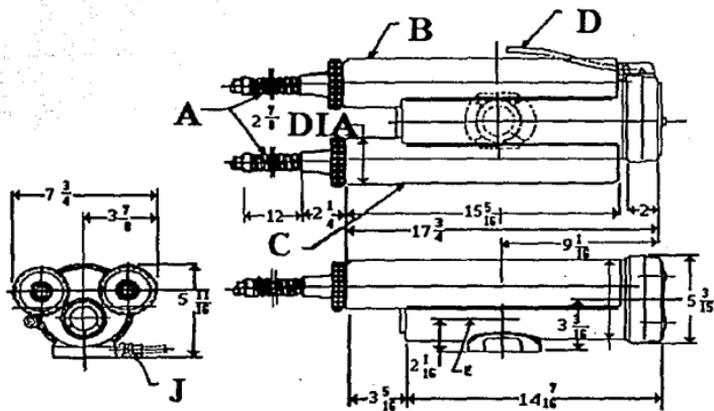


## DINAMAX "25"

Fig. II.2.9a Recambio del cable.

- A) Cables de alta tensión.
- B) Terminal catódica.
- C) Terminal anódica
- D) Cordones para el estator.
- E) Línea a través del centro de la mancha focal.

- F) Cono adaptador, desmontable.
- G) Asa de quita y pón.
- H) Ventilador a elección.
- J) Interruptor térmico (termostato).



## DYNAMAX "26"

Fig. II.2.9b Recambio del cable.

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| A) Cables de alta tensión.                       | F) Cono adaptador, desmontable.      |
| B) Terminal catódica.                            | G) Asa de quita y pón.               |
| C) Terminal anódica                              | H) Ventiladora elección.             |
| D) Cordones para el estator.                     | J) Interruptor térmico (termostato). |
| E) Línea a través del centro de la mancha focal. |                                      |

### II.3 CORAZA METALICA DE LOS TUBOS DE RAYOS-X Y DISPERSION DE LA RADIACION

#### II.3.1 Coraza Metálica de los Tubos de Rayos X

La coraza metálica tiene las siguientes funciones:

- Proteje el tubo de Rayos X contra golpes.
- Como refrigerante ya que entre la coraza y el tubo se tiene aceite que fluye a lo largo y ancho de la coraza por efecto térmico.
- Como protección de las radiaciones llamadas de escape.

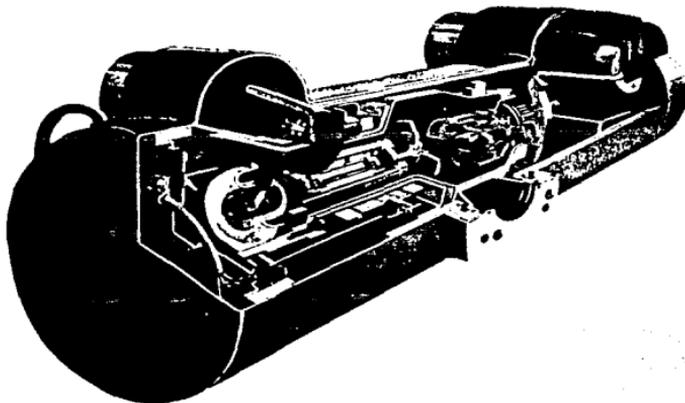


Fig. II.3.1 Coraza Metálica de los Tubos.

### II.3.2 Dispersión de la Radiación

Radiaciones X (ionizantes) primaria, secundaria, por escape y residuales

Durante el funcionamiento del aparato de rayos X, la radiación ionizante X se manifiesta bajo las siguientes formas (Fig. II.3.2):

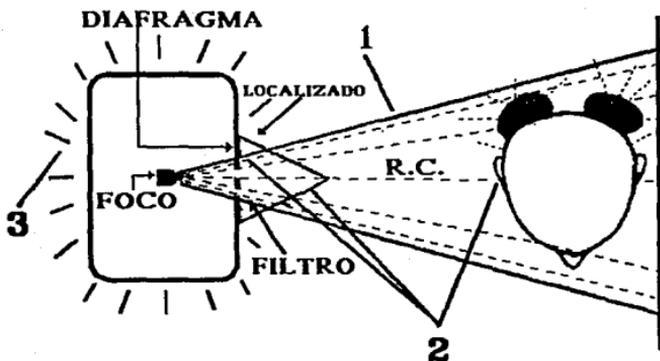


Fig. II.3.2 Radiaciones ionizantes X.

- 1) *Primaria en una dirección determinada: (R.C.) a través de la ventana de emisión, controlada por filtro y diafragma.*
- 2) *Secundaria en todas direcciones. Desde: filtro, colimador cónico de plástico, cabeza del paciente, etc.*
- 3) *Por escape en todas direcciones. A través del blindaje de la cabeza del aparato de rayos, particularmente en la periferia del diafragma.*

- 1) **Rayos Primarios:** Son aquellos que emite el foco, en forma de cono o haz a través de la ventana del tubo. Su dirección puede predeterminarse (angulaciones) y por lo tanto es controlable. En la práctica de la radiografía, el interés primordial gira en torno del haz primario. El mismo hállase constituido por todos los rayos que escapan del blindaje del tubo a través de la ventana, y que se originan directamente del bombardeo del ánodo por los electrones catódicos. Pero antes de atravesar el objeto de la radiografía se hace necesario eliminar múltiples radiaciones blandas del heterogéneo haz proyectado desde el foco para poder reducir un tiempo de exposición innecesario.

Los rayos primarios divergen hacia adelante en todas direcciones junto con el rayo central. Este es aquel grupo de radiaciones primarias que transpone la ventana formando ángulo recto con el eje mayor del tubo Röntgen, y es la porción del haz primario que se dirige al centro de la película o estructura que se ha de radiografiar. Es necesario controlar de algún modo la zona marginal divergente de estos rayos primarios. Ciertos dispositivos como los conos y los diafragmas, convenientemente adaptados a la abertura de la ventana, eliminan eficazmente la mayoría de estas radiaciones X divergentes.

- 2) **Rayos Secundarios:** Son los emitidos por los objetos que son alcanzados por los rayos primarios principalmente. (el paciente, plástico, etc.) Esta emisión secundaria, (cara), cabezal del sillón, colimador cónico que empieza y termina con la primaria, se hace en todas direcciones. Cuando un haz de rayos X pasa a través de cualquier sustancia, ésta tiende a absorber o modificar parte de su energía. Se han realizado numerosos experimentos destinados a estudiar la reducción producida en la intensidad de un haz de rayos X al atravesar una capa absorbente. El efecto del aire como tal, es de la mayor importancia. Aun cuando el aire está integrado, en su mayor parte por moléculas relativamente sueltas de elementos muy ligeros, los rayos primarios establecen interacciones con dichos átomos o moléculas por uno o más mecanismos. Si se desean conocer los datos exactos correspondientes a la absorción de estas radiaciones por el aire, podrán obtenerse del National Bureau of Standards. Para calcular la intensidad exacta de un haz de rayos X a una determinada distancia desde su foco al objeto (simplemente, distancia foco-objeto), los valores logrados

según la ley inversa del cuadrado deberán multiplicarse por el factor de corrección correspondiente a dicha distancia en el medio atmosférico.

Cuando los rayos primarios atraviesan los tejidos del cuerpo u otro material de carácter orgánico, se producen diversos fenómenos. Entre ellos cabe citar la producción de radiaciones secundarias. Son rayos secundarios los generados en el individuo o en los objetos circundantes por el paso de los rayos primarios.

Experimentalmente se comprueba que estos rayos secundarios suelen ser por lo menos de dos clases: dispersos o secundarios (algunos con longitudes de onda idénticas y otras más largas que los rayos primarios), y fluorescentes característicos (son éstos específicos -poseen la misma longitud de onda- del material radiante). Los rayos dispersos secundarios divergen en todas direcciones desde el punto donde se generan en el objeto (radiador). La mayor intensidad de estos rayos se registra hacia adelante. En el campo del tratamiento, considerando el efecto de estos rayos sobre los tejidos humanos, las radiaciones dispersas secundarias tienen una importancia extrema cuando la longitud de la onda primaria es corta. Los rayos fluorescentes característicos son idénticos a las radiaciones propias; el modo de producirse uno u otros es diferente. Los rayos propios (característicos) resultan del impacto de los electrones catódicos en la placa anódica del tubo Röntgen; los rayos característicos fluorescentes son el resultado del choque de un fotón primario de rayos X en el objeto radiante (radiador). El voltaje o tensión que se requiere para producir rayos característicos es directamente proporcional al cuadrado del número atómico del material que recibe el impacto.

- 3) **Por Escape:** ("leakage" de los autores norteamericanos), que escapa de la cabeza del aparato (tubo) por otros lugares diferente a su ventana de emisión. La radiación por escape, en los aparatos modernos (bien protegidos) es de poca consideración, pero puede llegar a ser importante cuando existen fallas en el blindaje de las cabezas. En los modelos antiguos, con tubos "abiertos", la radiación por escape es considerable.

No está de más señalar que las formas por escape y secundaria, además de ser biológicamente perjudiciales, también lo son técnicamente.

Por lo tanto, con cualquier aparato que utilice (aun con aquellos que los fabricantes indican con "protección integral"), al tomar una radiografía, el paciente necesariamente recibirá (absorberá) una cantidad determinada de rayos (exposición). En cuanto al profesional y personal auxiliar, recibirán (absorberán) cantidades peligrosas si permanecen en el paso del haz primario, y también recibirán cantidades no despreciables cuando no son protegidos de las radiaciones secundarias por escape.

- 4) **Rayos Residuales:** Los rayos residuales son los que producen la imagen latente en la película. Es la radiación remanente de aquel conjunto de rayos ionizados que determinan la imagen radiográfica. La radiación primaria total que penetra en la porción del objeto que se ha de radiografiar disminuye como consecuencia de la interacción establecida entre estos fotones Röntgen y la materia atravesada. Los rayos residuales que emergen de los tejidos están integrados por aquellas radiaciones primarias que no han sido absorbidas y por las radiaciones secundarias generadas en las propias estructuras tisulares. La cantidad de rayos secundarios incorporados a esta radiación residual depende de las longitudes de onda de los primeros y de los métodos empleados para regular o controlar la producción de la segunda.

#### Rayos X y materia

Los rayos X son eléctricamente neutros y tienen longitudes de onda extremadamente cortas, especialmente si se compara su magnitud con el tamaño del núcleo atómico y los espacios relativos entre el mismo y las órbitas circundantes. Y es precisamente por estos espacios relativamente holgados que no pocas de las radiaciones de longitud de onda más corta pueden atravesar un átomo, entre el núcleo y las precitadas órbitas, sin tropezar con aquél o con algún electrón de cualquiera de éstas. A ello se debe que los rayos X sean capaces de penetrar a través de la materia. Sin embargo, el material atravesado por tales fotones absorbe una gran cantidad de la energía radiante de las partículas Röntgen elementales. Esta pérdida de energía corresponde a la producción de radiaciones secundarias.

Los fotones de energía se ven influidos por la materia de acuerdo a los mecanismos mencionados en el capítulo I.1, los cuales son: Emisión foto-eléctrica y absorción verdadera Dispersión inmutable (o de Thompson) y el Efecto Compton.

De acuerdo al grado de penetración con que son atravesados por los rayos X, los tejidos animales se clasifican como sigue: radiopacos, como los huesos y otras estructuras que contengan sales de calcio; intermedios, como los músculos, la epidermis, la sangre, el cartilago u otros tejidos de tipo conectivo, y ciertos cálculos portadores de colesterol o de ácido úrico; y radiolúcidos (radiotransparentes), como el tejido adiposo, los gases y el aire.

El grado de penetración de los rayos X en los tejidos depende de las estructuras molecular y atómica de los mismos, y de la energía de los electrones (fotones) primarios. También influye en dicha penetrabilidad el estado físico de la persona. Esta propiedad característica de los rayos X, de atravesar la materia en diversos grados, los hace muy útiles en medicina y en la industria como medio de diagnóstico. Y la circunstancia de que estas radiaciones no penetran por igual en todos los tejidos animales permite la utilización de aquéllas para juzgar la densidad relativa de dichas estructuras.

## II.4 SISTEMAS DE SEGURIDAD Y BLINDAJE

### II.4.1 Seguridad

#### Medidas de seguridad

Uno de los puntos más importantes a considerar en un laboratorio de rayos X es la protección del personal y de los pacientes contra los peligros de la radiación X y del choque eléctrico.

#### Protección contra los rayos X

La exposición excesiva a los rayos X puede lesionar cualquiera de los tejidos, siendo especialmente sensible la piel, las gónadas y los órganos productores de la sangre.

Aunque la radiación recibida por el paciente durante un exámen individual ordinario es seguramente una fracción muy pequeña de la cantidad tolerable, es indudable que las películas más rápidas y el revelado completo de las radiografías permiten reducciones muy importantes de la exposición.

Los tubos de rayos X modernos están rodeados de un material protector, a excepción de la pequeña ventana por donde sale el haz primario filtrado a través de un material equivalente a 0.5 mm de aluminio.

Para reducir al mínimo los peligros de la radiación es preciso conocer bien las técnicas de posición del enfermo, la selección de los factores de exposición del enfermo, el funcionamiento correcto del equipo de rayos X y por último el revelado adecuado de las películas. Si todo esto se toma en cuenta, se reducen al mínimo las repeticiones de radiografías y se mantiene la calidad radiográfica a un nivel muy alto.

Las partes pesadas y gruesas del cuerpo, tales como el abdomen, dispersan las radiaciones en mayor proporción que las partes delgadas, como la mano, por ejemplo. Por consiguiente, cuando se radiografían las partes más gruesas del cuerpo es preciso emplear medios adicionales para controlar la dispersión de las radiaciones. Esto se hace generalmente

con un aditamento llamado rejilla. La rejilla está compuesta de bandas alternadas de plomo y de un material radiotransparente, aluminio por ejemplo, dispuesto de forma que cuando el punto focal está centrado sobre la rejilla, el plano de cada banda de plomo está en línea con el haz primario. Las bandas de plomo absorben gran cantidad de radiaciones dispersas oblicuas, es decir, de rayos que no viajan en la dirección del haz primario, las bandas radiotransparentes permiten el paso de la mayoría de los rayos primarios hasta la película.

La rejilla absorbe gran parte de radiación secundaria e incluso algo de la radiación primaria. Por consiguiente, es obvio que hay que aumentar la exposición para compensar esta pérdida. Aunque este aumento debe determinarse por tanteo para cada equipo particular, se sugiere como punto de partida un factor de 3. (ver Fig. II.4.1)

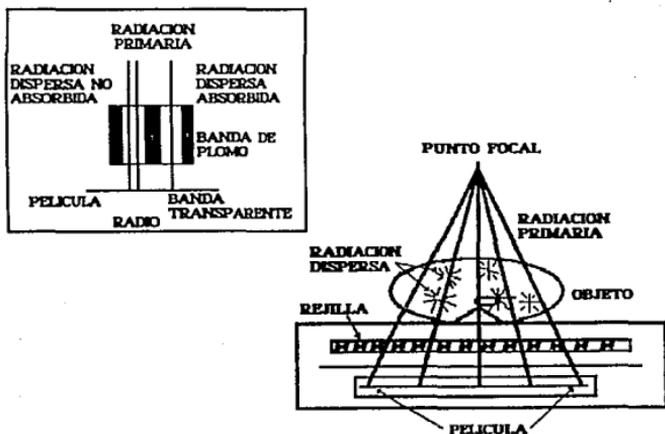


Fig II.4.1 Diagrama de una pequeña porción de rejilla (recuadro) mostrando como se absorbe gran proporción de radiación dispersa y cómo la radiación que forma la imagen pasa a través hasta llegar a la película. Diagrama del diafragma potter-Buckley (cuadro grande), en la práctica se emplean también los conos para restringir el haz y en consecuencia reducir la producción de radiaciones dispersas.

Los conos tienen otra función igualmente importante, es decir, contribuyen a proteger al paciente, restringiendo el tamaño del haz de rayos X. Es por esta razón que debe emplearse siempre el cono más pequeño que cubra la zona de interés. Esto restringirá la radiación primaria a una zona mínima, se expondrá la menor cantidad posible de tejido y se disminuirá la dispersión de las radiaciones. (ver Fig. II.4.2)

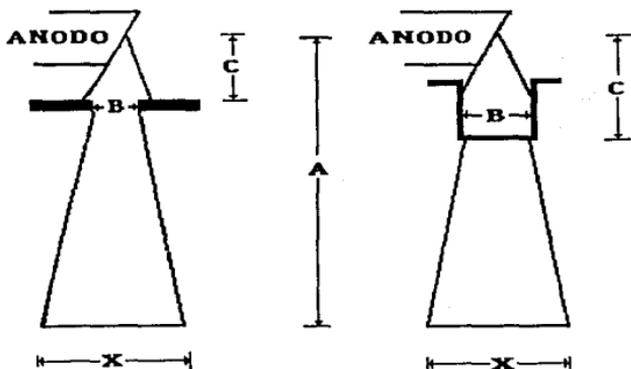


Fig. II.4.2 Manera de determinar la zona cubierta por el haz de rayos X cuando se emplea diafragma (izquierda); cuando se usa cono cilíndrico (derecha).

El método para determinar el campo proyectado en la figura anterior es aplicando la fórmula siguiente:

$$\frac{A \cdot B}{C} = X$$

donde

A es la distancia del punto focal al plano de la película.

B es la abertura del diafragma o el diámetro del cono.

C es la distancia del punto focal al diafragma o al borde inferior del cono.

X es el diámetro del campo proyectado en el plano de la película.

Hay ciertas exploraciones, como por ejemplo las de la pelvis, la cadera y las vértebras lumbares, donde ni siquiera los conos protegen la región de las gónadas. Bajo estas circunstancias es imperativo usar protección de plomo. En el comercio se encuentran varias clases de protectores de este tipo. Además en cada caso particular se puede fácilmente cortar una lámina de plomo adecuada para la posición y proyección que se esté haciendo.

#### II.4.2 Medios Físicos de Protección para el paciente y el profesional

##### Para el paciente

- 1) **Filtración:** La filtración consiste en interponer entre el foco y el paciente una lámina de metal (aluminio, cobre, berilio, etc.), que al absorber principalmente los rayos de mayor longitud de onda (largos o blandos) evita que estos sean absorbidos por la piel del paciente. En el caso de que sean largos la piel absorbe casi la totalidad de la energía; en el caso de que sean cortos la energía absorbida por la piel es mínima. (ver Fig. II.4.3)

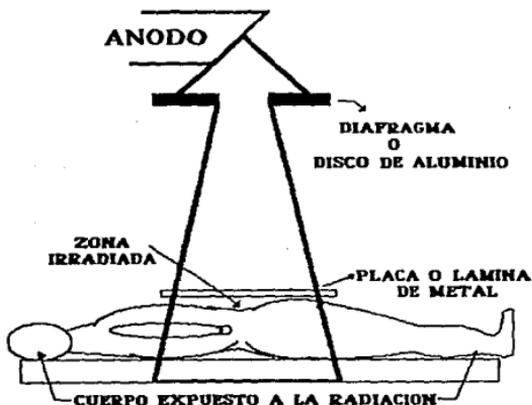


Fig. II.4.3 Diafragma, absorbe los rayos de mayor longitud.

La absorción determinada por un filtro de 2 mm de aluminio frente a distintas longitudes de onda puede verse en el siguiente cuadro:

Longitud de onda Porcentaje absorbido efectiva por 2mm de Al

0.6 Å	85 %	0.4 Å	45 %	0.2 Å	15 %
-------	------	-------	------	-------	------

Aquí vemos que a medida que se reduce la longitud de onda, los rayos se transmiten más fácilmente (se absorben menos).

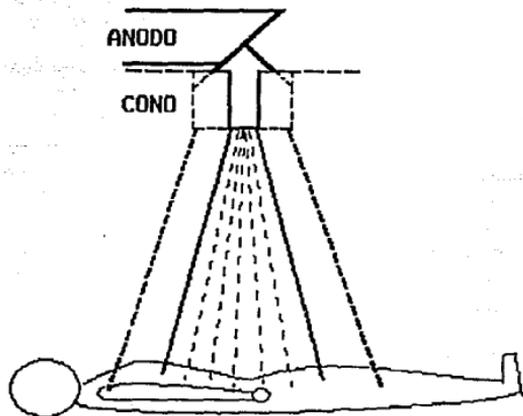
En consecuencia, cuando el aparato en uso no tenga la filtración correcta esta debe lograrse mediante el agregado de discos de aluminio puro hasta completar el espesor requerido.

Sobre el uso del filtro es necesario advertir que su presencia reclama técnicamente aumento del tiempo de exposición. Esto se debe a que si bien el filtro absorbe principalmente los rayos largos, también absorbe parte de los cortos; esta última pérdida debe ser compensada radiográficamente aumentando el tiempo de exposición.

- 2) **Diafragmación-Colimación:** Diafragmar es interceptar el haz de rayos X con objeto de reducir su sección. Colimar es determinar la dirección del haz de rayos X. Los diafragmas pueden considerarse parte de la colimación, ya que si el centro de la apertura (circular o rectangular) del diafragma, no coincide con el eje del cono o cilindro, que se utiliza como gufa para colimar, el centrado de la radioproyección quedará descontrolado. (ver Fig. II.4.4)

Sobre la colimación, actualmente no se justifica el uso del clásico cono de plástico, por constituir un nocivo emisor secundario, y en consecuencia si éste se está usando, obligadamente debe reemplazarse.

- 3) **Reducción del tiempo de exposición:** La cantidad de rayos a que se expone el paciente se puede reducir:



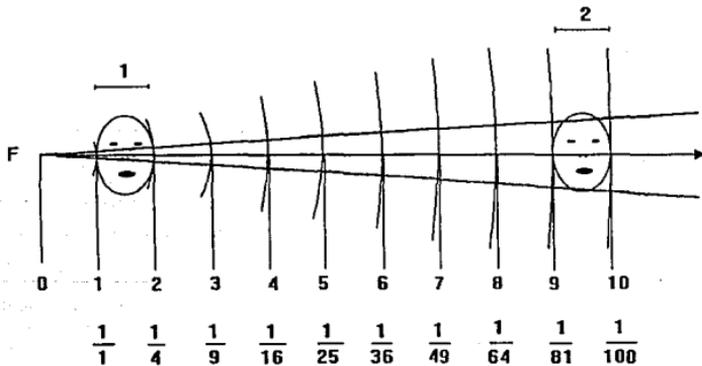
*Fig. II.4.4 La diafragmación se traduce directamente en menor volumen del tejido irradiado.*

- Utilizando películas rápidas, mediante su uso, la cantidad de mA (miliampers) que se requiere para tomar una serie resulta notablemente menor que la requerida para tomarla con películas lentas o intermedias.
- Mediante el empleo de pantallas reforzadas. Es posible que en el futuro su perfeccionamiento (mayor definición) y el empleo de gabinetes especiales blandos permitan utilizarlas.
- Por mejoras en el laboratorio, es posible en algunos casos evitar la repetición de radiografías (reducción de la dosis) sometiendo a mejoras en los laboratorios.
- Aumento de kilovoltaje:** El aumento de kilovoltaje se traduce en menor proporción de rayos largos blandos, los cuales son absorbidos más fácilmente por la piel.

- 5) **Aumento de la distancia foco-piel:** A causa de la divergencia de los rayos X al tomar cualquier radiografía, la superficie de la piel (o cuero cabelludo) por la cual entran los rayos más juntos recibe mayor dosis que igual superficie de película, más alejada del foco por la cual pasan los rayos más separados; simplemente la dosis de entrada en la piel siempre es mayor que la dosis radiográfica.

Sin embargo es importante tener presente que la diferencia entre ambas dosis no es constante, la misma disminuye (también a causa de la divergencia de los rayos) progresivamente con el alejamiento del foco. El mecanismo que hace variar la diferencia entre ambas dosis se encuentra en la relación inversa al cuadrado de las distancias foco-piel y foco-película: (ver Fig. II.4.5)

#### RADIACION INVERSA AL CUADRADO DE LA DISTANCIA



**Fig. II.4.5** *Distancia foco-piel (película). A medida que un foco (radiogeno) se aleja de dos superficies colocadas a distintas distancias la diferencia entre las cantidades de rayos que estas reciben (dosis) resulta progresivamente disminuida. En la posición 1 (distancia relativa foco-piel 1 y foco-película) la diferencia es en proporción de 4 a 1, en cambio en la posición 2 (foco-piel = 9, foco-película = 10) la diferencia es en la proporción de 1.23 a 1.*

$$\frac{(1 / \text{Distancia foco-piel})}{(1 / \text{Distancia foco-película})} = \frac{\text{distancia foco-película}^2}{\text{distancia foco-piel}^2}$$

- 6) **Pantallas anti-rayos X:** En todos casos en que se trate de embarazadas o de niños, en quienes deben extremarse las precauciones, y siempre que se practiquen procedimientos en los cuales los rayos del haz primario puedan alcanzar directamente la región subabdominal, es indispensable recurrir a la utilización de pantallas antirayos X, como lo son los delantales plomados y las pequeñas pantallas.

#### Para el personal

- 1) **Evitar el haz primario:** La falta más grave (ignorancia o inconciencia) que se puede cometer es colocarse en el trayecto del haz de rayos primarios.
- 2) **Pantallas o barreras antirrayos X:** Otra forma de evitar la acción nociva del haz primario consiste en interponer barreras o pantallas antirayos X entre el profesional y/o el personal auxiliar, con lo cual se crean zonas de seguridad.

Debe tenerse presente que esta protección es de rigor para las personas que por razones de trabajo o circunstanciales permanezcan en ambientes vecinos (salas de espera, etc).

Respecto de la constitución de las barreras, es importante saber que su protección (seguridad) varía con:

- Número atómico del material empleado.
- El kilovoltaje o penetración utilizado.
- La cantidad de miliamperios/segundo utilizados diariamente.

Sobre la protección que pueden dar las pantallas antirrayos X de plomo y concreto informa la siguiente tabla:

**Pantallas antirrayos X de plomo y concreto**  
(Para Máxima dosis permitida de 0.1 R por semana)

**Distancias en pies y metros de la pantalla al foco.**

**De plomo**  
(espesor en mm)

kv	mA por día	3 p	5 p	8 p	20 p
		0.91 m	1.52 m	2.53 m	6.09 m
60	9600	1.1	0.9	0.9	0.4
	2400	0.8	0.6	0.5	0.3
	600	0.6	0.4	0.3	0.1
	150	0.4	0.3	0.2	--
90	3840	1.9	1.5	1.2	0.7
	960	1.4	1.1	0.8	0.4
	240	1.0	0.7	0.5	0.2
	60	0.6	0.4	0.2	--

**De concreto**  
(espesor en mm)

60	9600	93.0	78.0	63.0	38.0
	2400	73.0	58.0	43.0	20.0
	600	50.0	38.0	25.0	5.0
	150	27.0	20.0	10.0	--
90	3840	144.0	121.0	99.0	55.0
	960	111.0	88.0	68.0	30.0
	240	81.0	55.0	38.0	7.0
	60	48.0	30.0	12.0	--

Como puede apreciarse, utilizando una pantalla, distancias adecuadas y además películas ultrarrápidas, es posible sin riesgo tomar considerable número de radiografías diariamente.

Como dato complementario agregaremos que:

3 mm de acero		← equivalen a 1 mm de plomo
5 mm de latón		
100 mm de ladrillo		
1000 mm de madera		

- 3) **Distancia:** Si bien el uso de pantallas antirrayos X constituye excelente protección, el distanciamiento de ambas cabezas es el medio más simple y eficaz de reducirlas. Recuerdese que la intensidad de cualquier radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

#### II.4.3 Reglas más importantes para la protección antirrayos en los institutos de radiodiagnóstico

##### Generalidades

- 1) El jefe de la sección de radiología es responsable de la suficiente protección de sus colaboradores contra los efectos de la radiación y otros peligros propios del servicio.
- 2) El funcionamiento de las instalaciones radiológicas deberá ajustarse a las prescripciones reglamentarias relativas a la prevención contra accidentes. Estas prescripciones deberán ser conocidas por todos los empleados y hallarse a disposición de los mismos.
- 3) Tanto la radiación directa como la radiación secundaria (también emitida lateralmente por los pacientes) son peligrosas.
- 4) En determinadas circunstancias también los pacientes pueden estar en peligro. Los órganos genitales del paciente habrán de ser, en caso dado, objeto de especial protección.

- 5) Todos los servicios radiológicos efectuados serán registrados en el libro correspondiente.
- 6) Se cumplirán las prescripciones reglamentarias relativas a jornada de trabajo y vacaciones. De las vacaciones correspondientes deben tomarse, por lo menos, tres semanas consecutivas.
- 7) A todo nuevo empleado se le practicará un análisis de sangre y una radiografía pulmonar. Trimestralmente se comprobará el cuadro hemático y por lo menos cada año se repetirá la radiografía pulmonar.
- 8) Personas que sometidas a la reacción de tuberculina acusen un resultado negativo sólo serán admitidas si esta descartada la posibilidad de una infección tuberculosa.
- 9) Los lugares de trabajo deben estar siempre bien ventilados. Se evitará levantar polvo.
- 10) Las instalaciones radiológicas y la indumentaria de protección deben ser revisadas periódicamente (con una cartulina fluorescente se controla sin dificultad una irradiación directa, por ejemplo junto a la pantalla fluorescente).
- 11) En casos dudosos realícese o hágase realizar una medición de la protección antirrayos.

#### **Radlación directa**

- 12) Sólo se utilizarán cúpulas porta-tubo de protección integral contra la radiación ajustadas a las prescripciones reglamentarias (protección por todos lados).
- 13) Aún las cúpulas porta-tubos ajustadas a las normas de protección integral dejan pasar alguna radiación. En la inmediata proximidad del tubo son sobrepasadas con frecuencia las dosis admisibles para los operadores.
- 14) La radiación directa, proyectada hacia el operador, deberá apantallarse, según la intensidad de la corriente y la distancia, con 1 a 1.5 mm de plomo hasta 75 kv y con 2 a 2.5 mm de plomo (o capa adecuada) hasta 125 kv.

**Radiación secundaria**

- 15) Evitese la proximidad del paciente. En fluoroscopias y radiografías ejecutadas con altos valores mAs hay cantidades dañinas de rayos secundarios.
- 16) Utilícese siempre indumentaria protectora en el campo de la radiación secundaria.
- 17) Al efectuar fluoroscopias y otras manipulaciones en la proximidad del campo irradiado utilísece guantes protectores lavables.

**Radiación secundaria permitida diariamente**

(Estos datos han sido determinados utilizando como protección, una filtración total equivalente a 2 mm de Al, y diafragma que proyecta un círculo de 69 mm de diámetro a 18 cm.)

**Distancia entre el paciente y personal con 65 kv con 90 kv**

Pies	m	mAs	mAs
2	0.61	600	250
3	0.91	1400	600
4	1.21	2400	1050
5	1.51	3800	1650
6	1.82	5400	2400
8	2.43	9600	4250
10	3.04	15000	6650

**Radiografías**

- 18) Hagase la diafragmación lo más estrecha posible.
- 19) En las radiografías que se hagan de niños de corta edad y en las manipulaciones con el paciente, utilísece un visor luminoso.
- 20) El personal se abstendrá de sostener a los niños o de prestar ayuda análoga.
- 21) La sujeción de películas dentales se hará, en lo posible, por el propio paciente y en ningún caso por el personal.

**Fluoroscopias**

- 22) El haz de rayos será filtrado a través de una lámina de aluminio de por lo menos 1 mm de espesor o de una pared de tubo de grosor equivalente. Para tubos de rayos X y cúpulas porta-tubo se exige un filtraje propio total de 2 mm Al.
- 23) Se dará comienzo al exámen fluoroscópico sólo después de una completa adaptación a la oscuridad (15 min. ; después de largo uso de anteojos de adaptación, 5 min.). En caso contrario se prolonga el tiempo, se aumenta la carga de rayos y se dificulta el diagnóstico.
- 24) Reduzcase la duración de la fluoroscopia todo lo posible. Desconectese durante las pausas de observación.
- 25) Hagase la diafragmación lo más estrecha posible. El haz de rayos en ningún caso habrá de ser más amplio que el tamaño del cristal plomífero de la pantalla fluorecente.
- 26) Al efectuar la fluoroscopia no debe pasar ninguna radiación directa al lado de la pantalla fluorecente, ni tampoco por debajo o por encima de ella (una pantalla fluorecente no acoplada con el tubo y una fluoroscopia sin diafragma variable son inadmisibles).
- 27) Atención a la protección antirayos del observador (este no deberá estar desprovisto de indumentaria protectora). La radiación secundaria abunda de modo particular al lado del paciente.
- 28) Límtese en lo posible la actividad junto al paciente. No se le entregue la papilla de contraste o cosas análogas sin tener puesta la indumentaria de protección.
- 29) Al efectuar fluoroscopias con el tubo por debajo de la mesa, téngase siempre puesta la indumentaria de protección (también es necesario proteger las piernas contra los rayos).

- 30) La palpación se realizará siempre con guantes o manoplas ( sólo en contados casos, a la sombra del paciente y en un campo lo más reducido posible).
- 31) El peligro de radiaciones incontrolables es grande durante las fluoroscopias de control en las operaciones; éstas sólo son admisibles excepcionalmente ( en casos de indicación especial). El peligro se reduce mediante filtros adicionales de 2 mm de aluminio.

## II.5 PRECAUCIONES Y ESTANDARES QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS

### Precauciones

Un aparato de rayos X representa una inversión monetaria importante, por eso debe mantenerse en un estado de eficacia y rendimiento óptimo.

La presencia de biombos, mandiles o delantales plomados, guantes, filtros, conos, etc. son aditamentos obligados en un gabinete de radiología, así como la instalación de equipos con la debida protección y en locales que reúnan las condiciones adecuadas de amplitud, ventilación y revestimiento de protección.

Deberá protegerse el tablero de la mesa, evitando los arañazos o la acumulación de polvo, mediante una plancha de algodón, salvo cuando haya que practicar una radiografía del cráneo o de sus senos. Aplíquese un lustrador de muebles de buena calidad, sin cera, para mantener el tablero bien pulido. Cuando se haya derramado sangre, grasa u otro material en el mismo, lávese las manchas con agua tibia y jabón verde. Séquese cuidadosamente el área afectada y luego complétese la limpieza con otro desinfectante tal como el alcohol al 70%. Se secará de nuevo y se aplicará el lustrador anotado.

El revestimiento del tubo, los costados y los cabezales del tablero, y las diversas partes del panel de mandos, se limpiarán diariamente con una bayeta humedecida en lustrador. Deberá revisarse todos los meses el sistema de contrapesos de la pantalla y el tubo fluoroscópico, así como del diafragma de Potter-Bucky, cualquier alambre "pelado", o rotura observada en los cables de suspensión. El soporte del tubo y otras partes del equipo, que suelen ser cromadas y brillantes, se les aplicará pulidor apropiado para evitar que se oxiden y en cuanto a los carriles de soporte del tubo deberán mantenerse libres de polvo y pelusa.

Cualquier resto de papilla de bario que se haya derramado será eliminado tan pronto se hubiere retirado el enfermo. Si la pintura del revestimiento de algunas partes se ha resecaado y arrugado, aplíquese un paño con agua templada para limpiar la superficie, luego frótese con un cepillo de cerda o de terciopelo no muy áspero, y séquese por último con una gamuza.

Algunos aparatos radiográficos necesitan de "calentamiento" previo a su uso. Dejando transcurrir este lapso preparatorio se asegura una mayor calidad en las radiografías.

El interruptor de seguridad para cortar la corriente general, que suele estar instalado en la pared, será dejado abierto al término de la sesión de trabajo.

A medida que el aceite se calienta, éste se expande y comprime los fuelles y, cuando se ha alcanzado el límite de seguridad, se corta un interruptor en la toma de corriente, para desconectar el suministro eléctrico al tubo. Para que no haya gas dentro de la protección; que durante el montaje, se evacua primero completamente antes de introducir el aceite.

Las pantallas intensificadoras de imagen, son elementos que disminuyen notablemente la cantidad de radiación.

Los equipos modernos disponen además de numerosos sistemas de seguridad: válvulas que interrumpen el paso de la corriente en el tubo si se corta el flujo de agua de refrigeración del ánodo, o bien la temperatura de ésta alcanza un valor suficientemente alto como para arriesgar su integridad. Sistemas que automáticamente cortan la alta tensión si descuidadamente se pretende manipular los circuitos del equipo; obturadores que interrumpen el paso de los rayos X al interior si se retira una cámara de su posición frente a la ventana del tubo. Sistemas de relojería que controlan los tiempos de exposición, etc.

#### **Técnicas de protección**

La fuente principal de exposición de radiación a los radiólogos ocurre durante la fluoroscopia y la radiografía portatil, por lo cual ninguna precaución o cuidado es excesivo durante esta situación.

Existen diversos tipos de procesos de protección, los cuales son muy confiables.

- Barreras de protección
- Máximas dosis permitidas
- Distancias

- Carga de trabajo
- Factor de uso
- Factor de ocupación, etc.

La tabla siguiente muestra el grado de protección suministrado por los delantales forrados con cierto espesor de plomo(Pb), el delantal 0.5 mm Pb es el más adecuado para trabajar, dado que el de 1.0 mm Pb es pesado para el empleado que tiene un horario completo.

**Valores de atenuación para rayos X  
Espeor común al plomo (Pb) y a los delantales de protección**

Espesor (mm Pb)	Porcentaje de atenuación de radiación		
	50 kv	75 kv	100 kv
0.25	97	66	51
0.5	99	88	75
1.0	99	99	94

La siguiente tabla muestra el sistema inglés, decimal (o métrico) y la equivalencia en construcción del espesor de plomo empleado para la radiología. Es raro que se exceda cualquier depósito de libra por pie cuadrado.

**Diagnósticos empleando un espesor común de plomo para el sistema inglés,  
métrico y equivalencias en construcción**

Inglés (pulgadas)	Métrico (mm)	Construcción (Libras por pie cuadrado)
1/64	0.4	1
1/32	0.8	2
3/64	1.2	3
1/16	1.6	4
5/64	2.0	5
3/32	2.4	6

**REQUERIMIENTOS TÍPICOS DE PROTECCIÓN**  
**Ajustado para un máximo de dosis permitida de 0.1 r/semana**

Potencia del tubo kv	mA-min % semana	Barrera primaria				Barrera secundaria			
		Plomo(mm)		Concreto(in)		Plomo(mm)		Concreto(in)	
		8ft	15ft	8ft	15ft	8ft	15ft	8ft	15ft
<b>Instalación Fluoroscópica</b>									
100	4000					0.6	0.3	2.1	1.1
125	4000					0.9	0.5	2.7	1.3
150	4000					1.1	0.7	3.5	2.2
<b>Instalación Radiográfica</b>									
100	1000	1.6	1.2	5.0	3.8	0.2	0.1	0.9	0.4
125	400	1.6	1.2	5.2	3.9	0.3	0	0.6	0
150	200	1.7	1.2	5.7	4.1	0	0	0	0
<b>Instalación Dental</b>									
70	800	0.8	0.5	2.5	1.7	0.2	0	0.3	0
100	800	1.5	1.1	4.7	3.4	0.3	0	0.6	0
<b>Instalación Fluorigráfica</b>									
100	2000	1.8	1.4	5.6	4.4	0.4	0.2	1.2	0.7
150	1000	2.2	1.7	7.6	6.1	0.5	0.2	1.9	0.3
<b>Instalación de Terapia</b>									
150	4000	2.8	2.2	9.4	7.8	1.4	0.9	4.0	2.4
200	40,000	5.8	4.9	15.5	13.7	3.5	2.6	8.5	6.4
250	40,000	10.3	8.5	17.8	15.7	5.6	4.2	10.0	7.8
300	40,000	19.5	16.0	20.1	17.8	10.3	7.8	11.1	9.0
1000	4000	127	113	32.0	28.5	41	30	13.7	11.7
2000	4000	244	222	52.0	46.7	74	53	22.5	18.3
Co60	80,000	210	185	44	39.5	22	15	13	10
	r/sem. a un mes								
Cs137	1200	70	60	23	20	4	2	6	3.5
	r/sem. a un mes								

ft = pie (medida inglesa), representa el área cubierta por el material.

### Estándares

**Estándar (o Standar):** Palabra inglesa; norma, pauta, patrón, modelo, ley, regla fija. Norma que fijan el Estado o las Asociaciones profesionales para reducir a un tipo o modelo cualquier artículo o construcción: trajes, habitaciones etc.

**Standardizar:** dar aun objeto la forma y las dimensiones de un patrón o modelo, uniformar. Dentro de las características que deben cumplir los equipos de rayos X son: contar con una mesa radiológica, un sistema de regulación y un sistema adecuado de alimentación.

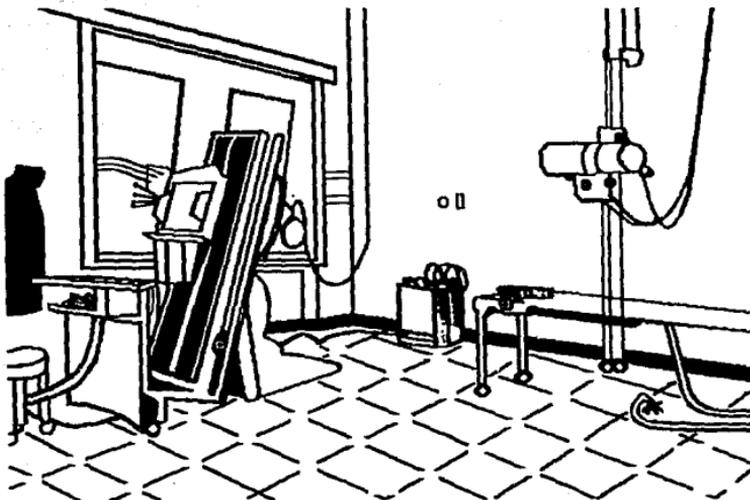
Todos los fabricantes de equipo han lanzado aparatos más perfeccionados, dotándolos de accesorios indispensables a las necesidades del explorador. A pesar del progreso alcanzado no existe una mesa universal verdaderamente práctica que permita todas las innumerables exploraciones radiológicas exigidas en las diversas ramas de la medicina. Los aparatos tienen dos puestos de trabajo: el quirúrgico, que consta de una mesa horizontal fija, provista de antifusor deslizante y una columna vertical montada sobre rieles que actúa de soporte para el tubo; y un segundo puesto de trabajo, constituido por una mesa vertical basculante, o clinoscopio, con tubo propio o a la que puede adaptarse a voluntad el del soporte del puesto quirúrgico.

La mesa radiológica horizontal está destinada esencialmente a las exploraciones del sistema esquelético en general. El clinoscopio está ideado para la práctica de radioscopias y radiografías de tórax y aparato digestivo en todas las posiciones. (ver Fig. II.5.1)

Algunos equipos existentes en el mercado se listan a continuación de acuerdo a su utilización:

#### Empleados para radiodiagnóstico:

- Flouradex D. Westinghouse
- Equipo Muller
- Flourex Westinghouse



*Fig. II.5.1 Instalación de dos puestos de trabajo: a la izquierda, clinoscopio y a la derecha el puesto quirúrgico.*

**Empleados para Planigrafía:**

- Tomógrafo horizontal Philips
- Aparato Polytome Massiot
- Planigrafo Universal Siemens
- Planigrafo Transversal Siemens

**Empleos específicos:**

- Seriografo Hofmann
- Aparato de irradiación convergente Siemens
- Aparato de radioterapia pendular Kohler Siemens
- Aparato para tratamiento superficial Siemens
- Aparato para tratamiento profundo Siemens
- Equipos para tratamiento proximal e irradiación ginecológica Siemens
- Aparato de telecobaltoterapia Soler Roig

Para los estándares en los equipos de rayos X, se hace incapié que se trata de promedios generales y no específicos pues hay que tomar en consideración que varían con las características de los equipos, el manejo de los mismos y la protección que se utilice.

Esta labor de tomar mediciones para cada equipo en particular se basa en que existen múltiples factores (condiciones del tubo de emanación, línea de alimentación, variantes de la misma, tipo de equipo, etc.) que dan lugar a variaciones del haz de radiación.

De una manera general las condiciones principales a las cuales está ligada la cantidad de radiación que recibe un paciente son: kilovoltaje, miliamperaje, tiempo de exposición, distancia y espesor del filtro en la ventana de radiación.

Por ello es necesario que los equipos cumplan los estándares establecidos en cada una de las técnicas de protección.

**Barreras de protección**

Durante radiografías convencionales el encargado se colocara detras de la barrera fija o atrás de la cabina de control, en ocasiones se emplean pantallas móviles. Algunas barreras protectoras contienen cierto espesor de plomo, pero no en toda su área. Los equipos de rayos

X nuevos, son más rápidos para recibir la imagen lo que significa reducir la intensidad de radiación durante el proceso de exposición. Por lo tanto la cantidad de escudos requeridos hoy en día no son como los de años pasados.

Una barrera primaria es cualquiera que sea capaz de interrumpir el haz de los rayos X. Una barrera secundaria es aquella que intercepta sólo la salida y dispersión de la radiación. El piso y las paredes que rodean a un cuarto se consideran barreras primarias, mientras que el techo se considera barrera secundaria. Las barreras fijas y la cabina de control durante la fluoroscopia se consideran barreras secundarias, porque se diseñó una fortaleza empotrada para intensificar la imagen la cual es la primer barrera. (ver Fig. II.5.2)

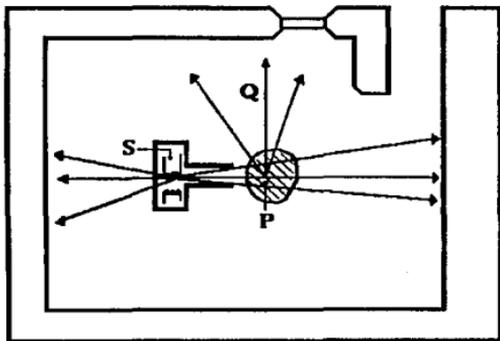


Fig. II.5.2 El diagrama presenta como debe estar diseñado un cuarto para proteger al personal del rayo primario, radiación dispersa y la que se escapa.

P = Emisión principal.

Q = Dispersión de la radiación.

S = Pérdida de la radiación.

**Máximas dosis permitidas**

Las dosis máximas posibles (MPD), expresan la intensidad semanal determinada para cada área a ser protegida en base a su uso o utilización. Por ejemplo: el cuarto obscuro, es sólo para pacientes y trabajadores del mismo, y se le denomina área controlada, el MPD determinado es 0.1 rad/semana; mientras que a laboratorios, oficinas o área ocupadas por público en general se llaman áreas de desenfreno, y el MPD establecido es 0.001 rad/semana.

**Tabla de dosis permisibles en pediatría**

La tabla que a continuación se presenta, se elaboró sobre mediciones verificadas con el equipo Victoreen del tipo Beckman; se tomaron técnicas de exposición a diferentes horas y en distintos días, siendo las cifras de tipo promedio ya que se contaron oscilaciones en más o menos 20 miliroentgen por exposición.

Kilovoltaje	Miliamperaje	Tiempo	Distancia	Filtro	Miliroentgens
80	300	1/30	92 cms.	2 Al.	= = a 80
"	"	1/20	" "	" "	" " 80
"	"	1/10	" "	" "	" " 140
"	200	1/30	" "	" "	" " 50
"	"	1/20	" "	" "	" " 60
"	"	1/10	" "	" "	" " 130
70	300	1/30	" "	" "	" " 40
"	"	1/20	" "	" "	" " 40
"	"	1/10	" "	" "	" " 100
"	200	1/30	" "	" "	" " 25
"	"	1/20	" "	" "	" " 40
"	"	1/10	" "	" "	" " 90
60	"	1/30	" "	" "	" " 25
"	"	1/20	" "	" "	" " 30
"	"	1/10	" "	" "	" " 70
50	"	1/30	" "	" "	" " 15
"	"	1/20	" "	" "	" " 15
"	"	1/10	" "	" "	" " 35
45	"	1/30	" "	" "	" " 10
45 a 55	300	1/30	" "	" "	" " 5 a 8

Kilovoltaje y miliamperaje iguales, pero con tiempos de exposición más prolongados aumentan la radiación dispersa.

Para evitar la innecesaria volatización a partir del filamento catódico, siempre conviene abrir el circuito cuando no se encuentre en funcionamiento el aparato, es decir, entre paciente y paciente, o entre exposición y exposición en un mismo paciente, con excepción de algunos procedimientos radiográficos especiales.

### **Distancias**

La distancia del tubo de rayos X a el área a ser protegida es importante, debido a que a mayor distancia menor intensidad de radiación; ésta es una barrera primaria si es mayor a 3 pies y secundaria si los cuartos son amplios y por lo tanto los escudos protectores son menores.

### **Carga de trabajo**

La carga de trabajo es una expresión del total de la intensidad de radiación empleada durante una semana, sus unidades se describen en miliamperios-minutos por semana (mA-min/wk), y toma en cuenta el número de pacientes examinados, el número de proyecciones por paciente, y el promedio mAs por proyección. En raras ocasiones la carga de trabajo del cuarto de radiografías excede en 1,000 mA-min/wk, a menos que sean especiales. Además se requiere un escudo menor si la carga de trabajo es menor y es más fácil laborar en él.

### **Factor de uso**

Bajo condiciones normales, durante mayor sea el tiempo en que se genera la radiografía del objetivo, el tubo se tendrá que energizar. Durante alguna fracción de tiempo puede pasar el haz cualquier barrera vertical. La fracción o porcentaje de una barrera energizada es un factor de uso. Al piso se le asigna generalmente un factor de uso de 1, mientras que a las paredes de 1/4 y a las barreras secundarias de 1, dado que durante un tiempo el tubo está energizado y puede salir o dispersarse las radiaciones generadas.

**Valores Medios**  
**Cortesía del Departamento Nacional de Standares (E.U.A)**

Material Atenuante	Potencia del tubo kv										
	50	70	100	125	150	200	250	300	400	1000	2000
Plomo(mm)	0.05	0.18	0.24	0.27	0.3	0.5	0.8	1.5	2.2	8.0	12.0
Concreto(in)	0.5	1.3	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	4.6	6.2

**Factor de ocupación**

El factor de ocupación es una expresión la cual determina el área ocupada que está protegida. El área que siempre estará protegida es la que más se utiliza. Se recomiendan rangos diferentes de los factores de ocupación para cada sitio, como son: laboratorios, oficinas, pasillos o corredores etc.

**Factores de Ocupación**  
**Cortesía del Departamento Nacional de Standares (E.U.A)**

**Siempre ocupado**

- T = 1 En áreas de control, pabellón, oficina o cuarto de trabajo, cuarto oscuro, corredores y espacios bastante largos de espera que tienen recepción, cuartos de descanso usados por el personal de radiología, áreas de juegos, cuartos ocupados en casas adyacentes.

**Parcialmente ocupado**

- T = 1/4 En corredores del departamento de rayos X, también para espacios estrechos que serán recepciones, cuartos de descanso no utilizados por el personal de radiología, estacionamientos alejados, cuartos de servicio.

**Ocasionalmente ocupado**

- T = 1/16 En escaleras, elevadores automáticos, calles, armarios, también para futuros cuartos de trabajo pequeños, baños o lavabos no usados por el personal de radiología.

Estos factores están tomados dentro de ciertas consideraciones cuando lo requieren las barreras de protección para calcular su espesor. Aunque el plomo es el material más utilizado como escudo para aplicaciones de rayos X, existen otros tipos de materiales que pueden ser aceptables: arcilla, ladrillo, bloques de concreto, tabla yeso, vajillas de cristal convencional en ocasiones, etc. En algunos casos se utiliza la tabla yeso en lugar de forro de plomo o madera comprimida; vajillas de cristal de 1/2 a 1 pulgada de espesor en lugar de vidrio plomado para la cabina de control. Bloques de ladrillo o concreto serán requeridos como barrera primaria; para el piso usualmente se emplea a 4 pulgadas; para la losa es más delgada y en ocasiones se permite incluir como protección adicional una capa de plomo abajo de la tabla de examinación.

#### Valores medios de rayos X heterogéneos irradiados en Plomo

Acelerador	Tipo de máquina	Energía Pico (MV)	Medido HVL (cm)	Calculado HVL (cm)
Varian Clinac-18	Lineal acelerador	10	1.35	1.21
Siemens 19-MeV	Betatron	19	1.30	1.23
Sagittairea 25-MeV	Lineal acelerador	22	1.34	1.21
Varian Clinac-35	Lineal acelerador	25	1.34	1.18
BBC, 45 MeV Asklepitron	Betatron	33	1.18	1.16
BBC, 45 MeV Asklepitron	Betatron	45	1.16	1.12

## Picos nominales de energía y los correspondientes parámetros de energía\*

Máquina	Tipo	$\hat{E}_{\max}$ (MeV)	$\hat{E}_{\text{mea}}$ (MeV)	$\hat{E}_{\text{cal}}$ (MeV)	$\hat{E}_{\text{eff}}$ (MeV)	$0.425\hat{E}_{\max}$ (MeV)	$0.33\hat{E}_{\max}$ (MeV)
Trick-target acelerador	Lineal	6	---	---	1.9	2.55	1.98
Mevatron 8 8-MeV	Lineal acelerador	8.5	2.3	2.4	---	3.61	2.80
Varian Clinac-18	Lineal acelerador	10	---	---	3.44 <sup>a</sup>	4.25	3.33
Siemens 19-MeV	Lineal	19	9.3	10.6	7.8 <sup>b</sup>	8.1	---
Sagittaire 25-MeV	Lineal acelerador	26.8	9.9	9.0 <sup>c</sup> 11.1	8.1 <sup>b</sup>	11.4	8.8
BBC, 45 Mev Asklepitrón	Betatron	33	---	---	11.9 <sup>b</sup>	14.1	---
BBC, 45 MeV Asklepitrón	Betatron	45	---	---	12.6 <sup>b</sup>	19.1	---

\*  $\hat{E}_{\max}$ : energía pico nominal;  $\hat{E}_{\text{mea}}$ : energía definida del peso medido;  $\hat{E}_{\text{cal}}$ : cálculo de la energía destinado por el peso en base al espectro del objeto delgado;  $\hat{E}_{\text{eff}}$ : energía eficiencia destinada;  $\hat{E}_{\max}$ : energía máxima.

<sup>a</sup> Valor medio medidos en capas de agua.

<sup>b</sup> Valor medio medidos en capas de plomo.

<sup>c</sup> Cálculos basados en la teoría de trick-target.

## Características físicas de la activación del blanco

Marco de activación	Densidad (mm)	Masa aproximada(g)	Pureza química(%)	Peso atómico(%)	Abundancia isotópica(%)
C12	2.5	1.18	99,9	12.01115	98.892
Fe54	0.25	1.51	99,995	55.847	5.84
Ni58	0.25	1.60	99,998	58.71	67.76
Co59	0.25	1.44	99,7	58.9332	100.0
Cu65	0.25	1.49	99,999	63.54	30.95
Y89	0.25	0.97	99,9	88.905	100.0
Zr90	0.25	0.47	99,98	91.22	51.46
Nb93	0.25	1.45	99,8	92.906	100.0
In115	0.25	1.30	99,999	114.82	95.67
Au197	0.127	0.86	---	196.967	100.0

## Apropiada respuesta fotonuclear para la medición del espectro de rayos X

Reacción fotonuclear	Principio de la energía (MeV)	Periodo medio T (por min.)	Constante de desintegración	Energía de rayos X (KeV)	Fotones/decada
C12(y,n)C11	18.7	20.43 min.	$3.3158 \times 10^{-2}$	511.0	2.0 ± 0.001
Fe54(y,n)Fe53	13.4	8.51 min.	$8.1451 \times 10^{-2}$	511.0	1.96 ± 0.04
Ni58(y,n)Ni57	12.2	36.0 hr.	$3.2090 \times 10^{-4}$	511.0	0.934 ± 0.02
				1370.0	0.86 ± 0.01
Co59(y,n)Co58	10.5	71.3 dfa.	$6.5558 \times 10^{-6}$	810.6	0.9947 ± 0.01
Cu65(y,n)Cu64	9.9	12.75 hr.	$8.7987 \times 10^{-4}$	511.0	0.38 ± 0.004
Y89(y,n)Y88	11.5	108.1 dfa.	$4.3281 \times 10^{-6}$	898.2	0.915 ± 0.01
Y89(y,2n)Y87	20.8	80 hr.	$1.4023 \times 10^{-4}$	388.4	1.000 ± 0.002
				483.5	0.9970 ± 0.002
Zr90(y,n)Zr89	12.0	78.4 hr.	$1.4309 \times 10^{-4}$	910.0	1.0 ± 0.005
Nb93(y,n)Nb92m	8.8	10.16 dfa.	$4.7377 \times 10^{-5}$	934.0	0.991 ± 0.01
In115(y,γ)In115m	1.0	4.48 hr.	$2.5787 \times 10^{-3}$	335.0	0.475 ± 0.005
In115(y,n)In114m	9.0	50.0 dfa.	$9.3486 \times 10^{-6}$	191.6	0.164 ± 0.005
In115(y,2n)In113m	18.3	99.8 min.	$6.9315 \times 10^{-3}$	393.0	0.64 ± 0.01
Au197(y,n)Au196	8.1	6.18 dfa.	$7.5636 \times 10^{-5}$	333.0	0.07 ± 0.0007
				355.7	0.67 ± 0.0067
				426.0	0.26 ± 0.0026

## "DISEÑO DEL PROTOTIPO ELECTRICO"

### III.1 DISEÑO DE LAS ETAPAS DE SUMINISTRO DE ENERGIA AL SISTEMA, ACONDICIONAMIENTO DEL VOLTAJE Y CORRIENTE (ALTO VOLTAJE 150 KV)

#### III.1.1 Transformadores

##### Descripción

El transformador acopla inductivamente circuitos eléctricos distintos permitiendo el intercambio de energía a diferentes niveles de voltaje o entre formas distintas de conexión.

Los voltajes de generación están entre 480 y 15,000 volts generalmente y son, por lo tanto, muy pocas las instalaciones que no requieren transformación: casi todo circuito industrial incluye transformadores y sufre los efectos de la intercalación de inductancias no lineales.

Los transformadores se clasifican en:

- a) **Potencia:** los de más de 500 kVA o más de 69 kv.
- b) **Distribución:** los que no pasan de 500 kVA y de 69 kv.

Dentro de la última clasificación, conviene distinguir un tercer grupo:

- c) **Utilización:** los de 200 kVA o menos y 15 kv o menos.

La especificación de un transformador consiste de los siguientes datos fundamentales:

- 1) Número de fases.
- 2) Capacidad en kVA.
- 3) Frecuencia.

- 4) Voltaje y nivel de aislamiento de cada circuito.
- 5) Conexión interna o externa de cada devanado.
- 6) Elevación de temperatura.
- 7) Altura de operación.
- 8) Medio aislante.
- 9) Método de refrigeración.
- 10) Características eléctricas.
- 11) Características mecánicas.
- 12) Dimensiones y peso límites.
- 13) Equipo complementario.

La selección de un transformador es la determinación de las características enumeradas arriba.

#### Nivel Básico de Aislamiento de Transformadores

Tensión del sistema (kv)	(Bil) de Transformador (kv)	
	Aislamiento pleno	Aislamiento reducido en una clase
115	550	450
138	650	550
161	750	650
230	1050	900
287	1300	1050
345	1550	1300

Los niveles de la columna 2 son los que deben usarse a menos que estudios especiales demuestren que niveles de aislamiento menores pueden ser protegidos adecuadamente contra voltajes de impulso.

En puntos del sistema en donde pararrayos de 80% pueden ser aplicados próximos al transformador, pueden obtenerse considerables economías reduciendo el nivel básico de aislamiento de los transformadores en una clase de acuerdo con la columna 3 de la tabla.

#### Impedancia Nominal de Transformadores

Clase de voltaje kv	Impedancia %
15	4.5 -- 7
25	5.5 -- 8
34.5	6 -- 8
46	6.9 -- 9
69	7 -- 10
92	7.5 -- 10.5
115	8 -- 12
138	8.5 -- 13
161	9 -- 14
196	10 -- 15
220	11 -- 16

#### Polaridad de los transformadores

La polaridad de los transformadores indica el sentido relativo instantáneo del flujo de corriente en las terminales de alta tensión con respecto a la dirección del flujo de corriente en las terminales de baja tensión.

La polaridad de un transformador de distribución monofásico puede ser aditiva o subtractiva. Una simple prueba para determinar la polaridad de un transformador es conectar dos bornes adyacentes de los devanados de alta y baja tensión y aplicar un voltaje reducido a cualquiera de los devanados.

La polaridad es aditiva si el voltaje medio entre los otros dos bornes de los devanados es mayor que el voltaje del devanado de alta tensión (Fig. A).

La polaridad es subtractiva si el voltaje medido entre los otros dos bornes de los devanados es menor que el voltaje del devanado de alta tensión (Fig B).

De acuerdo con las normas industriales, todos los transformadores de distribución monofásicos de hasta 200 kVA con voltajes en el lado de alta de hasta 8660 volts (voltaje del devanado) tiene polaridad aditiva. Todos los demás transformadores monofásicos tienen polaridad subtractiva.

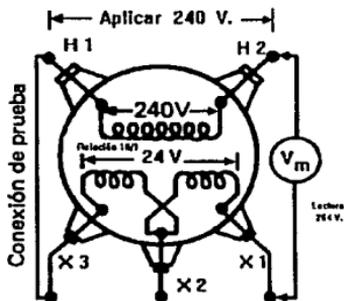


Fig. A. Polaridad aditiva

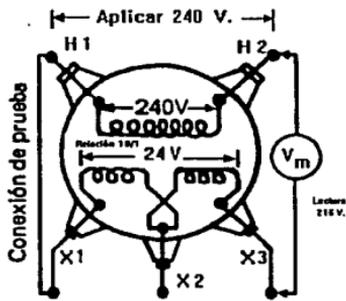


Fig. B. Polaridad Subtractiva

Fig. III.1.1 Polaridad de los transformadores

**Designación de las terminales de transformadores trifásicos y monofásicos**

De acuerdo con las normas industriales, la terminal de alta tensión marcado H1, es el de la derecha, visto el transformador desde el lado de alta tensión y las demás terminales "H" siguen un orden numérico de derecha a izquierda. La terminal Ho de los transformadores trifásicos, si existe, está situado a la derecha del H1, visto el transformador desde el lado de alta tensión.

En los transformadores monofásicos la terminal de baja tensión X1, está situado a la derecha, visto el transformador desde el lado de baja tensión, si el transformador es de polaridad aditiva (X1 queda diagonalmente opuesto a H1), o a la izquierda si el transformador es de polaridad subtractiva (H1 y X1 son adyacentes).

En los transformadores trifásicos, la terminal X1 queda a la izquierda, visto el transformador desde el lado de baja tensión. Las terminales X1 y X3 están situados para que las tres terminales queden en orden numérico de izquierda a derecha. La terminal X0, si existe, está situado a la izquierda de la terminal X1.

**DISEÑO DEL TRANSFORMADOR****ESPECIFICACIONES:**

- (1)  $V_{in}$  = 120 [V]
- (2)  $I_{out}$  = 2[A]
- (3) F = 60[Hz]
- (4)  $\alpha$  = 2[%]
- (5) Señal Senoidal
- (6)  $V_{out}$  = 50,60,70,80,90 [V]

**PASO I Cálculo de la potencia de salida**

$$P_o = (V) \cdot (I)$$

$$P_{o1} = (50) \cdot (2) = 100 \text{ [W]}$$

$$P_{o2} = (60) \cdot (2) = 120 \text{ [W]}$$

$$P_{o3} = (70) \cdot (2) = 140 \text{ [W]}$$

$$P_{o4} = (80) \cdot (2) = 160 \text{ [W]}$$

$$P_{o5} = (90) \cdot (2) = 180 \text{ [W]}$$

**PASO II Cálculo de las condiciones eléctricas**

$$K_e = (0.145) \cdot (K)^2 \cdot (F)^2 \cdot (B_m) \cdot (0.0001)$$

$$K = 4.44$$

$$B_m = 1.2 \text{ [TESLA]}$$

$$F = 60 \text{ [Hz]}$$

$$K_e = (0.145) \cdot (4.44)^2 \cdot (60)^2 \cdot (1.2)^2 \cdot (0.0001)$$

$$K_e = 1.48$$

**PASO III Cálculo del centro geométrico**

$$K_g = (P_o) / (K_e) \cdot (\alpha)$$

$$K_{g1} = (100) / (1.48) \cdot (2) = 34$$

$$K_{g2} = (120) / (1.48) \cdot (2) = 41$$

$$K_{g3} = (140) / (1.48) \cdot (2) = 47$$

$$K_{g4} = (160) / (1.48) \cdot (2) = 54$$

$$K_{g5} = (180) / (1.48) \cdot (2) = 61$$

**PASO IV Selección del laminado en la TABLA 7.B-2 con el valor más cercano de  $K_g$** **NOTA:**

Para efectos del cálculo consideraremos el caso representativo  $K_g 5 = 61$

$$EI-175 \text{ con } K_g = 75.9$$

**PASO V Cálculo del devanado primario de acuerdo a la Ley de Faraday**

$$N = (E_p) \cdot (10000) / (4.44) \cdot (A_c) \cdot (B_m) \cdot (F)$$

de la TABLA 7.B-2 tenemos el valor de  $A_c = 17.8 \text{ [cm}^2\text{]}$

$$N = (120) \cdot (10000) / (4.44) \cdot (17.8) \cdot (1.2) \cdot (60)$$

$$N_p = 211 \text{ [vueltas]}$$

**PASO VI Cálculo de la área efectiva de la ventana  $W_a(\text{eff})$** 

$$W_a(\text{eff}) = (W_a) \cdot (S_3)$$

Un valor típico de  $S_3$  es 0.75 y buscando el valor de  $W_a$  en la TABLA 7.B-2 tenemos que  $W_a = 14.8$

$$W_a(\text{eff}) = (14.8) \cdot (0.75)$$

$$W_a(\text{eff}) = 11.1 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO VII Área del devanado primario**

Área del devanado primario = Área del devanado secundario

$$\text{Área del devanado primario} = W_a(\text{eff})/2$$

$$\text{Área del devanado primario} = 11.1/2$$

$$\text{Área del devanado primario} = 5.55 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO VIII Cálculo del área del cable  $A_w$  utilizando el factor  $S_2 = 0.6$** 

$$A_w = W_a(\text{pri}) \cdot (S_2) / N_p$$

$$A_w = (5.55) \cdot (0.6) / 211$$

$$A_w = 0.01578 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO IX Con el valor de  $A_w$  se busca en la TABLA 6-1 el valor (AWG)**

AWG - 15 para un valor próximo de  $W_a = 0.01837 \text{ [cm}^2\text{]}$

**PASO X Cálculo de la resistencia del devanado primario utilizando la TABLA 6-1 y la TABLA 7.B-2 para el valor de MTL**

$$R_p = (\text{MTL}) \cdot (N_p) \cdot (\text{columna C}) \cdot (0.000001)$$

$$\text{MTL} = 24.7 \text{ [cm]}$$

$$\text{columna C} = 104.3$$

$$R_p = (24.7) \cdot (211) \cdot (104.3) \cdot (0.000001)$$

$$R_p = 1/2 \text{ [}\Omega\text{]}$$

**PASO XI Cálculo de las pérdidas de cobre en el primario Pcu**

$$I_p = (P_o)/E_p$$

$$I_{p1} = (100)/120 = 0.83 \text{ [A]}$$

$$I_{p2} = (120)/120 = 1.00 \text{ [A]}$$

$$I_{p3} = (140)/120 = 1.16 \text{ [A]}$$

$$I_{p4} = (160)/120 = 1.33 \text{ [A]}$$

$$(180)/120 = 1.5 \text{ [A]}$$

$$P_{cu} = (I_p^2) \cdot (R_p)$$

$$P_{cu1} = (0.83)^2 \cdot (1/2) = 0.34 \text{ [W]}$$

$$P_{cu2} = (1)^2 \cdot (1/2) = 0.5 \text{ [W]}$$

$$P_{cu3} = (1.16)^2 \cdot (1/2) = 0.67 \text{ [W]}$$

$$P_{cu4} = (1.33)^2 \cdot (1/2) = 0.88 \text{ [W]}$$

$$P_{cu5} = (1.5)^2 \cdot (1/2) = 1.13 \text{ [W]}$$

**PASO XII Cálculo del número de vueltas del secundario**

$$N_s = (N_p) \cdot (E_s)/(E_p)$$

$$N_{s1} = (211) \cdot (50)/120 = 88 \text{ [vueltas]}$$

$$N_{s2} = (211) \cdot (60)/120 = 106 \text{ [vueltas]}$$

$$N_{s3} = (211) \cdot (70)/120 = 123 \text{ [vueltas]}$$

$$N_{s4} = (211) \cdot (80)/120 = 141 \text{ [vueltas]}$$

$$N_{s5} = (211) \cdot (90)/120 = 158 \text{ [vueltas]}$$

**PASO XIII Cálculo del área del cable  $A_w$  utilizando el factor  $S_2 = 0.6$** 

$$A_w = W_{a(sec)} \cdot (S_2)/N_s$$

$$A_w = (5.55) \cdot (0.6)/(158)$$

$$A_w = 0.0211 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO XIV Con el valor de  $A_w$  se busca en la TABLA 6-1 el valor de (AWG)**

$$\text{AWG No. 14 para } A_w = 0.0208 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO XV Cálculo de la resistencia del devanado secundario utilizando la TABLA 6-1 para la columna C y la TABLA 7.B-1 para MLT**

$$RS = (MTL) \cdot (N) \cdot (\text{columna C}) \cdot (0.000001)$$

$$RS = (24.7) \cdot (158) \cdot (82.8) \cdot (0.000001)$$

$$RS = 0.323 [\Omega]$$

**PASO XVI Cálculo de las pérdidas de cobre P<sub>cu</sub>**

$$P_{cu} = (I_s)^2 \cdot (R_s)$$

$$P_{cu} = (2)^2 \cdot (0.323)$$

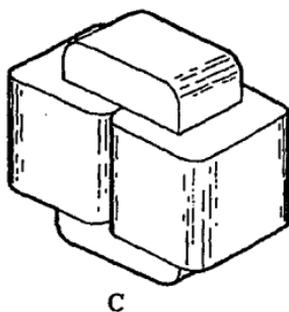
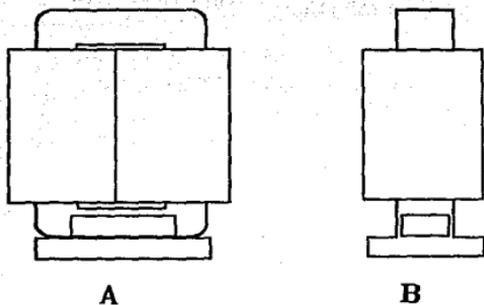
$$P_{cu} = 1.3 [W]$$

**PASO XVII Cálculo de la regulación**

$$\alpha = ((P_p + P_s) / (P_o + (P_p + P_s))) \cdot (100)$$

$$\alpha = ((1.13 + 1.3) / (180 + (1.13 + 1.3))) \cdot (100)$$

$$\alpha = 1.33 [\%]$$



*Fig.III.1.2 Vistas del transformador.*

*A) Frontal*

*B) Lateral*

*C) Isométrica*

### III.2 DISEÑO DE LAS INTERFASES DE OPTOACOPLAMIENTO PARA EL MANEJO DE LAS ETAPAS DE POTENCIA

Los óptoacopladores se utilizan para efectuar una interfase entre los circuitos de entrada y salida. La ventaja principal de un óptoacoplador es el aislamiento eléctrico entre dispositivos. Con un acoplador, el único contacto entre la entrada y la salida es un rayo de luz. Debido a esto, es posible obtener una resistencia de aislamiento entre dos circuitos de varios miles de megohms. Un aislamiento de éste tipo es útil en aplicaciones con altos voltajes, donde los potenciales de los circuitos pueden diferir en varios miles de volts.

#### Teoría Básica Sobre Tiristores

El tiristor es un interruptor electrónico de silicio bloqueado en su sentido de paso, pero que se hace conductor mediante la acción de un electrodo llamado de disparo o (Gate<sup>1</sup>). El tiristor tiene otros dos electrodos: un ánodo y un cátodo.

Símbolo de tiristor con sus tres terminales. El tramo principal está entre ánodo y cátodo. El tramo del gobierno une el gate con el cátodo. (ver Fig. III.2.1)



Fig. III.2.1 Símbolo de un tiristor.

1 Gate: permite el bloqueo, pero no lo restablece nuevamente.

Anteriormente ya existían interruptores electrónicos, que con ayuda del electrodo de mando (starter), conseguía desbloquear el paso de la corriente entre uno de sus sentidos de paso. Los auténticos tiristores fueron: el *exitrón* y el *ignitrón*, ambos dispuestos dentro de un recipiente con ánodo, cátodo de mercurio y electrodo de mando. Este último electrodo permitía la conducción pero no el bloqueo de la corriente (arco lumínico), entre cátodo y ánodo.

Su principal aplicación es la de controlar grandes corrientes de carga en motores, calefactores, sistema de iluminación y otros (en nuestro caso en la generación de rayos X). La palabra "tiristor" proviene del griego y significa <puerta>.

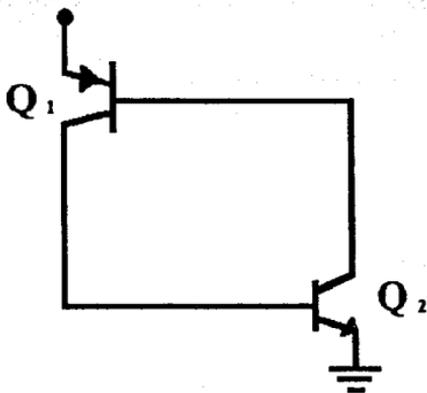
Todos los tiristores pueden explicarse en términos de un candado ideal como se muestra en la figura III.2.2. El transistor superior Q1, es un dispositivo PNP. Como podemos apreciar el colector de Q1 excita la base de Q2, y el del colector Q2 excita la base del colector Q1.

Dada la conexión poco usual entre los componentes del circuito, se obtiene una retroalimentación positiva o regeneración. Un cambio de corriente en cualquier punto del lazo es amplificado y regresa, con la misma fase, al punto de partida.

**Ejemplo:** Si aumenta la corriente en la base de Q2, la corriente del colector Q2 también aumenta. Esto fuerza más corriente de base a través de Q1, más corriente en el colector de Q1, y mayor corriente en la base de Q2. Este aumento de corriente continuará hasta que ambos transistores se saturen. En este caso el candado actuará como un interruptor cerrado.

Si por el contrario, la corriente disminuye en la base del transistor Q2, la corriente del colector Q2 también disminuirá. Consecuentemente esto disminuye la corriente tanto en la base como en el colector del transistor Q1, esto da como consecuencia que los transistores se abran y está regeneración continúa como un interruptor abierto.

La condición con la cual se hace que disminuya la corriente en la base del transistor Q2, es la antes mencionada Gate (disparo), como lo muestra la figura III.2.2:



*Fig. III.2.2 Retroalimentación positiva.*

Otra forma de abrir un candado ideal, consiste en reducir a cero la corriente de carga, lo que obliga a los transistores a salir de saturación y regresar al estado abierto. Para lograr lo anterior es posible abrir la resistencia de carga, o bien, se puede reducir el voltaje de alimentación de  $V_{cc}$  a cero. En cualquier caso el candado será obligado a abrirse. Se denomina caída por baja de corriente a este tipo de apertura porque opera reduciendo a un valor pequeño la corriente de candado.

#### **Característica de Salida del Tiristor**

Estas características hacen referencia al comportamiento del canal de corriente entre el ánodo y el cátodo del tiristor. A este canal de corriente se le designa por tramo principal o tramo de conmutación.

En la figura III.2.3 se muestran las tensiones y corrientes que aquí interesan, como la corriente anódica depende de la tensión ánodo-cátodo. Esta dependencia presenta tres aspectos:

- 1) La característica de paso o conducción,
- 2) Las curvas características de bloqueo en sentido directo para una corriente constante

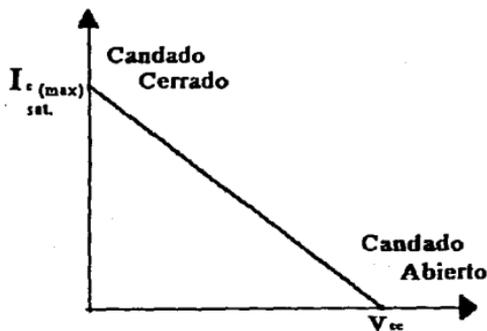


Fig. III.2.3 Representación gráfica de un candado.

Para reactivarlo, el disparo tiene que ser positivo.

del Gate,

- 3) Las curvas características de bloqueo en sentido inverso para una corriente constante de Gate.

El Triac

La palabra triac es una expresión que procede del Inglés (triode alternating current switch). Esto indica que se trata de un interruptor de corriente alterna con tres terminales.

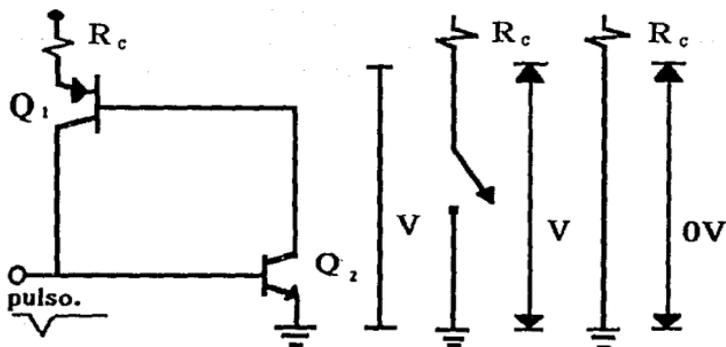


Fig. III.2.4 Retroalimentación positiva y representación de switcheo.

El triac es un tiristor que puede adoptar el estado de conducción en ambos sentidos de corriente.

De forma equivalente a dos candados como lo muestra la figura III.2.3, por tal razón, un triac puede controlar la corriente en cualquier dirección. Usualmente, el voltaje de ruptura es alto, de tal manera que el procedimiento de hacer entrar en conducción a un triac es por medio de un pulso o disparo de polarización. Las hojas de datos proporcionan los valores de voltaje o corriente necesario para hacer conducir al triac, como lo muestra la siguiente figura III.2.4.

#### Características de Salida del Triac

En el triac, las características de salida reflejan el comportamiento de la tensión entre las terminales 1 y 2 en relación con la corriente que corre el tramo entre terminal 1 y 2. En las

características de salida aparece también la corriente del Gate debido a la influencia que tiene sobre las características de bloqueo: a cada valor de la corriente de Gate corresponde un par de líneas características de bloqueo. La diferencia sustancial entre el comportamiento de un triac y un tiristor estriba en que en el caso de un triac no hay ningún sentido de bloqueo inverso. En el triac el estado de conducción se presenta para ambos sentidos de la corriente.

En este sentido es curioso hacer constar cómo la corriente y tensión del tramo de Gate, pueden tener el mismo signo para los dos sentidos de la corriente.

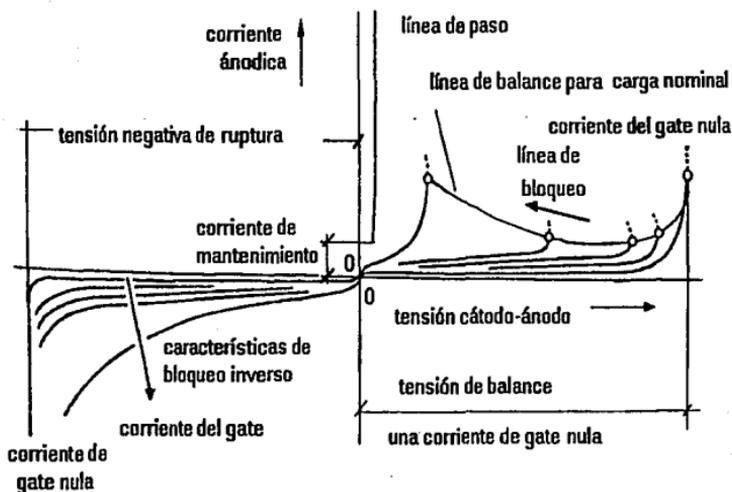


Fig. III.2.5 Características de salida de un triac.

En la figura III.2.5 se muestra como el paso de la corriente puede desencadenarse tanto si la tensión Gate-terminal 1 es positiva como negativa. Esto se aprecia también por las características límite de entrada que aparecen representadas tanto para valores positivos como negativos de la tensión Gate-terminal 1 y de la corriente del Gate.

El funcionamiento con tensiones negativas de Gate-terminal 1 y corrientes de Gate también negativas ofrecen la ventaja de tener un solo y definido margen de arranque seguro. Para valores positivos de la tensión Gate-terminal 1 y corriente de Gate, se obtienen dos márgenes. El margen pequeño hace referencia al arranque con la tensión positiva de la terminal 2 con respecto de la 1. El margen mayor corresponde al caso en que la tensión de la terminal 1 sea positiva respecto a la terminal 2.

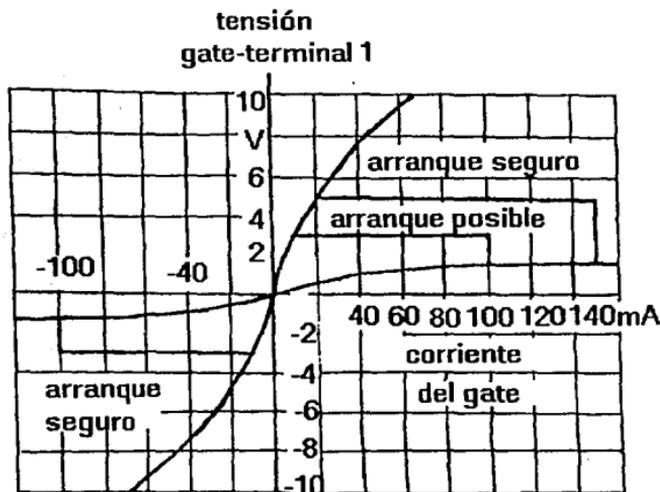


Fig. III.2.6 Características de entrada de un triac.

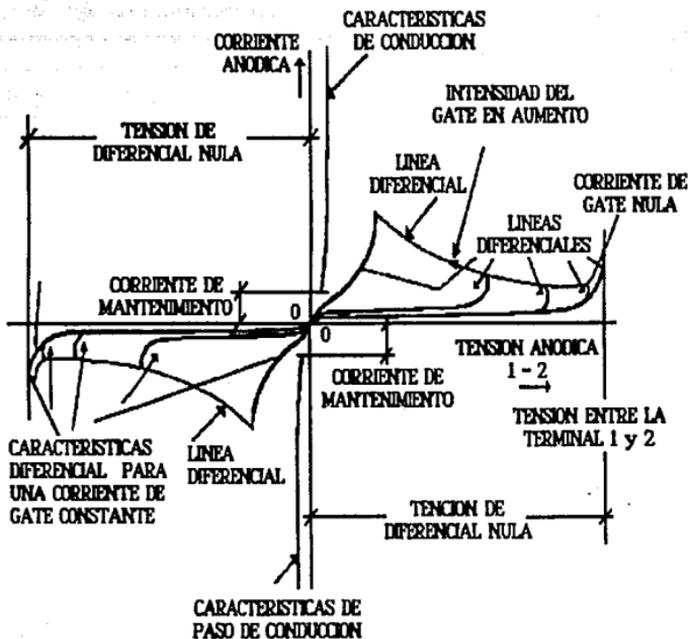


Fig. III.2.7 Características de salida de un triac y corresponde a un tiristor.

### El Optoacoplador

Los óptoacopladores se utilizan para efectuar la interfaz de un sistema de muy baja potencia con algún sistema que funcione con elevadas tensiones o corrientes, con los que son electricamente incompatibles. Un acoplador óptico resuelve el problema de incompatibilidad eléctrica utilizando luz para transmitir la información entre un sistema y otro, aislando a estos adecuadamente, previniendo que sobre todo el sistema de baja potencia se destruya. Un led es la fuente de luz que transmite la energía necesaria para activar al triac (de conmutación sensible a la luz), o dispositivo similar. En la figura III.2.8 muestra el acoplador óptico que se utiliza como interface entre el sistema de baja potencia y la línea de AC de alta tensión.

### Operación optoelectrónica

Optoelectrónica es la tecnología que combina la óptica y la electrónica. Estos interesantes campos de la ciencia comprenden muchos dispositivos basados en la acción de las uniones PN.

Cuando incide la energía luminosa en la unión PN, desaloja electrones de valencia, es decir, la cantidad de luz que llega a la unión puede controlar la corriente inversa (esto se ha optimizado para mayor sensibilidad de luz). Por una ventanita permite el paso de la luz hasta la unión, la luz emite electrones libres y huecos. Cuando mayor sea la cantidad de luz, mayor será el número de portadores y mayor será la corriente inversa.

Por la necesidad de mantener un voltaje regulado en el auto-transformador que alimenta al cabezal de alta tensión, se desarrolló la interfase de optoacoplamiento. Con este diseño brindamos una mayor seguridad al sistema de conexión debido a que no existe ningún contacto entre el transformador y el MCU. Además de ser funcional, ya que si es requerido regular con mayor precisión, se incluyen un mayor número de derivaciones en la interfase.

En la figura III.2.8 vemos como queda conformado el circuito de optoacoplamiento.

Veamos como funciona, una vez que ha sido procesado el dato del voltaje, el MCU selecciona por medio de un codificador el tap derivador con el voltaje deseado de salida. El valor del voltaje es retenido en un latch, y esté permanece ahí hasta que le sea enviado otro

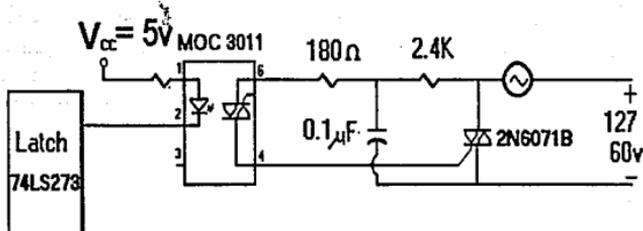


Fig. III.2.8 Diagrama del optoacoplador para una sola derivación.

dato. El latch alimenta al opto-acoplador con la derivación del voltaje previamente escogido, una vez activado da inicio a la alimentación de la línea. Por medio de un transformador reductor de voltaje, localizado entre los polos de la línea, es muestreada como se ilustra en la figura III.2.9.

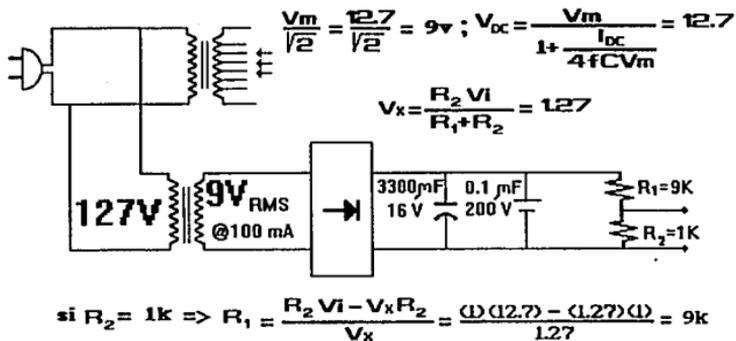


Fig. III.2.9 Diagrama del transformador reductor para la retroalimentación.

De tal forma que si hay una baja de voltaje en la línea de alimentación, esta se retroalimenta al MCU y éste hace que se conecte otro tap, por medio de la interface, así es como tenemos control del auto-transformador. (ver Fig. III.2.10)

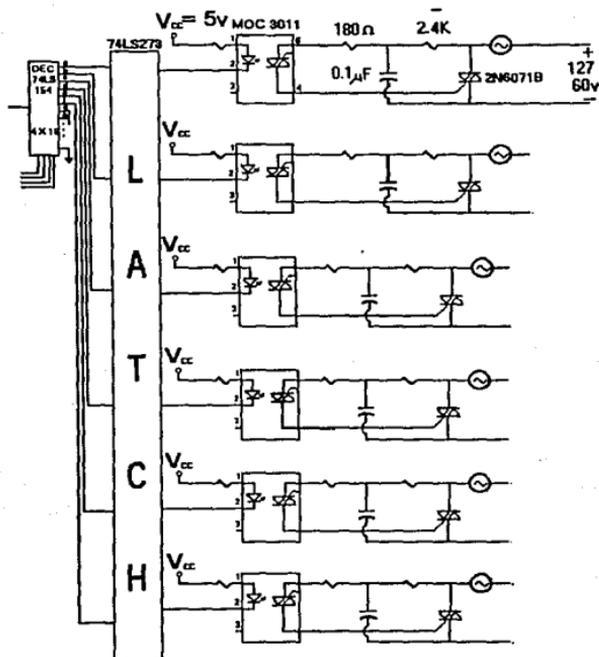


Fig. III.2.10 Interfase de Optoacoplamiento para la alimentación.

### III.3 MANEJO DE ESTANDARES PARA LOS TIEMPOS DE EXPOSICION

Como se dijo en el capítulo anterior una de las formas de protección contra los rayos X es la disminución del tiempo de exposición, pero no se debe de definir arbitrariamente este tiempo ya que si se expone al paciente por poco tiempo la radiografía puede no salir, por lo que se tendría que volver a exponer al paciente a los rayos X, con lo que recibiría una dosis extra de radiación.

El tiempo de exposición depende de varios factores como los son; el espesor del cuerpo que se va a radiografiar, el kilovoltaje que se requiere para la potencia de los rayos, el tipo de película que se va ha utilizar, si se utiliza pantalla (filtro) o no, la corriente que se empleará, y la distancia a la que se colocará el cuerpo.

Las siguientes tablas muestran que tiempos de exposición deben de darse para cada parte del cuerpo que se quiera radiografiar, así como también el kv que se requiere, el mAs, la distancia a la que debe de colocarse el cuerpo y el espesor del cuerpo.

#### Pulgar

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20

**Rayo central:** Dirijase el rayo central perpendicularmente sobre el centro del pulgar y del chasis, coincidentes.

## Mano

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo(seg)	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	4	4	3
kv	46	59	56
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** Se dirigirá el rayo central de modo que incida perpendicularmente sobre la parte del cuerpo del tercer metacarpo y el centro del chasis coincidentes.

## Muñeca

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo(seg)	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	4	4	4
kv	46	59	56
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** Se orientará perpendicularmente al chasis, a través del centro de la muñeca.

## Antebrazo

Factorespelic.	Chasis p. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo(seg)	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	5	5	5
kv	49	62	61
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** Se dirigirá el rayo central de modo que caiga perpendicularmente en el centro del chasis a través del cuerpo medio del antebrazo.

## Codo

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	7	7	7
kv	52	67	65
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** El rayo central se dirigirá, a través del codo, perpendicular sobre el centro del chasis.

## Húmero

Factores	Chasis p.	Chasis p.
	pelic. c/pant (med)con Bucky	pelic. c/pant (med) sobre la mesa
mA	100	100
Tiempo	0.2	0.1
mAs	20	10
Espesor (cm)	10	10
kv	66	54
Distancia (m)	1	1

**Rayo central:** Dirijase el rayo central de modo que a través del cuerpo del húmero incida en el centro del chasis.

## Dedos del pie

Factores	Chasis p.	Portaplacas	Portaplacas
	pelic. c/pant (mediana)	de carton (con pant.)	de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	2	2	2
kv	40	56	50
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** El rayo central se dirigió perpendicularmente al eje mayor del pie y del chasis.

## Pie

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	8	8	8
kv	54	66	68
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** Dirijase el rayo central perpendicular al eje longitudinal del arco metatarsiano a través del extremo proximal del tercer metatarsiano y hacia el centro de cada mitad del chasis.

## Calcaneo (os calsis), talón

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	9	9	9
kv	58	76	70
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** Plantodorsal (dorsal). Dirijase el haz central, en sentido cefálico, y con una angulación de 40 grados, sobre el centro del chasis.

**Tobillo**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	9	9	9
kv	58	76	70
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** Se dirigirá el rayo central normalmente sobre el centro de cada subdivisión de la película, y a través de la mortaja articular del tobillo.

**Pierna**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.1
mAs	10
Espesor (cm)	8
kv	56
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Perpendicularmente al eje mayor de la pierna, dirijase el haz central hacia el centro del chasis.

## Rodilla

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.1
mAs	10
Espesor (cm)	8
kv	56
Distancia (m)	1

**Rayo central:** El haz central se orientará unos 5 grados en sentido cefálico hacia el centro de la película.

## Rodilla

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	13	13	13
kv	66	80	80
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente, a través de la rodilla, hacia el centro de chasis para incidencia intercondílea.

## Rótula

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)	Portaplacas de carton (con pant.)	Portaplacas de carton (sin pant.)
mA	100	100	100
Tiempo	0.1	0.75	0.2
mAs	10	75	20
Espesor (cm)	13	13	13
kv	66	80	80
Distancia (m)	1	1	1

**Rayo central:** El haz central de rayos será orientado a través de la rótula, sobre el centro del chasis, desviándolo unos 10 grados en dirección cefálica.

## Fémur

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (med) con Bucky	Chasis p. pelic. c/pant (med) sobre la mesa
mA	100	100
Tiempo	0.7	0.1
mAs	70	10
Espesor (cm)	16	16
kv	66	64
Distancia (m)	1	1

**Rayo central:** El rayo central se dirigirá perpendicularmente hacia el centro del chasis, a través del cuerpo del fémur.

**Fémur (incidencia lateral)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (med)con Bucky	Chasis p. pelic. c/pant (med) sobre la mesa
mA	100	100
Tiempo	0.7	0.1
mAs	70	10
Espesor (cm)	16	16
kv	66	64
Distancia (m)	1	1

**Rayo central:** A través del cuerpo del fémur, el rayo central se dirigirá perpendicularmente hacia el centro del chasis.

**Vértebras cervicales**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (med)con Bucky
mA	100
Tiempo	0.1
mAs	50
Espesor (cm)	14
kv	62
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá el haz central de los rayos un poco en dirección cefálica con una angulación de 15 grados, hacia el centro del chasis, a través del cartilago tiroides.

**Vértebras cervicales**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.3
mAs	30
Espesor (cm)	12
kv	66
Distancia (m)	1.8

**Rayo central:** El mismo se dirigirá perpendicularmente, a través de la columna cervical, hacia el centro de la película, para incidencia lateral.

**Vértebras cervicales (incidencia oblicua)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.6
mAs	60
Espesor (cm)	14
kv	66
Distancia (m)	1

**Rayo central:** El haz central de los rayos se dirige un tanto en dirección caudal, con un ángulo de 15 grados, hacia el centro del chasis y a través de la cuarta vértebra cervical.

## Columna torácica (dorsal)

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.1
mAs	100
Espesor (cm)	20
kv	66
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá el rayo central perpendicularmente al centro del chasis y perpendicular al eje longitudinal de la columna torácica.

## Vértebra torácicas (incidencia lateral)

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.1
mAs	100
Espesor (cm)	32
kv	70
Distancia (m)	1

**Rayo central:** El rayo central se dirigirá hacia el centro del chasis, perpendicular al eje mayor de la columna vertebral y a través de la sexta vértebra torácica.

## Vértabras lumbares

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.1
mAs	100
Espesor (cm)	20
kv	66
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá al centro del chasis.

## Vértabras lumbares (Incidencia lateral)

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	3.0
mAs	300
Espesor (cm)	32
kv	82
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirige al centro del chasis, paralelamente hacia la línea que une ambas crestas ilíacas y a unos 4 cm. por debajo de las mismas.

### Vértebra lumbar (oblicua anterior)

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	1.5
mAs	150
Espesor (cm)	28
kv	74
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente al centro del chasis.

### Pelvis

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	1.0
mAs	100
Espesor (cm)	20
kv	66
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Deberá incidir normalmente al centro del chasis.

## Sacro

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
<b>mA</b>	100
<b>Tiempo</b>	1.0
<b>mAs</b>	100
<b>Espesor (cm)</b>	20
<b>kv</b>	66
<b>Distancia (m)</b>	1

**Rayo central:** Se dirigirá oblicuamente, en el sentido cefálico, con una angulación de 15 grados, hasta alcanzar el centro del chasis tras incidir sobre un punto situado unos 6 cm. por encima de la sínfisis pubiana.

## Sacro (incidencia lateral)

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
<b>mA</b>	100
<b>Tiempo</b>	0.1
<b>mAs</b>	100
<b>Espesor (cm)</b>	32
<b>kv</b>	70
<b>Distancia (m)</b>	1

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente al centro del chasis.

**Cóccix (coxis)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	1.0
mAs	100
Espesor (cm)	22
kv	70
Distancia (m)	1

**Rayo central:** El haz central se dirige en dirección caudal, con un ángulo de 15 grados, para incidir en un punto situado a unos 6 cm. por encima de la sínfisis del pubis y hasta el centro del chasis.

**Cadera**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.1
mAs	100
Espesor (cm)	20
kv	66
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá el rayo central, a través del punto seleccionado, para que incida normalmente en el centro del chasis.

**Cadera (Incidencia lateral)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.1
mAs	100
Espesor (cm)	32
kv	70
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Sobre un plano horizontal, dirijase el haz central de rayos perpendicularmente, por debajo de la rodilla flexionada, y a través del trocánter mayor, hacia el centro del chasis.

**Hombro**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (med)con Bucky	Chasis p. pelic. c/pant (med) sobre la mesa
mA	100	100
Tiempo	0.2	0.1
mAs	20	10
Espesor (cm)	14	14
kv	74	64
Distancia (m)	1	1

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente al centro del chasis, a través de la apófisis coracoides.

**Hombro (Incidencia lateral)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	25
Tiempo	6.0
mAs	150
Espesor (cm)	32
kv	78
Distancia (m)	1

**Rayo central:** El haz central de rayos se dirigirá unos 10 grados hacia arriba (en dirección cefálica), a través del cuello quirúrgico del húmero, para incidir en el centro del chasis.

**Clavícula**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (med) con Bucky	Chasis p. pelic. c/pant (med) sobre la mesa
mA	100	100
Tiempo	0.2	0.1
mAs	20	10
Espesor (cm)	14	14
kv	74	64
Distancia (m)	1	1

**Rayo central:** Se dirigirá en sentido caudal unos 10 grados, atravesando la clavícula hacia el centro del chasis.

**Clavícula (anterior)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.6
mAs	60
Espesor (cm)	21
kv	78
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá a través de la tercera vértebra torácica, para incidir en el centro de la pelícua.

**Esternon**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	25
Tiempo	1.0
mAs	25
Espesor (cm)	25
kv	82
Distancia (m)	0.75

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente, atravesando un punto intermedio entre el manubrio y el apéndice xifoides, hasta incidir en el centro del chasis.

**Esternon (incidencia lateral)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.6
mAs	60
Espesor (cm)	30
kv	80
Distancia	1

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente, a través de un punto situado entre el manubrio y el apéndice xifoides, hacia el centro del chasis.

**Escapula**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.3
mAs	30
Espesor (cm)	16
kv	76
Distancia	1

**Rayo central:** Se dirige en forma perpendicular hacia el centro del chasis, atravesando un punto equidistante entre el borde superior del hombro y el vértice de la escapula.

**Escápula (incidencia lateral)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.6
mAs	60
Espesor (cm)	16
kv	78
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Dirigirlo perpendicularmente hacia el centro del chasis, atravesando un punto equidistante entre el borde superior del hombro y el vértice de la escápula.

**Costillas**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.4
mAs	40
Espesor (cm)	20
kv	70
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente al centro del chasis.

**Costillas (oblicua anterior)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.4
mAs	40
Espesor (cm)	23
kv	76
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirige perpendicularmente al centro del chasis.

**Tórax**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	200
Tiempo	1/20
mAs	10
Espesor (cm)	20
kv	60
Distancia (m)	1.80

**Rayo central:** Se dirigirá en este caso horizontalmente, pero perpendicular al centro del chasis.

**Tórax (incidencia lateral)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	200
Tiempo	0.1
mAs	20
Espesor (cm)	30
kv	72
Distancia (m)	1.80

**Rayo central:** Se dirigirá horizontalmente en sentido perpendicular al centro del chasis.

**Tórax (incidencia apical lordótica)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	200
Tiempo	0.05
mAs	10
Espesor (cm)	23
kv	68
Distancia (m)	1.80

**Rayo central:** Se dirige horizontal hacia el centro del chasis.

**Tórax (oblicua anterior)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
<b>mA</b>	<b>200</b>
<b>Tiempo</b>	<b>0.05</b>
<b>mAs</b>	<b>10</b>
<b>Espesor (cm)</b>	<b>26</b>
<b>kv</b>	<b>70</b>
<b>Distancia (m)</b>	<b>1.80</b>

**Rayo central:** El haz central de los rayos se dirigirá horizontalmente, e incidirá en forma perpendicular sobre el centro del chasis.

**Cráneo**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
<b>mA</b>	<b>100</b>
<b>Tiempo</b>	<b>0.6</b>
<b>mAs</b>	<b>60</b>
<b>Espesor (cm)</b>	<b>18</b>
<b>kv</b>	<b>78</b>
<b>Distancia (m)</b>	<b>1</b>

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente al chasis, a través del nasión.

## Cráneo (Incidencia lateral)

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.5
mAs	50
Espesor (cm)	15
kv	68
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá, a través del punto o estructura seleccionados, perpendicularmente sobre el chasis.

## Cráneo (posición occipital)

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.7
mAs	70
Espesor (cm)	23
kv	80
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Se dirigirá en sentido caudal, con una angulación de 35 grados, atravesando un punto situado idealmente en línea con el meato auditivo externo.

**Cráneo (incidencia submentovértex)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.8
mAs	80
Espesor (cm)	23
kv	80
Distancia (m)	1

**Rayo central:** El rayo central se dirigirá al centro del chasis, perpendicular a la línea infraorbitomeatal y equidistante entre los dos ángulos mandibulares.

**Senos maxilares (incidencia en posición erecta)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (med)con Bucky	Chasis p. pelic. c/pant (med) sobre la mesa
mA	100	100
Tiempo	0.5	0.25
mAs	50	25
Espesor (cm)	21	21
kv	78	78
Distancia (cm)	75	75

**Rayo central:** Se dirige hacia el centro del chasis en forma perpendicular a una línea que contiene la espina nasal anterior.

**Senos fronto-etmoidales**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.2
mAs	20
Espesor (cm)	15
kv	62
Distancia (cm)	75

**Rayo central:** Se dirigirá, a través del punto elegido, en dirección perpendicular hacia el centro del chasis.

**Huesos nasales**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.2
mAs	20
Espesor (cm)	--
kv	64
Distancia (cm)	75

**Rayo central:** Se dirigirá perpendicularmente hacia el centro del portapelículas, siguiendo la línea glabeloalveolar.

**Huesos nasales (incidencia lateral)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (med) con Bucky	Chasis p. pelic. c/pant (med) sobre la mesa
mA	100	100
Tiempo	0.7	0.2
mAs	70	20
Espesor (cm)	3	3
kv	56	60
Distancia (cm)	75	75

**Rayo central:** Se dirigirá en sentido perpendicular hacia el centro del chasis a través del nasión.

**Glándulas salivales**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant oclusal (rápida)
mA	100
Tiempo	0.2
mAs	20
Espesor (cm)	5
kv	64
Distancia (cm)	75

**Rayo central:** Dirijase en sentido cefálico y perpendicular, a través de un punto inmediatamente anterior a los ángulos mandibulares, hacia el centro del portapelículas.

**Glándulas salivales (radiografía anterior)**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	100
Tiempo	0.3
mAs	30
Espesor (cm)	10
kv	62
Distancia (m)	1.80

**Rayo central:** Se dirigirá en sentido perpendicular al centro del chasis.

**Esófago**

Factores	Chasis p. pelic. c/pant (mediana)
mA	300
Tiempo	0.1
mAs	30
Espesor (cm)	30
kv	80
Distancia (m)	1

**Rayo central:** Dirijase el rayo central en sentido perpendicular, a través del punto elegido, hacia el centro del chasis.

### III.4 DISEÑO DEL CONTROL PARA LOS MOTORES DE POSICION

El motor es una máquina destinada a convertir la energía eléctrica en energía mecánica.

#### Principio del motor eléctrico

El funcionamiento de un motor eléctrico depende del principio que se explica en la figura III.4.1.

Todo conductor por el que circula una corriente y está situado en un campo magnético tiende a trasladarse en dirección normal a la del campo.

La figura III.4.1a. representa un campo magnético de intensidad uniforme, en el cual está colocado un conductor rectilíneo, y normal a la dirección del campo y al plano del papel, que no transporta corriente alguna. En la figura III.4.1b se supone que el conductor transporta una corriente que tiene la dirección del observador hacia el papel, pero se ha suprimido el campo debido a los dos polos N y S. El conductor queda entonces rodeado de un campo magnético cilíndrico, debido a la corriente que por aquél circula. La dirección de este campo, que puede determinarse por la regla del sacacorchos, es la de las agujas del reloj.

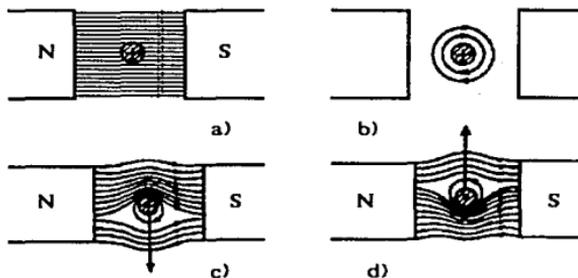


Fig. III.4.1 Fuerzas que actúan sobre un conductor por el que circula una corriente, sometido a la acción de un campo magnético.

En la figura III.4.1c. se representa el campo resultante, obtenido combinando el campo principal que queda por encima del conductor y se opone al campo que queda por debajo. Como resultado de ello se produce una concentración del campo en la región situada inmediatamente por encima del conductor y una disminución de la densidad del flujo en la región situada inmediatamente por debajo de él.

Puede verse que en este caso actuará una fuerza sobre el conductor, que lo empujará hacia abajo, como queda indicado por la flecha.

Es conveniente suponer que este fenómeno se debe a la concentración de las líneas de fuerza a uno de los conductores. Las líneas magnéticas de fuerza pueden considerarse como si fueran cintas elásticas en tensión. Estas líneas están siempre tratando de contraerse para adquirir una longitud mínima. La tensión de estas líneas sobre la parte superior del conductor tiende a empujarlo hacia abajo, como se indica en la figura III.4.1c.

Si se invierte la corriente del conductor, la concentración de las líneas tiene lugar por debajo del conductor, con tendencia a empujarlo hacia arriba, como se indica en la figura III.4.1d.

#### Fuerzas que se desarrollan sobre un conductor por el que circula una corriente

La fuerza que actúa sobre un conductor por el que circula una corriente cuando está sometida a la acción de un campo magnético es directamente proporcional a tres magnitudes: intensidad del campo, intensidad de la corriente y longitud del conductor que queda dentro del campo. La fuerza en dinas viene dada por la expresión

$$F = B l \frac{I}{10} \quad (\text{dinas})$$

si  $B$  es la densidad de flujo en líneas por centímetro cuadrado o gauss,  $l$  la longitud activa del conductor en centímetros, e  $I$  la corriente en amperios.

Si se emplea el sistema m.k.s., expresándose  $B$  en weber por metro cuadrado y  $l$  en metros.

$$F = B l \cdot I \quad (\text{newton})$$

En las dos formulas anteriores,  $B$ ,  $l$  e  $I$  deben ser perpendiculares entre sí, es decir, sus ángulos mutuos han de valer  $90^\circ$ , las fórmulas deben multiplicarse por el seno del ángulo formado.

#### Regla de la mano izquierda, de Fleming

La regla de la mano izquierda, de Fleming, dice: Si los dedos índice, medio y pulgar de la mano izquierda se disponen según direcciones perpendiculares entre sí, y con el primero y segundo se señalan la dirección del campo o flujo y la dirección de la corriente en el conductor, el dedo pulgar indicará la dirección en que tiende a moverse el conductor, como se indica en la figura III.4.2.

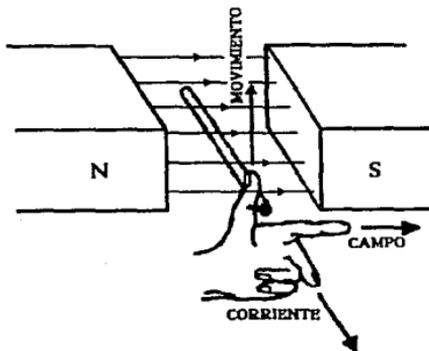


Fig. III.4.2 Regla de la mano izquierda, de Fleming.

Otro método conveniente para determinar esta relación es hacer uso del hecho de que la concentración de las líneas de fuerza detrás del conductor tienden a empujarlo en sentido contrario. Es necesario simplemente trazar el campo principal y las líneas que rodean al conductor, como en la figura III.4.3. Es evidente que las líneas se concentran a la derecha del conductor, de modo que tenderán a moverlo hacia la izquierda.

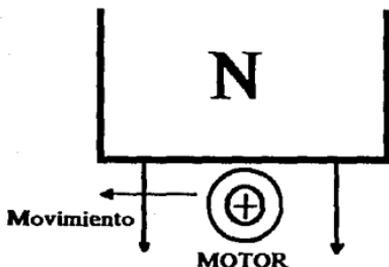


Fig. III.4.3 Acciones en un motor.

#### Ecuaciones de la tensión y del par en los motores de c.c

En un motor la tensión en bornes  $V$  y la intensidad del inducido  $I_1$  tiene el mismo sentido, pero opuesto al de la f.e.m. inducida  $E$ . Esto se explicará mediante la figura III.4.4.

La figura III.4.4 se refiere a un motor para el cual se supone que el inducido gira en el mismo sentido que las agujas del reloj. Como el par electromagnético establece el sentido de rotación del inducido de un motor, este par también debe tener el mismo sentido que las agujas del reloj. Esto puede cumplirse sólo mediante corrientes que tengan los sentidos que muestra la figura III.4.4, o sea, mediante corrientes que salgan de la página en el polo N y que se introduzcan en el mismo en el polo S. Así, en un motor, la f.e.m. inducida  $E$  y la intensidad del inducido  $I_1$  están en oposición; lo mismo ocurre entre la f.e.m. inducida  $E$  y la tensión en bornes  $V$ . Por esta razón  $E$  se denomina fuerza contraelectromotriz del motor (f.e.m.).

La diferencia de los signos de  $V$  y  $E$ , se denomina fuerza contraelectromotriz del motor.

$$\begin{aligned} V - E &= (\Sigma I r + 2 \Delta V) \\ V &= E + (\Sigma I r = 2 \Delta V) \end{aligned} \quad \text{--- ec. III.4.1}$$

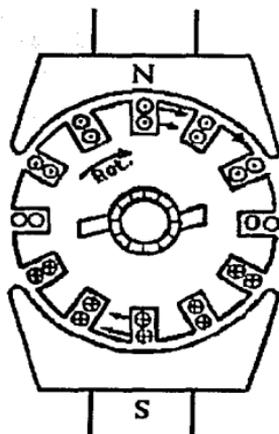


Fig. III.4.4 Sentido de la corriente y de la f.e.m. inducida en un motor.

La intensidad del inducido del motor de c.c., como en todos los demás motores eléctricos, presenta un autoajuste de manera que produce un equilibrio de pares, o dicho de otro modo, hace que el par desarrollado sea igual al par de oposición. Este par de oposición es igual a la suma del par de carga y del par de pérdidas del inducido cuando éste gira.

Si  $\Phi$  es constante, como ocurre prácticamente en el motor derivación, entonces  $I_1$  variará directamente con el par. Si  $\Phi$  varía con  $I_1$ , como ocurre en el motor serie y en el motor compuesto, entonces  $I_1$  no variará linealmente con  $T$ .

Si  $I_1$  varía, sólo puede deberse a una variación de  $\Phi$  o de  $n$ , puesto que los demás factores permanecen constantes. En el motor derivación, como  $\Phi$  permanece casi constante, entonces para que varíe  $I_1$  debe variar  $n$ . Si  $I_1$  aumenta, como es necesario para que aumente el par de carga, entonces  $n$  disminuirá. En el motor serie como  $\Phi$  varía con  $I_1$  la variación de velocidad con el par será mayor que en el motor derivación.

Con un motor que funcione a la potencia nominal, la suma de las caídas de tensiones  $\Sigma I_{lr} + 2 \Delta V$  es del 4 al 10% de la tensión en bornes, siendo el mayor de estos valores aplicable a motores pequeños.

### Características de los motores

**Motor en derivación (shunt motor):** Motor eléctrico cuya excitación principal se obtiene mediante un arrollamiento inductor en derivación.

El flujo  $\Phi$  del motor derivación es función de la intensidad en el arrollamiento de excitación derivación,  $I_{ex}$ :

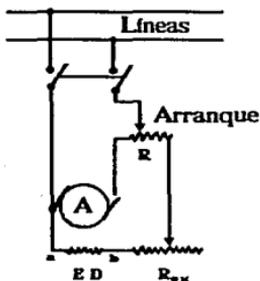
$$\Phi = f(I_{ex}) \quad \text{--- ec. III.4.2}$$

**Arranque del motor derivación:** Cuando un motor arranca, el par desarrollado debe ser mayor que el par resistente de la carga para obtener un par de aceleración. Mientras el par desarrollado sea mayor que el par de carga más el par de pérdidas, el inducido se acelerará. La aceleración continuará hasta que el par desarrollado y el par de carga más el par de pérdida sean iguales.

La figura III.4.5a muestra el esquema básico para el arranque de un motor derivación. El borne "a" del arrollamiento de excitación se conecta directamente a la línea de potencia, y el otro "b" se conecta a la línea a través de un reóstato en derivación  $R_{ex}$  y la resistencia y el arranque  $R$ . De este modo, ambos arrollamientos, el de la excitación y el del inducido, se conectan a la línea simultáneamente. En el arranque, el borne "b" no puede conectarse directamente al arrollamiento del inducido, sin incluir una parte de la resistencia de arranque. Al conectar el arrollamiento de excitación derivación directamente en el inducido resultaría un flujo de excitación muy bajo, ya que la tensión en bornes del inducido es muy baja durante el arranque.

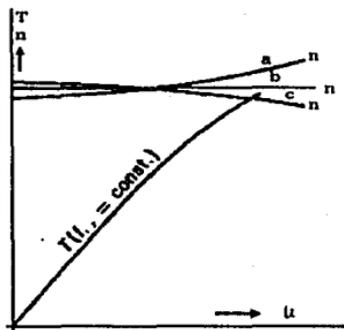
El arrollamiento de excitación nunca debe abrirse bruscamente. Como el arrollamiento de excitación elevada, una abertura brusca de este circuito puede producir una f.e.m. de autoinducción lo bastante elevada para perforar el aislamiento. Por consiguiente, la conexión del arrollamiento de excitación en paralelo con el arrollamiento del inducido y una parte de

la resistencia de arranque presenta otra ventaja importante. Cuando se usa la conexión de la figura III.4.5a y el motor se desconecta, el circuito de excitación no queda desconectado sino que permanece siempre cerrado a través del inducido y una parte de la resistencia de arranque. Las cajas de arranque están proyectadas de manera que cumplan esta disposición.



Conexiones para el arranque de un motor derivación.

a)



Par y velocidad de un motor derivación en función de la intensidad del inducido, para una intensidad de excitación constante.

b)

Fig. III.4.5 Esquemas básicos para un motor en derivación en el arranque y en la velocidad.

La figura III.4.5b muestra la velocidad de un motor derivación en función de la intensidad de su inducido para una tensión en bornes constante y para 3 niveles distintos de saturación (3 intensidades de excitación distintas). Aumentando la intensidad del inducido aumenta tanto la reacción del inducido como la suma de las caídas de tensión. Estas cantidades se oponen cada una en su efecto a la velocidad del motor.

Para determinar las características de funcionamiento del motor de c.c., uno de los parámetros más importantes es la característica en vacío (curva de magnetización). Los datos para esta curva pueden determinarse por cálculo o experimentalmente, en cada caso deberán elegirse las magnitudes más convenientes como coordenadas.

La regulación de velocidad se define como la razón entre la diferencia de velocidades en vacío y a plena carga y la velocidad a plena carga. Así la regulación de velocidad en tanto por ciento es

$$E = 100 \frac{\text{velocidad en vacío} - \text{velocidad a plena carga}}{\text{velocidad a plena carga}}$$

La regulación de velocidad puede determinarse a partir de la curva velocidad-intensidad del inducido, o de la curva par-velocidad.

**Motor Serie:** motor eléctrico cuya excitación principal proviene de un arrollamiento de campo en serie.

La ecuación III.4.1 también se aplica a el motor serie, y en lugar de la ecuación III.4.2 debe aplicarse

$$\Phi = f(I_1) \quad \text{--- ec. III.4.3}$$

puesto que un motor serie las intensidades de la excitación y del inducido son iguales.

La figura III.4.6 muestra la velocidad y el par de un motor serie en función de la intensidad del inducido. Como el flujo  $\Phi$  es más pequeño para valores bajos de la intensidad del inducido, la velocidad  $n$ , debe ser mayor. Cuando  $I_1$  es muy pequeño, el flujo también es muy pequeño y la velocidad  $n$  del motor llega a ser tan elevada que la máquina puede llegar a destruirse. Un motor serie nunca debe conectarse a una línea si no existe la certeza de que está con carga. Incluso durante el arranque del motor serie, debe vigilarse que exista cierto par resistente, puesto que a intensidades bajas la velocidad llegaría a valores elevados a pesar de la resistencia de arranque. Mientras la velocidad del motor derivación varía poco con la velocidad del inducido, la variación de velocidad del motor serie es muy grande.

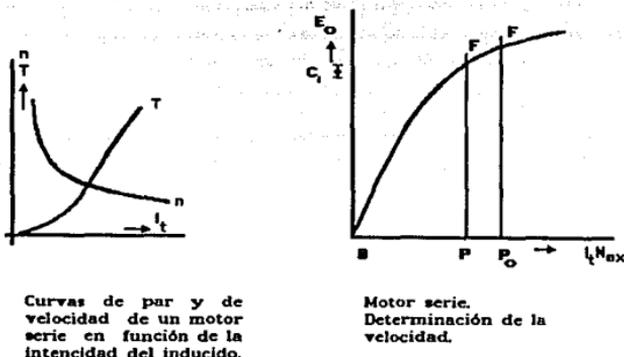


Fig. III.4.6 Motor serie: La gráfica del lado izquierdo muestra las curvas de par y velocidad, y la del lado derecho determina la velocidad.

Para valores pequeños de la intensidad del inducido, la máquina no está saturada y el flujo del motor serie es directamente proporcional a la intensidad del inducido.

**Motor compuesto acumulativo:** de acuerdo con la importancia relativa de la f.m.m. (fuerza contraelectromotriz) de excitación serie y derivación, el motor compuesto acumulativo puede tener características parecidas, a las del motor serie o a las del motor derivación. Si el motor serie se provee de un arrollamiento en derivación, se evita la posibilidad de sobrevelocidad en vacío.

Si un motor en derivación se provee de un arrollamiento serie, es posible obtener una velocidad casi independiente de la carga y por lo tanto casi constante.

La variación de velocidad y de par desarrollado del motor compuesto acumulativo en función de la intensidad del inducido  $I_t$  puede determinarse de una manera similar a la de los motores derivación y serie. La curva de la figura III.4.7 es la curva en vacío (de magnetización), y muestra la relación entre la f.e.m. inducida  $E_o$  y la f.m.m. de excitación para la velocidad en vacío  $n_o$  del motor.

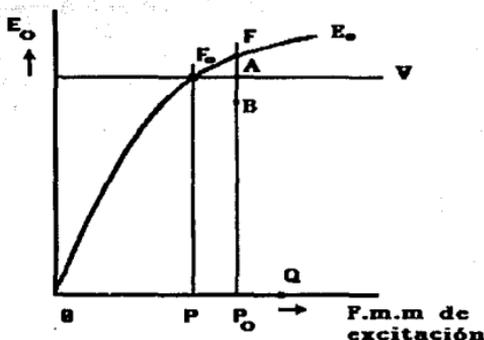
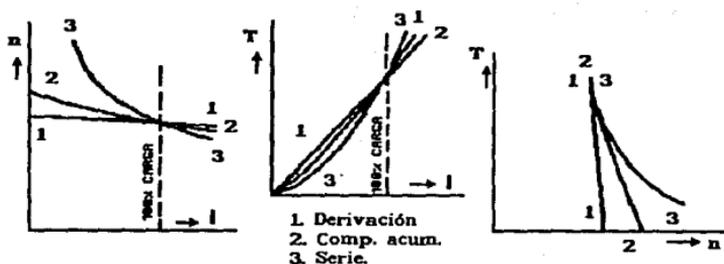


Fig. III.4.7 Determinación de la velocidad y del par para motor acumulativo.

#### Comparación de los diferentes tipos de motor

Las figuras III.4.8a, III.4.8b y III.4.8c muestran las curvas velocidad-intensidad, par-intensidad y velocidad-par de los motores derivación, compuestos acumulativos y serie. Estas curvas permiten una comparación de los distintos tipos de motor. Muestran que las diferencias entre las curvas par-intensidad no son tan marcadas como las diferencias entre las curvas velocidad-intensidad y velocidad-par. La figura III.4.8c puede ser la más útil para decidir el tipo de motor conveniente para una aplicación dada.

Las especificaciones características del motor derivación son: Aproximadamente una velocidad constante desde vacío a plena carga, un par casi proporcional a la intensidad del inducido (puesto que el flujo casi es constante), y la posibilidad de funcionar como generador con el mismo sentido de giro y sin cambio alguno de polaridad o de conexiones. La última propiedad mencionada hace posible el funcionamiento del motor derivación como freno dinámico: si el par de oposición de la carga desaparece y el inducido es accionado en el mismo sentido que antes, la máquina actúa como generador, suministra potencia a la línea, produce un par opuesto al par primitivo del motor y, por consiguiente, actúa como freno.



Velocidad en función de intensidad.

Par en función de intensidad.

Par en función de velocidad.

Fig. III.4.8 Para diferentes tipos o clases de motores de c.c. (corriente continua)

Las propiedades sobresalientes del motor serie son: Disminución de la velocidad al aumentar el par, un par de arranque elevado que varía casi con el cuadrado de la intensidad para saturación baja, y una potencia de salida comparativamente independiente de las caídas de tensión en los conductores de la línea.

Las características del motor compuesto acumulativo están situadas entre los del motor derivación y las del motor serie. Tiene una velocidad de vacío definida como el motor derivación, pero por otro lado, al aumentar el par, su velocidad disminuye más que en el motor derivación.

#### Estabilidad de los motores

Consideremos un motor que funciona a una velocidad  $n_1$  y que desarrolla un par  $T_1$  a esta velocidad. El hecho de que el motor sea estable o no, en estas condiciones de funcionamiento, depende de la forma de las curvas par-velocidad del motor y de la carga. El

motor será estable si ambas curvas se cortan de manera que, al aumentar la velocidad, el par de carga sea mayor que el par motor (Fig. III.4.9a) (o sea, el motor se frene), y al disminuir la velocidad el par motor sea mayor que el par resistente (o sea, el motor se acelere). De otra manera (Fig. III.4.9b), al aumentar la velocidad, el motor se aceleraría más y más y podría alcanzar una velocidad peligrosa; al disminuir la velocidad, el motor se frenaría más y más y llegaría a pararse, a no ser que las curvas velocidad-par se cortasen en otro punto en el que se satisficieran las condiciones de estabilidad (Fig. III.4.9a).

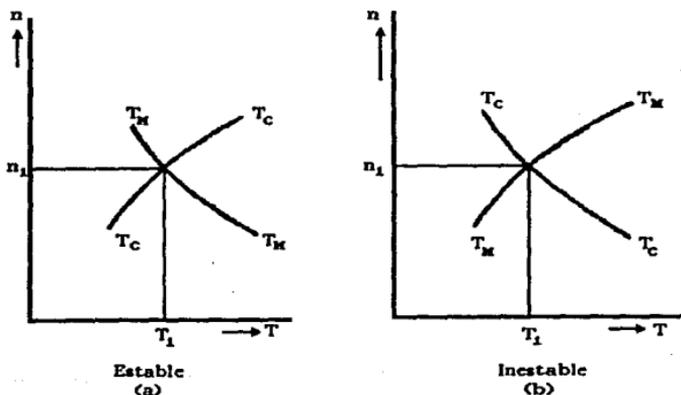


Fig. III.4.9 Determinación de la estabilidad de un motor

#### Control de velocidad en los motores de c.c

Existen tres modos de regular la velocidad, variar la tensión  $V$  (control de tensión), variar la resistencia del circuito del inducido (control reostático), y variar el flujo (control de la excitación o del flujo).

**Motor de excitación independiente, derivación y compuesto acumulativo:** Para el control reostático se necesita una resistencia externa en el circuito del inducido. Esta resistencia produce una caída en las características de velocidad. Por este método se realiza una regulación, o sea, el cambio de velocidad de vacío a plena carga, amplia. Además, el rendimiento se reduce mediante este método de control de velocidad, puesto que las pérdidas en el cobre del circuito del inducido aumenta.

El método más simple y más barato de controlar la velocidad es el control de flujo mediante un reóstato en el circuito de excitación derivación. Como la energía necesaria para este circuito representa sólo un pequeño porcentaje de la dada por la máquina, el reóstato es de tamaño pequeño.

Para una variación dada de flujo (intensidad de excitación derivación) existe un desplazamiento definido de la característica de la velocidad. Estas consideraciones se aplican al motor compuesto sólo cuando la excitación serie es pequeña en comparación con la derivación. En general para este tipo de control de velocidad se usan los motores en derivación.

El control de tensión se usa en ciertas condiciones, con excitación independiente en una disposición conocida como sistema Ward-Leonard.

**Motor serie:** El control reostático se usa para la velocidad de los motores serie de los ferrocarriles. La resistencia produce una caída en la curva de velocidad similar a la del motor derivación. Cuando se emplean dos o más motores, como ocurre generalmente, se aplica el control serie-paralelo. Esto es un control combinado reostático y de tensión. A plena velocidad la resistencia queda eliminada completamente y ambos motores funcionan en paralelo a la tensión de línea.

### Diseño

El sistema ha sido diseñado para controlar la posición de tres motores de corriente directa, los cuales realizan movimiento lineal y angular. Se presentan tres posibles soluciones para el control de la posición en los motores.

El sistema diseñado está conformado por las siguientes etapas: rectificación, comparación, control, potencia y sensado.

- **Rectificación:** en esta etapa se alimenta y rectifica la señal de entrada para los circuitos desde  $\pm 5$  y  $\pm 15$  volts.

De la fuente de  $\pm 5$  se alimentan los circuitos integrados, como son: el MCU, Latches, Decodificadores, DAC's, y otros.

La fuente de  $\pm 15$  volts es la que alimenta la etapa de potencia que se utiliza para los motores.

- **Comparación:** es la etapa en donde se compara el valor de entrada al sistema, contra la retroalimentación que llega al controlador.
- **Control:** es la etapa principal del diseño y para su funcionamiento necesita una alimentación de  $\pm 5$  volts.
- **Potencia:** en esta etapa se da la preamplificación y amplificación para los motores, la cual necesita una alimentación de  $\pm 15$  volts para operar.

La entrada a esta etapa es la señal de arranque y paro para cada uno de los motores empleados, y la señal de salida de ellos irá a la etapa de sensado.

- **Sensado:** nos permite determinar el desplazamiento que debe realizar el motor seleccionado.

La determinación del desplazamiento se realiza por medio de un tren de pulsos, proporcionados por un foto-transistor y un disco con un pequeño orificio, este permite el paso de la luz, y con ello la señal INTZ lo sensará en el MCU.

Este pulso será cuantificado por el MCU y de esta manera se llevará a cabo el control del desplazamiento.

La entrada a la etapa de sensado proviene de la etapa de potencia quien está generando el movimiento solicitado, y la salida de ésta va al MCU en la señal INT2.

- **Sistema de motores:** se muestra los motores empleados, los cuales se les ha asignado un movimiento y desplazamiento, así como un acoplamiento y donde van estar montados.

El sistema emplea uno para el movimiento lineal y dos para movimiento angular que serán de  $0^\circ$  a  $135^\circ$  en el sentido de las manecillas del reloj (en el motor que controla el movimiento de la barra que sostiene la placa y el cabezal), y de  $-45^\circ$  a  $+45^\circ$  (para el motor que controla el movimiento del cabezal).

- **Sistema de posición real:** es el que se encarga de proporcionar la retroalimentación al sistema.

A continuación se presenta en forma esquemática el sistema diseñado para el control de los motores de posición.

**Fig. 1:** Presenta en forma general la conexión y comunicación entre las etapas que conforman el sistema diseñado. Cada caja representa una etapa.

- Rectificación.
- Control.
- Potencia.
- Motor.
- Sensado.
- Sistema de posición real.
- Fuente de alimentación.

### REPRESENTACION A BLOQUES DEL DISEÑO DEL CONTROL PARA LOS MOTORES DE POSICION

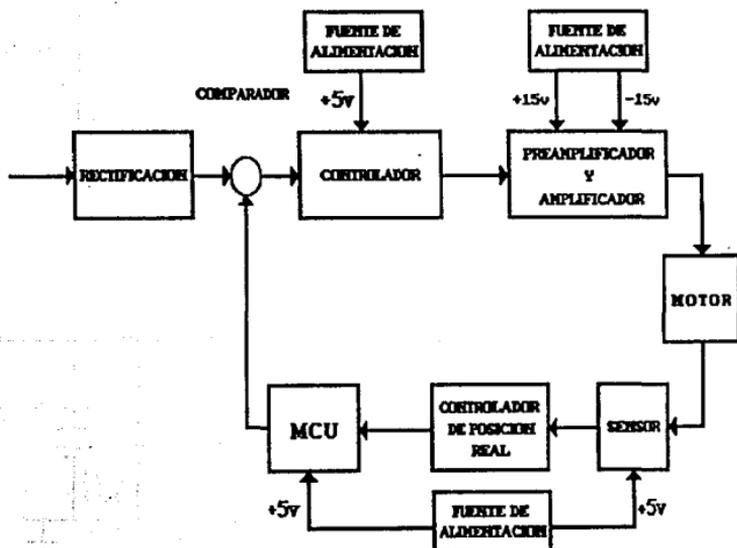


Fig. 2: Esta figura nos muestra el diseño de rectificación y regulación, la cual se realiza por derivación, para las salidas de  $\pm 15$  volts, el elemento principal en esta etapa es el diodo Zener, y el transistor, los cuales sirven para mantener el voltaje y la corriente.

### RECTIFICADOR Y FUENTE DE ALIMENTACION DE $\pm 15$ v

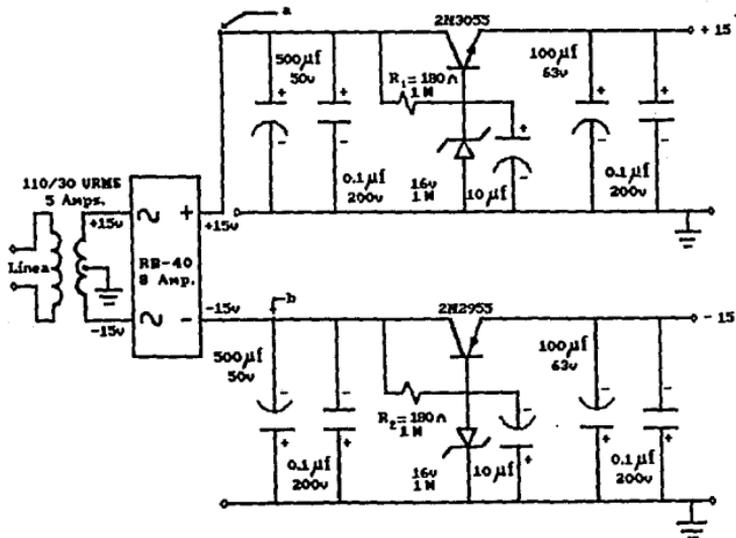


Fig. 3: La figura sólo muestra cómo se realizó la regulación a +5 y -5 volts esta se hizo por medio de los circuitos que aquí se muestran.

### FUENTE DE ALIMENTACION DE $\pm 5v$

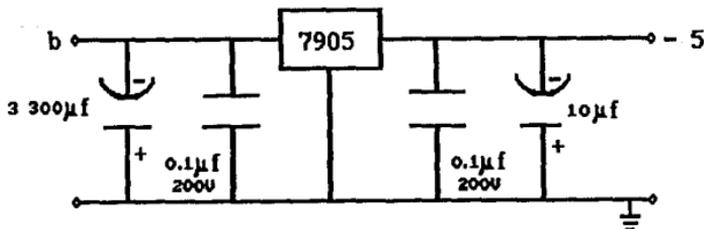
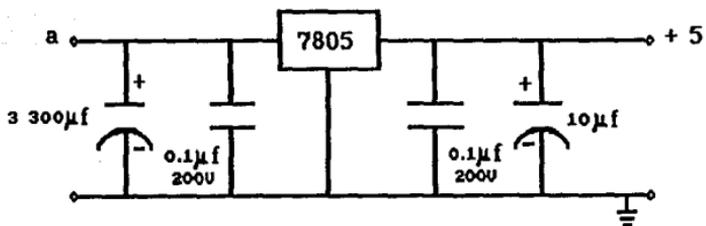


Fig. 4: Representa la etapa de potencia para los motores de corriente directa. La preamplificación es realizada por el amplificador operacional configurado como inversor y los transistores NPN y PNP realizan la amplificación.

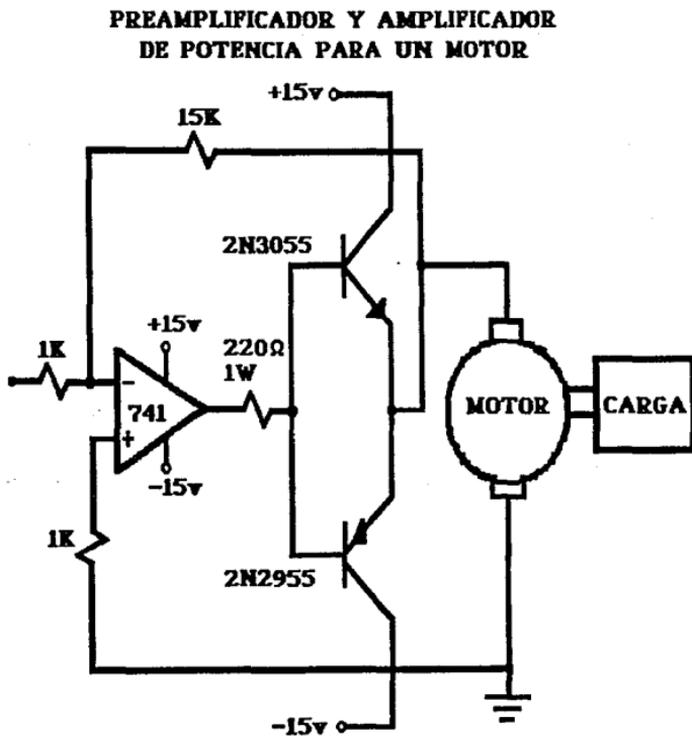


Fig. 5: Esta figura nos muestra el diseño del sensor utilizado para el motor de movimiento lineal y para el angular el sensor es similar, sólo se le adiciona un reductor de velocidad en la flecha.

### SENSOR PARA CONTROLAR EL DESPLAZAMIENTO DEL MOTOR

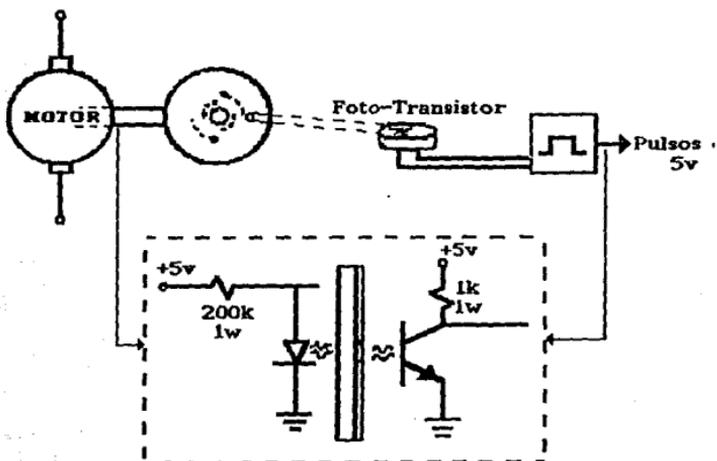
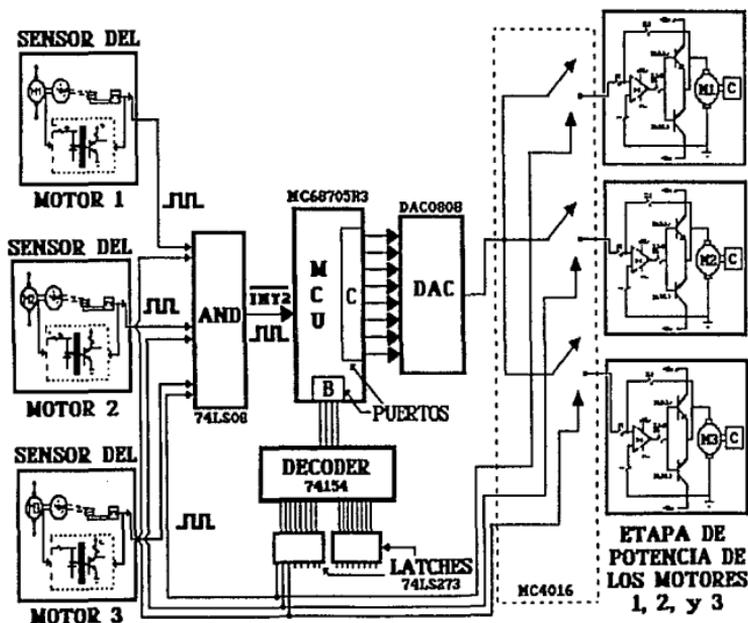


Fig. 6: Presenta la primer solución diseñada para el control de los motores.

De la etapa de sensado se tomará una línea de cada sensor, la cual será una entrada a un circuito AND y la otra entrada serán las líneas de control proporcionadas por el MCU (y la lógica empleada para darlas), con ello se sabrá qué motor está operando y el MCU recibirá la señal de reloj en INT2.

Del MCU proporciona qué motor debe operar y habilita su línea de control para que funcione. La señal de arranque y paro para cada motor la proporciona el MCU por software, necesita para ello la señal de la etapa de sensor que se introduce en INT2 y con ésta lleva una cuenta interna para realizar la comparación.

El desplazamiento que realice el motor será en un sentido u otro de acuerdo al valor proporcionado en la programación.



**Fig. 7:** Presenta la segunda solución diseñada para el control de los motores.

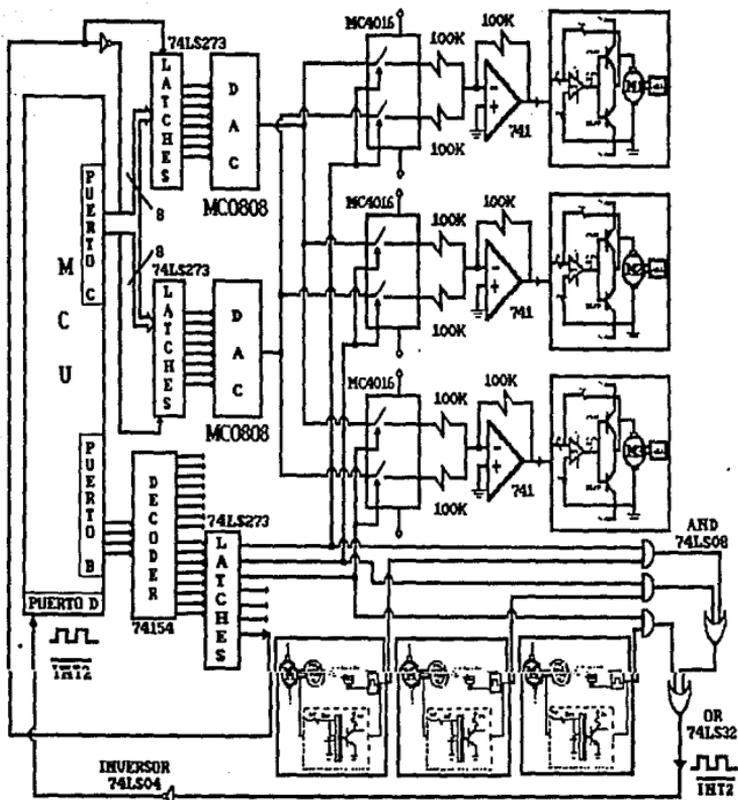
El MCU proporciona por software el valor del desplazamiento para el motor, dicho valor pasa a uno de los latches y al DAC, la salida del DAC es una de las entradas a un switch, el cual se habilita con la línea de control dada por el MCU.

En una de las salidas del switch no se presenta ningún valor y en la otra sí deberá presentarse, las salidas de dicho switch serán la entrada del amplificador el cual funciona como inversor y éste proporciona como salida un voltaje.

El voltaje es la entrada a la etapa de potencia para que arranque el motor y con ello la etapa de sensado opere y proporcione la serie de pulsos para la señal INTZ al MCU, que será la señal de comparación.

Al entrar el tren de pulsos en INTZ se está realizando la retroalimentación al sistema y esto propicia que el MCU de el nuevo valor del desplazamiento para que el motor se detenga.

La etapa de retroalimentación proporciona el dato del desplazamiento al otro latch y al DAC, al switch que esté habilitado y con ello sus salidas del switch tendrán un valor no nulo y da como resultado que a la entrada del amplificador se realice una diferencia.



**Fig. 8:** Presenta la tercer solución diseñada para el control de los motores.

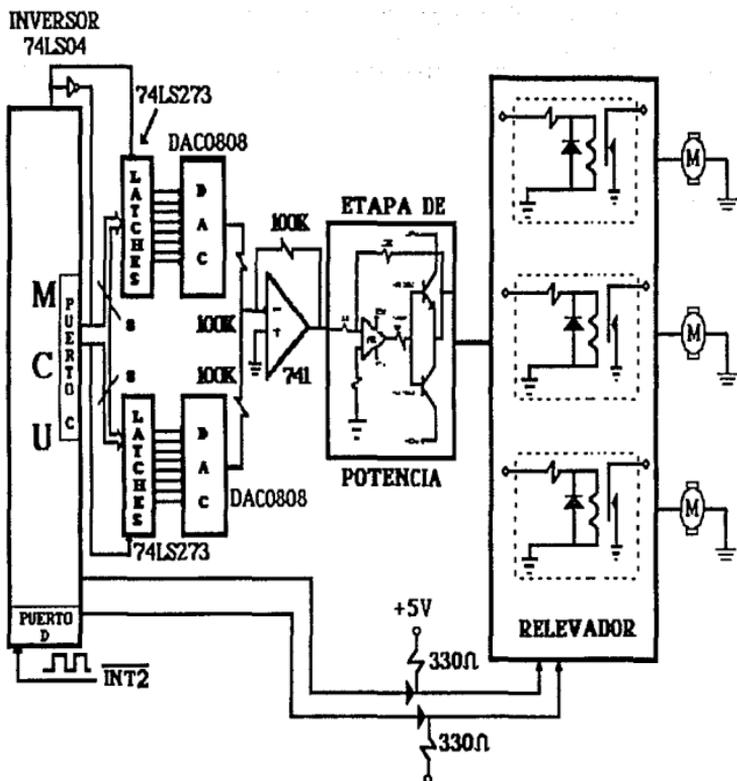
El MCU proporciona por software el valor del desplazamiento para el motor. En el latch activado se recibe el valor y este lo envía al DAC que tiene conectado, y la salida del DAC será la entrada al amplificador operacional conectado en forma de inversor. La salida del amplificador es la entrada a la etapa de potencia, dado que en este caso sólo se emplea uno para los tres motores, sólo que entre esta etapa y los motores se encuentra un relevador, el cual funciona como switch por medio de la habilitación en la etapa de potencia y la línea de selección de control desde el MCU para indicar qué motor deberá trabajar.

La etapa de sensado opera como antes se ha mencionado, con lo cual el MCU recibirá en  $\overline{INT2}$  los pulsos para llevar el conteo, que nos proporcionará el valor de comparación a enviar en el otro latch y al DAC, esto propicia que a la entrada del amplificador se realice una diferencia para obtener a la salida un valor menor, mayor o nulo, que indicará que se desplace hacia la derecha, izquierda o que se detenga.

De los diagramas presentados anteriormente (figuras 6, 7 y 8) que representan posibles soluciones para la etapa de control se eligió la que se ilustra en la figura 7, principalmente por las siguientes características:

Posee un elemento que conserva el valor de comparación, para efectuar el desplazamiento requerido del motor seleccionado, y con ello se tiene mayor control del mismo.

No contiene elementos que requieran potencias elevadas (como relevadores), dado que sería necesario tener elementos de protección adicionales al diseño, para prevenir problemas a los circuitos integrados utilizados.



"M.C.U"**IV.1 PRINCIPIO DE OPERACION Y CARACTERISTICAS DEL MC-68705R3**

El MC-68705R3 es un circuito microcomputador del tipo ó tecnología HMOS, maneja un BUS interno de 8 bits y contiene: CPU, reloj interno, memoria EPROM, programa de autocarga (bootstrap) residente en ROM, memoria RAM, 4 puertos de entrada/salida (I/O) digital, convertidor analógico/digital (A/D) y contador de tiempo (timer). Debido a sus características, ofrece al usuario medios económicos para el diseño de prototipos de evaluación de equipos que contendrán algún otro tipo de MCU de la misma familia sin memoria EPROM, o para producciones piloto y de bajo volumen.

Debido a lo completo del circuito en cuanto a componentes internos, y en especial a la presencia del convertidor A/D (hasta 4 entradas analógicas), y a la memoria EPROM, así como al bajo costo del dispositivo, se eligió al MC68705R3 como parte medular de este diseño.

Este dispositivo contiene circuitos de protección contra entradas que puedan ocasionar algún daño debido a los altos voltajes provocados por la estática o campos eléctricos, sin embargo se deben tomar precauciones para evitar estos altos voltajes. Para propósito de operación es recomendable que Vin y Vout sean forzados a tener valores dentro del rango de Vss a Vcc.

El circuito integrado MC68705R3, se muestra en la siguiente figura IV.1.1, en donde se puede apreciar la distribución de las terminales, respecto a las señales de entrada y salida aplicables a este dispositivo.

A continuación describiremos las señales del MC68705R3:

**V<sub>cc</sub>** y **V<sub>ss</sub>**: Son señales de alimentación; V<sub>cc</sub> alimentación positiva y V<sub>ss</sub> es tierra.

### Terminales del MCU MC68705R3

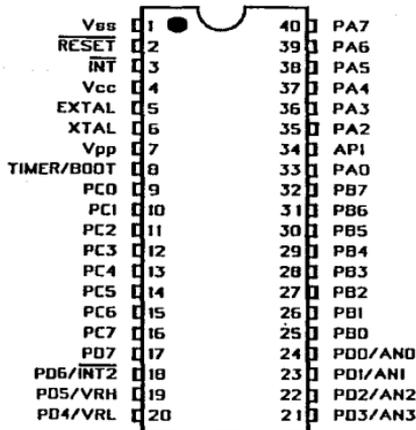


Fig. IV.1.1 Diagrama del chip del "MCU".

**INT:** Señal externa que asigna un evento de interrupción asíncrona al procesador, puede ser usada también, junto con la instrucción BIL y BIH.

**XTAL y EXTAL:** Estas señales permiten la conexión con el reloj interno del circuito oscilador. Un cristal, una resistencia, o una señal externa, pueden ser conectados a estas terminales para conformar un sistema que genere las señales de reloj.

**TIMER/BOOT:** Entrada externa empleada para el control del circuito del timer. Esta terminal también detecta un nivel de voltaje alto usado para el programa de autocarga o bootstrap.

**RESET:** Esta terminal tiene una entrada schmitt trigger, para asegurar un nivel apropiado. El MCU puede ser inicializado o puesto en estado de reset, al aplicar un pulso bajo a esta terminal.

**Vpp:** Esta terminal es usada para habilitar la programación de la memoria EPROM.

**Líneas de entrada/salida:** (PA0-PA7, PB0-PB7, PC0-PC7, PD0-PD7 ). Estas 32 líneas están ordenadas dentro de cuatro puertos de 8 bits. Cada línea de los puertos A, B y C son programables como entradas o salidas, bajo control del software, por medio del registro de dirección de datos (DDR). El puerto D cuando el convertidor A/D es usado, tiene cuatro entradas analógicas, más dos entradas para voltajes de referencia (VRH, VRL), una entrada  $\overline{INT2}$ , y de 1 a 8 entradas digitales. Todas las líneas del puerto D pueden ser directamente leídas y usadas como entradas digitales. Si cualquier entrada analógica es usada, entonces el voltaje de referencia (VRH y VRL) debe ser usado en el modo analógico.

#### Memoria

El MCU MC68705R3, cuyo mapa de memoria se muestra en la siguiente figura IV.1.2, es capaz de direccionar 4,096 bytes de memoria y registros de entrada/salida con el contador de programa. El MCU tiene implementados 4,093 bytes de estas localidades de la siguiente forma:

#### En EPROM

- 3,776 bytes para programa y datos de usuario.
- 1 byte para registro opcional de enmascarado (MOR).

#### En ROM

- 191 bytes para el programa de autocarga (bootstrap).

#### En RAM

- 112 bytes para datos de usuario.
- 7 bytes para entrada/salida.
- 2 registros del timer.
- 2 registros del convertidor A/D.
- 1 registro misceláneo.
- 1 byte para registro de control del programa (PCR). (ver Fig. IV.1.2)

## Mapa de memoria del MC68705R3

7	0	7	6	5	4	3	2	1	0
000	I/O Ports Timer RAM (128 Bytes)	\$000	0	Port A Data					\$000
			1	Port B Data					\$001
127		\$07F	2	Port C Data					\$002
128		\$080	3	Port D Data					\$003
	Page Zero User EPROM (128 Bytes)		4	Port A DDR*					\$004*
			5	Port B DDR*					\$005*
255		\$0FF	6	Port C DDR*					\$006*
256		\$100	7	Not Used					\$007
	User Main EPROM (3640 Bytes)		8	Timer Data Reg					\$008
			9	Timer Control R.					\$009
3895		\$F37	10	Misc Reg					\$00A
3896	MOR	\$F38	11	Program Control Register					\$00B
3897	Bootstrap ROM (192 Bytes)	\$F39	12	Not Used					\$00C
			13	Not Used					\$00D
4087		\$FF7	14	A/D Control Reg					\$00E
4088	Interrupt Vectors EPROM (8 bytes)	\$FF8	15	A/D Register					\$00F
			16	RAM (112 Bytes) Stack ( 31 Bytes Max)					\$010
4095		\$FFF							
			127						\$07F

Fig. IV.1.2 Esquema general del mapa de memoria del "MCU".

La EPROM de usuario se localiza en dos áreas; la principal en las localidades \$080 a \$F37, mientras que la secundaria de 8 bytes y que está reservada para vectores de interrupción/reset, está en las localidades \$FF8 a \$FFF. El registro de opción de máscara en la localidad \$F38 completa el total.

El MCU usa 13 de 16 localidades bajas de memoria para el control del programa, características de entrada/salida tales como puertos y direcciones de las terminales de los mismos, el timer y registros del convertidor A/D. Los 112 bytes de RAM incluyen 31 bytes para el stack. El área del stack es usada durante el proceso de interrupción y llamadas a subrutinas.

### Unidad Central de Proceso (CPU)

El CPU de la familia M6805 es implementado independientemente de la configuración de entrada/salida o memoria. Consecuentemente, puede ser tratado como una central de procesamiento de comunicación independiente con entradas y salidas, direccionamiento de memoria, datos y control de buses internos.

### Registros

El CPU tiene 5 registros utilizables por programa. Estos registros se explican a continuación:

- **Acumulador (A):** Es un registro de 8 bits y de propósito general, usado para retener operandos y resultados de cálculos aritméticos o manipulación de datos.
- **Registro Índice (X):** Es un registro de 8 bits que puede ser usado con efectividad en el modo de direccionamiento indexado. El valor del contenido en él puede ser agregado a otra cantidad en alguna instrucción, para crear una dirección efectiva. El registro índice puede también ser usado para manipulación de datos usando las instrucciones de lectura/modificación/escritura. Otro posible uso del registro índice es como área de carga temporal.
- **Contador de Programa (PC):** Es un registro de 12 bits que contiene las direcciones de la próxima instrucción a ser ejecutada.
- **Apuntador del Stack (SP):** Es un registro de 12 bits que contiene las direcciones de la próxima localidad libre en el stack. Durante un reset al MCU o al ejecutarse la instrucción de reset del apuntador del stack (RSP), su contenido es inicializado con el valor \$07F. Los siete bits más significativos de este registro se encuentran permanentemente en el valor 0000011.
- **Registro de Código de Condición (CC):** Es un registro de 5 bits, del cual cuatro bits son usados para indicar algunos resultados de la instrucción recientemente ejecutada. Los bits de este registro pueden ser individualmente probados por el programa, con

el fin de ejecutar acciones dependientes del valor de alguno o algunos de ellos. A continuación se explica cada uno de estos cinco bits (H, I, N, Z y C).

**HALF CARRY (H):** Se enciende durante las operaciones ADD y ADC cuando ocurre un carry entre los bits 3 y 4.

**INTERRUPCION (I):** Cuando este bit se enciende, el timer y la interrupción externa INT son enmascarados (deshabilitados). Si ocurre una interrupción en algún momento cuando este bit está encendido, la interrupción es mantenida y procesada en cuanto el bit de interrupción se apaga.

**NEGATIVO (N):** Cuando se enciende este bit, indica que el resultado de la operación aritmética/lógica o manipulación de datos anterior, fue negativo (el bit 7 en el resultado es un 1 lógico).

**CERO (Z):** Cuando se enciende este bit, indica que el resultado de la operación aritmética/lógica o manipulación de datos anterior, fue cero.

**CARRY/BORROW (C):** Cuando se enciende este bit, indica que un carry o acarreo salió de la unidad aritmética lógica (ALU) como consecuencia de la operación aritmética anterior. Este bit es también afectado durante las instrucciones de prueba de bits (bit test), de saltos (branch), de corrimientos (shift) y de giros (rotate).

#### Timer

El timer del MCU, consta de un contador de 8 bits programable por software, el cual es manejado por un prescaler de 7 bits. Pueden seleccionarse diferentes opciones para proveer las señales de reloj al prescaler y al contador. La selección de forma de operación del timer, se realiza por medio del registro de control del timer (TCR) y/o el registro de opción enmascarable (MOR). El TCR también contiene los bits de control de interrupción.

El diagrama de bloques del circuito del timer se muestra en la siguiente figura IV.1.3. El valor inicial del contador de 8 bits puede ser cargado bajo control del programa y decrementado hasta cero a través de una señal que entre por la terminal fc<sub>IN</sub> del contador.

## DIAGRAMA DE BLOQUES DEL TIMER

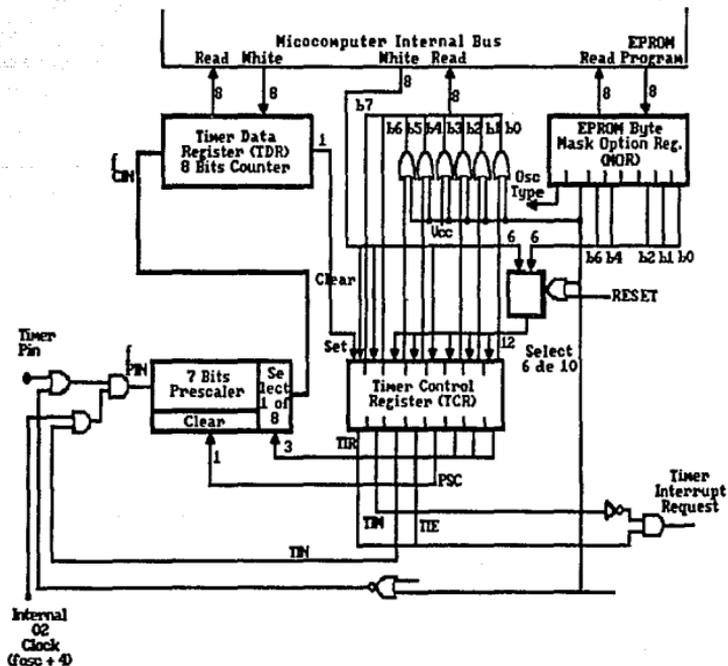


Fig. IV.1.3 Diagrama de bloques de timer.

Una vez que el contador se ha decrementado a cero, se enciende el bit (b7 del TCR) que es la solicitud de interrupción del timer TIR (Timer Interrupt Request). Asimismo, la máscara de interrupción del timer TIM (Timer Interrupt Mask) bit 6 del mismo registro, puede ser encendido por software para inhibir la solicitud de interrupción, o apagado por el mismo medio para pasar dicha solicitud al procesador. Cuando el bit I es limpiado en el registro de código de condición, el procesador recibe la interrupción del timer y responde a ella: guardando su mismo estado presente en el stack, buscando el vector de interrupción del timer en las localidades de memoria \$FF8-\$FF9 y ejecutando la rutina de interrupción correspondiente.

El contador sigue contando (decrementado), pasando de cero a \$FF. De esta manera, puede ser leído en cualquier momento por el procesador, sin que se perturbe la cuenta. Esto permite a los programas determinar el tiempo transcurrido desde que ocurrió una interrupción del timer, sin alterar el proceso de conteo.

La entrada de señal de reloj para el timer puede ser externa, aplicada a la terminal de entrada del timer, o puede ser la señal interna 02.

#### Reinicio (Reset)

El MCU puede ser reinicializado de dos formas; una de ellas es la suspensión de la alimentación de corriente por medio del encendido/apagado y la otra forma es a través de la terminal para reinicializado externo (RESET). El circuito interno conectado a la terminal de RESET es un schmitt trigger que sensa el nivel lógico de esta línea.

#### Opciones para el generador de señal de reloj

El circuito generador de señal de reloj, está diseñado para requerir de un mínimo de componentes externos; un cristal, una resistencia, un puente (jumper) o una señal externa, pueden ser usados para generar la señal de reloj del sistema, con diversas relaciones estabilidad/costo. Para el presente diseño, se eligió un cristal externo.

### DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MC68705R3

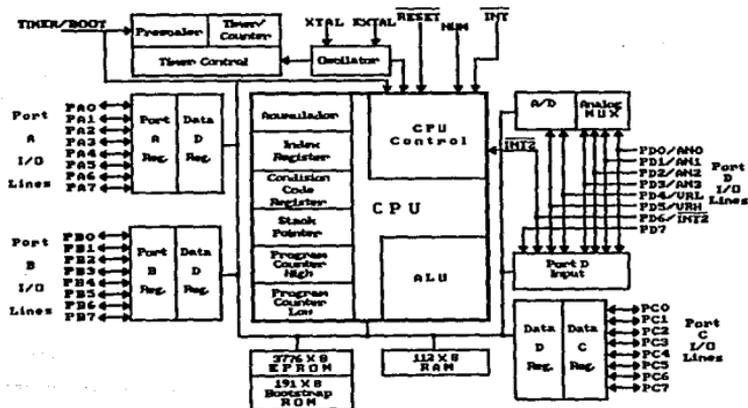


Fig. IV.1.4 Diagrama de bloques del microcomputador MC68705R3.

### ROM de Autocarga

El ROM de autocarga (bootstrap), contienen un programa cargado en fábrica, que permite al MCU realizar búsqueda de datos en un componente externo y transferirlos al EPROM del MC68705R3.

El programa de autocarga proporciona; generador de pulsos de programación, generación adecuada en tiempo de señal de entrada  $V_{pp}$  y verificación después de la programación.

### Interrupciones

El MCU puede ser interrumpido de cuatro maneras diferentes: a través del conector de entrada de interrupción externa (INT), por la petición de interrupción interna del timer, por el conector de entrada del bit 6 del puerto externo D (INT2), o por el software con la instrucción de interrupción (SWI). Cuando ocurre cualquier tipo de interrupción, la instrucción en ejecución (incluyendo SWI) es completada, el procesamiento se suspende, el estado presente en el CPU es colocado dentro del stack, el bit de interrupción (I) del registro de código de condición es encendido, la dirección de la rutina de interrupción es obtenida del vector de interrupción apropiado y ejecutada la rutina de interrupción correspondiente. Introducir en el stack el registro del CPU, encender el bit I, y localizar el vector requiere un total de 11 periodos de máquina. La rutina de servicio de interrupción debe terminar con una instrucción de regreso de interrupción (RTI), lo que permite al MCU volver a continuar el procesamiento del programa que se estaba ejecutando cuando sucedió dicha interrupción (por medio de recuperar del stack el estado previo del CPU). La tabla siguiente provee un listado de los tipos de interrupción, su prioridad y la dirección del vector que contiene la dirección de inicio de la rutina de servicio de interrupción adecuada. La prioridad de interrupción es aplicable a aquellas interrupciones pendientes cuando el CPU está listo para aceptar una nueva interrupción. La señal de **RESET** también se lista en esta tabla, ya que es tratada como una interrupción, aunque no es normalmente empleada como tal.

Cuando está encendido el bit de máscara de interrupción del registro de código de condición, la interrupción es mantenida para ejecutarla más tarde.

Interrupción	Prioridad	Vector de Direccionamiento
RESET	1*	SFFE y SFFF
SWI	2	SFFC y SFFD
INT	3	SFFA y SFFB
TIMER/INT2	4	SFF8 y SFF9

- \* La prioridad 2 se aplica solamente cuando está encendido el bit I en el registro de código de condición (como al estar ocurriendo una rutina de servicio). Cuando I = 0 y todas las interrupciones están siendo aceptadas, SWI tiene prioridad 4 (como cualquier otra instrucción). La prioridad de INT cambia entonces a 2 y la del timer a 3.

El timer y la señal INT2, comparten el mismo vector de direccionamiento, por lo que la rutina de interrupción debe determinar la fuente de la misma, examinando los bits de solicitud de interrupción (TCR b7 y MR b7). Tanto TCR b7 como MR b7, por software solo pueden ser colocados en 0 lógico.

Las interrupciones externas INT e INT2 están sincronizadas y acopladas a el borde de caída de la señal de entrada. La interrupción INT2 tiene un bit de petición de interrupción (bit 7) y un bit de máscara (bit 6), ambos localizados en el registro misceláneo (MR). Cuando el bit de máscara está encendido, la interrupción INT2 se inhibe. La señal INT2 siempre es leída como una entrada digital del puerto D. Si se encuentran encendidos los bits de petición de interrupción INT2 y del timer, hacen que el MCU procese una interrupción siempre y cuando el bit I del registro de código de condición esté apagado.

Una interrupción por software (SWI) es una instrucción ejecutable, que se efectúa sin importar el estado del bit I en el registro de código de condición. Este tipo de instrucción es a menudo empleada como punto de ruptura para revisión de programas o como llamadas del sistema.

#### Convertidor Analógico Digital (A/D)

El MCU tiene internamente implementado un convertidor analógico digital de 8 bits, que emplea la técnica de aproximaciones sucesivas. Hasta cuatro entradas analógicas externas

se pueden conectar al convertidor A/D por medio del puerto D y a través de un multiplexor interno. Adicionalmente pueden emplearse cuatro señales analógicas internas para propósitos de calibración ( $V_{rm}$ ,  $V_{rm/2}$ ,  $V_{rm/4}$  y  $V_{rl}$ ).

La selección de señal en el multiplexor interno del MCU, es controlada por los bits 0, 1 y 2 del registro de control del convertidor A/D (ACR), de acuerdo a lo que se muestra en la tabla siguiente. Dicho registro es puesto a ceros, durante cualquier condición de reinicio (reset).

Registro de control del convertidor A/D			Entrada elegida
ACR2	ACR1	ACR0	
0	0	0	AN0
0	0	1	AN1
0	1	0	AN2
0	1	1	AN3
1	0	0	VRH
1	0	1	VRL
1	1	0	VRH/4
1	1	1	VRH/2

Siempre que se escriben datos en el ACR, se aborta la conversión que se está llevando a cabo, la bandera de conversión completa se limpia (bit 7 del ACR) y la entrada seleccionada es muestreada y mantenida internamente.

El convertidor opera continuamente, empleando 30 ciclos de máquina para completar una conversión de la entrada analógica muestreada. Cuando la conversión se completa, la muestra digitalizada o valor digital, es colocado en el registro de resultado del convertidor A/D (ARR), la bandera de conversión completa es encendida, la entrada seleccionada es muestreada de nuevo y se inicia una nueva conversión.

El convertidor A/D es ratiométrico o relacional. Se provee de dos voltajes de referencia ( $V_{RH}$  y  $V_{RL}$ ) al convertidor, por medio de algunas terminales del puerto D. Si el voltaje de entrada es igual a  $V_{RH}$  se convierte en \$FF (escala completa) y si es igual a  $V_{RL}$  se convierte en \$00. Cualquier voltaje de entrada mayor que  $V_{RH}$  es convertido en \$FF sin proporcionar indicación alguna de saturación (overflow). Para conversiones ratiométricas, la fuente de donde provengan las señales a las entradas analógicas, deberá usar el voltaje  $V_{RH}$  como voltaje de alimentación y estar referido al voltaje  $V_{RL}$ . (ver Fig. IV.1.5)

### DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CONVERTIDOR A/D

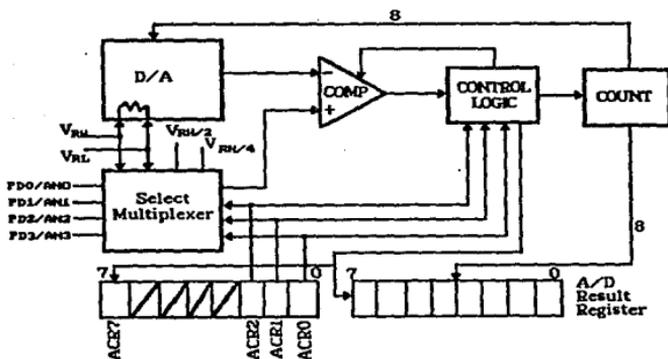


Fig. IV.1.5 Diagrama de bloques del convertidor A/D.

### Registro de Control del Timer (TCR)

La configuración del TCR está determinada por el nivel lógico del bit 6 (opción del timer TOPT) en el registro de opción de enmascaramiento (MOR). A continuación se muestran dos configuraciones del TCR, una para TOPT = 1 y la otra para TOPT = 0, TOPT = 1 configura al TCR para emular al circuito MC6805R2, mientras que con TOPT = 0, se provee control por software del TCR. Cuando TOPT = 1, las opciones de enmascaramiento del prescaler son programables por el usuario a través del MOR.

#### TCR con MOR TOPT = 1 (Emulación del MC6805R2)

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	Registro de Control del Timer \$009
TIR	TIM	1	1	PSC*	1	1	1	

#### TCR con MOR TOPT = 0 (Timer programable por software)

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	Registro de Control del Timer \$009
TIR	TIM	TIN	TIE	PSC*	PS2	PS1	PS0	

\* Solo escritura, se lee como cero.

La descripción de cada bit del TCR es la siguiente:

#### b7: TIR Solicitud de Interrupción del Timer (Timer Interrupt Request)

Empleado para iniciar una interrupción del timer o señalar un nivel mínimo en el registro de datos del timer (TDR), cuando es un 1 lógico.

1 = Encendido cuando el total de bits del registro de datos del timer cambia a ceros.

0 = Apagado por reset externo o bajo control del programa.

**b6: TIM Máscara de Interrupción del Timer (Timer Interrupt Mask)**

Empleado para inhibir la interrupción del timer al procesador, cuando es un 1 lógico.

1 = Encendido por un reset externo o bajo control del programa.

0 = Apagado bajo control de programa.

**b5: TIN Externo o Interno (External or Internal)**

Selecciona la fuente de entrada del reloj, para que sea la terminal externa del timer (8) a la interna 02.

1 = Selecciona la fuente de reloj externa.

0 = Selecciona la señal interna 02 ( $f_{osc}/4$ ).

**MODOS DE TIN-TIE**

TIN	TIE	RELOJ
0	0	Reloj Interno (02)
0	1	Relojes Externo e Interno combinados por compuerta AND
1	0	Sin Reloj
1	1	Reloj Externo

**b4: TIE Habilitador Externo (External Enable)**

Empleado para habilitar la terminal externa del timer (8) o el reloj interno (si TIN=0), sin importar el estado de la terminal externa del timer (deshabilita el funcionamiento de reloj combinado con compuerta). Cuando TOPT=1, TIE se encuentra siempre en 1 lógico.

1 = Habilita la terminal externa del timer.

0 = Inhibe la terminal externa del timer.

**b3: PSC Apagar el Preescalador (Prescaler Clear)**

Este es un bit de solo escritura. Se lee como 0 lógico de manera que BSET y BCLR funcionen correctamente en el TCR. Al escribir un 1 en PSC, se genera un pulso que limpia el preescalador.

**b2, PS2****b1, PS1****b0, PS0: Selección del Preescalador (Prescaler Select)**

Estos bits son decodificados para seleccionar una de 8 líneas en el preescalador del timer. A continuación se muestra la división en el preescalador, resultado de la decodificación de estos bits.

PS2	PS1	PS0 DIVISION EN EL PREESCALADOR	
0	0	0	1 (Salto del Preescalador)
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

**Registro de Opciones de Enmascarado (Mask Options Register; MOR)**

Este registro está implementado en EPROM. Como todos los demás bytes de EPROM, el MOR contiene ceros en todos sus bits antes de programar el MCU.

Cuando se emplea para emular el MC6805R2, 5 de sus bits se utilizan en unión con el preescalador. De los restantes, el bit b7 es utilizado para seleccionar el tipo de oscilador de reloj y los bits b3 y b4 no se usan. Los bits b0, b1 y b2 determinan la división efectuada en el preescalador del timer, el bit b5 determina la fuente de reloj del timer y el valor del bit TOPT(b6), se programa para configurar el TCR (1 lógico para emulación del MC6805R2).

Si el bit de opción de timer del MOR (TOPT) es 0, los bits b5, b4, b1 y b0 de dicho registro, dan el valor inicial de los bits respectivos del TCR al efectuar alguna operación de reset. Después de la inicialización el TCR es controlable por software.

A continuación se da una descripción de los bits del MOR:

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	Registro de Opción de Máscara \$F38
CLK	TOPT	CLS			P2	P1	P0	

**b7: CLK Tipo de Reloj Oscilador (Clock Oscilador Type)**

1 = RC

0 = Cristal

**b6: TOPT Opción del Timer (Timer Option)**

1 = timer/prescaler tipo MC6805R2. Todos los bits excepto 3, 6 y 7 del registro de control del timer (TCR) son "invisibles" al usuario. Los bits 5, 2, 1 y 0 del registro de opción de máscara (MOR) determinan las opciones de máscara equivalentes a las del MC6805R2.

0 = Todos los bits del TCR son implementados para emplearlos como timer programable por software. El estado de los bits 5, 4, 2, 1 y 0 colocan el valor inicial de los bits correspondientes del TCR (después de su inicialización, el TCR es controlado por software).

**b5: CLS Fuente de Reloj del Prescaler del Timer (Timer Prescaler Clock Source)**

1 = prescaler del timer externo.

0 = frecuencia interna (02).

**b4:** Si  $TOPT = 1$  en el MOR no se emplea (emulación del MC6805R2).

Si  $TOPT = 0$  en el MOR, coloca el valor inicial de TIE del TCR.

**b3:** No se utiliza.

**b2, P2**

**b1, P1**

**b0, P0:** Opción del Preescalador (Prescaler Option)

Cuando se decodifican los niveles lógicos de estos bits, seleccionan una de 8 líneas del preescalador del timer. A continuación se muestra la división resultante de decodificar las diferentes combinaciones de estos tres bits.

P1	P2	P3 DIVISION EN EL PREESCALADOR	
0	0	0	1 (Salto del Preescalador)
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

#### Modos de Direccionamiento

El poder de cualquier computadora se basa en su habilidad para acceder la memoria. Los modos de direccionamiento del procesador proveen esta capacidad, a la vez que definen la forma en que se obtiene un dato a través de una instrucción.

El MC68705R3, cuenta con siete modos de direccionamiento, a los que denomina: inherente, inmediato, directo, extendido, indexado, relativo y de manipulación de bit.

- **Inherente:** Lo emplean instrucciones de un byte, la información con que operará el MCU se encuentra dentro de él, en alguno de los registros.

- **Inmediato:** Empleado con instrucciones de dos bytes. La información con la que trabaja el MCU, se da a continuación del código de la instrucción y está caracterizada por el signo # antes del dato.
- **Directo:** Este modo permite a la instrucción acceder cualquier localidad en la página cero, con una instrucción de dos bytes.
- **Extendido:** Este modo permite a una instrucción acceder cualquier localidad en memoria. Las instrucciones que operan en modo extendido son de tres bytes; uno para el código de la instrucción y una dirección de dos bytes.
- **Relativo:** Empleado solamente con instrucciones de bifurcación. Especifica una localidad relativa al valor actual del PC.
- **Modos Indexados:** En estos modos la dirección es variable y depende de dos factores: a) el contenido del registro índice y b) el offset contenido en los bytes a continuación del operando. Hay 3 tipos de direccionamientos indexados que son:

**Sin offset:** el contenido del registro índice es la dirección y opera con instrucciones de un byte.

**Offset de 8 bits:** la dirección es el contenido del registro índice más el contenido del byte siguiente al operando.

**Offset de 16 bits:** similar al anterior, pero se diferencia en que al ser más largo su offset, puede direccionar cualquier localidad de memoria.

- **Manipulación de bit:** Se divide en los siguientes tipos:

**Bit set/clear:** permite encender o apagar individualmente bits de alguna localidad de memoria o de registros de entrada/salida.

**Bit test branch:** es una combinación de los modos directo, relativo y bit set/clear. El byte de datos por revisar es localizado por medio de una dirección directa en la localidad siguiente al código del operando.

## CONVERTIDORES

Existen dos tipos de convertidores de datos, los digitales/análogos (D/A) y los analógicos/digitales (A/D) estos se pueden implementar con circuitos integrados.

### Convertidor Digital/Análogo (D/A)

El corazón del convertidor D/A es una serie de switches de operación-lógica, este arreglo utiliza un switch para cada bit de resolución; esto es  $n$  switches por  $n$  bits a convertir. Estos switches se encuentran conectando o desconectando una referencia de voltaje a la pata de una red de resistencias. Por otra parte para  $n$  bits de resolución, la red de resistencias puede tener  $n$  patas o entradas. El arreglo de los valores de las resistencias dentro de esta red determina la escala del convertidor. La función completa de un convertidor D/A incluye la referencia de voltaje y el amplificador buffer de salida. La fuente de referencia de voltaje es un voltaje estable el cual se aplica en el dispositivo de la red de resistencias, y es el elemento de mayor consideración en los convertidores D/A de precisión. Normalmente un circuito configurado con diodo Zener es usado para su alta estabilidad y precisión con una salida en el rango de 6 a 10 volts.

Conceptualmente, muchos convertidores D/A pueden ser usados en corriente o voltaje en su modo de salida, dependiendo de la aplicación. La corriente de salida del convertidor D/A se usa a la salida del convertidor directamente; un voltaje del dispositivo de salida usara un amplificador operacional en el modo de convertidor corriente a voltaje.

### Convertidores A/D

Así como el convertidor D/A existe un gran número de convertidores A/D.

#### Convertidor A/D tipo contador

El convertidor A/D tipo contador, se presenta en la Fig. IV.1.6 con retroalimentación, usa también un convertidor D/A, como parte de ésta, es uno de los convertidores A/D más simples y está implementado con compuertas comunes.

La base de operación de este convertidor A/D es la comparación de un voltaje en aumento a la salida del D/A con una entrada analógica conocida  $V_{in}$ , es un sistema de empuje A/D y requiere de un comando externo para iniciar una conversión. Al recibir el pulso del comando para realizar la conversión, el control lógico reinicia el contador a ceros y además pone la salida del convertidor D/A en cero.

El reloj entonces aumenta dentro del contador, el cual cuenta hasta llenar la escala. Similarmenete la salida D/A crece con cada pulso de reloj, hasta igualar la entrada analógica (Fig. IV.1.6).

En este punto el comparador cambia de estado señalando al control lógico que detenga al contador. Este número digital en el contador es entonces igual al voltaje de entrada (donde 1 LSB). La lógica sostiene este número indefinidamente o hasta que sea recibido un nuevo comando de conversión.

Se puede apreciar en el diagrama que es inherentemente lento en operación, porque se incrementa la salida D/A desde cero hasta un nivel conocido. Para llenar una escala de entrada, ésta toma  $2^n$  periodos de reloj, esto es 1024 ciclos para una conversión de 10 bit, 4096 para 12 y así sucesivamente.

Esta velocidad es relativamente lenta en los convertidores A/D de tipo contador. Sus ventajas son: relativa simplicidad y bajo costo.

#### El convertidor A/D por integración

El convertidor A/D por integración, implica un amplificador operacional integrado como parte de la operación básica de éste. El funcionamiento de este tipo de convertidores se aprecia mejor en el diagrama de bloques de la figura IV.1.7.

Un ciclo de operación del sistema se realiza en dos intervalos de tiempo básicos,  $t_1$  y  $t_2$ . El intervalo  $t_1$  es un intervalo grande y fijo determinado por diseño. Durante este intervalo la señal de entrada es conectada por el switch S1, el cual provoca un voltaje de salida del integrador  $V_{int}$  que será positiva. Dependiendo del nivel de voltaje  $V_{in}$  el voltaje  $V_{int}$  se extenderá a algún nivel positivo ( $V_{inta}$  o  $V_{intb}$ ) al final de  $t_1$ .

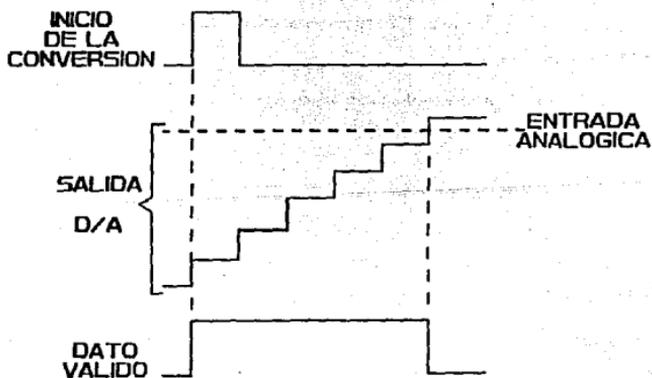
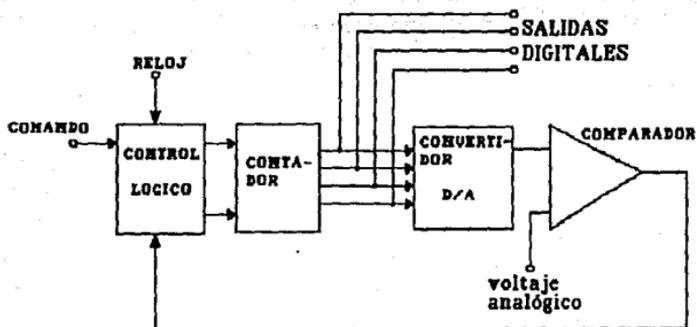


Fig. IV.1.6 . Convertidor A/D tipo contador.

Durante el tiempo  $t_2$  la entrada se desconecta y la polaridad opuesta de la referencia de voltaje es conectada, causando en  $V_{in}$  una rampa hacia abajo hasta una pendiente fija. Cuando la rampa de voltaje tienda a cero y dispara el comparador, el tiempo  $t_2$  termina.

Los intervalos de tiempo  $t_1$  y  $t_2$  son intervalos que pueden ser medidos por el contador. Este puede ser, mostrando que el tiempo  $t_2$  es una medida del voltaje de entrada desconocido  $V_{in}$ , como  $V_{in} = V_{REF}(t_2/t_1)$ .

Con  $V_{REF}$  y  $t_1$  constantes, el tiempo  $t_2$  es una medida directa de  $V_{in}$ . Este intervalo de tiempo es contado por un apropiado arreglo de contadores para una salida binaria, la salida de este contador es la salida digital.

La ventaja de este esquema es que los componentes R y C no serán críticos como ocurre en un largo estado de tiempo.

Adicionalmente la sincronización del reloj es relativamente no-crítica, no cambia apreciablemente durante un ciclo de conversión.

La ocurrencia absoluta depende principalmente de la referencia usada, y al convertir la doble pendiente tendrá capacidad para 12 bits binarios, o 3 dígitos (o más) de operación. Finalmente una de las más significativas ventajas de esta técnica es el inherente rechazo al ruido.

Esto es debido en parte a la integración de la señal de entrada, pero rechaza a una frecuencia específica tal como 50 o 60 Hz, puede ser maximizada por la operación del ciclo de operación en sincronía al dar niveles de rechazo de 50 a 60 dB.

La mayor desventaja del convertidor A/D integrador es el tiempo de conversión, normalmente es del orden de 10 milisegundos o más. El convertidor integrador tiene sus principales aplicaciones en instrumentación tal como volmetros digitales, cuando el tiempo de respuesta es relativamente largo y no se considera desventaja. Sofisticadas variaciones del concepto básico son las de calibración por fases con la base del ciclo de dos fases. Por ejemplo están los convertidores A/D integradores de 3 fases el cual corrige tendiendo a cero, y convertidores A/D de 4 fases el cual corrige ambas en cero y ganancia de corriente.

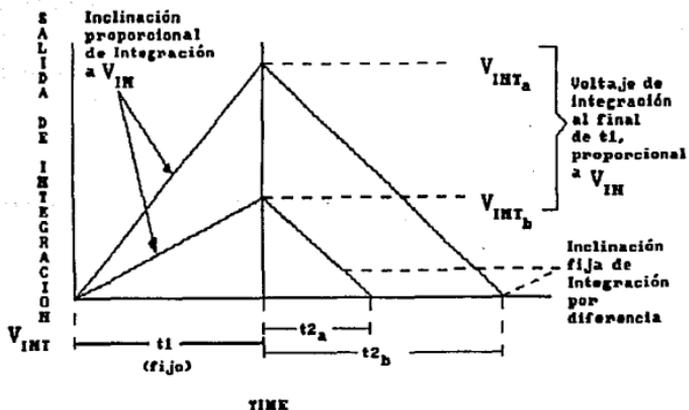
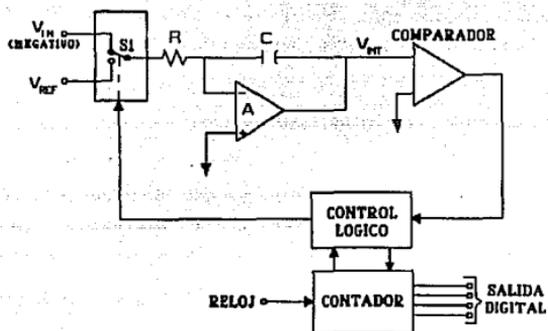


Fig. IV.1.7 Convertidor A/D por integración.

### Convertidor A/D por Aproximaciones Sucesivas

Un convertidor A/D por aproximaciones sucesivas se muestra en la figura IV.1.8. Este convertidor es conceptualmente simple, y similar al contador y tipos de servos, opera un principio de retroalimentación.

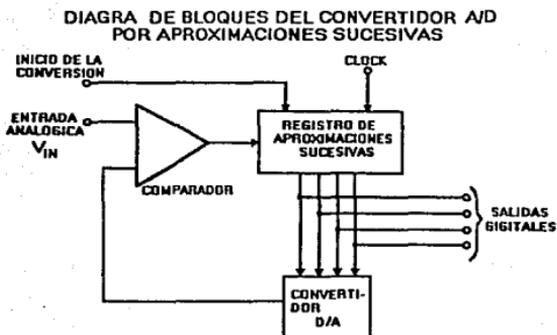
En la figura IV.1.8a. se puede ver que el comparador compara la salida del convertidor D/A con la entrada analógica, y lo lleva al registro de aproximaciones sucesivas. Este registro es un MSI lógico especializado, elemento diseñado específicamente para esta función, el cual opera como sigue: Recibe el convertidor un pulso de comando, el sistema tomará secuencialmente cada bit de entrada al convertidor D/A, para determinar el peso relativo con relación a la entrada. Esta será borrada con respecto al diagrama de tiempos.

Con respecto al nivel analógico 1 del primer ejemplo (Fig. IV.1.8b), el primer registro para el bit MSB compara con la entrada. Si es menor que el voltaje de entrada (como se muestra) es un bit izquierdo encendido.

Cuando el siguiente bit es examinado ve si la suma con el primer bit es mayor o menor que la entrada. Si es mayor lo apaga, si es menor lo enciende. Este proceso continúa en secuencia para los  $n$  bits hasta que todos sean probados.

Note que el voltaje D/A es reforzado en pasos sucesivos para cada bit hasta tomar al LSB del voltaje de entrada. Un segundo ejemplo de un bajo voltaje analógico se muestra como entrada analógica 2. La entrada analógica a un convertidor de aproximaciones sucesivas puede ser estable durante la conversión o tiene cambios menores de  $1/2$  LSB. Al final del ciclo de conversión, el dato quedará en el registro que será la palabra convertida digital, disponible en paralelo. Sin embargo el registro de aproximaciones sucesivas normalmente tiene disponible el dato en forma serial.

Este tipo de convertidor puede tener uno de los dos flujos (como lo muestra la figura) o ciclos continuos (libre carrera).



**DIAGRAMA DE TIEMPO**



**Fig. IV.1.8** Diagrama del convertidor A/D por aproximaciones sucesivas:

a) De bloques.

b) De tiempo.

El rendimiento en una conversión A/D en  $n + 1$  ciclos de reloj en un ciclo por bit en general, más un ciclo adicional de reloj para el registro de reset (reinicio). Este proceso de conversión es uno de los más rápidos, y su rapidez puede ir por abajo de 1 microsegundo por bit en algunas unidades.

Un convertidor de aproximaciones sucesivas puede ser muy exacto, pero esto es sólo una buena referencia, porque dentro está el convertidor D/A. Si la red de resistencias, de la red dentro del D/A no están bien igualadas o dirigidas, el convertidor A/D podrá ser no-lineal y puede no aceptar algunos códigos y ser inestable. Los tipos de convertidores de aproximaciones sucesivas están actualmente disponibles con 12 bits de resolución con 10 a 20 microsegundos de tiempo de conversión. Todos los arreglos de códigos están disponibles con este tipo de convertidor.

#### **Convertidor Paralelo A/D**

Este tipo de convertidor A/D paralelo está ilustrado en la Fig. IV.1.9. Como el nombre lo indica, es tipo de convertidor A/D opera por comparaciones simultáneas, comparando todos los niveles de código analógicos a la entrada.

Este es el más rápido de todos los tipos A/D, ya que está limitado en velocidad únicamente por el retardo de programación de los comparadores usados, y la decodificación lógica.

En operación, una resistencia comparte la entrada en cadena de un banco de comparadores a cada nivel de código, para obtener la resolución apropiada. Esta técnica requiere  $2^{n-1}$  comparadores de "n" bits de comparación; esta conversión es muy complicada en términos de hardware para resoluciones más allá de 5 o 6 bits.

La salida del comparador, no están en forma binaria; éstas requieren de un decodificador lógico.

Otros avances de esta técnica es tiempo real u operaciones continuas, en adición a la inherente alta velocidad. Esta es una técnica usada para la conversión de alta velocidad de señales analógicas tales como osciladores de video.

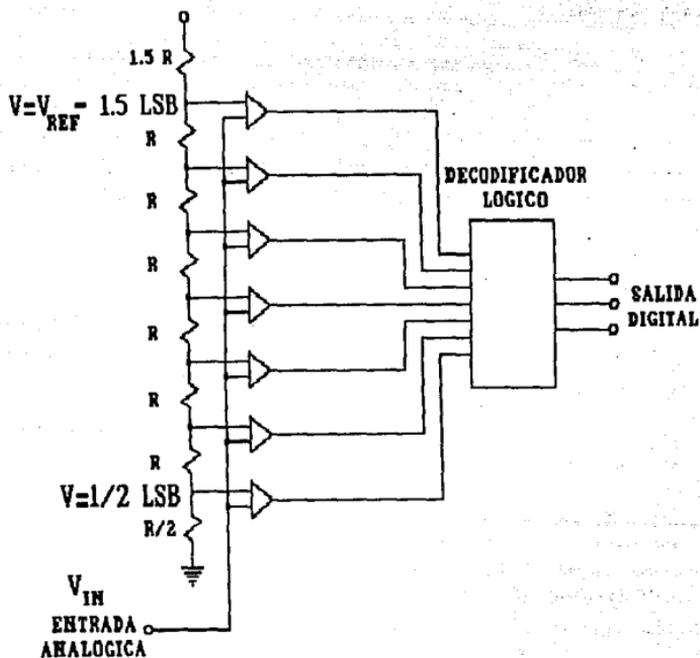


Fig. IV.1.9 Convertidor paralelo A/D.

## IV.2 CARACTERÍSTICAS Y SELECCION DEL TECLADO

Se denomina teclado al género de periféricos de entrada constituidos por un conjunto de botones pulsadores, de tal modo que cada botón corresponde a un carácter determinado, función, instrucción o idea.

El componente básico de un teclado es el pulsador individual. Generalmente, cada tecla controla un simple interruptor que permanece abierto mientras el pulsador está en descanso y se cierra cuando el pulsador es oprimido.

### Pulsadores Capacitivos

Este tipo de pulsadores aprovecha un cambio en la capacitancia de un condensador, para entregar una salida. (ver Fig. IV.2.1)

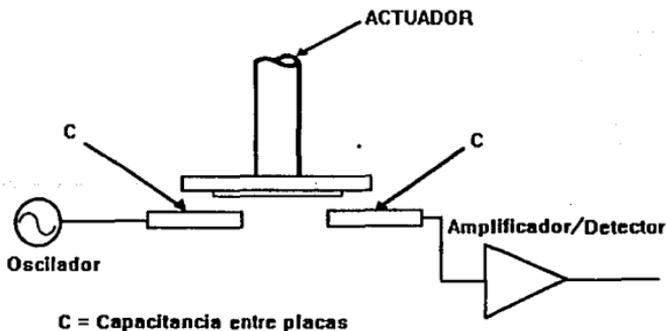


Fig. IV.2.1 Pulsador capacitivo.

Emplean dos superficies vecinas sobre un mismo circuito impreso, estando una de ellas excitada por la señal alterna de un oscilador, si se aproxima paralelamente una placa conductora sobre ambas superficies, se provoca un acoplamiento entre ellas, con lo que aparece una fracción de la señal alterna en la salida.

La señal de salida del pulsador debe ser convenientemente amplificada y convertida a niveles lógicos.

Existen múltiples variantes como los que utilizan contactos sensitivos, sin ningún elemento móvil.

Los pulsadores capacitivos ofrecen la elevada fiabilidad de los interruptores sin contactos móviles.

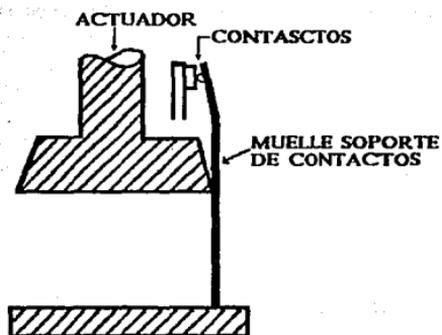
Dados los bajos niveles de la señal entregados por estos pulsadores, se presenta una acusada sensibilidad a interferencias y serios condicionamientos en: la estructura metálica del soporte; el trazado de pistas en el circuito impreso y la electrónica de amplificación, detección y conversión. Por todo ello solo aparecen disponibles formando parte de teclados completos producidos por fabricantes especializados.

#### **Pulsadores Mecánicos Convencionales**

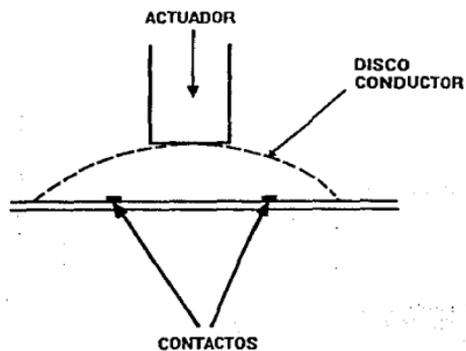
Los interruptores mecánicos son utilizados básicamente por su economía. El movimiento mecánico actúa directamente sobre los contactos, permitiendo sin grandes complicaciones, configuraciones de contactos múltiples. (ver Fig. IV.2.2)

#### **Pulsadores mecánicos de bovedillas**

Estos pulsadores emplean unos discos metálicos embutidos en forma de casquete esférico, que cuando son oprimidos pasan a una condición invertida, estableciendo el contacto requerido. Emiten un chasquido audible, que indica su operación correcta. (ver Fig. IV.2.3)



**Fig. IV.2.2** Pulsador mecánico.



**Fig. IV.2.3** Pulsador de bovedilla.

### Pulsadores de núcleos magnéticos

El elemento conmutador en este tipo de dispositivos, es un núcleo toroidal de ferrita, empleado como transformador.

El núcleo es atravesado normalmente por dos hilos: uno energizado a alta frecuencia que se emplea como primario; el segundo como secundario. El acoplamiento es muy bajo en la posición normal del pulsador, donde el núcleo está saturado por el campo del imán permanente, la depresión de la tecla desplaza el imán, eliminando la saturación del núcleo y generando una salida. Esta última es amplificada, rectificada y transferida a niveles lógicos. (ver Fig. IV.2.4)

Su fiabilidad es comparable a la de los pulsadores capacitivos, presentando igual que ellos una elevada criticidad en el trazado de las pistas del circuito impreso, por lo que generalmente se ofrece como parte integrante de un conjunto completo.

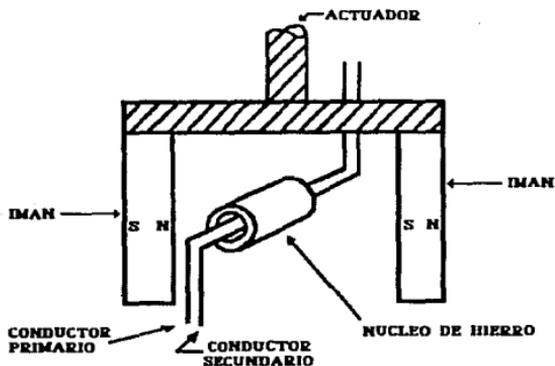


Fig. IV.2.4 Pulsador de núcleo magnético.

### Pulsadores de Efecto Hall

Estos pulsadores están formados por una pastilla semiconductor recorrida por una corriente continua y un campo magnético perpendicular a ella, que provoca una deformación de las líneas equipotenciales sobre la superficie del semiconductor, apareciendo una tensión de salida proporcional al producto de la corriente de polarización por la intensidad del campo magnético aplicado.

La conmutación se obtiene al aproximar un imán permanentemente al sensor, que desarrolla una tensión de salida que es amplificada y convertida en digital. (ver Fig. IV.2.5)

Generalmente el conjunto formado por: el sensor, amplificador, disparador Schmitt, monoestable opcional y paso de salida, forma un circuito integrado monolítico, asociado a cada pulsador.

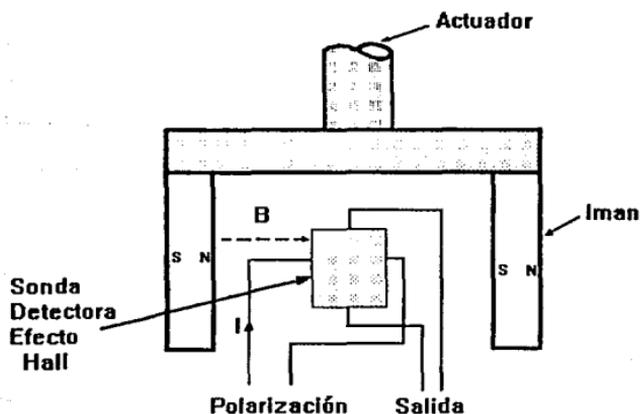


Fig. IV.2.5 Pulsador de efecto hall.

Dada la ausencia de contactos, la baja impedancia de todas las señales de interconexión y la insensibilidad a polvo, suciedad y contaminantes, este tipo de pulsadores ofrece la mayor fiabilidad (esencialmente duración infinita), solo limitada por el desgaste del elemento móvil y resorte de retorno. Este último en algunos casos, es sustituido por un sistema magnético de retorno, que proporciona simultáneamente una realimentación al tacto. (ver Fig. IV.2.6)

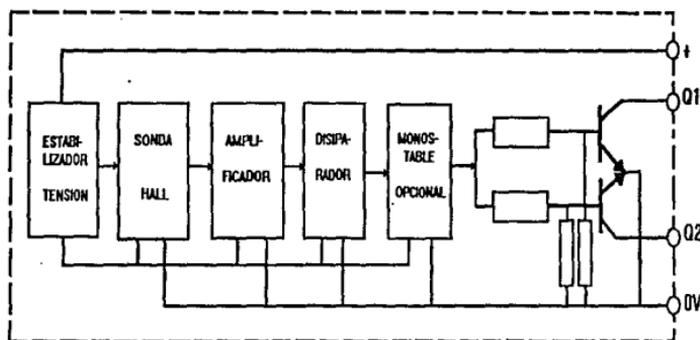


Fig. IV.2.6 Esquema a bloques del detector hall.

### Pulsadores Reed

Están formados por contactos inmersos en una atmósfera inerte, sellados por una cápsula de vidrio hermética. (ver Fig. IV.2.7)

El movimiento de la tecla desplaza un pequeño imán permanente que provoca el cierre de los contactos; dada la acción indirecta sobre estos últimos no se transmiten sobrecargas mecánicas que provoquen fatiga y desgastes prematuros. Por lo anterior y por la hermeticidad del encapsulado que impide la contaminación de los contactos, este tipo de pulsadores ofrecen una vida útil unas cinco veces superior al clásico pulsador mecánico.

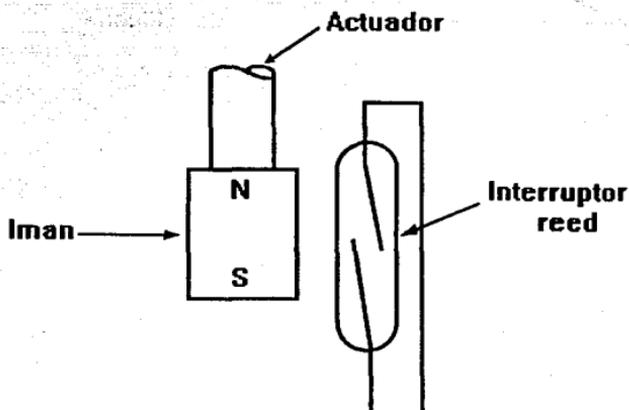


Fig. IV.2.7 Pulsador de láminas (REED).

#### Pulsadores mecánicos de lámina flexible

Este tipo de interruptor formado por una serie de láminas sobrepuestas, se basa en la deflexión de un diafragma flexible y conductor en su cara inferior, que permite establecer contacto a través de aberturas practicadas a un separador dieléctrico. (ver Fig. IV.2.8)

Una cubierta de silicón permite proteger los contactos contra contaminantes del medio. Algunas versiones más económicas emplean láminas flexibles de silicón conductor, que sustituyen la cubierta protectora y el diafragma con cara inferior conductora. En algunos casos se emplea una base serigrafiada de tinta conductora como sustrato.

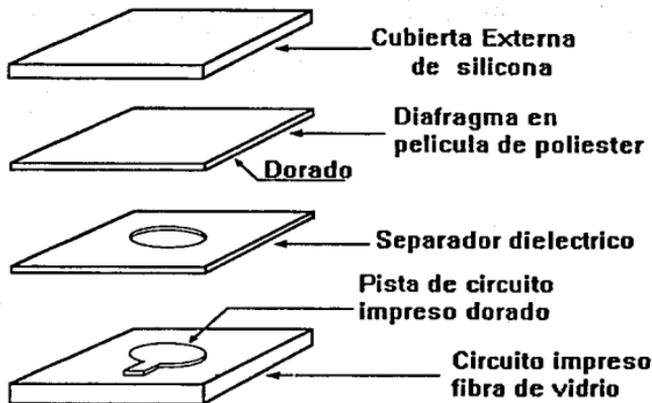


Fig. IV.2.8 Pulsador de lámina flexible.

### Rotulación

Con el fin de obtener una correcta identificación de cada uno de los distintos pulsadores que componen un teclado, es preciso rotular con los grafismos apropiados cada una de las teclas.

Para ligar a una tecla su correspondiente grafismo se utilizan distintas técnicas, siendo las más usuales: serigrafía, pantografiado, doble inyección y empleo de teclas transparentes rotulables.

### Teclas

El elemento unitario componente de un teclado, es el formado por el subconjunto: pulsador más tecla, que a menudo es denominado simplemente tecla. (ver Fig. IV.2.9)

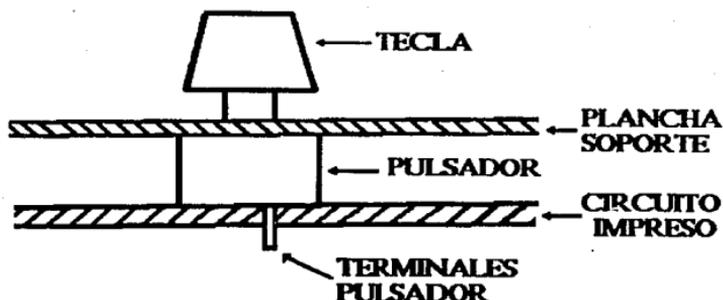


Fig. IV.2.9 Conjunto pulsador más tecla.

La tecla o capuchón, aún cuando no cumple ninguna función eléctrica, es absolutamente indispensable, con el fin de identificar claramente cada pulsador, así como para ofrecer una adecuada superficie de actuación para las características fisiológicas de manos y dedos del operador. (ver Fig. IV.2.10)

#### Codificación

Como señales de salida de un teclado, pueden utilizarse las conexiones correspondientes a todos y cada uno de los distintos conjuntos tecla-pulsador que lo constituyen. Esto puede ser válido para teclados simples formados por un reducido número de teclas; pero la dificultad va en aumento si el número total de teclas supera ciertos umbrales.

Evidentemente se han buscado soluciones mucho más efectivas que han sido centradas en la codificación de los datos de salida.

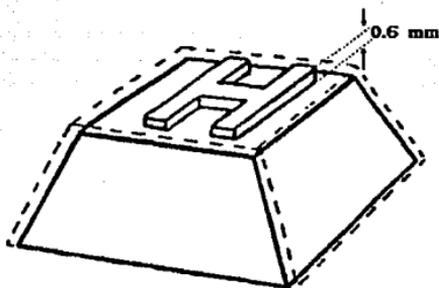


Fig. IV.2.10 Primera fase de una tecla de doble inyección.

Esta codificación consiste en numerar de forma binaria cada uno de los distintos códigos emitidos por el teclado, de tal modo que el número total de bits precisos para expresar cualquier código no supere los umbrales de maniobrabilidad.

La codificación más usual para teclados numéricos reducidos es la hexadecimal (o su subconjunto BCD si nos limitamos a dígitos decimales); en el caso de los teclados alfanuméricos se amplía la codificación, siendo el código más usual el ASCII de 6 o 7 bits según sea reducido o completo, o bien el EBCDIC de 8 bits.

#### Codificador por microprocesador

Una técnica que se está expandiendo fuertemente consiste en la utilización de microprocesadores como elementos de lógica activa en la codificación de teclados. Esta técnica permite, con un mínimo de componentes, realizar funciones que hasta el presente raramente eran llevados a cabo directamente por el teclado como periféricos. Entre estas funciones cabe mencionar: exploración secuencial; protección contra pulsaciones simultáneas; transcodificación; modos múltiples; selecciones de modo complejo; salidas en

paralelo o en serie; memoria FIFO en caso de pulsación más rápida que el posible acceso por parte de la CPU; autorepetición en teclas seleccionadas (se denomina autorepetición al hecho de que si se mantiene oprimida una tecla pasado un tiempo prudencial, entre 0,5 a 1 seg. se repiten las validaciones del código asociado a un ritmo aproximado de 10 Hz); repetición por tecla REPITE independientemente de ciertas teclas o funciones; autorización o inhibición total o parcial del teclado; generación de señal audible para realimentación acústica; paridad; detección de errores de operación etc.

#### Selección del teclado

De acuerdo a las características requeridas para el uso del equipo de rayos X, se eligió un teclado con pulsadores de membrana, por ser completamente impermeable y sellado, para evitar problemas de falsos contactos, corrosión y cortos circuitos, ocasionados por acumulación de materiales contaminantes del ambiente.

En la figura se muestra la distribución en el teclado y las funciones que realizarán, (ver Fig. IV.2.11)

Kv 1	↑ 2	3	UNIDAD DE ENTRADA TABLA
mA 4	5	6	← BORRAR
Seg 7	↓ 8	9	REINICIO
DI = 0	.	SEG FUN	RECULTA

Fig. IV.2.11 Distribución de teclas y función que realizará cada una.

Es necesario conectar a el teclado un decodificador que permita el manejo de éste. Esta premisa dio lugar a la selección de un dispositivo que permitirá, manejar una matriz de 4x4 y que tendrá cuatro líneas de acceso al bus de datos de un microcontrolador.

Del manual NATIONAL CMOS se seleccionó el decodificador 74C923 que cumpla con los requerimientos de diseño antes mencionados.

### **Operación**

#### **Tenemos dos casos a considerar:**

**Primer caso:** Cuando no se oprime ninguna tecla.

Las entradas de los renglones de la matriz están puestas en alto y las salidas de las columnas son puestas en bajo secuencialmente.

**Segundo caso:** Cuando en oprimida alguna tecla.

Por ejemplo:

Cuando la tecla 1 es seleccionada, se explora la columna X4 conmutando a un estado bajo y como consecuencia de esto Y1 toma un valor bajo. Esta acción deshabilita al contador y permite mantener a X4 con un valor bajo.

Cuando Y1 tiene un estado bajo se inicia un reconocimiento por el circuito "KEY BOUNCE", el código de la tecla seleccionada es mandado a las salidas A y B por el contador para la parte menos significativa y el decodificador envia la parte más significativa a las salidas C y D. (ver Fig. IV.2.12)

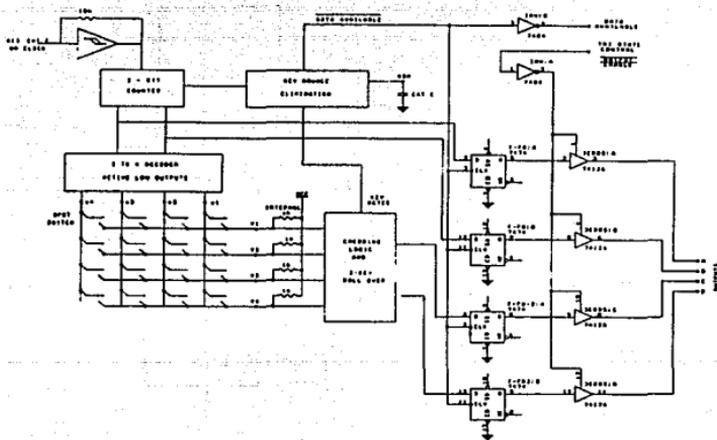


Fig. IV.2.12 Diagrama a bloques del MC74C923.

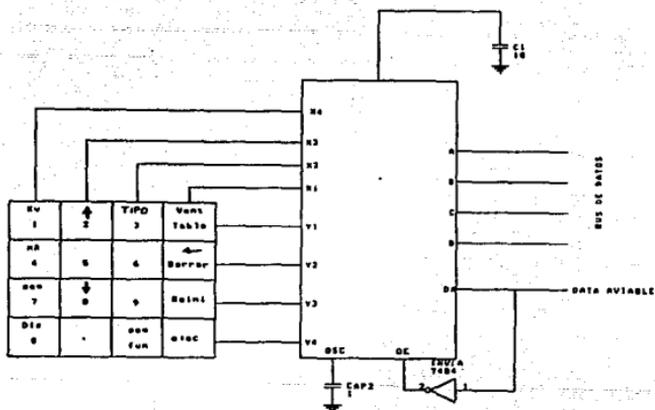


Fig. IV.2.13 Distribución de teclas y circuitos eléctricos del teclado.

### IV.3 SISTEMAS DE VISUALIZACION Y PREVENCIÓN

Un visualizador es un dispositivo que le indica al usuario el comportamiento del estado interno de un proceso por medio de LED o LCD.

#### Display de LED

Las siglas LED tienen el significado de "Diodo Emisor de Luz". Existen los siguientes tipos.

- Siete segmentos
- Diez y seis segmentos
- Matricial de 5 x 7
- Matricial de 7 x 9

Lo que representa al primer tipo es el usado para visualizar números y los demás para alfanuméricos.

#### Principio de Operación del LED

Este tiene inicio desde la recombinación de portadores de carga que toma lugar en la unión PN. Del lado N como concentración de electrones y del lado P de huecos. Los electrones se encuentran situados en la banda de energía. Mientras los huecos están en la banda de valencia.

Por lo tanto, decimos que los electrones se encuentran en un nivel de energía mayor que los huecos, obteniendo la transformación de energía a la luz y calor, cuando se realiza la recombinación de estos.

Ahora sí consideramos el material del semiconductor transparente, tendremos la emisión de la luz por la recombinación mencionada. Un ejemplo de esto es el "Diodo Emisor de Luz"; una muestra del elemento se observa en la figura IV.3.1.

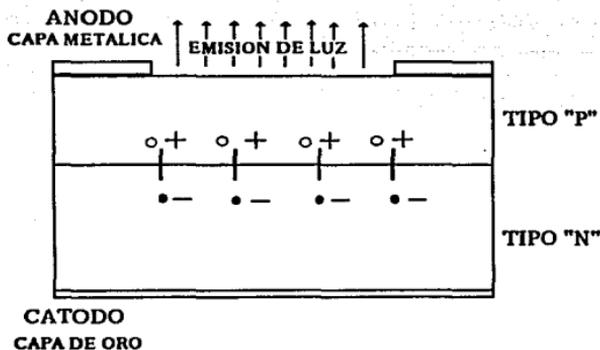


Fig. IV.3.1 Diodo emisor de luz "LED".

Característica Típica para un Display de Siete Segmentos.

- Diferencia de Voltaje: 8.4 Volts
- Flujo de Corriente: 20 miliampers
- Consumo de Potencia: 400 miliwatts
- Ventajas: Es visible en la oscuridad
- Desventajas: Consumo alto de Potencia.

#### Display LCD

Las siglas LCD tienen el significado de "Display de Cristal Líquido". Existen dos tipos básicos de LCD que son:

- De siete segmentos
- De diez segmentos

El primero sirve para visualizar el número y el segundo para alfanúmericos.

### **Principio de Operación del LCD**

Las pantallas de cristal líquido LCD tienen la gran ventaja de poseer una demanda más baja de potencia que las de LEDs. El consumo es típicamente del orden de los microwatts, comparado con el mismo valor de miliwatts de los LEDs. Requieren sin embargo una fuente de iluminación interna o externa. Están limitados a un rango de temperatura de alrededor de 0 grados centígrados a 60 grados centígrados y su tiempo de vida es uno de los aspectos que preocupan, debidos a que los LCDS pueden degradarse químicamente. Las clases de LCDS que han recibido mayor interés hoy en día son las unidades de efecto de campo y las de dispersión dinámica.

Un cristal líquido es un material normalmente orgánico, que fluye como un líquido pero cuya estructura molecular tiene algunas propiedades normalmente asociadas con los sólidos. Para las unidades de dispersión luminosa, el mayor interés está en el cristal líquido nemático. Las moléculas individuales semejan barras. La superficie conductora de óxido de indio, que es un material de este tipo, es transparente y, bajo ciertas condiciones, la luz incidente pasará y la estructura del cristal líquido aparecerá clara. Si se aplica un voltaje (para unidades comerciales el nivel está usualmente entre 0.6 y 6 v), a través de las superficies conductoras, se perturba el arreglo molecular, con el resultado de que las regiones se establecerán en índices diferentes de refracción. La luz incidente es, por tanto, reflejada en dirección diferente (fenómeno conocido como dispersión dinámica), con el resultado de que la luz dispersa se parece a un vidrio opaco. La apariencia de opacidad ocurre solamente en donde las superficies conductoras se oponen la una con la otra y las áreas restantes aparecen translúcidas.

Un dígito en una pantalla LCD puede tener el aspecto segmentado que se muestra en la figura IV.3.2. El área oscura es en realidad una superficie conductora clara, conectada a las terminales de abajo para control externo. Dos marcas similares se colocan en lados opuestos de la película gruesa sellada del material de cristal líquido. Si necesitáramos el número 3,

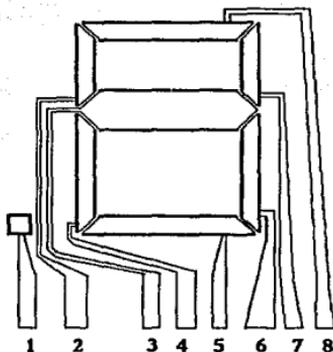


Fig. IV.3.2 Pantalla LCD de dígitos de ocho segmentos

energizaríamos las terminales 8,7,3,6,5 y solamente estas regiones aparecerían opacas mientras las otras áreas permanecerían claras.

Como se indicó antes, el LCD no genera su propia luz, sino que depende de una fuente interna o externa. En condiciones de oscuridad, sería necesario que la unidad tuviera su propia fuente de luz interna o detrás del LCD o a un lado de éste. Durante el día, o en áreas iluminadas, se puede colocar un reflector para reflejar la luz a través de la pantalla para máxima intensidad. Para operación óptima, los fabricantes de relojes de hoy, están usando una combinación de los modo transmisivos y reflectivos que denominan transreflectivos.

El LCD de efecto de campo, tiene la misma presentación de segmento y la misma capa delgada de cristal líquido encapsulado, pero su modo de operación es muy diferente. En forma similar al LCD de dispersión dinámica de efecto de campo puede operarse en el modo reflectivo o transmisivo con una fuente interna. Difiere del nemático simple en que además hay un polarizador de luz. Solamente la componente vertical de la luz que entra puede atravesar el polarizador de luz vertical.

En el LCD de efecto de campo, la superficie clara conductora es grabada químicamente, o sea que se le aplica una capa de película orgánica para orientar las moléculas en el cristal líquido en el plano vertical, paralelo a la celda de la pared. La superficie conductora opuesta también se trata para garantizar que las moléculas están 90 grados fuera de fase, pero todavía están paralelas a la pared de la celda. Entre las dos paredes del cristal líquido hay un cambio general de una polarización a otra. El polarizador del lado opuesto es también tal que solo permite el paso de la luz incidente verticalmente polarizada. Si no hay voltaje aplicado a la superficie conductora, la luz polarizada verticalmente entrará a la región de cristal líquido y seguirá el doblaje de 90 grados de la estructura molecular. Su polarización horizontal en el polarizador de la luz vertical del lado del observador, no le permite a la luz que pase y el observador ve un patrón uniformemente oscuro a través de la pantalla completa. Cuando se aplica un voltaje de umbral (para unidades comerciales de 2 a 8 v), las moléculas con apariencia de barras se orientan con el campo (perpendicular a la pared), y la luz pasa directamente sin el desplazamiento de 90 grados. La luz incidente vertical puede pasar directamente por la segunda rejilla polarizada verticalmente y el observador puede ver una área de luz. Por medio de una excitación adecuada de los segmentos de cada dígito aparecerá un patrón de caracteres claros sobre el fondo oscuro.

En el caso de display del tipo reflectivo de efecto de campo, la luz polarizada horizontalmente encuentra un filtro polarizado horizontalmente en el extremo opuesto al observador y pasa a través del reflector, en donde se refleja de nuevo al cristal líquido, doblada a la otra polarización vertical y regresada al observador. Si no hay voltaje aplicado, la pantalla está alumbrada uniformemente. Cuando se aplica un voltaje se obtiene la luz verticalmente incidente que encuentra en el extremo contrario al observador un filtro horizontalmente polarizado que no dejará pasar y reflejar la luz. De esta manera se obtiene un área oscura en el cristal y aparece un patrón con caracteres oscuros sobre el fondo claro.

Los LCDs de efecto de campo, se usan cuando la fuente de energía es un factor primordial pues absorben considerablemente menor potencia que los tipos de dispersión de luz (del rango de microwatts, comparados con el rango bajo de milliwatts). El costo es típicamente más alto para las unidades de efecto de campo y su altura está limitada alrededor de 2 pulgadas, mientras que las unidades de dispersión de luz este valor llega hasta 8 pulgadas.

Una consideración adicional en estos dispositivos es el tiempo de encendido y apagado. Los LCDS son característicamente más lentos que los LED. Los LCDS tienen tiempos de respuesta típicos en el rango de 100 a 300 ms. mientras para los LEDES esta cifra está por debajo de 100 ns. Sin embargo, hay numerosas aplicaciones, como la salida a pantalla del diseño que nos ocupa, en donde la diferencia entre 100 ns. y 100 ms. (1/10 de segundo), es de menor consecuencia. Para tales aplicaciones la demanda tan baja de potencia de los LCDS es una característica atractiva. Adicionalmente con los actuales procesos de fabricación, el tiempo de vida de las unidades LCD está creciendo sostenidamente.

Puesto que el color generado por el LCD depende de la fuente de iluminación, existe un gran rango de colores para escoger.

**Característica típicas para display LCD:**

- a) **Diferencia de voltaje:** 0.8 Volts
- b) **Flujo de Corriente:** 25 picoampers
- c) **Consumo de Potencia:** 20 picowatts
- d) **Ventaja:** Consumo de potencia bajo
- e) **Desventaja:** Requiere de iluminación para ser visible en la oscuridad.

**Manejadores de Display**

A continuación mencionaremos algunos dispositivos que son utilizados para manejar displays, y algunas características de los mismos.

**Manejadores de Display de 7 Segmentos con Interfase Serial MC14499.**

Este dispositivo provee comunicación con microprocesadores y computadores CMOS. Maneja las forma de salidas NPN, lo cual permite interconectar a un cátodo común de un LCD a través de resistencias externas en serie.

**Características:**

- Manejador en un IC de segmento de alta corriente
- Niveles de entrada de MPU compatibles con CMOS
- Amplio rango de operación de voltaje: 4.5 a 6.5 volts.
- Maneja cuatro caracteres con puntos decimales.

**Manejador de Cristales Líquidos de BCD a 7 Segmentos MC14543B**

El MC14543B está diseñado para usarse con cristales líquidos, y es construido con dispositivos del tipo mejorado MOS. El circuito provee la función de un almacenamiento de cuatro bits y un manejador de BCD a 7 segmentos. El dispositivo tiene la capacidad de invertir los niveles lógicos de la combinación de salida.

**Características:**

- Corriente de circuito 5 nA.
- Rango de voltaje 3 a 18v.
- Capacidad de manejar directamente el LCD.
- Almacenamiento de códigos.

**MC145000**

Este dispositivo está diseñado para manejar displays de cristal líquido en una configuración multiplexada por cuatro. El MC145000 puede manejar hasta 48 segmentos LCD o seis de 7 segmentos más caracteres de punto decimal. Las conexiones del hardware requerido, son mostradas en la figura IV.3.3. Los datos para cada caracter deben de ser traducidos a un formato que corresponda al display deseado. Después de que la traducción del formato está completa, los datos son introducidos en serie dentro del manejador LCD

MC145000. Cada segmento del caracter de siete segmentos más punto decimal es representada por un bit de un byte. Como se muestra en la figura IV.3.3 un 1 lógico en algún bit activará el segmento o punto decimal correspondiente.

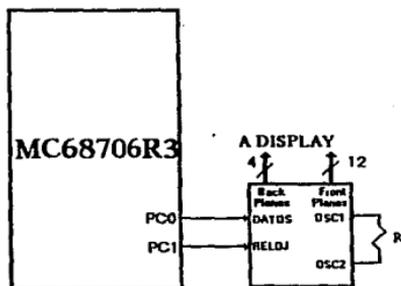


Fig. IV.3.3 Diagrama esquemático de la interfase del manejador LCD MC145000.

#### Características:

- Interface directa a microprocesadores CMOS.
- Puerto de datos serial, reloj externo.
- Multiplexación por cuatro.
- Maneja componentes de CD menores a 50 mV.
- Maneja 48 segmentos LCD.
- Rango de voltaje aplicado de 3v a 6v.
- Almacena datos de entrada.

### Conversión de Formato de Display

Carácter de Display	Formato de Display Código Hexadecimal	Carácter de Display	Formato de Display Código Hexadecimal
#	03	J	2A
(	08	K	2B
)	09	L	2C
.	0E	M	2D
0	10	N	2E
1	11	O	2F
2	12	P	30
3	13	R	32
4	14	S	33
5	15	T	34
6	16	U	35
7	17	V	36
8	18	X	38
9	19	Y	39
:	1A	Z	3A
A	21	e	45
B	22	g	47
C	23	i	49
D	24	m	4D
E	25	s	53
F	26	t	54
G	27	v	56
H	28		5F
I	29		

### **LTM-2416 Display Alfanumérico Inteligente con Memoria, Decodificador y Manejador**

Es un display inteligente LED, en un circuito monolítico; se fabrica usando tecnología complementaria MOS.

**El circuito integrado contiene:**

- Memoria
- Decodificador ROM para código ASCII
- Circuito de multiplexaje
- Manejador (driver)
- LED de 64 caracteres

El C.I. tiene 4 localidades de memoria para almacenar 7 bits en código ASCII, correspondiente a los 4 dígitos. Un decodificador ROM para ASCII, un circuito que multiplexa y maneja 4 dígitos. La entrada de datos es asincrónica y puede ser al azar. La memoria interna puede estar escrita asincrónicamente a través de los 7 bits del bus de datos (D0-D6), y la localización del dígito de dirección por los dos bits del bus de direcciones (A0-A1) como lo muestra en la figura IV.3.4.

#### **Características**

- Compatible con el BUS de los microprocesadores.
- Compatible con TTL.
- 64 caracteres de código ASCII.
- Tablero de memoria.
- Decodifica, mezcla y maneja.

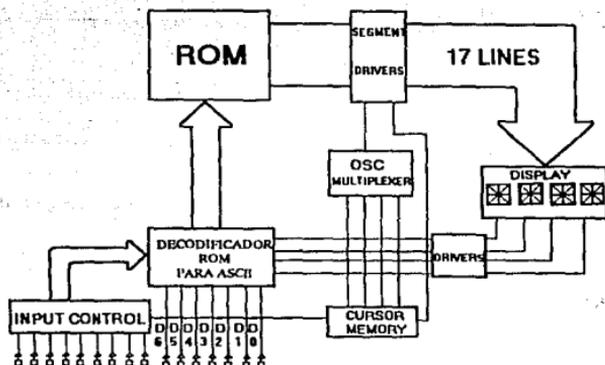


Fig. IV.3.4 Diagrama a bloques del display alfanumérico inteligente LTM-2416.

- Acceso ultrarapido de tiempo 50 nseg.
- Entrada paralela.

#### Display FE0609

Este es un LCD modelo FE0609 de la marca AND, de tipo multiplexado de efecto de campo. Presenta 6 dígitos con punto decimal y la altura del caracter es de 12.7 mm. con gran ángulo de visión y su alto contraste permite fácil lectura. Tiene alta estabilidad, resistencia a la humedad y sellado perifericamente con selladores de alta calidad, para asegurar su integridad mecánica y largo tiempo de vida.

#### Características Generales de FE0609:

- Tensión de Operació: 5v.
- Corriente: 3 microampers.

- **Frecuencia de Operación:** 60 Hz.
- **Tiempo de Respuesta Encendido:** 30 ms.
- **Tiempo de Respuesta Apagado:** 50 ms.
- **Temperatura de Operación:** -30 a +85 grados C.
- **Modo Ópticos:** Reflectivo/Transflectivo de Alto; Contraste y Gran Angulo de visión.
- **Modo de Impresión:** Positiva (segmento obscuro, fondo claro).
- **Polarizador:** Normalizado.
- **Conexión:** Terminales Epoxicas.
- **Sellado:** Técnicas de Alta Confiabilidad.

#### **Tipo de display LCD (AND 1101)**

Los LCD de uso muy difundido actualmente, están siendo diseñados para una gran variedad de aplicaciones. Su versatilidad, facilidad de lectura y bajo consumo de potencia, hacen que sean extremadamente atractivos para diversas aplicaciones.

Los exhibidores numéricos de pantalla de cristal líquido de la marca AND son idóneos para requerimientos de visibilidad de día y de noche, y prestan atractivas ventajas como: bajo consumo de potencia, excelente legibilidad a la luz del sol e ideal para operación con baterías, compatible con CMOS, rango de temperatura aceptable y muy alta confiabilidad en pleno funcionamiento.

Esta línea presenta un amplio rango de exhibidores normalizados con capacidad desde 3 1/2 dígitos hasta 8 dígitos, con caracteres desde 9 mm hasta 18 mm de alto.

Los usos más comunes de estos productos son: en equipo médico, de medición de frecuencia, termómetros digitales, termostatos, relojes electrónicos, multímetro digitales,

instrumentación en general, comunicación, radio, equipo automotriz y fotografico, detectores de smog, televisiones, computación y equipo de diversión electrónica.

Existen algunos otros tipos de manejadores de display y de displays LCD pero para nuestros propósitos el más adecuado a las características de nuestro diseño es el de la marca AND y es el modelo AND1101.

#### Empleo del AND1101

En este proceso normalmente el MCU debe de ejecutar un programa de entrada/salida para efectuar y generar las señales de salida necesarias para visualizar cada dígito particular. El AND1101 ya incluye un decodificador de hexadecimal a ASCII, ahorrando así circuitos integrados (C.I) y desarrollo.

El AND1101 cuenta con 10 instrucciones para ser operado, a continuación describiremos en forma general.

- **Modo Set:** Se utiliza para operaciones lógicas ( or and xor), y/o designar el empleo exterior de caracteres 256 en RAM o modo de uso interno, usando 128 en ROM y 128 en RAM.
- **Control Word Set:** Esta instrucción realiza las siguientes opciones dependiendo del valor binario en el registro de datos.
  - D0 = "0" y D1 = "0": Inicia en modo texto a partir de HOME
  - D0 = "0" y D1 = "1": Manda el texto al lugar en donde se encuentre el cursor
  - D0 = "1" y D1 = "0": Inicia el modo gráfico en la posición HOME
  - D0 = "1" y D1 = "1": Manda gráficas a la pantalla en el lugar donde se encuentre el cursor
- **Display Modo Set:** Habilita a la pantalla en modo gráfico y/o texto y/o con curso y/o el cursor en modo blink (parpadeando).
- **Cursor Pattern Select:** Selecciona el tipo de cursor, entre una línea o en forma de rectángulo.

- **Pointer Set:** Inicializa el cursor en algún punto asignado al apuntador de dirección de pantalla.
- **Data Auto Read/Write:** Activa y desactiva el modo de escritura y lectura en forma automática, esto significa que después de ejecutar el comando, actualiza el apuntador de escritura lectura.
- **Data Read/Write:** Por medio de este comando es habilitada la escritura o la lectura, además incrementa o decrementa la dirección del apuntador, así como, baja o sube el cursor o no modifica al apuntador de dirección.
- **Screen Peeking:** Esta instrucción lee de la pantalla 1 byte de dato, y lo deja en el bus donde efectuará una operación de lectura. Es posible leer la combinación lógica de datos, si la memoria RAM de gráfica no esta encendida, en caso contrario es ignorada.
- **Screen Copy:** Con este comando es posible copiar una línea, a partir de donde se localiza el apuntador del dato, hacia el área de la memoria RAM de gráficas.
- **Bit Set/Reset:** Esta instrucción manipula pixel, sólo se utiliza en modo gráfico, ésta no es empleada en el diseño.

El AND1101 es un módulo LCD que incluye 20 caracteres por 4 líneas, un controlador LCD (Driver), un display RAM, y un generador de caracteres ROM (fuente de punto de 5x7).

El AND1101 es el más adecuado para desplegar mensajes y es utilizado por varios instrumentos. En la figura IV.3.5 se muestra el diagrama a bloques de AND1101.

#### **Características:**

- Excelente Legibilidad y Alto Contraste.
- BUS Paralelo de 8 Bits de Datos para Leer o Escribir que se Conecta al CPU.
- Contiene un Manejador LCD tipo T6963C

- Display RAM de 8 Kbytes
- 20x4 Líneas de Display
- Generador de Caracteres ROM de 128 Palabras

**Rangos de Operación Máximo Absoluto**

- Suministro de Voltaje V<sub>DD</sub> 7v máx.
- Voltaje de Entrada V<sub>in</sub> 0 <= V<sub>in</sub> <= V<sub>DD</sub>
- Temperatura de Operación 0 a 50°C

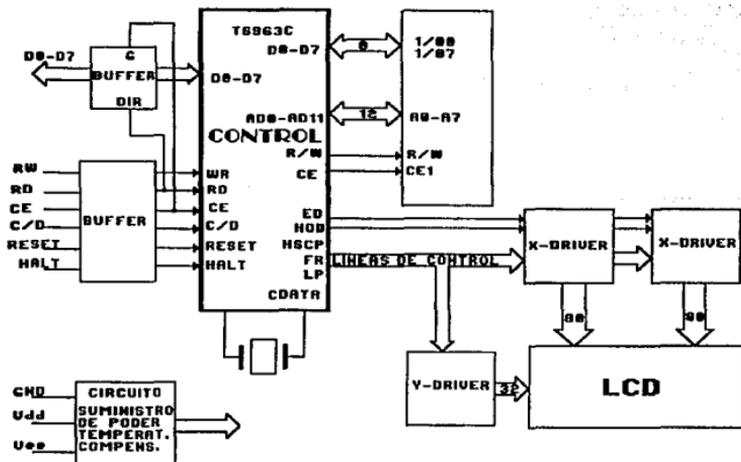


Fig. IV.3.5. Diagrama a Bloques del Circuito AND1101

### Prevenición

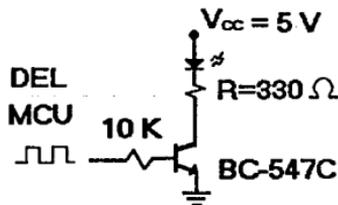
El sistema de prevención tendrá la función de alertar al operador de una posible falla o mal funcionamiento del sistema en operación.

En caso extremo de emergencia el proceso será interrumpido, para que de esta forma el sistema no sea dañado y el equipo de rayos X no llegue a tener fallas mayores que provoque una operación no deseada.

Este sistema deberá avisar en caso de introducir un parámetro que quede fuera del rango permitido, así como, en caso de que la línea no este bien compensada, además de deshabilitar la línea y habilitará el ventilador de enfriamiento del filamento.

El equipo atrae la atención del operador emitiendo un sonido y encendiendo una luz, de esta manera se tomarán las medidas necesarias, para corregir la falla. Al mismo tiempo el MCU presentará en pantalla la variable que debe ser corregida, una vez realizada la corrección se dará inicio a la exposición radiográfica.

Los circuitos que hacen posible la prevención se muestran en las figuras IV.3.6a y IV.3.6b.



### OPTICO

Fig. IV.3.6a *Prevenición en el equipo por medio de un luz encendida.*

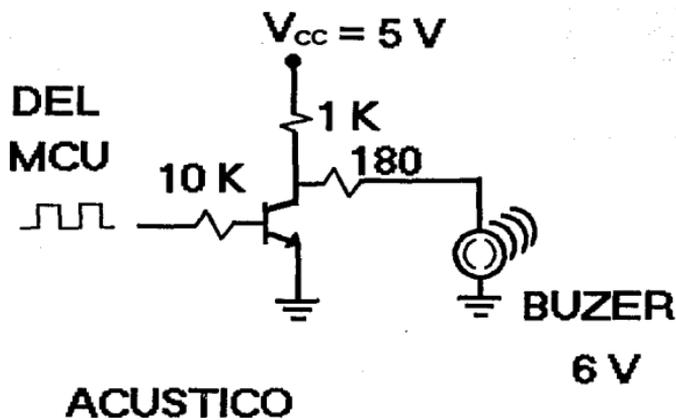


Fig. IV.3.6b Previsión en el equipo por medio de la emisión de un sonido.

#### IV.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICION DE DATOS

El sistema se ha estructurado de acuerdo con las etapas diseñadas anteriormente, las cuales son:

**Regulación:** Esta etapa nos da los diferentes voltajes necesarios para la alimentación de los circuitos integrados (Fam. CMOS:  $\pm 12$  V, TTL  $\pm 5$  V), en ésta, la entrada es el voltaje de línea y la salida son los diferentes voltajes requeridos.

Se encuentra también una etapa de atenuación de línea la cual tiene como objeto enviar muestras todo el tiempo al MCU, el cual verifica que la variación no sea mucha para asegurar que el voltaje que llega al cabezal sea el correcto.

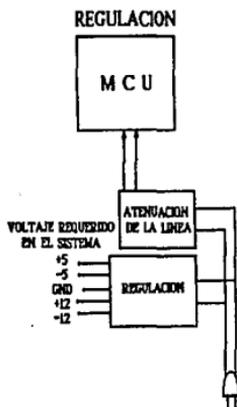
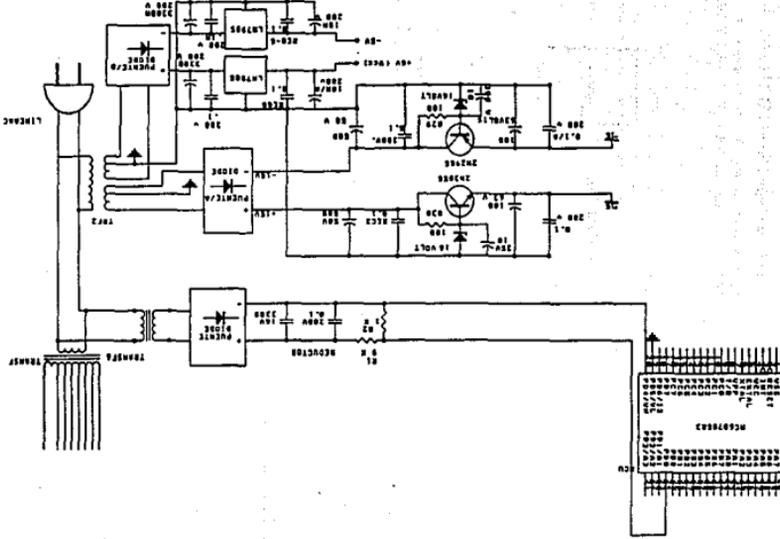


Fig. IV.4.1 Sistema de regulación en la alimentación.



**Selección de voltaje para el tubo de rayos X:** En esta etapa la señal de entrada son los pulsos que manda el MCU de los pines 29, 30 y 31 que llegan a un optoacoplador (MOC 3011 para unir las etapas de baja potencia con la de alta potencia), el cual activa un TRIAC y permite el paso de corriente hacia el devanado primario del transformador que se encuentra en el cabezal. Para el acoplamiento de esta etapa con el MCU se requirió de un latch (74LS273) el cual nos permite retener la selección el tiempo necesario para tomar la radiografía.

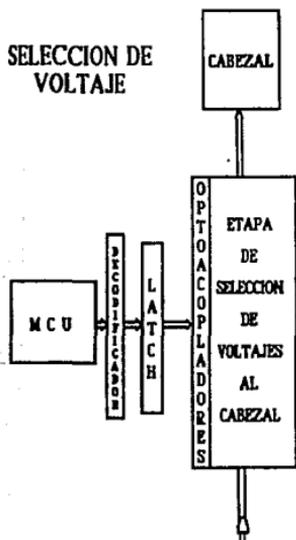
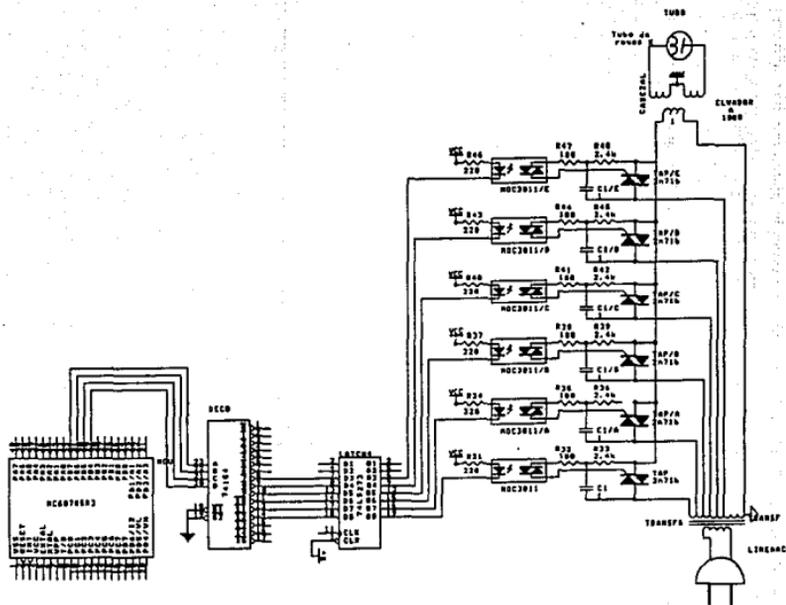


Fig. IV.4.2 Sistema de selección de voltaje para el tubo de rayos X.



SELECCION DE VOLTAJE

**Entrada de datos al sistema:** Esta etapa se desarrollo teniendo en cuenta las variables que debe manejar el sistema, por lo que se seleccionó un teclado de 16 teclas, el cual se estructuró de tal forma que se tienen algunas teclas con doble función. En esta etapa se optó por acoplar el teclado al sistema por medio de el circuito integrado 74C923 el cual maneja y decodifica las señales de un bus de datos de ocho líneas, tomando cuatro como renglones y cuatro como columnas de una matriz, por lo que se facilita el reconocimiento de la tecla oprimida.

La señal de salida de este circuito entra directamente al MCU el cuál se encarga de proporcionar la señal.

#### ENTRADA DE DATOS AL SISTEMA

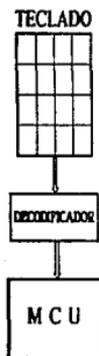
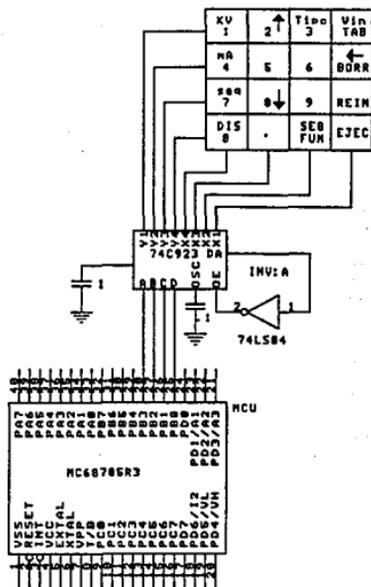


Fig. IV.4.3 Diagrama de entrada de datos al sistema.



ENTRADA DE DATOS AL SISTEMA

**Despliegue de información:** Para la visualización acerca de los datos que se teclean o información acerca del estado del sistema se seleccionó el display AND1101 cuyas características ya fueron mencionadas. Este display se conecta directamente al MCU ya que no tiene ningún requerimiento en especial, con lo que se facilitó el manejo de mensajes a ser visualizados (la forma en que se utilizan las señales de control de este display ya fueron especificadas con anterioridad). Tiene además dos líneas de control (lectura y escritura) que son controladas por un decodificador, estas líneas cuentan con un latch para retener la señal.

#### DESPLIEGUE DE INFORMACION

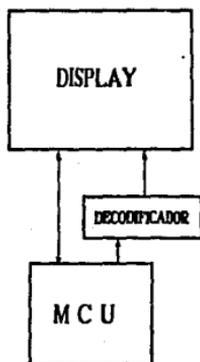
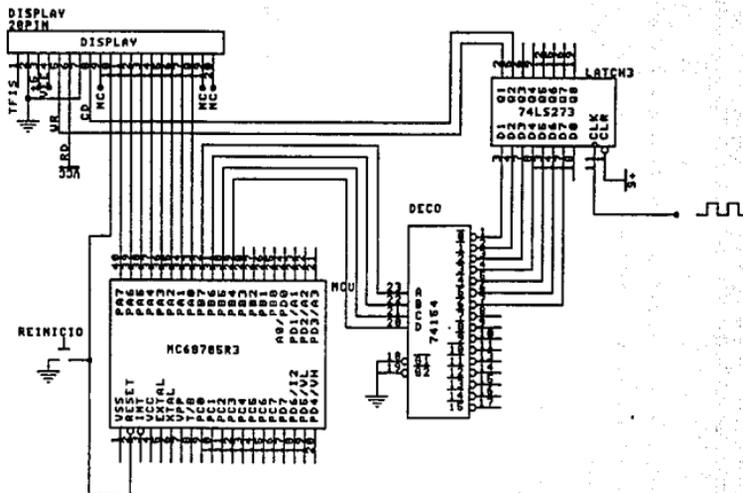


Fig. IV.4.4 Diagrama para el despliegue de información.



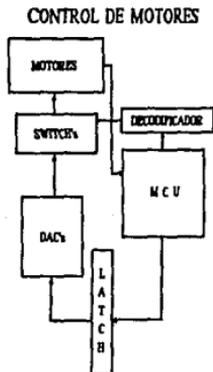
DESPLIEUE DE INFORMACION

**Etapas de control de motores:** Los motores que se utilizaron para el diseño son de corriente directa, los cuales se controlan desde el MCU por medio de los puertos B y C.

Del puerto B se selecciona cuál de los tres motores debe de girar, las señales antes de llegar a los switch selectores pasan a través de un latch el cual retiene la señal el tiempo requerido para completar el giro del motor.

Del puerto C se manda un bus de datos que pasando a través de un latch (en este caso la función del latch es la misma que en los casos anteriores) llegan a los convertidores digital-analógicos y éstos decodificarán la señal y darán el sentido al cual debe girar el motor.

La señal de paro del giro de los motores se realiza por medio de el pin INT2 (Nº 18) del MCU al cual llega una señal que sensa las vueltas que ha dado el motor. El contador de vueltas se realiza por software en el MCU.



*Fig. IV.A.5 Diagrama del sistema de control de los motores.*

**Etapa de sincronización del sistema:** Para esta etapa se seleccionó un cristal de 4 MHz para el MCU pero debido a que éste necesitaba realizar más operaciones que el resto del sistema se dividió la frecuencia a la mitad (2 MHz) para los demás circuitos que requieren pulsos de reloj. Esto se realizó con un flip-flop tipo T.

El cristal se conectó directamente al MCU, el cual tiene dos pines (6 y 7) especialmente para que se conecte un cristal y la configuración de oscilación viene interna en él.

### SISTEMA DE SINCRONIZACION

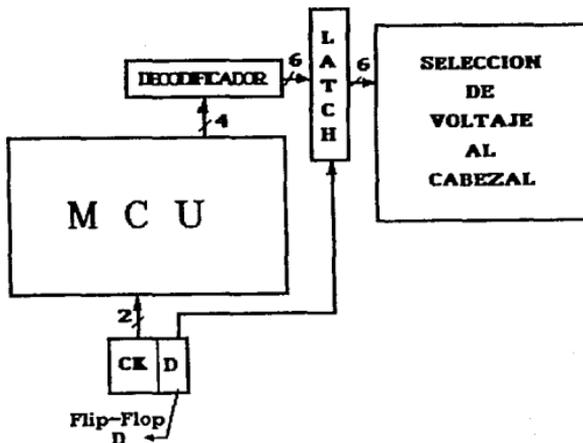


Fig. IV.4.6 Diagrama de sincronización del sistema.



**MCU:** El sistema se diseñó con el MCU68705R3 tiene cuatro puertos, lo cual indica que casi todos sus pines (32 de 40) pueden mandar o recibir información por lo que resultaba ideal para los requerimientos del diseño.

El acoplamiento del circuito con las diferentes etapas del sistema se explicó anteriormente y el funcionamiento en particular de cada etapa se especificó en su diseño.

Cada puerto envía señales a diferentes etapas, el puerto A se comunica con el display, el puerto B se divide en dos partes las primeras líneas del puerto pasan directamente al decodificador del teclado (cuatro líneas B0-B3), las otras líneas pasan a un decodificador de 4 a 16 y éste envía señales de acuerdo con la siguiente organización:

Pines de salida	Controlan al decodificador
1 y 2	Líneas WR y CD del display
3, 4 y 5	Switch de activado de motores
6 a 11	Taps de selección al cabezal

El bus del puerto C llega a los DAC's y la función de éstos se explicó con anterioridad, del puerto D sólo se ocuparon cinco líneas: dos de las cuales controlan el tiempo de giro de los motores, PD7 para el giro del motor que controla la corriente y PD6/INT2 para el paro de los motores 1, 2 y 3; las otras tres líneas se utilizan para sensar el voltaje de línea.

## SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICION DE DATOS

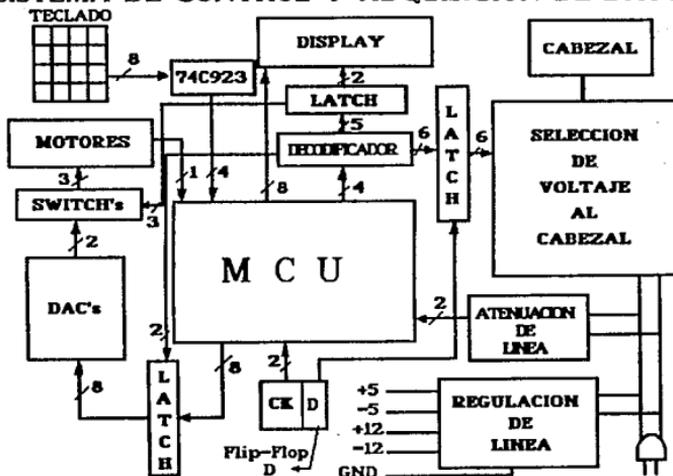
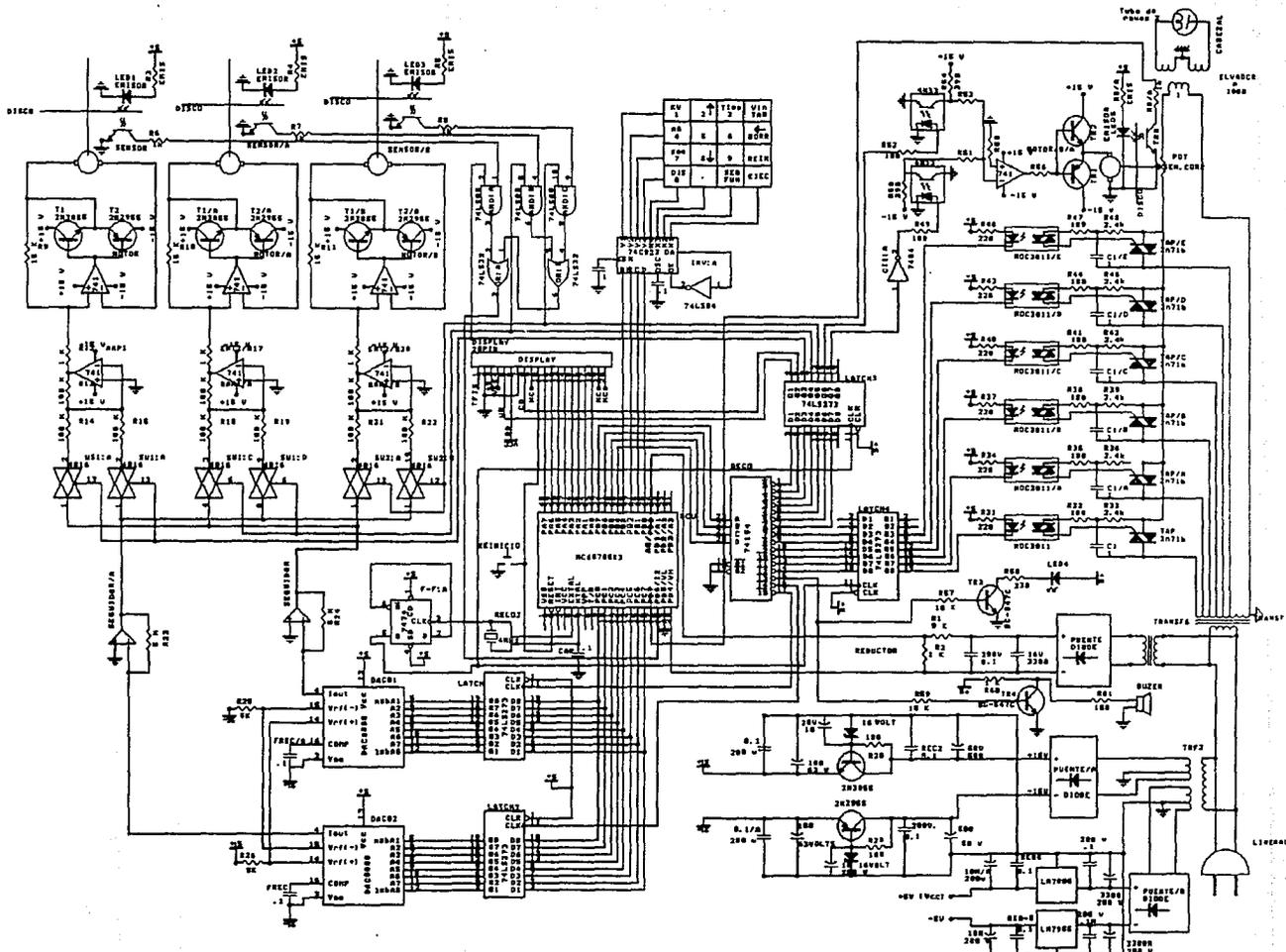


Fig. IV.4.6 Sistema de control y adquisición de datos.



#### **IV.5 DESARROLLO DEL SOFTWARE NECESARIO PARA EL CONTROL, VISUALIZACION Y ADQUISICION DE DATOS PARA CADA UNO DE LOS SISTEMAS**

El software del diseño se hizo en base a rutinas modulares, esta integrado por las rutinas de prueba y las que van siendo llamadas a lo largo de la ejecución del programa, en el momento que se requiere una operación determinada.

A continuación se presentan los diagramas de flujo de cada rutina empleada en el diseño del software y después de ellos, el listado completo del programa.

**Rutina de inicio:** Esta rutina se encarga de recibir el primer dato por teclado, se pregunta que tecla fue sensada (TABLA, SEG FUN, REINICIO) y nos lleva a la rutina correspondiente a la tecla presionada.

**Rutina Lee Teclado:** Esta rutina se encarga de decodificar la tecla sensada, y regresa el control a donde fue invocada.

**Rutina Tabla:** Esta rutina se encarga de realizar de manera automática la toma de radiografía seleccionada previamente.

**Rutina Manual:** Esta rutina permite introducir en forma manual los datos del tipo de radiografía seleccionada.

**Rutina reinicio:** Esta rutina se encarga de reinicializar el sistema por medio de software, es decir, limpia banderas, inicializa contadores, coloca motores en posición inicial y pone en ceros los puertos.

**Rutina Error:** Esta rutina se encarga de enviar un mensaje de error a través del display de acuerdo al error cometido.

**Rutina Selección de Tipo de Radiografía:** Esta rutina se encarga de seleccionar el tipo de radiografía que se desea tomar de manera automática o manual.

**Rutina Despliega Contenido de Registro:** Esta rutina se encarga de desplegar el contenido del registro de datos cuando la radiografía fue seleccionada en forma automática.

**Rutina Toma radiografía:** Esta se encarga de suministrar la información para hacer funcionar cualquier motor del sistema, toma los datos de mA, Kv y tiempo dando paso al disparo de rayos X, permite repetir la radiografía en la misma posición.

**Rutina Toma rangos:** Cuando la radiografía se selecciona manualmente se protege, al paciente con rangos preestablecidos tanto de Kv, mA, distancia y tiempo.

**Rutina Checa Kv, mA, Seg, Dist:** Esta rutina se encarga de recibir el dato manualmente y verifica que el kv se encuentre dentro de los rangos preestablecidos. Despliega y almacena el dato obtenido.

**Rutina Lee voltaje de entrada:** Esta rutina se encarga de verificar que el voltaje en la línea de alimentación sea constante (127 v).

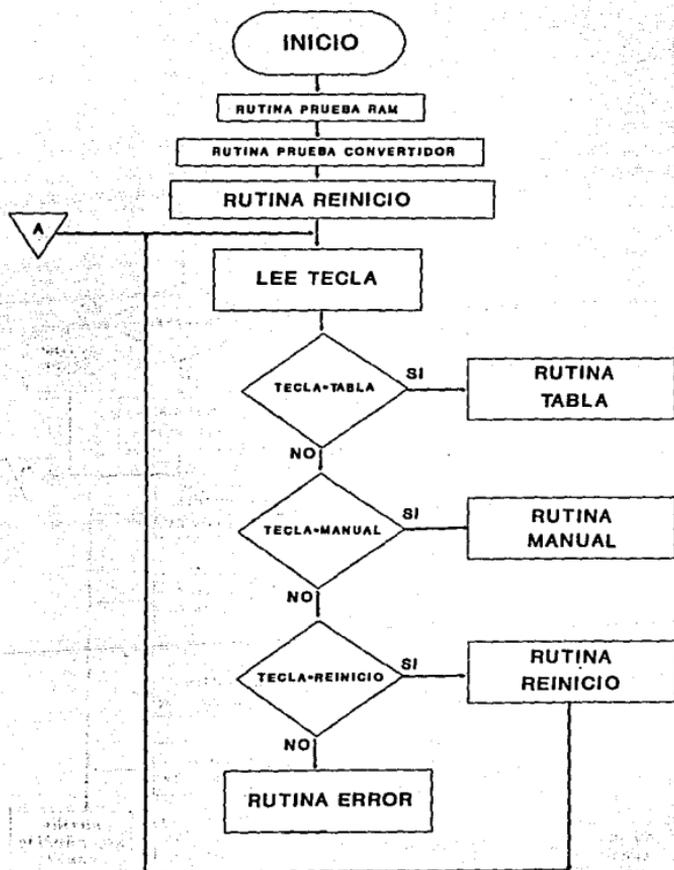
**Rutina Despliega tipo:** Esta rutina se encarga de desplegar el tipo de radiografía que se va a seleccionar.

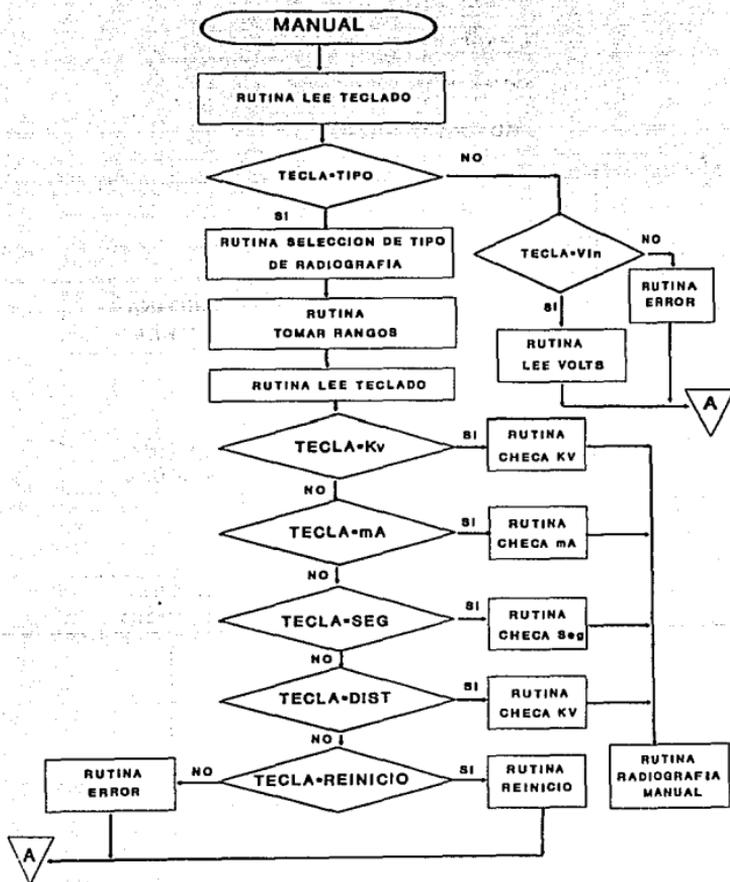
**Rutina Inicializa Display:** Esta rutina inicializa los puertos A y B para desplegar información en el display.

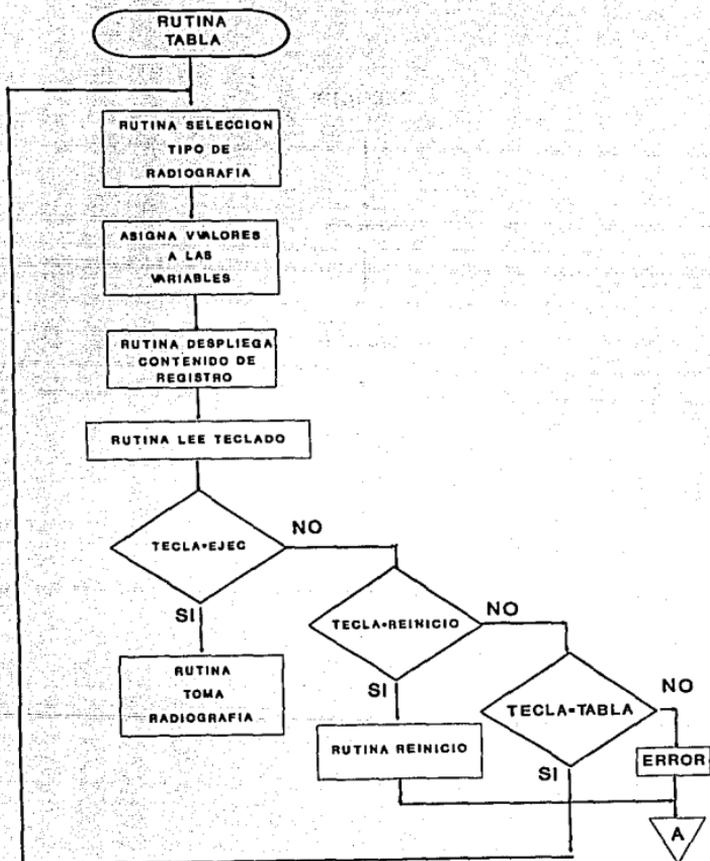
**Rutina Mueve motor:** Esta rutina se encarga de activar y hacer funcionar el motor hasta la posición deseada.

**Rutina de Datos:** Esta rutina se encarga de leer los datos del teclado cuando seleccionamos la opción manual.

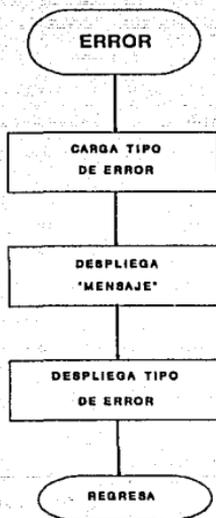
**Rutina de Radiografía Manual:** Esta rutina se encarga de desplegar los datos suministrados manualmente.

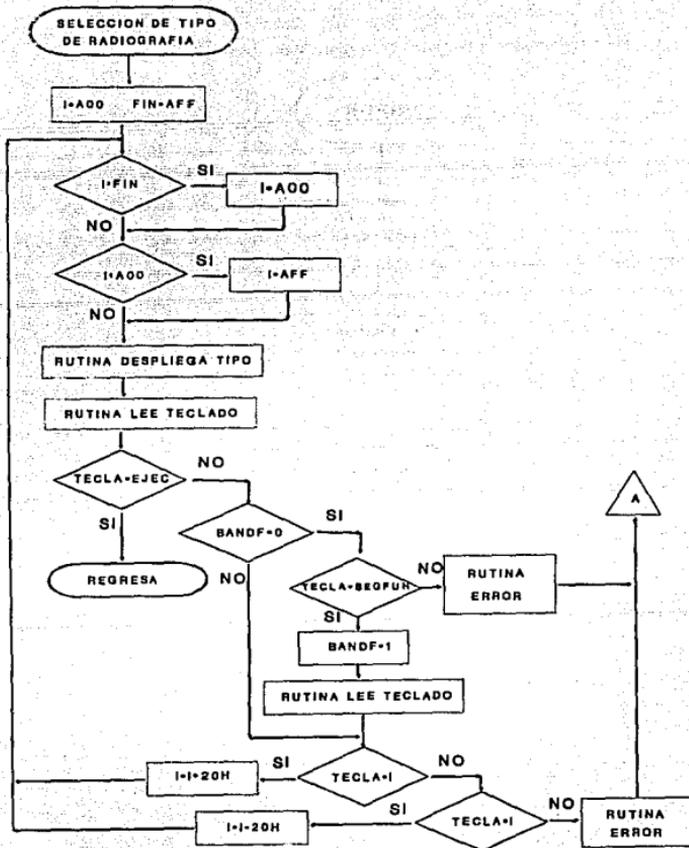


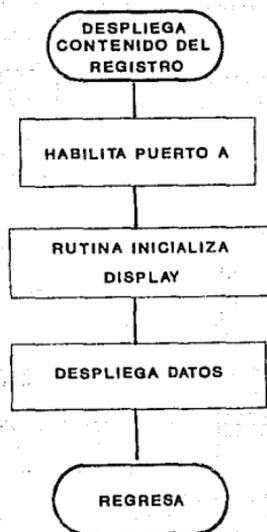


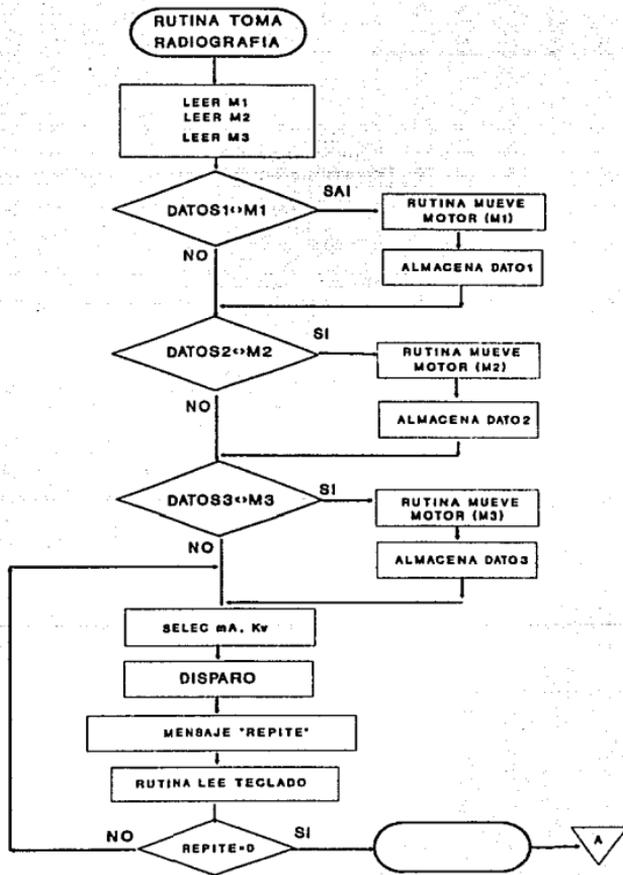


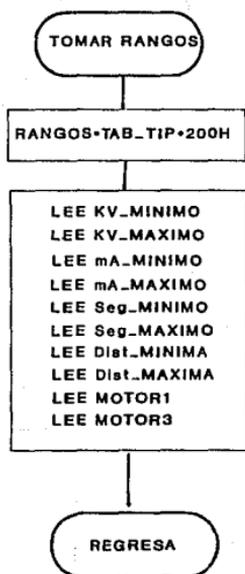


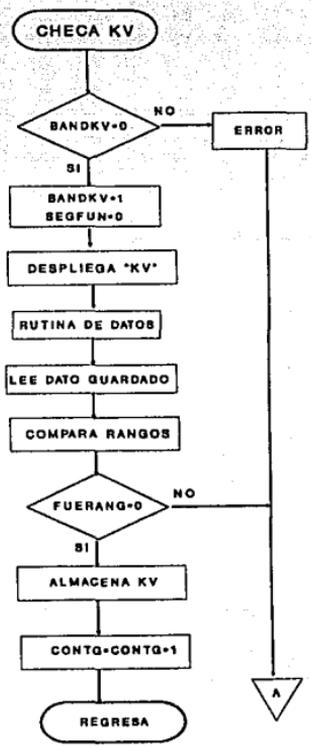


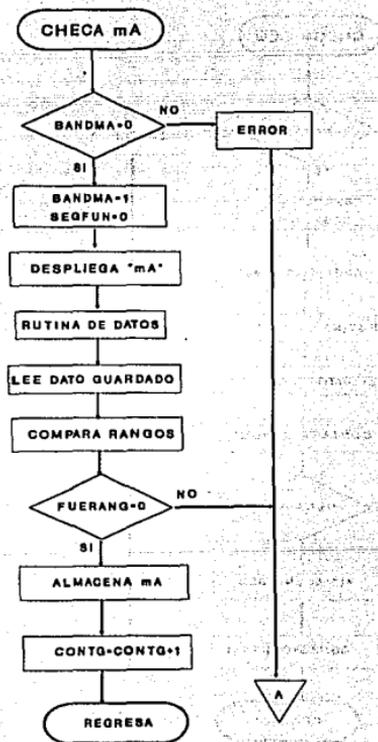


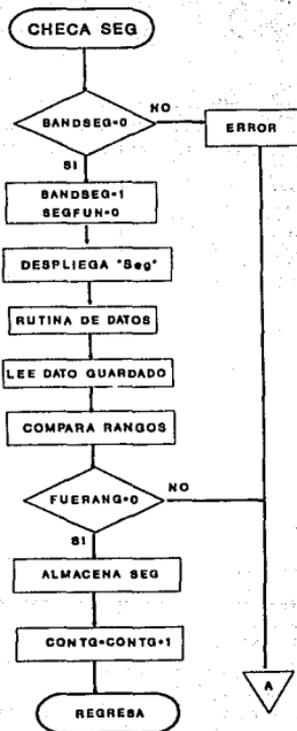


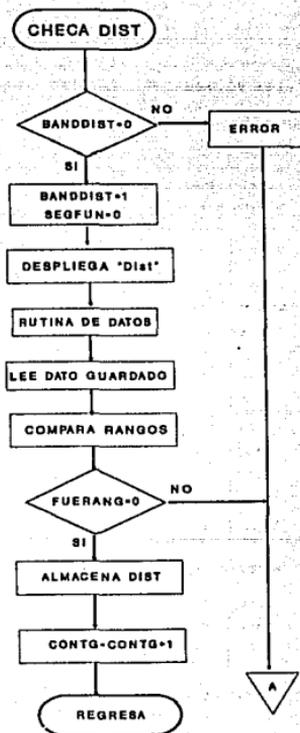


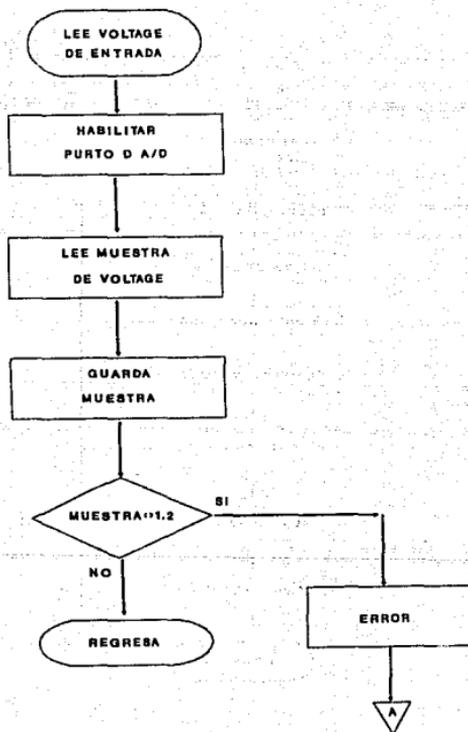


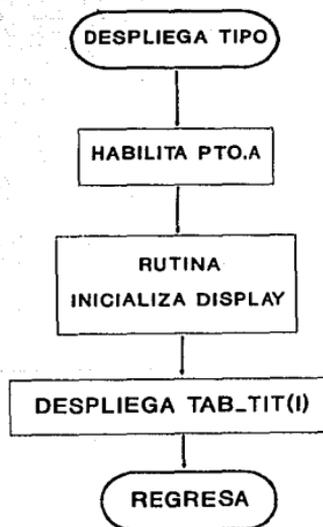


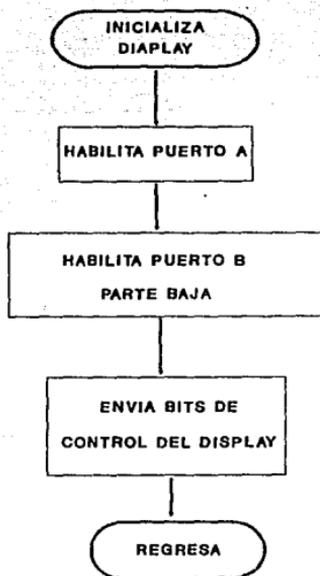


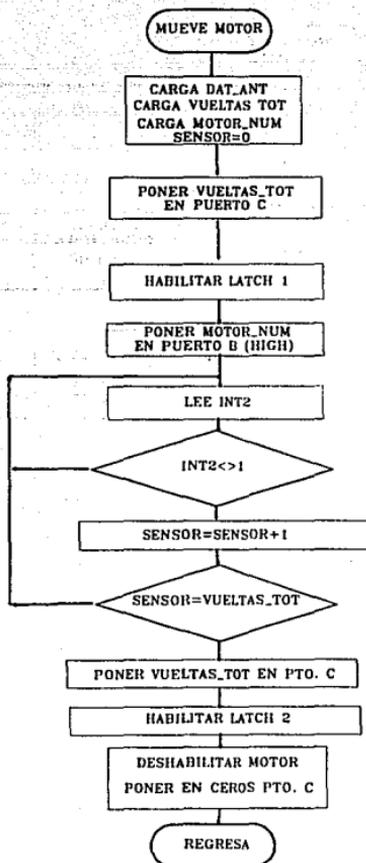


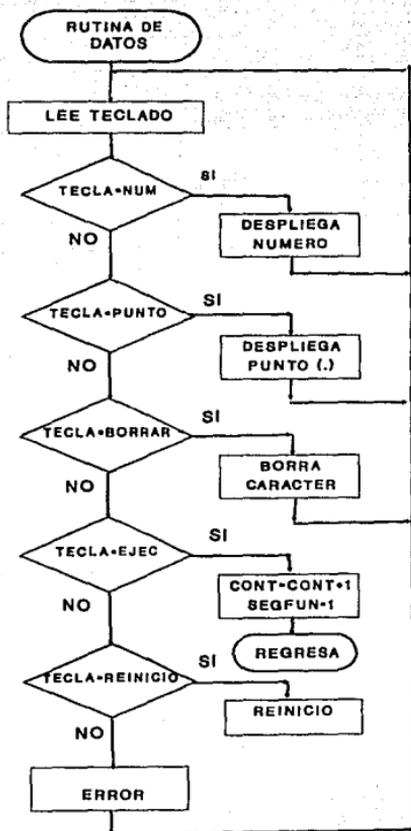


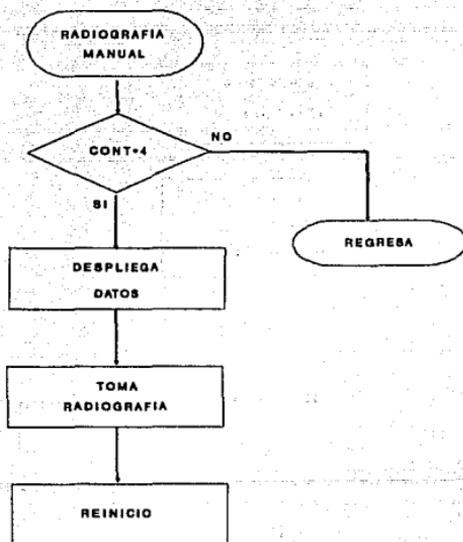


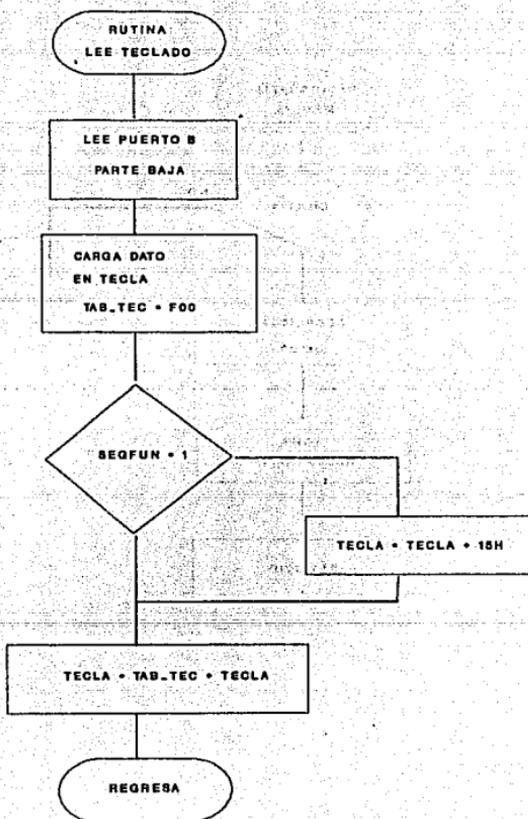


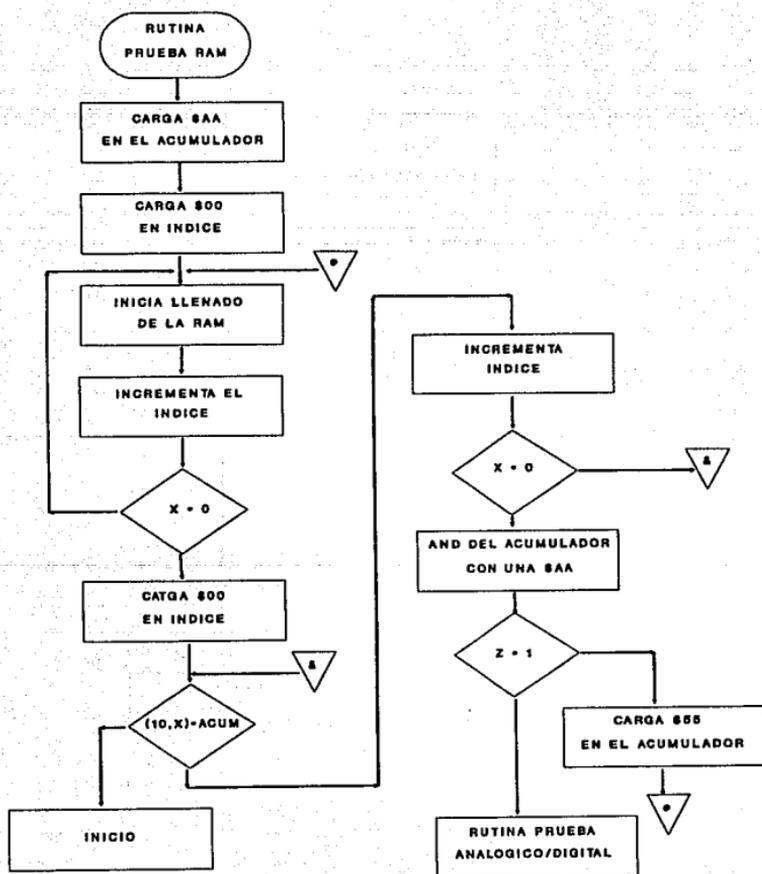


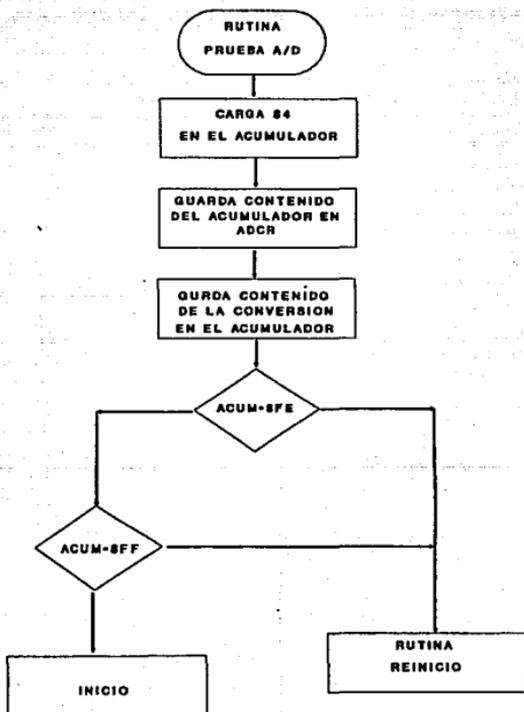












TEC 6805 Cross Assembler Version 1.0

## PROGRAMA PRINCIPAL

ESTE PROGRAMA SE ENCARGA DE LLEVAR EL CONTROL DE TODOS LOS  
 PARAMETROS QUE SE NECESITAN PARA OBTENER UNA PLACA RADIO-  
 GRAFICA, DE UN TIPO DETERMINADO POR EL USUARIO.

## LISTA DE VARIABLES

# 000E	ADCR	EQU \$E
# 000F	ADRR	EQU \$F
# 0020	APUNTA	EQU \$20
# 0022	APUNTAX	EQU \$22
# 0024	AUXILIAR	EQU \$24
# 0026	BANBLOO	EQU \$26
# 0028	BANDERA1	EQU \$28
# 002A	BANDERAS	EQU \$2A
# 002C	BANDIST	EQU \$2C
# 002E	BANDKV	EQU \$2E
# 0030	BANDMA	EQU \$30
# 0032	BANDSEG	EQU \$32
# 0034	BANRENG	EQU \$34
# 0036	BSEGFUM	EQU \$36
# 0038	CONT1	EQU \$38
# 003A	CONT2	EQU \$3A
# 003C	CONTDEC	EQU \$3C
# 003E	CONTDIST	EQU \$3E
# 0040	CONTG	EQU \$40
# 0042	CONTKV	EQU \$42
# 0044	CONTHA	EQU \$44
# 0046	CONTSEG	EQU \$46
# 0048	DAT1	EQU \$48
# 004A	DAT2	EQU \$4A
# 004C	DAT3	EQU \$4C
# 004D	DAT_ANT	EQU \$4D
# 004E	DATODIST	EQU \$4E
# 0050	DATOKV	EQU \$50
# 0052	DATOMA	EQU \$52
# 0054	DATOSEG	EQU \$54

• 0004	DDRA	EQU 4
• 0005	DDRB	EQU 5
• 0006	DDRC	EQU 6
• 0056	DISCARDIST	EQU 956
• 0058	DISCARV	EQU 958
• 005A	DISCARMA	EQU 95A
• 005C	DISCARSEG	EQU 95C
• 0C2C	DIST	EQU 9C2C
• 0C3F	DOSPUNTOS	EQU 9C3F
• 0C20	ÉTIO	EQU 9C20
• 0060	FIN	EQU 960
• 0F20	GUARDA1	EQU 9F20
• 0F22	GUARDA2	EQU 9F22
• 0F25	GUARDA3	EQU 9F25
• 0F29	GUARDA4	EQU 9F29
• 0F00	INDAT	EQU 9F00
• 0F10	INDCODE	EQU 9F10
• 0062	INDI1	EQU 962
• 0064	INDI2	EQU 964
• 0A00	INDICE	EQU 9A00
• 0800	INDICE2	EQU 9800
• 0C20	KV	EQU 9C20
• 0066	LONG	EQU 966
• 0068	M1	EQU 968
• 006A	M3	EQU 96A
• 0C24	MA	EQU 9C24
• 0068	MMA	EQU 968
• 006F	MEH	EQU 96F
• 006C	PARKV	EQU 96C
• 006E	PARMA	EQU 96E
• 0070	PARSEG	EQU 970
• 0072	PARDIST	EQU 972
• 0000	PORTA	EQU 0
• 0001	PORTB	EQU 1
• 0002	PORTC	EQU 2
• 0003	PORTD	EQU 3
• 0074	PUERTO8	EQU 974
• 0076	RDISTMAX	EQU 976
• 0078	RDISTMIN	EQU 978
• 007A	RKVMAX	EQU 97A
• 007C	RKVMIN	EQU 97C
• 007E	RM1	EQU 97E
• 0080	RM2	EQU 980
• 0082	RM3	EQU 982
• 0084	RMAX	EQU 984
• 0086	RMAX1	EQU 986
• 0088	RSEGMAX	EQU 988
• 008A	RSEGMIN	EQU 98A
• 0008	TDR	EQU 8
• 0009	TCR	EQU 9
• 008F	TIPERR	EQU 98F
• 008B	TABMA	EQU 98B
• 0C28	SEG	EQU 9C28
• 008C	SEGFUN	EQU 98C
• 008E	SENSOR	EQU 98E

```

= 0090      SUKA          EQU $90
= 0092      TABTEC       EQU $92
= 0094      TABTIP       EQU $94
= 0096      TECLA        EQU $96
= 0098      TOPE         EQU $98
= 009A      VARIABLES    EQU $9A
= 009C      VARN1        EQU $9C
= 009E      VARN2        EQU $9E
= 00A0      VARN3        EQU $A0
= 00A2      VUEL_TOT     EQU $A2

```

```

;*****
;*                               RUTINA DE INICIO
;*
;*  ESTA RUTINA SE ENCARGA DE RECIBIR EL PRIMER DATO POR TECLADO
;*  SE PREGUNTA QUE TECLA FUE SENSADA (TABLA, SEGFUN, REINICIO) Y
;*  NOS LLEVA A LA RUTINA CORRESPONDIENTE, PREVIAMENTE PRUEBA RAN
;*  Y EL A/D DEL MCU
;*****

```

```

0100      INICIO        ORG $100
0100 CD05AE          JSR RAN
0103 CC0B15          JMP REINI
0106 A670           AA          LDA #$F0
0108 B705           STA DDRB
010A B601           LDA PORTB      ;LEE CONTENIDO DEL PUERTO B Y
010C A4DF           AND #$0F      ;CARGA LA PARTE BAJA

010E A100           CMP #80D      ;VERIFICA SI LA TECLA OPRIMIDA
0110 2755           BEQ TABLA     ;FUE LA DE TABLA
                                ;SI ES VERDADERO SALTA A RUTINA TABLA
0112 A100           CMP #50D      ;VERIFICA SI LA TECLA OPRIMIDA
0114 272A           BEQ MANUAL    ;FUE LA DE MANUAL
                                ;SI ES VERDADERO SALTA A LA RUTINA MANUAL
0116 A108           CMP #80B      ;VERIFICA SI LA TECLA OPRIMIDA
0118 27F8           BEQ REINI     ;FUE LA DE REINICIO
                                ;SI ES VERDADERO SALTA A RUTINA DE REINICI
011A CC0370          JMP ERROR    ;EN CASO CONTRARIO SALTA RUTINA DE ERROR

```

```

;*****
;*                               RUTINA PARA EL SENSADO DEL TECLADO
;*
;*  ESTA RUTINA SE ENCARGA DE DECODIFICAR LA TECLA
;*  SENSAD Y REGRESA EL CONTROL A DONDE FUE INVOCADA
;*
;*****

```

```

0150      TECLADO      ORG $150
0150 A60F           LDA #$0F      ;HABILITA AL PUERTO DEL
0152 B705           STA DDRB      ;TECLADO (PARTE BAJA)
0154 B601           LDA PORTB     ;LEE EL PUERTO B O EL TECLADO
0156 B796           STA TECLA     ;ALMACENA EL DATO LEIDO
0158 A10D           CMP #80D      ;COMPARA SI ES SEG. FUN.
015A 2606           BNE INCTECLA   ;SI NO ES, SALTA INCTECLA

```

```

015C AE15          LDX  #15          ;DIRECCIONA A LAS TECLAS DE
015E E696          LDA  TECLA,X      ;SEGUNDA FUNCION
0160 8796          STA  TECLA      ;GUARDA A EN TECLA
0162 8692          INCTECLA LDA TABTEC,TECLA ;TRAE EL CONTENIDO DE TABTEC+TECLA
0164 8796          STA  TECLA      ;EL RESULTADO LO ALMACENA EN TECLA
0166 81           RTS           ;REGRESA DE LA SUBROUTINA

```

```

.....
;*
;*           RUTINA PARA TOMAR LA RADIOGRAFIA
;*
;*           EN FORMA AUTOMATICA
;*
;.....

```

```

0200          TABLA          ORG  $200
0200 CD02A5    TABLAN        JSR  SELEC
0203 E622          LDA  APUNTAX,X
0205 97          TAX
0206 E69A          LDA  VARIABLES,X
0208 876C          STA  PARKV
020A 5C          INCX
020B E69A          LDA  VARIABLES,X
020D 876E          STA  PARMA
020F 5C          INCX
0210 E69A          LDA  VARIABLES,X
0212 8770          STA  PARSEQ
0214 5C          INCX
0215 E69A          LDA  VARIABLES,X
0217 8772          STA  PARDIST
0219 5C          INCX
021A E69A          LDA  VARIABLES,X
021C 8768          STA  H1
021E 5C          INCX
021F E69A          LDA  VARIABLES,X
0221 876A          STA  H3
0223 CD048C      JSR  DESREG
0226 CD011D      JSR  TECLADO
0229 8696          LDA  TECLA
022B A10C          CMP  #80C
022D 2708          BEQ  TOMA
022F A108          CMP  #808
0231 27E2          BEQ  REINI
0233 A100          CMP  #800
0235 27C9          BEQ  TABLAN
0237 CC0370      JMP  ERROR
023A CD0E0C      JSR  TOMARAD
023D CC0B15      JMP  REINI

```

```

.....
;*          RUTINA MANUAL
;*
;*  ESTA RUTINA PERMITE INTRODUCIR EN FORMA MANUAL LOS DATOS DEL
;*  TIPO DE RADIOGRAFIA SELECCIONADA
;.....
0250          MANUAL          ORG #250
0250 A6F0          LDA #5F0          ;HABILITA PARA LECTURA
0252 0705          STA DDR8          ;PARTE BAJA DEL PUERTO B
0254 0601          LDA PORTB        ;CARGA CONTENIDO PUERTO B
0256 A40F          AND #50F
0258 0796          STA TECLA        ;GUARDA CONTENIDO EN TECLA
025A A101          CMP #501         ;COMPARA CON TECLA DE [Tipo]
025C 2747          BEQ RELEC
025E A100          CMP #500         ;COMPARA CON TECLA DE [Vin]
0260 2709          BEQ VIN
0262 CC0370       JMP ERROR         ;SI NO ES NINGUNA DE LAS
                                ;TECLAS SE VA A ERROR
0265 CD02A5       SELECCION        JSR SELEC
0268 CD0517       JSR TOMRANG      ;SUBROUTINA TOMAR RANGOS

0268 A600          LDA #500         ;CARGA CEROS EN CONTG
026D 0740          STA CONTG

026F 0601          LEE            LDA PORTB        ;LEE PUERTO B
0271 0796          STA TECLA        ;CARGA CONTENIDO EN TECLA
0273 A103          CMP #503         ;COMPARA CON TECLA DE [KV]
0275 2713          BEQ CHECAKV      ;SALTA A RUTINA CHECA KV
0277 A107          CMP #507         ;COMPARA CON TECLA DE [mA]
0279 2715          BEQ CHECAMA      ;SALTA A RUTINA CHECA MA
027B A108          CMP #508         ;COMPARA CON TECLA DE [seg]
027D 2717          BEQ CHECASEG     ;SALTA A RUTINA CHECA SEG
027F A10F          CMP #50F         ;COMPARA CON TECLA DE [Dist]
0281 2719          BEQ CHECADIST     ;SALTA A RUTINA CHECA DIS
0283 A108          CMP #508         ;COMPARA CON TECLA DE [Reinicio]
0285 2718          BEQ REINICIO      ;SALTA A RUTINA DE REINICIO
0287 CC0370       JMP ERROR         ;SI NO ES NINGUNA ANTERIOR SALTA
                                ;A RUTINA DE ERROR

028A CD0D9B       CHECAKV          JSR RADMAN      ;SALTA A SUBROUTINA RAD. MANUAL
028D CC026F       JMP LEE
0290 CD0D9B       CHECAMA          JSR RADMAN
0293 CC026F       JMP LEE
0296 CD0D9B       CHECASEG        JSR RADMAN
0299 CC026F       JMP LEE
029C CD0D9B       CHECADIST        JSR RADMAN
029F CC026F       JMP LEE
02A2 CC0815       REINICIO         JMP REINI

```

```

;.....
; * RUTINA SELECCION TIPO DE RADIOGRAFIA *
; *
; * ESTA RUTINA SE ENCARGA DE SELECCIONAR EL TIPO DE RADIOGRAFIA *
; * QUE SE DESEA TOMAR DE MANERA AUTOMATICA O MANUAL *
; *
;.....
0400 SELEC ORG $400
0400 A6F0 LDA #SF0 ;HABILITA EL PUERTO B
0402 B705 STA DDRB ;PARA LECTURA

0404 A600 LDA #S00 ;CARGA CEROS A CONT2
0406 B73A STA CONT2 ;Y A BANDBLOG
0408 B726 STA BANBLOG
040A 97 TAX
040B CD077C LOOP1 JSR TIPRAD ;PASA EL CONTENIDO DE A EN X
040E B601 LDA PORTB ;SALTA A SUBRUTINA DESPLIEGA
0410 B796 STA TECLA ;LEE EL PUERTO B
0412 A10C CMP #S0C ;GUARDA EL CONTENIDO EN TECLA
0414 2775 BEQ SALTE ;VERIFICA SI LA TECLA FUE UN 'E'oc]
0416 B636 LDA BSEGFUN ;SI ES VERDAD SE SALE
0418 A100 CMP #S00 ;VERIFICA SI BANDERA DE SEGUNDA
041A 275B BEQ SEG_FUN ;FUNCION ESTA APAGADA
041C A60A LOOP2 LDA #S0A ;VERIFICA SI SE OPRIMIO FLECHA
041E B196 CMP TECLA ;NACIA ABAJO
0420 2731 BEQ F_ABAJO
0422 A602 LDA #S02 ;VERIFICA SE OPRIMIO FLECAHA
0424 B196 CMP TECLA ;NACIA ARRIBA
0426 2703 BEQ F_ARRIBA
0428 CC0370 JMP ERROR ;SI NO FUE NINGUNA DE LAS DOS ERROR

042B B63A F_ARRIBA LDA CONT2 ;CARGA CONTENIDO DE CONT2
042D A040 SUB #S40 ;LE RESTA 40H
042F 2503 BLO A1 ;SI ES NEGATIVO VA A A1
0431 CC044F JMP A2 ;SI NO SALTA A A2
0434 A6C0 A1 LDA #SCD ;SE COLOCA EN LA PENULTIMA
0436 B73A STA CONT2 ;POSICION DEL BLOQUE
0438 B626 LDA BANBLOG ;SE CARGA LA BANDERA DE BLOQUE
043A A101 CMP #S01 ;SE VERIFICA EN QUE BLOQUE ESTA
043C 2609 BNE A3 ;SI ESTA EN EL PRIMERO SALTA A A3
043E A600 LDA #S0D ;SI NO APAGA LA BANDERA DE BLOQUE
0440 B726 STA BANBLOG
0442 B63A LDA CONT2 ;CARGA CONTENIDO DE CONT2
0444 CC044F JMP A2 ;SALTA A A2
0447 A600 A3 LDA #S00 ;APAGA LA BANDERA DE BLOQUE
0449 B726 STA BANBLOG
044B A6E0 LDA #SE0 ;SE COLOCA EN LA ULTIMA
044D B73A STA CONT2 ;POSICION DEL PRIMER BLOQUE
044F 97 TAX ;PASA EL CONTENIDO DE "A" A "X"
0450 CC040B JMP LOOP1 ;SALTA A LOOP1

0453 B6 F_ABAJO LDA CONT2 ;CARGA EL CONTENIDO DE CONT2
0455 A1 CMP #SE0 ;SE VERIFICA EN QUE POSICION ESTA
0457 2703 BEQ B1 ;SI ESTA EN LA ULTIMA SALTA A B1

```

```

0459 CC0473          JMP B2
045C B626          B1      LDA BANBLOO ;VERIFICA EN QUE BLOQUE ESTA
045E A100          CMP #S00
0460 2709          BEQ B3          ;SI ESTA EN EL PRIMERO SALTA A B3
0462 A600          LLA #S00       ;SI NO SE COLOCA AL INICIO DEL
0464 B73A          STA CONT2     ;PRIMER BLOQUE
0466 B726          STA BANBLOO  ;Y APAGA LA BANDERA DE BLOQUE
046B CC0473          JMP B2          ;SALTA A B2
046B A601          B3      LDA #S01       ;PRENDE LA BANDERA DE BLOQUE
046D B726          STA BANBLOO  ;
046F A600          LDA #S00       ;SE COLOCA EN LA PRIMERA POSICION
0471 B73A          STA CONT2     ;DEL SEGUNDO BLOQUE
0473 97           TAX
0476 CC040B          JMP LOOP1

```

```

0477 A600          SEG_FUN LDA #S0D       ;VERIFICA SI LA TECLA FUE (SEG Fun)
0479 B196          CMP TECLA
047B 2703          BEQ LOOP7     ;SI ES VERDADERO SALTA A LOOP7
047D CC0370          JMP ERROR     ;SI NO VA A RUTINA DE ERROR
0480 A601          LOOP7  LDA #S01       ;PRENDE LA BANDERA DE SEGUNDA FUNCION
0482 B736          STA BSEGFUN
0484 B6          LDA PORTB     ;LEE EL PUERTO B
0486 B796          STA TECLA    ;GUARDA EL CONTENIDO EN TECLA
0488 CC041C          JMP LOOP2     ;SALTA A LOOP2
048B B1           SALTE  RTS

```

```

;*****
;*
;*          RUTINA PARA DESPLEGAR EL CONTENIDO DEL REGISTRO
;*
;*          ESTÁ RUTINA SE ENCARGA DE DESPLEGAR EL CONTENIDO
;*          DEL REGISTRO EN EL DISPLAY RENGLON POR RENGLON
;*          CADA UNO DE LOS CAMPOS PARA UNA RADIOGRAFIA
;*          SELECCIONADA MANUALMENTE
;*
;*****

```

```

045D          DESREG  ORG          $450
045D CC04A5          JSR          INI_DISP2 ;INICIALIZA AL DISPLAY.
0453 A600          LDA          #S00   ;INICIALIZACION DEL CONTADOR
0455 B738          STA          CONT1  ;DE LONGITUD DEL DATO, DE
0457 B764          STA          IND12   ;LONGITUD DE ETIQUETA Y LA
0459 B73A          STA          BANRENG ;BANDERA DEL RENGLON.
045B A60A          LDA          #S0A   ;LONGITUD INICIAL DEL
045D B766          STA          LONG    ;CAMPO.
045F B63A          RENGLON2 LDX          CONT2   ;ASIGNACION DEL CONTADOR DE
                                ;LONGITUD DEL REGISTRO A X.
0461 B626          BLOQUE1  LDA          BANBLOO ;VERIFICA SI LA BANDERA DE
0463 A100          CMP          #S00   ;BLOQUE HACIDO ENCENDIDA
0465 2706          BEQ          VUELTA  ;PARA CAMBIAR AL SEGUNDO
0467 D60B00        LDA          INDICE2,X ;BLOQUE DE INFORMACION.
046A CC0470        JMP          ALHACENA ;SALTA A GUARDA EL CARACTER.
046D D60A00        VUELTA   LDA          INDICE,X ;PROPORCIONA EL CARACTER
0470 B700          ALHACENA STA          PORTA  ;CORRESPONDIENTE DEL DATO AL
                                ;DISPLAY.

```

```

0472 5C          INCX          ;INCREMENTA AL REG. INDICE.
0473 873A       STX          CONT2
0475 8638       LDA          CONT1  ;CARGA, INCREMENTA Y GUARDA EL
0477 4C         INCA         ;CONTADOR DE LONGITUD DEL DATO
0478 8738       STA          CONT1  ;EN EL MISMO Y PREGUNTA SI YA
047A 8166       CMP          LONG   ;TERMINO DE TRAER EL DATO SI NO
047C 26E3       BNE         BLOQUE1 ;REGRESA POR OTRO CARACTER.
047E 863A       LDA          BARRENG ;BANDERA DE PASO PARA CERRAR
0480 A100       CMP          #500     ;LA SECUENCIA DE LA CADENA DEL
0482 2615       BNE         SALTAX  ;DATO.
0484 A610       LDA          #510   ;SECUENCIA DE FIN DE ENVIO DE
0486 8701       STA          PORTB  ;LA CADENA DEL DATO AL DISPLAY
0488 A682       LOA          #52   ;Y SU SE AL DE CONTROL.
048A 8700       STA          PORTA
048C 8664       LDA          IND12  ;VERIFICA SI SE A TERMINADO
048E A110       CMP          #510   ;DE DESPLEGAR LAS ETIQUETAS
0490 270C       BEQ          SALIDA1 ;SALTA A LA SALIDA DEL RUTINA.
0492 CD04A5     JSR          INT_DISP2 ;INICIALIZA AL DISPLAY.
0495 A600       LDA          #500   ;INICIALIZA LOS CONTADORES
0497 8762       STA          IND11  ;DE LONG. DE LAS ETIQUETAS.
0499 8E64       SALTAX     LDX          ;ASIGNA EL INCREMENTO PARA
049B CC04B1     JMP          LETRERO   ;LOCALIZAR LA ETIQUETA.
049E 863A       SALIDA1    LOA          ;TRAE LA ULTIMA LOCALIDAD
04A0 A808       ADD          #8      ;DEL REGISTRO DESPLEGADO
04A2 873A       STA          CONT2  ;SE INCREMENTA, PARA LLEGAR
                                ;AL SIGUIENTE REGISTRO.
04A4 81        RTS          ;REGRESO DE UNA SUBROUTINA.
04A5 CD098A     INT_DISP2  JSR          INTDISP   ;INICIALIZA AL DISPLAY.
04A8 A680       LDA          #580   ;HABILITACION PARA ENVIAR
04AA 8700       STA          PORTA ;UNA CADENA DE CARACTERES
04AC A600       LOA          #500   ;AL DISPLAY Y SU SE AL DE
04AE 8701       STA          PORTB ;CONTROL.
04B0 81        RTS          ;
04B1 D60C20     LETRERO    LDA          ETIQ,X  ;PROPORCIONA CARACTER POR
04B4 8700       STA          PORTA  ;CARACTER DE CADA ETIQUETA
04B6 5C         INCX         ;SOLICITADA.
04B7 8F64       STX          IND12  ;REALIZA LOS INCREMENTOS
04B9 8662       LDA          IND11  ;PEDIDOS EN LOS CONTADORES
04BB 4C         INCA         ;DE LAS ETIQUETAS.
04BC 8762       STA          IND11  ;
04BE A104       CMP          #504   ;VERIFICA QUE SE HALLA
04C0 26EF       BNE         LETRERO ;DESPLEGADO LA ETIQUETA.
04C2 C60C3F     LDA          DOSPUNTOS ;SE PROPORCIONA EL CARACTER
04C5 8700       STA          PORTA ;DOS PUNTOS (,).
04C7 8664       LOA          IND12  ;REALIZA UNA SERIE DE
04C9 A104       CMP          #504   ;COMPARACIONES PARA
04CB 270F       BEQ          KVI    ;DETERMINAR QUE ETIQUETA
04CD A109       CMP          #509   ;SE DESPLEGARA EN EL
04CF 2717       BEQ          MA1    ;DISPLAY.
04D1 A10C       CMP          #50C   ;
04D3 271F       BEQ          SEG1  ;
04D5 A110       CMP          #510   ;
04D7 2727       BEQ          DIST1 ;
04D9 CC0370     JMP          ERROR   ;MARCA ERROR SI NO ES UNA
                                ;DE LAS ESTABLECIDAS

```

```

04DC A602   KV1     LDA     #802     ;ASIGNACION DE LA LONGITUD
04DE CD050C JSR     ASIGNA   ;DEL DATO A DESPLEGAR.
04E1 A601   LDA     #801     ;DESHABILITA LA BANDERA DE
04E3 B734   STA     BANRENG ;CERRADO DE CADENA DEL DATO.
04E5 CC045F JMP     RENGLOH2 ;SALTA POR OTRO CARACTER.
04E8 A603   NA1     LDA     #803     ;ASIGNACION DE LA LONGITUD
04EA CD050C JSR     ASIGNA   ;DEL DATO A DESPLEGAR.
04ED A600   LDA     #800     ;HABILITA LA BANDERA DE
04EF B734   STA     BANRENG ;CERRADO DE CADENA DEL DATO.
04F1 CC045F JMP     RENGLOH2 ;SALTA POR OTRO CARACTER.
04F4 A604   SEG1    LDA     #804     ;ASIGNACION DE LA LONGITUD
04F6 CD050C JSR     ASIGNA   ;DEL DATO A DESPLEGAR.
04F9 A601   LDA     #801     ;DESHABILITA LA BANDERA DE
04FB B734   STA     BANRENG ;CERRADO DE CADENA DEL DATO.
04FD CC045F JMP     RENGLOH2 ;SALTA POR OTRO CARACTER.
0500 A6     DIST1  LDA     #804     ;ASIGNACION DE LA LONGITUD
0502 CD050C JSR     ASIGNA   ;DEL DATO A DESPLEGAR.
0505 A600   LDA     #800     ;HABILITA LA BANDERA DE
0507 B734   STA     BANRENG ;CERRADO DE CADENA DEL DATO.
0509 CC045F JMP     RENGLOH2 ;SALTA POR OTRO CARACTER.
050C B766   ASIGNA  STA     LONG     ;ALMACENA LA LONG. DEL DATO
050E A6     LDA     #800     ;INICIALIZA A LOS CONTADORES
0510 B73B   STA     CONT1    ;DE LONG. DEL DATO Y DE LA
0512 B762   STA     IND11    ;ETIQUETA.
0514 BE64   LDX     IND12
0516 B1     RTS

```

```

.....
RUTINA TOMAR RANGOS

```

```

*
* CUANDO LA RADIOGRAFIA SE SELECCIONA MANUALMENTE, SE PROTEGE AL
* PACIENTE CON RANGOS PREESTABLECIDOS DE TODOS LOS PARAMETROS,
* MAXIMOS Y MINIMOS
*
.....

```

```

0550 TOHRANG  ORG 8550
0550 AECB   LDX     #8CB     ;CARGA EL INCREMENTO DE LA
                                ;DIRECCION DE INICIO
0552 E6     LDA     TABTIP,X ;ALMACENA EL LIMITE
0554 B77C   STA     RKVMIN ;INFERIOR DE KILOVOLTAJE
0556 5C     INCX
0557 E694   LDA     TABTIP,X ;ALMACENA EL LIMITE
0559 B77A   STA     RKVMAX ;SUPERIOR DE KILOVOLTAJE
055B 5C     INCX
055C D60094 LDA     TABTIP,X ;ALMACENA EL LIMITE
055F B786   STA     RMANIN  ;INFERIOR DE MILIAMPERAJE
0561 5C     INCX
0562 D60094 LDA     TABTIP,X ;ALMACENA EL LIMITE
0565 B784   STA     RMANAX  ;SUPERIOR DE MILIAMPERAJE
0567 5C     INCX
0568 E6     LDA     TABTIP,X ;ALMACENA EL LIMITE
056A C70078 STA     RDISTMIN  ;INFERIOR DE DISTANCIA
056D 5C     INCX
056E E6     LDA     TABTIP,X ;ALMACENA EL LIMITE

```

```

0570 B776 STA RDI5TMAX ;SUPERIOR DE DISTANCIA
0572 5C INCX
0573 E6 LDA TABTIP,X ;ALMACENA EL LIMITE
0575 B78A STA RSEGIN ;INFERIOR DE TIEMPO
0577 5C INCX
0578 E6 LDA TABTIP,X
057A B78B STA RSEGNAX ;ALMACENA EL LIM. SUP. DE TIEMPO
057C 9D NOP

```

```

.....
RUTINA PARA VERIFICAR EL KILOVOLTAJE
.....
ESTA RUTINA SE ENCARGA DE RECIBIR EL DATO
MANUALMENTE Y VERIFICA QUE EL KV SE ENCUENTRE
DENTRO DE LOS RANGOS PREESTABLECIDOS, DESPLIEGA
Y ALMACENA EL DATO OBTENIDO
.....

```

```

0550 CKV ORG $550
0550 A600 LDA #500 ;CARGA 00 EN CONTEK
0552 B742 STA CONTKV ;
0554 AE LDX #500 ;CARGA 00 EN X
0556 B6 LDA BANDKV ;CARGA BANDERA KV
0558 A100 CMP #500 ;PREGUNTA SI ES CERO
055A 2614 BNE ERROR ;SI NO ES CERO SE VA A ERROR
055C C6 LDA #501 ;SI ES CERO PRENDENOS LA BANDERA
055F B72E STA BANDKV ;
0561 A6 LDA #500 ;APAGA BANDERA SEGUNDA FUNCION
0563 C70036 STA BSEGFUN ;
0566 C0098A JSR INIDISP ;SALTA A SUBRUTINA INIDISP
0569 A6FF LDA #FF ;HABILITA PUERTO A PARA
056B B704 STA DORA ;ESCRIBIR
056D A680 LDA #580 ;COLOCA UM 80H EN PUERTO A
056F B700 STA PORTA ;
0571 A6F0 LDA #5F0 ;HABILITA PUERTO B PARA
0573 B705 STA DDRB ;ESCRITURA (PARTE ALTA)
0575 A600 LDA #500 ;COLOCA UM 00 EN PUERTO B
0577 B701 STA PORTB ;
0579 D60C20 LEEKV LDA KV,X ;CARGA CONTENIDO DE KV+X
057C B700 STA PORTA ;COLOCALO EN PUERTO A
057E 5C INCX ;INCREMENTA X
057F B6 LDA CONTKV ;CARGA CONTKV
0581 4C INCA ;INCREMENTA CONTKV
0582 B742 STA CONTKV ;GUARDA CONTENIDO DE A EN CONTKV
0584 A1 CMP #504 ;COMPARA CON UM 4H
0586 26EF BNE LEEKV ;SI NO ES IGUAL, SALTA A LEEKV
0588 AE00 LDX #500 ;CARGA 00 EN X
058A A6 LDA #500 ;CARGA 00 EN A
058C B742 STA CONTKV ;GUARDA 00 EN CONTKV
058E D60C3F LEEDOSP1 LDA DOSPUNTS,X ;CARGA CONTENIDO DE DOSPUN+X
0591 B700 STA PORTA ;COLOCA CONTENIDO EN PUERTO A
0593 5C INCX ;INCREMENTA X
0594 B642 LDA CONTKV ;CARGA CONTKV

```

```

0596 4C          INCA          ;INCREMENTA A
0597 B742       STA CONTKV      ;GUARDA CONTENIDO EN CONTKV
0599 A1         CMP #503      ;COMPARA SI ES UM 3H
059B 26EF       BNE LEEDOSP1     ;SI NO ES IGUAL, SALTA A LEEDOSP1
059D C05AC      JSR RUTDAT      ;SALTA A SUBRUTINA DATOS
05A0 AE         LDX #500      ;CARGA 00 EN X
05A2 D6DF20     LDA GUARDA1,X  ;CARGA CONTENIDO DE GUARDA+X
05A5 B750       STA DATOKV     ;GUARDA CONTENIDO EN DATOKV
05A7 A6         LDA #500      ;CARGA 00 EN SUMA
05A9 C70090     STA SUMA        ;
05AC B650       SUMA1      LDA DATOKV     ;CARGA CONTENIDO DE DATOKV
05AE BB        ADD DATOKV     ;ADICIONA DATOKV
05B0 B690       LDA SUMA      ;CARGA SUMA
05B2 4C          INCA          ;INCREMENTA EL ACUMULADOR
05B3 B790       STA SUMA        ;GUARDA CONTENIDO EN SUMA
05B5 A1         CMP #64        ;COMPARA CON UM 64H
05B7 26FD       BNE SUMA1     ;SI NO ES IGUAL SALTA A SUMA
05B9 5C         INCX          ;SI ES IGUAL INCREMENTA X
05BA D6DF20     LDA GUARDA1,X  ;CARGA CONTENIDO DE GUARDA+X
05BD BB        ADD DATOKV     ;LE ADICIONA DATOKV
05BF B750       STA DATOKV     ;ALMACENA EN DATOKV
05C1 B1         CMP R6VMIN     ;COMPARA CON KV MINIMO
05C3 25AB       BLO ERROR     ;SI ES MENOR SALTA A ERROR
05C5 B1         CMP R6VMAX     ;COMPARA CON KV MAXIMO
05C7 22A7       BHI ERROR     ;SI ES MAYOR SALTA A ERROR
05C9 B640       LDA CONTC      ;CARGA CONTEBIDO DE CONTC
05CB 4C          INCA          ;INCREMENTA A
05CC B740       STA CONTC     ;GUARDA CONTENIDO EN CONTC
05CE 81         RTS
    
```

```

;.....
;
;          RUTINA PARA VERIFICAR EL MILIANPERAJE
;
;
;          ESTA RUTINA SE ENCARGA DE RECIBIR EL DATO
;          MANUALMENTE Y VERIFICA QUE EL MA SE ENCUENTRE
;          DENTRO DE LOS RANGOS PREESTABLECIDOS, DESPLIEGA
;          Y ALMACENA EL DATO OBTENIDO
;
;.....
    
```

```

0600          CMA          ORG $600
0600 A600       LDA #500      ;CARGA 00 EN CONTHA
0602 B744       STA CONTHA    ;
0604 A600       LDX #500      ;CARGA 00 EN X
0606 B630       LDA BANDNA    ;CARGA BANDERA NA
0608 A100       CMP #500     ;PREGUNTA SI ES CERO
060A 2664       BNE ERROR     ;SI NO ES CERO SE VA A ERROR
060C A601       LDA #501     ;SI ES CERO PRENDAMOS LA BANDERA
060E B730       STA BANDNA    ;
0610 A600       LDA #500     ;APAGA BANDERA SEGUNDA FUNCION
0612 B78C       STA SEGFUM    ;
0614 CDD9BA     JSR INIDISP    ;SALTA A SUBRUTINA INIDISP
0617 A6FF       LDA #5FF     ;HABILITA PUERTO A PARA
0619 B704       STA DDRA      ;ESCRIBIR
    
```

0618	A680		LDA #800	;COLOCA UN 80H EN PUERTO A
061D	B700		STA PORTA	;
061F	A6F0		LDA #8F0	;HABILITA PUERTO B PARA
0621	B705		STA DDRB	;ESCRITURA (PARTE ALTA)
0623	A600		LDA #800	;COLOCA UN 00 EN PUERTO B
0625	B701		STA PORTB	;
0627	D60C24	LEEMA	LDA MA,X	;CARGA CONTENIDO DE MA*X
062A	B700		STA PORTA	;COLOCALO EN PUERTO A
062C	5C		INCX	;INCREMENTA X
062D	B644		LDA CONTHA	;CARGA CONTHA
062F	4C		INCA	;INCREMENTA CONTHA
0630	B744		STA CONTHA	;GUARDA CONTENIDO DE A EN CONTHA
0632	A104		CMP #804	;COMPARA CON UN 4H
0634	26F1		BNE LEEMA	;SI NO ES IGUAL, SALTA A LEEMA
0636	A600		LDX #800	;CARGA 00 EN X
0638	A600		LDA #800	;CARGA 00 EN A
063A	B744		STA CONTHA	;GUARDA 00 EN CONTHA
063C	D60C3F	LEEDOSP2	LDA DOSPUNTOS,X	;CARGA CONTENIDO DE DOSPUNTOS*X
063F	B700		STA PORTA	;COLOCA CONTENIDO EN PUERTO A
0641	5C		INCX	;INCREMENTA X
0642	B644		LDA CONTHA	;CARGA CONTHA
0644	4C		INCA	;INCREMENTA A
0645	B744		STA CONTHA	;GUARDA CONTENIDO EN CONTHA
0647	A103		CMP #803	;COMPARA SI ES UN 3H
0649	26F1		BNE LEEDOSP2	;SI NO ES IGUAL, SALTA A LEEDOSP2
064B	CD03AC		JSR RUTDAT	;SALTA A SUBROUTINA DATOS
064E	A600		LOX #800	;CARGA 00 EN X
0650	D60F22		LDA GUARDA2,X	;CARGA CONTENIDO DE GUARDA*X
0653	B752		STA DATONA	;GUARDA CONTENIDO EN DATONA
0655	A600		LDA #800	;CARGA 00 EN SUMA
0657	B790		STA SUMA	;
0659	B652	SUMA2	LDA DATONA	;CARGA CONTENIDO DE DATONA
065B	B852		ADD DATONA	;ADICIONA DATONA
065D	B690		LDA SUMA	;CARGA SUMA
065F	4C		INCA	;INCREMENTA EL ACUMULADOR
0660	B790		STA SUMA	;GUARDA CONTENIDO EN SUMA
0662	A1		CMP #864	;COMPARA CON UN 64H
0664	26F3		BNE SUMA2	;SI NO ES IGUAL SALTA A SUMA
0666	5C		INCX	;SI ES IGUAL INCREMENTA X
0667	D60F22		LDA GUARDA2,X	;CARGA CONTENIDO DE GUARDA1*X
066A	B852		ADD DATONA	;LE ADICIONA DATONA
066C	B752		STA DATONA	;ALMACENA EN DATONA
066E	B186		CMP RMAMIN	;COMPARA CON MA MINIMO
0670	25FE		BLO ERROR	;SI ES MENOR SALTA A ERROR
0672	B184		CMP RMAXX	;COMPARA CON MA MAXIMO
0674	22FA		BHI ERROR	;SI ES MAYOR SALTA A ERROR
0676	B640		LDA CONTG	;CARGA CONTENIDO DE CONTG
067B	4C		INCA	;INCREMENTA A
0679	B740		STA CONTG	;GUARDA CONTENIDO EN CONTG
067B	81	SALIDA2	RTS	;

```

.....
;
; RUTINA PARA VERIFICAR EL TIEMPO DE EXPOSICION
;
; ESTA RUTINA SE ENCARGA DE RECIBIR EL DATO
; MANUALMENTE Y VERIFICA QUE EL VALOR DE (SEG)
; SE ENCUENTRE DENTRO DE LOS RANGOS PRESTABLECIDOS,
; DESPLIEGA Y ALMACENA EL DATO OBTENIDO
;
.....

0650          CSEG          ORG $650
0650 A600          LDA #00          ;CARGA 00 EN CONTSEG
0652 B746          STA CONTSEG      ;
0654 AE00          LDX #00          ;CARGA 00 EN X
0656 B632          LDA BANDSEG     ;CARGA BANDERA SEG
0658 A100          CMP #00          ;PREGUNTA SI ES CERO
065A 2614          BNE ERROR       ;SI NO ES CERO SE VA A ERROR
065C A601          LDA #01          ;SI ES CERO PRENDEMOS LA BANDERA
065E B732          STA BANDSEG     ;
0660 A600          LDA #00          ;APAGA BANDERA SEGUNDA FUNCION
0662 B78C          STA SEGFUN      ;
0664 C0092A        JSR INIDISP     ;SALTA A SUBROUTINA INIDISP
0667 A6FF          LDA #FF          ;HABILITA PUERTO A PARA
0669 B704          STA DDRA        ;ESCRIBIR
066B A680          LDA #80          ;COLOCA UN 80H EN PUERTO A
066D B700          STA PORTA       ;
066F A6F0          LDA #FF          ;HABILITA PUERTO B PARA
0671 B705          STA DDRB        ;ESCRITURA (PARTE ALTA)
0673 A600          LDA #00          ;COLOCA UN 00 EN PUERTO B
0675 B701          STA PORTB       ;
0677 D60C2B        LESEEG          LDA SEG,X          ;CARGA CONTENIDO DE SEG*X
067A B700          STA PORTA       ;COLOCALO EN PUERTO A
067C 5C            INCX            ;INCREMENTA X
067D B646          LDA CONTSEG     ;CARGA CONTSEG
067F 4C            INCA            ;INCREMENTA CONTSEG
0680 B746          STA CONTSEG     ;GUARDA CONTENIDO DE A EN CONTSEG
0682 A104          CMP #04          ;COMPARA CON UN 4H
0684 26F1          BNE LEESEG      ;SI NO ES IGUAL, SALTA A LEESEG
0686 AE00          LDX #00          ;CARGA 00 EN X
0688 A600          LDA #00          ;CARGA 00 EN A
068A B746          STA CONTSEG     ;GUARDA 00 EN CONTSEG
068C D60C3F        LEEDOSP3        LDA DOSPUNTOS,X   ;CARGA CONTENIDO DE DOSPUNTOS*X
068F B700          STA PORTA       ;COLOCA CONTENIDO EN PUERTO A
0691 5C            INCX            ;INCREMENTA X
0692 B646          LDA CONTSEG     ;CARGA CONTSEG
0694 4C            INCA            ;INCREMENTA A
0695 B746          STA CONTSEG     ;GUARDA CONTENIDO EN CONTSEG
0697 A103          CMP #03          ;COMPARA SI ES UN 3H
0699 26F1          BNE LEEDOSP3    ;SI NO ES IGUAL, SALTA A LEEDOSP3
069B C005AC        JSR RUTDAT      ;SALTA A SUBROUTINA DATOS
069E AE00          LDX #00          ;CARGA 00 EN X
06A0 D60F25        LDA GUARDA3,X   ;CARGA CONTENIDO DE GUARDA*X
06A3 B754          STA DATOSEG     ;GUARDA CONTENIDO EN DATOSEG

```

```

06A5 A600          LDA #500          ;CARGA DO EN SUMA
06A7 B790          STA SUMA
06A9 B654          SUMA3   LDA DATOSEG      ;CARGA CONTENIDO DE DATOSEG
06AB B854          ADD DATOSEG      ;ADICIONA DATOSEG
06AD B690          LDA SUMA          ;CARGA SUMA
06AF 4C           INCA           ;INCREMENTA EL ACUMULADOR
06B0 B790          STA SUMA          ;GUARDA CONTENIDO EN SUMA
06B2 A164          CMP #564         ;COMPARA CON UM 64H
06B4 26F3          BNE SUMA3       ;SI NO ES IGUAL SALTA A SUMA
06B6 5C           IMCX          ;SI ES IGUAL INCREMENTA X
06B7 D60F25       LDA GUARDA3,X   ;CARGA CONTENIDO DE GUARDA1*X
06BA B854          ADD DATOSEG      ;LE ADICIONA DATOSEG
06BC B754          STA DATOSEG      ;ALMACENA EN DATOSEG
06BE B18A          CMP RSEGNIN     ;COMPARA CON SEG MINIMO
06C0 25AE          BLO ERROR       ;SI ES MENOR SALTA A ERROR
06C2 B18B          CMP RSEGNAX    ;COMPARA CON SEG MAXIMO
06C4 22AA          BHI ERROR       ;SI ES MAYOR SALTA A ERROR
06C6 B64D          LDA CONTG      ;CARGA CONTENIDO DE CONTG
06C8 4C           INCA           ;INCREMENTA A
06C9 B74D          STA CONTG      ;GUARDA CONTENIDO EN CONTG
06CB 81           SALIDA3   RTS

```

```

.....
;*
;*          RUTINA PARA VERIFICAR LA DISTANCIA
;*
;*          ESTA RUTINA SE ENCARGA DE RECIBIR EL DATO
;*          MANUALMENTE Y VERIFICA QUE (DIST) SE ENCUENTRE
;*          DENTRO DE LOS RANGOS PREESTABLECIDOS, DESPLIEGA
;*          Y ALMACENA EL DATO OBTENIDO
;*
;.....

```

```

0700          CDIST   ORG 8700
0700 A600          LDA #500          ;CARGA DO EN CONTDIST
0702 B73E          STA CONTDIST
0704 AE00          LDX #500          ;CARGA DO EN X
0706 B62C          LDA BANDIST     ;CARGA BANDERA DIST
0708 A100          CMP #000         ;PREGUNTA SI ES CERO
070A 2664          BNE ERROR       ;SI NO ES CERO SE VA A ERROR
070C A601          LDA #01         ;SI ES CERO PRENDAMOS LA BANDERA
070E B72C          STA BANDIST
0710 A600          LDA #00         ;APAGA BANDERA SEGUNDA FUNCION
0712 B78C          STA SEGFUN
0714 C0098A       JSR INIDISP     ;SALTA A SUBROUTINA INIDISP
0717 A6FF          LDA #FF         ;HABILITA PUERTO A PARA
0719 B704          STA DDRA        ;ESCRIBIR
071B A6B0          LOA #80         ;COLOCA UN BOH EN PUERTO A
071D B700          STA PORTA
071F A6F0          LDA #F0         ;HABILITA PUERTO B PARA
0721 B705          STA DDRB        ;ESCRITURA (PARTE ALTA)
0723 A600          LDA #00         ;COLOCA UN DO EN PUERTO B
0725 B701          STA PORTB
0727 D60C2C       LEEDIST  LDA DIST,X     ;CARGA CONTENIDO DE DIST*X
072A B700          STA PORTA        ;COLOCA EN PUERTO A

```

072C 5C		INX	;INCREMENTA X
072D 863E		LDA CONTDIST	;CARGA CONTDIST
072F 4C		INCA	;INCREMENTA CONTDIST
0730 873E		STA CONTDIST	;GUARDA CONTENIDO DE A EN CONTDIST
0732 A104		CMP #804	;COMPARA CON UN 4H
0734 26F1		BNE LEEDIST	;SI NO ES IGUAL, SALTA A LEEDIST
0736 A600		LDX #800	;CARGA 00 EN X
0738 A600		LDA #800	;CARGA 00 EN A
073A 873E		STA CONTDIST	;GUARDA 00 EN CONTDIST
073C 060C3F	LEEDOSP4	LDA DOSPUNTOS,X	;CARGA CONTENIDO DE DOSPUN+X
073F 8700		STA PORTA	;COLOCA CONTENIDO EN PUERTO A
0741 5C		INX	;INCREMENTA X
0742 863E		LDA CONTDIST	;CARGA CONTDIST
0744 4C		INCA	;INCREMENTA A
0745 873E		STA CONTDIST	;GUARDA CONTENIDO EN CONTDIST
0747 A103		CMP #803	;COMPARA SI ES UN 3H
0749 26F1		BNE LEEDOSP4	;SI NO ES IGUAL, SALTA A LEEDOSP4
074B CD05AC		JSR RUTDAT	;SALTA A SUBROUTINA DATOS
074E A600		LDX #800	;CARGA 00 EN X
0750 060F29		LDA GUARDA4,X	;CARGA CONTENIDO DE GUARDA+X
0753 8750		STA DATOKV	;GUARDA CONTENIDO EN DATOKV
0755 A600		LDA #800	;CARGA 00 EN SUMA
0757 8790		STA SUMA	
0759 8650	SUNA4	LDA DATOKV	;CARGA CONTENIDO DE DATOKV
075B 8850		ADD DATOKV	;ADICIONA DATOKV
075D 8690		LDA SUMA	;CARGA SUMA
075F 4C		INCA	;INCREMENTA EL ACUMULADOR
0760 8790		STA SUMA	;GUARDA CONTENIDO EN SUMA
0762 A104		CMP #804	;COMPARA CON UN 04H
0764 26F3		BNE SUNA4	;SI NO ES IGUAL SALTA A SUMA
0766 5C		INX	;SI ES IGUAL INCREMENTA X
0767 060F29		LDA GUARDA4,X	;CARGA CONTENIDO DE GUARDA1+X
076A 8850		ADD DATOKV	;LE ADICIONA DATOKV
076C 8750		STA DATOKV	;ALMACENA EN DATOKV
076E 817C		CMP RKMVH	;COMPARA CON KV HIXIMO
0770 25FE		BLO ERROR	;SI ES MENOR SALTA A ERROR
0772 817A		CMP RKMVX	;COMPARA CON KV MAXIMO
0774 22FA		BHI ERROR	;SI ES MAYOR SALTA A ERROR
0776 8640		LDA CNTG	;CARGA CONTENIDO DE CNTG
0778 4C		INCA	;INCREMENTA A
0779 8740		STA CNTG	;GUARDA CONTENIDO EN CNTG
077B 81	SALIDA4	RTS	

```

.....
*
* RUTINA PARA DESPLEGAR EL TIPO DE RADIOGRAFIA ELEGIDA
*
* ESTA RUTINA SE ENCARGA DE DESPLEGAR EL TIPO
* DE RADIOGRAFIA QUE SE VA A SELECCIONAR
* PARA SU EXPOSICION
*
.....

```

```

0950          TIPRAD   ORG          $950
0950 CD098A      JSR          INIDISP ;INICIALIZA AL DISPLAY
0953 A680        LDA          #800   ;HABILITACION PARA ENVIAR
0955 8700        STA          PORTA  ;UNA CADENA DE CARACTERES
0957 A600        LDA          #800   ;AL DISPLAY Y SU SE AL DE
0959 8701        STA          PORTB  ;CONTROL.
095B A600        LDA          #800   ;INICIALIZACION DEL CONTADOR
095D 8738        STA          CONT1  ;DE LONGITUD DEL DATO.
095F 8E3A        LDX          CONT2  ;ASIGNACION DEL CONTADOR DE
                                ;LONGITUD DEL REGISTRO A X.

0961 8626        BLOQUE2  LDA          BANBLOO ;VERIFICA SI LA BANDERA DE
0963 A100        CMP          #800   ;BLOQUE HACIDO ENCENDIDA
0965 2706        BEQ          VUELTA2 ;PARA CAMBIAR AL SEGUNDO
0967 D60800      LDA          INDICE2,X ;BLOQUE DE INFORMACION.
096A CC0970      JMP          ALMACEN  ;SALTA A GUARDA EL CARACTER.
096D D60A00      VUELTA2  LDA          INDICE,X ;PROPORCIONA EL CARACTER
0970 8700        ALMACEN  STA          PORTA  ;CORRESPONDIENTE DEL DATO AL
                                ;DISPLAY.

0972 5C          JNCX         ;INCREMENTA AL REG. INDICE.
0973 8638        LDA          CONT1  ;CARGA, INCREMENTA Y GUARDA EL
0975 4C          INCA        ;CONTADOR DE LONGITUD DEL DATO
0976 8738        STA          CONT1  ;EN EL MISMO Y PREGUNTA SI YA
0978 A10A        CMP          #80A   ;TERMINO DE TRAER EL DATO SI NO
097A 26E5        BNE          BLOQUE2 ;REGRESA POR OTRO CARACTER.
097C A610        LDA          #810   ;SECUENCIA DE FIN DE ENVIO DE
097E 8701        STA          PORTB  ;LA CADENA DEL DATO AL DISPLAY
0980 A682        LDA          #82   ;Y SU SE AL DE CONTROL.
0982 8700        STA          PORTA
0984 9F          TXA         ;TRANSFIERE EL CONTENIDO DE X
0985 AB16        ADD          #16    ;AL ACUMULADOR Y LE SUMA 16H
0987 873A        STA          CONT2  ;LO GUARDA EN EL CONTADOR DE
                                ;LONGITUD DE REGISTRO.

0989 81          RTS         ;REGRESO DE UNA SUBROUTINA.

```

```

.....
;
;
;          RUTINA DE INICIALIZACION DEL DISPLAY
;
;  *   ESTA RUTINA SE ENCARGA DE INICIALIZAR LOS PUERTOS
;  *   A Y B PARA DESPLEGAR LA INFORMACION EN EL DISPLAY
;
;
;.....
0900          INIDISP  ORG      $900
0900 A6FF          LDA      #5FF      ;HABILITA LA SALIDA
0902 B704          STA      DDRA      ;EN EL PUERTO A
0904 A6F0          LDA      #5F0      ;HABILITA LA SALIDA DEL
0906 B705          STA      DDB      ;PUERTO B (PARTE BAJA)

0908 A600          LDA      #800      ;SECUENCIA DE INICIALIZACION
090A B701          STA      PORTB     ;PARA ENVIAR O RECIBIR UNA
090C A600          LDA      #800      ;CADENA DE CARACTERES AL
090E B700          STA      PORTA     ;DISPLAY Y LA SE AL DE
0910 A610          LDA      #810      ;CONTROL DEL MISMO.
0912 B700          STA      PORTA
0914 A610          LDA      #810
0916 B701          STA      PORTB
0918 A624          LDA      #824
091A B700          STA      PORTA
091C 81           RTS              ;REGRESO DE UNA SUBROUTINA.

```

```

.....
;
;
;          RUTINA NUEVE MOTOR
;
;  *   ESTA RUTINA SE ENCARGA DE ACTIVAR Y HACER FUNCIONAR EL MOTOR
;  *   SELECCIONADO HASTA LA POSICION DESEADA
;
;
;.....
0550          NUEVENOT  ORG      $550
0550 A6F0          LDA      #5F0      ;HABILITA ENTRADA DEL DATO
0552 B705          STA      DDB      ;DEL PUERTO B (PARTE ALTA).
0554 B601          LDA      PORTB     ;CARGA EN EL ACUMULADOR EL
0556 A120          CMP      #520      ;CONTENIDO DEL PUERTO B Y
0558 273D          BEQ      MM1       ;SE REALIZA UNA SERIE DE
055A A1           CMP      #530      ;COMPARACIONES, PARA SABER
055C 274D          BEQ      MM2       ;QUE MOTOR SE HA HABILITADO
055E A140          CMP      #540      ;PARA QUE OPERE.
0560 2743          BEQ      MM3       ;MARCA UN ERROR SI NO ES EL
0562 CC0370        JMP      ERROR      ;DATO INDICADO.
0564 A600          MOTOR  LDA      #800 ;INICIALIZA EL SENSOR DE
0566 B78E          STA      SENSOR    ;DESPLAZAMIENTO DEL MOTOR.
0568 A60F          LDA      #0F       ;HABILITA LA SALIDA EN EL
056A B705          STA      DDB      ;PUERTO B.
056C A6D0          LDA      #80D      ;SE HABILITA LA SE AL PARA
056E B701          STA      PORTB     ;EL PASO DEL DATO AL LATCH.
0570 A6FF          LDA      #5FF      ;HABILITA AL PUERTO C.
0572 B706          STA      DDC

```

```

0575 B6          LDA VUEL_TOT ;SE ENVIA AL PUERTO C EL DATO
0577 B702        STA PORIC  ;DEL DESPLAZAMIENTO DEL MOTOR.
0579 B6          REG_LEED LDA PORTD ;VERIFICA SI EN EL PUERTO D
057B A4          AND #80    ;INT2 SE HABILITO, SIMO
057D 27FA        BEQ REG_LEED ;REGRESA A VERIFICARLO.
057F B6          LDA SENSOR ;SE CARGA, INCREMENTA Y
0581 4C          INCA      ;ALMACENA EL SENSOR DE
0582 B78E        STA SENSOR ;DESPLAZAMIENTO Y COMPARA
0584 B1          CMP VUEL_TOT ;SI SE HA ALCANZADO EL
0586 26F1        BNE REG_LEED ;DESPLAZAMIENTO DADO, SIMO VERIFICA INT2.
0588 A6F0        LDA #80    ;
058A B705        STA DORE   ;
058C B6A2        LDA VUEL_TOT ;
058E B702        STA PORIC  ;
0590 A600        LDA #800   ;INICIALIZA AL PUERTO B Y C
0592 B701        STA PORTB  ;CON CEROS.
0594 B702        STA PORTC  ;
0596 90          NOP      ;
0597 B69C        MN1      LDA VARN1 ;ASIGNACION DEL DESPLAZAMIENTO
0599 B724        STA AUXILIAR ;PARA EL MOTOR 1
059B CC0565      JMP MOTOR ;SALTA A ENVIAR EL DESPLAZAMIENTO
059E B69E        MN2      LDA VARN2 ;ASIGNACION DEL DESPLAZAMIENTO
05A0 B724        STA AUXILIAR ;PARA EL MOTOR 1
05A2 CC0565      JMP MOTOR ;SALTA A ENVIAR EL DESPLAZAMIENTO
05A5 B6A0        MN3      LDA VARN3 ;ASIGNACION DEL DESPLAZAMIENTO
05A7 B724        STA AUXILIAR ;PARA EL MOTOR 1
05A9 CC0565      JMP MOTOR ;SALTA A ENVIAR EL DESPLAZAMIENTO

```

```

;*****
;*
;*          RUTINA DE DATOS
;*
;*          ESTA RUTINA SE ENCARGA DE LEER
;*          LOS DATOS DEL TECLADO CUANDO
;*          SE SELECCIONA LA OPCION MANUAL
;*
;*****

```

```

0D00          RUTDAT   DRG   $D00
0D00 A600        LDA #800
0D02 B73C        STA CONTDEC ;CARGA 00 A CONDEC
0D04 C0011D      JSR TECLADO
0D07 B601        L2      LDA PORTB
0D09 B796        STA TECLA  ;GUARDA DATO EN TECLA
0D0B A600        LDA #800   ;CARGA 00 EN TOPE
0D0D B798        STA TOPE
0D0F 97          TAX      ;CARGA 00 EN EL REGISTRO X
0D10 D60F00     L1      LDA INDAT,X ;CARGA CONTENIDO DE INDAT-X
0D13 B196        CMP TECLA ;Y COMPARA CON TECLA
0D15 270D        BEQ DECODE ;PARA IR A DECODIFICARLA
0D17 5C          INCX     ;SI NO ES IGUAL INCREMENTA X
0D18 B698        LDA TOPE  ;Y A TOPE
0D1A 4C          INCA     ;VERIFICA QUE NO SE PASE
0D1B B798        STA TOPE  ;
0D1D A10F        CMP #80F ;EL TOPE DE 0F

```

```

001F 274F      BEQ  ERROR      ;SI ES ASI MARCA ERROR
0021 CC0010    JMP  L1          ;REGRESA A L1
0024 C0098A    DECODE JSR  INIDISP      ;
0027 B63C      LDA  CONTEDEC    ;CARGA CONTENIDO DE CONDEC
0029 97        TAX  ;Y LO PASA A X
002A B696      LOA  TECLA       ;CARGA CONTENIDO DE TECLA
002C A104      CNP  #S04       ;
002E 274F      BEQ  BORRAR     ;SI ES IGUAL SALTA A BORRAR
0030 A108      CNP  #S08       ;
0032 27E1      BEQ  REINI      ;SI ES IGUAL SALTA A REINICIO
0034 A10C      CNP  #S0C       ;
0036 273A      BEQ  EJEC       ;SI ES IGUAL SE EJECUTA
0038 C60F10    LDA  INDCODE,TECLA ;
003B B700      STA  PORTA      ;
003D B620      LOA  APUNTA     ;
003F A101      CNP  #S01       ;VERIFICA SI ES KILOVOLTAJE
0041 270F      BEQ  INI_1      ;
0043 A102      CNP  #S02       ;VERIFICA SI ES MILIAMPERAJE
0045 2711      BEQ  INI_2      ;
0047 A103      CNP  #S03       ;VERIFICA SI ES TIEMPO
0049 2713      BEQ  INI_3      ;
004B A104      CNP  #S04       ;VERIFICA SI ES DISTANCIA
004D 2715      BEQ  INI_4      ;
004F CC0370    JMP  ERROR      ;DE OTRA FORMA VA A ERROR
0052 D70F20    INI_1 STA  GUARDA1,X  ;ALMACENA LA VARIABLE Y
0055 CC0D6A    JMP  L3         ;REGRESA A L3
0058 D70F22    INI_2 STA  GUARDA2,X  ;ALMACENA LA VARIABLE Y
005B CC0D6A    JMP  L3         ;REGRESA A L3
005E D70F25    INI_3 STA  GUARDA3,X  ;ALMACENA LA VARIABLE Y
0061 CC0D6A    JMP  L3         ;REGRESA A L3
0064 D70F29    INI_4 STA  GUARDA4,X  ;ALMACENA LA VARIABLE Y
0067 CC0D6A    JMP  L3         ;REGRESA A L3
006A B63C      L3   LDA  CONTEDEC ;BUSCA EL NUMERO O PUNTO
006C 4C        INCA ;PRESIONADO Y DESPLIEGA
006D B73C      STA  CONTEDEC  ;
006F CC0007    JMP  L2         ;REGRESA A L2
0072 A682      EJEC LDA  #B2       ;DESHABILITA EL DISPLAY PARA
0074 B700      STA  PORTA     ;ESCRITURA
0076 A6F0      LDA  #F0       ;HABILITA PUERTO B (PARTE ALTA)
0078 B705      STA  DDRB     ;PARA ESCRITURA
007A A6        LDA  #S10      ;
007C B701      STA  PORTB    ;
007E B1        RTS           ;
007F A6C6      BORRAR LDA #SC6   ;DECREMENTA EL APUNTADOR
0081 B700      STA  PORTA    ;Y NOS REGRESA UN CARACTER
0083 A6F0      LDA  #F0      ;A LA IZQUIERDA
0085 B705      STA  DDRB    ;
0087 A610      LDA  #S10     ;
0089 B701      STA  PORTB   ;
008B A65F      LDA  #5F      ;Y COLOCA UN BLANCO
008D B700      STA  PORTA   ;EN EL DISPLAY
008F A600      LDA  #S00     ;
0091 B701      STA  PORTB   ;
0093 B63C      LDA  CONTEDEC ;
0095 4A        DECA        ;

```

```

0096 873C          STA   CONTOEC
0098 CC0D07       JMP   L2
;
;
;.....
;
;          RUTINA PARA RADIOGRAFIA MANUAL
;
;          ESTA RUTINA SE ENCARGA DE DESPLEGAR
;          LOS DATOS SUMINISTRADOS MANUALMENTE
;
;.....
0050          RADMAN   ORG   $D50
0050 8640          LDA   CONTG           ;CARGA CONTENIDO DE CONTG
0052 A104          CMP   #504           ;VERIFICA SI ES UN 4
0054 2701          BEQ   DES DATOS       ;SI ES ASI SALTA A DES DATOS
0056 81           RTS                    ;SI NO REGRESA
0057 C0098A       DES DATOS JSR   INIDISP       ;INICIALIZA DISPLAY
005A AE00          LDX   #500           ;INICIALIZA X CON 00
005C E658          DES1   LDA   DISCARV,X       ;CARGA CONTENIDO DE DISCARV
005E 8700          STA   PORTA           ;LO COLOCA EL PUERTO A
0060 5C           INCX                    ;INCREMENTA X
0061 9F           TXA                    ;
0062 A104          CMP   #504           ;VERIFICA SI ES UN CUATRO
0064 26F6          BNE   DES1           ;SI NO ES REGRESA
0066 AE00          LDX   #500           ;
0068 060C3F       DES2   LDA   DOSPUNTOS,X     ;CARGA CONTENIDO DE DOS PUNTOS
0068 8700          STA   PORTA           ;LO COLOCA EN EL PUERTO A
006D 5C           INCX                    ;INCREMENTA X
006E 9F           TXA                    ;
006F A102          CMP   #502           ;VERIFICA SI ES UN 2
0071 26F5          BNE   DES2           ;SI NO REGRESA
0073 AE00          LDX   #500           ;
0075 060F20       DES3   LDA   GUARDA1,X       ;CARGA DATOS DE KV
0078 A810          ADD   #10           ;Y LOS DESPLIEGA
007A 8700          STA   PORTA           ;
007C 5C           INCX                    ;
007D 9F           TXA                    ;
007E A102          CMP   #502           ;
0080 26F3          BNE   DES3           ;
0082 AE00          LDX   #500           ;
0084 E65A          DES4   LDA   DISCARMA,X       ;CARGA CONTENIDO DE DISCARMA
0086 8700          STA   PORTA           ;LO COLOCA EN EL PUERTO
0088 5C           INCX                    ;INCREMENTA X
0089 9F           TXA                    ;
008A A104          CMP   #504           ;VERIFICA SI ES UN 4
008C 26F6          BNE   DES4           ;
008E AE00          LDX   #500           ;
0090 060C3F       DES5   LDA   DOSPUNTOS,X     ;CARGA CONTENIDO DE DOSPUNTOS
0093 8700          STA   PORTA           ;LO COLOCA EN PUERTO A
0095 5C           INCX                    ;INCREMENTA X
0096 9F           TXA                    ;
0097 A102          CMP   #502           ;VERIFICA SI ES UN 2
0099 26F5          BNE   DES5           ;SI NO LO ES REGRESA
009B AE00          LDX   #500           ;

```

```

0090 D60F22 DES6 LDA GUARDA2,X ;CARGA DATOS DE MA
0DA0 A810 ADD #S10 ;Y LOS DESPLIEGA
0DA2 B700 STA PORTA ;
0DA4 5C INCX ;
0DA5 9F TXA ;
0DA6 A103 CMP #S03 ;
0DAB 26E6 BNE DES5 ;
0DAA A6F0 LDA #SF0 ;
0DAC B705 STA DDRB ;
0DAE A610 LDA #S10 ;
0DB0 B701 STA PORTB ;
0DB2 A6C0 LDA #SC0 ;
0DB4 B700 STA PORTA ;
0DB6 A600 LDA #S00 ;
0DB8 B701 STA PORTB ;
0DBA AE00 LDX #S00 ;
0DBC E65C DES7 LDA DISCARSED,X ;CARGA CONTENIDO DE DISCARSED
0DBE B700 STA PORTA ;LO COLOCA EN EL PUERTO A
0DC0 5C INCX ;INCREMENTA X
0DC1 9F TXA ;
0DC2 A104 CMP #S04 ;VERIFICA SI ES UN 4
0DC4 26F6 BNE DES7 ;SI NO REGRESA
0DC6 AE00 LDX #S00 ;
0DCB D60C3F DES8 LDA DOSPUNTOS,X ;CARGA CONTENIDO DE DOS PUNTOS
0DCB B700 STA PORTA ;LO COLOCA EN EL PUERTO A
0DCD 5C INCX ;INCREMENTA X
0DCE 9F TXA ;
0DCF A102 CMP #S02 ;
0DD1 26F5 BNE DES8 ;
0DD3 AE00 LDX #S00 ;
0DD5 D60F25 DES9 LDA GUARDA3,X ;CARGA DATOS DE TIEMPO (SEG)
0DD8 B700 STA PORTA ;LO COLOCA EN EL PUERTO A
0DDA 5C INCX ;
0DDB 9F TXA ;
0DDC A104 CMP #S04 ;
0DDE 26DC BNE DES7 ;
0DE0 AE00 LDX #S00 ;
0DE2 E656 DES10 LDA DISCARDIST,X ;CARGA CONTENIDO DE DISCARDIST
0DE4 B700 STA PORTA ;LO COLOCA EN EL PUERTO A
0DE6 5C INCX ;INCREMENTA X
0DE7 9F TXA ;
0DE8 A104 CMP #S04 ;VERIFICA SI ES UN 4
0DEA 26F6 BNE DES10 ;SI NO REGRESA
0DEC AE00 LDX #S00 ;
0DEE D60C3F DES11 LDA DOSPUNTOS,X ;CARGA CONTENIDO DE DOSPUNTOS
0DF1 B700 STA PORTA ;LO COLOCA EN EL PUERTO A
0DF3 5C INCX ;INCREMENTA X
0DF4 9F TXA ;
0DF5 A102 CMP #S02 ;
0DF7 26F5 BNE DES11 ;
0DF9 AE00 LDX #S00 ;
0DFB D60F29 DES12 LDA GUARDA4,X ;CARGA DATOS DE DISTANCIA
0DFE B700 STA PORTA ;LO COLOCA EN EL PUERTO A
0E00 5C INCX ;
0E01 9F TXA ;

```

```

0E02 A104      CMP   #504      ;
0E04 26F5      BNE   DES12     ;
0E06 CD0E0C    JBR   TONARAD   ;
0E09 CC0B15    JMP   REINI     ;

```

```

.....
;*          RUTINA TOMA RADIOGRAFIA          *
;*          *                               *
;*  ESTA RUTINA SE ENCARGA DE SUMINISTRAR LA INFORMACION PARA *
;*  HACER FUNCIONAR CUALQUIER MOTOR DEL SISTEMA, TOMA LOS DATOS *
;*  DE KV, MA, DIST, SEQ Y DA PASO AL DISPARO DE LOS RAYOS X. *
;*  PERMITE REPETIR LA RADIOGRAFIA          *
;.....

```

```

0500          TONARAD   ORG $500
0500 B668      LDA   M1       ;CARGA DATO PARA MOVER M1
0502 B148      CMP   DAT1
0504 26FA      BNE   MUEVE1
0506 B672      LDA   PARDIST  ;CARGA DATO PARA MOVER M2
0508 B14A      CMP   DAT2
050A 26FA      BNE   MUEVE2
050C B66A      LDA   M3       ;CARGA DATO PARA MOVER M3
050E B14C      CMP   DAT3
0510 B66E      LDA   PARNM   ;CARGA NILLIAMPERAJE
0512 97        TAX
0513 E68B      REPITE   LDA   TABMA,X
0515 B768      STA   MMA
0517 A6F0      LDA   #F0     ;HABILITA PUERTO B PARA
0519 B705      STA   DDRB   ;ESCRITURA
051B A660      LDA   #60
051D B701      STA   PORTB
051F B601      R1        LDA   PORTB   ;ROTA MOTOR DE MA HASTA
0521 B168      CMP   MMA     ;LA POSICION DESEADA
0523 26FA      BNE   R1
0525 B66C      LDA   PARKV  ;CARGA DATO DE KV
0527 A128      CMP   #528   ;SELECCIONA EL TAB
0529 2203      BHI   SIGUE1
052B CC054A    JMP   RADKV1
052E A132      SIGUE1   CMP   #532
0530 2203      BHI   SIGUE2
0532 CC0551    JMP   RADKV2
0535 A13C      SIGUE2   CMP   #53C
0537 2203      BHI   SIGUE3
0539 CC0558    JMP   RADKV3
053C A146      SIGUE3   CMP   #546
053E 2203      BHI   SIGUE4
0540 CC055F    JMP   RADKV4
0543 A150      SIGUE4   CMP   #550
0545 221F      BHI   RADKV5
0547 CC056D    JMP   RADKV6
054A A6C0      RADKV1   LDA   #5C0     ;HABILITA TAB
054C B701      STA   PORTB ;SELECCIONADO
054E CC0571    JMP   TIMER
0551 A6B0      RADKV2   LDA   #5B0

```

```

0553 8701          STA PORTB
0555 CC0571      JMP TIMER
0558 A6A0          LDA #5A0
055A 8701          STA PORTB
055C CC0571      JMP TIMER
055F A690          LDA #590
0561 8701          STA PORTB
0563 CC0571      JMP TIMER
0566 A680          LDA #580
0568 8701          STA PORTB
056A CC0571      JMP TIMER
056D A670          LDA #570
056F 8701          STA PORTB
0571 A66F          LDA #56F
0573 8709          STA TCR
0575 A6FF          LDX #5FF
0577 8F08          STX TDR
0579 A64F          LDA #54F
057B 8709          STA TCR
057D 8308          SALTA
057F 26FF          BNE ERROR
0581 5A          DECX
0582 A3FF          CPX #5FF
0584 2708          BEQ TERMINA
0586 8670          LDA PARSEG
0588 4A          DECA
0589 A100          CMP #500
058B 26FB          BNE REGRES
058D 3F0A          CLR SODA
058F 20EC          BRA SALTA
0591 A640          LDA #540
0593 8709          STA TCR
0595 A650          LDA #550
0597 8701          STA PORTB
0599 8601          LDA PORTB
059B 8168          CMP #168
059D 26FA          BNE RZ
059F A600          LDA #500
05A1 8701          STA PORTB
05A3 CDD1D        JSR TECLADO
05A6 8696          LDA TECLA
05A8 A10F          CMP #50F
05AA 2767          BEQ REPITE
05AC 8C00          JMP INICIO

```

;TOMA EL CONTROL DEL RELOJ

;CARGA EL TIEMPO DE EXPOSICION

;REGRESA MOTOR DE MA HASTA  
;LA POSICION INICIAL

;PREGUNTA SI SE VA A REPETIR  
;LA RADIOGRAFIA

```

;.....
;*          PRUEBA DE MEMORIA RAM
;*
;* ESTA RUTINA PRUEBA LA MEMORIA RAM DEL MCU
;*
;.....

```

```

0E00          RAM          ORG 5E00
0E0D A6AA          RESET          LDA #5AA ;LLENA LOCALIDADES CON AA
0E02 A600          RESET          LDX #500 ;GUARDA VALOR EN LOCALIDADES

```

```

OE04 E710   RUT1      STA S10,X ;DE MEMORIA
OE06 5C     INCX
OE07 A370   CPX #570
OE09 26F9   BNE RUT11
OE08 AE00   LDX #500
OE0D E110   COMPA     CMP S10,X ;COMPARA EL VALOR DE PRUEBA
OE0F 265F   BNE ERROR ;SI NO ES SALTA A ERROR
OE11 5C     INCX
OE12 A370   CPX #570
OE14 26F7   BNE COMPA
OE16 A4AA   AND #5AA
OE18 CCDE18 JMP PRUAD

```

```

.....
;*
;*                               PRUEBA DEL CONVERTIDOR A/D
;*
;*   ESTA RUTINA HACE LA PRUEBA DEL CONVERTIDOR A/D
;*
.....

```

```

OE50        PRUAD     ORG 5E50
OE50 A604   LDA #504 ;ELIGE VOLTAGE DE REFERENCIA
OE52 C0DE61 JSR CONADR
OE55 A1FE   READY3    CMP #5FE ;COMPARA RESULTADOS DEL CONVERSION
OE57 2707   BEO READY ;DIFERENCIA MAXIMA DE UN BIT
OE59 A1FF   CMP #5FF ;SI ESTA BIEN SALTA A READY
OE5B 2703   BEO READY
OE5D C0370  JMP ERROR
OE60 81     READY     RTS
OE61 870E   CONADR    STA ADCR ;GUARDA REGISTRO DE CONTROL
OE63 0F0EFD READY2    BRCLR 7,ADCR,READY2 ;DE LA ENTRADA SELECCIONADA
OE66 860F   LDA ADDR ;REVISA CAMBIO DE BIT PARA RESULTADO
OE68 CC0E55 JMP READY3 ;DE LA CONVERSION

```

```

.....
;*
;*                               RUTINA LEE VOLTAGE DE ENTRADA
;*
;*   ESTA RUTINA SE ENCARGA DE VERIFICAR QUE EL VOLTAGE DE LA LINEA
;*   DE ALIMENTACION SEA EL ADUACUADO.
;*
.....

```

```

0800        VIN      ORG 8B00
0800 A63D   LDA #53D ;CARGA NIVEL DE VOLTAGE DE REFERENCIA
0802 870E   STA ADCR ;LO GUARDA EN ADCR
0804 030EFD LIST01   BRCLR 1,ADCR,LIST01 ;ENTRADA SELECCIONADA
0807 860F   LDA ADDR ;REVISA EL CAMBIO DE BIT EN ADCR
0809 A1FE   CMP #5FE ;PARA TOMAR EL RESULTADO DE LA
080B 2707   BEO LIST0 ;CONVERSION
080D A1FF   CMP #5FF ;COMPARA EL RESULTADO DE LA
080F 2703   BEO LIST0 ;CONVERSION
0811 C0370  JMP ERROR ;SI ESTA MAL SALTA A ERROR
0814 81     LIST0     RTS

```

```

.....
;*          RUTINA REINICIO
;*
;*  ESTA RUTINA SE ENCARGA DE REINICIAR EL SISTEMA POR MEDIO
;*  DE SOFTWARE, ES DECIR LIMPIA BANDERAS, INICIALIZA CONTADORES
;*  COLOCA MOTORES EN POSICION INICIAL Y LIMPIA PUERTOS
;*****
;*****
0300      REINI      ORG 0300
0300 A600      LDA #000      ;PONE TODAS LAS BANDERAS
0302 B736      STA BSECFUN    ;APAGADAS
0304 B726      STA BANRLOD
0306 B734      STA BANRENC
0308 B72E      STA BANRKY
030A B730      STA BANRMA
030C B72C      STA BANRDIS1
030E B732      STA BANRSEG
0310 A600      LDA #000      ;INICIALIZA CON CEROS
0312 B740      STA CNT0      ;LOS CONTADORES
0314 B738      STA CNT1
0316 B73A      STA CNT2
0318 B73C      STA CNTDEC
031A B742      STA CNTKV
031C B744      STA CNTMA
031E B746      STA CNTSEG
0320 B73E      STA CNTDIS1
0322 A600      LDA #000      ;REGRESA A LOS MOTORES A
0324 B7A2      STA VUEL_TOT   ;SU POSICION INICIAL.
0326 B648      LDA DAT1
0328 B740      STA DAT_ANT
032A A620      LDA #520
032C B701      STA PORTB
032E CD0910    JSR NUEVENOT
0331 B6A2      LDA VUEL_TOT
0333 B748      STA DAT1
0335 A600      LDA #000      ;
0337 B7A2      STA VUEL_TOT ;
0339 B64A      LDA DAT2
033B B740      STA DAT_ANT
033D A630      LDA #530
033F B701      STA PORTB
0341 CD0910    JSR NUEVENOT
0344 B6A2      LDA VUEL_TOT
0346 B74A      STA DAT2
0348 A600      LDA #000      ;
034A B7A2      STA VUEL_TOT ;
034C B64C      LDA DAT3
034E B740      STA DAT_ANT
0350 A640      LDA #540
0352 B701      STA PORTB
0354 CD0910    JSR NUEVENOT
0357 B6A2      LDA VUEL_TOT
0359 B74C      STA DAT3

```

```

0358 A600      LDA #500      ;LIMPIA LOS PUERTOS
0359 8704      STA DDRA      ;DEL MCU
035F 8700      STA PORTA
0361 8705      STA DDRB
0363 8701      STA PORTB
0365 8706      STA DDRC
0367 8702      STA PORTC
0369 8703      STA PORTD
036B 81        RTS

036C 9D        NOP
036D CC0106    JMP AA

```

```

.....
*          RUTINA DE ERROR
*
*
*   ESTA RUTINA SE ENCARGA DE ENVIAR EL MENSAJE DE ERROR CORRES-
*   PONDIENTE A TRAVEZ DEL DISPLAY
*
*
*.....

```

```

0350          ERROR      ORG 8350
0350 A6F0      LDA #5F0      ;HABILITA PUERTO B
0352 8705      STA DDRB
0354 A6D0      LDA #5D0      ;HABILITA BOCINA Y LED DE ERROR
0356 8701      STA PORTB
0358 CD098A    JSR INIDISP ;INICIALIZA DISPLY
035B AE00      LDX #500      ;CARGA OD EN X
035D E66F      ERR1      LDA MEM,X      ;CARGA CONTENIDO DE MEM+X
035F 8700      STA PORTA      ;COLOCALO EN PORTA
0361 5C        INCX          ;INCREMENTA X
0362 A309      CPX #509      ;VERIFICA SI ES UN 9
0364 26F7      BNE ERR1      ; SI NO REGRESA
0366 AE00      LDX #500      ;CARGA 000 EN X
0368 E68F      ERR2      LDA TIPERR,X      ;CARGA CONTENIDO DE TIPERR
036A 8700      STA PORTA      ;COLOCALO EN PORTA
036C 5C        INCX          ;INCREMENTA X
036D A300      CPX #0A        ;VERIFICA SI ES UN 10
036F 26F7      BNE ERR2      ;SI NO REGRESA
0371 CC0815    JMP REINI      ;SALTA A REINICIO

```

## TEC 6805 Cross Assembler Version 1.0

## ---Symbol Table---

A1	0434
A2	044F
A3	0447
AA	0106
ADCR	000E
ADRR	000F
ALHACEN	0970
ALHACENA	0470
APUNTA	0020
APUNTAX	0022
ASIGNA	050C
AUXILIAR	0024
B1	045C
B2	0473
B3	046B
BANBLOO	0026
BANDERA1	0028
BANDERAS	002A
BANDIST	002C
BANDKY	002E
BANDMA	0030
BANDSEG	0032
BANRENG	0034
BLOQUE1	0461
BLOQUE2	0961
BORRAR	007F
BSEGFUN	0036
CDIST	06CC
CHECADIST	029C
CHECAKV	028A
CHECAMA	0290
CHECASEG	0296
CKV	057A
CMA	05CC
CONPA	0E00
CONADR	0E61
CORT1	0038
CORT2	003A
CORTDEC	003C
CORTDIST	003E
CORTG	0040
CORTKY	0042
CORTMA	0044
CORTSEG	0046
CSEG	067C
DAT1	0048
DAT2	004A
DAT3	004C
DATODIST	004E
DATOKV	0050
DATOMA	0052
DATOSEG	0054

DA1_AHT	004D
DDRA	0004
DDRB	0005
DDRC	0006
DECODE	0024
DES1	005C
DES10	00E2
DES11	00EE
DES12	00FB
DES2	0068
DES3	0075
DES4	0084
DES5	0090
DES6	009D
DES7	00BC
DES8	00CB
DES9	00D5
DESREG	048C
DES_DATOS	0D57
DISCARDIST	0056
DISCARDV	0058
DISCARMA	005A
DISCARSEG	005C
DIST	0C2C
DIST1	0500
DOSPUNTOS	0C3F
EJEC	0072
ERR1	035D
ERR2	036B
ERROR	037D
ET10	0C20
FIN	006D
F_ABAJO	0453
F_ARRIBA	042B
GUARDA1	0F2D
GUARDA2	0F22
GUARDA3	0F25
GUARDA4	0F29
INCTECLA	0162
INDAT	0F0D
INDCODE	0F1D
IND11	0062
IND12	0064
INDICE	0A0D
INDICE2	0B0D
INICIO	000D
INIDISP	098A
INI_1	0D52
INI_2	0D58
INI_3	0D5E
INI_4	0D64
INI_DISP2	04A5
KV	0C20
KV1	04DC
L1	0D10

L2	0007
L3	006A
LEE	026F
LEEDIST	0727
LEEDOSP1	058C
LEEDOSP2	063C
LEEDOSP3	068C
LEEDOSP4	073C
LEEKV	0577
LEEMA	0627
LEESeg	0677
LETRERO	04B1
LISTO	0814
LISTO1	0804
LONG	0066
LOOP1	040B
LOOP2	041C
LOOP7	0480
M1	0068
M3	006A
MA	0C24
MA1	04E8
MANUAL	0240
MEN	006F
MM1	0597
MM2	059E
MM3	05A5
MMA	0068
MOTOR	0565
MUEVENOT	091D
PARDIST	0072
PARKV	006C
PARMA	006E
PARSEG	0070
PORTA	0000
PORTB	0001
PORTC	0002
PORTD	0003
PRUAD	0E18
PUERTO B	0074
R1	051F
R2	0599
RADKV1	054A
RADKV2	0551
RADKV3	0558
RADKV4	055F
RADKV5	0566
RADKV6	056D
RADMAN	0D9B
RAM	05AE
RDISTMAX	0076
RDISTMIN	0078
READY	0E6D
READY2	0E63
READY3	0E55

REGRES	0588
REG_LEED	0579
REINI	0815
REINIC10	02A2
RENGLON2	045F
REPITE	0513
RESET	0E00
RKVNAX	007A
RKVNIN	007C
RM1	007E
RM2	0080
RM3	0082
RMAX	0084
RMAXIN	0086
RSEGMX	0088
RSEGMIN	008A
RUT1	0E04
RUTDAT	05AC
SALIDA1	049E
SALIDA2	067B
SALIDA3	06C8
SALIDA4	077B
SALTA	057D
SALTAX	0499
SALTE	0488
SEG	0C28
SEG1	04F4
SEGFUN	008C
SEG_FUN	0477
SELEC	02A5
SELECCION	0265
SENSOR	008E
SIGUE1	052E
SIGUE2	0535
SIGUE3	053C
SIGUE4	0543
SUMA	0090
SUMA1	05A9
SUMA2	0659
SUMA3	06A9
SUMA4	0759
TABLA	0167
TABLAN	0200
TABMA	008B
TABTEC	0092
TABTIP	0094
TDR	0009
TDR	0008
TECLA	0096
TECLADO	011D
TERMINA	0591
TIMER	0571
TIPERR	008F
TIPRAD	077C
TOMA	023A

---

TONRAD	0E0C
TONRANG	0517
TOPE	009B
VARIABLES	009A
VARM1	009C
VARM2	009E
VARM3	00A0
VIN	0E6B
VUELTA	046D
VUELTA2	096D
VUEL_TDT	00A2

## CONCLUSIONES

- El desarrollo de este diseño nos llevo a investigar como funciona un aparato de rayos X.
- Se observa que el principio de generación no a cambiado, no así el sistema de control, las técnicas de exposición empleadas.
- En la generación de rayos X se emplean los tubos de ánodo fijo y rotatorio, siendo los de ánodo fijo los menos usados debido que los de anodo rotatorio por su diseño tienen mayor vida util y permite una mejor calidad en la radiografía.
- Existen estandares de seguridad, pero no todos son aplicados debido a la falta de conocimiento de la penetración de la radiación.
- El diseño pretende adecuarse a los equipos existentes.
- En lo que respecta al suministro de energía en la rectificación de onda completa en alto voltaje, implica cambiar las válvulas al vacío por rectificadores de estado sólido, los cuales son caros e inexistentes en el país.
- El optoacoplamiento permitio la substitución de los relevadores por su facilidad de conectar sistemas de control electronicos a sistemas eléctricos, ahorrando espacio y energía.
- Los estandares para los tiempos de exposición nos proporcionaron la información para alimentar la base de datos del microcontrolador.
- El uso de motores facilita el manejo del equipo, da una mejor precisión y proporciona al técnico una mayor protección debido a su utilización a distancia.

## CONCLUSIONES

---

- En la actualidad los sistemas tienden a automatizarse, esto se logra por distintos dispositivos.
- Se utilizó el microcontrolador MC-68705R3 porque satisface las necesidades de software y hardware. Existen otros dispositivos con mayor o menor capacidad de funciones, pero no se ajustaron a los requerimientos del diseño.
- La selección de teclado se hizo de acuerdo a las necesidades del diseño, al igual que el sistema de visualización y su sistema de prevención que utiliza una bocina y un led para alertar al operador.
- Una vez obtenido el diseño de cada etapa, se realizó la integración de la tarjeta, esto conlleva a algunos problemas y modificaciones en ella, que después de subsanados dan como resultado la versión actual.
- La programación del microcontrolador es la parte medular de control porque ahí se analizan los parámetros que dan como resultado la generación y obtención de las señales de control, para lograr el adecuado funcionamiento del equipo.
- El sistema diseñado es totalmente electrónico, que permite obtener placas de rayos X (radiografías) para aplicaciones médicas y cumple con las expectativas que al iniciar la investigación se propusieron.
- El sistema desarrollado puede ser utilizado en cualquier equipo de rayos "X" haciendo las modificaciones pertinentes.

## GLOSARIO

<b>Acoplado:</b>	Remolque de tranvía o de otros vehículos.
<b>Acoplamiento:</b>	Acción y efecto.
<b>Acusada:</b>	Persona a quien se acusa. Galisismo por saliente, que resulta.
<b>Alude:</b>	Aludir.- Referirse a una persona o cosa, sin nombrarla, o sin expresar que se habla de ella.
<b>Apalsada:</b>	Oblongo de figura rectangular con la base mayor que la altura.
<b>Avezado:</b>	Acostumbrar, avezarce a todo.
<b>Caudal:</b>	Caudaloso; cantidad de agua que lleva un río, copia, abundancia.
<b>Circundante:</b>	Que circunda o rodea. Cercar una cosa.
<b>Comutación:</b>	Cambio de conexiones que se efectúan con un conmutador para modificar los circuitos: la conmutación permite obtener cambios de colores en las fuentes luminosas.
<b>Conmutador:</b>	Que conmuta. Aparato eléctrico que sirve para cambiar la dirección de una corriente.
<b>Corpuscular:</b>	Relativo a los corpúsculos; cuerpos muy pequeños.
<b>Cortado a Bisel:</b>	Corte que suprime la arista formada por dos superficies perpendiculares y la reemplaza por un chasfán oblicuo.
<b>Dina:</b>	Unidad de fuerza en el sistema de medida C.G.S.
<b>Disipa:</b>	Hace desaparecer.
<b>Divergente:</b>	Que diverge o se separa.
<b>Emanando:</b>	Estar derivandose una cosa de otra.

<b>Empero:</b>	Pero, sin embargo.
<b>Emulsión:</b>	Preparación química obtenida para la separación de un líquido en glóbulos microscópicos en otro líquido con el cual no puede mezclarse.
<b>Enrarecido:</b>	Enrarecer.- Dilatar un cuerpo haciéndolo menos denso que antes; Hacer que escasee algo.
<b>F.M.M.:</b>	Fuerza contraelectromotriz.
<b>Fiabilidad:</b>	Calidad de aquello de lo que se puede uno fiar. Probabilidad del buen funcionamiento de una cosa.
<b>Florescente:</b>	Dícese de los cuerpos que tiene la capacidad de tomar fluorescencia.
<b>Fotoeléctrico:</b>	Emisión de electrones que emiten ciertas sustancias.
<b>Fotoelectrón:</b>	Dícese de fenómeno eléctrico provocado por acción de la luz.
<b>Fotón:</b>	Partícula luminosa.
<b>Grafismo:</b>	Graffa.- Sufijo que significa descripción, dibujo y entra en la composición de muchas palabras. Sistema de escritura, empleo de signos determinados para expresar las ideas.
<b>Hermeticidad:</b>	Calidad de Hermético (o sea perfectamente cerrado).
<b>Homónima:</b>	Dícese de las palabras que se pronuncian del mismo modo, aunque su ortografía difiera, o de las palabras de la misma ortografía, pero de sentido diferente.
<b>Incandescencia:</b>	Calidad y estado del cuerpo que, por hallarse muy caliente, emite luz propia.
<b>Inerte:</b>	Que carece de actividad y movimiento propio.
<b>Inhibe:</b>	Inhibir.- Impedir. Suspender un proceso fisiológico o psicológico.
<b>Inmutable:</b>	No variable.
<b>Ionizado:</b>	Que ha ganado o perdido un electrón.

<b>Isótopo:</b>	Cuerpo que tiene los mismos elementos químicos que otro, pero de peso atómico diferente.
<b>Kvp:</b>	Kilovolts.
<b>Luminiscente:</b>	Que emite rayos luminosos sin calor.
<b>M.K.S.:</b>	Sistema de medida (Metros, Kilogramo, Segundo).
<b>mA:</b>	miliamper's.
<b>mas:</b>	miliamperios-segundo.
<b>Molibdeno:</b>	Metal de símbolo Mo; No muy común, se encuentra en la naturaleza principalmente bajo forma de sulfuro. Es un elemento de transición. Elem. quim. Núm. At. 42, cuyo símbolo es Mo; es un metal blanco, muy duro, que presenta no pocas analogías con el cromo.
<b>Monofásico:</b>	Dícese de las corrientes alternas, así como de las tensiones, que son simples, o sea que constan de una sola fase. (V. Corriente y fase). Aplícase a los generadores que producen dichas corrientes y a los motores y aparatos que funcionan con ellas.
<b>Oblicua:</b>	Inclinado o sesgado. Dícese de la línea o plano que se encuentra con otro u otra y hace un ángulo que no es recto. Nombre de diferentes músculos del hombre y los animales.
<b>Opacidad:</b>	Calidad de opaco; dícese de lo que no es transparente, que no dejó pasar la luz.
<b>Óptico:</b>	Relativo o perteneciente a la visión; rayos ópticos. Aplícase a los dispositivos en cuyo funcionamiento interviene algún sistema óptico.
<b>Opto:</b>	Prefijo derivado del griego optos, que significa visible.
<b>Preelegirse:</b>	Preelegir.- Elegir con anticipación.
<b>Prona:</b>	Inclinado a una cosa. Que está echado sobre el vientre.
<b>Protelna:</b>	Sustancia natural amorfa, coloidal, presente en los tejidos animales y vegetales, que contiene siempre carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno.

<b>Quanta:</b>	Es el plural de Quantum.
<b>Quantum:</b>	Cantidad mínima de energía que puede emitirse, propagarse o absorberse. PL. quanta.
<b>Radiografía:</b>	Procedimiento de la fotografía en el cual la emulsión sensible no es impresionada por la luz, sino por los rayos X.
<b>Radón:</b>	Elemento químico (Rn), radioactivo, llamado antes radioemmenación.
<b>Reasuma:</b>	Reasumir.- volver a tomar lo que antes se dejó.
<b>Reostático:</b>	Relativo al réostato o resistencia variable.
<b>Röntgen, Roentgen o Roentgenio:</b>	Unidad de cantidad de radiación X o (gama).
<b>Serigrafada:</b>	Serigrafía.- Procedimiento de impresión mediante una pantalla de seda.
<b>Sucinta:</b>	Breve lacónico, dicho en pocas palabras.
<b>Teraria:</b>	Material usado para construcción de tubos.
<b>Termoiónico(a):</b>	Efecto termoiónico, emisión de iones en torno a un filamento calentado por la corriente eléctrica en el seno de una atmósfera rarificada (aplicase casi exclusivamente a la emisión de electrones en la lámpara termoiónica por efecto de la energía cinética que adquieren aquéllos en el filamento o cátodo caliente, cuyos electrones son captados por un ánodo).
<b>Titilante:</b>	Moverse con un ligero temblor, centellar la luz de un cuerpo luminoso.
<b>Torio:</b>	Elemento químico radioactivo (Th) de color plumizo.
<b>Transmutar:</b>	Efectuar la transmutación de los cuerpos simples, Transformación de un elemento químico en otro.
<b>Tungsteno:</b>	Del sueco tungsten, piedra pesada, elemento químico. Volframio; Metal de un gris casi negro, que se utiliza para fabricar los filamentos de las lámparas de incandescencia.
<b>Veladura:</b>	Tinta o color transparente con que se vela algunas veces el tono de lo pintado.

## Glosario

---

**Vidrio Pyrex:** Vidrio a base de borosilicado de aluminio y de sodio que resiste sin quebrarse a las temperaturas elevadas.

**Weber:** Unidad de flujo magnético.

## BIBLIOGRAFIA

Clinica Radiológica en Pediatría  
Dr. Eugenio Toussaint Aragón  
Medicos del Hospital Infantil 1964.

CMOS Data Book  
National Semiconductor Corporation

Compendio de radiología y fisioterapia  
Dr Juan Alberto Aguirre  
ED. El Ateneo, Buenos Aires Argentina

Control Electrónico  
Maloney, Timothy J.

Diagnóstico por imagen  
Cesar S. Pedrosa  
Tratado de radiología clínica  
Tomo I  
ED. Interamericana

Diagnóstico Radiológico  
Glenda J. Bryan  
3ª Edición  
ED. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina

Diseño de un controlador del medio ambiente  
de un control de computo en base a un MCU.  
Corrales Cortes Jose Alberto

Diseño de un controlador para reducir las  
emisiones sonicas en la turbina de avión en  
base a un MCU 68705 R3  
Osorio Garcia Antonio

Diseño de un prototipo para realizar  
audiometrías en base a un MCU.  
Hernandez Dominguez Lazaro

**Diseño y construcción de un controlador digital para la temperatura de un horno de 20 a 100 °C**  
Indstroza Pok Michel G.

**Elementos de Radiografía**  
División de mercados radiográficos/kodak Mexicana, S.A. de C.V.  
Editado por el departamento de publicaciones  
1974 Sexta Edición Española

**Equipo de rayos X(instrucciones De Uso)**  
Siemens  
Modelo:Heliophos

**Fluoroscopia Clínica**  
Dr. Charles B. Storch  
ED. Interamericana

**Handbook of Radiation Mesurement and Protection**  
Vol I  
Phisical Science and Engineering Data  
ED. CRC PRESS

**La Difracción de los Rayos X**  
M. Rodroguéz Gallego  
ED. Alhambra, Madrid

**Manual de Radioactividad**  
Hevesey, Gorge Von

**Motores Electricos de Corriente Continua**  
Enriquez Harder Gilberto  
ED. Limusa

**Normas Técnicas y Administrativas de Radiodiagnóstico**  
Dr. Armando Cordera Pastor  
ED. Edilibros S.A.

**Radiación medidas de Seguridad**  
Hall, Eric D.

**Radiaciones Iónizantes**  
J.S. Strettan  
ED. Alhambra, Madrid

**Radiología**  
Squire, Lucy Franck

**Radiólogos Congresos**  
James, Alton Everette

**Radioterapia práctica para medicos y  
estudiantes**  
Garcia Capurno, Federico  
ED. INTER-MEDICA, Buenos Aires  
Argentina

**Rayos X**  
Carmody, Francis James  
1. Habla (C3)  
2. Faringe  
3. Rayos X

**Rayos X**  
Grashey, Rudolf  
1. Rayos X (G7)  
2. Radiografías  
ED. Atlas de Radiografía Quirúrgica

**Rayos X -Difracción- Manuales**  
ED. ETC

**Rayos X, aparatos y accesorios**  
Massiot, G.  
1. Rayos X, aparatos y accesorios (.5)  
2. Radiología (M37 1923)  
3. Radioterapia

**Rayos X, aplicaciones industriales**  
Ziegler, James

**Tecnología Radiológica**

**Charles A. Jacobi**

**ED. El Ateneo, Buenos Aires Argentina**

**The Story of X-Rays**

**From Rontgen to isotopes**

**Bleich, Alan Ralph**

**La historia de los rayos X**

**1. Rayos X**

**2. Radiografía**

**ED. Dover, New York**

**The year book of radiology**

**1. Diagnosis radioscopico (Y42)**

**2. Radioterapia (anuario)**

**3. Rayos X uso terapeutico**

**4. Radio (metal uso terapeutico)**

**5. Medicina (anuario)**

**ED. The Year Book Publisher, INC.**

**Triacs y Tiristores**

**Fritz Bergtold**

**Edi. CEAC.**

**APENDICE A**

**DISEÑO DEL TRANSFORMADOR DE ALTA TENSION**

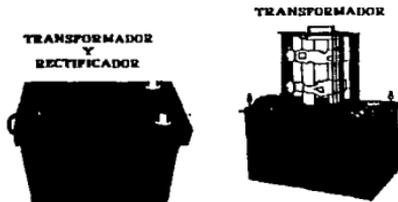
Este diseño tiene como finalidad establecer los parametros más importantes a considerar en el cálculo de un transformador de las características ya mencionadas.

Se encontró que se podía sustituir un transformador de alto voltaje de dimensiones y peso relativamente grandes (24 x 13 x 18) y un peso aproximado de docientas libras.

En la figura A.1a se muestra un transformador de alto voltaje así como sus acotaciones.

Si comparamos la alternativa de uso de los equipos portatiles se puede apreciar que en el cabezal se encuentra localizado el transformador de alto voltaje así como el tubo de rayos X. Ganando con esto la reducción de espacio y costo del equipo.

Cabe mencionar que el cálculo propuesto ilustra los parametros necesarios para el diseño de un transformador de alto voltaje.



## DISEÑO

### ESPECIFICACIONES:

- (1)  $V_{in} = 50,60,70,80,90$  [V]
- (2)  $I_{out} = 100$  [mA]
- (3)  $F = 60$  [Hz]
- (4) = 10 [%]
- (5) Señal Senoidal
- (6)  $V_{out} = 50,60,70,80,90$  [Kv]

#### PASO I Cálculo de la potencia de salida

$$P_o = (V) \cdot (I)$$

$$P_{o1} = (50\ 000) \cdot (0.1) = 5\ 000$$
 [W]

$$P_{o2} = (60\ 000) \cdot (0.1) = 6\ 000$$
 [W]

$$P_{o3} = (70\ 000) \cdot (0.1) = 7\ 000$$
 [W]

$$P_{o4} = (80\ 000) \cdot (0.1) = 8\ 000$$
 [W]

$$P_{o5} = (90\ 000) \cdot (0.1) = 9\ 000$$
 [W]

#### PASO II Cálculo de las condiciones eléctricas

$$K_e = (0.145) \cdot (K) \cdot (F) \cdot (B_m) \cdot (0.0001)$$

$$K = 4.44$$

$$B_m = 1.2$$
 [TESLA]

$$F = 60$$
 [Hz]

$$K_e = (0.145) \cdot (4.44) \cdot (60) \cdot (1.2) \cdot (0.0001)$$

$$K_e = 1.48$$

**PASO III** Cálculo del centro geométrico

$$K_g = (P_o) / (K_e)^*$$

$$K_{g1} = (5\ 000) / (1.48)^*(10) = 33.8$$

$$K_{g2} = (6\ 000) / (1.48)^*(10) = 40.5$$

$$K_{g3} = (7\ 000) / (1.48)^*(10) = 47.3$$

$$K_{g4} = (8\ 000) / (1.48)^*(10) = 54.1$$

$$K_{g5} = (9\ 000) / (1.48)^*(10) = 61.0$$

**PASO IV** Selección del laminado en la TABLA 7.B-2 con el valor más cercano de  $K_g$ **NOTA:**

Para efectos del cálculo consideraremos el caso representativo  $K_{g5} = 61$

EI-175 con  $K_g = 75.9$

**PASO V** Cálculo del devanado primario de acuerdo a la Ley de Faraday

$$N = (E_p)^*(10000) / (4.44)^*(A_c)^*(B_m)^*(F)$$

De la TABLA 7.B-2 tenemos el valor de  $A_c = 17.8 \text{ [cm}^2\text{]}$

$$N_p = (50)^*(10000) / (4.44)^*(17.8)^*(1.2)^*(60) = 88 \text{ [vueltas]}$$

$$N_p = (60)^*(10000) / (4.44)^*(17.8)^*(1.2)^*(60) = 105 \text{ [vueltas]}$$

$$N_p = (70)^*(10000) / (4.44)^*(17.8)^*(1.2)^*(60) = 123 \text{ [vueltas]}$$

$$N_p = (80)^*(10000) / (4.44)^*(17.8)^*(1.2)^*(60) = 141 \text{ [vueltas]}$$

$$N_p = (90)^*(10000) / (4.44)^*(17.8)^*(1.2)^*(60) = 158 \text{ [vueltas]}$$

**PASO VI** Cálculo de la área efectiva de la ventana  $W_a(\text{eff})$

$$W_a(\text{eff}) = (W_a) \cdot (S_3)$$

Un valor típico de  $S_3$  es 0.75 y buscando el valor de  $W_a$  en la TABLA 7.b-2 tenemos que  
 $W_a = 14.8$

$$W_a(\text{eff}) = (14.8) \cdot (0.75)$$

$$W_a(\text{eff}) = 11.1 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO VII** Área del devanado primario

Área del devanado primario = Área del devanado secundario

$$\text{Área del devanado primario} = W_a(\text{eff})/2$$

$$\text{Área del devanado primario} = 11.1/2$$

$$\text{Área del devanado primario} = 5.55 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**Paso VIII** Cálculo del área del cable  $A_w$  utilizando el factor  $S_2 = 0.6$  y utilizando  $N_p = 158$  [vueltas]

$$A_w = W_a(\text{pri}) \cdot (S_2)/N_p$$

$$A_w = (5.55) \cdot (0.6)/158$$

$$A_w = 0.0210759 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO IX** Con el valor de  $A_w$  se busca en la TABLA 6-1 el valor (AWG)

$$\text{AWG} - 14 \text{ para un valor próximo de } W_a = 0.02295 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO X** Cálculo de la resistencia del devanado primario utilizando la TABLA 6-1 y la TABLA 7.B-2 para el valor de MTL

$$R_p = (MTL) \cdot (N_p) \cdot (\text{columna C}) \cdot (0.000001)$$

$$MTL = 24.7 \text{ [cm]}$$

$$\text{columna C} = 82.8$$

$$R_p = (24.7) \cdot (211) \cdot (82.8) \cdot (0.000001)$$

$$R_p = 0.43 \text{ [}\Omega\text{]}$$

**PASO XI** Cálculo de las pérdidas de cobre en el primario  $P_{cu}$

$$I_p = (P_o)/E_p$$

$$I_{p1} = (5\ 000)/50 = 100 \text{ [A]}$$

$$I_{p2} = (6\ 000)/60 = 100 \text{ [A]}$$

$$I_{p3} = (7\ 000)/70 = 100 \text{ [A]}$$

$$I_{p4} = (8\ 000)/80 = 100 \text{ [A]}$$

$$I_{p5} = (9\ 000)/90 = 100 \text{ [A]}$$

$$P_{cu} = (I_p)^2 \cdot (R_p)$$

$$P_{cu1} = (100)^2 \cdot (0.43) = 4.3 \text{ [KW]}$$

$$P_{cu2} = (100)^2 \cdot (0.43) = 4.3 \text{ [KW]}$$

$$P_{cu3} = (100)^2 \cdot (0.43) = 4.3 \text{ [KW]}$$

$$P_{cu4} = (100)^2 \cdot (0.43) = 4.3 \text{ [KW]}$$

$$P_{cu5} = (100)^2 \cdot (0.43) = 4.3 \text{ [KW]}$$

**PASO XII** Cálculo del número de vueltas del secundario

$$N_s = (N_p) \cdot (E_s)/(E_p)$$

$$N_{s1} = (158) \cdot (50\ 000)/50 = 158\ 000 \text{ [vueltas]}$$

$$Ns2 = (158) \cdot (60\,000) / 60 = 158\,000 \text{ [vueltas]}$$

$$Ns3 = (158) \cdot (70\,000) / 70 = 158\,000 \text{ [vueltas]}$$

$$Ns4 = (158) \cdot (80\,000) / 80 = 158\,000 \text{ [vueltas]}$$

$$Ns5 = (158) \cdot (90\,000) / 90 = 158\,000 \text{ [vueltas]}$$

**PASO XIII** Cálculo del área del cable  $A_w$  utilizando el factor  $S2 = 0.6$

$$A_w = W_a(\text{sec}) \cdot (S2) / N_s$$

$$A_w = (5.55) \cdot (0.6) / (158\,000)$$

$$A_w = 0.00002108 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO XIV** Con el valor de  $A_w$  se busca en la TABLA 6-1 el valor de (AWG)

$$\text{AWG No. 43 para } A_w = 0.00002452 \text{ [cm}^2\text{]}$$

**PASO XV** Cálculo de la resistencia del devanado secundario utilizando la TABLA 6-1 para la columna C y la TABLA 7.B-1 para MLT

$$R_s = (MTL) \cdot (N) \cdot (\text{columna C}) \cdot (0.000001)$$

$$R_s = (24.7) \cdot (158\,000) \cdot (70308) \cdot (0.000001)$$

$$R_s = 274.3 \text{ [K]}$$

**PASO XVI** Cálculo de las pérdidas de cobre  $P_{cu}$

$$P_{cu} = (I_s) \cdot (R_s)$$

$$P_{cu} = (0.1) \cdot (274300)$$

$$P_{cu} = 2.743 \text{ [KW]}$$

## PASO XVII Cálculo de la regulación

$$\begin{aligned} &= ((P_p + P_s)/(P_o + (P_p + P_s))) * (100) \\ &= ((4300 + 2743)/(9\ 000 + (4300 + 2743))) * (100) \\ &= 43 [\%] \end{aligned}$$

## APÉNDICE B

### INFORMACION PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO

En la figura B.1 se muestra un equipo de rayos X visto de frente, en ella se observa el desplazamiento que realizan los motores del diseño.

El motor nº 1, es el encargado de rotar la barra guía para que sea posible tomar radiografías en diferentes posiciones del cabezal, este motor podrá girar hasta 135 grados teniendo como estado inicial, cuando la barra guía se encuentra en estado vertical y el cabezal en la parte superior.

El motor nº 2, se encuentra fijo en un extremo de la barra que sirve al mismo tiempo de guía para el desplazamiento simultáneo del cabezal y del porta placas. La función de este motor consiste en mover al cabezal y al porta placas de tal forma que estos se junten o se separen dependiendo de la instrucción recibida. La barra tiene la función de guía en el desplazamiento del cabezal y el portaplacas.

El motor nº 3, se localiza en el extremo derecho, visto de frente, unido al cabezal, produce giros hasta 45 grados hasta 135 grados a partir de su posición horizontal que se muestran en la figura B.1.

En la figura B.2 se puede observar la distribución de los motores, vista posterior del diseño propuesto.

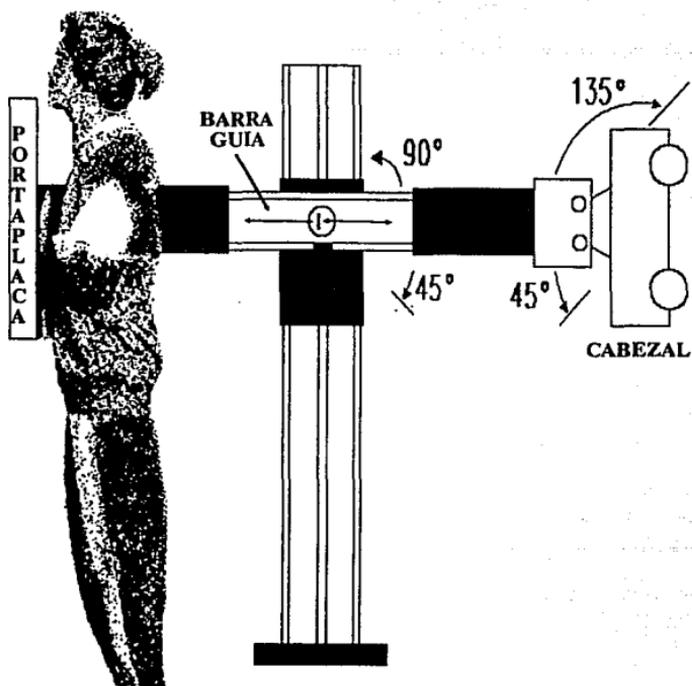


Fig. B.1 Vista frontal del equipo de rayos X.

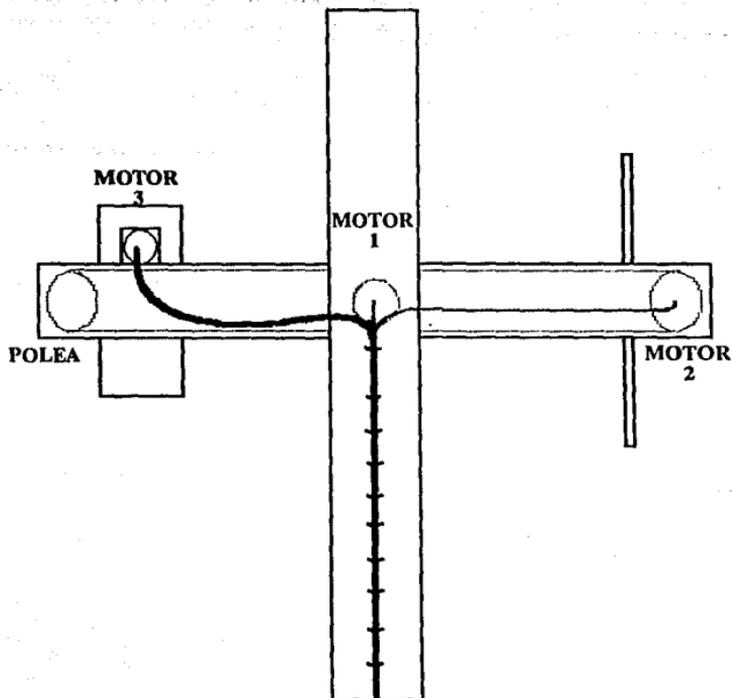


Fig. B.2 Vista posterior del equipo de rayos X, distribución de los motores de desplazamiento.

En esta figura B.3 se observa una de las posiciones que puede tener el aparato de rayos X del diseño que aquí se presenta.

En ella se puede observar con más claridad los movimientos que se logran hacer en la barra con el motor nº 2.

Apartir de la posición inicial se podrá realizar un giro de hasta 135 grados hacia la derecha, estas posiciones dependerán de la radiografía que se desee tomar.

Para poder controlar adecuadamente la posición de la barra se requirió poner un reductor de giros en el eje del motor ya que este tiene una velocidad de 3000 revoluciones por minuto.

El motor nº 3 podrá darle un giro de 135 grados hacia arriba o 45 hacia abajo al cabezal, siendo la posición inicial cuando este perpendicular al porta placas como lo muestra la figura lo cual nos dara mayor libertad para los angulos de exposición a los rayos X.

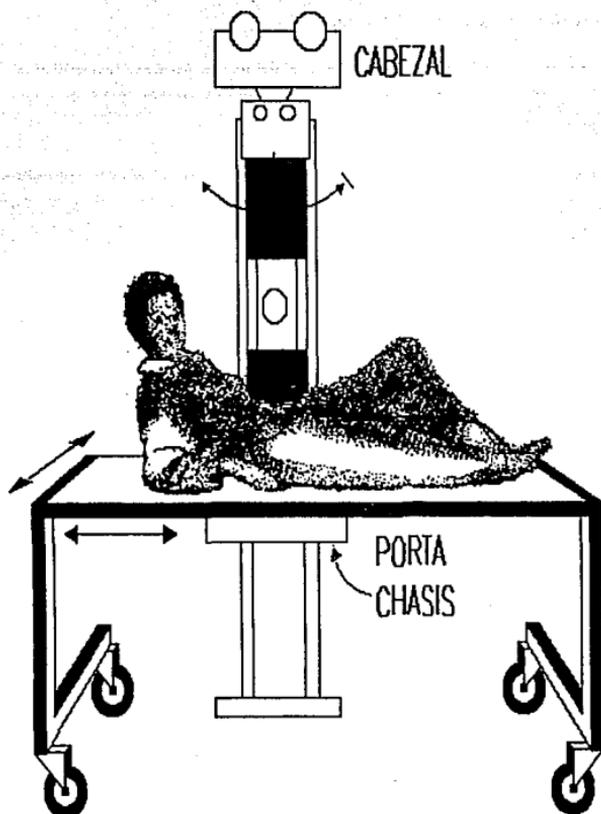


Fig. B.3 Se observa el equipo de rayos X en la posición normal utilizando la mesa.

La figura B.4 y B.5 nos muestra lo que sería el aparato de rayos X en su posición inicial, y se observa el espacio que ocupará el equipo.

Por otra parte se pretende sustituir las actuales mesas donde se recuesta al paciente las cuales no se pueden mover por otras como la que aquí se muestra, que tienen la ventaja de fácil manejo y son ligeras.

Como se observa en este diseño la mesa es la que tendrá libertad de movimiento, además ocupa menor espacio que las que se encuentran en hospitales o centros radiográficos, mientras que en los equipos que actualmente se encuentran en el país casi todos desplazan al tubo o cabezal por medio de rieles por lo que resulta muy costoso e impráctico.

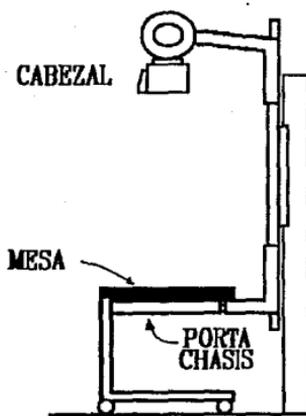


Fig. B.4 Vista lateral del equipo de rayos X y mesa.

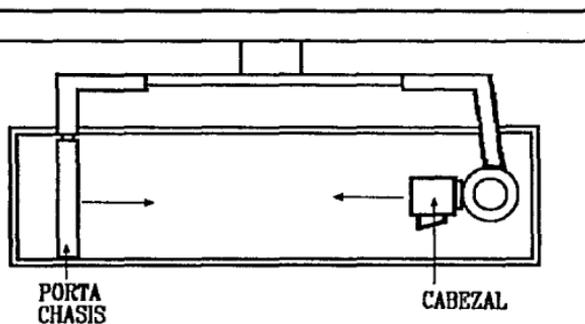
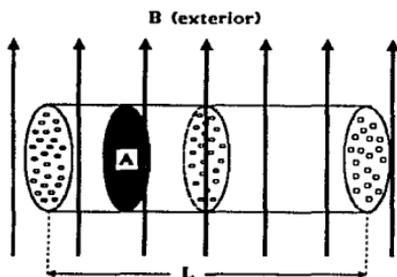


Fig. B.5 Vista superior de equipo y mesa.

### Par de fuerza ejercida sobre una barra imantada

Si consideramos una barra fuertemente imantada de longitud "l" y sección "A", colocada perpendicularmente a un campo exterior débil, como indica la siguiente figura.



Supongamos que todas las corrientes eléctricas están alineadas con sus planos paralelos al campo y que su alineación no es destruida o afectada por el campo. Si hay  $n$  circuitos por unidad de volumen, habrá en total  $nAl$  de tales circuitos, y si cada uno abarca un área  $A$ , el momento resultante que actúa será:

$$M = (Bia) \times (nAl)$$

$$M = B \times (ianA) \times l \quad \text{ec. [1]}$$

La magnitud entre paréntesis en la ec. [1] es de gran importancia. El producto  $ia$  (corriente multiplicada por el área) se denomina momento magnético de un circuito. Multiplicado por el número,  $n$ , de circuitos por unidad de volumen, se obtiene  $ian$ , que es el momento magnético por unidad de volumen, o intensidad de imantación. Finalmente, multiplicado por el área  $A$ , obtenemos una magnitud que expresa las características peculiares de las caras extremas de los polos. Definimos la masa magnética  $m$  de cada una de las caras extremas por la ecuación:

$$m = ianA \quad \text{ec. [2]}$$

Puesto que  $i$  se expresa en amperes,  $a$  y  $A$  en metros cuadrados, y  $n$  es un número abstracto dividido por un volumen en metros cúbicos, las dimensiones de la masa magnética son amperios-metro. Finalmente, sustituyendo la ec. [2] en la ec. [1] se obtiene para el par sobre una barra imantada:

$$M = Bml \quad \text{ec. [3]}$$

Como  $ml = (ian) \times (Al) =$  momento magnético por unidad de volumen  $\times$  volumen del imán, esta magnitud representa el momento magnético total del imán.

Si el campo magnético exterior es el terrestre, y la barra imantada puede oscilar libremente en un plano horizontal, el efecto del momento  $Bml$  será una rotación hasta que el eje del imán sea paralelo a la componente horizontal del campo terrestre. Cuando esto tiene lugar se encuentra siempre que un polo señala la dirección norte. Este se denomina polo norte del imán, denominándose el otro polo sur.

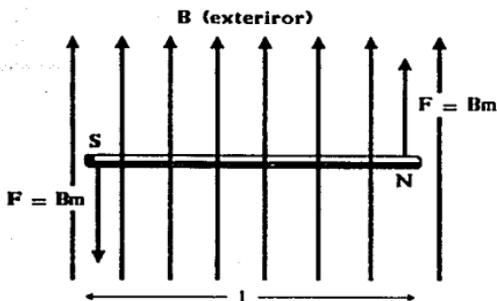
La ec. [3] puede interpretarse como sigue. Supongamos que sobre cada polo del imán, o masa magnética  $m$ , se ejerce una fuerza:

$$F = Bm \quad \text{ec. [4]}$$

Teniendo esta fuerza el mismo sentido que  $B$  sobre el polo norte, y opuesto a  $B$  sobre el polo sur presentada en la siguiente figura. Puesto que los polos están separados por una distancia  $l$  el momento sobre el imán es:

$$M = Fl = Bml$$

que es la misma ec. [3].



Podemos considerar, por lo tanto, el par, o como debido a las corrientes eléctricas, y el calcular su momento mediante la ecuación:

$$M = B \times (i a N) \times l$$

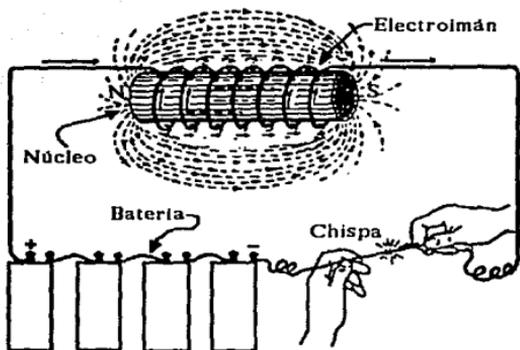
o bien como producido por fuerzas ejercidas sobre los polos del imán, y entonces el momento se calculará mediante la ecuación:

$$M = B m l$$

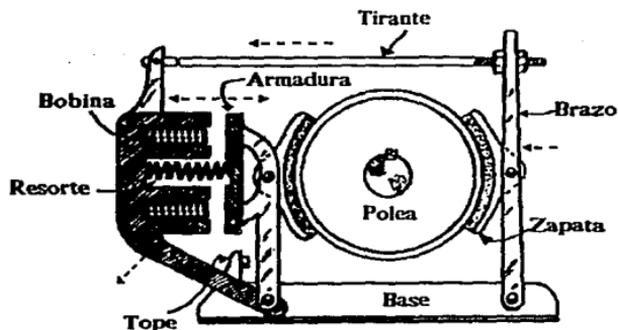
#### Efecto del uso de un núcleo de hierro

Si se considera los principios de magnetismo y electromagnetismo se puede deducir desde luego lo que resulta cuando una bobina inductiva se provee de un núcleo de hierro.

Como el hierro tiene muy alta permeabilidad, es decir, deja pasar fácilmente las líneas de fuerza, es natural que el campo magnético que se forma alrededor del alambre se intensifica y que, al ser más fuerte produzca también efectos más fuertes.



Un ejemplo de frenos industriales se ilustra en la figura siguiente en donde aparece un freno eléctrico de la casa Cutler-Hammer.



Este freno se aplica a los motores eléctricos que mueven los elevadores, las grúas y otras máquinas en donde existe el peligro de que el peso que levantan pueda caer al interrumpirse la corriente que llega al motor.

El freno consiste en una zapatas y resortes que forzan contra un polea, estando esta última montada en el eje del motor.

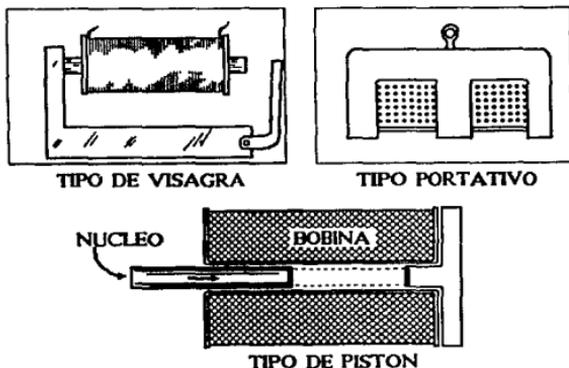
Esto quiere decir que el motor no podrá girar cuando se encuentra aplicado el freno, que es cuando no hay corriente en el electroimán.

#### Tipos comunes de electroimanes

Los electroimanes tienen infinidad de aplicaciones, siendo la base de los interruptores automáticos y corta-circuitos, mecanismos de señales, sistemas de control automático, etc.

Teniendo una diversidad tan grande de aplicaciones es evidente que se construyen de muchas formas y tamaños, para operación con c.d. o para c.a.

En la siguiente figura se ilustra tres formas de electroimanes.



Los electroimanes del tipo de visagra se emplean a menudo en relevadores, mecanismos de señales de aplicaciones similares, en donde la armadura debe quedar sujeta por un extremo para tener un movimiento limitado. Generalmente, el extremo del polo se hace biselado, para que las líneas de fuerza se concentren más y exista mejor atracción hacia la armadura.

El tipo de electroimán portativo, como el mismo nombre lo sugiere, es adecuado para levantar y retener pesos. Los electroimanes de esta clase son de mucha utilidad en las fundiciones de hierro y talleres grandes, para facilitar el manejo de láminas, piezas de formas irregulares, desperdicio y pedacería de hierro y acero. Se emplean también para levantar y dejar caer pesadas esferas de hierro sobre el hierro viejo que se desea quebrar, para partir acumulaciones de desperdicios metálicos.

Los electroimanes de pistón, llamado así por el hecho de que el núcleo es en forma de un cilindro de hierro dulce que se encuentra libre para deslizarse dentro y fuera de la bobina. Este tipo es el más indicado cuando se hace necesario que haya bastante movimiento del núcleo o la armadura, pero en general es menos eficiente que los otros tipos, por ser el circuito magnético de mayor reluctancia, ya que el núcleo de hierro forma solamente una parte del mismo y las líneas de fuerza magnética atraviesan un buen espacio de aire.

De acuerdo con nuestros requerimientos el freno que más se adapta al diseño mecánico es el electroiman de piston ya que reúne la características necesarias para ello.

En la figura B.6 se observa el sistema de frenado para la barra en donde se localizan el cabezal y porta placas, debido a que es necesario la protección de los motores cuando la barra guía se encuentra en la posición normal. Asimismo, presenta el sistema de giro del cabezal es producido por un motor acoplado a una patea de engrane, el movimiento realiza el giro en forma directa.

La figura B.7 muestra la posición que tienen los motores de giro del cabezal y de la barra guía, así como la estructura de la barra guía.

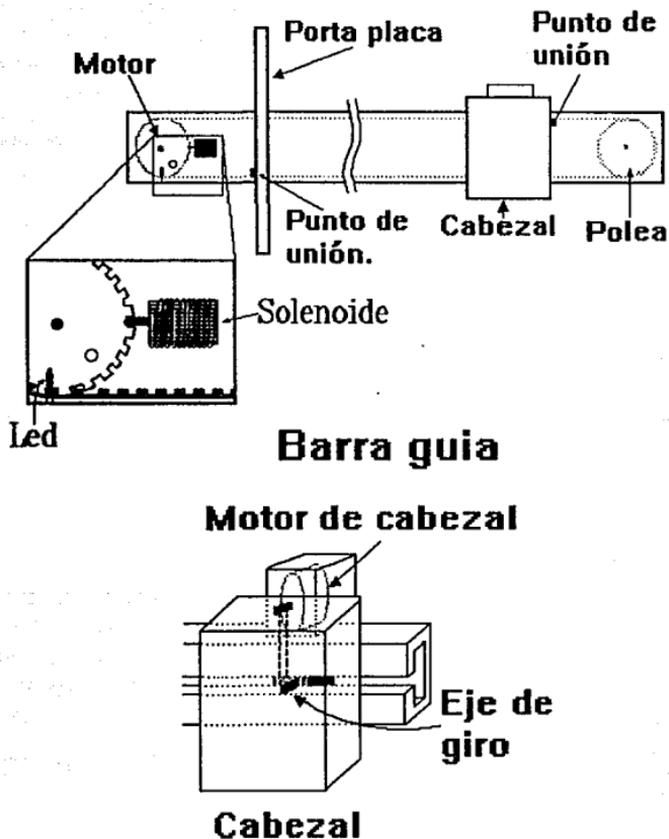


Fig. B.6 Sistema de frenado y giro del cabezal.

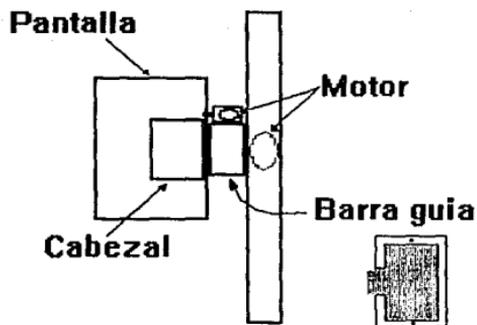


Fig. B.7 Vista lateral del cabezal y de la barra guía.

APENDICE C

**TABLAS DE DATOS PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA**

En el mapa de memoria es asignado un bloque de direcciones para datos y otro para el programa.

Información      Rango de direcciones

Programa            \$080 - \$9FF  
 Datos                \$A00 - \$F37

Dirrec.	#	Tipo	Kv	mA	Seg	Dist	M1	M2	M3
A00H	1	Clavícula	78	100	0.60	1.00	+90	35v	0
A20H	2	Cóccix	70	100	1.00	1.00	+90	35v	-15
A40H	3	Costillas	70	100	0.40	1.00	+90	35v	0
A60H	4	Cráneo	78	100	0.60	1.00	0	35v	0
A80H	5	Esófago	80	300	0.10	1.00	+90	35v	0
AA0H	6	Esternon	82	025	1.00	0.75	+90	10v	0
AC0H	7	Hueso Nas.	64	100	0.20	0.75	0	35v	0
AD0H	8	Humero	66	100	0.20	1.00	+90	35v	0
AE0H	9	Mano	46	100	0.10	1.00	0	35v	0
BO0H	10	Rodilla	56	100	0.10	1.00	0	35v	+5
BO2H	11	Tórax	60	200	0.05	1.80	+90	115v	0
BO4H	12	Vértebra 1	66	100	0.30	1.80	+90	115v	0
BO6H	13	Vértebra 2	66	100	0.60	1.00	+90	35v	-15
BO8H	14	Vértebra 3	82	100	3.00	1.00	+90	35v	0
BOAH	15	Vértebra 4	74	100	1.50	1.00	+90	35v	0

- 1      Cervicales
- 2      Cervicales (incidencia oblicua)
- 3      Lumbar (incidencia lateral)
- 4      Lumbar (oblicua anterior)

Esta tabla se obtuvo de acuerdo con la técnica con chasis con pantalla mediana dados en el capítulo 3.

Mapa de memoria del tipo de  
Radiografía y sus Parametros

Dirección	Caracter	Bits 76543210
A00H	C	00100011
A01H	L	00101100
A02H	A	00100001
A03H	V	00110110
A04H	I	00101001
A05H	C	00100011
A06H	U	00110101
A07H	L	00101100
A08H	A	00100001
A09H	/	01011111
A0AH	7	00010111
A0BH	8	00011000
A0CH	1	00010001
A0DH	0	00010000
A0EH	0	00010000
A0FH	0	00010000
A10H	.	00001110
A11H	6	00010110
A12H	0	00001000
A13H	1	00010001
A14H	.	00001110
A15H	0	00010000
A16H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
A17H	90	01011010
A18H	35	00100011
A19H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
A20H	C	00100011
A21H	O	00101111
A22H	C	00100011
A23H	C	00100011
A24H	I	00101001
A25H	X	00111000
A26H	/	01011111
A27H	/	01011111
A28H	/	01011111
A29H	/	01011111
A2AH	7	00010111
A2BH	0	00010000
A2CH	1	00010001
A2DH	0	00010000
A2EH	0	00010000
A2FH	1	00010001
A30H	.	00001110
A31H	0	00010000
A32H	0	00010000
A33H	1	00010001
A34H	.	00001110
A35H	0	00010000
A36H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
A37H	90	01011010
A38H	35	00100011
A39H	15	00001111

Dirección	Caracter	Bits 76543210
A40H	C	00100011
A41H	O	00101111
A42H	S	00110011
A43H	T	00110100
A44H	I	00101001
A45H	L	00101100
A46H	L	00101100
A47H	A	00100001
A48H	S	00110011
A49H	/	01011111
A4AH	7	00010111
A4BH	0	00010000
A4CH	1	00010001
A4DH	0	00010000
A4EH	0	00010000
A4FH	0	00010000
A50H	.	00001110
A51H	4	00010100
A52H	0	00010000
A53H	1	00010001
A54H	.	00001110
A55H	0	00010000
A56H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
A57H	90	01011010
A58H	35	00100011
A59H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
A60H	C	00100011
A61H	R	00110010
A62H	A	00100001
A63H	N	00101110
A64H	E	00100101
A65H	O	00101111
A66H	/	01011111
A67H	/	01011111
A68H	/	01011111
A69H	/	01011111
A6AH	7	00010111
A6BH	8	00011000
A6CH	1	00010001
A6DH	0	00010000
A6EH	0	00010000
A6FH	0	00010000
A70H	.	00001110
A71H	6	00010110
A72H	0	00010000
A73H	1	00010001
A74H	.	00001110
A75H	0	00010000
A76H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
A77H	00	00000000
A78H	35	00100011
A79H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
A80H	E	00100101
A81H	S	00110011
A82H	O	00101111
A83H	F	00100110
A84H	A	00100001
A85H	G	00100111
A86H	O	00101111
A87H	/	01011111
A88H	/	01011111
A89H	/	01011111
A8AH	8	00011000
A8BH	0	00010000
A8CH	3	00010011
A8DH	0	00010000
A8EH	0	00010000
A8FH	0	00010000
A90H	.	00001110
A91H	1	00010001
A92H	0	00010000
A93H	1	00010001
A94H	.	00001110
A95H	0	00010000
A96H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
A97H	90	01011010
A98H	35	00100011
A99H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
AA0H	E	00100101
AA1H	S	00110011
AA2H	T	00110100
AA3H	E	00100101
AA4H	R	00110010
AA5H	N	00101110
AA6H	O	00101111
AA7H	N	00101110
AA8H	/	01011111
AA9H	/	01011111
AAAH	8	00011000
AABH	2	00010010
AACH	0	00010000
AADH	2	00010010
AAEH	5	00010101
AAFH	1	00010001
AB0H	.	00001110
AB1H	0	00010000
AB2H	0	00010000
AB3H	0	00010000
AB4H	.	00001110
AB5H	7	00010111
AB6H	5	00010101
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
AB7H	90	01011010
AB8H	10	00001010
AB9H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
AC0H	H	00101000
AC1H	U	00110101
AC2H	E	00100101
AC3H	S	00110011
AC4H	O	00101111
AC5H	/	01011111
AC6H	N	00101110
AC7H	A	00100001
AC8H	S	00110011
AC9H	.	00001110
ACAH	6	00010110
ACBH	4	00010100
ACCH	1	00010001
ACDH	0	00010000
ACEH	0	00010000
ACFH	0	00010000
AD0H	.	00001110
AD1H	2	00010010
AD2H	0	00010000
AD3H	0	00010000
AD4H	.	00001110
AD5H	7	00010111
AD6H	5	00010101
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
AD7H	90	01011010
AD8H	35	00100011
AD9H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
AE0H	H	00101000
AE1H	U	00110101
AE2H	M	00101101
AE3H	E	00100101
AE4H	R	00110010
AE5H	O	00101111
AE6H	/	01011111
AE7H	/	01011111
AE8H	/	01011111
AE9H	/	01011111
AEA H	6	00010110
AEB H	6	00010110
AEC H	1	00010001
AED H	0	00010000
AEE H	0	00010000
AEF H	0	00010000
AF0 H	.	00001110
AF1 H	2	00010010
AF2 H	0	00010000
AF3 H	1	00010001
AF4 H	.	00001110
AF5 H	0	00010000
AF6 H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
AF7H	90	01011010
AF8H	35	00100011
AF9H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
B00H	M	00101101
B01H	A	00100001
B02H	N	00101110
B03H	O	00101111
B04H	/	01011111
B05H	/	10111111
B06H	/	01011111
B07H	/	10111111
B08H	/	01011111
B09H	/	10111111
B0AH	4	00010100
B0BH	6	00010110
B0CH	1	00010001
B0DH	0	00010000
B0EH	0	00010000
B0FH	0	00010000
B10H	.	00001110
B11H	1	00010001
B12H	0	00010000
B13H	1	00010001
B14H	.	00001110
B15H	0	00010000
B16H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
B17H	00	00000000
B18H	35	00100011
B19H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
B20H	R	00110010
B21H	O	00101111
B22H	D	00100100
B23H	I	00101001
B24H	L	00101100
B25H	L	00101100
B26H	A	00100001
B27H	/	01011111
B28H	/	01011111
B29H	/	01011111
B2AH	5	00010101
B2BH	6	00010110
B2CH	1	00010001
B2DH	0	00010000
B2EH	0	00010000
B2FH	0	00010000
B30H	.	00001110
B31H	1	00010001
B32H	0	00010000
B33H	1	00010001
B34H	.	00001110
B35H	0	00010000
B36H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
B37H	90	01011010
B38H	35	00100011
B39H	05	00000101

Dirección	Caracter 3	Bits 76543210
B40H	T	00110100
B41H	O	00101111
B42H	R	00110010
B43H	A	00100001
B44H	X	00111000
B45H	/	01011111
B46H	/	01011111
B47H	/	01011111
B48H	/	01011111
B49H	/	01011111
B4AH	6	00010110
B4BH	0	00010000
B4CH	2	00010010
B4DH	0	00010000
B4EH	0	00010000
B4FH	0	00010000
B50H	.	00001110
B51H	0	00010000
B52H	5	00010101
B53H	1	00010001
B54H	.	00001110
B55H	8	00011000
B56H	0	00010000
Dirección	Dato M1,M2,M3	Bits 76543210
B57H	90	01011010
B58H	115	01110011
B59H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
B60H	V	00110110
B61H	E	00100101
B62H	R	00110010
B63H	T	00110100
B64H	E	00100101
B65H	B	00100010
B66H	R	00110010
B67H	A	00100001
B68H	/	01011111
B69H	1	00010001
B6AH	6	00010110
B6BH	6	00010110
B6CH	1	00010001
B6DH	0	00010000
B6EH	0	00010000
B6FH	0	00010000
B70H	.	00001110
B71H	3	00010011
B72H	0	00010000
B73H	1	00010001
B74H	.	00001110
B75H	8	00011000
B76H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
B77H	90	01011010
B78H	115	01110011
B79H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
B80H	V	00110110
B81H	E	00100101
B82H	R	00110010
B83H	T	00110100
B84H	E	00100101
B85H	B	00100010
B86H	R	00110010
B87H	A	00100001
B88H	/	01011111
B89H	2	00010010
B8AH	6	00010110
B8BH	6	00010110
B8CH	1	00010001
B8DH	0	00010000
B8EH	0	00010000
B8FH	0	00010000
B90H	.	00001110
B91H	6	00010110
B92H	0	00010000
B93H	1	00010001
B94H	.	00001110
B95H	0	00010000
B96H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
B97H	90	01011010
B98H	35	00100011
B99H	15	00001111

Dirección	Caracter	Bits 76543210
BA0H	V	00110110
BA1H	E	00100101
BA2H	R	00110010
BA3H	T	00110100
BA4H	E	00100101
BA5H	B	00100010
BA6H	R	00110010
BA7H	A	00100001
BA8H	/	01011111
BA9H	3	00010011
BAAH	8	00011000
BABH	2	00010010
BACH	1	00010001
BADH	0	00010000
BAEH	0	00010000
BAFH	3	00010011
BB0H	.	00001110
BB1H	0	00010000
BB2H	0	00010000
BB3H	1	00010001
BB4H	.	00001110
BB5H	0	00010000
BB6H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
BB7H	90	01011010
BB8H	35	00100011
BB9H	00	00000000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
BC0H	V	00110110
BC1H	E	00100101
BC2H	R	00110010
BC3H	T	00110100
BC4H	E	00100101
BC5H	B	00100010
BC6H	R	00110010
BC7H	A	00100001
BC8H	/	01011111
BC9H	4	00010100
BCAH	7	00010111
BCBH	4	00010100
BCCH	1	00010001
BCDH	0	00010000
BCEH	0	00010000
BCFH	1	00010001
BD0H	.	00001110
BD1H	5	00010101
BD2H	0	00010000
BD3H	1	00010001
BD4H	.	00001110
BD5H	0	00010000
BD6H	0	00010000
Dirección	Dato M1, M2, M3	Bits 76543210
BD7H	90	01011010
BD8H	35	00100011
BD9H	00	00000000

Tabla de control de la corriente (mA)  
para vajo voltaje

Direc.	Corriente I	Resistencia ohms	Voltaje V	Grados °
C00H	0.0001	0.01	0.000001	15
C01H	0.0002	0.02	0.000004	30
C02H	0.0003	0.03	0.000009	45
C03H	0.0004	0.04	0.000016	60
C04H	0.0005	0.05	0.000025	75
C05H	0.0006	0.06	0.000036	90
C06H	0.0007	0.07	0.000049	105
C07H	0.0008	0.08	0.000064	120
C08H	0.0009	0.09	0.000081	135
C09H	0.0010	0.10	0.000100	150
C0AH	0.0011	0.11	0.000121	165
C0BH	0.0012	0.12	0.000144	180
C0CH	0.0013	0.13	0.000169	195
C0DH	0.0014	0.14	0.000196	210
C0EH	0.0015	0.15	0.000225	225
C0FH	0.0016	0.16	0.000256	240
C10H	0.0017	0.17	0.000289	255
C12H	0.0018	0.18	0.000324	270
C13H	0.0019	0.19	0.000361	285
C14H	0.0020	0.20	0.000400	300

Mapa de memoria para enviar los mensajes y etiquetas al display.

Dirección	Caracter	Bits 76543210
C20H	K	00101011
C21	v	01010110
C22	/	01011111
C23	/	01011111
C24	m	01001101
C25	A	00100001
C26	/	01011111
C27	/	01011111
C28	S	00110011
C29	e	01000101
C2A	g	01000111
C2B	/	01011111
C2C	D	00100100
C2D	i	01001001
C2E	s	01010011
C2F	t	01010100
C30	H	00101101
C31	E	00100101
C32	N	00101110
C33	S	00110011
C34	A	00100001
C35	J	00101010
C36	E	00100101
C37	:	00011010
C38	/	01011111
C39	E	00100101
C3A	R	00110010
C3B	R	00110010
C3C	O	00101111
C3D	R	00110010
C3E	/	01011111
C3F	:	00011010
C40	/	01011111

Mapa de Memoria del TECLADO

Dirección	Contenido HEX.	Bits 76543210
F00H	0F	00001111
F01H	03	00010011
F02H	02	00010010
F03H	01	00010001
F04H	07	00000111
F05H	06	00010110
F06H	05	00010101
F07H	0B	00001011
F08H	0A	00001010
F09H	09	00011001
F0AH	0E	00011000
F0BH	00	00010111
F0CH	04	00000100
F0DH	08	00001000
F0EH	0C	00001110
F0FH	0D	00010000

Dirección	Caracter	Bits 76543210
F10H	Tab	00010000
F11H	3	00010011
F12H	2	00010010
F13H	1	00010001
F14H	Borrar	00010000
F15H	6	00010110
F16H	5	00010101
F17H	4	00010100
F18H	Reinicio	00010000
F19H	9	00011001
F1AH	8	00011000
F1BH	7	00010111
F1CH	Ejec	00010000
F1DH	Seg. Fun.	00010000
F1EH	Punto	00001110
F1FH	0	00010000
F20H	Vent	00010000
F21H	Tipo	00010011
F22H	F-a	00010010
F23H	Kv	00010001
F24H		00000000
F25H		00000000
F26H		00000000
F27H	mA	00010100
F28H		00000000
F29H		00000000
F2AH	F-b	00011000
F2BH	Seg	00010111
F2CH		00000000
F2DH		00000000
F2EH		00000000
F2FH	Dist	00010000

**ANEXOS**

---

**ANEXOS**

Región del cuerpo y proyección de los rayos	Espesor nominal del objeto	Distancia foco- película (DF/Fa)	Foco R - Rulb S - Zafiro D - Diamante Sp - especial	Redija U - universal (Pa 8/40) H - de alto voltaje (Pa 12/40)	Valores de orientación		
					ΔV	mAs	
<b>Brazos</b>							
Articulación escapulo-humeral	a.p.	11	100	R	sin	66	25
Articulación escapulo-humeral	axial	11	100	R	sin	66	25
Brazo	a.p., lat.	8	100	R	sin	60	32
Codo	a.p.	6	100	R	sin	60	20
Codo	lat.	8	100	R	sin	60	25
Antebrazo	a.p.	6	100	sin	sin	66	50
Antebrazo	axial	7	100	sin	sin	66	64
Articulación radio-carpiana	d.v.	4	100	sin	sin	60	25
Articulación radio-carpiana	lat.	6	100	sin	sin	60	50
Mano	d.v.	3	100	sin	sin	55	25
Mano	lat., obl.	8	100	sin	sin	65	50
Dedos		2	100	sin	sin	50	25
<b>Piernas</b>							
Cuello del femur	lat.	22	100	S	sin	66	100
Muslo	superior	13	100	S	U	70	50
Muslo	inferior	12	100	S	U	70	32
Articulación de la rodilla	a.p.	12	100	R	sin	60	40
Articulación de la rodilla	lat.	10	100	R	sin	60	32
Articulación de la rodilla	axial	12	70	sin	sin	60	80
Articulación de la rodilla	axial	7	100	R	sin	60	32
Pierna	a.p.	11	100	R	sin	60	32
Pierna	lat.	9	100	R	sin	60	25
Articulación tibiofemorales	a.p.	9	100	R	sin	60	40
Articulación tibiofemorales	lat.	7	100	R	sin	60	20
Articulación tibiofemorales	axial	7	100	R	sin	60	16
Cálcaneo	d.p.	10	100	R	sin	60	40
Cálcaneo	lat.	5	100	sin	sin	60	32
Metatarsos	d.p.	7	100	sin	sin	60	50
Pie	lat.	7	100	sin	sin	60	40
Metatarsos	obl.	6	100	sin	sin	60	40
Dedos del pie		3	100	sin	sin	55	32

**Técnica de alto voltaje**

Cráneo	p.a.	19	100	R	H	110	40
Pulmón	p.a.	21	150	R	U	150	4
Pulmón	p.a.	21	150	R	U	120	8
Pulmón	lat.	30	150	S	U	150	4
Pulmón, corazón	lat.	30	150	S	U	120	8
Pulmón, corazón	obl.	28	70	R	U	120	12
Esofago		22	70	R	U	120	16
Reflux de la mucosa gástrica		22	70	R	U	120	16
Hígado	p.a.	22	epi. 65		H	110	12 (16)
Refluxo de la mucosa gástrica	d.p.	22	100	Sp (D)	H	110	50 (64)
Embarazo	lat.	28	100	Sp (D)	H	110	80 (100)
Pelvis según Merris	p.a.	29	100	Sp (D)	H	110	64 (80)
Columna lumbar, de pie	a.p.	20	150	S	H	110	80
Columna lumbar, de pie	lat.	30	150	S	H	120	180

Para la técnica con rayos normales puede utilizarse en lugar de la redija universal (U), la redija multilinea de voltaje IW 5/501 así como la redija extra línea (FF).

**SIEMENS AKTIENGESellschaft**  
Bereich Medizinische Technik - Erlangen

GENERATEURS A UNE ET DEUX IMPULSIONS

TABLEAU D'EXPOSITION

SIEMENS

Les caractéristiques d'exposition sont des valeurs indicatives pour un patient de taille normale (1,75 m) et de poids normal (75 kg). Elles sont valables pour des films radiologiques à sensibilité élevée, l'écran renforceur éventuellement indiqué, la distance foyer-film mentionnée (DFF) et pour des conditions optimales de développement. Elles doivent être modifiées en conséquence pour les épaisseurs corporelles qui s'écartent de la normale, ainsi que pour d'autres matériaux de radiographie et d'autres distances foyer-film.

Partie du corps et Incision	Epaisseur normale de Foljet	DFF	Ecran reinf. R - Rubbin S - Saphir D - Diamant Sp - Special	Grille anti- diffusions (Pa 8/60) H - rayons durs	Valeurs de réglage recommandées	
					kV	mAs
<b>Crâne</b>						
Crâne, orientation	p.a.	19	S	U	73	80
Crâne, face	latéral	16	S	U	66	60
Boîte crânienne	latéral	16	S	U	70	50
Crâne	axial	22	S	U	85	125
Rocher	saq.	17	S	U	77	125
Rocher selon Stenvers		17	S	U	73	125
Cavités pétreales	p.a.	22	S	U	73	125
Trou du nez optique selon Rhee		17	S	U	70	80
Mastéoïde inf.	lat./obli. selon Euter	11	R	sans	60	40
<b>Thorax</b>						
Côtes 1-7	p.a./s.p.	20	S	U	63	50
Côtes 8-12	p.a./s.p.	22	S	U	70	125
Sternum	p.a.	21	S	U	63	100
Sternum	lat.	30	S	U	66	100
Omoïde	p.a.	14	S	U	63	25
Omoïde	s.p.	17	S	U	66	40
Omoïde	lat.	14	S	U	63	100
Poumon	p.a.	21	R	sans	63	100
Poumon et cœur	lat.	30	S	sans	73	37
Cœur	p.a.	21	S	sans	85	10
Œsophage	obli.	28	S	U	77	37
<b>Abdomen</b>						
Rain, vessie et vésicule biliaire		19	S	U	66	100
ditto	s.p./p.a.	27	S	U	81	160
ditto	lat.	27	S	U	70	200
Vessie	axi.	21	S	U	77	10 (1/2)
Estomac-voies	p.a.	22	Sp (D)	U	81	12 (1/2)
Estomac-voies	p.a.	22	Sp (D)	U	85	12 (1/2)
Bulbe	p.a.	22	Sp (D)	U	85	26 (1/2)
Estomac-intestin orient.	couche	22	Sp (D)	U	81	125 (1/60)
Grossesse	p.a.	22	Sp (D)	U	90	125 (1/60)
ditto	lat.	28	Sp (D)	U	85	125 (1/60)
Pelvienne selon Marius	lat.	29	Sp (D)	U	85	125 (1/60)
<b>Colonne vertébrale</b>						
Vertèbres cerv. 1-3	oral	13	S	U	63	100
ditto, 4-7	s.p.	13	S	U	63	64
ditto, 1-7	lat.	12	S	14" H	63	37
ditto, 1-7	obli.	13	S	U	66	40
ditto, 1-7	obli.	13	S	U	66	80
Vertèbres dors. sup.	s.p.	18	S	U	77	100
ditto, inf.	s.p.	21	S	U	73	125
ditto	lat.	30	S	U	73	80
Vertèbres lomb. 1-4	s.p.	19	S	U	81	200
ditto, 1-4	lat.	27	S	U	73	100
ditto, 1-4	obli.	22	S	U	81	100
ditto, 5	s.p.	22	S	U	81	100
ditto, 5	lat.	33	S	U	85	250
<b>Bassin</b>						
Bassin, hanche	s.p.	30	S	U	73	80
Sacrum, coccyx	s.p.	19	S	U	77	80
ditto	lat.	33	S	U	85	200

# SEMICONDUCTOR

## TECHNICAL DATA

### 6-PIN DIP Optoisolators Triac Driver Output

These devices consist of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to silicon lateral switch and are designed for applications requiring isolated triac triggering, low-current isolated ac switching, high electrical isolation (to 7500 V peak), high inductor standoff voltage, small size, and low cost.

- 1 UL Recognized File Number 54915
- 2 VDE approved per standard 8803 5 00 (Certificate number 41853), with additional approval to DIN IEC300 VDE0806, IEC435 VDE0805, IEC65 VDE0806, VDE 1101, covering all other standards with equal or less stringent requirements, including IEC204 VDE0113, VDE 0160, VDE0832, VDE0833, etc.
- 3 Special lead form available (add suffix "T" to part number) which satisfies VDE0803/4, 82 requirement for 8 mm minimum creepage distance between input and output solder pads.
- 4 Various lead form options available. Consult "Optoisolator Lead Form Options" data sheet for details.

MAXIMUM RATINGS (TA = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
<b>INFRARED EMITTING DIODE</b>			
Reverse Voltage	VR	3	Volts
Forward Current — Continuous	IF	60	mA
Total Power Dissipation @ TA = 25°C Negligible Power in Transistor Dissipating 25°C	PD	100	mW
		1.33	mW/°C
<b>OUTPUT DRIVER</b>			
Collector Output Terminal Voltage	VDRM	250	Volts
Peak Repetitive Surge Current (tPW = 1 ms, 100 μs)	ITSM	1	A
Total Power Dissipation @ TA = 25°C Dissipating 25°C	PD	300	mW
		4	mW/°C
<b>TOTAL DEVICE</b>			
Isolation Surge Voltage (1) Peak ac Voltage, 60 Hz, 5 Second Duration	VISO	7500	Vac
Total Power Dissipation @ TA = 25°C Dissipating 25°C	PD	330	mW
		4.4	mW/°C
Junction Temperature Range	TJ	-40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range	TA	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range	Tstg	-40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	—	260	°C

1. Isolation surge voltage, VISO, is an internal device dielectric breakdown rating.

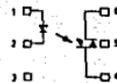
MO03050  
MO03010  
MO03011  
MO03012

6 PIN DIP  
OPTOISOLATORS  
TRIAC DRIVER OUTPUT  
250 VOLTS



CASE 730A-02  
PLASTIC

#### COUPLER SCHEMATIC



- 1 ANODE
- 2 CATHODE
- 3 NC
- 4 MAX. THERMAL
- 5 SUBSTRATE
- 6 NO MOUNT ELECTRICAL
- 8 MAX. THERMAL

# MOC3009, MOC3010, MOC3011, MOC3012

## TYPICAL APPLICATION CIRCUITS

Note: This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only. Additional information on the use of the MOC3009, MOC3010, MOC3011, MOC3012 is available in Application Note AN-100A.

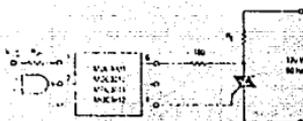


Figure 8. Resistive Load

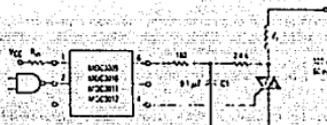


Figure 9. Inductive Load with Sensitive Gate Triac ( $I_{GT} = 15 \text{ mA}$ )

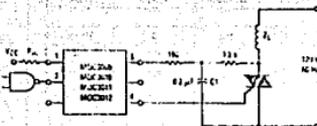
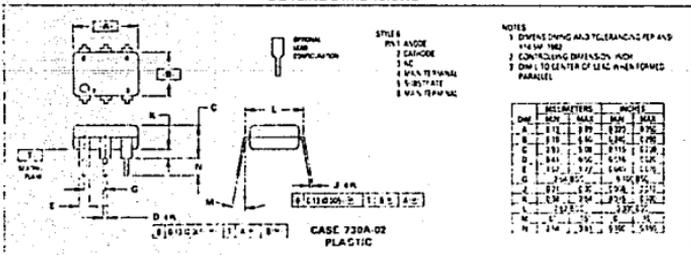


Figure 10. Inductive Load with Non-Sensitive Gate Triac ( $15 \text{ mA} < I_{GT} < 50 \text{ mA}$ )

## OUTLINE DIMENSIONS



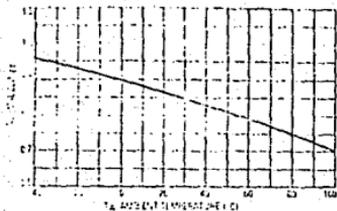


Figure 3. Trigger Current versus Temperature

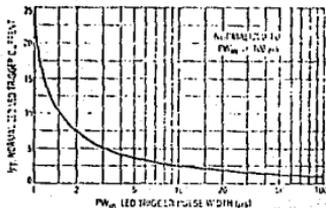


Figure 4. LED Current Required to Trigger versus LED Pulse Width

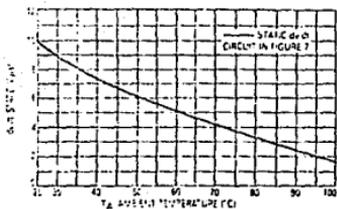


Figure 5. dV/dt versus Temperature

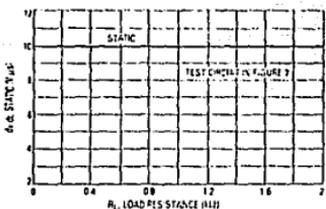
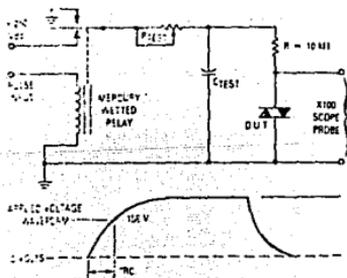


Figure 6. dV/dt versus Load Resistance



1. The mercury-wetted relay provides a high-speed repeated pulse to the DUT.
2. 10MΩ scope probes are used to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dV/dt is established by triggering the DUT with a nominal LED input current, then increasing the current. The variable PWR allows the dV/dt to be gradually increased until the DUT continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dV/dt is then decreased until the DUT stops triggering. TRC is measured at this point and recorded.

$$dV/dt = \frac{0.63 V_{CR}}{TRC} = \frac{15V}{100ns}$$

Figure 7. Static dV/dt Test Circuit

## MOC3009, MOC3010, MOC3011, MOC3012

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>INPUT LED</b>					
Reverse Leakage Current ( $V_R = 3\text{ V}$ )	$I_R$	—	0.05	100	$\mu\text{A}$
Forward Voltage ( $I_F = 10\text{ mA}$ )	$V_F$	—	1.15	1.5	Volts
<b>OUTPUT DETECTOR (<math>I_F = 0</math> unless otherwise noted)</b>					
$I_{V(A)}$ Blocking Current, Either Direction (Rated $V_{CE(sat)}$ , Note 1)	$I_{V(A)}$	—	10	100	$\mu\text{A}$
Peak On State Voltage, Either Direction ( $I_{TM} = 100\text{ mA Peak}$ )	$V_{TM}$	—	1.8	3	Volts
Critical Rate of Rise of Off State Voltage (Figure 2, Note 2)	$dv/dt$	—	10	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
<b>OUTPUT</b>					
LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = 3 V, Note 3)	$I_T$	—	15	30	$\text{mA}$
	MOC3009	—	8	15	
	MOC3010	—	5	10	
	MOC3011	—	3	5	
	MOC3012	—	—	—	
Holdoff Current, Either Direction	$I_H$	—	100	—	$\mu\text{A}$

- Notes: 1 Test voltage must be applied within  $dv/dt$  rating.  
 2 This is state  $dv/dt$ . See Figure 2 for test circuit. Commutating diode is a function of the load driving the output only.  
 3 All values are guaranteed to trigger at an  $I_T$  value less than or equal to the  $I_T$  value. If the device is operated at  $I_T$  values between  $I_{T1}$  (23 mA for MOC3009, 15 mA for MOC3010, 10 mA for MOC3011, 5 mA for MOC3012) and absolute max  $I_T$  (50 mA).

### TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_A = 25^\circ\text{C}$

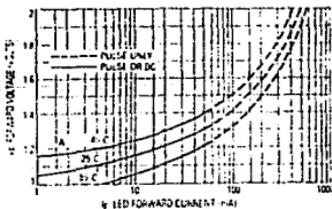


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

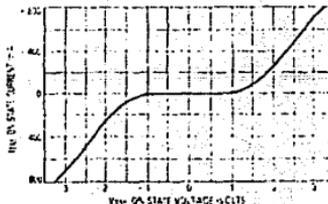


Figure 2. On-State Characteristics

NTE

## TRANSISTORS BI-POLAR

NTE TYPE NUMBER	POLARITY AND MATERIAL	DESCRIPTION AND APPLICATION	CASE STYLE	BASE NUMBER	MAXIMUM COLLECTOR CURRENT		MAXIMUM BETA/DOWNVOLTAGE			TYPICAL FORWARD CURRENT GAIN	MAXIMUM COLLECTOR POWER DISSIPATION	TYPICAL FREQ. @ 10%
					IC (DC)	IC (Pulse)	V <sub>CE</sub> (DC)	V <sub>CE</sub> (Pulse)	V <sub>CE</sub> (Pulse)			
102	PNP-Ge	Driver, Power Output Switch (Compl to NTE103)	TO6	25e	.3	30	18 (CES)	25	100	.15	—	
102A	PNP-Ge	Medium Power Amplifier (Compl to NTE103A)	TO1	26	1	32 (CES)	10	120	65	—		
103	NPN-Ge	Power Output Driver, Switch (Compl to NTE102)	TO5	25e	.3	32 (CES)	25	115	15	—		
103A	NPN-Ge	Medium Power Amplifier (Compl to NTE102A)	TO1	26	1	32 (CES)	10	110	65	—		
104	PNP-Ge	Audio Power Amp				35						
104MP	PNP-Ge	Matched Pair of NTE104	TO3	1a	10	50 (CES)	10	90	100	10KHz		
105	PNP-Ge	Audio Power Amp	TO36	27	15	50 (CES)	20	90	150	10KHz		
106	PNP-Si	Amp, Osc, FM Mixer, Ultra Hi Speed Switch	TO18	26a	.05	35	15	4.5	50 Min	35	650 Mr	
107	NPN-Si	UHF Oscillator for Tuner, High Frequency	TO92	9c	.05	30	12	3	75	2	1000	
106-1	NPN-Si	RF-IF Amp and Osc	TO106	29a	.05	30	15	2	20 Min	625	800	
108	NPN-Si		TO92	9a								
121	PNP-Ge	Audio Power Amp	TO3	1a	10	65 (CES)	45	15	90	90	300 KHz	
121MP	PNP-Ge	Matched Pair of NTE121	TO3									
123	NPN-Si	Amp, Audio to VHF Freq., SW	TO39	21a	.8	75	40	6	200	8	300 Mr	
123A	NPN-Si	Amp, Audio to VHF Freq., Switch	TO18	26a	.8	75	40	6	200	4	300 Mr	
123AP	NPN-Si	Amp, Audio to VHF Freq., Driver (Compl to NTE159)	TO92	9a	.8	75	40	6	200	625	300 Mr	
124	NPN-Si	High Voltage Power Output Line Operated Equipment	TO66	8a	.15	300	300	5	100	20	10	
126	PNP-Ge	RF-IF Amp, TV, Radio, High Speed Switch	TO18	26a	.2	25	18 (CES)	1	60	2	250	
126A	PNP-Ge	RF-IF Amp, Mixer, High Speed Switch	TO18	26a	.05	15	15	3	40	3	250	
127	PNP-Ge	Amp, Power Output, Horizontal and Vertical Deflection	TO3	1a	10	320 (CES)	2	15	56	1		
128	NPN-Si	Audio Output, Video, Driver (Compl to NTE129)	TO39	21a	1	120	80	7	90 Min	1	100 Mr	
129P	NPN-Si	Gen Purpose Amp (Compl to NTE129P)	TO237	413A	1	100	80	5	100 Min	1	150	
129	PNP-Si	Audio Output, Video Driver (Compl to NTE128)	TO39	21a	1	90	80	7	90 Min	1	150 Mr	
129MCP	NPN/PNP-Si	Matched Compl Pair Contains 1 Ea. NTE128 and NTE129	TO39									
129P	PNP-Si	Gen Purpose Amp (Compl to NTE129P)	TO237	413A	1	100	80	5	100 Min	2	125	
130	NPN-Si	Audio Power Amp, Medium Speed Switch (Compl to NTE219)	TO3	1a	15	100	60	7	45	115	3	
130MP	NPN-Si	Matched Pair of NTE130 (Compl to NTE219)	TO3									
131	PNP-Ge	Audio Power Amp (Compl to NTE155)	Japanese TO66	30	3 Peak 1 Cont	32	32 (CES)	10	110	6	1	
131MP	PNP-Ge	Matched Pair of NTE131 (Compl to NTE155)	Japanese TO66									
152	NPN-Si	Audio Power Amp, Medium Speed Switch (Compl to NTE152)	TO220	11a	7	80	60	5	60	50	10	
152MP	NPN-Si	Matched Pair NTE152	TO220									

MP = Matched Pairs  
 \* IC = 25°C

NTE TYPE NUMBER	PACKAGE STYLE	DESCRIPTION AND APPLICATION	CASE STYLE	SIZE INCHES	MAXIMUM RATED VOLTAGE			TYPICAL POWER RATING			
					EMITTER TO BASE	COLLECTOR TO EMITTER	EMITTER TO BASE	EMITTER TO BASE	EMITTER TO BASE	EMITTER TO BASE	
					MAXIMUM COLLECTOR CURRENT						
					mA	mA	mA	W	W	W	
153	PNP-Si	Audio Power Amp (Compl to NTE152)	TO220	11a	7	80	80	5	60	50	10
153MCP	NPN/PNP-Si	Matched Compl Pair Contains 1 Ea. NTE152 and NTE153	TO220								
154	NPN-Si	High Voltage Video Output Cct = 2.5 p. @ 2.0 V	TO39	21a	2	300	300	7	100	1	80
155	NPN-Ge	Audio Power Amp (Compl to NTE131)	Japanese TO68	30	3 Peak	32	20	10	110	7.5	1
157	NPN-Si	Audio Power Amp, High Voltage Converter (Compl to NTE39)	TO126	7a	5	325	300	6	90	20	10 Min
158	PNP-Ge	Audio Power Amp	TO1	26	1	32	32	10	90	1.4	1.5
159	PNP-Si	Low Noise Audio Amp, Switch NF = 3.0 dB @ 1 KHz (Compl to NTE123AF)	TO92	9a	1	80	80	5	180	625	200
159MCP	PNP/PNP-Si	Matched Compl Pair, Contains 1 Ea. NTE159 and NTE123AF	TO92								
159M	PNP-Si	Low Noise Audio Amp (Compl to NTE123AF)	TO18	28a	600mA	60	90	5	100 Min	4	200 Min
160	PNP-Ge	RF AF Amp, FM Mixer/Osc	TO72	31a	01	30	20(CER)	3	50	1	550
161	NPN-Si	VHF-UHF Amp, Mixer/Osc	TO72	31a	05	45	45(CER)	3	60	2	800
162	NPN-Si	TV Vertical Deflection	TO3	1a	10 Peak	500	300	5	20 Min	100	—
163A	NPN-Si	Color TV Horizontal Deflection	TO3	1a	10 Peak 6 Cont	700	700 (CEV)	5	10 Min	100	—
164	NPN-Si	Color TV Vertical Output	TO3	1a	1	1500	700(CER)	5	30 Min	50	3 Typ
165	NPN-Si	Color TV Horizontal Output	TO3	1a	6	1500	1400(CER)	5	8 Min	50	3 Typ
171	NPN-Si	Audio Video Amp, Reg	TO202	10a	.1	300	300	5	30 Min	6.25	75
172A	NPN-Si	Darlington Pre Amp, Medium Speed Switch	TO96V TO92	32/9c	3	40	40	12	7000 Min	4	80 Min
175	NPN-Si	Linear & Audio Power Amp	TO66	6a	3	500	300(CER)	8	60	40	1.5
176	PNP-Ge	DC Converter Audio Power Amp	TO39	21a	2	25	25	10	110	6	1.2
179	PNP-Ge	Audio Power Amp, High Current Switch	TO3	1a	25	90	90 (CER)	2	65 Min	108	5 Min
179MP	PNP-Ge	Matched Pair of NTE179	TO3								
180	PNP-Si	High Power Audio Amp (Compl to NTE181)	TO3	1a	30	100	100 (CER)	4	25 Min	200	2 Min
180MCP	NPN/PNP-Si	Matched Compl Pair Contains 1 Ea. NTE181 and NTE180	TO3								
181	NPN-Si	High Power Audio Amp (Compl to NTE180)	TO3	1a	30	100	100 (CER)	4	25 Min	200	2 Min
181MP	NPN-Si	Matched Pair of NTE181 (Compl to NTE180)	TO3								
182	NPN-Si	General Purpose Amplifier and High Speed Switch (Compl to NTE183)	TO127	33a	10	100	80	4	30 Min	90	2
183	PNP-Si	General Purpose Amplifier and High Speed Switch (Compl to NTE182)	TO127	33a	10	100	80	4	30 Min	90	2
184	NPN-Si	Audio Power Amplifier & Switching (Compl to NTE185)	TO126	7a	4	80	80	5	25 Min	40	2 Min
184MP	NPN-Si	Matched Pair of NTE184	TO126								
185	PNP-Si	Audio Power Amplifier & Switching (Compl to NTE184)	TO126	7a	4	80	80	5	25 Min	40	2 Min
185MCP	NPN/PNP-Si	Matched Compl Pair Contains 1 Ea. NTE184 and NTE185	TO126								

**NTE**

**DIMENSIONAL OUTLINE DRAWINGS**

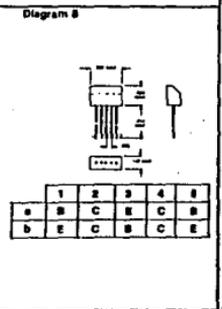
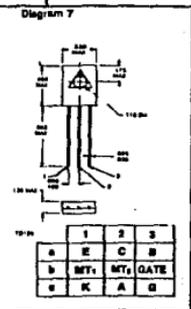
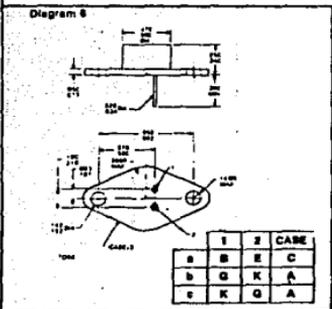
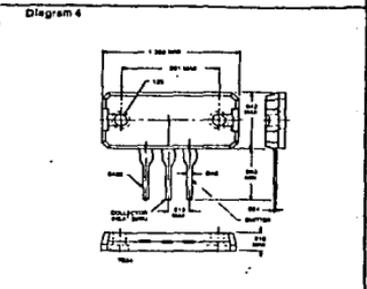
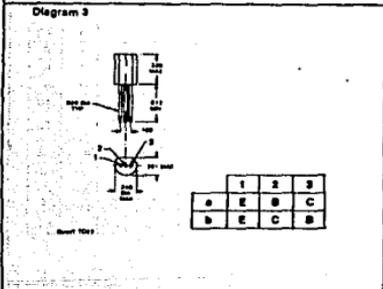
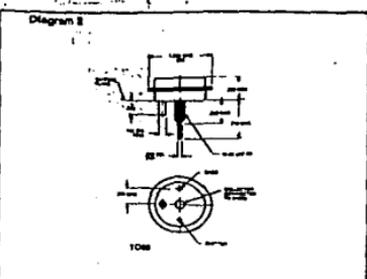
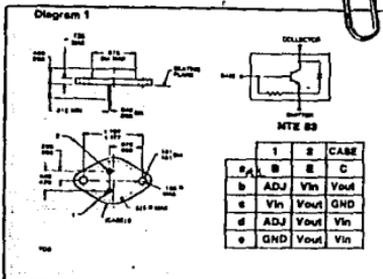
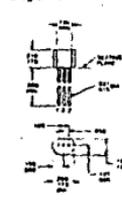


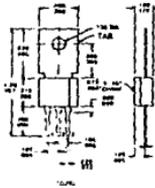
Diagram 9



	1	2	3	
a	E	B	C	
b	B	E	C	
c	E	C	B	
d	Q	S	D	
e	D	S	Q	
f	O	D	B	
g	A	Q	K	
h	A <sub>1</sub>	Q	A <sub>2</sub>	
i	A	Q	C	
j	K <sub>1</sub>	-	K <sub>2</sub>	
k	B	E	B <sub>1</sub>	
l	Vout	GND	Vin	
m	K	G	A	
n	MT <sub>1</sub>	GATE	MT <sub>2</sub>	
o	E	O	Q	
p	GND	Vin	Vout	
q	ADJ	Vout	Vin	
r	ADJ	+	-	

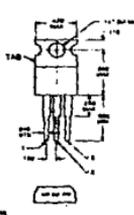
NOTE: D85 are interchangeable on NTE312

Diagram 10



	1	2	3	TAB
a	E	B	C	C
b	B	C	E	C
c	C	B	E	C
d	B	C	E	C
e	B	E	C	E
f	K	A	Q	A
g	MT <sub>1</sub>	MT <sub>2</sub>	GATE	MT <sub>2</sub>

Diagram 11



	1	2	3	TAB
a	B	C	E	C
b	Q	D	B	D
c	Q	A	K	A
d	K	A	Q	ISO
e	K	A	Q	A
f	Vin	GND	Vout	GND
g	GND	Vin	Vout	Vin
h	ADJ	Vout	Vin	Vout
i	ADJ	Vin	Vout	Vin
j	MT <sub>1</sub>	MT <sub>2</sub>	GATE	MT <sub>2</sub>
k	MT <sub>1</sub>	MT <sub>2</sub>	GATE	ISO

Diagram 12



Diagram 13

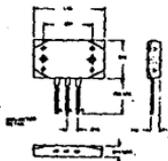


Diagram 14

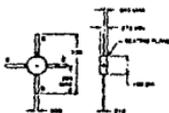
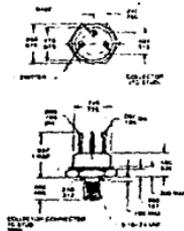


Diagram 15



NTE

# DIMENSIONAL OUTLINE DRAWING

**Diagram 31**

1	2	3	4
a	B	C	CAME
b	B	C	CAME
c	D	G	CAME
d	D	G	CAME
e	D	G	CAME
f	B	G	CAME
B	B	G	CAME

NOTE: D&B INTERCHANGEABLE ON MTEAM

**Diagram 32**

**Diagram 33**

1	2	3
a	B	C
b	K	A
c	MT <sub>1</sub>	MT <sub>2</sub> GATE

**Diagram 34**

COLLECTOR CONNECTED TO TAB TOWARD

**Diagram 35**

1	2	3
a	C	B
b	B	C

**Diagram 36**

SCALE 1/8" = 1"

**Diagram 37**

**Diagram 38**

**Diagram 39**

**Diagram 40**

NTE

## ZENER DIODES

ZENER VOLTAGE V ± %	NTE NUMBER ADIAL LEADS				NTE NUMBER STUD WIRE				ZENER VOLTAGE V ± %	NTE NUMBER ADIAL LEADS				NTE NUMBER STUD WIRE	
	Pd	% WATT	1 WATT	5 WATT	10 WATT	50 WATT	MM	MM		Pd	% WATT	1 WATT	5 WATT	10 WATT	50 WATT
2.4	5002A	5001A	—	—	—	—	—	—	28 0	5034A	5033A	5140A	5201A	5267A	
2.5	5001A	5062A	—	—	—	—	—	—	30 0	5035A	5084A	5141A	5202A	5268A	
2.7	5002A	5063A	—	—	—	—	—	—	33 0	5036A	147A	5142A	5203A	5269A	
2.8	5003A	5064A	—	—	—	—	—	—	36 0	5037A	5085A	5143A	5204A	5270A	
3.0	5004A	5065A	—	—	—	—	—	—	39 0	5038A	5086A	5144A	5205A	5271A	
3.3	5005A	5066A	5111A	—	—	—	—	—	43 0	5039A	5087A	5145A	5206A	5272A	
3.6	5006A	134A	5112A	—	—	—	—	—	45 0	—	—	—	5207A	5273A	
3.9	5007A	5067A	5113A	5174A	5242A	—	—	—	47 0	5040A	—	5146A	5208A	5274A	
4.3	5008A	5068A	5114A	5175A	5241A	—	—	—	50 0	—	—	—	5209A	5275A	
4.7	5009A	5069A	5115A	5176A	5242A	—	—	—	51 0	5041A	5089A	5147A	5210A	5276A	
5.1	5010A	135A	5116A	5177A	5243A	—	—	—	52 0	—	—	—	5211A	5277A	
5.6	5011A	136A	5117A	5178A	5244A	—	—	—	55 0	—	148A	—	—	—	
6.0	5012A	5070A	5118A	5179A	5245A	—	—	—	56 0	5042A	5090A	5148A	5212A	5278A	
6.2	5013A	137A	5119A	5180A	5246A	—	—	—	60 0	5043A	5091A	5149A	5213A	5279A	
6.8	5014A	5071A	5120A	5181A	5247A	—	—	—	62 0	5044A	148A	5150A	5214A	5280A	
7.5	5015A	138A	5121A	5182A	5248A	—	—	—	66 0	5045A	5092A	5151A	5215A	5281A	
8.2	5016A	5072A	5122A	5183A	5249A	—	—	—	75 0	5046A	5093A	5152A	5216A	5282A	
8.7	5017A	5073A	5123A	5184A	5250A	—	—	—	82 0	5047A	150A	5153A	5217A	5283A	
9.1	5018A	139A	5124A	5185A	5251A	—	—	—	87 0	5048A	5094A	5154A	5218A	—	
10.0	5019A	140A	5125A	5186A	5252A	—	—	—	91 0	5049A	5095A	5155A	5219A	5284A	
11.0	5020A	5074A	5126A	5187A	5253A	—	—	—	100 0	5050A	5096A	5156A	5220A	5285A	
11.5	—	141A	—	—	—	—	—	—	105 0	—	—	—	5221A	5286A	
12.0	5021A	142A	5127A	5188A	5254A	—	—	—	110 0	5051A	151A	5157A	5222A	5287A	
13.0	5022A	143A	5128A	5189A	5255A	—	—	—	120 0	5052A	5097A	5158A	5223A	5288A	
14.0	5023A	144A	5129A	5190A	5256A	—	—	—	130 0	5053A	5098A	5159A	5224A	5289A	
15.0	5024A	145A	5130A	5191A	5257A	—	—	—	140 0	5054A	5099A	5160A	5225A	5290A	
16.0	5025A	5075A	5131A	5192A	5258A	—	—	—	150 0	5055A	5100A	5161A	5226A	5291A	
17.0	5026A	5076A	5132A	5193A	5259A	—	—	—	160 0	5056A	5101A	5162A	5227A	5292A	
18.0	5027A	5077A	5133A	5194A	5260A	—	—	—	170 0	5057A	5102A	5163A	5228A	—	
19.0	5028A	5078A	5134A	5195A	5261A	—	—	—	175 0	—	—	—	5229A	5293A	
20.0	5029A	5079A	5135A	5196A	5262A	—	—	—	180 0	5058A	5103A	5164A	5230A	5294A	
22.0	5030A	5080A	5136A	5197A	5263A	—	—	—	190 0	5059A	5104A	5165A	5231A	5295A	
24.0	5031A	5081A	5137A	5198A	5264A	—	—	—	200 0	5060A	5105A	5166A	5232A	5296A	
25 0	5032A	5082A	5138A	5199A	5265A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
27.0	5033A	5166A	5139A	5200A	5266A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
DIAG NO	87	67	66	65	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

NOTE: 10 Watt and 50 Watt Zeners listed have Anode (Standard Polarity) connected to stud. Add suffix letter "K" to the NTE number for Cathode (Reverse Polarity) connected to stud (ex. NTE5174AK). The NTE type numbers shown have a standard tolerance for the Zener Voltage of  $\pm 5\%$ .

## 1/2 WATT ZENER DIODES

(1% TOLERANCE) (DO35 PACKAGE)

NTE TYPE NO	NOMINAL ZENER VOLTAGE	TEST CURRENT I <sub>Z</sub> @ I <sub>ZT</sub>	MAXIMUM JUNCTION TEMP. °C	DWG NO
5010T1	5.1 $\pm$ 1%	5 mA	200	68
5011T1	5.6 $\pm$ 1%	5 mA	200	68
5013T1	6.2 $\pm$ 1%	5 mA	200	68
5019T1	10 $\pm$ 1%	5 mA	200	68
5021T1	12 $\pm$ 1%	5 mA	200	68





## SILICON BRIDGE RECTIFIERS

Part	AVERAGE RECTIFIER FORWARD CURRENT MAXIMUM AVERAGE RECTIFIED CURRENT @ HALF-WAVE RES LOAD ON RL								
	1 A	1.5 A	2 A	3 A	4 A	5 A	7.5 A	10 A	15 A
100			NTE166			NTE5312			
200			NTE167	NTE5309		NTE5313	NTE5322	NTE5340	
400		NTE5304	NTE168			NTE5314	NTE5324		
600	NTE5332	NTE5305	NTE169	NTE5310		NTE5315	NTE5328	NTE5342	NTE5348
800		NTE5306				NTE5316	NTE5327		
1000	NTE5334	NTE5307	NTE170	NTE5311		NTE5317	NTE5326	NTE5344	
IFSM (AMP)	25	50	60	200	200	300	300	1000	1000
V <sub>F</sub> @ I <sub>F</sub>	1.2V @ 1A	1V @ 1A	1V @ 1A	1V @ 2A	1.1V @ 4A	1V @ 5A	1.2V @ 20A	1.3V @ 60A	1.3V @ 100A
T <sub>c</sub> at Rated I <sub>F</sub> (°C) Max	+ 40	+ 30	+ 55	+ 55	+ 55	+ 55	+ 55	+ 150	+ 150
Diag No	106	94	96	415	107	95	108	421	421

## INDUSTRIAL RECTIFIERS

Part Type	Maximum Average Rectified Forward Current I <sub>F</sub> in Amperes									
	3A		6A		12A		16A		25A	
50	NTE5800	NTE5830	NTE5850		NTE5870	NTE5940	NTE5892	NTE5912		
50		NTE5831*	NTE5851*		NTE5871*	NTE5941*	NTE5893*	NTE5913*		
100	NTE5801	NTE5832	NTE5852	NTE5812	NTE5872	NTE5942	NTE5894	NTE5914		
100		NTE5833*	NTE5853*		NTE5873*	NTE5943*	NTE5895*	NTE5915*		
200	NTE5802	NTE5834	NTE5854		NTE5874	NTE5944	NTE5896	NTE5918		
200		NTE5835*	NTE5855*		NTE5875*	NTE5945*	NTE5897*	NTE5917*		
300	NTE5803	NTE5836	NTE5856		NTE5876	NTE5946	NTE5898	NTE5918		
300		NTE5837*	NTE5857*		NTE5877*	NTE5947*	NTE5899*	NTE5919*		
400	NTE5804	NTE5838	NTE5858	NTE5814	NTE5878	NTE5948	NTE5900	NTE5920	NTE5962	
400		NTE5839*	NTE5859*		NTE5879*	NTE5949*	NTE5901*	NTE5921*	NTE5963*	
500	NTE5805	NTE5840	NTE5860		NTE5880	NTE5950	NTE5902	NTE5922		
500		NTE5841*	NTE5861*		NTE5881*	NTE5951*	NTE5903*	NTE5923*		
800	NTE5806	NTE5842	NTE5862	NTE5815	NTE5882	NTE5952	NTE5904	NTE5924		
800		NTE5843*	NTE5863*		NTE5883*	NTE5953*	NTE5905*	NTE5925*		
800	NTE5806	NTE5846	NTE5866		NTE5886		NTE5908	NTE5928	NTE5966	
800		NTE5847*	NTE5867*		NTE5887*		NTE5909*	NTE5929*	NTE5967*	
1000	NTE5809	NTE5848	NTE5868	NTE5817	NTE5890		NTE5910	NTE5932		
1000		NTE5849*	NTE5869*		NTE5891*		NTE5911*	NTE5933*		
Peak Surge	200 A	40 A	150 A		400 A	250 A	300 A	400 A		300 A
V <sub>F</sub> @ Rated I <sub>F</sub>	1.2 V Max 9 V Typ	1.1 V Max 9 V Typ	1.2 V Max 9 V Typ		9 V Max 9 V Typ	1.2 V Max 1.1 V Typ	1.5 V Max 9 V Typ	1.2 V Max 1.1 V Typ	1.5 V Max 1.1 V Typ	1.7 V Max 1.1 V Typ
T <sub>c</sub> at Rated I <sub>F</sub> (°C) Max	+ 105 (T <sub>L</sub> )	+ 150	+ 150	+ 80	+ 150	+ 150	+ 150	+ 150	+ 150	+ 100
Diag No	105	85	85	251	85	84	85	85	121	
Case Style	DO27A	DO4	DO4	Amal Lead Pkg	DO4	DO9	DO4	DO4	DO4	Press FR

NOTE: Cathode to case is standard polarity.  
\*Indicates a node to case polarity.

Diagram 84

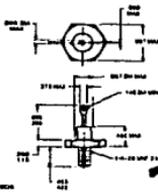


Diagram 85

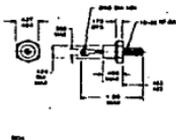


Diagram 86



Diagram 84

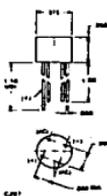


Diagram 85

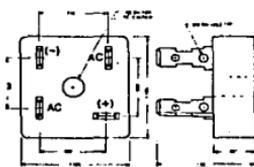


Diagram 86

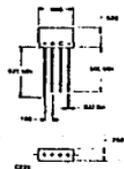


Diagram 108

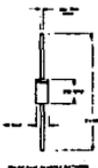


Diagram 108

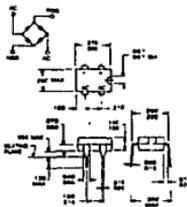
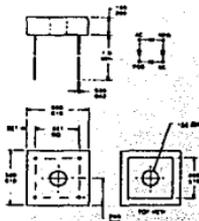


Diagram 107



NTI

### 3-TERMINAL POSITIVE FIXED VOLTAGE REGULATORS (ARRANGED BY OUTPUT VOLTAGE)

REGULATED VOLTAGE OUT ± 5%	PTE TYPE NO.	CASE STYLE	DIAG NO.	VOLTAGE IN		OUTPUT CURRENT	POWER DISSIPATION P <sub>D</sub>
				MIN	MAX		
5 V	309K	TO3	1c	7 V	30 V	1 A	50 W
5 V ± 1	1934	B38	50b	8 V	45 V	2 A	50 W
5 V	931	TO3	1c	7.5 V	20 V	3 A	30 W
5 V	932	TO3	1c	7.8 V	30 V	5 A	50 W
5 V	950	TO220	111 <sub>g</sub> 4	7 V	35 V	1 A	15 W
5 V	977	TO92	9i	7 V	30 V	100 mA	1 W
6 V	962	TO220	111	6 V	35 V	1 A	15 W
6.2 V	968	TO92	9i	8.5 V	30 V	100 mA	700 mW
8 V	964	TO220	111	10.5 V	35 V	1 A	15
8 V	981	TO92	9i	10.5 V	30 V	100 mA	1 W
9 V	1902	TO92	9i	11 V	30 V	100 mA	800 mW
10 V	1932	TO220	111	12.5 V	35 V	1.5 A	15 W
12 V	933	TO3	1c	14.6 V	30 V	5 A	50 W
12 V	1912	TO3	1c	14.5 V	30 V	3 A	300 W
12 V	1914	TO3	1c	14 V	35 V	1.5 A	15 W
12 V	1936	B38	50b	15 V	45 V	2 A	50 W
12 V	950	TO92	9i	14.5 V	35 V	100 mA	1 W
12 V	966	TO220	111	14.8 V	35 V	1 A	15 W
13.8 V	934	TO3	1c	18.4 V	30 V	5 A	50 W
15 V	951	TO92	9i	17.5 V	35 V	100 mA	1 W
15 V	968	TO220	111	17.5 V	35 V	1 A	15 W
15 V	1918	TO3	1c	17.4 V	40 V	1.5 A	20 W
15 V	1918	TO3	1c	17.5 V	40 V	3 A	30 W
15 ± 0.2 V	1938	B38	50b	27 V	45 V	2 A	50 W
18 V	1920	TO3	1c	20.4 V	35 V	1.5 A	15 W
18 V	958	TO220	111	21 V	35 V	1 A	15 W
18 V	1905	TO92	9i	20 V	35 V	100 mA	800 mW
24 V	1924	TO3	1c	26.4 V	35 V	1.5 A	15 W
24 V	972	TO220	111	27 V	40 V	1 A	15 W
24 V	1908	TO92	9i	26 V	40 V	100 mA	800 mW
24 ± 0.2 V	1940	B38	50b	27 V	45 V	2 A	50 W

NTE

### 3-TERMINAL NEGATIVE FIXED VOLTAGE REGULATORS (ARRANGED BY OUTPUT VOLTAGE)

REGULATED VOLTAGE OUT ± 1%	PTE TYPE NO.	CASE STYLE	PINS NO.	VOLTAGE IN		INPUT CURRENT	POWER DISSIPATION P <sub>D</sub>
				MIN	MAX		
-5 V	001	TO220	11g	-7 V	-35 V	1 A	15 W
-5 V	1913	TO3	1e	-7.1 V	-35 V	1.5 A	15 W
-5 V	1917	TO62	9d	-7.3 V	-35 V	100 mA	700 mW
-6 V	003	TO220	11g	-8 V	-35 V	1 A	15 W
-6 V	005	TO220	11g	-10.5 V	-35 V	1 A	15 W
-12 V	007	TO220	11g	-14.5 V	-35 V	1 A	15 W
-12 V	1903	TO62	9d	-13.7 V	-35 V	100 mA	700 mW
-12 V	1915	TO3	1e	-14.1 V	-35 V	1.5 A	15 W
-15 V	009	TO220	11g	-17.5 V	-35 V	1 A	15 W
-15 V	1905	TO62	9d	-16.7 V	-35 V	100 mA	700 mW
-15 V	1919	TO3	1e	-17.1 V	-40 V	1.5 A	15 W
-16 V	006	TO220	11g	-21 V	-35 V	1 A	15 W
-18 V	1907	TO62	9d	-19.7 V	-35 V	100 mA	700 mW
-18 V	1923	TO3	1e	-20.1 V	-40 V	1.5 A	15 W
-24 V	071	TO220	11g	-27 V	-40 V	1 A	15 W
-24 V	1909	TO62	9d	-27 V	-40 V	100 mA	700 mW
-24 V	1925	TO3	1e	-28.1 V	-40 V	1.5 A	15 W

NTE

# DIMENSIONAL OUTLINE DRAWINGS

**Diagram 1**

1	2	3	CASE
a	b	e	c
b	ADJ	Vin	Vout
c	Vin	Vout	QMD
d	ADJ	Vout	VIn
e	QMD	Vout	VIn

**Diagram 8**

1	2	3	4
a	b	e	c
b	d	e	c
c	e	c	b
d	e	b	d
e	d	g	b
f	d	g	b
g	a	g	k
h	A <sub>1</sub>	G	A <sub>2</sub>
i	A	G	C
j	K <sub>1</sub>	-	K <sub>2</sub>
k	B <sub>1</sub>	E	B <sub>2</sub>
l	Vout	QMD	VIn
m	K	G	A
n	MT <sub>1</sub>	GATE	MT <sub>2</sub>
o	e	d	g
p	QMD	VIn	Vout
q	ADJ	Vout	VIn
r	ADJ	-	-

NOTE: D&S are interchangeable on MTE312

**Diagram 11**

1	2	3	TAB
a	b	e	c
b	d	e	d
c	g	A	K
d	K	A	Q
e	K	A	Q
f	VIn	QMD	Vout
g	QMD	VIn	Vout
h	ADJ	Vout	VIn
i	ADJ	VIn	Vout
j	MT <sub>1</sub>	MT <sub>2</sub>	GATE
k	MT <sub>1</sub>	MT <sub>2</sub>	GATE

\*7  
\*5

**Diagram 28**

1	2	3	CASE
a	b	c	e
b	OUT	QMD	IN

**Diagram 29**

1	2	3	CASE
a	b	c	e
b	OUT	QMD	IN

**Diagram 200**

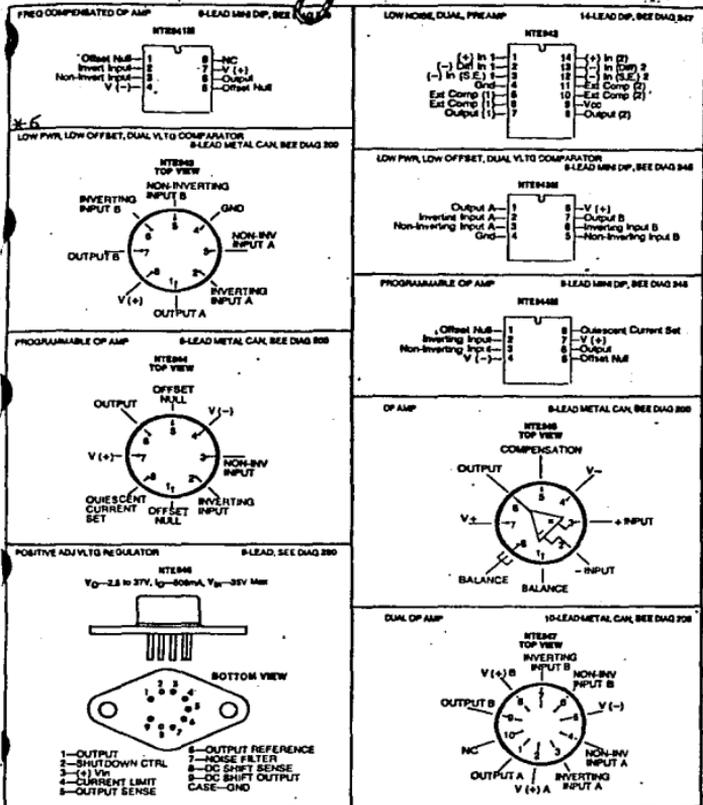
**Diagram 201**

**Diagram 248**

**Diagram 247**

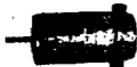
NTE

# LINEAR INTEGRATED CIRCUITS



## DC MOTORS

MOTORS



**26 RPM PITTMAN MOTOR**  
Model #14203B480, 30.3 VDC, Permanent magnet, reversible, continuous duty, sleeve bearing. Rated 2,800 RPM @ 3 amp with 50 oz/in torque. No load speed is 3,420 RPM @ .185 amp. KT is 11.7 oz/in/amp. Steel torque is 150 oz/in at 13.7 amp. Overall dimensions: 2 1/2" dia. x 4 1/2" long. Shaft: Rated 1/8" dia. x 2 1/2" long. Weight 1 1/2 lb.

Stock #DCM8953 ..... \$9.95

Same specs. as above except dual shaft. Overall dimensions: 2 3/4" dia. x 5.50" long. Shaft: (1) 28" dia. x .50" long. Shaft: (2) 28" dia. x .50" long.

Stock #DCM8954 ..... \$10.85



**280 RPM RCWC, Series 850**, 6 volts DC, Permanent magnet, Reversible. Sleeve bearings. 3000 RPM no load speed. 2 amps no load current. 2800 RPM @ 2 oz/in torque @ 2.2 amps DC. Dimensions: 1.375" dia. x 2.9" long. Mounting flange is 3" dia. with three mounting holes. Shaft: .187" dia. x 7" long. End of shaft has a 10 x 24 T.P.I. threaded section .312" long.

Stock #DCM8951 ..... \$4.95

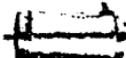


**2900 RPM TRANSCOL**, #135-0038-001, Permanent magnet, 24 VDC, Reversible, 3750 RPM no load speed. No load current .5 amp DC. 2800 RPM @ 40 oz/in load @ 4.5 amps DC. Dimensions: 2 1/2" max. dia. x 4 1/2" long. Shaft: 1/8" dia. x 1/2" long. Has a 2 1/2" square mounting flange with four #32 tapped holes. Ball bearing continuous duty.

Stock #DCM8953 ..... \$12.50

**30 RPM H.K. Permanent magnet**, 12 VDC, Reversible, 4500 RPM no load speed. No load current 45 amp DC. 3000 RPM @ 3 oz/in load @ 1.25 amps DC. Intermittent duty. Sleeve bearing. Dimensions: 1 1/2" dia. x 2 1/2" long. Shaft 1/8" dia. x 1" long. Front mount by two screws.

Stock #DCM9003 ..... \$3.95



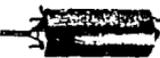
**30 RPM JENSEN**, #104772, Permanent magnet, 12 VDC, Reversible, 6100 RPM no load speed. No load current 2.9 amp DC. 3000 RPM @ 50 oz/in load @ 20 amps DC. Ball bearing. Dimensions: 2 1/2" max dia. x 5" long. Shaft: .290" dia. x 1/2" long (knurled). Designed for clamp-type mounting. (Not supplied).

Stock #DCM9002 ..... \$15.00



**300 RPM GENERAL ELECTRIC** #3ADM, 3 VDC, Permanent magnet, Reversible. Sleeve bearings. 4000 RPM no load speed. 1 amp no load current. 3000 RPM @ 1 oz/in torque @ 2.5 amp. Intermittent duty. Dimensions: 1 1/2" long x 1" wide x 1 1/2" thick. Shaft: .037" dia. x 1/4" long fitted.

Stock #DCM8957 ..... \$1.85  
10 for \$15.00



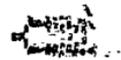
**3150 RPM HIGH TORQUE REVERSIBLE 6 OR 12 VOLT PM FIELD MOTOR**  
Originally designed as a 'pedal assist' drive motor for bicycles. Can serve as a low power DC generator. No load speed approx. 3500 RPM, current 3.5 amps. Will supply considerable torque at reduced speed) with 6 VDC. Shaft torque = 15 in/lb at 12 VDC, 50 amps. Rated 154 H.P. at 3150 RPM (approx.). Oil-less sleeve bearings. Shaft 1/2" dia. x 1 1/2" Dimensions: 2 1/2" dia. x 5 1/2" including shaft. End mounts on #10 threaded studs. Wire lead connections.

Stock #DCM9004 ..... \$19.95



**3300 RPM REDMOND**, #P270310, 12 VDC, Permanent magnet, Reversible, 3300 RPM no load speed. 1300 RPM @ 1.5 amp, 50 oz/in torque. Dual shaft. One shaft is 1/4" dia. x 1/2" long the other is 1/4" dia. x 2 1/2" long. Has ball bearing drive bearings. Dimensions 3 1/2" dia. x 3 1/2" long.

Stock #DCM8851 ..... \$7.85



**35 RPM GLOBE** #A1450 27 VDC permanent magnet, Reversible. Ball bearing. 5000 RPM no load speed. 3500 RPM @ 2 oz/in torque. 27 VDC, 48 amp. Continuous duty. Has built-in governor which can be easily bypassed. Motor set to operate at 6000 RPM. Dimensions: .975" dia. x 1 1/8" long. Shaft: 1/8" dia. x 1/4" long. (Comes with pinion gear on shaft which is removable).

Stock #DCM8701 ..... \$5.00

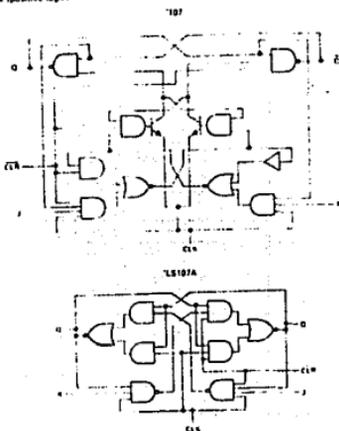


**3500 RPM Permanent magnet motor** 12 VDC, Reversible. 9650 RPM no load speed. No load current: 2 amp DC. 3500 RPM @ 1 oz/in load @ 1.8 amps DC. Dimensions: 1 1/2" max dia. x 1 1/2" long. Shaft: .090" dia. x 5" long. 2 mm tapped holes on front. Sleeve bearing, intermittent duty toy-type motor.

Stock #DCM9051 ..... \$1.50  
10 for \$12.50  
100 for \$100.00

SN54107, SN54LS107A,  
SN74107, SN74LS107A  
DUAL J-K FLIP-FLOPS WITH CLEAR

Logic Diagrams (positive logic)

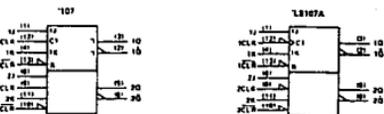


2

TTL Devices

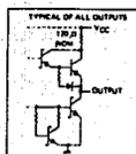
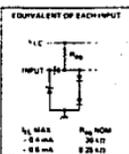
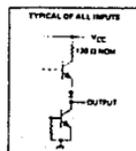
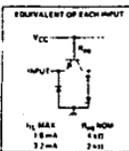
SN54107, SN54LS107A,  
SN74107, SN74LS107A  
DUAL J-K FLIP-FLOPS WITH CLEAR

Symbol<sup>†</sup>



† Symbols are in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1964 and IEC Publication 617-12.  
Numbers shown are for D, J, and K packages.

Equivalent of inputs and outputs



2

TTL Devices

Maximum ratings per operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, $V_{CC}$ (see Note 1)	.....	2 V
Input voltage, $V_{I}$ (see Note 1)	.....	5.5 V
Operating free air temperature range: SN54 <sup>†</sup>	.....	0°C to 70°C
Operating free air temperature range: SN74 <sup>†</sup>	.....	-55°C to 150°C
Storage temperature range	.....	0°C to 100°C
	.....	-55°C to 150°C

NOTE 1: Voltage values are with respect to network ground terminal.

SN54107, SN74107  
DUAL J-K FLIP-FLOPS WITH CLEAR

recommended operating conditions

PARAMETER	TEST CONDITIONS*	SN54107			SN74107			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V <sub>CC</sub> Supply voltage	V <sub>CC</sub> = 5V	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V <sub>OL</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = 5V, I <sub>OL</sub> = 10 mA	0.2		0.2	0.2		0.2	V
V <sub>OH</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = 5V, I <sub>OH</sub> = -10 mA	0.4		0.4	0.4		0.4	V
I <sub>OL</sub> Low-level output current	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>OL</sub> = 0.2V	10		10	10		10	mA
I <sub>OH</sub> High-level output current	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>OH</sub> = 0.4V	10		10	10		10	mA
t <sub>PLH</sub> Propagation delay (high to low)	C <sub>L</sub> = 50 pF	CLR high	20		20		20	ns
		CLR low	47		47		47	ns
		J-K	25		25		25	ns
t <sub>PHL</sub> Propagation delay (low to high)	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0		0	ns	
t <sub>CLT</sub> Clear propagation delay	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0		0	ns	
T <sub>STB</sub> Clearing time at normal source		55		55		55	ns	

\*Electrical characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

2

TTL Devices

PARAMETER	TEST CONDITIONS*	SN54107			SN74107			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V <sub>OL</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, I <sub>OL</sub> = 10 mA	-1.5		-1.5	-1.5		-1.5	V
V <sub>OH</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, I <sub>OH</sub> = -10 mA	2.4	3.4	4.4	2.4	3.4	4.4	V
I <sub>OL</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>OL</sub> = 0.2V	0.2	0.4	0.6	0.2	0.4	0.6	mA
I <sub>OH</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>OH</sub> = 0.4V	0	0	0	0	0	0	mA
t <sub>PLH</sub>	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0	0		0	ns
t <sub>PHL</sub>	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0	0		0	ns
t <sub>CLT</sub>	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0	0		0	ns
T <sub>STB</sub>		20		20	20		20	ns

\*Electrical characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)  
 †Clear propagation delay is measured with the D and E inputs high in Figure 1. The time of measurement is from the time the clear input goes from high to low.  
 ‡Clearing time is measured with the D and E inputs high in Figure 1. The time of measurement is from the time the clear input goes from high to low.  
 §Clearing time at normal source is measured with the D and E inputs high in Figure 1. The time of measurement is from the time the clear input goes from high to low.

switching characteristics, V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C (see note 3)

PARAMETER	FROM	TO	TEST CONDITIONS	UNIT		
				MIN	TYP	MAX
t <sub>PLH</sub>	Q	Q	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 50 pF	0	0	0
t <sub>PHL</sub>	Q	Q	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 50 pF	0	0	0
t <sub>CLT</sub>	CLR	Q	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 50 pF	0	0	0
T <sub>STB</sub>	CLR	Q	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 50 pF	0	0	0

NOTE 3: Clearing time at normal source is measured with the D and E inputs high in Figure 1. The time of measurement is from the time the clear input goes from high to low.



SN54LS107A, SN74LS107A  
DUAL J-K FLIP-FLOPS WITH CLEAR

recommended operating conditions

PARAMETER	TEST CONDITIONS*	SN54LS107A			SN74LS107A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V <sub>CC</sub> Supply voltage	V <sub>CC</sub> = 5V	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V <sub>OL</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = 5V, I <sub>OL</sub> = 10 mA	0.2		0.2	0.2		0.2	V
V <sub>OH</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = 5V, I <sub>OH</sub> = -10 mA	0.4		0.4	0.4		0.4	V
I <sub>OL</sub> Low-level output current	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>OL</sub> = 0.2V	10		10	10		10	mA
I <sub>OH</sub> High-level output current	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>OH</sub> = 0.4V	10		10	10		10	mA
t <sub>PLH</sub> Propagation delay (high to low)	C <sub>L</sub> = 50 pF	CLR high	20		20		20	ns
		CLR low	47		47		47	ns
		J-K	25		25		25	ns
t <sub>PHL</sub> Propagation delay (low to high)	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0		0	ns	
t <sub>CLT</sub> Clear propagation delay	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0		0	ns	
T <sub>STB</sub> Clearing time at normal source		55		55		55	ns	

\*Electrical characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

2

TTL Devices

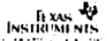
PARAMETER	TEST CONDITIONS*	SN54LS107A			SN74LS107A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V <sub>OL</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, I <sub>OL</sub> = 10 mA	-1.5		-1.5	-1.5		-1.5	V
V <sub>OH</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, I <sub>OH</sub> = -10 mA	2.4	3.4	4.4	2.4	3.4	4.4	V
I <sub>OL</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>OL</sub> = 0.2V	0.2	0.4	0.6	0.2	0.4	0.6	mA
I <sub>OH</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>OH</sub> = 0.4V	0	0	0	0	0	0	mA
t <sub>PLH</sub>	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0	0		0	ns
t <sub>PHL</sub>	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0	0		0	ns
t <sub>CLT</sub>	C <sub>L</sub> = 50 pF	0		0	0		0	ns
T <sub>STB</sub>		20		20	20		20	ns

\*Electrical characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)  
 †Clear propagation delay is measured with the D and E inputs high in Figure 1. The time of measurement is from the time the clear input goes from high to low.  
 ‡Clearing time is measured with the D and E inputs high in Figure 1. The time of measurement is from the time the clear input goes from high to low.  
 §Clearing time at normal source is measured with the D and E inputs high in Figure 1. The time of measurement is from the time the clear input goes from high to low.

switching characteristics, V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C (see note 3)

PARAMETER	FROM	TO	TEST CONDITIONS	UNIT		
				MIN	TYP	MAX
t <sub>PLH</sub>	Q	Q	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 50 pF	0	0	0
t <sub>PHL</sub>	Q	Q	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 50 pF	0	0	0
t <sub>CLT</sub>	CLR	Q	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 50 pF	0	0	0
T <sub>STB</sub>	CLR	Q	V <sub>CC</sub> = 5V, C <sub>L</sub> = 50 pF	0	0	0

NOTE 3: Clearing time at normal source is measured with the D and E inputs high in Figure 1. The time of measurement is from the time the clear input goes from high to low.



SN54LS266, SN74LS266  
 DUAL INLINE 8-PIN EXCLUSIVE NOR GATES  
 WITH OPEN COLLECTOR OUTPUTS

Absolute maximum ratings over operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage $V_{CC}$ , logic level 1	
Input voltage	5.5 V
Operating free air temperature range	SN54LS266 55°C to 125°C SN74LS266 0°C to 70°C SN54LS266 0°C to 125°C
Storage temperature range	-55°C to 125°C

NOTE 1: Storage temperature range includes the recommended operating range.

recommended operating conditions

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SN54LS266		SN74LS266		UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	
Supply voltage $V_{CC}$		4.5	5.0	5.0	5.5	V
Input voltage		0	1.5	1.5	2.0	V
Operating free air temperature range						°C
Storage temperature range						°C

electrical characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SN54LS266		SN74LS266		UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	
Propagation delay time (output low)	$V_{CC} = 5V, V_{OL} = 0.4V, t_{PLH} = 10ns$	10	15	10	15	ns
Propagation delay time (output high)	$V_{CC} = 5V, V_{OH} = 4.5V, t_{PLH} = 10ns$	10	15	10	15	ns
Low-level output voltage	$V_{CC} = 5V, I_{OL} = 10mA$	0.4	0.4	0.4	0.4	V
High-level output voltage	$V_{CC} = 5V, I_{OH} = -10mA$	4.5	4.5	4.5	4.5	V
Input current (low)	$V_{CC} = 5V, V_{IL} = 0.8V$	-1	-1	-1	-1	mA
Input current (high)	$V_{CC} = 5V, V_{IH} = 2.0V$	1	1	1	1	mA
Supply current (no load)	$V_{CC} = 5V, V_{OL} = 0.4V, V_{OH} = 4.5V$	0	0	0	0	mA

NOTE 2: Propagation delay time is measured from the 50% point of the input signal to the 50% point of the output signal. The input signal is a square wave with a period of 10 ns and a duty cycle of 50%. The output signal is a square wave with a period of 10 ns and a duty cycle of 50%. The test conditions are  $V_{CC} = 5V$ ,  $V_{OL} = 0.4V$ , and  $V_{OH} = 4.5V$ .

switching characteristics,  $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ C$

PARAMETER	FROM	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Setup time	A to B	Output input time $C_1 = 15pF$	0	10	20	ns
Hold time	A to B	Output input time $C_1 = 15pF$	0	10	20	ns
Propagation delay	A to B	Output input time $C_1 = 15pF$	0	10	20	ns

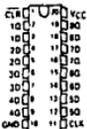
NOTE 3: Load time  $t_{LH}$  is the delay time from high to low level output.

SN54Z73, SN54LS273, SN74Z73, SN74LS273  
 OCTAL D-TYPE FLIP FLOP WITH CLEAR

DS 10989-110 (REVISED JANUARY 1980)

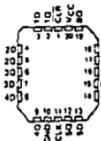
SN54Z73 8-PIN PACKAGE  
 SN74Z73 8-PIN PACKAGE  
 SN54LS273 8-PIN PACKAGE

(TOP VIEW)



SN54LS273 16-PACKAGE

(TOP VIEW)



- Eight Flip Flops with Single Rail Outputs
- Buffered Clock and Direct Clear Inputs
- Individual Data Inputs to Each Flip Flop
- Applications Include:
  - Buffer/Storage Registers
  - Shift Registers
  - Pattern Generators

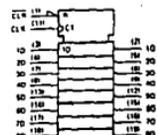
Description

These monolithic, positive edge triggered, flip flops utilize a 100% duty cycle, D-type flip flop built with a direct clear input.

Information at the D input, setting the setup time requirements, is developed to the D output on the non-triggering edge of the clock pulse. Clock triggering occurs at a particular voltage level and is not directly related to the logic level of the positive going pulse. When the clock input is at or above the high or clear level, the D input signal has no effect at the output.

These flip flops are guaranteed to respond to clock frequencies ranging from 0 to 30 megahertz, while maximum clock frequency is typically 40 megahertz. Typical power dissipation is 20 milliwatts per flip flop for the 743 and 10 milliwatts for the LS273.

Logic Symbol



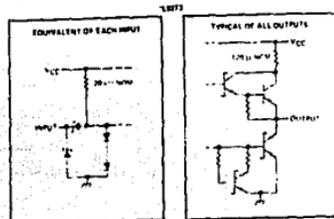
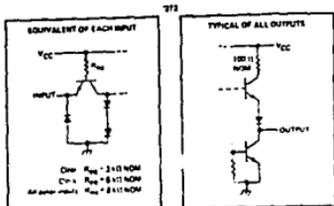
FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT	
CLEAR	CLOCK	D	Q
X	X	0	0
X	X	1	1
X	X	X	X

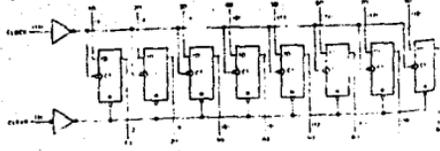
† This product is an enhancement with ANSI/IEEE Std. 91-1984 and IEC Publication 617-12.  
 Pin numbers shown for DIL, J, H, and M packages.

**SN54273, SN74273**  
OCTAL D-TYPE FLIP-FLOP WITH CLEAR

schematics of inputs and outputs



logic diagram (positive logic)



See numbering scheme on Fig. 106, 107, 108, 109, 110 of this data sheet.

**SN54LS273, SN74LS273**  
OCTAL D-TYPE FLIP-FLOP WITH CLEAR

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, $V_{CC}$ less than 11	7 V
Output voltage	0.5 V
Operating free-air temperature range SN54273	-55°C to 125°C
SN74273	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

1. All numerical values are unless specified to permanent ground terminal.

recommended operating conditions

PARAMETER	SN54273			SN74273			LIMIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, $V_{CC}$	4.5	5	6.5	4.75	5	6.25	V
Operating free-air temperature, $T_a$	-55 to 125						°C
Storage temperature, $T_s$	-65 to 150						°C
Clear input, $V_{in}$	0	10	0	0	10	0	V
Clear input, $I_{in}$	0	20	0	0	20	0	mA
Clear input, $I_{in}$ for open collector, $V_{in}$	0	15	0	0	15	0	mA
Output, $V_{out}$	20	0	20	20	0	20	V
Output, $I_{out}$	25	0	25	25	0	25	mA
Clear input, $I_{in}$	5	0	5	5	0	5	mA
Operating free-air temperature, $T_a$	-55	0	75	0	75	75	°C

operational characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	LIMIT
$V_{in}$ High-level input voltage		2	2	2	V
$V_{in}$ Low-level input voltage		0	0	0	V
$V_{in}$ Input 2 logic voltage	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ , $I_{in} = -12 \text{ mA}$			-1.5	V
$V_{in}$ High-level output voltage	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ , $I_{out} = 24 \text{ mA}$	2.4	2.4	2.4	V
$V_{in}$ Low-level output voltage	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ , $I_{out} = -16 \text{ mA}$	0	0	0	V
$V_{in}$ Input current at high-level input voltage	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ , $V_{in} = 5.0 \text{ V}$			1	mA
$V_{in}$ Input current at low-level input voltage	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ , $V_{in} = 0 \text{ V}$			80	mA
$V_{in}$ Low-level output current	Clear = 0			-16	mA
$V_{in}$ Low-level output current	Clear = 0			-22	mA
$V_{in}$ Output 2 logic voltage	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ , $V_{in} = 5.0 \text{ V}$			-1.8	mA
$V_{in}$ Output 2 logic voltage (open-drain)	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$			-18	mA
$V_{in}$ Output 2 current	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ , See Note 2			63	mA

For operating circuitry,  $V_{CC}$  is 5.0 V or 5.5 V. Use the recommended circuit and test conditions for recommended operating conditions.

1. All numerical values are unless specified to permanent ground terminal.

2. See Note 1 for test conditions and test equipment.

3. All numerical values are unless specified to permanent ground terminal.  $V_{CC}$  is measured from a permanent ground, other than 0.0 V, in operation.

Switching characteristics,  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ ,  $T_a = 25^\circ \text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	LIMIT	
Setup time before clock	$t_{10}$ = 10 pF	20	40	80	ns	
Hold time after clock		16	21	24	ns	
Propagation delay time, high-to-low, output logic state	$t_{10}$ = 10 pF			17	27	ns
Propagation delay time, low-to-high, output logic state				16	27	ns

See Note 1 for test conditions and test equipment.

2. See Note 2 for test conditions and test equipment.

**SN54273, SN74273**  
**DUAL D-TYPE FLIP-FLOP WITH CLEAR**

Absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, $V_{CC}$ less than 11	.....	.....	.....	.....	.....
Input voltage	.....	.....	.....	.....	.....
Operating free air temperature range	SN54LS273	.....	.....	.....	.....
Storage temperature range	SN74LS273	.....	.....	.....	.....

NOTE 1: Through-hole parts only subject to maximum junction temperature

recommended operating conditions

PARAMETER	SN54LS273		SN74LS273	
	MIN	TYP	MIN	MAX
Supply voltage, $V_{CC}$	4.5	5.5	4.75	5.25
High-level output current, $I_{OH}$	10	10	10	10
Low-level output current, $I_{OL}$	10	10	10	10
Clear frequency, $f_{CL}$	0	0	0	0
Clear pulse width, $t_{PW}$	20	20	20	20
Setup time, $t_{SU}$	0	0	0	0
Hold time, $t_{H}$	0	0	0	0
Operating free air temperature, $T_A$	55	125	0	75

The above table does not apply to all circuit configurations used for operation

Electrical characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	SN54LS273		SN74LS273	
		MIN	TYP	MIN	MAX
$t_{PLH}$ High-to-low propagation delay	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	10	10	10	10
$t_{PLL}$ Low-to-high propagation delay	$V_{CC} = 5.0V, V_{OH} = 0.4V$	10	10	10	10
$t_{PHL}$ High-to-low output delay	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	10	10	10	10
$t_{PLD}$ Low-to-high output delay	$V_{CC} = 5.0V, V_{OH} = 0.4V$	10	10	10	10
$t_{SU}$ Setup time before clock	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0
$t_{SU}$ Setup time after clock	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0
$t_{H}$ Hold time after clock	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0
$t_{SU}$ Setup time before clear	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0
$t_{SU}$ Setup time after clear	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0
$t_{H}$ Hold time after clear	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0
$t_{SU}$ Setup time before clock	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0
$t_{SU}$ Setup time after clock	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0
$t_{H}$ Hold time after clock	$V_{CC} = 5.0V, V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0

<sup>1</sup> Propagation delay times are measured at  $V_{CC} = 5.0V$  and the output is taken over a 50% duty cycle square wave input signal. The input signal is a square wave with a period of 10 ns and a pulse width of 5 ns. The output is taken over a 50% duty cycle square wave. The input signal is a square wave with a period of 10 ns and a pulse width of 5 ns. The output is taken over a 50% duty cycle square wave.

Switching characteristics  $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ C$

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	MIN		TYP		MAX	
		MIN	TYP	MIN	TYP	MIN	MAX
$t_{PLH}$ High-to-low propagation delay	$V_{OL} = 0.4V$	10	10	10	10	10	10
$t_{PLL}$ Low-to-high propagation delay	$V_{OH} = 0.4V$	10	10	10	10	10	10
$t_{PHL}$ High-to-low output delay	$V_{OL} = 0.4V$	10	10	10	10	10	10
$t_{PLD}$ Low-to-high output delay	$V_{OH} = 0.4V$	10	10	10	10	10	10
$t_{SU}$ Setup time before clock	$V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0	0	0
$t_{SU}$ Setup time after clock	$V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0	0	0
$t_{H}$ Hold time after clock	$V_{OL} = 0.4V$	0	0	0	0	0	0

NOTE 2: The output is taken over a 50% duty cycle square wave input signal

**SN54276, SN74276**  
**QUADRUPLE J-K FLIP-FLOPS**

OCTOBER 1976 - REVISED JANUARY 1980

SN54276 - J PACKAGE  
 SN74276 - M PACKAGE  
 (TOP VIEW)



Four J-K Flip-Flops in a Single Package ...  
 Can Reduce FF Package Count by 50%  
 Supports Negative Edge-Triggered Clocks with  
 Hysteresis ... Typically 200 mV  
 Typical Clock Input Frequency ... 50 MHz  
 Fully Buffered Outputs

Features

These devices utilize TTL J-K flip-flops incorporating a number of special-generation IC features that can simplify system design and reduce the total package count by as to 50%. These features include: each input, output, buffer, tri-state output, and direct clear capability; and are processed through a buffer that also operates on input hysteresis sense. The register enable tripping circuit is directly compatible with either Series 54/74 inputs and that uses tri-state buffers. These outputs can be used to simulate 10- or 15-pulse load that has been using the inputs as independent synchronous control functions.

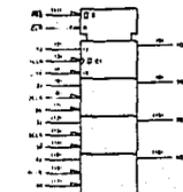
The SN54276 is characterized for operation over the full military temperature range of  $-55^\circ C$  to  $125^\circ C$ . The SN74276 is characterized for operation from  $0^\circ C$  to  $70^\circ C$ .

FUNCTION TABLE (Clock = J-K)

ENABLE	J		K		OUTPUT
	0	1	0	1	
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0

1. This circuit operates as a synchronous counter in a master-slave configuration and will operate on both edge-triggered and level-triggered clock inputs.

logic symbol



This symbol is interchangeable with SN5405 and SN7405 and DC Parameter 711-12

2  
TTL Devices

2  
TTL Devices



4C921

and low power make these RAMAs  
 use in microprocessor, minicomputer,  
 or memory applications.

28121

M74C920, MM74C921  
 M54C920, MM54C921  
 M74C920-3, MM74C921-3

V<sub>CC</sub> as low as 2 V

## MM54C922/MM74C922 16-Key Encoder MM54C923/MM74C923 20-Key Encoder

### General Description

These CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. Their encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 k $\Omega$  resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period, the two key rollover is provided between any two switches.

An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The TRI STATE<sup>®</sup> outputs

provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

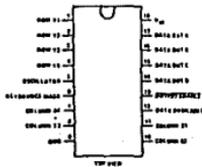
### Features

- 50 k $\Omega$  maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On chip row pull-up devices
- 2 key rollover
- Key bounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- TRI STATE outputs LPTTL compatible
- Wide supply range
- Low power consumption

3V to 15V

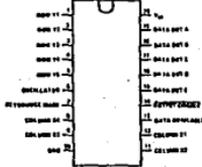
### Connection Diagrams

Dual In-Line Package



Order Number MM54C922N  
 or MM74C922N  
 See Package 30

Dual In-Line Package



Order Number MM54C923N  
 or MM74C923N  
 See Package 30A

MM54C922/MM74C922, MM54C923/MM74C923

2

## Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Voltage of Any Pin	$V_{CC} - 0.3V$ to $V_{CC} + 0.3V$
Operating Temperature Range	-65°C to +125°C
MM54C922, MM74C923	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Package Dissipation	
Operating VCC Range	VCC
VCC	Load Temperature (Soldering, 10 seconds)

## DC Electrical Characteristics (Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise specified)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	
<b>CMOS TO CMOS</b>					
V <sub>I1</sub>	Pull-Up Going Threshold Voltage at D <sub>i</sub> - no KBM Inputs	VCC = 5V, I <sub>IN</sub> ≤ 0.7 mA	3	3.6	4.3
		VCC = 10V, I <sub>IN</sub> ≤ 1.4 mA	6	6.8	8.6
		VCC = 15V, I <sub>IN</sub> ≤ 2.1 mA	9	10	12.8
V <sub>I2</sub>	No Pull-Up Going Threshold Voltage at D <sub>i</sub> and KBM Inputs	VCC = 5V, I <sub>IN</sub> ≤ 0.7 mA	0.7	1.4	2
		VCC = 10V, I <sub>IN</sub> ≤ 1.4 mA	1.4	2.7	4
		VCC = 15V, I <sub>IN</sub> ≤ 2.1 mA	2.1	5	6
V <sub>I1(1)</sub>	Logical "1" Input Voltage, Except D <sub>i</sub> - no KBM Inputs	VCC = 5V	3.5	4.5	
		VCC = 10V	8	9	
		VCC = 15V	12.5	13.5	
V <sub>I1(0)</sub>	Logical "0" Input Voltage, Except D <sub>i</sub> - no KBM Inputs	VCC = 5V		0.5	1.6
		VCC = 10V		1	2
		VCC = 15V		1.5	2.5
I <sub>IP</sub>	Pull-Up Current at V <sub>I1</sub> , V <sub>I2</sub> , V <sub>I3</sub> , V <sub>I4</sub> - all Inputs	VCC = 5V, V <sub>IN</sub> = 0.1 VCC	-7		-5
		VCC = 10V	-10		-7.0
		VCC = 15V	-17		-15
V <sub>OUI1</sub>	Logical "1" Output Voltage	VCC = 5V, I <sub>O</sub> = 10 μA	4.5		
		VCC = 10V, I <sub>O</sub> = 10 μA	9		
		VCC = 15V, I <sub>O</sub> = 10 μA	13.5		
V <sub>OUI0</sub>	Logical "0" Output Voltage	VCC = 5V, I <sub>O</sub> = 10 μA			0.5
		VCC = 10V, I <sub>O</sub> = 10 μA			1
		VCC = 15V, I <sub>O</sub> = 10 μA			1.8
R <sub>ON</sub>	Column D <sub>i</sub> Resistance at X1, X2, X3 and X4 Outputs	VCC = 5V, V <sub>O</sub> = 0.5V		500	1400
		VCC = 10V, V <sub>O</sub> = 1V		300	700
		VCC = 15V, V <sub>O</sub> = 1.5V		200	500
I <sub>CC</sub>	Supply Current	VCC = 5V, D <sub>i</sub> = 0V	0.55	1.1	
		VCC = 10V	1.1	1.9	
		VCC = 15V	1.7	2.6	
I <sub>IN(1)</sub>	Logical "1" Input Current at Output Enable	VCC = 15V, V <sub>IN</sub> = 15V	0.005	1.0	
I <sub>IN(0)</sub>	Logical "0" Input Current at Output Enable	VCC = 15V, V <sub>IN</sub> = 0V	-1.0	-0.005	
<b>CMOS/LPTL INTERFACE</b>					
V <sub>I(1)</sub>	Logical "1" Input Voltage, Except D <sub>i</sub> and KBM Inputs	54C, VCC = 4.5V 74C, VCC = 4.75V	VCC - 1.5 VCC - 1.5		
V <sub>I(0)</sub>	Logical "0" Input Voltage, Except D <sub>i</sub> and KBM Inputs	54C, VCC = 4.5V 74C, VCC = 4.75V		0.8	0.8
		54C, VCC = 4.5V I <sub>O</sub> = -360 μA	2.4		
V <sub>OUI1</sub>	Logical "1" Output Voltage	74C, VCC = 4.75V I <sub>O</sub> = -360 μA	2.4		
		54C, VCC = 4.5V, I <sub>O</sub> = -360 μA			0.4
V <sub>OUI0</sub>	Logical "0" Output Voltage	74C, VCC = 4.75V, I <sub>O</sub> = -360 μA			0.4
		54C, VCC = 4.5V, I <sub>O</sub> = -360 μA			



AND

LCD Dot Matrix Modules

160 x 32 DOTS

AND1101

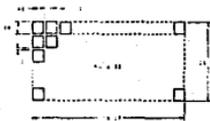
# AND1101

The AND1101 is a compact full dot matrix LCD module including an on-chip LCD controller (160x32) and display memory (1Kbit). The AND1101 can display TEXT information, numbers, alpha and symbols, as well as GRAPHIC patterns. The AND1101 is suitable for typewriters, word-processors, business machines, etc. and information displays for test equipment.

## FEATURES

- 160 characters x 32 line capability
- Built-in 1Kbit SRAM controller
- Excellent readability and high contrast ratio
- Full dot LCD controller (160x32)
- Operating temperature range (0 to 50°C)

## Dot Matrix Dimensions (in millimeters)



## Mechanical Characteristics

Item	Specification	Unit
Display Controller	160 x 32 x 40 Dots (160 x 32 x 40)	mm
Number of Dots	160 x 32 Dots	-
Number of Characters	20 x 16 ASCII Characters	-
Character Size	8 x 8 Dots	-
Display Area	82.0 (W) x 20.0 (H)	mm
Bezel Opening	82.0 (W) x 21.0 (H)	mm
Dot Size	0.44 (W) x 0.44 (H)	mm
Dot Pitch	0.47 (W) x 0.47 (H)	mm
Weight	5g	g

## Power Supply

Recommended Power Supply for LCD Drive  
LCD Panel is driven by the voltage (V<sub>CC</sub>). V<sub>CC</sub> is adjustable. V<sub>CC</sub> is required for contrast control and maximum contrast compensation.

Temperature	0°C	-25°C	+50°C
V <sub>CC</sub> V <sub>CC</sub>	14.8V	11.7V	11.6V

## Absolute Maximum Ratings

Item	Symbol	Rating	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	12	V
Input Voltage	V <sub>IN</sub>	0 to V <sub>CC</sub>	V
Operating Temperature	T <sub>OP</sub>	0 to 50	°C
Storage Temperature	T <sub>STG</sub>	-20 to 70	°C

## Electrical Characteristics (T<sub>A</sub> = 25°C)

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	4.75	5.0	5.25	V
V <sub>CC</sub> Level Input Voltage (V <sub>IN</sub> = 5.0V)	V <sub>IL</sub>	-	-	-	V
V <sub>CC</sub> Level Output Voltage (V <sub>OL</sub> = 5.0V)	V <sub>OH</sub>	0.3	-	-	V
V <sub>CC</sub> Level Input Voltage (V <sub>IN</sub> = 5.0V)	V <sub>IL</sub>	-	-	0.3	V
V <sub>CC</sub> Level Output Voltage (V <sub>OL</sub> = 5.0V)	V <sub>OH</sub>	-	-	-	V
Power Consumption <sup>1)</sup> (V <sub>CC</sub> = 5V, V <sub>IN</sub> = 5.0V)	I <sub>CC</sub>	-	-	-	mA

<sup>1)</sup> In Line of all dot ON.

## Optical Characteristics (T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = 5.25V, I<sub>CC</sub> = 0)

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Viewing Angle	θ	10	75	40	degree
Contrast	α	2.5	8.0	-	-
Turn On Time	t <sub>ON</sub>	-	130	240	ms
Turn Off Time	t <sub>OFF</sub>	-	200	300	ms

Note: Refer to Applications Section for the following definitions: (a) and (b) Viewing Angle; (c) Contrast; (d) Turn On and Turn Off Time.

## Connector Pin Assignment

Pin No.	Symbol	Function	Pin No.	Symbol	Function
1	SGND	Frame Ground (not to metal bezel)	10	RESET	Controller Reset
2	GND	Ground (metal ground)	11	DIR	Data Input/Output (1/2)
3	V <sub>CC</sub>	Power Supply (5V)	12	D1	Data Input/Output
4	V <sub>CC</sub>	Power Supply (-5.5V to -11.5V)	13	D2	Data Input/Output
5	WR	(Data write) for AND1101 at 1/2	14	D3	Data Input/Output
6	RD	Data Read (from AND1101 at 1/2)	15	D4	Data Input/Output
7	CE	Chip Enable for AND1101	16	D5	Data Input/Output
		DR = 1/2 C/D = 1/2 Command Write C/D = 1/2 Data Write	17	D6	Data Input/Output
8	C/D	RD = 1/2 C/D = 1/2 Status Read C/D = 1/2 Data Read	18	D7	Data Input/Output (1/2)
9	NC	No Connection	19	NC	No Connection
			20	NC	No Connection

## Recommended Power Supply for LCD Drive

LCD Panel is driven by the voltage (V<sub>CC</sub>). V<sub>CC</sub> is adjustable. V<sub>CC</sub> is required for contrast control and maximum contrast compensation.

Temperature	0°C	-25°C	+50°C
V <sub>CC</sub> V <sub>CC</sub>	14.8V	11.7V	11.6V

AND

LCD Dot M

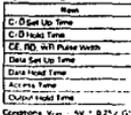
## Dimensional Outline



## Block Diagram



## Signal Timing



A	Rating	Unit
1	20	V
2	20	V
3	0.5 - 1.50	°C
4	20.0 ± 10	°C

C1	Min.	Typ.	Max.	Unit
1	4.75	5.0	5.25	V
2	-0.5	-	V <sub>DD</sub>	V
3	0	-	0.8	V
4	-	-	-	V
5	-	-	0.2	V
6	-	-	-	mA

T	Typ.	Min.	Unit
1	40	-	ms
2	150	300	ms
3	200	200	ms

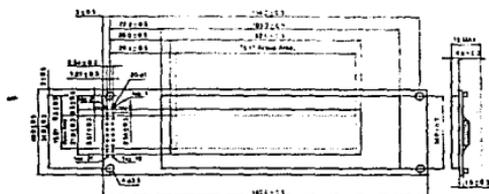
\* Timing definitions: t1, t2 and t3: Turn On and Turn Off Time.

Pin	Symbol	Function
15	RESZ	Contrast Reset
16	D0	Data Input/Output (LSB)
17	D1	Data Input/Output
18	D2	Data Input/Output
19	D3	Data Input/Output
20	D4	Data Input/Output
21	D5	Data Input/Output
22	D6	Data Input/Output
23	D7	Data Input/Output
24	D7	Data Input/Output
25	D7	Data Input/Output
26	D7	Data Input/Output
27	D7	Data Input/Output
28	D7	Data Input/Output
29	D7	Data Input/Output
30	D7	Data Input/Output
31	D7	Data Input/Output
32	NC	No Connection

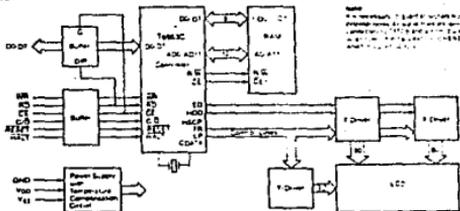
Pin	Symbol	Function
15	RESZ	Contrast Reset
16	D0	Data Input/Output (LSB)
17	D1	Data Input/Output
18	D2	Data Input/Output
19	D3	Data Input/Output
20	D4	Data Input/Output
21	D5	Data Input/Output
22	D6	Data Input/Output
23	D7	Data Input/Output
24	D7	Data Input/Output
25	D7	Data Input/Output
26	D7	Data Input/Output
27	D7	Data Input/Output
28	D7	Data Input/Output
29	D7	Data Input/Output
30	D7	Data Input/Output
31	D7	Data Input/Output
32	NC	No Connection

0 Drive  
 V<sub>DD</sub> - V<sub>SS</sub> 50 ohm resistive  
 \* Temperature compensation:  
 15°C - 50°C  
 15°C - 11°C

## Dimensional Outline (in millimeters)



## Block Diagram

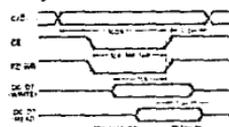


## Signal Timing

Item	Symbol	Min.	Max.	Unit
LC Set Up Time	t <sub>LC</sub>	None	150	ns
CE Hold Time	t <sub>CH</sub>	1.5	50	ns
FE RD. WR pulse width	t <sub>FE</sub>	1.5	375	ns
Data Set Up Time	t <sub>DS</sub>	1.5	315	ns
Data Hold Time	t <sub>DH</sub>	1.5	80	ns
Access Time	t <sub>ACC</sub>	1.5	2.0	μs
Output Hold Time	t <sub>OH</sub>	1.5	60	ns

Conditions: V<sub>DD</sub> = 5V ± 0.2V, GND = 0V, 0°C to 50°C

## Bus Timing



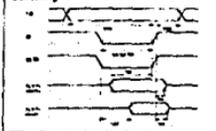


## Timing Characteristics

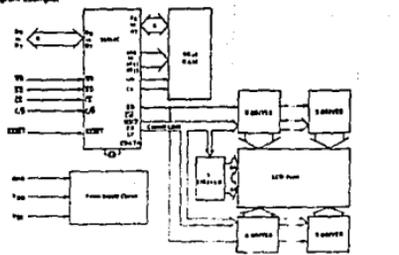
Symbol	Symbol	Unit	Min	Max
CS to Strobe Time	$t_{CS}$	ns	-	20
CS to Read Time	$t_{CS}$	ns	-	40
CS to RD Strobe	$t_{CS}$	ns	-	40
Read Strobe	$t_{RD}$	ns	-	40
Strobe to Data Latency Time	$t_{DL}$	ns	20	-
Strobe to RD Latency Time	$t_{DL}$	ns	20	-
Address Setup	$t_{AS}$	ns	100	20
Control Setup Time	$t_{CS}$	ns	10	40

Command:  $t_{CS} = 3.25 \text{ (Min)} \text{ GHz} \times \text{Chr. } t_{CS} = 2 \mu\text{s}$   
 Read: Read period must be actively pulsed on

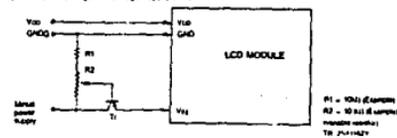
## Bus Timing



## Block Diagram Example:



## Example of Variable Negative Voltage Supply Circuit



## Data Transmission Method

The 16819<sub>0</sub> communicates data in 2 or 4 bytes per command. The following procedure is obtained for proper operation:

For the command with 2 byte Data



Data Write (lower 8 bit D<sub>0</sub>)



Data Write (upper 8 bit D<sub>1</sub>)



For the command with 1 byte data



Data Write



Command Write

For the command with no data



Command Write

## Status Check

Status of command 01 can be read from 8 bit data lines (D0 to D7) by setting CS = 0, RD = 1.

## Status Register

[ STAT | STAT ]  
 0000 1000

Status should be checked prior to operation (see cell 01A5) which should be checked after the next operation. Following is a table of its structure and required status bits.

Description	Status Bit	Explanation	Required Status
Input Register Write	01A5	Input Register Write	01A5 = 0 (Disable)
Output Register Write	01A6	Output Register Write	01A6 = 1 (Enable)
Read Register Write	01A7	Read Register Write	01A7 = 0 (Disable)
Write Register Write	01A8	Write Register Write	01A8 = 1 (Enable)
Read Register Write	01A9	Read Register Write	01A9 = 0 (Disable)
Write Register Write	01AA	Write Register Write	01AA = 1 (Enable)
Read Register Write	01AB	Read Register Write	01AB = 0 (Disable)
Write Register Write	01AC	Write Register Write	01AC = 1 (Enable)
Read Register Write	01AD	Read Register Write	01AD = 0 (Disable)
Write Register Write	01AE	Write Register Write	01AE = 1 (Enable)
Read Register Write	01AF	Read Register Write	01AF = 0 (Disable)
Write Register Write	01B0	Write Register Write	01B0 = 1 (Enable)

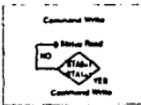
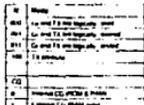
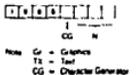




## T6963C Instruction Set

## 1. Mode Set

The MODE Set instruction determines how the data on the GRAPHIC and TEXT memories are displayed. Modes that allow using the ATTRIBUTE Memory are the ones in the LATCHING MODE SET.



## Modes of Operation

- The most common mode of operation is where the TEXT and GRAPHIC memories are logically combined on the screen in the Mode set ATTRIBUTE FUNCTION is not enabled.
- A second choice is the ATTRIBUTE FUNCTION Mode. In this mode the information from the GRAPHIC MEMORY is superimposed on ATTRIBUTE data and enables the TEXT MEMORY to generate shapes, characters, images, etc. To position the data on the GRAPHIC MEMORY the user should reselect the GRAPHIC HOME POSITION or the ATTRIBUTE

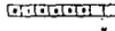
ATTRIBUTE using the CONTROL, HOME or COMMAND KEY.

Note that no GRAPHIC data can be displayed.

- The CG (Character Generator) is not enabled.
- The CG (Character Generator) is not enabled.

CG BIT = 0 Both Internal and External CG are available with 720 Characters each.  
CG BIT = 1 The Internal CG is not available. The External CG can hold up to 256 Characters.

## 2. Control Word Set



This set of instructions reselects the TEXT and GRAPHIC MEMORY locations.

- TEXT HOME ADDRESS (TH) - This command sets the address in RAM of the first character in the TEXT MEMORY.
- TEXT AREA SET (TA) - This command defines the number of characters in one row in the TEXT display.
- GRAPHIC HOME ADDRESS (GH) - This command sets the home of first address in the GRAPHIC MEMORY. The GRAPHIC HOME ADDRESS can also be reselected to use with the ATTRIBUTE FUNCTION.

- GRAPHIC AREA SET (GA) - This command defines the number of GRAPHIC lines in one GRAPHIC row. The GRAPHIC AREA is related to the TEXT AREA.  
TH = TEXT HOME  
TA = TEXT AREA  
GH = GRAPHIC HOME  
GA = GRAPHIC AREA



## 1. TEST Display



## 2. GRAPHIC Display

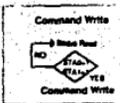
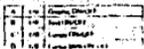


See Page 5-37 for Temperature Memory Memory.

## 3. Display Mode Set

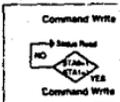
This command controls the status of the TEXT and GRAPHIC memories as well as the LATCHING

To turn both the TEXT and Graphic Displays ON bit A, and bit B must be HIGH. For a TEXT Display, only bit B must be HIGH.



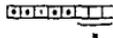
## 4. Cursor Pattern Select

A selected Home Cursor is generated with the combination of HOME and A/H generated on B line in Character Memory, CURSOR.





## 5. Pointer Set



## POINTER SET

The POINTER SET command sets the CURSOR POINTER and LINE POINTER and the EXTERNAL CHARACTER GENERATOR OFFSET REGISTER.

- A) CURSOR POINTER SET: The CURSOR is displayed at the position specified by the CURSOR POINTER.  
 B) HORIZONTAL POINT IN CHARACTERS (UP/DOWN CURS) :  
 C) VERTICAL POINT IN CHARACTERS (LEFT/RIGHT CURS) :



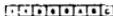
NOTE: For the AND011013 the LOWE SCREEN CURSOR can be addressed by setting 1000 to the CURSOR ADDRESS 55. (D) D1  
 EXAMPLE: Upper Screen Address: 1000 For AND0101  
 Add Off Set: 10001 And 1013 Dns  
 Lower Screen Address: 2000

- B) ADDRESS POINTER SET: The ADDRESS POINTER may move throughout the 80 or 64 RAM locations by 0000 and ending at 1111 or 0111 respectively. All other pointer values placed at the RAM location pointed to by the ADDRESS POINTER are kept.



## 6. Data Read/Write

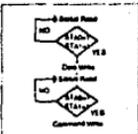
Data transfer occurs at the address pointed to by the ADDRESS POINTER.



This instruction is 8 1 byte data Read/Write command.

Bit	Function
15	Write Data
14	Read Data
13	Write Data
12	Read Data
11	Write Data
10	Read Data
9	Write Data
8	Read Data
7	Write Data
6	Read Data
5	Write Data
4	Read Data
3	Write Data
2	Read Data
1	Write Data
0	Read Data

Addr: 1000



Bit	Function
15	Write Data
14	Read Data
13	Write Data
12	Read Data
11	Write Data
10	Read Data
9	Write Data
8	Read Data
7	Write Data
6	Read Data
5	Write Data
4	Read Data
3	Write Data
2	Read Data
1	Write Data
0	Read Data

C) OFFSET REGISTER SET: THE OFFSET REGISTER SET command specifies the start in RAM which is used for the OFFSET REGISTER. Character generator.

- The bit 0 and the bit 15 in the upper 8 bits of the 8 channel CU RAM location.

See EXTERNAL CHARACTER GENERATOR Page 254

EXAMPLE: Set OFFSET REGISTER with the External CU memory location equal to 1000  
 15 BIT DATA = 0000  
 14 BIT DATA = 0000  
 OFFSET REGISTER SET COMMAND = 220

## External CU Register



## 7. Auto Mode



This instruction is continuous data to Read on three channel Auto-Mode (transmits should be performed prior to the next status 11A2 or 5-1A3)

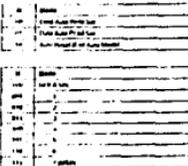
- B) Bit Set/Reset: This action sets individual pins. The bit in the 15th bit is set by command. The ACP points to the type of COMMAND: READ when the bit is to be changed.



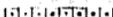
## 8. Screen Paging



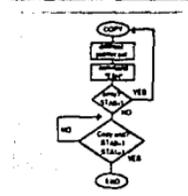
This action sets pins 1 byte of displayed data on the bit bus for a Read 1 byte data. It is possible to read page of 2 consecutive data if the address pointer is not set for the display. Read data. This action turns on/pins and status bit is set.



## 9. Screen Copy



This command copies 1 byte of data or begins a copy. A Read data from the display to the (for page 10A5) if the address pointer is not set for the (for page 10A5) read. This action turns on/pins and status bit is set.











## LCD Dot Matrix Modules INSTALLATION CAUTION AND HANDLING PRECAUTION

### Installation

For installation of the 11-D modules, please refer to the mounting holes marked on the corners of PCB.

The board is not recommended to be used as a electronic part. The driver chips have a lower thermal point than LCD module and the package of the board are not recommended to be attached in order to prevent the board surface from being damaged. The component mounting arrangement of the board is not recommended to be similar than the mounting area.

### Handling

1) Do not touch bare using mechanical stress and applying any force to the display panel. Otherwise, it may cause module burn or damage the LCD.

2) In case of shock of liquid crystal material sealed engineering, an increase of current is not true. It liquid crystal material needs to be used, avoid electrolytic with acid/alkali and some fluorescent with some.

3) Note that the substrate are not to be broken damaged. Do not use any force (pressure) without any heat effect.

4) The polymer attached to the LCD and adhesive used to get them together may be attacked by organic solvent when it is used. Do not use any other any, avoid using with ultraviolet light focused in the same.

5) Do not get into the discharge of high volt or static voltage. Do not damage LCMOS L/V on the module.

### Storage

1) Do not store the PCB in a high temperature, humidity or high humidity for a long time. It is not recommended to store the modules on the floor or outside the temperature range of 0°C to 30°C, and the humidity is higher than 70%.

2) Store any moisture and humidity for the dot matrix module.

### Operation

1) Do not connect or disconnect I/O connectors too much frequent each other as displayed.

2) Do not supply a load current, less than 1.5A, to the module and avoid signal transfer to the bus. Do not supply voltage to the signal of bus if signal transfer are forced on.

### Others

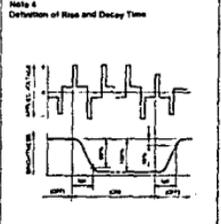
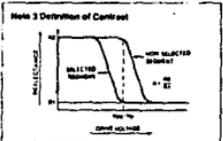
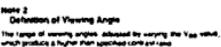
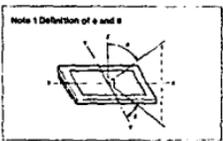
1) Use appropriate way when it is necessary for customer negotiation. Do avoid correspondence of water or heat caused measurement on the printed board of any side.

2) The not used component signals, other than the unused pin, should be connected with proper 10K ohm pull-up resistor or signal voltage termination arrangement to the module pin.



## LCD Dot Matrix Modules

## OPTICAL DEFINITIONS



## Vendor Source

### 11-015 (Full Matrix) 11-015

11-015 (Full Matrix)

### 11-015 (Full Matrix) 11-015

11-015 (Full Matrix)

### 11-015 (Full Matrix) 11-015

11-015 (Full Matrix)

11-015 (Full Matrix)