

La fuente de iones del SSC

Bruce Hoeneisen
Universidad San Francisco de Quito

Resumen

Se describen los circuitos electrónicos de la fuente de iones H^- de un acelerador circular de protones. El diseño se realizó en la Universidad de Guanajuato en 1987. Estos circuitos (con modificaciones) forman parte del "Superconducting Super Collider" (SSC).

Abstract

We describe the electronic circuits of the ion source of a circular proton accelerator. This design was developed in 1987 at the University of Guanajuato. These circuits (with modifications) are now part of the Superconducting Super Collider (SSC).

1.- Introducción.

Para agregar protones al haz de un acelerador circular es necesario inyectar iones H^- . Los dos electrones del ion H^- se remueven después de la inyección mediante una lámina metálica delgada. En 1987, siendo profesor del Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato, México, diseñé los circuitos electrónicos de una fuente de iones H^- . El diseño se basó en la fuente de iones del Tevatrón de Fermilab. La fuente de iones del Tevatrón se encuentra a alta tensión (a varios millones de voltios) de manera que los ajustes electrónicos no son accesibles durante la operación del acelerador. La principal innovación del diseño realizado en la Universidad de Guanajuato es que tiene todos los ajustes y los puntos de monitoreo accesibles al potencial de tierra. La aislación eléctrica entre el generador de pulsos (que en nuestro diseño se encuentra al potencial de tierra) y la fuente de iones (a alta tensión) se consigue mediante fibras ópticas.

En Guanajuato se construyeron dos juegos de circuitos electrónicos de la fuente de iones. El primero fue llevado a Texas A&M por Ross Huson a cambio de un acelerador "cuadrupolo de radiofrecuencia" (RFQ). De allí el diseño migró al "Superconducting Super Collider" (SSC). El SSC es un colisionador de protones que se encuentra en construcción. Su circunferencia será de 86 km y su entrada en operación está prevista para 1999. En el "Primer Simposio de EE. UU. y América Latina sobre Física, Tecnología y Experimentos en el Supercollider" (en Guanajuato del 16 al 19 de diciembre de 1990) se anunció que la fuente de iones del SSC había sido probado con éxito, y que el diseño escogido para los circuitos electrónicos es el que desarrollamos en Guanajuato. Se mencionó que la válvula electro-mecánica de inyección de hidrógeno fue reemplazada por un inyector de motor diesel, y que, para la aplicación del SSC, se pudo prescindir del espectrómetro de masas.

2. Descripción de la fuente de iones.

Los detalles se encuentran en 6 diagramas adjuntos. La fuente de iones se presenta en forma esquemática en el plano #4. El generador maestro de pulsos se presenta en el plano #2. La fuente de iones tiene vacío gracias a una bomba mecánica de aceite y una bomba turbo-molecular. La secuencia de eventos a partir de un pulso de sincronismo externo es como sigue:

1.- Se abre una válvula electro-mecánica de hidrógeno durante un tiempo ajustable de $\approx 150 \mu s$, con una apertura ajustable.

2.- El hidrógeno llega a la cámara de ionización.

3.- Tras un retardo ajustable a partir del pulso de sincronismo de $\approx 1800 \mu s$ se enciende un arco de $\approx 300 A$ y $\approx 300 V$ en la cámara de ionización durante un tiempo ajustable de $\approx 60 \mu s$.

4.- Protones producidos por el arco viajan al cátodo donde en ocasiones adquieren dos electrones convirtiéndose en iones H^- que viajan al ánodo. La conversión se facilita gracias a cesio que cubre el cátodo. Este cesio proviene de tres fuentes calefaccionadas. Se mide en forma digital la temperatura de estas tres fuentes de cesio. El ánodo, que es perforado, está conectado a una fuente de -30kV respecto de tierra.

5.- Tras un retardo ajustable desde el inicio del arco de $\approx 10 \mu s$, se aplica un pulso de extracción de los iones H^- de +18kV, entre el ánodo de la cámara de ionización y el espectrómetro de masas, durante un tiempo ajustable de $\approx 200 \mu s$. Este pulso se logra mediante un tetrodo de alta tensión.

6.- Un espectrómetro de masas, formado por un electroimán y un colimador, selecciona los iones H^- eliminando otros iones. El electroimán tiene una corriente ajustable y es enfriado por freón.

7.- Los iones son acelerados hasta 30 kV antes de ser extraídos de la fuente.

Todos los ajustes electrónicos se realizan en el generador maestro de pulsos. Este generador se encuentra al potencial de tierra y está aislado eléctricamente de la fuente de iones mediante fibras ópticas plásticas de 1 mm de diámetro. Se transmiten cinco señales a través de cinco fibras ópticas desde el generador maestro de pulsos hasta la fuente de iones: 1) La duración de apertura de la válvula de hidrógeno; 2) la duración del arco de ionización; 3) la duración del pulso de extracción; 4) la apertura de la válvula de hidrógeno; y 5) la corriente del electroimán. Estas últimas dos señales se transmiten con modulación de ancho de pulso (PDM).

Se transmiten varias señales análogas a través de fibras ópticas desde la fuente de iones hasta el generador maestro de pulsos. De esta manera es posible observar en un osciloscopio la corriente y

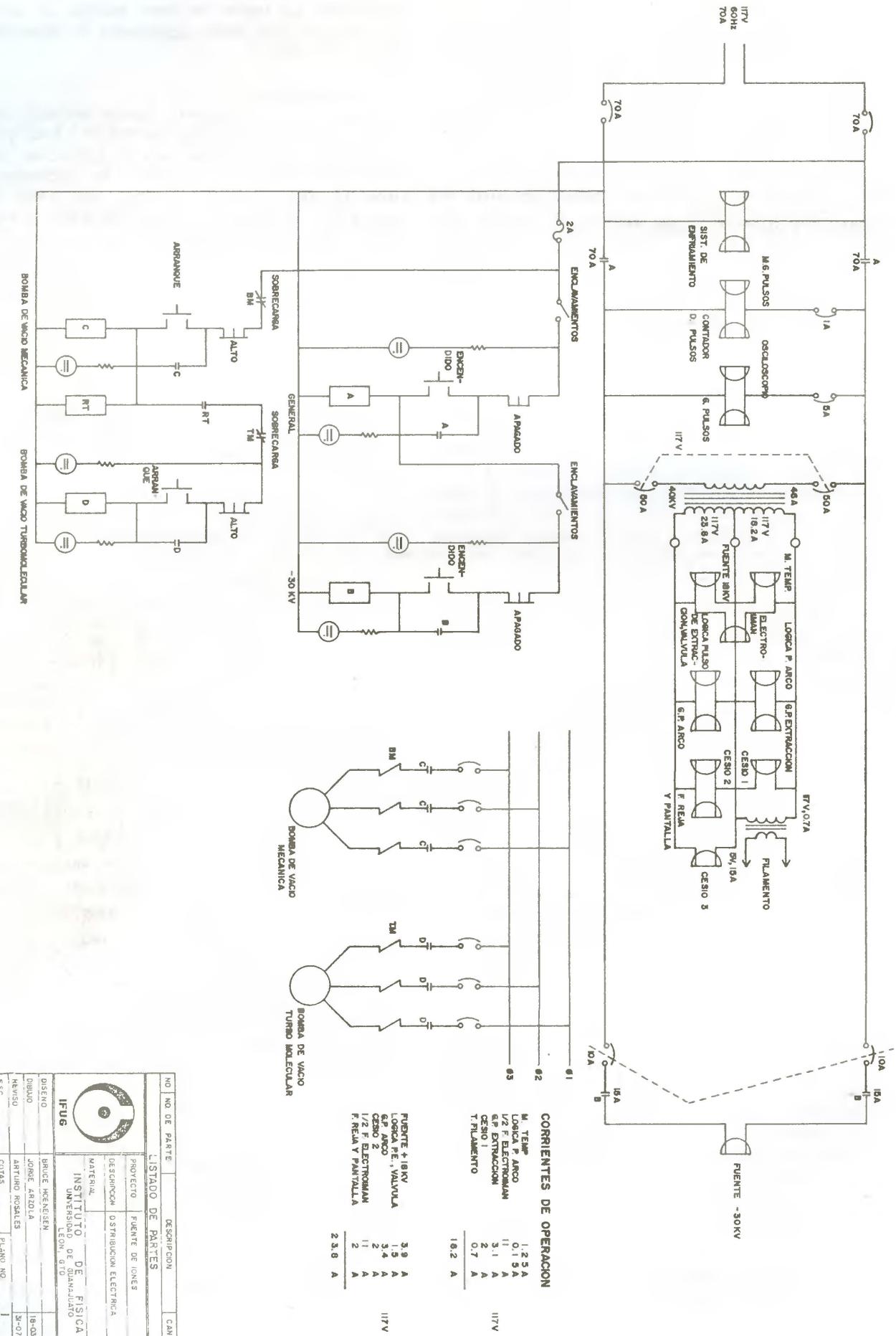
voltaje de los pulsos de arco y extracción con el acelerador en operación.

La fuente de corriente del electroimán se controla mediante tiristores. El pulso de arco es generado por una línea de transmisión de elementos discretos previamente cargada, y se inicia mediante el disparo de un tiristor y se termina mediante el disparo de otro tiristor. El tiristor de apagado es opcional, y se utiliza solo si se desea controlar el momento de apagado del arco. Si no se utiliza el tiristor de apagado, la longitud del pulso de arco queda determinada por la línea de

transmisión. La fuente de iones incluye un módulo (no indicado) que mide digitalmente la duración de todos los pulsos.

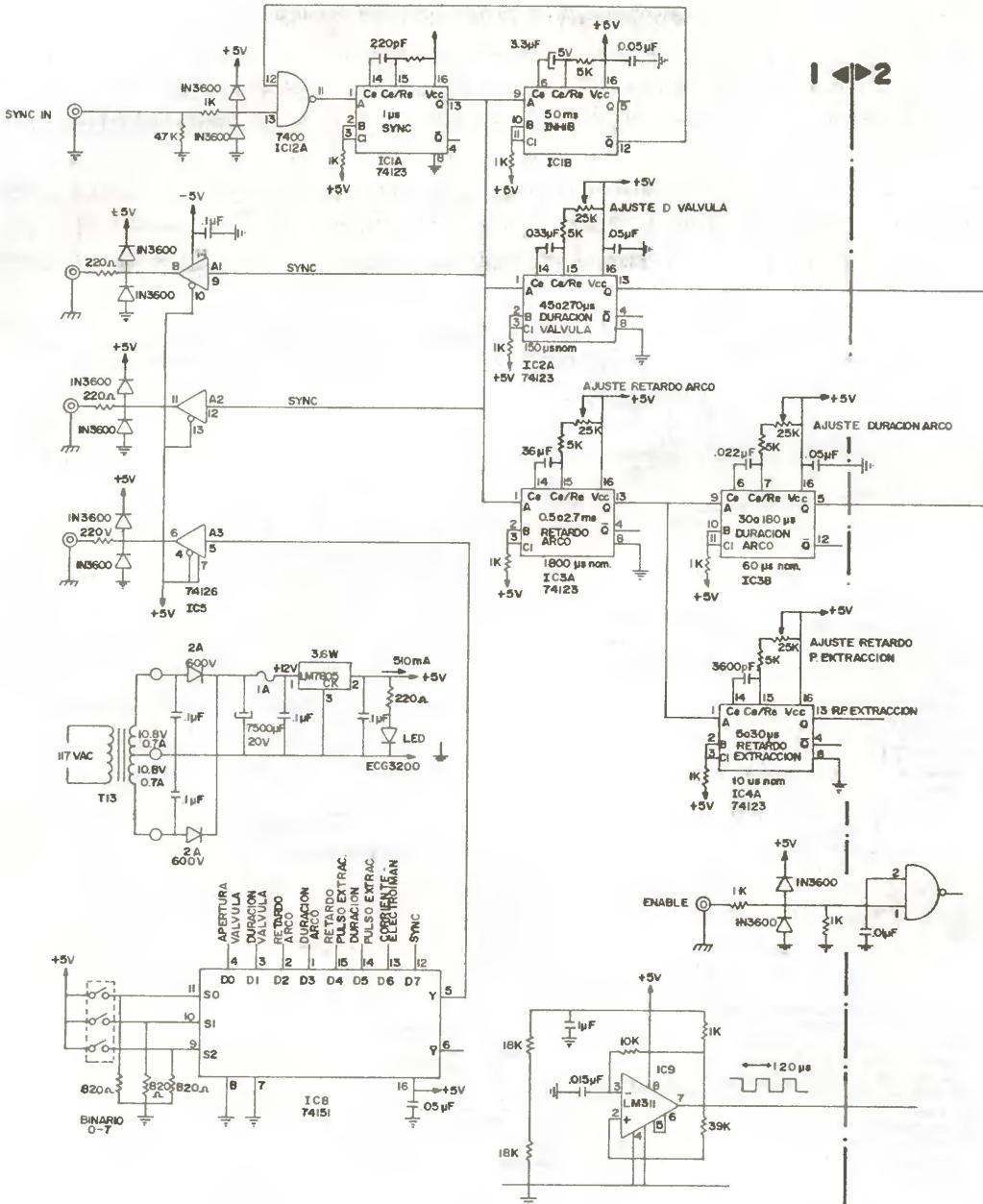
3.- Conclusiones.

Los circuitos descritos fueron probados en la Universidad de Guanajuato, en Texas A&M, y, con modificaciones apropiadas para la aplicación, en el Superconducting Super Collider. En diciembre de 1990 la única parte del SSC que había sido construida y probada es la fuente de iones, o sea ¡el primer metro del acelerador!

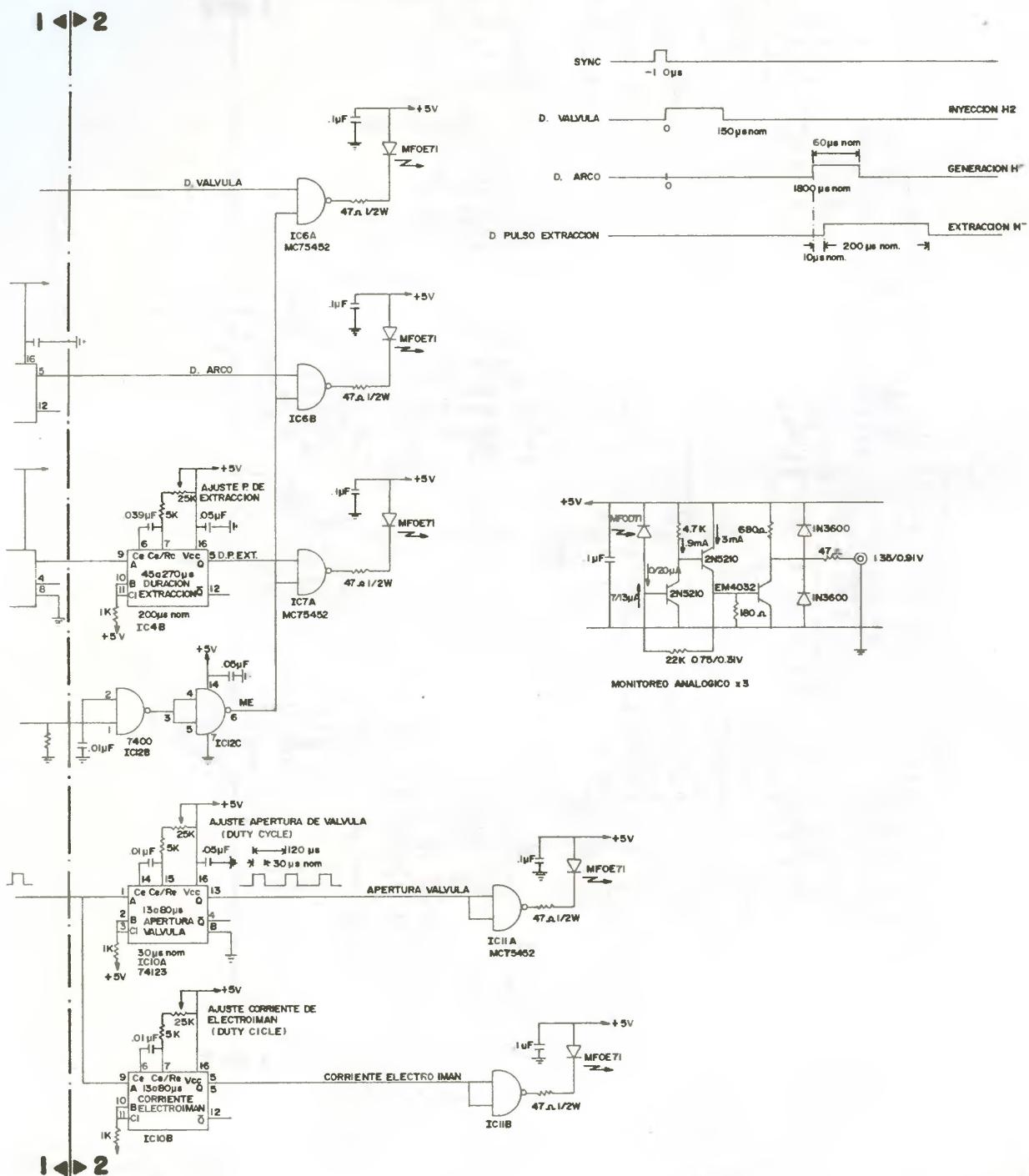


BOMBA DE VACIO MECANICA

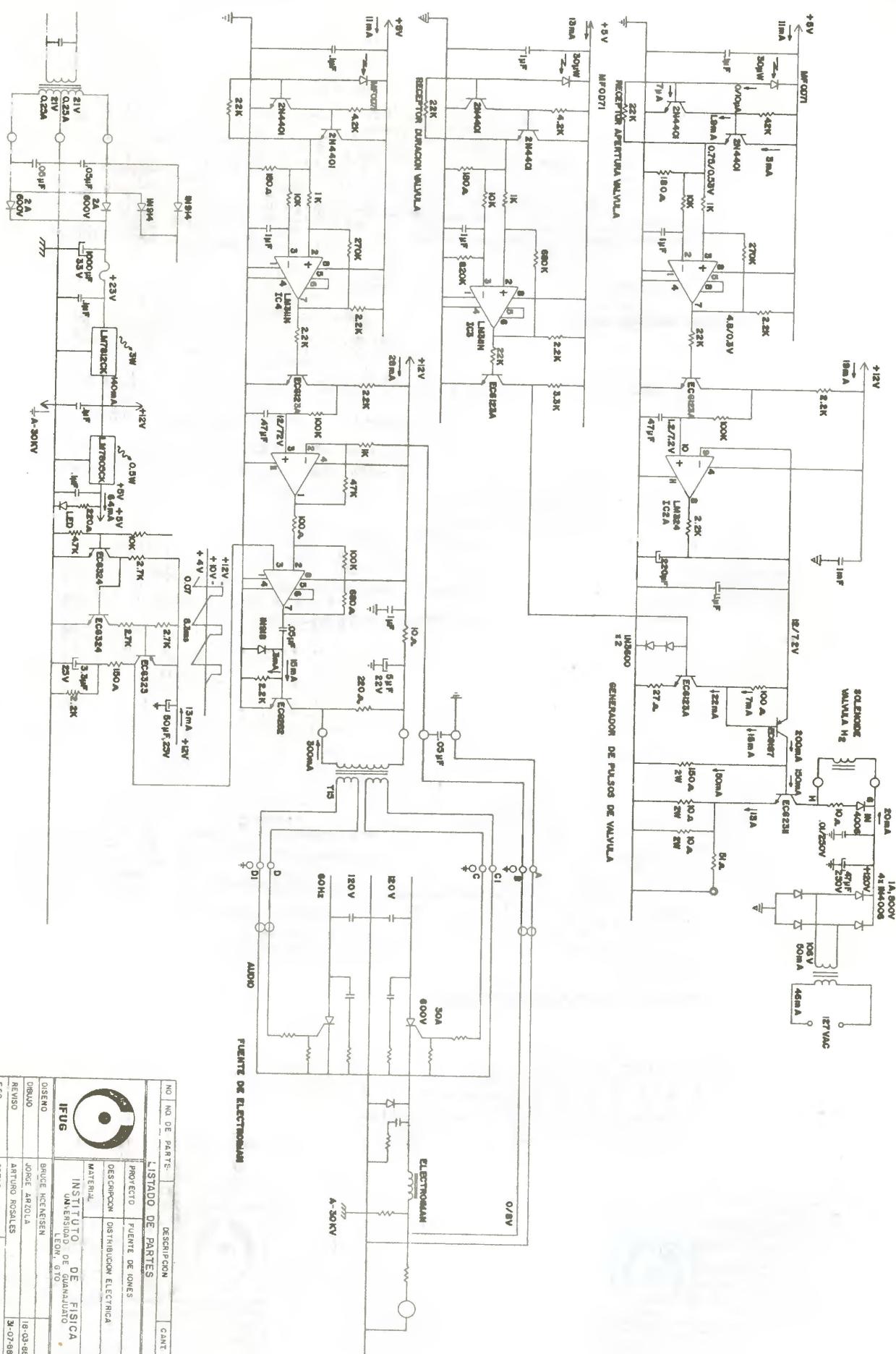
BOMBA DE VACIO TURMOLECULAR

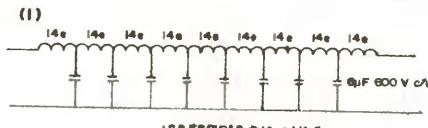
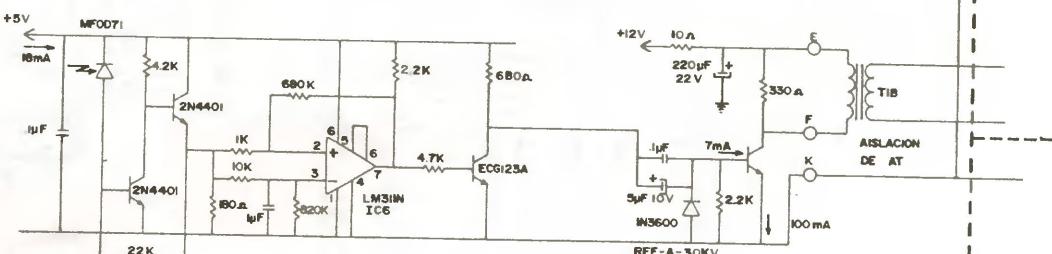
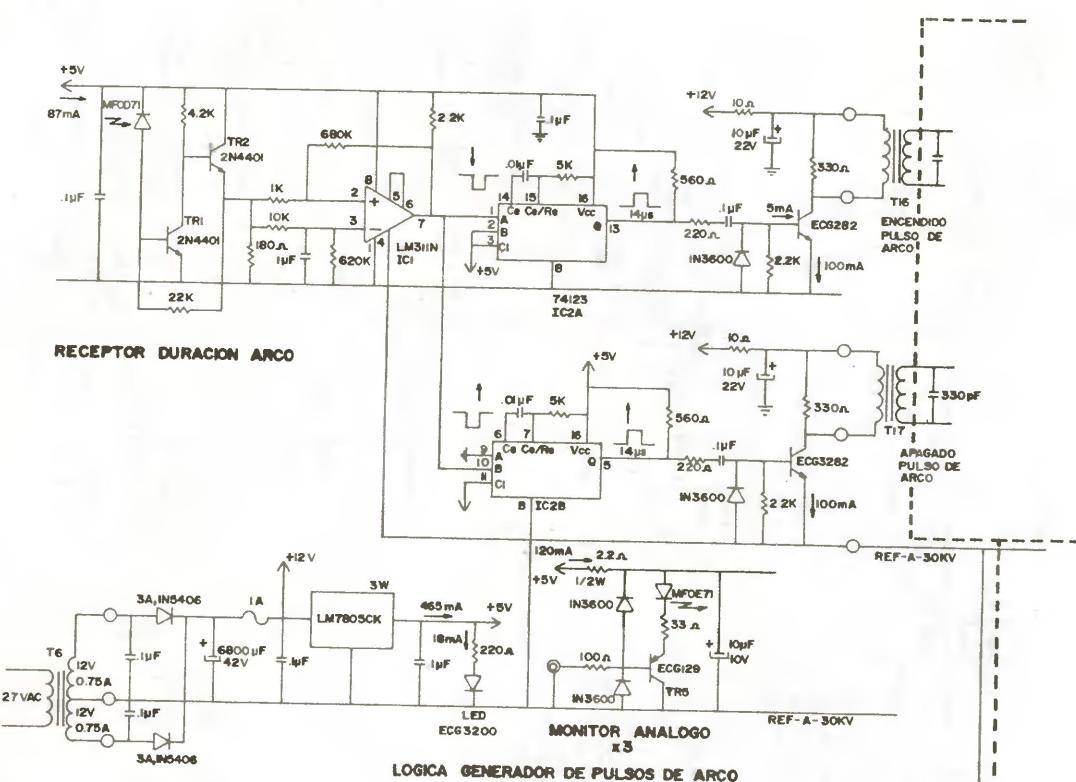


NC	NO DE PARTE	DESCRIPCION	CANT
LISTADO DE PARTES			
	PROYECTO	FUENTE DE IONES	
	DESCRIPCION	DISTRIBUCION ELECTRICA	
	MATERIAL		
	INSTITUTO DE FISICA IFUG	UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO LEON, GTO	
DISEÑO	BRUCE HOENEISEN		
DIBUJO	JORGE ARZOLA	18-03-88	
REVISIO	ARTURO ROSALES	30-07-88	
ESC	COTAS	PLANO NO.	2-a

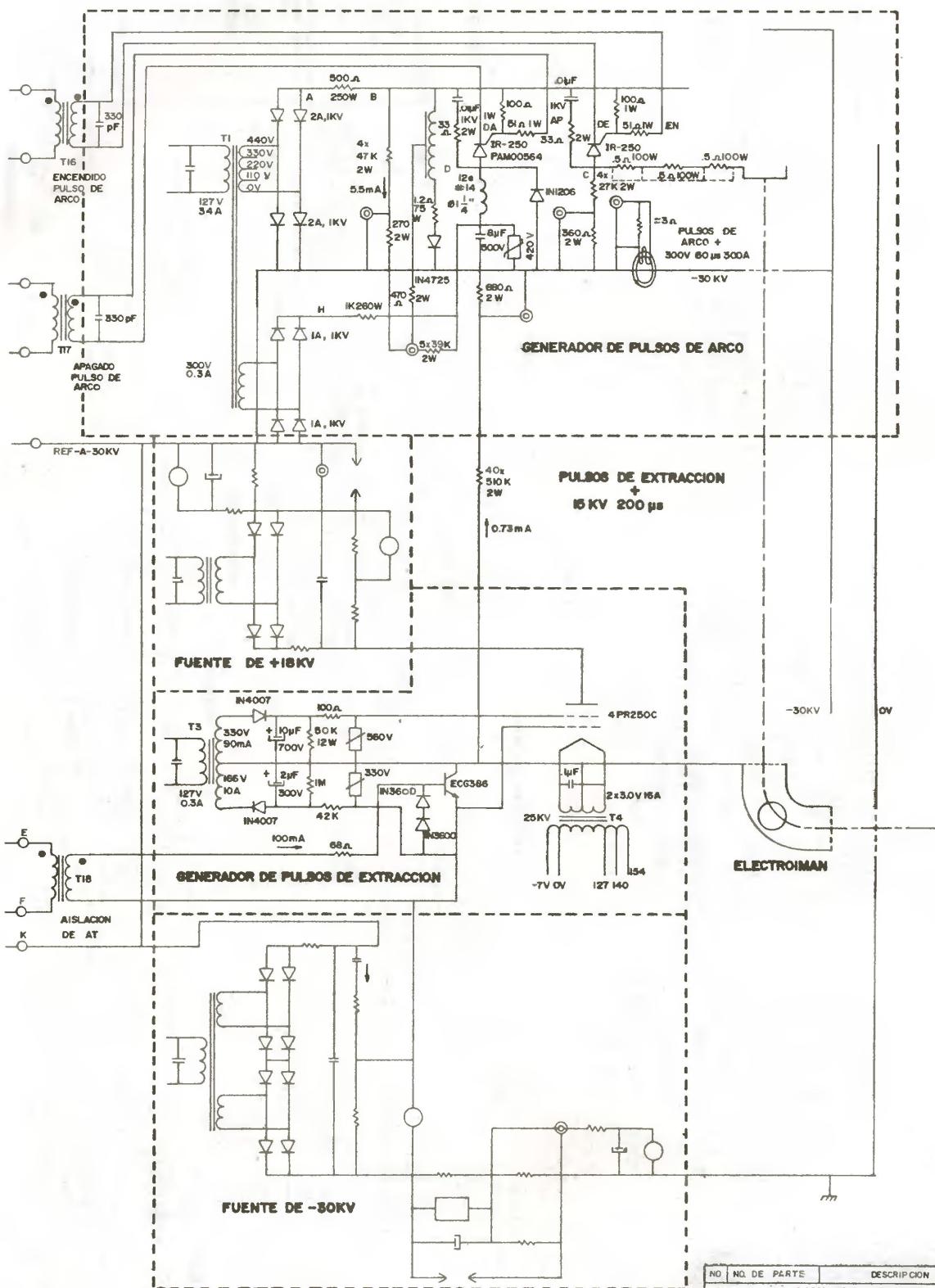


NO	NO DE PARTE	DESCRIPCION	CANT
LISTADO DE PARTES			
PROYECTO	FUENTE DE IONES		
DESCRIPCION	DISTRIBUCION ELECTRICA		
MATERIAL			
IFUG	INSTITUTO DE FISICA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO LEON, GTO		
DISEÑO	BRUCE MCNEISEN		
DIBUJO	JORGE ARZOLA	18-03-88	
REVISIO	ARTURO ROSALES	3-07-88	
ESC	COTAS	PLANO NO.	2-b

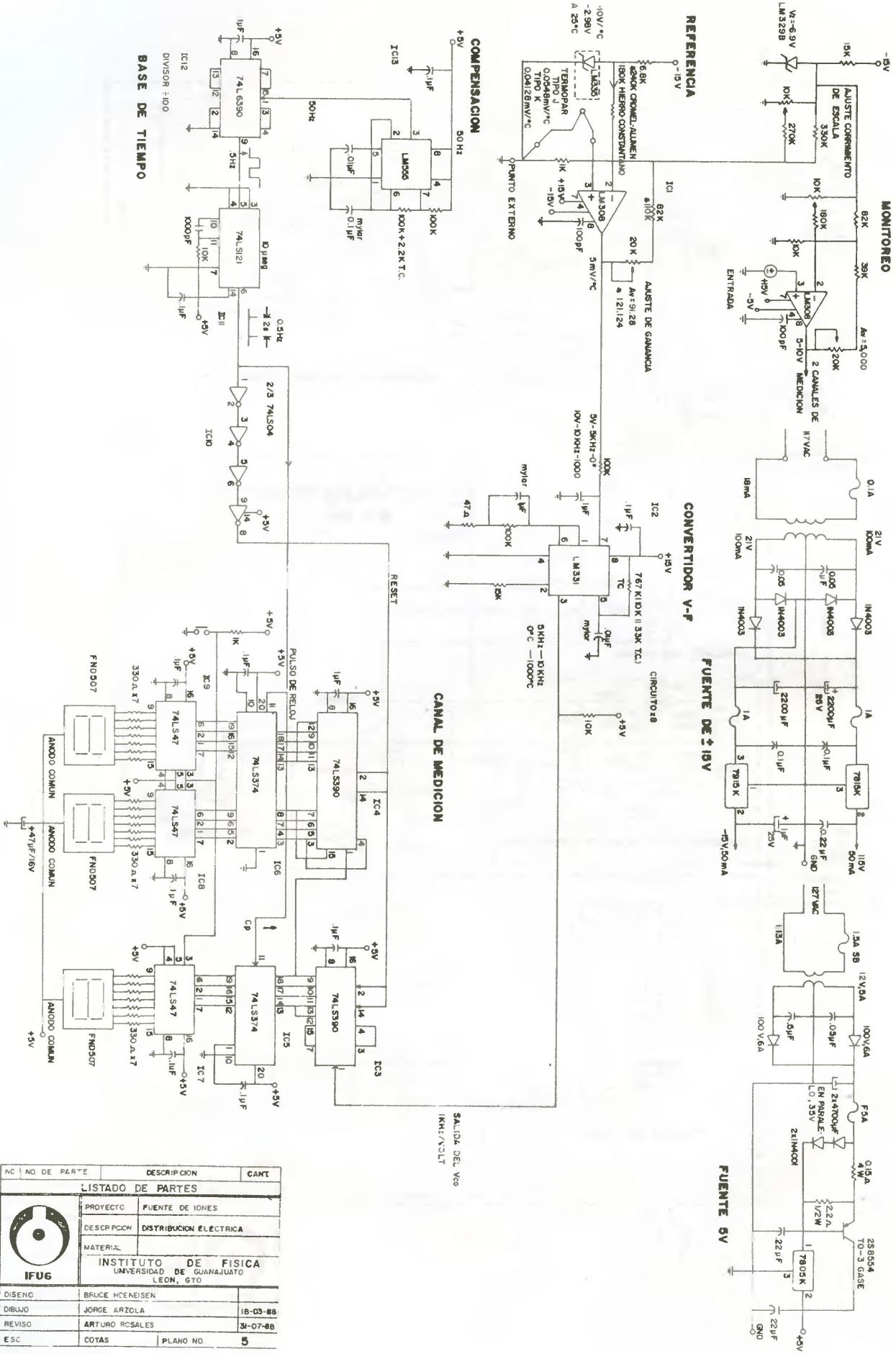




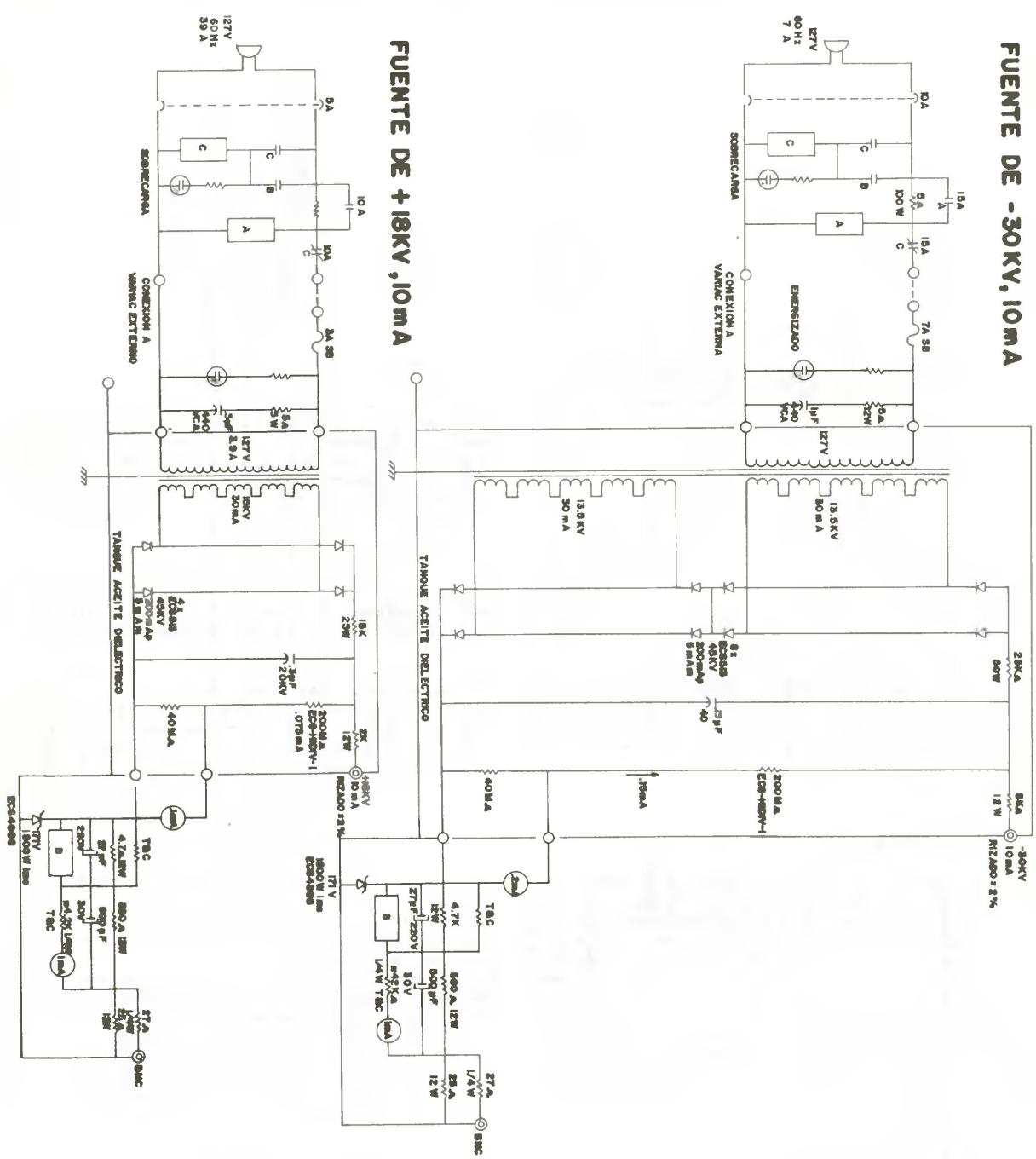
NO	NO. DE PARTE	DESCRIPCION	CANT
LISTADO DE PARTES			
	PROYECTO	FUENTE DE IONES	
	DESCRIPCION	DISTRIBUCION ELECTRICA	
	MATERIAL		
IFUG	INSTITUTO DE FISICA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO LEON, GTO		
DISEÑO	BRUCE HOENEISEN		
DIBUJO	JORGE ARZOLA	18-03-88	
REVISIO	ARTURO ROSALES	31-07-88	
ESC	COTAS	PLANO NO.	4-0



NO	NO. DE PARTE	DESCRIPCION	CANT.
LISTADO DE PARTES			
IFUG	PROYECTO	FUENTE DE IONES	
	DESCRIPCION	DISTRIBUCION ELECTRICA	
	MATERIAL		
	INSTITUTO DE FISICA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO LEON, GTO		
DISEND	BRUCE HORNEMSEN		
DIBUJO	JORGE ARZOLA	18-03-88	
REVISIO	ARTURO ROSALES	31-07-88	
ESC	COTAS	PLANO NO.	4-b



FUENTE DE +18KV, 10mA



NO. DE PARTE	DESCRICIÓN	CANT.
LISTADO DE PARTES		
1	FUENTE DE CORRIENTE	1
2	INSTITUTO DE FÍSICA	1
3	FLUJO	1
4	15A	1
5	10A	1
6	18KV 30mA	1
7	18KV 10mA	1
8	TAC	1
9	SW	1
10	127V 60Hz	1
11	15A	1
12	10A	1
13	18KV 10mA	1
14	TAC	1
15	SW	1
16	127V 60Hz	1
17	15A	1
18	10A	1
19	18KV 10mA	1
20	TAC	1
21	SW	1
22	127V 60Hz	1
23	15A	1
24	10A	1
25	18KV 10mA	1
26	TAC	1
27	SW	1
28	127V 60Hz	1
29	15A	1
30	10A	1
31	18KV 10mA	1
32	TAC	1
33	SW	1
34	127V 60Hz	1