

(1-19) 7  
**ACELERADOR VAN DE GRAAFF 2 MeV  
PARA ELECTRONES.**



**TESIS PRESENTADA POR**

**José Román Alvarez Bejar**

**PARA OBTENER EL TITULO DE**

**Físico**

**INSTITUTO DE FISICA**



**BIBLIOTECA  
JUAN B. DE OYARZABAL**

244



**FACULTAD DE CIENCIAS  
Biblioteca**

**Facultad de Ciencias**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**1964.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

HA SIDO MI AMBICIÓN DESDE HACE  
MUCHO TIEMPO, TENER DISPONIBLE...  
UNA COPIOSA CANTIDAD DE ÁTOMOS  
Y ELECTRONES...QUE TRASCIENDAN  
EN ENERGÍA A LAS PARTÍCULAS AL  
FA Y BETA DE LAS SUSTANCIAS RA  
DIATIVAS.

ERNEST RUTHERFORD - 1927

# I N D I C E

INTRODUCCION.....	1
I.- LA RADIACIÓN IONIZANTE Y ALGUNAS DE SUS APLICACIONES.....	3
II.- ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA COMO ACCELERADOR DE ELECTRONES .....	14
III.- PRUEBAS PRELIMINARES DE UN HIDROCARBURO IRRADIADO .....	54

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS



## INTRODUCCIÓN.

ESTA TESIS FORMA PARTE DE UN ESTUDIO PRELIMINAR RELACIONADO CON UN AMPLIO PROGRAMA QUE PRETENDE DESARROLLARSE EN LOS LABORATORIOS VAN DE GRAAFF DEL INSTITUTO DE FÍSICA DE LA U.N.A.M. EN COLABORACIÓN CON LA REFINERÍA "ING. A. M. AMOR" DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y CON LA COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA NUCLEAR. SU OBJETIVO ESENCIAL CONSISTE EN UTILIZAR ELECTRONES DE ENERGÍAS COMPRENDIDAS ENTRE 0.7 Y 1.5 MeV Y, ALGUNAS VECES, LOS RAYOS X PRODUCIDOS POR ÉSTOS, PARA BOMBARDEAR DIFERENTES TIPOS DE SUSTANCIAS.

HABRÁN DE AVERIGUARSE LOS EFECTOS QUE DICHO BOMBARDEO PRODUCE, PRINCIPALMENTE, EN COMPUESTOS ORGÁNICOS BAJO DIVERSAS CONDICIONES AMBIENTALES, PARA DESPUÉS, POSIBLEMENTE, UTILIZAR ESTAS TÉCNICAS EN PROCESOS INDUSTRIALES.

EL TIPO DE INVESTIGACIÓN APLICADA QUE INTENTA INICIAR ESTE GRUPO PUEDE SER DE TRASCENDENCIA NACIONAL, COMO LO DEMUESTRA EL GRAN IMPULSO DADO A ESTAS TÉCNICAS, DE RECIENTE APARICIÓN, EN LOS PAÍSES DE FUERTE DESARROLLO INDUSTRIAL. COMO DATO CRONOLÓGICO PUEDE DECIRSE QUE FUE APENAS EN 1958 CUANDO EL REPORTE DE TRABAJOS SOBRE IRRADIACIÓN ELECTRÓNICA SE HIZO SISTEMÁTICO.

AÚN CUANDO LAS APLICACIONES DE UN HAZ DE ELECTRONES DE LA ENERGÍA MENCIONADA SON ENORMES, LAS INVESTIGACIONES QUE SE LLEVARÁN A CABO INICIALMENTE EN ESTE PROGRAMA, ESTARÁN ENFOCADAS, EN LO FUNDAMENTAL, A LA PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS Y A LA RADIÓLISIS DEL PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS, EN SUS DIFERENTES FASES DE PROCESO. DESPUÉS, SE BUSCARÁ LA FORMA DE PENETRAR EN NUEVOS CAMPOS DE APLICACIÓN, PREVIA PREPARACIÓN DE PERSONAL.

EL PROBLEMA PRINCIPAL DE QUE SE OCUPARÁ ESTA TESIS CONSISTE EN CONSIDERAR LOS DIFERENTES TIPOS DE RADIACIÓN EN FUNCIÓN DE SUS APLICACIONES INDUSTRIALES; DESCRIBIR LOS CAMBIOS Y NUEVOS ELEMENTOS INTRODUCIDOS EN EL ACCELERADOR VAN DE GRAAFF DE 2 MeV DE LA HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORP.,

QUE OPERA EN LOS LABORATORIOS DE LA U.N.A.M., PARA SU REACONDICIONAMIENTO COMO ACELERADOR DE ELECTRONES, YA QUE DURANTE LOS PASADOS DIEZ AÑOS TRABAJÓ COMO ACELERADOR DE PARTÍCULAS POSITIVAS. Y, FINALMENTE, DESCRIBIR EL EXPERIMENTO DE IRRADIACIÓN CON ELECTRONES DE UN DERIVADO DEL PETRÓLEO, OBTENIDO EN LA REFINERÍA "ING. A. M. AMOR" DE SALAMANCA, GTO. DANDO, ASIMISMO, LOS VALORES DE UNA SERIE DE MEDICIONES EFECTUADAS EN ESTE HIDROCARBURO, ANTES Y DESPUÉS DE LA IRRADIACIÓN.

DE LOS DISEÑOS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y LOS NIVELES DE RADIACIÓN EN LAS ZONAS ADYACENTES AL LABORATORIO, ASÍ COMO DE LA PRODUCCIÓN DE RAYOS X, SE OCUPARÁ EL COMPAÑERO J. REYES L. EN UN TRABAJO PARALELO AL PRESENTE (15).

## 1.- LA RADIACIÓN IONIZANTE Y ALGUNAS DE SUS APLICACIONES.

LAS FUENTES DE RADIACIÓN IONIZANTE PUEDEN SER OBTENIDAS DIRECTAMENTE DE ELEMENTOS NATURALES, O BIEN PRODUCIDAS ARTIFICIALMENTE VALIÉNDOSE DE MÁQUINAS ACCELERADORAS DE PARTÍCULAS CARGADAS, ASÍ COMO DE REACTORES NUCLEARES EN LOS QUE SE RADIACTIVAN DIFERENTES ELEMENTOS.

### LOS DIFERENTES TIPOS DE RADIACIÓN.

SE CLASIFICA BAJO EL NOMBRE DE RADIACIÓN IONIZANTE A ALGUNAS PARTÍCULAS RÁPIDAS Y A RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE CIERTA ENERGÍA. ENTRE LAS PRIMERAS SE CUENTAN LOS PROTONES, DEUTERONES, PARTÍCULAS ALFA, FRAGMENTOS DE FISIÓN, PARTÍCULAS BETA (POSITIVAS Y NEGATIVAS), PARTÍCULAS DELTA Y HACES DE ELECTRONES ACCELERADOS ARTIFICIALMENTE. EN LA SEGUNDA, A RAYOS X, RAYOS GAMMA Y RAYOS ULTRAVIOLETA, ENTRE LOS MÁS IMPORTANTES.

LOS NEUTRONES, A PESAR DE NO PRODUCIR IONIZACIÓN DIRECTA POR SER PARTÍCULAS ELÉCTRICAMENTE NEUTRAS, SE PODRÍAN CONSIDERAR TAMBIÉN COMO RADIACIÓN IONIZANTE POR CAUSARLA, PRINCIPALMENTE, A TRAVÉS DE EFECTOS SECUNDARIOS COMO LA PRODUCCIÓN DE PROTONES DE RETROCESO Y LA MENOS FRECUENTE PRODUCCIÓN DE FRAGMENTOS DE FISIÓN. ASIMISMO DEBE TENERSE EN CUENTA LA RADIATIVACIÓN DE SUSTANCIAS BOMBARDEADAS CON NEUTRONES, LAS CUALES, POR ESTE MOTIVO, PRODUCIRÁN A SU VEZ RADIACIÓN IONIZANTE.

SE HACE LA DISTINCIÓN ENTRE PARTÍCULAS BETA Y ELECTRONES ACCELERADOS ARTIFICIALMENTE, POR LA MISMA RAZÓN QUE SE HABLA SEPARADAMENTE DE RAYOS GAMMA Y RAYOS X SIENDO AMBOS DE LA MISMA NATURALEZA FÍSICA; LOS PRIMEROS SE ORIGINAN EN LOS NÚCLEOS ATÓMICOS RADIATIVOS CON LEYES PROPIAS DE DECAIMIENTO, MIENTRAS QUE LOS SEGUNDOS SON PRODUCIDOS EXTRANUCLEARMENTE POR EL HOMBRE.

### SU POSIBLE APLICACIÓN A LA INDUSTRIA.

SI SE ANALIZAN AUNQUE SEA SUPERFICIALMENTE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE RADIACIÓN ARRIBA ENUMERADOS, PENSANDO EN SU POSIBLE APLICACIÓN A PROCESOS EN QUE SE IRRADIEEN GRANDES CANTIDADES DE MATERIAL, INMEDIATAMENTE SE LLEGA A LA CONCLUSIÓN DE QUE POR EL MOMENTO Y DEBIDO AL ACTUAL DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS DE ACELERADORES Y A LAS DE REACTORES, SÓLO TRES DE ELLAS SON SUSCEPTIBLES DE TAL APLICACIÓN: LA RADIACIÓN X, LA GAMMA Y LOS HACES DE ELECTRONES ACELERADOS ARTIFICIALMENTE.

SE DEBE TENER EN CUENTA AL HACER ESTE ANÁLISIS QUE EN ESTE TIPO DE APLICACIONES LA RADIACIÓN ESCOGIDA DEBE LLENAR POR LO MENOS TRES REQUISITOS:

- I) QUE EXISTAN FUENTES DE INTENSIDAD ELEVADA, Y QUE SU INSTALACIÓN Y EQUIPO PERIFÉRICO SEAN OBTENIBLES A UN PRECIO ECONÓMICO.
- II) QUE DICHA RADIACIÓN SEA CAPAZ DE PENETRAR LOS MATERIALES Y AL MISMO TIEMPO QUE SU ENERGÍA SEA ABSORBIDA AL ATRAVESARLOS PARA LOGRAR ASÍ UNA MAYOR EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN; Y, FINALMENTE
- III) QUE LA RADIACIÓN NO INDUZCA RADIOACTIVIDAD EN EL MATERIAL TRATADO Y QUE SEA CONTROLABLE CON AMPLIOS MÁRGENES DE SEGURIDAD.

SI SE CONSIDERAN LOS PROTONES, DEUTERONES, PARTÍCULAS ALFA Y FRAGMENTOS DE FISIÓN, TODOS ELLOS PARTÍCULAS PESADAS, SE ENCONTRARÁ QUE TIENEN LA DOBLE DESVENTAJA DE LA POCA PENETRACIÓN Y LA INDUCCIÓN DE RADIOACTIVIDAD EN MUCHOS CASOS. EN CUANTO A LOS NEUTRONES, TAMBIÉN PARTÍCULAS PESADAS, SE OBSERVA UNA PENETRACIÓN GRANDE DEBIDO A SU FALTA DE CARGA, PERO TIENEN, EN ESTE CASO, LA DESVENTAJA DE INDUCIR RADIOACTIVIDAD. LA APLICACIÓN DE RADIOISÓTOPOS EN LA INDUSTRIA ES OTRO TEMA DE AMPLIAS --

PERSPECTIVAS.

LAS PARTÍCULAS BETA RESULTAN INAPROPIADAS PORQUE COMO PRODUCTOS DE DESINTEGRACIÓN QUE SON, SE REQUERIRÍAN ENORMES CANTIDADES DE MATERIAL RADIACTIVO PARA PRODUCIRLAS Y AÚN ASÍ SÓLO SE TENDRÍA UNA MODESTA CANTIDAD DE ELLAS. SIN CONSIDERAR EL PROBLEMA DE QUE ESTA ENORME CANTIDAD NO PODRÍA ESTAR CONCENTRADA EN UNA SOLA MASA, EN VIRTUD DE QUE, TENIENDO RELATIVA Poca PENETRACIÓN, EN MUCHOS CASOS NO LOGRARÍAN SALIR DE ELLA PARA SER APROVECHADAS.

LAS PARTÍCULAS DELTA NO MEREcen SER CONSIDERADAS COMO POSIBILIDAD EN ESTE CASO, POR SU MISMO CARÁCTER DE ELEMENTOS SECUNDARIOS. LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA ES TAMBIÉN POCO IMPORTANTE PARA PROCESOS INDUSTRIALES, DEBIDO A QUE ES MUY POCO ENERGÉTICA Y SI BIEN LOGRA PRODUCIR IONIZACIONES EN ALGUNOS MATERIALES, SUS EFECTOS SON SOLAMENTE SUPERFICIALES.

LA PRODUCCIÓN DE RAYOS X DE BAJA ENERGÍA ES, EN TÉRMINOS GENERALES, DEMASIADO CARA PARA SER PRODUCIDA EN GRANDES CANTIDADES; ESTO ES ESPECIALMENTE CIERTO CUANDO SE SABE QUE EL INTERVALO DE ENERGÍAS DE LOS ELECTRONES QUE LA PRODUCIRÍAN ES MENOR QUE 1 MeV, EN TALES CONDICIONES LA CONVERSIÓN DE ENERGÍA DEL HAZ ELECTRÓNICO INCIDENTE EN RADIACIÓN X ES SÓLO UNA FRACCIÓN DEL 1% SIN EMBARGO, SE HA OBSERVADO QUE AL AUMENTAR LA ENERGÍA DE LOS ELECTRONES MEJORA LA EFICIENCIA, DE TAL MANERA QUE EN EL INTERVALO DE 1 A 3 MeV ALCANZA VALORES DEL 7% (1) DE LA HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORPORATION REPORTAN (2) QUE EN EL INTERVALO DE 0.5 A 10 MILLONES DE VOLTS LA EFICIENCIA AUMENTA CON LA POTENCIA 3.4 DEL VOLTAJE APROXIMADAMENTE.

ESTA GANANCIA EN EFICIENCIA A MAYORES ENERGÍAS HA CONTRIBUIDO AL RECIENTE DESARROLLO DE POTENTES ACCELERADORES DE DIFERENTES TIPOS Y HA TRASLADADO EL ESTUDIO DE CIERTAS TÉCNICAS RADIOGRÁFICAS A LA REGIÓN DE "ALTAS" ENERGÍAS (HASTA 30-45 MeV) (2) (3) (4), EN COMPARACIÓN CON LAS MÁQUINAS CONVENCIONALES DE RAYOS X QUE NORMALMENTE OPERAN ALREDEDOR DE LOS 250 KV; LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LA RADIACIÓN DE ESTAS ÚLTIMAS SON MUY PEQUEÑOS.

LA RADIACIÓN GAMMA -FOTONES EMITIDOS POR LOS NÚCLEOS DE SUSTANCIAS RADIATIVAS- TIENE UNA PENETRACIÓN GRANDE Y ESENCIALMENTE ES IGUAL A LA RADIACIÓN X. PUEDE SER OBTENIDA DE SUSTANCIAS RADIATIVAS NATURALES:  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , ETC., O BIEN "PREPARADA" EN REACTORES NUCLEARES:  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{128}\text{I}$ , - ETC. A DIFERENCIA DE LA RADIACIÓN X, QUE PUEDE TENER TODO EL ESPECTRO DE ENERGÍAS -DESDE CERO HASTA LA ENERGÍA MÁXIMA DE LOS ELECTRONES QUE LA PRODUCEN-, LA RADIACIÓN GAMMA, ENTRE NIVELES DE DESINTEGRACIÓN, ES MONOENERGÉTICA, PUESTO QUE SU ENERGÍA DEPENDE DEL ELEMENTO EN QUE SE GENERA.

A PESAR DE PODER SER PREPARADAS EN REACTORES, LAS FUENTES DE RADIACIÓN GAMMA EXISTENTES NO TIENEN, SALVO UNAS POCAS, UNA POTENCIA DE SALIDA CONSIDERABLE, TAL QUE LAS HAGA ADECUADAS PARA PROCESOS INDUSTRIALES, NO OBSTANTE, SE REALIZAN ESFUERZOS SERIOS PARA LOGRAR INTRODUCIRLAS EN ELLOS. EN RADIOTERAPIA Y ESTERILIZACIÓN DE ALIMENTOS ES EN DONDE MÁS APLICACIÓN HA TENIDO LA RADIACIÓN GAMMA.

ADEMÁS DE LO COSTOSO DE SU PRODUCCIÓN, AÚN CONSIDERÁNDOLAS COMO SUB PRODUCTO DE UN REACTOR NUCLEAR, PRESENTAN LA DESVENTAJA DE NO PODER CONCENTRAR SU RADIACIÓN EN UN PEQUEÑO HAZ. TODO LO CONTRARIO, SU RADIACIÓN ES EMITIDA EN UN ÁNGULO SÓLIDO DE CUATRO PI -LO QUE A VECES REPRESENTA UNA VENTAJA-, DE TAL MODO QUE SU MANEJO ES COMPLICADO Y SU DESGASTE CONTÍNUO: PARA PRODUCIR UN KILOWATT DE POTENCIA DE RADIACIÓN SON NECESARIOS APROXIMADAMENTE 70000 CURIES (35).

DE LO ANTERIOR SE DESPRENDE QUE SU UTILIZACIÓN ÓPTIMA SE OBTENDRÍA EN PROCESOS QUE INVOLUCREN GRANDES ESPESORES DE SÓLIDOS O LÍQUIDOS, YA QUE EN GASES SU GRAN PENETRACIÓN LIMITA FUERTEMENTE LA CANTIDAD DE RADIACIÓN QUE PUEDE SER ABSORBIDA.

LA RADIACIÓN DE ELECTRONES ACCELERADOS PRODUCE ESENCIALMENTE LOS MISMS CAMBIOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS QUE LA RADIACIÓN X Y LA GAMMA, PERO A DI-



FERENCIA DE LAS DOS ÚLTIMAS SU PENETRACIÓN ES PEQUEÑA (APROXIMADAMENTE 0.5cm POR CADA MeV EN UNA SUSTANCIA DE DENSIDAD 1); NO PRESENTA DIFICULTADES SERIAS DE INDUCCIÓN DE RADIOACTIVIDAD, AUNQUE SE HA OBSERVADO QUE EN CIERTOS MATERIALES Y A ENERGÍAS SUPERIORES A LOS 8 MeV SE LLEGAN A PRODUCIR RADIOACTIVIDADES DE VIDAS MEDIAS MUY CORTAS.

SIN EMBARGO, ACTUALMENTE SE CARECE DE SUFICIENTES DATOS PARA DETERMINAR SI PARA ENERGÍAS MODERADAS ÉSTO CONSTITUIRÁ UNA DIFICULTAD GRAVE, AL TRABAJAR CON MÁQUINAS QUE PRODUZCAN HACES DE ALTO VOLTAJE Y ALTA CORRIENTE. POR LO PRONTO, SE PUEDE ASEGURAR QUE DENTRO DEL INTERVALO DE ENERGÍAS EN QUE TRABAJAN LA MAYOR PARTE DE LOS ACELERADORES COMERCIALES ÉSTO NO PRESENTA NINGUNA DIFICULTAD REAL.

LA VENTAJA MÁS MARCADA DE ESTE TIPO DE RADIACIÓN SOBRE LAS ANTERIORMENTE MENCIONADAS, ES EL HECHO DE QUE EXCEDE POR VARIOS ÓRDENES DE MAGNITUD LA CANTIDAD DE RADIACIÓN ÚTIL PARA PROCESAR; ADEMÁS DE QUE ESTA RADIACIÓN SE PRODUCE EN HACES CONCENTRADOS EN UNA SOLA DIRECCIÓN, LO CUAL OBVIAMENTE HACE AUMENTAR MUCHO SU EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN RESPECTO DE LOS OTROS TIPOS.

EN CUANTO A LA POCA PENETRACIÓN DE LOS ELECTRONES ACELERADOS SE PUEDE DECIR QUE SI BIEN ESTABLECE UN LÍMITE BAJO A LOS ESPESORES DE LOS PRODUCTOS POR PROCESAR, ELLOS TIENEN LA VENTAJA DE PERDER TODA SU ENERGÍA DENTRO DE UNA CAPA DEL MATERIAL, EN CONTRASTE CON LOS RAYOS X Y LOS GAMMA QUE SÓLO PIERDEN UNA PARTE DE ELLA EN LA MISMA CAPA. LA PENETRACIÓN QUE ANOTAMOS MÁS ARRIBA ESTÁ CONSIDERADA PARA BOMBARDEO DE LA MUESTRA POR UN SOLO LADO, PERO PUEDE AUMENTARSE 2.4 VECES SI EL BOMBARDEO SE EFECTÚA POR DOS LADOS OPUESTOS.

OTRA VENTAJA SOBRE LAS FUENTES DE RADIACIÓN GAMMA ES QUE EL ACELERADOR PUEDE HACERSE FUNCIONAR A VOLUNTAD. MIENTRAS QUE LAS PRIMERAS SIEMPRE ESTÁN PRODUCIENDO RADIACIÓN Y SIEMPRE PRESENTAN EL RIESGO DE CONTAMINAR

CIÓN RADIACTIVA, CON EL SEGUNDO NO EXISTE ABSOLUTAMENTE NINGUNA RADIACIÓN EN EL RECINTO DESPUÉS DE HABER SIDO SUSPENDIDA LA OPERACIÓN.

#### ORIENTACIÓN DE LAS INVESTIGACIONES EN ESTE LABORATORIO.

POR LO QUE HACE A LAS APLICACIONES DE LOS TRES ÚLTIMOS TIPOS DE RADIACIÓN, SE PUEDE DECIR QUE SON DE LO MÁS AMPLIAS Y PROMETEDORAS, PUES A PESAR DE QUE TODAS ESTAS TÉCNICAS SON MUY RECIENTES, YA SE PUEDEN VISLUMBRAR, EMPERO, GRAN CANTIDAD DE APLICACIONES.

LOS ASPECTOS EN LOS QUE HASTA AHORA MÁS SE HA AVANZADO SON: ESTERILIZACIÓN DE DROGAS E IMPLEMENTOS MÉDICOS, PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS, DESINFESTACIÓN DE GRANOS, CONTROL DE PLAGAS, POLIMERIZACIÓN INDUCIDA POR RADIACIÓN, POLIMERIZACIÓN DE INJERTO, VULCANIZACIÓN DE HULE, COLOREO DE PLÁSTICOS, INDUCCIÓN DE ENLACES CRUZADOS EN POLIETILENO Y OTROS POLÍMEROS, RADIÓLISIS DEL PETRÓLEO, DESINFECCIÓN DE AGUA PARA HACERLA POTABLE, CAMBIOS EN ACTIVIDAD CATALÍTICA, CAMBIO DE PROPIEDADES EN SEMICONDUCTORES, ESTABILIZACIÓN DIMENSIONAL DE LA MADERA Y MÉTODOS DE PRUEBA NO DESTRUCTIVA.

DE ACUERDO CON LO PROGRAMADO HASTA AHORA, LOS ESTUDIOS Y LAS INVESTIGACIONES QUE TENDRÁN IMPORTANCIA PRIMORDIAL DENTRO DE ESTE PROYECTO SERÁN LAS RELACIONADAS CON LA PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS Y LA RADIÓLISIS DEL PETRÓLEO. SE PRETENDE, ASIMISMO, DEDICAR LOS TIEMPOS LIBRES DEL EQUIPO A LA ESTERILIZACIÓN DE IMPLEMENTOS MÉDICOS; TAL VEZ A LA IRRADIACIÓN DE ALGUNAS VACUNAS Y OTROS PRODUCTOS FARMACÉUTICOS; SE EXPERIMENTARÁ SOBRE LA DESINFESTACIÓN DE GRANOS Y SE PONDRÁ ESPECIAL ATENCIÓN, DENTRO DE SU CARÁCTER SECUNDARIO, EN LA INDUCCIÓN DE ENLACES CRUZADOS EN POLIETILENO, POLYSTIRENO Y OTROS POLÍMEROS DE IMPORTANCIA INDUSTRIAL.

#### PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS.

LA ESTERILIZACIÓN DE ALIMENTOS, ESTO ES, LA INACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS PRODUCTORES DE LA DESCOMPOSICIÓN (PRINCIPALMENTE LAS BACTERIAS YA SEAN FORMADORAS O NO DE ESPORAS, INHIBICIÓN DE ACTIVIDAD ENZIMÁTICA, ANIQUI-



LACIÓN DE DIVERSOS TIPOS DE FUNGOSIS, LARVAS Y HUEVOS DE INSECTOS, PARÁSITOS, MICROBIOS Y DEMÁS CAUSANTES DE LA DEGRADACIÓN DEL ALIMENTO), PERMITIRÁ EN EL FUTURO PROLONGAR LA VIDA ÚTIL, EVITANDO LA DESCOMPOSICIÓN, DE GRANDES CANTIDADES DE ALIMENTOS, Y CONSECUENTEMENTE MEJORANDO SUS COSTOS. A MANERA DE EJEMPLO, BASTE CITAR EL HECHO DE PODER MANTENER EN BUEN ESTADO POLLO IRRADIADO, POR ESPACIO DE VARIOS AÑOS SIN NECESIDAD DE REFRIGERACIÓN.

ES MUY RECOMENDABLE EL ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES DE PROLONGAR LOS PERÍODOS DE ALMACENAMIENTO, EN BUEN ESTADO, DE PRODUCTOS MARINOS UTILIZANDO LAS TÉCNICAS DE IRRADIACIÓN. LA APLICACIÓN DE TAL MEDIDA PODRÍA SIGNIFICAR EL AUMENTO DEL CONSUMO DE PESCADO EN LAS ZONAS CENTRO Y NORTE DEL PAÍS, EN DONDE ES CASI NULO POR EL ELEVADO COSTO DEL TRANSPORTE REFRIGERADO A ESAS REGIONES Y POR LA FALTA DE PLANTAS REFRIGERADORAS. ELLO IMPLICARÍA, POR LO DEMÁS, UNA MAYOR Y MÁS PRODUCTIVA EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS MARÍTIMOS DEL PAÍS.

LOS MECANISMOS BÁSICOS POR MEDIO DE LOS CUALES LA ENERGÍA DE LA RADIACIÓN INCIDENTE ES TRANSFERIDA A UN DETERMINADO MATERIAL Y LOS CAMBIOS A ESCALA ATÓMICA Y MOLECULAR QUE EN ÉL PROVOCA, NO SON DEL TODO CONOCIDOS TODAVÍA. SIN EMBARGO, SE DISPONE YA DE ALGUNAS FORMAS ESQUEMÁTICAS DE INTERPRETACIÓN QUE PERMITEN, HASTA CIERTO PUNTO, LA PREDICCIÓN DE RESULTADOS. ESTOS MECANISMOS, EN LO QUE HACE A LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS, INCLUYEN EL EFECTO DIRECTO O TEORÍA DEL BLANCO (TREFFERTHEORIE) PRINCIPALMENTE DESARROLLADA POR D. E. LEA (5) Y DE ACUERDO CON LA CUAL ES NECESARIA UNA SOLA INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN PRIMARIA PARA DESTRUIR UN MICROORGANISMO, LO QUE RESULTA ESPECIALMENTE CIERTO CUANDO SE ENCUENTRA EN ESTADO SECO O CONCENTRADO. LA DESTRUCCIÓN ES DEBIDA, PROBABLEMENTE, A LA ACCIÓN DIRECTA DE LA RADIACIÓN (IONIZACIÓN) SOBRE LAS NÚCLEOPROTEÍNAS CROMOSÓMICAS.

EL EFECTO DIRECTO NO ES EL ÚNICO, EXISTE TAMBIÉN LA "TEORÍA DEL EFEC

TO INDIRECTO" QUE PARECE PREDOMINAR EN SISTEMAS ACUOSOS DILUIDOS, EN DONDE SON NECESARIAS DOSIS MENORES DE RADIACIÓN PARA MATAR MICROORGANISMOS, DEBIDO, GENERALMENTE, A LA PRESENCIA DE DIVERSOS COMPUESTOS REACTIVOS (RADICALES) EN EL SOLVENTE DURANTE LA IRRADIACIÓN (Y A VECES DESPUÉS DE ÉSTA), - QUE SON LOS QUE A SU VEZ EFECTÚAN UN INTERCAMBIO ENERGÉTICO. EN CONTRAPOSICIÓN, ALGUNAS SOLUCIONES PUEDEN PROTEGER DE ESTE EFECTO DE LA RADIACIÓN, - SIEMPRE QUE SE RECOMBINEN CON LOS RADICALES PRODUCIDOS MÁS RÁPIDAMENTE QUE LAS MOLÉCULAS DE LOS MICROORGANISMOS. LA CONGELACIÓN PUEDE ACTUAR TAMBIÉN COMO PROTECCIÓN, AL IMPEDIR LA DIFUSIÓN DE LOS COMPUESTOS REACTIVOS. GENERALMENTE AMBOS EFECTOS, DIRECTO E INDIRECTO, ESTÁN PRESENTES EN LA IRRADIACIÓN DE UN SISTEMA BIOLÓGICO.

CABE PREGUNTAR SI CON TALES CAMBIOS EFECTUADOS EN UN COMESTIBLE, ÉSTE NO ALTERARÁ SUS CUALIDADES ORGANOLÉPTICAS Y ALIMENTICIAS. LA RESPUESTA, EN GENERAL, ES POSITIVA, AÚN CUANDO AL IRRADIAR BAJO CIERTAS CONDICIONES ESPECIALES SE HAN LOGRADO YA ALGUNOS PRODUCTOS CON BUENAS CARACTERÍSTICAS QUE INCLUSO SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO (6) (7) (8) (9). LOS CAMBIOS MÁS MARCADOS PARECEN SER LOS DE SABOR -TESTIGOS GUSTATORIOS ASEGURAN QUE EL PESCADO IRRADIADO SABE A PAPA-; SIN EMBARGO, RECIENTEMENTE SE HA ENCONTRADO LO QUE PUEDE SER EL PRINCIPIO DE LA "CONGELACIÓN DE SABORES". EN EFECTO, ALGUNOS COMESTIBLES IRRADIADOS BAJO UNA CONGELACIÓN PREVIA PARECEN PRESERVAR SUS SABORES CARACTERÍSTICOS (36). ESTO LO ATRIBUÍMOS NOSOTROS A QUE LA CONGELACIÓN INHIBE LA DIFUSIÓN DE LOS COMPUESTOS REACTIVOS FORMADOS EN EL ALIMENTO DURANTE LA IRRADIACIÓN, QUE SON LOS QUE SUPONEMOS QUE DETERMINAN EL CAMBIO DE SABOR.

LOS CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES ALIMENTICIAS SON MÍNIMOS A LAS DOSIS QUE GENERALMENTE SON NECESARIAS PARA PRESERVAR LOS ALIMENTOS. EL MECANISMO POR MEDIO DEL CUAL SE EXPLICA LO ANTERIOR CONSISTE EN LO SIGUIENTE: BASTAN UNAS POCAS IONIZACIONES PARA DESTRUIR LOS MICROORGANISMOS (10) (11), Y ÉS-

TAS NO SON SUFICIENTES PARA PRODUCIR EFECTOS ADVERSOS EN EL MATERIAL BÁSICO, LO CUAL SE HA COMPROBADO NO SÓLO EN EL CASO DE TEJIDOS ORGANIZADOS (NO VIVOS EN EL MOMENTO DE LA IRRADIACIÓN) SINO TAMBIÉN EN MATERIALES TAN COMPLEJOS Y DELICADOS COMO EL PLASMA SANGUÍNEO.

TÉCNICAS DIFERENTES DE LA DE IRRADIACIÓN SE HAN VENIDO EXPERIMENTANDO PARA LOGRAR LA PRESERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS. UNA DE LAS QUE MÁS ÉXITO HA TENIDO HASTA AHORA ES LA DE LIOFILIZACIÓN, QUE CONSISTE EN CONGELAR Y DESHIDRATAR EL ALIMENTO. EN MÉXICO, EL ING. ARMANDO LÓPEZ Y SU GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO, HAN VENIDO REALIZANDO TRABAJOS SOBRE LIOFILIZACIÓN CON AYUDA DE RADIOFRECUENCIA Y SISTEMAS DE VACÍO, Y AUNQUE LOS RESULTADOS EN GENERAL SON MUY PROMETEDORES, TODAVÍA NO SE LLEGA AL PUNTO DE PODER ESTABLECER UNA PLANTA PILOTO QUE OPERE CON TALES MÉTODOS.

SOBRE LA BASE DE LAS EXPERIENCIAS DEL GRUPO MENCIONADO, SE TRATARÁN DE COMBINAR EN ESTE PROGRAMA AMBAS TÉCNICAS: LIOFILIZACIÓN-IRRADIACIÓN Y CONGELACIÓN-IRRADIACIÓN. CUÁL RESULTARÁ CON MÁS POSIBILIDADES DE SER LLEVADA A LA ESCALA INDUSTRIAL ES UNA PREGUNTA QUE A LA LUZ DE LA INFORMACIÓN ACTUAL NO PUEDE SER CONTESTADA Y SERÁN NECESARIAS SENDAS INVESTIGACIONES PARA ARRIBAR A UNA DECISIÓN. POR CONSIGUIENTE, EL TRABAJO CONJUNTO DE QUÍMICOS, BIÓLOGOS Y FÍSICOS RESULTA INMINENTE; ASIMISMO, SERÁ NECESARIA UNA CIERTA INTERIORIZACIÓN DE LOS TEMAS COLINDANTES AL PROPIO, POR PARTE DE CADA GRUPO DE INVESTIGADORES.

#### RADIÓLISIS DEL PETRÓLEO.

LA OTRA PARTE FUNDAMENTAL DEL PROGRAMA, ES LA RADIÓLISIS DEL PETRÓLEO. SE TRATARÁN DE INCREMENTAR LOS VALORES G -CANTIDAD DE MOLÉCULAS DE UNA ESTRUCTURA DADA, PRODUCIDAS POR CADA 100 eV ABSORBIDOS- DE DIFERENTES REACCIONES QUÍMICAS PRODUCIDAS POR LA RADIACIÓN EN LOS DIVERSOS COMPONENTOS DEL PETRÓLEO, YA SEA CRUDO, RESIDUO DE ALGUNA FASE DE PROCESO O RESI-

DUO FINAL DE LA PLANTA DE REFINAMIENTO. SE TRATARÁN DE AVERIGUAR LOS MECANISMOS DE REACCIÓN Y SE ANALIZARÁN LAS POSIBILIDADES DE OBTENCIÓN, A ESCALA INDUSTRIAL, DE LOS NUEVOS PRODUCTOS QUÍMICOS QUE DEL BOMBARDEO SE PUEDAN DERIVAR.

SE SABE QUE EN ALGUNOS PAÍSES CON FUERTES INTERESES PETROLEROS SE ESTÁ EFECTUANDO, DESDE HACE POCOS AÑOS, UNA INVESTIGACIÓN INTENSA EN ESTE SENTIDO. SIN EMBARGO, LA INFORMACIÓN PUBLICADA AL RESPECTO ES CASI NULA Y SE CREE QUE ASÍ CONTINUARÁ DEBIDO A LAS GRANDES REPERCUSIONES ECONÓMICAS QUE REPRESENTARÍA, NO SÓLO PARA UNA INDUSTRIA, SINO PARA TODO UN PAÍS, EL DESCUBRIMIENTO DE UN NUEVO PROCESO DE REFINACIÓN O DE NUEVOS MATERIALES DE LA PETROQUÍMICA OBTENIDOS CON BASE EN MÉTODOS DE IRRADIACIÓN.

HA SIDO REPORTADO (12) UN ESTUDIO MUY INTERESANTE SOBRE IRRADIACIÓN DE GASES DE HIDROCARBUROS EN EL QUE SE HICIERON, ENTRE OTROS BOMBARDEOS, EL DEL METANO, NEOPENTANO Y ETILENO, ASÍ COMO ALGUNAS MEZCLAS DE ESTOS GASES. DE LOS RESULTADOS DEL BOMBARDEO DEL METANO, QUE ES EL HIDROCARBURO MÁS SIMPLE, SE PUEDE VISLUMBRAR LO COMPLICADOS QUE PUEDEN SER LOS RESULTADOS DE UNA IRRADIACIÓN SOBRE UN PETRÓLEO CRUDO, EN CUYA COMPOSICIÓN INTERVIENEN CADENAS DE CUARENTA, CINCUENTA Y AÚN MÁS CARBONOS.

EL METANO SOMETIDO A BOMBARDEO DE ELECTRONES DE 1.7 MeV PRODUCE, SEGÚN EL ESTUDIO ARRIBA MENCIONADO:

COMPUESTO	SÍMBOLO	VALOR G
METANO	$\text{CH}_4$	-7.6
H MOLECULAR	$\text{H}_2$	5.7
ETANO	$\text{C}_2\text{H}_6$	2.1
PROPANO	$\text{C}_3\text{H}_8$	0.14
BUTANO	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	0.04
ETILENO	$\text{C}_2\text{H}_4$	0.05



ES DECIR, QUE SE FORMAN COMPUESTOS HASTA DE CUATRO CARBONOS (CADE--  
NA ABIERTA) Y TAMBIÉN DE DOBLE LIGADURA. ESTO OCURRE PARA ELECTRONES DE--  
1.7 MeV, PERO SI LA ENERGÍA SE AUMENTA, LO MÁS PROBABLE ES QUE SE INCRE--  
MENTE LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS MÁS COMPLEJOS. TAL INCREMENTO SE VERI--  
FICA HASTA UNA CIERTA ENERGÍA, PORQUE TAMBIÉN PUEDE PRODUCIRSE, A CAUSA--  
DEL BOMBARDEO, UNA DEGRADACIÓN DE LOS COMPUESTOS QUE INTERVIENEN EN LA --  
REACCIÓN (13) (14).

LOS RESULTADOS DEL BOMBARDEO DE ETILENO Y NEOPENTANO SON, COMO ES --  
LÓGICO ESPERAR, MUCHO MÁS COMPLICADOS QUE LOS DEL METANO PARA ELECTRONES DE  
LA MISMA ENERGÍA. LA POSIBILIDAD DE OBTENER COMPUESTOS CÍCLICOS A PARTIR  
DE LOS DE CADENA ABIERTA HA SIDO YA COMPROBADA EN ESTE LABORATORIO CON --  
LA IRRADIACIÓN DE UN TECNOL, AL CUAL, DESPUÉS DE SER IRRADIADO, SE LE --  
ANALIZARON SU ABSORCIÓN DE ULTRAVIOLETAS Y SU ÍNDICE DE REFRACCIÓN, Y SE --  
HICIERON ALGUNAS OTRAS PRUEBAS QUÍMICAS QUE REVELARON SU AROMATIZACIÓN:--  
TODAS COINCIDÍAN EN LA CICLIZACIÓN QUE HABÍA PRODUCIDO LA RADIACIÓN.

## II.- ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA COMO ACELERADOR DE ELECTRONES.

PUESTO QUE AL INICIARSE ESTE PROGRAMA LA MÁQUINA SE ENCONTRABA CON TODO EL EQUIPO Y LAS CONEXIONES REQUERIDAS PARA ACELERAR PARTÍCULAS POSITIVAS, FUE NECESARIO LLEVAR A CABO UNA SERIE DE CAMBIOS PARA PODER TRABAJARLA COMO ACELERADOR DE ELECTRONES.

LOS CAMBIOS EFECTUADOS EN EL ACELERADOR FUERON LOS SIGUIENTES: TUBO ACELERADOR, FUENTE DE CORRIENTE, FUENTE DE IONES POSITIVOS, PUNTAS DE CORRIENTE CORONA Y CIRCUITOS EN LA TERMINAL DE ALTO VOLTAJE. EN LA CONSOLA DE CONTROL SÓLO SE ALTERÓ LA LECTURA DE UN MOTOR SELSYN, PUES TODOS LOS DEMÁS CAMBIOS EFECTUADOS EN ESA SECCIÓN SE LIMITARON A DESCONEXIONES DE MEDIDORES, RELACIONADOS CON LOS IONES POSITIVOS.

UNA ADICIÓN IMPORTANTE AL EQUIPO FUE LA COLOCACIÓN, EN EL EXTREMO DE SALIDA DE LOS ELECTRONES ACELERADOS, DE UN SISTEMA "BARREDOR" DE ELECTRONES QUE AYUDARÁ A OBTENER UNIFORMIDAD EN LA DOSIS, INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL HAZ E IMPEDIR SOBRECALENTAMIENTOS PELIGROSOS EN LA LAMINILLA DE SALIDA DE LOS ELECTRONES. VALE LA PENA MENCIONAR QUE ESTE EQUIPO NO ES EL PROPIO DEL ACELERADOR, SINO QUE SE TRATA DEL SISTEMA BARREDOR DEL ACELERADOR DYNAMITRON RECIENTEMENTE ADQUIRIDO POR ESTOS LABORATORIOS.

LOS CAMBIOS QUE VAN A DESCRIBIRSE EN ESTE TRABAJO APARECEN A CONTINUACIÓN; EL RESTO SERÁ EXPUESTO EN UN TRABAJO PARALELO A ÉSTE (15).

### 1) TUBO ACELERADOR.

EL TENER UN ALTO POTENCIAL, YA SEA POSITIVO O NEGATIVO, EN LA TERMINAL DE LA MÁQUINA -ÉSTA CONSISTE EN UN CILINDRO RECTO DE SECCIÓN CIRCULAR REMATADO POR UNA SEMIESFERA Y CONSTRUIDO EL CONJUNTO EN ACERO INOXIDABLE- IMPLICA LA REPULSIÓN DE CARGAS DEL MISMO SIGNO Y LA ATRACCIÓN DE LAS

DE SIGNO CONTRARIO A DICHA TERMINAL.

CON EL OBJETO DE HACER MÁS EFICIENTE EL PROCESO DE ACELERACIÓN DE PARTÍCULAS SE UTILIZAN TUBOS ACELERADORES EVACUADOS, CUYAS FUNCIONES PRINCIPALES SON: ACELERAR UNIFORMEMENTE A LAS PARTÍCULAS Y MANTENERLAS EN TRAYECTORIAS ADECUADAS DETERMINADAS POR LA ÓPTICA DE IONES DE SU DISEÑO. AMBAS FUNCIONES HAN SIDO LOGRADAS UTILIZANDO UN SISTEMA DE PLATOS EQUIPOTENCIALES, O ELECTRODOS, DENTRO DEL TUBO, QUE MANTIENEN DIFERENCIAS DE POTENCIAL CONSTANTES ENTRE UNO Y OTRO SEGÚN EL VOLTAJE DE LA TERMINAL.

SI LA MÁQUINA SE TRABAJA COMO ACELERADOR DE IONES POSITIVOS EL POTENCIAL EN LA TERMINAL DEBERÁ SER POSITIVO Y, EN CONSECUENCIA, LOS ELECTRONES SERÁN ACELERADOS HACIA ELLA A TRAVÉS DEL TUBO, SIMULTÁNEAMENTE A LA ACELERACIÓN DE IONES POSITIVOS EN SENTIDO CONTRARIO.

COMO EN PRINCIPIO EL TUBO ACELERADOR SE ENCUENTRA AL VACÍO  $-1 \times 10^{-5}$  MMHG-, VALE PREGUNTAR DE DÓNDE SALEN ESTOS ELECTRONES QUE, SEGÚN SE HA DICHO, SON ACELERADOS HACIA LA TERMINAL. SU PRESENCIA EN EL TUBO ACELERADOR SE DEBE A DOS FENÓMENOS QUE SE PRODUCEN EN SU INTERIOR: EL PRIMERO CONSISTE EN UNA IONIZACIÓN DEL GAS RESIDUAL POR POCO QUE SEA SIEMPRE EXISTE EN EL TUBO-, PUES SI BIEN LOS VALORES DEL VACÍO A QUE SE TRABAJA SON SUFICIENTEMENTE BUENOS PARA LOS PROPÓSITOS DE ACELERACIÓN DE PARTÍCULAS, ESTÁN MUY LEJOS DE SER VACÍOS "PERFECTOS"; EL SEGUNDO Y MÁS IMPORTANTE POR LO QUE SE REFIERE AL NÚMERO DE ELECTRONES LIBERADOS, SE DEBE A QUE LOS IONES POSITIVOS ACELERADOS EVENTUALMENTE GOLPEAN LOS BORDES DE LOS ELECTRODOS DE ALUMINIO, PRODUCIENDO UNA INTENSA IONIZACIÓN DE SUS ÁTOMOS. ALGUNOS DE ESTOS ELECTRONES VUELVEN A RECOMBINARSE DENTRO DEL ALUMINIO, PERO LA MAYORÍA QUEDAN LIBRES EN EL HUECO DEL TUBO SUJETOS A LA ACCIÓN DEL INTENSO CAMPO POSITIVO DE LA TERMINAL.

AL SER FRENADOS EN EL MATERIAL DE LA TERMINAL DE ALTO VOLTAJE, -  
LOS ELECTRONES EMITEN RADIACIÓN X DE MAYOR O MENOR ENERGÍA. ESTA DEPEN  
DE DEL LUGAR EN QUE FUERON INICIALMENTE PRODUCIDOS AQUELLOS, YA QUE --  
ESO, A SU VEZ, DETERMINA LA DIFERENCIA DE POTENCIAL A TRAVÉS DE LA QUE  
FUERON ACCELERADOS Y, CONSECUENTEMENTE, SU ENERGÍA. OBVIAMENTE TAMBIÉN -  
DEPENDEN DEL MATERIAL EN QUE FUERON FRENADOS LOS ELECTRONES: ALUMINIO,  
EN ESTE CASO.

LA RADIACIÓN X PRODUCIDA EN GRANDES CANTIDADES SIGNIFICA UN GRA  
VE RIESGO PARA EL PERSONAL QUE TRABAJA CON EL ACCELERADOR, ASÍ COMO PA-  
RA CIERTAS PARTES DEL ACCELERADOR MISMO, POR LO CUAL, Y CONCRETAMENTE -  
EN EL CASO DE TRABAJAR LA MÁQUINA COMO ACCELERADOR DE PARTÍCULAS POSITIVAS,  
ES NECESARIO EVITAR AL MÁXIMO LA PRODUCCIÓN DE RAYOS X DE ALTA --  
ENERGÍA, TANTO EN LA TERMINAL COMO A LO LARGO DEL TUBO ACCELERADOR.

ESTO HA DADO LUGAR A UN PECULIAR DISEÑO DEL TUBO ACCELERADOR DE-  
IONES POSITIVOS DEL ACCELERADOR TANDEM VAN DE GRAAFF, YA QUE EN GRAN --  
PARTE SU GEOMETRÍA INTERNA ESTÁ PENSADA Y CONSTRUIDA EN FUNCIÓN DE CAMPOS  
ELÉCTRICOS PRODUCIDOS POR ELECTRODOS INCLINADOS QUE IMPIDAN EL VIAJE  
DE LOS ELECTRONES HACIA LA TERMINAL. ES DECIR, QUE EN LUGAR DE IMPEDIR  
LA PRODUCCIÓN DE ELECTRONES DENTRO DEL TUBO ACCELERADOR -COSA IMPOSIBLE  
O CUANDO MENOS SUMAMENTE DIFÍCIL-, SE HA OPTADO POR DESVIAR EL -  
PASO DE ÉSTOS PARA EVITAR TRAYECTORIAS GRANDES Y EN CONSECUENCIA ENERGÍAS  
CONSIDERABLES.

EL TUBO ACCELERADOR DE IONES POSITIVOS DE LA MÁQUINA DE ESTE LA-  
BORATORIO ESTÁ CONSTRUIDO DE LA MANERA SIGUIENTE: LOS PLATOS EQUIPOTENCIALES  
-O ELECTRODOS- DE ALUMINIO PENETRAN EL TUBO ACCELERADOR, O MEJOR  
DICHOS, FORMAN PARTE DE ÉSTE, CON OBJETO DE GARANTIZAR UN GRADIENTE  
UNIFORME DEL CAMPO ELÉCTRICO A TRAVÉS DEL CUAL SON ACCELERADOS LOS IONES  
POSITIVOS; PLATOS CUYA SECCIÓN ES UNA CORONA Y CUYO CORTE TRANSVERSAL



SAL APARECE EN LA FIG. 1<sup>†</sup>. COMO SE PUEDE VER, EL PLATO EQUIPOTENCIAL PENETRA HORIZONTALMENTE AL TUBO A TRAVÉS DE UNA "GARGANTA" DEL "KOVAR" - DE QUE ESTÁ HECHO, CURVÁNDOSE DESPUÉS HACIA ABAJO, PARA, FINALMENTE, - TERMINAR EN OTRO PEQUEÑO TRAMO HORIZONTAL. SE MUESTRAN ESQUEMÁTICAMENTE UNOS IONES POSITIVOS INCIDIENDO SOBRE LOS BORDES DE LOS PLATOS, LOS ELECTRONES QUE PRODUCEN POR IONIZACIÓN, Y, PUNTEADAS, ALGUNAS DE SUS - POSIBLES TRAYECTORIAS. SE INFIERE TAMBIÉN DE LA FIGURA, QUE CON TAL GEOMETRÍA EN LOS PLATOS ES MÁS DIFÍCIL QUE UN ION POSITIVO, O UN ELECTRÓN LIBRE, PUEDAN GOLPEAR LAS PAREDES DE VIDRIO DEL TUBO, QUE SI ELLOS TUVIERAN UNA GEOMETRÍA COMPLETAMENTE PLANA.

ES MUY IMPORTANTE IMPEDIR EL GOLPETEO DE IONES POSITIVOS, ASÍ - COMO DE ELECTRONES, CONTRA EL VIDRIO DEL TUBO, PORQUE ÉSTO SIGNIFICARÍA UNA ACUMULACIÓN DE CARGAS EN ÉL QUE EVENTUALMENTE SE TRADUCIRÍAN EN - CHISPAZOS DE DESCARGA EN SUS PAREDES HACIÉNDOLO CONDUCTOR, IMPIDIENDO, ASÍ, LOGRAR ALTOS POTENCIALES EN LA TERMINAL Y DAÑÁNDOLO CADA VEZ MÁS, DE TAL MODO QUE PUEDE LLEGAR A PRODUCIRSE, INCLUSO, LA RUPTURA TOTAL.

SI LAS PARTÍCULAS A ACELERAR SON ELECTRONES; ESTO ES, SI LA -- TERMINAL SE HACE NEGATIVA, ENTONCES EL PROBLEMA DE IONES POSITIVOS -- VIAJANDO HACIA EL CÁTODO ES SECUNDARIO, PORQUE, EN PRIMER LUGAR, LOS IONES POSITIVOS AL INTERACCIONAR CON MATERIA PRODUCEN UNA FUERTE IONIZACIÓN PERO NO RADIACIÓN X; Y, EN SEGUNDO, PORQUE LOS ELECTRONES QUE GOLPEAN LOS BORDES DE LOS PLATOS EQUIPOTENCIALES NO SON TAN EFICIENTES SACANDO DE ELLOS IONES POSITIVOS, COMO CUANDO ÉSTOS SACAN ELECTRONES EN EL PROCESO INVERSO. POR TALES MOTIVOS EL TUBO ACELERADOR DE -- ELECTRONES ES DIFERENTE, EN LA GEOMETRÍA DE LOS PLATOS EQUIPOTENCIALES, AL DE IONES POSITIVOS: AQUÍ EL CORTE TRANSVERSAL DE LOS PLATOS -- SÍ ES COMPLETAMENTE PLANO (FIG. 2).

†LAS FIGURAS APARECEN AL FINAL DEL TRABAJO.

POR SUPUESTO QUE EL TUBO ACELERADOR DE IONES POSITIVOS PODRÍA USAR SE PARA ELECTRONES. SIN EMBARGO, HAY DOS FACTORES RELATIVAMENTE IMPORTANTES QUE INFLUYEN EN EL CAMBIO DE UN TUBO POR EL OTRO: A) LA GEOMETRÍA DE LA PARTE SUPERIOR DEL TUBO ACELERADOR DE PARTÍCULAS POSITIVAS ES DISTINTA, YA QUE TIENE DETALLES DE DISEÑO ADECUADOS A LA FUENTE DE IONES POSITIVOS - TALES COMO LA CÁMARA DE INYECCIÓN DE PLASMA Y LA MONTURA EN CORTO CIRCUITO DE LOS TRES PRIMEROS PLATOS EQUIPOTENCIALES PARA APOYAR LALENTE DE ENFOQUE. EN CASO DE UTILIZAR ESTE TUBO COMO ACELERADOR DE ELECTRONES SERÍA NECESARIO INTRODUCIR CAMBIOS RADICALES EN EL DISEÑO. B) LA DIFERENCIA EN PRECIO ENTRE UN TUBO ACELERADOR DE ELECTRONES Y UNO DE PARTÍCULAS POSITIVAS. EL PRIMERO RESULTA MÁS BARATO.

FUE POR ESOS MOTIVOS QUE SE HIZO NECESARIO CAMBIAR EL TUBO ACELERADOR DE ELECTRODOS CURVOS POR UNO DE ELECTRODOS PLANOS.

## 11) FILAMENTO

EL FILAMENTO ES EL ELEMENTO EN QUE FÍSICAMENTE SE PRODUCEN LOS ELECTRONES. SE ENCUENTRA COLOCADO EN EL EXTREMO SUPERIOR DEL TUBO ACELERADOR Y MONTADO EN UN DISPOSITIVO QUE PERMITE MANTENERLO AL MISMO VACÍO QUE EXISTE EN EL INTERIOR DEL TUBO. (VER LA FIG. 3, QUE ES UNA REPRODUCCIÓN DE LA ILUSTRACIÓN QUE APARECE EN EL MANUAL DE INSTRUCCIONES DE LA MÁQUINA).

ORIGINALMENTE ESTE FILAMENTO ESTABA CONSTRUIDO EN TUNGSTENO, PERO ACCIDENTALMENTE SE ROMPIÓ Y HUBO NECESIDAD -NO SE TENÍAN REPUESTOS- DE FABRICARLO EN ESTE LABORATORIO. EL QUE ACTUALMENTE TIENE LA MÁQUINA ES DE RÓDIO, CON LA MISMA FORMA DE "S" QUE TENÍA EL ORIGINAL. LOS RESULTADOS OBTENIDOS HASTA EL PRESENTE SON SATISFACTORIOS, NO OBSTANTE QUE A MEDIDA QUE AUMENTAN SUS HORAS DE TRABAJO, LA CANTIDAD DE ELECTRONES QUE EMITE, POR UNIDAD DE TIEMPO Y DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN, VA DISMINUYENDO. ESTE EFECTO SE ATRIBUYE A UNA LENTA EVAPORACIÓN DEL FILAMENTO, PRODUCTO DEL CALENTAMIENTO AL QUE NECESARIAMENTE HAY QUE SOMETERLO PARA QUE EMITA ELECTRONES -

EN GRAN CANTIDAD. SE IGNORA SI SE PRODUCE EL MISMO EFECTO EN LOS FILAMENTOS DE TUNGSTENO DE FÁBRICA, PUES COMO SE HA DICHO ANTERIORMENTE, NO HUBO OPORTUNIDAD DE EXPERIMENTAR CON EL ORIGINAL Y EN LA LITERATURA NO SE HAN ENCONTRADO REFERENCIAS SOBRE EL PARTICULAR.

NÓTESE QUE EN LA FIG. 3 APARECEN DOS TIPOS DE FILAMENTOS: UNO EN FORMA DE "S" Y OTRO EN FORMA DE "V". LA DIFERENCIA DE FORMA SE DERIVA DE LA FINALIDAD QUE SE PRETENDA DAR AL HAZ. SI LO QUE SE PERSIGUE ES LA IRRADIACIÓN DE MUESTRAS MÁS O MENOS GRANDES, CON LA CONSIGUIENTE UTILIZACIÓN DEL SISTEMA BARREDOR, ENTONCES CONVIENE TENER UNA DISTRIBUCIÓN DE ELECTRONES, EN EL HAZ DE SALIDA, LO MÁS UNIFORME POSIBLE. CON EL FILAMENTO EN FORMA DE "S", DE UN DIÁMETRO APROXIMADO DE 2 MM, SE OBTIENE, A LA ALTURA DE LA LAMINILLA DE TITANIO DEL BARREDOR Y SIN ELEMENTOS ESPECIALES DE ENFOQUE EN SU TRAYECTORIA, UN HAZ DE 3 A 6 MM DE DIÁMETRO Y SUFICIENTEMENTE HOMOGÉNEO EN EL ÁREA CORRESPONDIENTE. OTRA POSIBILIDAD EN LA GEOMETRÍA DEL FILAMENTO PARA LOGRAR ESE PROPÓSITO, ES LA ESPIRAL PLANA QUE UTILIZA EL ACCELERADOR DYNAMITRON, LA QUE POR SU TAMAÑO DARÍA UN HAZ DE SALIDA DEL ORDEN DE 10 MM DE DIÁMETRO.

SI POR EL CONTRARIO, EL HAZ DE ELECTRONES SE QUIERE UTILIZAR COMO ELEMENTO TERAPÉUTICO (17) (18) (19) (20), O ESPECÍFICAMENTE COMO PRODUCTOR DE RAYOS X, ENTONCES LO CONVENIENTE ES OBTENER UNA IMAGEN DEL FILAMENTO LO MÁS ENFOCADA POSIBLE; ES DECIR, DE PREFERENCIA DEBE LLEGARSE A LO PUNTUAL. PARA AYUDAR A CONSEGUIR ÉSTO, SE UTILIZA EL FILAMENTO EN FORMA DE "V" QUE LLEGA A PRODUCIR HACES DE 1 A 3 MM DE DIÁMETRO.

OTRA PARTE MUY IMPORTANTE MOSTRADA POR LA FIG. 3 ES EL ENFOCADOR DE ELECTRONES (FOCUSING CUP), QUE ES UNA PIEZA TAMBIÉN DE ACERO INOXIDABLE, CON SU PARTE INTERIOR CÓNCAVA Y PERFECTAMENTE PULIDA, EN CUYO CENTRO SE HA PRACTICADO UN TALADRO PARA DEJAR PASO AL FILAMENTO.

ESTA PIEZA SE ENCUENTRA AL MISMO POTENCIAL QUE LA TERMINAL DE ALTO VOLTAJE Y EL CAMPO ELÉCTRICO DE SIMETRÍA RADIAL PRODUCIDO EN ESA REGIÓN HACE QUE LOS ELECTRONES SE ENFOQUEN HACIA LA REGIÓN DEL PRIMER ELECTRODO DEL TUBO ACELERADOR. ESTE SE ENCUENTRA A UN POTENCIAL MENOR QUE LA TERMINAL QUE ESTÁ DETERMINADO POR UNA RESISTENCIA DE 1300 M OHMS. LAS OTRAS 42 RESISTENCIAS (COLOCADAS RESPECTIVAMENTE ENTRE LOS PLATOS EQUIPOTENCIALES RESTANTES) SON, EN PROMEDIO, DE 2200 M OHMS CADA UNA. LA DIFERENCIA EN VALOR DE LA PRIMERA RESISTENCIA RESPECTO A LAS DEMÁS, SE DEBE A QUE ES NECESARIO DAR UN VALOR ADECUADO AL CAMPO ELÉCTRICO, EN LA REGIÓN DEL PRIMER PLATO EQUIPOTENCIAL, QUE IMPIDA EL CRUCE (CROSS-OVER) DE LAS TRAYECTORIAS DE LOS ELECTRONES PROVENIENTES DEL FILAMENTO, PARA EVITAR ASÍ, EL MAL ENFOQUE DE LAS PARTÍCULAS.

EL FILAMENTO ES ALIMENTADO POR UNA CORRIENTE ALTERNA PARA CALENTARLO Y HACERLO PRODUCIR ELECTRONES. LA FIG. 4 MUESTRA EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE AL FILAMENTO. UN GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA DE 230 c/s (PHELON 500 WATT-ALT) ALIMENTA EL PRIMARIO DE UN TRANSFORMADOR A 135 V, DE UNO DE CUYOS SECUNDARIOS SE MANDA UNA SEÑAL DE 70 V AL POTENCIÓMETRO DE 500 OHMS, 50 WATTS, QUE ES VARIADO DESDE LA CONSOLA POR MEDIO DE UN SISTEMA DE "SELSYNES" QUE DESCRIBIREMOS MÁS ADELANTE. ESTE POTENCIÓMETRO ALIMENTA AL PRIMARIO DE OTRO TRANSFORMADOR, CUYO SECUNDARIO PUEDE PROPORCIONAR, MÁXIMO, 7.5V A 8A, QUE ES EL QUE DIRECTAMENTE ALIMENTA AL FILAMENTO. EN SERIE SE ENCUENTRA CONECTADO UN AMPERÍMETRO DE 0-10 A; COMO LA ALIMENTACIÓN QUE SE HA ESTADO DANDO AL FILAMENTO NUNCA PASA DE LOS 3 A, EN EL MOMENTO DE HACER LECTURAS DE CORRIENTE A TRAVÉS DEL FILAMENTO SE CONECTA EN SERIE OTRO AMPERÍMETRO MÁS SENSIBLE; DE ÉSTO SE HABLARÁ MÁS ADELANTE.

EL MOTOR "SELSYN" ES UN ELEMENTO QUE PERMITE EL TELECONTROL DE DIFERENTES VARIABLES DE LA MÁQUINA DESDE LA CONSOLA. SU NECESIDAD SE PLAN-

TEA POR LA IMPOSIBILIDAD DE MANEJAR LOS CONTROLES DIRECTAMENTE EN LA MÁQUINA, DEBIDO, FUNDAMENTALMENTE, A QUE LA RADIACIÓN PRODUCIDA EN SU VE- CINDAD INMEDIATA ES SUMAMENTE PELIGROSA Y A QUE ESTÁN EN EL INTERIOR DE UN TANQUE HERMÉTICAMENTE CERRADO QUE PERMITE MANTENER PRESIONES HASTA - DE 400 PSI.

SU NOMBRE SE DERIVA DE LA ABREVIATURA DE LAS PALABRAS INGLESAS --- "SELF-SYNCHRONOUS", CON LA CUAL SE DESIGNAN DISPOSITIVOS QUE OPERAN EN- FASE POR MEDIO DE INTERCONEXIONES ELÉCTRICAS (21). LAS UNIDADES DE RE - CEPCIÓN Y TRANSMISIÓN PUEDEN SER IDÉNTICAS, COMO SUCEDE EN EL CASO DE - ESTE ACCELERADOR. CADA UNA ESTÁ COMPUESTA DE UN ROTOR Y DE UN EMOBINADO SECUNDARIO FIJO. GENERALMENTE EL ROTOR ESTÁ ALIMENTADO POR CORRIENTE MO- NOFÁSICA Y EL SECUNDARIO ES POLIFÁSICO (NORMALMENTE TRES FASES). LOS EM- BOBINADOS MONOFÁSICOS ESTÁN ALIMENTADOS POR UNA FUENTE COMÚN Y LOS POLI- FÁSICOS ESTÁN INTERCONECTADOS EN PARALELO.

LOS ROTORES DE LAS DOS UNIDADES TENDERÁN A REPRODUCIR SUS POSICIO- NES ANGULARES, DE TAL MANERA QUE SI UNO ESTÁ CONECTADO A UN DISPOSITIVO DE MEDICIÓN, EL OTRO DARÁ UNA INDICACIÓN A DISTANCIA DE LA VARIABLE EN- CUESTIÓN. SE HAN OBTENIDO MUY BUENAS REPRODUCCIONES DE LECTURAS INCLUSIVE A VARIOS KILÓMETROS DE DISTANCIA (22).

SI LOS ROTORES ESTÁN EN LA MISMA POSICIÓN ANGULAR, TODOS LOS VOLTA- JES SECUNDARIOS ESTARÁN EN FASE, DE TAL MANERA QUE NO HABRÁ CORRIENTES - SECUNDARIAS INDUCIDAS QUE PRODUZCAN PARES DE FUERZAS. SI UN ROTOR SE DES- PLAZA UN ÁNGULO "A", SU VOLTAJE SECUNDARIO ESTARÁ DEFASADO EL MISMO ÁNGU- LO RESPECTO AL VOLTAJE DEL EMOBINADO SECUNDARIO DEL OTRO MOTOR, LO CUAL PROVOCARÁ UN FLUJO DE CORRIENTES SECUNDARIAS QUE CREARÁN PARES TALES QUE COLOCARÁN A LOS PRIMARIOS EN UNA POSICIÓN ANGULAR IGUAL.

EN LA MÁQUINA SE TIENE UN SELSYN EN LA CONSOLA DE CONTROL QUE ES VA- RIADO MANUALMENTE; SU GEMELO SE ENCUENTRA EN LA BASE DE LA MÁQUINA Y AC-



CIONA W. UNA BARRA DE LUCITA DE APROXIMADAMENTE 1.50 M DE ALTURA, QUE EN SU EXTREMO SUPERIOR ESTÁ CONECTADA AL POTENCIÓMETRO QUE REGULA EL PASO DE CORRIENTE AL FILAMENTO.

NATURALMENTE ES NECESARIO EFECTUAR CALIBRACIONES DE NÚMERO DE VUELTAS DEL SELSYN CONTRA CORRIENTE A TRAVÉS DEL FILAMENTO, PARA PODER TENER EN TODO MOMENTO UNA INDICACIÓN APROXIMADA DE LA CANTIDAD DE CORRIENTE QUE ESTÁ BAJANDO POR EL HAZ. INDICACIONES MÁS EXACTAS DE ESTA CORRIENTE SE OBTIENEN POR MEDIO DE UNA CAJA DE FARADAY QUE COLECTA LOS ELECTRONES QUE SALEN FINALMENTE AL AIRE A TRAVÉS DE LA LAMINILLA DE TITANIO. ES NECESARIO, NO OBSTANTE, EFECTUAR CALIBRACIONES PREVIAS CONTRA UN DOSÍMETRO ABSOLUTO.

A CONTINUACIÓN SE TABULAN LAS DIFERENTES LECTURAS DE VUELTAS DE SELSYN CONTRA CORRIENTE DE FILAMENTO, QUE HAN SIDO OBTENIDAS CADA VEZ QUE SE DESTAPA EL ACELERADOR. DESGRACIADAMENTE NO SE HA TOMADO LOS DATOS DE TIEMPO DE TRABAJO DEL FILAMENTO ENTRE APERTURA Y APERTURA DE LA MÁQUINA, POR LO QUE ESTOS DATOS NO DEBERÁN CONSIDERARSE SINO COMO UN ÍNDICE APROXIMADO DE SU DESGASTE.

EN LA SIGUIENTE SERIE DE LECTURAS, POR PRIMERA VEZ REALIZADA, SE HIZO TAMBIÉN UNA OBSERVACIÓN DIRECTA DEL COLOR DEL FILAMENTO A MEDIDA QUE SE AUMENTABA LA CORRIENTE A TRAVÉS DE ÉL. ESTO SE HIZO CON EL OBJETO DE DETERMINAR APROXIMADAMENTE HASTA QUÉ PUNTO PODRÍA TRABAJARSE EL FILAMENTO SIN CORRER EL RIESGO DE FUNDIRLO, O EVAPORARLO SÚBITAMENTE, POR UNA SOBRECORRIENTE. ASIMISMO SE VERIFICÓ EL VACÍO EN CADA LECTURA; OBSÉRVESE QUE SU VALOR PERMANECE CASI CONSTANTE DURANTE TODAS LAS LECTURAS. ESTA FUE LA PRIMERA VEZ QUE SE TRABAJÓ EL FILAMENTO.

M A Y O 21 - 1964

VUELTAS SELSYN	I FILAMENTO <sup>+</sup> (AMPERES)	VACÍO (MMHG)	COLOR DEL FILAMENTO
03.15	0.30	$1.2 \times 10^{-5}$	ROJO MUY TENUE
04.14	0.60	$1.2 \times 10^{-5}$	ROJO TENUE
05.72	0.90	$1.2 \times 10^{-5}$	ROJO TENUE
07.47	1.20	$1.2 \times 10^{-5}$	ROJO CON CENTRO ANARANJADO
09.00	1.45	$1.2 \times 10^{-5}$	NARANJA INTENSO CON CENTRO AMARILLO
10.43	1.70	$1.1 \times 10^{-5}$	TODO AMARILLO
12.15	2.00	$1.1 \times 10^{-5}$	AMARILLO TOTAL INTENSO
14.10	2.30	$1.1 \times 10^{-5}$	AMARILLO CLARO CON CENTRO TENDIENDO A BLANCO
15.23	2.55	$1.1 \times 10^{-5}$	EMPIEZA A SER BLANCO CON TONO AMARILLO
16.57	2.75	$1.1 \times 10^{-5}$	BLANCO AMARILLENTO
18.13	3.00	$1.1 \times 10^{-5}$	BLANCO AMARILLENTO
19.84	3.15	$1.1 \times 10^{-5}$	BLANCO

+ LAS LECTURAS SE EFECTUARON CON UN AMEPRÍMETRO UNIGOR I, ESCALA DE. 6  
A. AC.

A G O S T O 20 - 1964

VUELTAS SELSYN	I FILAMENTO (AMPERES)
03.15	0.12
04.15	0.21
05.72	0.40
07.47	0.91
09.00	1.19
10.43	1.50
12.45	1.80

VUELTAS SELSYN	I FILAMENTO
14.10	2.00
15.23	2.20
16.57	2.41
18.13	2.65
19.84	2.95
20.50	3.20

SEPTIEMBRE 10 - 1964

01.00	0.00
02.00	0.00
03.00	0.00
04.20	0.10
05.00	0.20
06.00	0.30
07.00	0.45
08.00	0.59
09.00	0.70
10.00	0.82
11.00	0.92
12.15	1.10
13.00	1.20
14.00	1.35
15.00	1.50
16.00	1.62
17.00	1.78
18.00	1.78
19.00	2.05



VUELTAS SELSYN	I FILAMENTO <sup>+</sup>
20.00	2.19
21.00	2.38
22.00	2.43
23.00	2.60
24.00	2.74

<sup>+</sup> LAS LECTURAS SE EFECTUARON CON UN AMPERÍMETRO UNIGOR I, ESCALA DE

6 A AC.

iii) Vacío.

AL TRABAJAR CON PARTÍCULAS ACELERADAS ARTIFICIALMENTE ES INDISPENSABLE HACERLO EN VACÍOS RELATIVAMENTE BUENOS -DEL ORDEN DE  $10^{-5}$  A  $10^{-6}$  MMHG-, YA QUE GENERALMENTE SE TRATA DE TENER HACES DE SALIDA HOMOGÉNEOS EN ENERGÍA Y DE LA MÁXIMA INTENSIDAD POSIBLE.

SI LAS PARTÍCULAS SE ACELERAN EN UN DISPOSITIVO NO EVACUADO, SU FREN INMEDIATAMENTE UN GRAN NÚMERO DE COLISIONES CONTRA LAS MOLÉCULAS DE AIRE, O DE CUALQUIER OTRO MATERIAL, LO QUE IMPIDE, EN CONSECUENCIA, QUE ALCANCEN ENERGÍAS CONSIDERABLES. A PRESIONES DE  $5 \times 10^{-5}$  MMHG LAS PÉRDIDAS POR DISPERSIÓN CON EL GAS RESIDUAL SON CONSIDERABLES Y LA CORRIENTE DEL HAZ DE SALIDA CASI SE PIERDE COMPLETAMENTE.

LOS CAMBIOS EFECTUADOS EN EL SISTEMA DE VACÍO, AL TRANSFORMAR EL ACCELERADOR A ELECTRONES, CONSISTIERON PRINCIPALMENTE EN LA ELIMINACIÓN DE LA PARTE QUE CORRESPONDÍA AL DEFLECTOR MAGNÉTICO, AL BLANCO Y AL ESPECTROGRAFO, LOS CUALES ERAN UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS DE REACCIONES NUCLEARES. EN LUGAR DE ESTOS EQUIPOS, SE INSTALÓ UN CONO BARREDOR DE ELECTRONES.

EL VOLUMEN TOTAL APROXIMADO DEL SISTEMA ACTUAL A EVACUAR ES DE -- 120 LTS DE AIRE. PARA UNA DESCRIPCIÓN MÁS DETALLADA DEL SISTEMA DE VACÍO, SE PUEDEN VER (23) Y (24). LAS BOMBAS UTILIZADAS PARA EVACUAR EL --

SISTEMA SON TRES: UNA BOMBA DE DIFUSIÓN DE MERCURIO DE ALTA VELOCIDAD, CON CAPACIDAD DE 100 LTS/SEG, CON TRAMPA DE AIRE LÍQUIDO ( $T=-196^{\circ}\text{C}$ ), ENFRIADA POR AGUA, CUYO GASTO ES 4.5 LTS/MIN Y CALENTADA POR MEDIO DE RESISTENCIAS CON DISIPACIÓN MÁXIMA DE 1250 WATTS Y CUYO MÁXIMO EQUILIBRIO SE LOGRA A LOS  $10^{-6}$ MMHG. SE ENCUENTRA COLOCADA APROXIMADAMENTE A LA MITAD DEL SISTEMA DE VACÍO Y PUEDE EMPEZAR A FUNCIONAR A PARTIR DE PRESIONES DEL ORDEN DE  $10^{-3}$ MMHG, POR LO CUAL ES SIEMPRE NECESARIO EFECTUAR PREVACÍOS CON UNA BOMBA MECÁNICA QUE SE DESCRIBE MÁS ADELANTE.

EXISTE EN EL SISTEMA DE VACÍO UNA SEGUNDA BOMBA DE DIFUSIÓN DE MERCURIO, CUYO OBJETO ES EVACUAR EFICIENTEMENTE LOS GASES QUE SACA LA BOMBA DE ALTA VELOCIDAD, YA QUE AMBAS ESTÁN CONECTADAS EN SERIE POR MEDIO DE UNA CONEXIÓN U INVERTIDA QUE SIRVE AL MISMO TIEMPO DE TRAMPA. LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTA SEGUNDA BOMBA SON LAS SIGUIENTES: CAPACIDAD 30 LTS/SEG, TRAMPA DE AIRE LÍQUIDO, ENFRIADA POR AGUA CON GASTO DE 4.5 LTS/MIN, CALENTADA POR MEDIO DE RESISTENCIAS CON UNA DISIPACIÓN DE 250 WATTS CONSTANTES Y CUYO MÁXIMO EQUILIBRIO SE LOGRA A LOS  $2 \times 10^{-5}$ MMHG.

LA TERCERA BOMBA ES MECÁNICA, CON UN MOTOR DE 1/4 HP, CAPACIDAD DE 0.2 LTS/SEG Y MÁXIMO EQUILIBRIO A LOS  $10^{-3}$ MMHG.

LA SECUENCIA DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE VACÍO ES LA SIGUIENTE: EN PRIMER LUGAR HAY QUE CONECTAR EL INTERRUPTOR QUE ENERGETIZA A TODO EL SISTEMA ELÉCTRICO; EN SEGUIDA, SE CONECTA LA BOMBA MECÁNICA PARA QUE EFECTÚE EL PREVACÍO NECESARIO, DE TAL MODO QUE PUEDAN FUNCIONAR LAS DE DIFUSIÓN. DEBE PONERSE AIRE LÍQUIDO EN LA TRAMPA Y QUITAR LA PRENSA DE LA MANGUERA QUE CONECTA LA BOMBA MECÁNICA CON LAS DE DIFUSIÓN. SE CONECTA EL MEDIDOR THERMOCOUPLE GAUGE QUE ES EL INDICADOR DE BAJOS VACÍOS, TENIENDO CUIDADO DE QUE LA CORRIENTE DE FILAMENTO EN ÉSTE SEA DE 6.3 A. ES NECESARIO ESPERAR A QUE MARQUE 50 MICROAMPERES, LO CUAL CORRESPONDE A  $10^{-3}$ MMHG.

UNA VEZ QUE SE HA LOGRADO ESE VACÍO, SE PROCEDE A ABRIR LAS DOS VÁL-

VULAS DE WILSON QUE SE ENCUENTRAN EN EL CUERPO DEL SISTEMA DE VACÍO, INMEDIATAMENTE ABAJO DE LA BASE DE LA MÁQUINA. SE PODRÁ OBSERVAR QUE AL ABRIR ESTAS VÁLVULAS -SON LAS QUE INTERCONECTAN TODO EL RESTO DEL SISTEMA-, EL MEDIDOR DEL TERMOPAR BAJARÁ A LECTURAS DE 40-45 MICROAMPERES; ÉSTO ES NORMAL Y SE DEBERÁ RECUPERAR EL VALOR DE 50 MICROAMPERES RÁPIDAMENTE (5 MIN). SI NO SUCEDE ASÍ, SERÁ NECESARIO PENSAR EN ALGUNA FUGA EN EL SISTEMA Y LOCALIZARLA PARA SU REPARACIÓN. POR EJEMPLO, PUEDE SUCEDER QUE AL ABRIR LAS VÁLVULAS DE WILSON LA LECTURA DEL TERMOPAR BAJE HASTA 20 MICROAMPERES, LO CUAL INDICARÁ QUE HAY UNA FUGA CONSIDERABLE EN EL SISTEMA, O BIEN, QUE ÉSTE HA ESTADO VARIOS DÍAS SIN SER EVACUADO.

UNA VEZ ALCANZADA NUEVAMENTE LA LECTURA DE 50 MICROAMPERES, SE DEBERÁ PONER MÁS AIRE LÍQUIDO EN LA TRAMPA DE VACÍO (3 LTS), LA CUAL ES COMÚN A LAS DOS BOMBAS DE DIFUSIÓN. SE CONECTARÁN ÉSTAS Y TAMBIÉN LA BOMBA DE AGUA QUE ALIMENTA AL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE AMBAS, CUIDANDO QUE EL MARCADOR DE PRESIÓN DE LA BOMBA ESTÉ EN 5 Kg/cm<sup>2</sup>, LECTURA QUE DEBERÁ REPETIRSE EN EL MARCADOR DE PRESIÓN CERCANO A LAS BOMBAS, PARA VERIFICAR QUE LA ALIMENTACIÓN SEA CORRECTA.

DEBE ESPERARSE A QUE EL MEDIDOR DEL TERMOPAR MARQUE 195 MICROAMPERES, PARA DESPUÉS ENCENDER EL ION GAUGE, QUE ES EL MEDIDOR FINO DE VACÍO. ACTUALMENTE SE TIENE UNA FALLA EN EL MEDIDOR DEL TERMOPAR, LA CUAL IMPIDE QUE ÉSTE DÉ LECTURAS SUPERIORES A LOS 125 MICROAMPERES, PERO SE HA OBSERVADO QUE CUANDO SE ENCUENTRA EN ESE VALOR, O EN UNO CERCANO, SE PUEDE PROCEDER A CONECTAR EL ION GAUGE. AL CONECTARSE ESTE MEDIDOR DEBE OPRIMIRSE EL BOTÓN QUE DICE TUBE, DEBAJO DEL ION GAUGE SELECTOR, Y CONECTAR EL ALIMENTADOR DEL FILAMENTO, SIN DESCUIDAR QUE AL DARLE INCREMENTOS PARA LLEGAR FINALMENTE A UNA LECTURA DE 4.3 MILIAMPERES, LAS LECTURAS CORRESPONDIENTES AL ION GAUGE NO PASEN DE 10 MICROAMPERES, PUES DE LO CONTRARIO SE CORRE EL RIESGO DE DAÑARLO SERIAMENTE.

EL ION GAUGE EN LA ESCALA DE 1 A 10 MICROAMPERES, DA LAS LECTURAS DIRECTAMENTE EN MMHG POR  $10^{-5}$ . ESTO ES, SI MARCA 5 MICROAMPERES LA LECTURA SERÁ  $5 \times 10^{-5}$  MMHG. POR DEBAJO DE 1 MICROAMPERE LAS LECTURAS ESTARÁN EN LA REGIÓN DE  $10^{-6}$  MMHG; SI PASA DE 10 MICROAMPERES SE ENCONTRARÁ EN EL INTERVALO DE  $10^{-4}$  MMHG, PERO COMO YA SE INDICÓ ANTES, EL MEDIDOR NUNCA DEBERÁ PASAR DE 10 MICROAMPERES. ES CONVENIENTE, AL TRABAJAR CON ELECTRONES, QUE LOS VACÍOS A LOS QUE SE OPERE EL SISTEMA ESTÉN ENTRE 0.5 Y 2.0 MICROAMPERES EN EL ION GAUGE.

EXISTEN EN LA CONSOLA, ADEMÁS DE LOS CONTROLES YA INDICADOS, OTROS "ESPÍAS" DEL VACÍO QUE MARCAN CONSTANTEMENTE Y DE UNA MANERA MUY BURDA LAS CONDICIONES DE VACÍO EN EL SISTEMA. SE TRATA DE DOS BOTONES CORRESPONDIENTES A VACUUM CONDITION: UNO AZUL GOOD Y OTRO ROJO POOR; Y OTRO PAR DE BOTONES, CORRESPONDIENTES A VACUUM PROTECTIVE: UNO AZUL NORMAL Y OTRO ROJO FAILURE.

ADEMÁS DEL BOTÓN DE TUBE, CORRESPONDIENTE AL ION GAUGE SELECTOR, SE TIENEN OTROS DOS, AL LADO, QUE CORRESPONDEN A PUMP Y A EXTENSION Y QUE SON LOS QUE CONECTAN A MEDIDORES IGUALES AL PRIMERO, COLOCADOS EN EL CUERPO DE LA BOMBA DE DIFUSIÓN RÁPIDA Y A LA EXTENSIÓN "HACIA ABAJO" DEL SISTEMA DE VACÍO, O SEA A LA PARTE QUE LLEGA HASTA EL BARREDOR DE ELECTRONES.

LAS MEJORES LECTURAS DE VACÍO, Y AL MISMO TIEMPO LAS MÁS IMPORTANTES, SON LAS DEL TUBO ACELERADOR, POR LO QUE GENERALMENTE ESTE ION GAUGE SE ENCUENTRA CONECTADO A ESE MEDIDOR.

AL DEJAR DE TRABAJAR EL SISTEMA DE VACÍO, LO PRIMERO QUE DEBERÁ HACERSE ES DESCONECTAR EL ION GAUGE, YA QUE DE NO HACERLO ASÍ, CUANDO SE CIERREN LAS VÁLVULAS DE WILSON O SE APAGUEN LAS BOMBAS DE DIFUSIÓN, SU LECTURA PASARÁ RÁPIDAMENTE DE 10 MICROAMPERES. EL SIGUIENTE PASO CONSISTE EN CERRAR LAS VÁLVULAS DE WILSON Y DESCONECTAR LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA A LAS RESISTENCIAS DE LAS BOMBAS DE DIFUSIÓN. EL AGUA SE DEJARÁ EN CIRCULACIÓN HASTA QUE-



AQUELLAS ESTÉN A LA TEMPERATURA AMBIENTE (APROXIMADAMENTE 15-20 MIN), SÓLO HASTA QUE SE ALCANCE TAL TEMPERATURA SE PODRÁ PARAR LA BOMBA DE AGUA. ES CONVENIENTE QUE NO QUEDE MUCHO AIRE LÍQUIDO EN LA TRAMPA. SE COLOCARÁ LA PRENSA EN LA MANGUERA QUE CONECTA LA BOMBA MECÁNICA CON LAS DE DIFUSIÓN Y FINALMENTE SE APAGARÁ AQUÉLLA EN LA CONSOLA DE CONTROL.

#### IV) SISTEMA AISLADOR Y PUNTAS CORONA

EL POTENCIAL DE RUPTURA DEL AIRE SECO "A 15°C Y 760 MMHG" ES DE 30000 VOLTS/CM CUANDO SE UTILIZAN COMO ELECTRODOS DOS ESFERAS METÁLICAS. NATURALMENTE, SI CAMBIA LA GEOMETRÍA DE LOS ELECTRODOS, CAMBIARÁ EL VALOR DEL POTENCIAL DE RUPTURA DEL AIRE A LAS MISMAS CONDICIONES. EL DATO ANTERIOR VARÍA DE MATERIAL A MATERIAL, SEGÚN SUS PROPIEDADES DIELECTRICAS.

EN TODOS LOS ACELERADORES DE PARTÍCULAS QUE TRABAJAN A POTENCIALES ALTOS, EL VALOR DEL POTENCIAL DE RUPTURA DEL AIRE ESTABLECE UN LÍMITE SUPERIOR AL VOLTAJE QUE PUEDA ALCANZAR LA MÁQUINA, DEPENDIENDO DE LA GEOMETRÍA DETERMINADA POR LAS PIEZAS Y PUNTAS CERCANAS A SU TERMINAL DE ALTO VOLTAJE.

EN LOS PRIMEROS INTENTOS QUE SE HICIERON PARA ACELERAR PARTÍCULAS CON POTENCIALES ESTÁTICOS SE UTILIZABAN GRANDES TERMINALES ESFÉRICAS (APROXIMADAMENTE 5 M DE DIÁMETRO), AISLADAS DE TIERRA POR UNA CAPA DEL AIRE CIRCUNDANTE A PRESIÓN ATMÓSFERICA. PARA QUE LA CAPA RESULTARA SUFICIENTEMENTE EFICIENTE, SE TENÍA QUE RECURRIR A ESTRUCTURAS MUY ALTAS (10 M DE ALTURA) Y AÚN ASÍ ERA MUY DIFÍCIL PASAR DE DOS MILLONES DE VOLTS EN LA TERMINAL DE ALTO VOLTAJE. ESTO SE DEBIÓ A QUE LAS PÉRDIDAS POR EFECTO CORONA EN EL AIRE ERAN CONSIDERABLES Y HUBO UNA INFLUENCIA DETERMINANTE DE LA HUMEDAD AMBIENTE, PARTICULARMENTE EN LAS BANDAS.

EL EFECTO CORONA ES LA DESCARGA QUE SUFRE UNA TERMINAL DE ALTO

VOLTAJE AL IONIZAR Y, EN CONSECUENCIA, CONVERTIR EN CONDUCTOR AL GAS QUE SE ENCUENTRA EN SU VECINDAD. SI SE SUPONE QUE SE TIENE UNA TERMINAL DE VOLTAJE A 0.5 MILLONES DE VOLTS, AISLADA DE TIERRA DE ALGUNA MANERA Y CIRCUNDADA POR AIRE; LAS MOLÉCULAS DEL GAS QUE SE ENCUENTRAN SUJETAS A LA ACCIÓN INTENSA DE ESTE CAMPO EN LA VECINDAD DE LA TERMINAL, SE VERÁN PRIMAMENTE POLARIZADAS CON SUS CARGAS POSITIVAS HACIA LA TERMINAL NEGATIVA Y SUS ELECTRONES EN LA DIRECCIÓN OPUESTA; EN SEGUIDA, Y PUESTO QUE EN ESA REGIÓN SE PUEDEN DAR A LAS MOLÉCULAS ENERGÍAS MAYORES QUE 32 eV -QUE ES EL POTENCIAL DE IONIZACIÓN PROMEDIO PARA MUCHOS TIPOS DE MOLÉCULAS (25)-, SE PROVOCARÁ SU IONIZACIÓN Y SE ESTABLECERÁ UN EFLUVIO DE IONES POSITIVOS HACIA LA TERMINAL -QUE LA DESCARGARÁ- Y OTRO DE ELECTRONES HACIA TIERRA.

ADEMÁS DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA QUE SIEMPRE EXISTEN EN LA COLUMNA AISLADORA DE LA TERMINAL, DE LAS PROVOCADAS NECESARIA Y CONTROLADAMENTE PARA ALIMENTAR A LAS RESISTENCIAS QUE DETERMINAN LOS VOLTAJES DE LOS PLATOS EQUIPOTENCIALES Y DE LAS PRODUCIDAS POR LAS CARGAS ACELERADAS EN EL SISTEMA EVACUADO, SE PRODUCEN OTRAS POR EFECTO CORONA, QUE HACEN QUE LOS VOLTAJES ALCANZADOS EN LA TERMINAL SEAN BAJOS; O DICHO DE OTRO MODO, SON LAS PÉRDIDAS QUE PROVOCAN QUE LA CANTIDAD DE CARGA QUE SE ENCUENTRA CONSTANTEMENTE EN LA TERMINAL SEA RELATIVAMENTE POBRE.

COMO EN ÚLTIMA INSTANCIA LO QUE SE DESEA EN UN ACELERADOR ES TENER EL MÁXIMO DE CORRIENTE EN EL HAZ AL MÁXIMO VOLTAJE POSIBLE, ES CLARO QUE SE NECESITAN DISMINUIR LAS PÉRDIDAS POR EFECTO CORONA -EL MÁS IMPORTANTE- Y POR EFECTO DE FUGA A TRAVÉS DE LA COLUMNA AISLADORA, PARA PODER UTILIZAR ESAS CARGAS EN ACELERAR MÁS PARTÍCULAS POR UNIDAD DE TIEMPO.

NO OBSTANTE QUE, EN GENERAL, SE BUSCA REDUCIR AL MÁXIMO LAS PÉRDIDAS POR CORONA, EN TODOS LOS ACELERADORES SE UTILIZA ESA "DESVENTA-

JA" PARA AYUDAR A CONTROLAR Y ESTABILIZAR EL VOLTAJE DE LAS MÁQUINAS (LA ESTABILIZACIÓN PUEDE EFECTUARSE RETROALIMENTANDO PARTE DE LA CORRIENTE-CORONA A LA FUENTE DE CARGA), CON LA CONDICIÓN DE QUE ESTA CORRIENTE ES TÉ MUY BIEN CONTROLADA EN EL ACELERADOR.

PARA ALCANZAR LOS MÁXIMOS VOLTAJES CON LAS MÍNIMAS PÉRDIDAS POR EFECTO CORONA Y LAS MÍNIMAS DIMENSIONES EN LA TERMINAL DE ALTO VOLTAJE, SE HAN LLEVADO A CABO VARIOS EXPERIMENTOS. UNO DE LOS PRIMEROS CONSISTIÓ EN HACER PRUEBAS DE AISLAMIENTO CON AIRE COMPRIMIDO A VARIAS ATMÓSFERAS. AL INCREMENTAR LA PRESIÓN SE INCREMENTA EL NÚMERO DE MOLÉCULAS POR UNIDAD DE VOLUMEN Y LA POSIBILIDAD DE IONIZACIÓN, PARA EL MISMO VOLTAJE, DISMINUYE. ELLO NO OBSTANTE, LAS PRUEBAS EFECTUADAS NO DIERON RESULTADOS SUFICIENTEMENTE SATISFACTORIOS, RAZÓN POR LA CUAL SE PROBARON NUEVOS MATERIALES AISLANTES A VARIAS ATMÓSFERAS DE PRESIÓN Y EN TANQUES CAPACES DE SOPORTARLAS. UNO DE LOS NUEVOS MATERIALES FUE EL HEXAFLUORURO DE AZUFRE, QUE DEMOSTRÓ TENER MUY BUENAS PROPIEDADES AISLANTES (26), PERO CUYO PRECIO, EN AQUELLA ÉPOCA, RESULTABA MUY ELEVADO. EN LA ACTUALIDAD LOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN DE ESTE GAS HAN SIDO REDUCIDOS Y ALGUNOS ACELERADORES LO EMPLEAN PARA EVITAR LAS PÉRDIDAS POR EFECTO CORONA, UNO DE LOS CUALES ES EL ACELERADOR DYNAMITRON.

EL ACELERADOR VAN DE GRAAFF, CON EL CUAL AQUÍ SE TRABAJA, UTILIZA UNA MEZCLA DE DOS GASES INERTES: BIÓXIDO DE CARBONO Y NITRÓGENO, QUE SE ENCUENTRAN MEZCLADOS EN UNA RELACIÓN DE 1:4 RESPECTIVAMENTE. LA PRESIÓN A LA QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DEL TANQUE ES DE 350-375 PSI, QUE SON APROXIMADAMENTE 24.0-25.5 KG/CM<sup>2</sup>. LA VÁLVULA DE SEGURIDAD DEL TANQUE FUNCIONA A 400 PSI.

ES MENESTER CUIDAR DE QUE EL GAS QUE SE INTRODUCE AL TANQUE ESTÉ SUFICIENTEMENTE SECO PARA EVITAR QUE LA PRESENCIA DE UN CIERTO PORCENTAJE DE AGUA BAJE EL POTENCIAL DE RUPTURA DEL GAS Y PROVOQUE DESCARGAS

DE LA TERMINAL DE ALTO VOLTAJE EN FORMA DE CHISPAZOS, LOS CUALES PUEDEN DAÑAR SERIAMENTE AL EQUIPO. PARA EVITAR ESTO, ES NECESARIO EFECTUAR UN PEQUEÑO VACÍO  $-10^{-2}$ MMHG- EN EL TANQUE ANTES DE INTRODUCIR LA MEZCLA DE GASES, CON EL OBJETO DE QUE JUNTO CON EL AIRE QUE SE QUEDA ENCERRADO AL TAPARLO, SALGA TAMBIÉN LA HUMEDAD QUE PUDIERA TENER. DESPUÉS, EN EL MOMENTO DE INTRODUCIR EL GAS, SE HACE PASAR POR UN SISTEMA SECADOR (24) A BASE DE SILICA-GEL Y UNA TRAMPA DE VAPORES, QUE CONSISTE EN UN RECIPIENTE POR EL CUAL ATRAVIESA EL GAS, QUE SE ENCUENTRA SUMERGIDO EN UNA MEZCLA DE CO<sub>2</sub> SÓLIDO Y ACETONA. ESTA PRODUCE UNA TEMPERATURA DE  $-76^{\circ}\text{C}$  QUE CONDENSA AL VAPOR DE AGUA CONTENIDO EN EL GAS, IMPIDIENDO ASÍ QUE LA HUMEDAD PENETRE AL TANQUE A PRESIÓN.

AL EFECTUAR LAS PRIMERAS PRUEBAS CON LA TERMINAL NEGATIVA, SE ENCONTRÓ UN PROBLEMA RELATIVAMENTE GRAVE: LA MÁQUINA SUBÍA DEMASIADA CARGA A LA TERMINAL SIN QUE SE PUDIERA TENER NINGÚN CONTROL SOBRE ELLA. EL RESULTADO FUE QUE LA MÁQUINA DESCARGÓ LA TERMINAL A BASE DE CHISPAZOS CONTRA LAS PUNTAS CORONA, SIN QUE SE PUDIERA LOGRAR UNA ESTABILIDAD NISQUIERA MEDIANA DEL VOLTAJE. EN ESTAS CONDICIONES NO SE PODÍA HACER LA IRRADIACIÓN DE NINGUNA MUESTRA, DEBIDO A LA IMPOSIBILIDAD DE LOGRAR UNA MEDIDA PRECISA DE LA DOSIS A LA QUE SE TRABAJABA Y PORQUE TRABAJAR LA MÁQUINA EN TALES CONDICIONES SIGNIFICABA UN GRAVE RIESGO PARA LAS DELICADAS COMPONENTES EN SU INTERIOR. UNO DE LOS PRINCIPALES RIESGOS ERA EL DE QUE PODRÍA PRODUCIRSE UNA DESCARGA A TRAVÉS DEL TUBO ACCELERADOR, ROMPIÉNDOLO O POR LO MENOS CARBONIZÁNDOLO EN ALGUNA PARTE; Y COMO YA SE DIJO ANTES, CUANDO EL TUBO SE CARBONIZA SE HACE CONDUCTOR Y NO ES POSIBLE LOGRAR ALTOS POTENCIALES EN LA TERMINAL DEBIDO A LA FUGA "NO CONTROLADA" DE CORRIENTE QUE SE PRODUCE A TRAVÉS DE ÉL.

LA PRIMERA TENTATIVA PARA CORREGIR LOS CHISPAZOS DE DESCARGA DE LA MÁQUINA SE BASÓ EN LA SUPOSICIÓN DE QUE EL MOTIVO POR EL CUAL SE PRO



DUCCIÓN ÉSTOS, ERA QUE LAS PUNTAS CORONA RESULTABAN INSUFICIENTES PARA DRE-  
 NAR LA PARTE ADECUADA DE CORRIENTE DE LA TERMINAL, DE TAL MODO QUE ESA -  
 BLECIERA EL EQUILIBRIO ENTRE LA CORRIENTE QUE SUBÍA POR LA BANDA Y LAS CO-  
 RRIENTES DE FUGA

LAS PUNTAS CORONA ESTÁN COLOCADAS EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PARED-  
 VERTICAL DEL TANQUE (EN LA FIG. 5 ESTÁN ESQUEMATIZADAS POR LA FLECHA QUE-  
 PENETRA EL TANQUE Y QUE ESTÁ CONECTADA AL MEDIDOR  $I_{COR}$ ). PARA IONES POSI-  
 TIVOS SE UTILIZAN CUATRO AGUJAS DE FONÓGRAFO MONTADAS EN UNA PIEZA DE ACE-  
 RO INOXIDABLE, QUE ACTÚA COMO PROTECCIÓN DE LAS PUNTAS. ESTA SEGUNDA PIE-  
 ZA TIENE CUATRO TALADROS SIMÉTRICOS RESPECTO DEL POLO DE LA SEMIESFERA, -  
 LOS CUALES DAN PASO A LAS CUATRO AGUJAS RESPECTIVAMENTE. ESTAS SOBRESALEN  
 DEL CASQUETE SEMIESFÉRICO APROXIMADAMENTE MEDIO MILÍMETRO Y TIENEN POR OB-  
 JETO PRODUCIR EFECTO DE PUNTA -INCREMENTAR MUCHAS VECES EL GRADIENTE DEL  
 CAMPO EN ESA REGIÓN- PARA FACILITAR LA IONIZACIÓN DEL GAS EN TAL DIREC --  
 CIÓN Y ASÍ PRODUCIR LA DESCARGA CONTROLADA NECESARIA. CUANDO LA IONIZA --  
 CIÓN ES REPENTINA Y SE PRODUCE UN CHISPAZO DE DESCARGA SOBRE LAS PUNTAS, -  
 NO LOGRA LLEGAR A ELLAS CON TODA SU INTENSIDAD PORQUE LA SEMIESFERA RECI-  
 BE PARTE DE LA DESCARGA. DE CUALQUIER MANERA, DESPUÉS DE UN CIERTO TIEMPO  
 DE TRABAJARLAS, SE ENCUENTRAN CON LAS PUNTAS ACHATADAS POR EL EFECTO CON-  
 TINUADO DE CORONA. ESTO PROVOCA QUE SU EFICACIA DISMINUYA Y ES NECESARIO -  
 REEMPLAZARLAS.

PARA CORREGIR LA DEFICIENCIA DE CORRIENTE DE CORONA EN LA MÁQUINA, -  
 SE DECIDIÓ CAMBIAR EL SISTEMA DE CUATRO PUNTAS UTILIZADO PARA IONES POSI-  
 TIVOS, POR UNO DE APROXIMADAMENTE MIL PUNTAS, CUANDO LA TERMINAL SE MANE-  
 JA CON CARGA NEGATIVA, QUE PERMITIERA TENER UNA CORRIENTE DE FUGA MUCHO -  
 MÁS GRANDE Y, EN CONSECUENCIA, UN CONTROL REALMENTE FINO DE LA ESTABI- -  
 LIDAD DEL VOLTAJE EN LA TERMINAL. LAS PUNTAS DEBERÍAN ESTAR MONTADAS EN LA-  
 MISMA FORMA QUE LAS ANTERIORES, CON LA SALVEDAD DE QUE TRATÁNDOSE DE TAN-

TAS, NO HABRÍAN DE PRACTICARSE IGUAL NÚMERO DE TALADROS EN EL CASQUETE HE MISFÉRICO SINO QUE ESTARÍAN TODAS EN UN TALADRO DE TRES CENTÍMETROS DE -- DIÁMETRO, CUYO CENTRO COINCIDIRÍA CON EL POLO DE LA SEMIESFERA DE PROTEC- CIÓN, QUE FUE CONSTRUIDA EN ALUMINIO EN LOS TALLERES DE ESTOS LABORATO -- RIOS.

EL NUEVO CONJUNTO DE PUNTAS SE MONTÓ Y SE PROCEDIÓ A HACER PRUEBAS DE ESTABILIDAD DE LA MÁQUINA. LOS CHISPAZOS CONTINUARON PERO AHORA SE LO GRAN ALCANZAR VOLTAJES DE 1.0-1.2 MeV SIN QUE ÉSTOS SE PRODUZCAN. ANTES- SE PRODUCÍAN A CUALQUIER VOLTAJE MAYOR QUE 0.3 MeV. ASIMISMO SE HA LOGRA DO INCREMENTAR CONSIDERABLEMENTE LA CORRIENTE CORONA.

A CONTINUACIÓN SE TABULAN ALGUNAS OBSERVACIONES HECHAS ANTES Y DES PUÉS DEL CAMBIO. ES NECESARIO ACLARAR QUE LAS PUNTAS CORONA, JUNTO CON -- TODO EL DISPOSITIVO EN QUE ESTÁN MONTADAS, PUEDEN SER ACERCADAS O ALEJA- DAS DE LA TERMINAL UNA DISTANCIA DE 10", MEDIANTE UNA MANIVELA, UN TOR - NILLO SINFIN Y UNA BARRA QUE PENETRA AL TANQUE SIN PROVOCAR FUGAS DEL -- GAS A PRESIÓN.

ANTES DEL CAMBIO DE PUNTAS CORONA: SE HICIERON PRUEBAS A RELATIVAS BAJAS PRESIONES DE GAS AISLANTE. EL OBJETO ERA DETERMINAR SI A MENORES PRESIO- NES LA MAYOR CORRIENTE DE EFLUVIO DE TERMINAL A PUNTAS PERMITÍA UNA OPE- RACIÓN ESTABLE DE LA MÁQUINA.

<u>FECHA</u>	<u>VAC.</u>	<u>PRES.</u>	<u>BAR.</u>	<u>C.FIL.</u>	<u>C.CAR.</u>	<u>C.RES.</u>	<u>VOLT.</u>	<u>OBSER.</u>
18/6/64	1.0	230	7"	-	-	-	-	CHISPEÓ
18/6/64	1.0	230	8"	-	-	-	-	CHISPEÓ
26/6/64	1.4	230	7"	2.7	130	18	1.3	CH.A. 1.3 MeV
22/7/64	1.5	210	3"	2.3	190	-	0.8	CH.A. 0.8 MeV
27/7/64	1.1	205	5"	1.5	-	-	0.7	CH.A. 0.2 MeV

CLAVE:

VAC: VACÍO, x 10<sup>-5</sup>MMHG.

PRES: PRESIÓN, PSI.

BAR: DISTANCIA PUNTAS CORONA A TERMINAL, PULGADAS.

C.FIL: CORRIENTE A TRAVÉS DEL FILAMENTO, AMPERES.

C.CAR: CORRIENTE DE CARGA SUBIENDO POR LA BANDA, MICROAMPERES.

C.RES: CORRIENTE POR RESISTENCIAS ENTRE PLATOS EQUIPOTENCIALES, MICROAMP.

VOLT: VOLTAJE MÁXIMO ALCANZADO EN LA TERMINAL, MV.

OBSER: OBSERVACIONES (Ch.= CHISPEÓ).

LOS DATOS ANTERIORES ESTÁN SACADOS DEL LIBRO DE REGISTRO DE LA UNIDAD DE IRRADIACIÓN ELECTRÓNICA DE LOS LABORATORIOS VAN DE GRAAFF, QUE ES EL LUGAR EN DONDE SE HACEN TODAS LAS ANOTACIONES REFERENTES AL EXPERIMENTO EN CUESTIÓN. SE PODRÁ OBSERVAR QUE NO SIEMPRE SE REGISTRARON LOS MISMOS DATOS; ÉSTO SE DEBIÓ A QUE EN TALES EXPERIMENTOS NO SE BUSCABAN VALORES DE CORRIENTE DEL HAZ, CORRIENTE DE RESISTENCIA, ETC. POR EJEMPLO, EN VARIAS DE LAS LECTURAS ANTERIORES LO QUE REALMENTE INTERESABA ERA EL BARRIDO DEL HAZ "DE LO CUAL SE HABLARÁ MÁS ADELANTE".

ELLO NO OBSTANTE, SE PUEDEN SACAR LAS SIGUIENTES CONCLUSIONES DE LOS DATOS DE LA TABLA ANTERIOR: EL ACERCAR O ALEJAR LA BARRA DE PUNTAS-CORONA NO INFLUYE PARA NADA EN LOS CHISPAZOS, PUES A CUALQUIER DISTANCIA QUE SE ENCUENTRE ELLOS SON PRODUCIDOS; TAMBIÉN SE SUGIERE QUE AUMENTANDO LA PRESIÓN PODRÍAN EVITARSE LOS CHISPAZOS, PORQUE SI SE HA DICHO QUE EL TANQUE SOPORTA PRESIONES HASTA DE 400 PSI Y EN ESTA ETAPA SE TRABAJÓ EN EL INTERVALO DE 205-230 PSI, ES POSIBLE QUE ÉSTO INDIQUE UNA FALTA DE AISLAMIENTO "DEBIDO A LA FALTA DE PRESIÓN" Y QUE, EN CONSECUENCIA, EL POTENCIAL DE RUPTURA DEL GAS ESTÉ TAN ABAJO DEL VALOR ADECUADO, QUE A CUALQUIER DISTANCIA DE LAS PUNTAS A LA TERMINAL SE PRODUZCA LA DESCARGA DE TIPO RUPTURA. ESTÁ CLARO QUE MIENTRAS MÁS ALEJADAS ESTABAN LAS PUNTAS DE LA TERMINAL, EL VOLTAJE ALCANZADO ERA MAYOR. NO HAY NADA QUE INDIQUE UNA CIERTA CORRELACIÓN ENTRE LOS CHISPAZOS Y LA CORRIENTE DEL HAZ, QUE NATURALMENTE DEPENDE DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DEL FILAMENTO. EN LA TABLA NO-

APARECEN DATOS SOBRE LA ESTABILIDAD DEL VOLTAJE, PORQUE NO FUERON ANOTADOS EN EL LIBRO DE REGISTRO, PERO SE PUEDE DECIR QUE LA ESTABILIDAD ERA MUY MALA: LAS FLUCTUACIONES EN EL VOLTAJE ERAN RÁPIDAS E INCONTROLABLES Y ALGUNAS VECES LLEGARON A SER DEL 100%.

#### DESPUÉS DEL CAMBIO DE PUNTAS CORONA

DESPUÉS DEL CAMBIO DE PUNTAS SIGUIERON UNA SERIE DE EXPERIMENTOS PARA DETERMINAR SI SE HABÍA LOGRADO LA ESTABILIDAD DEL VOLTAJE. UNO DE ELLOS -EL PRIMERO- CONSISTIÓ EN COMPROBAR SI EL GAS EN EL INTERIOR DEL TANQUE ESTABA SUFICIENTEMENTE SECO, PUES DE NO SER ASÍ, Y A PESAR DE QUE SE HABÍA INCREMENTADO LIGERAMENTE LA PRESIÓN (250 PSI), EL POTENCIAL DE RUPTURA DE LA MEZCLA DE  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  Y VAPOR DE AGUA PODRÍA SER MENOR QUE EL REQUERIDO.

LA MEDICIÓN DEL PUNTO DE ROCÍO O DEW-POINT -QUE ES LA TEMPERATURA A LA QUE SE CONDENSA EL VAPOR DE AGUA (A UNA ATMÓSFERA DE PRESIÓN) CONTENIDO EN UN GAS O EN UNA MEZCLA DE GASES- TUVO QUE SER REALIZADA PARA VERIFICAR QUE LAS CONDICIONES DE HUMEDAD DEL DIELECTRICO PARA ALTOS VOLTAJES EN LA MÁQUINA FUERAN ADECUADAS.

SE RECOMIENDA (24) QUE EL VALOR DEL PUNTO DE ROCÍO PARA LA MEZCLA DE GASES EN LA MÁQUINA SEA DE  $-50^{\circ}\text{C}$  O MENOR; EN LA FIG. 6 APARECE EL CONJUNTO DE APARATOS PARA MEDIRLO. SE TRATA DE UN TERMOPAR FIERRO-CONSTANTAN MARCA UNIGOR 1, QUE SE INTRODUCE EN UN CILINDRO DE ACERO INOXIDABLE EN CUYO INTERIOR SE PONE UNA MEZCLA DE  $\text{CO}_2$  SÓLIDO Y ACETONA; ES DECIR, LA MEZCLA QUE DA LA TEMPERATURA ADECUADA PARA PRODUCIR LA CONDENSACIÓN DEL VAPOR DE AGUA EN EL GAS. ESE CILINDRO, A SU VEZ, ESTÁ MONTADO EN UN RECIPIENTE DE PAREDES TRANSPARENTES, QUE TIENE UNA ENTRADA Y UNA SALIDA PARA EL GAS QUE VIENE DIRECTAMENTE DEL INTERIOR DEL TANQUE DE LA MÁQUINA. LA CARA EXTERIOR DEL CILINDRO ES VISIBLE A TRAVÉS DE LAS PAREDES TRANSPARENTES Y ESTÁ PERFECTAMENTE PULIDA; ÉSTO

ES CON EL OBJETO DE PODER OBSERVAR EL INSTANTE EN QUE EMPIEZA A CONDENSARSE EL VAPOR DE AGUA SOBRE DICHA PARED: SE OBSERVA, ASÍ, QUE SE EMPAÑA LA SUPERFICIE PULIDA. EN ESE MOMENTO SE TOMA LA LECTURA DE LA TEMPERATURA DADA POR EL TERMOPAR, PARA DETERMINAR EL PUNTO DE ROCÍO DEL GAS EN EL INTERIOR DEL TANQUE. A CONTINUACIÓN SE TRANSCRIBE EL REPORTE CORRESPONDIENTE QUE APARECE EN EL LIBRO DE REGISTRO DEL LABORATORIO.

"EL TERMOPAR MIDIÓ EN PROMEDIO  $-82^{\circ}$  (ESCALA RELATIVA). LAS LECTURAS FUERON TOMADAS EN EL MOMENTO EN EL QUE SE EMPEZABA A CONDENSAR VAPOR DE AGUA EN EL CILINDRO HUECO CON LA MEZCLA DE ACETONA Y  $\text{CO}_2$  SÓLIDO. TAMBIÉN SE LEYÓ EN EL MOMENTO EN EL QUE LA CONDENSACIÓN EMPEZABA A DESAPARECER".

"FUE NECESARIO CALIBRAR EL TERMOPAR, PARA LO CUAL SE TOMARON LOS PROMEDIOS DE DOS LECTURAS DE REFERENCIA: LA DEL HIELO  $=0.0^{\circ}\text{C}$  Y LA DEL  $\text{CO}_2$  SÓLIDO  $= -78.51^{\circ}\text{C}$  (27)".

"DESPUÉS DE VARIAS LECTURAS DEL TERMOPAR EN HIELO, EL PROMEDIO FUE DE  $-20^{\circ}$  Y PARA EL  $\text{CO}_2$  SÓLIDO DE  $-88^{\circ}$ ."

"PARA CALCULAR LA TEMPERATURA REAL DEL PUNTO DE ROCÍO SE HIZO LO SIGUIENTE:

A) SUPONER QUE EL TERMOPAR SE COMPORTA LINEALMENTE EN EL INTERVALO DE  $-20^{\circ}$  A  $-88^{\circ}$ . ESTO NO ES ESTRICTAMENTE CIERTO, PERO SE PUEDE CONSIDERAR DENTRO DEL RANGO DE APROXIMACIÓN QUE TUVO TODO EL EXPERIMENTO, QUE ESTUVO LEJOS DE SER "FINO".

B) OBTENER LA ECUACIÓN DE LA SUPUESTA RECTA POR LA QUE SE MOVÍAN LAS LECTURAS DEL TERMOPAR, Y

C) CALCULAR EL VALOR DE UNA LECTURA CORRESPONDIENTE A  $-82^{\circ}$ , SEGÚN ESA RECTA."

(PARA LO SIGUIENTE VER LA FIG.7).



"SEA  $T$  LA TEMPERATURA MEDIDA POR EL TERMOPAR, Y  $t$  LA TEMPERATURA REAL".

"LA ECUACIÓN DE LA RECTA  $t = T(T)$  SE PUEDE OBTENER DE LOS DOS PUNTOS DEL PLANO DADOS POR  $(-20^{\circ}, 0^{\circ}\text{C})$  Y  $(-82^{\circ}, -78.5^{\circ}\text{C})$ , DE DONDE RESULTA QUE

$$t = (78.5/68.0)(T+20)$$

QUE PARA  $T = -20^{\circ}$  DA  $t = 0.0^{\circ}\text{C}$

Y PARA  $T = -88^{\circ}$  DA  $t = -78.5^{\circ}\text{C}$

ENTONCES TENDREMOS QUE PARA  $T = -82^{\circ}$ , QUE ES LA TEMPERATURA QUE NOS INTERESA,  $t = -72^{\circ}\text{C}$ ; EN CONSECUENCIA SE PUEDE DECIR QUE EL GAS ESTÁ SUFICIENTEMENTE SECO."

CON EL EXPERIMENTO ANTERIOR QUEDÓ DEMOSTRADO QUE LOS CHISPAZOS EN LA TERMINAL NO ERAN PRODUCIDOS DEBIDO A LA HUMEDAD DEL GAS AISLANTE, POR LO QUE HUBO DE PENSARSE EN OTRAS CAUSAS.

AL ANTERIOR, SIGUIÓ UNA SERIE DE EXPERIMENTOS ENCAMINADOS A ENCONTRAR LA CAUSA DE LOS CHISPAZOS, HABIDA CUENTA QUE AL MULTIPLICAR EL NÚMERO DE PUNTAS CORONA Y AL DETERMINAR FAVORABLEMENTE EL PUNTO DE ROCÍO DEL GAS AISLANTE "LAS DOS POSIBILIDADES INMEDIATAS DE LA FALLA MENCIONADA", LO SIGUIENTE DEBERÍA TENDER A UNA BÚSQUEDA SISTEMÁTICA DE ELLA.

SE PUEDEN RESUMIR DE LA SIGUIENTE MANERA LAS CARACTERÍSTICAS DE TRABAJO DE LA MÁQUINA EN LA ETAPA QUE SE INDICA:

- A) PRESIÓN DEL GAS AISLANTE 250 PSI.
- B) VACÍO  $1 \times 10^{-5}$  MMHG.
- C) CORRIENTE DE CARGA POR LA BANDA 60-250 MICROAMPERES.
- D) CORRIENTE DE FUGA POR LAS RESISTENCIAS 4-22 MICROAMPERES.
- E) EL HAZ SE HACE VISIBLE AL BOMBARDEAR POLIETILENO O PVC.
- F) LAS PUNTAS CORONA SON APROXIMADAMENTE 1000 Y LA CORRIENTE DE CORONA VARÍA CON EL VOLTAJE DE 5 A 75 MICROAMPERES. SE APLICAN VOLTAJES DE +500 A +9000 VOLTS DE CORRIENTE DIRECTA A DICHAS

- PUNTAS, ASÍ COMO TAMBIÉN , EN ALGUNOS CASOS, A LA SEMIESFERA EN LA QUE ESTÁN MONTADAS, SIN OBTENER RESULTADOS SUSTANCIALMENTE DIFERENTES DE LOS QUE SE OBTIENEN SIN VOLTAJE EN ELLAS.
- G) AL TRABAJAR A 1.2 MeV LAS VARIACIONES DEL VOLTAJE FUERON DE APROXIMADAMENTE  $\pm 0.2$  MV Y EN ALGUNOS CASOS BASTANTE MENORES. DENTRO DE ESTA "ESTABILIDAD" LA MÁQUINA REPENTINAMENTE CHISPEA; A VECES EL SONIDO DEL CHISPAZO, EN EL CUARTO DE CONTROL, ES "SORDO" Y A VECES "CLARO".
- H) CUANDO SE EXTRAJO EL HAZ SE HICIERON PASAR CORRIENTES DE 1 A 3 AMPERES POR EL FILAMENTO DE RODIO Y LAS CONDICIONES DE VACÍO EN EL INTERIOR DEL TUBO NO SE ALTERARON. AL PRINCIPIO, ANTES DE PRODUCIRSE UN CHISPAZO, EL VACÍO EMPEORABA RÁPIDAMENTE DE 1 A  $4 \times 10^{-5}$  MMHG. DESPUÉS YA NO SE OBSERVÓ ÉSTO; ES DECIR, DESPUÉS DEL CAMBIO DE PUNTAS CORONA.
- I) SE TRABAJÓ CON LA BARRA QUE ACERCA Y ALEJA LAS PUNTAS CORONA ENTRE 1" Y 9"; LO ÚNICO QUE SE CONSIGUIÓ FUE AUMENTAR O DISMINUIR EL VOLTAJE MÁXIMO EN LA TERMINAL, PERO NO EVITAR LOS CHISPAZOS.
- J) LAS PUNTAS QUE ALIMENTAN CON CARGAS A LA BANDA ESTÁN A 0.060" DE SEPARACIÓN; LA MALLA COLECTORA DE CARGAS, EN LA PARTE SUPERIOR DE LA BANDA, ESTÁ A 0.013".
- K) LA TENSIÓN EN LA BANDA ES ACTUALMENTE DE 175 LB; SE RECOMIENDAN 200 LB (28).

TODOS LOS DATOS ANTERIORES FUERON MANDADOS A LA HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORPORATION PARA QUE SUGIRIERAN LOS CAMBIOS O LAS ADICIONES REQUERIDAS POR EL EQUIPO. LA RESPUESTA, AUNQUE CON CIERTA CONTROVERSIA ENTRE EL PERSONAL DE LA HVEC, EN SUMA FUE LA SIGUIENTE (29): LAS PUNTAS CORONA, EN EL CASO DE ELECTRONES, DEBEN SER ELIMINADAS COMPLETAMENTE; EN EFECTO, ELLOS EMPEZARON UTILIZANDO TAMBIÉN GRANDES CONJUNTOS DE PUNTAS

CORONA, PERO FINALMENTE SE DIERON CUENTA DE QUE EL FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO DE LA MÁQUINA, EN EL CASO DE ACELERACIÓN DE ELECTRONES, ERA SIN PUNTAS - CORONA; EN LUGAR DE ÉSTO, DEBE TOMARSE UNA FRACCIÓN DE LA SEÑAL PRODUCIDA POR EL VÓLTMETRO GENERADOR (24) Y RETROALIMENTARSE A TRAVÉS DE UN CIRCUITO ADECUADO A LA FUENTE DE CORRIENTE QUE ALIMENTA LAS CARGAS A LA BANDA, DE TAL MANERA QUE SI EN UN MOMENTO DADO LA TERMINAL TIENE UN EXCESO DE CARGA, ESTA SEÑAL HAGA BAJAR LA ALIMENTACIÓN DE LA BANDA, IMPIDIENDO, ASÍ, QUE SE PROVOQUEN GRANDES EXCESOS DE CARGA EN LA TERMINAL, QUE SON LOS QUE PROBABLEMENTE PRODUCEN LA RUPTURA DEL GAS AISLANTE.

ESTAS MODIFICACIONES NO HAN SIDO AÚN EFECTUADAS DEBIDO, PRINCIPALMENTE, A QUE SE HA ESTADO TRABAJANDO EN LA PROTECCIÓN DEL LABORATORIO; SIN EMBARGO, SE ESPERA QUE PRÓXIMAMENTE SE CONSTRUYA E INSTALE EL SISTEMA ESTABILIZADOR PARA INTENTAR LA OPERACIÓN ADECUADA DEL ACELERADOR A MAYORES VOLTAJES.

PARA TERMINAR, SE HABLARÁ BREVEMENTE DE UN PROBLEMA CONECTADO CON LA INESTABILIDAD DE LA MÁQUINA, QUE AUNQUE NO ERA EL PRINCIPAL -LAS DESCARGAS REPENTINAS-, CONTRIBUÍA A ACENTUARLO. EL PROBLEMA CONSISTÍA EN QUE NO HABÍA CONTROL DEL VOLTAJE DESDE LA CONSOLA; PUES RESULTABA QUE AUNQUE SE TUVIERA COMPLETAMENTE SIN EXCITACIÓN A LA FUENTE DE CORRIENTE, SE PRODUCÍA UNA CORRIENTE DE CARGA POR LA BANDA. ESTO PROVOCABA QUE SE LLEGARAN A TENER POTENCIALES HASTA DE 1.5 MV. LA CORRIENTE DE CARGA ERA PRODUCIDA POR FRICCIÓN DE LA BANDA DE MATERIAL AISLANTE CONTRA LOS TAMBORES METÁLICOS QUE LA HACEN GIRAR. EN ESTAS CONDICIONES, LA CANTIDAD DE CARGA EN LA TERMINAL ERA AUMENTADA RÁPIDAMENTE, A PESAR DE LAS FUGAS POR LAS RESISTENCIAS, LAS FUGAS POR EFECTO CORONA -QUE YA SE DIJO QUE ERAN INSUFICIENTES EN UN PRINCIPIO- Y POR LAS PÉRDIDAS A TRAVÉS DE LA COLUMNA AISLADORA. ASÍ, GRANDES VOLTAJES ERAN ALCANZADOS REPENTINAMENTE SIN TENER OPORTUNIDAD DE HACERLOS DISMINUIR, LO CUAL SOLAMENTE PODÍA ---

EFFECTUARSE APAGANDO LA MÁQUINA; ÉSTO CONTRIBUÍA, ASIMISMO, A PROVOCAR -  
LOS CHISPAZOS EN EL INTERIOR DEL TANQUE PRESURIZADO.

APROVECHANDO LA NECESIDAD DE DESTAPAR EL TANQUE PARA EFECTUAR EL -  
CAMBIO DE PUNTAS CORONA, SE HICIERON VARIAS COMPROBACIONES EN EL INTE -  
RIOR DE LA MÁQUINA; UNA DE ELLAS CONSISTIÓ EN AVERIGUAR SI LA FUENTE DE  
CORRIENTE FUNCIONABA CORRECTAMENTE.

LA FUENTE DE CORRIENTE SE ENCUENTRA COLOCADA EN LA BASE DEL TAN -  
QUE PRESURIZADO QUE CONTIENE A LA MÁQUINA; ALCANZA UN VOLTAJE MÁXIMO DE  
40 KV Y ESTÁ AISLADA POR LA MISMA MEZCLA DE  $CO_2$  Y  $N_2$  QUE AISLA A LA TER -  
MINAL DE ALTO VOLTAJE. TRABAJÁNDOLA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA NO DEBE SUBIR  
SE SU VOLTAJE A MÁS DE 5 KV PORQUE SE CORRE EL RIESGO DE ARQUEARLA. EL -  
VOLTAJE SE TRASMITE AL TAMBOR INFERIOR, QUE MUEVE A LA BANDA, POR MEDIO  
DE UN CARBÓN. SE HAN ESQUEMATIZADO EN LA FIG. 8 EL TAMBOR T, EL CARBÓN DE  
CONTACTO "COMO FLECHA QUE LLEGA AL CENTRO DEL TAMBOR" Y EL CIRCUITO DE -  
LA FUENTE.

SE ENCONTRÓ (FIG. 8) QUE UNA DE LAS DOS RESISTENCIAS DE FUGA A TIE -  
RRA "DE 3000 M OHMS CADA UNA" ESTABA ROTA. SE TRATA DE RESISTENCIAS DE  
VALOR MUY ALTO; ESTÁN CONSTRUÍDAS SOBRE UN CILINDRO DE CERÁMICA SOBRE EL  
CUAL SE HA TRAZADO UNA HELICOIDE CON ALGÚN COMPUESTO DE CARBÓN Y SOBRE -  
ELLA UNA CAPA DE ESMALTE PROTECTOR TRANSPARENTE. EN VISTA DE QUE EN EL -  
COMERCIO NO SE ENCUENTRAN NORMALMENTE RESISTENCIAS DE ESTOS VALORES, FUE  
NECESARIO REPARARLA CON UNA SUSTANCIA LLAMADA "CARBÓN X" QUE DIO MAGNÍ -  
FICOS RESULTADOS, PUES EL VALOR DE LA RESISTENCIA SÓLO BAJÓ 300 M OHMS.

DESPUÉS DE LA REPARACIÓN DE LA RESISTENCIA, SE HICIERON PRUEBAS DI -  
RECTAS SOBRE LA CORRIENTE DE CARGA DE LA BANDA "A PRESIÓN ATMOSFÉRICA"  
CORTOCIRCUITANDO LA TERMINAL DE ALTO VOLTAJE A TIERRA A TRAVÉS DE UN MI -  
CROAMPERÍMETRO Y RESULTÓ QUE INCLUSO CON LA RESISTENCIA EN BUEN ESTADO -  
SEGUÍA SIENDO MUY ALTA LA CORRIENTE DE CARGA. LO QUE SUCEDÍA, ERA QUE --

POR LA FRICCIÓN DE LA BANDA CONTRA EL TAMBOR INFERIOR, ÉSTE SE CARGABA POSITIVAMENTE HASTA APROXIMADAMENTE 6000 V, LO QUE PROVOCABA UN EFLUVIO DE IONES NEGATIVOS DE LAS PUNTAS DE CARGA (PC) HACIA LA BANDA; EL MEDIDOR -- LLEGÓ A MARCAR HASTA 40 MICROAMPERES, O SEA QUE POR ESTE EFECTO SE LOGRABA SUBIR UNA CORRIENTE BASTANTE GRANDE A LA TERMINAL; Y AUNQUE NO ERA LA MISMA CORRIENTE QUE CUANDO LA MÁQUINA SE ENCONTRABA PRESURIZADA, DE TODOS MODOS RESULTABA MUY ELEVADA (CUANDO LA MÁQUINA SE ENCUENTRA PRESURIZADA ES MÁS DIFÍCIL LOGRAR LA MISMA CORRIENTE IÓNICA DE CARGA).

AL LLEGAR A LOS 40 MICROAMPERES, EL MICROAMPERÍMETRO SE QUEDABA EN ESA LECTURA O LA DISMINUÍA UN POCO (37 MICROAMPERES). ESTE FENÓMENO SE ATRIBUYÓ AL SIGUIENTE EFECTO: AL ALCANZAR UN VOLTAJE DETERMINADO EL TAMBOR, POR EJEMPLO LOS 6000 V, SE PRODUCÍAN CAIDAS DE POTENCIAL EN LAS RESISTENCIAS DE 2x25 M OHMS, TALES QUE PROVOCABAN LA CONDUCCIÓN DEL TUBO QUE APARECE CONECTADO EN SERIE CON ELLAS. ESTE, MIENTRAS NO CONDUCE, TIENE UNA RESISTENCIA INTERNA INFINITA, PERO EN EL MOMENTO DE CONducIR TOMA UN VALOR FINITO. ENTONCES, LO QUE SUCEDÍA ERA QUE LA CORRIENTE QUE ALMACENABA EL TAMBOR --LA CUAL, OBTIAMENTE, PRODUCÍA EL VOLTAJE QUE REGISTRAMOS--, EN VEZ DE FUGARSE A TIERRA A TRAVÉS DE LAS RESISTENCIAS DE 3000 M OHMS EN SERIE, SE FUGABA A TRAVÉS DEL TUBO PORQUE SU RESISTENCIA INTERNA EN SERIE CON LAS OTRAS CUATRO RESISTENCIAS DE 25 M OHMS Y LA DEL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR RESULTABAN MÁS PEQUEÑAS QUE 6000 M OHMS.

SE CONSIDERÓ ENTONCES NECESARIO PROVOCAR UNA FUGA ADECUADA DE CORRIENTE ANTES DE LLEGAR A LAS RESISTENCIAS DE 3000 M OHMS. PARA CONSEGUIR ÉSTO FUERON CONECTADAS CUATRO RESISTENCIAS EN SERIE --DE 200 M OHMS C/U-- QUE VAN DEL CARBÓN DE CONTACTO A TIERRA, COMO LO MUESTRA LA FIG.9, QUE ES COMO REALMENTE SE ENCUENTRAN AHORA LAS CONEXIONES DE LA FUENTE.

SE REALIZÓ UN EXPERIMENTO PREVIO A LA ADICIÓN DE ESAS RESISTENCIAS CON EL OBJETO DE ESTAR COMPLETAMENTE SEGUROS DE QUE EL EFECTO DES



CRITO ERA EL QUE SE PRODUCÍA. SE CONSIDERÓ QUE SI SE CORTOCIRCUITABA EL TAMBOR A TIERRA, NO DEBERÍA OBSERVARSE NINGUNA CORRIENTE DE CARGA A TRAVÉS DEL MICROAMPERÍMETRO. LA CONEXIÓN SE EFECTUÓ Y SE PUDO VERIFICAR -- QUE EFECTIVAMENTE NO FLUÍA NINGUNA CORRIENTE A LA TERMINAL DE ALTO VOLTAGE.

LA MÁQUINA SE PRESURIZÓ NUEVAMENTE Y EL RESULTADO DE LA CONEXIÓN ANTERIOR FUE QUE EL CONTROL SOBRE EL VOLTAGE ES AHORA MUY BUENO; EL --- MÁXIMO VOLTAGE ALCANZADO POR LA MÁQUINA, SIN EXCITACIÓN DE LA FUENTE DE CORRIENTE, ES AHORA DE 0.025 MV, A DIFERENCIA DE LOS 1.5 MV ALCANZADOS POR FRICCIÓN ANTES DE EFECTUAR LA CONEXIÓN DE LAS NUEVAS RESISTENCIAS.

#### v) SISTEMA BARREDOR DE ELECTRONES

TENER UN HAZ DE ELECTRONES DE POCOS MILÍMETROS DE DIÁMETRO INCIDIENDO CONSTANTEMENTE EN UNA SUPERFICIE METÁLICA OFRECE VARIAS DESVENTAJAS CUANDO SE TRATA DE IRRADIAR, CON ELECTRONES, UN CIERTO MATERIAL. SI LO QUE SE PRETENDE ES IRRADIAR CON RAYOS X, ENTONCES ES CONVENIENTE QUE EL HAZ GOLPEE UNA PEQUEÑA REGIÓN, CON EL OBJETO DE TENER SIEMPRE EL MISMO ÁNGULO SÓLIDO DE RADIACIÓN EN LA MISMA DIRECCIÓN Y MÍNIMA PENUMBRA. LA INCIDENCIA CONSTANTE DE UN HAZ DE ELECTRONES EN UN SOLO PUNTO PROVOCA UN GRAN CALENTAMIENTO DE ESA REGIÓN, POR LO CUAL ES NECESARIO UTILIZAR EN ESTOS CASOS SISTEMAS REFRIGERANTES DEL BLANCO; --- OTRA POSIBILIDAD PARA EVITAR EL CALENTAMIENTO EXCESIVO, ES LA DE UTILIZAR BLANCOS GIRATORIOS REFRIGERADOS, DE TAL MANERA QUE AUNQUE EL HAZ ESTÉ SIEMPRE EN LA MISMA POSICIÓN EL BLANCO NO SEA BOMBARDEADO EN UN SOLO PUNTO; ÉSTO PUEDE LOGRARSE HACIENDO INCIDIR EL HAZ DE ELECTRONES EXCÉNTRICAMENTE SOBRE EL BLANCO GIRATORIO.

LAS DESVENTAJAS PRINCIPALES, SI SE PRETENDE IRRADIAR UNA MUESTRA DADA CON UN HAZ DE ELECTRONES FIJO, SON TRES: a) EL FUERTE CALENTAMIENTO DEL LUGAR EN QUE GOLPEAN LOS ELECTRONES AL SALIR DEL SISTEMA DE

VACÍO AL AIRE (ESTE LUGAR GENERALMENTE ES UNA PEQUEÑA REGIÓN DE UNA DELGADA LAMINILLA METÁLICA QUE PERMITE EL PASO DE LOS ELECTRONES A TRAVÉS DE ELLA, SIN PROVOCARLES UNA PÉRDIDA GRANDE ENERGÍA), EL CALENTAMIENTO PUEDE LLEGAR A FUNDIRLA Y EN CONSECUENCIA ROMPER EL VACÍO EN EL INTERIOR DE LA MÁQUINA. B) SI SE TRATARA DE IRRADIAR UNA MUESTRA DE DIMENSIONES MAYORES QUE LAS DEL HAZ, SERÍA NECESARIO UN SISTEMA -POR EJEMPLO UNA MESA- QUE PUDIERA DAR RÁPIDOS MOVIMIENTOS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES, DE TAL MANERA QUE PUDIERA SER IRRADIADA TODA LA SUPERFICIE DE LA MUESTRA. C) LA EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN DEL HAZ -ÉSTO ES, LA EFICIENCIA CON LA QUE EL HAZ DE ELECTRONES PROVOCA LOS CAMBIOS REQUERIDOS EN UN CIERTO ESPESOR DE LA MUESTRA- ES MÍNIMA, DEBIDO A QUE LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍAS DE LAS PARTÍCULAS DEL HAZ NO ES LA MISMA EN TODA SU SECCIÓN: EN EL CENTRO LAS ENERGÍAS SON MÁXIMAS, MIENTRAS QUE A MEDIDA QUE SE ACERCAN A LA PERIFERIA VAN DISMINUYENDO. ES CLARO, ENTONCES, QUE NO PRODUCIRÁN LOS MISMOS EFECTOS LAS PARTÍCULAS CENTRALES DE MAYOR ENERGÍA, QUE LAS PERIFÉRICAS QUE YA HAN SUFRIDO PÉRDIDAS ENERGÉTICAS POR DISPERSIÓN.

LA MEJOR MANERA DE EVITAR LAS DESVENTAJAS ANTERIORES ES "BARRER" EL HAZ DE ELECTRONES; ES DECIR, PROVOCAR UNA DEFLEXIÓN, A IZQUIERDA Y DERECHA DEL PUNTO DONDE SALE NORMALMENTE, DEL HAZ ELECTRÓNICO CON UNA FRECUENCIA DE BARRIDO RELATIVAMENTE BAJA -1 A 200 c/s. CON ESTE BARRIDO SE SOLUCIONA, EN GRAN PARTE, EL PROBLEMA DEL CALENTAMIENTO DE LA LAMINILLA, PORQUE ASÍ EL HAZ NO GOLPEA CONSTANTEMENTE UN SOLO PUNTO DE ELLA; LA OTRA PARTE DEL PROBLEMA DE CALENTAMIENTO SE SOLUCIONA CON AYUDA DE UN SISTEMA DE VENTILADORES CUYOS FLUJOS ESTÁN DIRIGIDOS DIRECTAMENTE HACIA LA LAMINILLA, PARA QUE DISIPEN RÁPIDAMENTE EL CALOR ABSORBIDO POR ELLA.

EN CUANTO AL PROBLEMA DE LA IRRADIACIÓN DE MUESTRAS DE DIMENSIONES

MAYORES QUE EL DIÁMETRO DEL HAZ, EL BARRIDO PRESENTA TAMBIÉN UNA SOLUCIÓN YA QUE PUEDE HACERSE QUE LA AMPLITUD DEL BARRIDO SEA AJUSTABLE A LA ANCHURA DE LA MUESTRA "SIEMPRE Y CUANDO ÉSTA NO EXCEDA 50 CM DE ANCHURA", EN CUANTO A LA IRRADIACIÓN DE LA MUESTRA A LO LARGO, PUEDEN SER UTILIZADOS SISTEMAS DE TRANSPORTADORES QUE LA HAGAN PASAR POR DEBAJO DEL HAZ, O BIEN CÁMARAS DE REACCIÓN A LAS CUALES SE PUEDE BOMBEAR LOS LÍQUIDOS A IRRADIAR. LA EFICIENCIA DE UTILIZACIÓN ES AUMENTADA CON EL BARRIDO POR LOS SUCEIVOS TRASLAPES DE LAS ÁREAS IRRADIADAS POR EL HAZ EN MOVIMIENTO, SUPONIENDO QUE LA MUESTRA SE ENCUENTRE EN MOVIMIENTO TRANSVERSAL.

POR TALES MOTIVOS FUE NECESARIO ADICIONAR AL EQUIPO DE LA MÁQUINA, CON EL FIN DE PODER IRRADIAR CON ELECTRONES, EL SISTEMA BARREDOR DE ELECTRONES DEL ACCELERADOR DYNAMITRON. ESTE EQUIPO FUE COLOCADO EN UN VAN DE GRAAFF PORQUE AUNQUE NO ES EL PROPIO, ES EL ÚNICO CON EL QUE SE CUENTA ACTUALMENTE EN EL LABORATORIO. SE TRATA DE TRES UNIDADES, -- UNA DE ELLAS TIENE TODOS LOS CIRCUITOS GENERADORES Y AMPLIFICADORES DE UNA SEÑAL ADECUADA; OTRA, ESTÁ FORMADA POR DOS BOBINAS DEFLECTORAS DE ELECTRONES (PRODUCEN CAMPOS MAGNÉTICOS) Y QUE ES ALIMENTADA POR LA PRIMERA UNIDAD; Y LA TERCERA, QUE ES UN CONO CONECTADO AL CUERPO METÁLICO EN DONDE ESTÁN MONTADAS LAS BOBINAS Y EN CUYO EXTREMO OPUESTO SE ENCUENTRA LA DELGADA LAMINILLA QUE SEPARA EL SISTEMA EVACUADO DEL AIRE A PRESIÓN ATMÓSFERICA Y QUE ES LA QUE PERMITE EL PASO DE ELECTRONES A SU TRAVÉS.

LA SEÑAL GENERADA POR LOS CIRCUITOS DEL BARREDOR, ES UNA SEÑAL TRIANGULAR. AL MÁXIMO DE LA SEÑAL CORRESPONDE EL MÁXIMO DE DEFLEXIÓN DEL HAZ, PUESTO QUE TAMBIÉN AL MÁXIMO DE CORRIENTE EN LAS BOBINAS CORRESPONDE EL MÁXIMO DEL CAMPO MAGNÉTICO  $H$  GENERADO POR ELLAS. EL OBJETO DE QUE LA SEÑAL TENGA ESTA FORMA, ES QUE EL HAZ DEFLECTADO RECORRA

ESPACIOS IGUALES EN TIEMPOS IGUALES. DE ESTA MANERA SE LOGRARÁ QUE UNA MUESTRA SEA IRRADIADA CASI UNIFORMEMENTE EN TODA SU SUPERFICIE. SI LA SEÑAL GENERADA FUERA POR EJEMPLO UNA SENOIDE, ENTONCES AL LLEGAR A LOS MÁXIMOS DE DEFLEXIÓN, EL HAZ PERMANECERÍA MÁS TIEMPO QUE CUANDO SE ENCONTRARA RECORRIENDO LA PARTE MÁS "LISA" DE LA SENOIDE, QUE CORRESPONDERÍA AL CENTRO DE LA DEFLEXIÓN TOTAL. LA MUESTRA ENTONCES NO SERÍA IRRADIADA UNIFORMEMENTE, PORQUE SUS BORDES RECIBIRÍAN MÁS DOSIS QUE SU PARTE CENTRAL.

SE EMPEZARÁ CON LA DESCRIPCIÓN DE LOS CIRCUITOS DE QUE ESTÁ COMPUESTO EL SISTEMA BARREDOR, PARA LO CUAL HAY QUE REFERIRSE A LA FIG. 10. SE HARÁ UNA DESCRIPCIÓN PREVIA EN DIAGRAMA DE BLOQUE.

EN PRIMER LUGAR SE TIENE LA FUENTE DE PODER QUE ENERGETIZA A TODOS LOS DEMÁS CIRCUITOS; VIENE DESPUÉS UN SISTEMA DE CUATRO AMPLIFICADORES: AMP 1, AMP 2, AMP 3 Y AMP 4, EN LOS CUALES LA SEÑAL ES FORMADA Y AMPLIFICADA ADECUADAMENTE; ESTE GRUPO ALIMENTA EN SIMETRÍA A LAS DOS RAMAS DE UN AMPLIFICADOR DE PODER QUE ES EL QUE FINALMENTE ENERGETIZA A LAS BOBINAS PRODUCTORAS DEL CAMPO MAGNÉTICO.

LA FUENTE DE PODER ESTÁ CONSTITUIDA POR UN VARIAC T1 QUE ALIMENTA CON 300 V AC A UN GRUPO DE RECTIFICADORES DE SELENIO SRI Y SR2, QUE JUNTO CON DOS CIRCUITOS RC EN PARALELO EFECTÚAN UNA RECTIFICACIÓN INICIAL DE LA SEÑAL; EN SEGUIDA, Y TAMBIÉN EN PARALELO, SE ENCUENTRAN DOS PARES DE TUBOS DE RESISTENCIA VARIABLE VRT1, VRT2, VRT3 Y VRT4 QUE ACTÚAN COMO REGULADORES DE VOLTAJE. LA SEÑAL OBTENIDA FINALMENTE ES DE  $\pm 300$  V DC QUE SIRVE PARA ENERGETIZAR LAS PLACAS DE LOS TUBOS DEL SISTEMA, SALVO LOS DEL AMPLIFICADOR DE PODER. LOS TUBOS DE RESISTENCIA VARIABLE GARANTIZAN QUE EL VOLTAJE SEA EN TODO MOMENTO DEL VALOR APUNTADO; PORQUE SI ÉSTE VARÍA, TODOS LOS PUNTOS DE OPERACIÓN DE LOS TUBOS CAMBIAN Y LA SEÑAL DE SALIDA NO ES LA ADECUADA, YA SEA PORQUE TENGA DIFE-

RENTE AMPLITUD O BIEN PORQUE SALGA DISTORSIONADA, LO CUAL, OBIAMENTE, SE TRADUCE EN UN MAL FUNCIONAMIENTO DEL BARREDOR.

DIRECTAMENTE DE LA LÍNEA DE 115 VOLTS AC, Y CONTROLADOS POR EL INTERRUPTOR SW1, ESTÁN TRES ELEMENTOS: DOS TRANSFORMADORES T4A Y T4B - CUYA FUNCIÓN ES DAR LA CORRIENTE Y EL VOLTAJE ADECUADOS A LOS FILAMENTOS DE LOS TUBOS DE TODO EL SISTEMA (YY' Y ZZ'); Y EL TERCER ELEMENTO QUE ES EL RETRASADOR DE TIEMPO TD1, CUYA FUNCIÓN CONSISTE EN ENERGETIZAR UN RELEVADOR (NO APARECE EN LA FIG. 10) QUE A SU VEZ PERMITE ELEVAR EL POTENCIAL DEL VARIAC. SE TRATA DE UN ELEMENTO TÉRMICO QUE DESPUÉS DE TREINTA SEGUNDOS DE HABER CONECTADO EL INTERRUPTOR PRINCIPAL, PERMITE EL PASO DE CORRIENTE AL RELEVADOR; ESTE ES EL TIEMPO NECESARIO PARA QUE LOS FILAMENTOS DE TODOS LOS TUBOS ESTÉN EMITIENDO. PORQUE SI SE PUDIERAN DAR LOS VOLTAJES REQUERIDOS POR LAS PLACAS ANTES DE QUE LOS FILAMENTOS SE ENCONTRARAN EMITIENDO, LOS TUBOS SE DAÑARÍAN RÁPIDAMENTE; PODRÍA SUCEDER QUE SE CAMBIARAN SUS CARACTERÍSTICAS INTERNAS, CORRIÉNDOSE EN CONSECUENCIA SUS PUNTOS NORMALES DE OPERACIÓN. SE TRATA FUNDAMENTALMENTE DE UN ELEMENTO DE PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS.

EN AMPI ESTÁN LOCALIZADOS DOS ELEMENTOS DIFERENTES: UNO DE ELLOS ES UN OSCILADOR DE TIPO MULTIVIBRADOR ESTABLE DE FRECUENCIA VARIABLE, QUE ES EL GENERADOR DE SEÑALES, Y EL OTRO, ES UN AMPLIFICADOR CONFORMADOR QUE ES EL QUE DA LA FORMA ADECUADA A LAS SEÑALES.

EL MULTIVIBRADOR ESTÁ CONSTRUIDO CON UN TUBO 12AX7, QUE ES UN DOBLE TRIODO, Y CUYAS CONEXIONES ESQUEMÁTICAS SE PUEDEN VER EN LA FIG. 11. AQUÍ LA FRECUENCIA PUEDE SER VARIADA POR MEDIO DE DOS CONTROLES, QUE EN TODO CASO LO QUE HACEN ES VARIAR EL ACOPLAMIENTO ENTRE UN TRIODO Y OTRO; SE TIENE UN CONTROL DISCRETO DE FRECUENCIA, QUE EN LA FIG. 10 CORRESPONDE A FREQUENCY SELECTOR Y EN LA FIG. 11 A LOS CONDENSADORES C1, C2, C3 Y C4; CON ELLOS, SEGÚN ESTÉN CONECTADOS UNO, DOS, TRES O LOS CUATRO EN --



PARALELO, SE PUEDEN OBTENER FRECUENCIAS DE 1, 5, 10 O 20 c/s EN LA SEÑAL GENERADA. EL OTRO CONTROL, QUE ES EL POTENCIÓMETRO FREQUENCY ADJUST. EN LA FIG. 10 Y LA RESISTENCIA VARIABLE EN LA FIG. 11, PERMITE UNA VARIACIÓN CONTÍNUA DE LA FRECUENCIA DE LA SEÑAL GENERADA. ASÍ, SI CON LOS CONDENSADORES SE PUEDE DAR LA GAMA DE FRECUENCIAS ARRIBA APUNTADA, PARA UN CIERTO VALOR DE R, AL VARIAR ÉSTA SE PODRÁN DAR NUEVOS VALORES A LA FRECUENCIA, CUYOS VALORES PODRÍAN SER (CORRESPONDIENTEMENTE A LOS CONDENSADORES CONECTADOS) 3, 9, 15 Y 30 c/s. AL CONTRARIO, SI SE MANTIENE CONECTADO SOLAMENTE EL CONDENSADOR C1, Y SI SE VARÍA EL VALOR DE LA RESISTENCIA R, EL RESULTADO SERÁ QUE LA FRECUENCIA DE LA SEÑAL GENERADA TOMARÁ VALORES CONTÍNUOS ENTRE 1 Y, DIGAMOS, 12 c/s.

LA SEÑAL DE SALIDA DEL MULTIVIBRADOR ES LA SEÑAL DE ENTRADA DEL AMPLIFICADOR CONFORMADOR, QUE POR MEDIO DE CIRCUITOS DIFERENCIADORES O INTEGRADORES PRODUCE UNA SEÑAL PERFECTAMENTE TRIANGULAR DE SALIDA. LA AMPLITUD DE ESTA NUEVA SEÑAL ES DE 6 VPP. (PARA MÁS DETALLES TÉCNICOS RESPECTO DE TODA ESTA DESCRIPCIÓN SE RECOMIENDA VER (30)).

LA SEÑAL DE SALIDA DEL AMPLIFICADOR CONFORMADOR ES INYECTADA A AMP 2, EN DONDE SERÁ AMPLIFICADA LINEALMENTE 10 VECES, OBTENIÉNDOSE ASÍ UNA SEÑAL CUYA AMPLITUD ES IGUAL A 60 VPP. DE AQUÍ, SE HACE PASAR A TRAVÉS DE UN POTENCIÓMETRO QUE PERMITE VARIAR SU AMPLITUD (AMPLITUD ADJ. EN LA FIG. 10) CON ESTE CONTROL SE PUEDE HACER QUE EL HAZ DE ELECTRONES, A LA SALIDA DE LA MÁQUINA SEA BARRIDO DESDE LA AMPLITUD MÍNIMA HASTA LA MÁXIMA, PERMITIENDO ASÍ QUE MUESTRAS DE DIFERENTES ANCHURAS SEAN IRRADIADAS SIN PÉRDIDAS DE ENERGÍA, PROVOCADAS POR MAL APROVECHAMIENTO DE LA DISTANCIA DE BARRIDO DEL HAZ.

LA SEÑAL OBTENIDA EN EL POTENCIÓMETRO DE AJUSTE DE AMPLITUD, ES INTRODUCIDA A DOS AMPLIFICADORES EN SIMETRÍA AMP 3 Y AMP 4, QUE SON DOS SEGUIDORES CATORINOS, CUYA FUNCIÓN CONSISTE EN EFECTUAR UN ACOPLAMIENTO

ADECUADO DE IMPEDANCIAS ENTRE AMP 2 Y LOS AMPLIFICADORES DE PODER, PARA OPTIMIZAR LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ENTRE UN SISTEMA Y OTRO. ESTOS AMPLIFICADORES EN SIMETRÍA ALIMENTAN A LAS DOS RAMAS RESPECTIVAS DEL AMPLIFICADOR DE PODER, CONECTADO EN PUSH - PULL, Y CUYAS RAMAS CONSISTEN, CADA UNA, EN CUATRO DOBLES TRIODOS MODELO 6336, QUE SON LOS QUE PRODUCEN LA AMPLIFICACIÓN DE CORRIENTE. CADA RAMA PUEDE PRODUCIR COMO MÁXIMO 3 AMPERES DE CORRIENTE, PERO SU TRABAJO NORMAL ES DE ALREDEDOR DE 1 AMP. LA SALIDA DEL AMPLIFICADOR DE PODER ES DE 0-25 VPP EN LA SEÑAL TRIANGULAR. ESTA ES ALIMENTADA DIRECTAMENTE A LAS BOBINAS DEFLECTORAS, QUE EN LA FIG. 10 SON MAG1 Y MAG2, Y SON LAS QUE DIRECTAMENTE PRODUCEN EL CAMPO MAGNÉTICO DE 50 GAUSS QUE DEFLECTA A LOS ELECTRONES. A TRAVÉS DE LAS BOBINAS SE ENERGETIZAN LAS PLACAS DE LOS AMPLIFICADORES DE CORRIENTE, CON UN VOLTAJE DIRECTO DE +150 V.

EXISTE UN CONTROL (DEBAJO DE AMP 1 EN LA FIG. 10) DENOMINADO MODE SELECTOR, QUE TIENE POR OBJETO PODER SELECCIONAR ENTRE TRES POSIBILIDADES DE FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO BARREDOR: PRIMERO, EN OFF, SE TIENEN CORRIENTES DIRECTAS DE LA AMPLITUD Y LA CORRIENTE DESEADAS EN AMBAS BOBINAS; SEGUNDO, EN CONT., SE TIENE EL FUNCIONAMIENTO DE BARREDOR DEL SISTEMA (SU FUNCIONAMIENTO NORMAL); Y TERCERO, EN SINGLE, SE PUEDE MANDAR UNA SEÑAL DE CORRIENTE DIRECTA A CUALQUIERA DE LAS DOS BOBINAS POR MEDIO DE UN SEGUNDO CONTROL QUE SE DENOMINA BEAM POSITION; ÉSTO PUEDE SERVIR PARA DEFLECTAR PERMANENTEMENTE EL HAZ A UNA POSICIÓN DETERMINADA, Y TAMBIÉN PARA AJUSTAR LOS LÍMITES DE DEFLEXIÓN CON PRECISIÓN, TANTO DE UNA BOBINA COMO DE LA OTRA.

LAS BOBINAS DEFLECTORAS ESTÁN MONTADAS EN UNA PIEZA DE 20 CM DE ALTO, 37 DE LARGO Y 24 DE ANCHO QUE SE ENCUENTRA CONECTADA EN EL SISTEMA DE VACÍO, POR SU PARTE SUPERIOR, AL TUBO EXTENSIÓN QUE LLEGA A LA VÁLVULA INFERIOR DE WILSON, Y POR SU PARTE INFERIOR, AL CONO DE SA

LIDA DE LOS ELECTRONES. SU INTERIOR, VISTO EN PLANTA, ES RECTANGULAR Y SE ENCUENTRA AL VACÍO CUANDO SE IRRADIA, AL IGUAL QUE EL CONO DE SALIDA. LAS BOBINAS SE ENCUENTRAN COLOCADAS A LO LARGO Y A LO ALTO DEL DISPOSITIVO, DE TAL MANERA QUE EL CAMPO MAGNÉTICO  $H$  QUE PRODUCEN ES PERPENDICULAR A LOS LADOS MAYORES DEL RECTÁNGULO Y, EN CONSECUENCIA, LA DEFLEXIÓN DE LOS ELECTRONES SE EFECTÚA HACIA SUS LADOS MENORES. PARALELAMENTE A ELLOS Y POR LA PARTE EXTERIOR, SE ENCUENTRAN COLOCADAS DOS PIEZAS DE FIERRO, EN FORMA DE U, EN LAS CUALES SE ENCUENTRA UN PEQUEÑO EMBOBINADO; SE TRATA DE UN SISTEMA DE PICK-UPS QUE FUNCIONAN COMO SISTEMA DE SEGURIDAD, YA QUE EL CAMPO PRODUCIDO POR LAS BOBINAS DEFLECTORAS INDUCE PEQUEÑAS CORRIENTES EN ELLOS, LAS CUALES, A SU VEZ, ACCIONAN UN RELLEVADOR QUE ES EL QUE PERMITE EL ENCENDIDO DEL FILAMENTO EN EL ACELERADOR DYNAMITRON. EN LA ACTUALIDAD NO SE ENCUENTRAN FUNCIONANDO ESTOS PICK-UPS EN EL VAN DE GRAAFF. ESTE SISTEMA DE SEGURIDAD IMPIDE QUE EL HAZ SEA BAJADO SI LAS BOBINAS DEFLECTORAS NO ESTÁN FUNCIONANDO, PARA EVITAR ASÍ SOBRECALENTAMIENTOS PELIGROSOS EN LA LAMINILLA DE SALIDA DE LOS ELECTRONES.

EL CONO DE SALIDA (FIG. 12) TIENE 82 CM DE ALTURA, SU BASE MAYOR TIENE 76 CM DE LARGO Y 15 CM DE ANCHO, SU BASE MENOR TIENE 13 CM DE RADIO Y ES LA QUE VA CONECTADA AL DISPOSITIVO EN QUE ESTÁN MONTADAS LAS BOBINAS. POR SU BASE MAYOR ES POR DONDE SALEN AL AIRE LOS ELECTRONES ACELERADOS, A TRAVÉS DE UNA LAMINILLA DE TITANIO DE 60 MICRAS DE ESPESOR Y QUE ESTÁ SUJETA, POR MEDIO DE TORNILLOS, ENTRE DOS PIEZAS METÁLICAS PULIDAS. UNA DE ELLAS ES LA BASE MAYOR DEL CONO, QUE TIENE RANURAS ESPECIALES PARA COLOCAR EL GASKET QUE PERMITE EFECTUAR EL VACÍO Y LA CONTRA ES COMPLETAMENTE LISA CON OBJETO DE COMPRIMIRLOS.

CUATRO VENTILADORES ESTÁN MONTADOS EN UNO DE LOS COSTADOS DE SU BASE MAYOR, CON EL OBJETO DE PROVOCAR UN RÁPIDO ENFRIAMIENTO DE LA LAMINILLA DE TUNGSTENO Y PROLONGAR SU BUEN FUNCIONAMIENTO. LA LAMINILLA SOPOR-

TA CARGAS DE APROXIMADAMENTE UNA TONELADA, REPARTIDA EN SU SUPERFICIE A RAZÓN DE  $1 \text{ kg/cm}^2$ , QUE ES LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA (UN POCO MENOS DE ESTE VALOR EN LA CIUDAD DE MÉXICO, POR LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR), DEBIDO A QUE POR UNA DE SUS SUPERFICIES SE ENCUENTRA EL AIRE A PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y POR LA OTRA EL VACÍO.

LOS CONTROLES DEL SISTEMA BARREDOR ESTÁN COLOCADOS A UN COSTADO DE LA CONSOLA DE CONTROL. SE TRATA DE UN CONJUNTO QUE EN SU PARTE SUPERIOR TIENE 5 MEDIDORES Y DEBAJO DE ELLOS 10 CONTROLES DE LAS DIFERENTES VARIABLES DEL SISTEMA. A CONTINUACIÓN SE EXPLICAN LAS DIFERENTES FUNCIONES DE ESTOS MEDIDORES Y DE LOS CONTROLES RESPECTIVOS.

CONSIDÉRENSE EN PRIMER LUGAR LOS CINCO MEDIDORES; EL PRIMERO DE LA IZQUIERDA CON EL NOMBRE DE SIGNAL, ES UN MEDIDOR DE BALANCE DE LA SALIDA DE LAS DOS BOBINAS. DEBERÁ ENCONTRARSE, A FRECUENCIAS ARRIBA DE LOS 10-15 c/s, COMPLETAMENTE INMÓVIL EN EL CERO DEL MEDIDOR. SI OSCILA MÁS HACIA ALGÚN LADO RESPECTO AL CENTRO, ES NECESARIO CORREGIRLO CON EL POTENCIÓMETRO QUE SE ENCUENTRA DEBAJO DENOMINADO SIGNAL ZERO ADJ.: A FRECUENCIAS BAJAS, MENORES DE 10-15 c/s, SE OBSERVARÁ UNA DEFLEXIÓN DE ESTE MEDIDOR, SIMÉTRICA, A IZQUIERDA Y DERECHA DEL CERO. LA ESCALA ESTÁ EN  $\pm 100$  MICROAMPERES DE CORRIENTE DIRECTA.

LOS SIGUIENTES DOS MEDIDORES, DENOMINADOS OUTPUT 1 Y OUTPUT 2 TIENEN ESCALAS DE 3 AMPS DC, Y MIDEN CORRIENTES QUE SON ALIMENTADAS A LAS BOBINAS. DEBEN ENCONTRARSE BALANCEADOS TAMBIÉN. SU CALIBRACIÓN DEBE EFECTUARSE A 1 A Y A BAJAS FRECUENCIAS SE OBSERVARÁ QUE LAS AGUJAS DE LOS MEDIDORES REALIZAN UN MOVIMIENTO OSCILATORIO, DE LA MISMA FRECUENCIA QUE EL BARRIDO, QUE DEBE IR DESDE 0 HASTA 1 A, DE TAL MODO QUE ESTOS MOVIMIENTOS ESTÉN  $180^\circ$  FUERA DE FASE; ESTO ES, CUANDO UNA AGUJA ESTÉ EN SU MÁXIMO, LA OTRA DEBERÁ ESTAR EN SU MÍNIMO.

MO. LOS DOS POTENCIÓMETROS CORRESPONDIENTES, QUE SE ENCUENTRAN DEBAJO DE ELLOS, D.C. ADJ. 1 Y D.C. ADJ. 2, SON LOS QUE PERMITEN EL MAYOR O MENOR PA- SO DE CORRIENTE A TRAVÉS DE LAS BOBINAS Y EL BALANCE DEBERÁ EFECTUARSE - CON ELLOS.

EL CUARTO MEDIDOR, DENOMINADO TOTAL OUTPUT CURRENT, TIENE UNA ESCA- LA DE 5 A DC Y ES EL INDICADOR DE LA CORRIENTE TOTAL QUE PASA A TRAVÉS DE AMBAS BOBINAS; REALIZA LA SUMA DE LAS DOS CORRIENTES PARCIALES MEDIDAS A- TRAVÉS DE OUTPUT 1 Y OUTPUT 2. EL QUINTO MEDIDOR, DENOMINADO PLATE SUPPLY VOLTS INDICA EL VOLTAJE QUE PROPORCIONAN LOS RECTIFICADORES A LAS BOBINAS Y A LAS PLACAS DE LOS TUBOS DEL AMPLIFICADOR DE PODER, EL CUAL DEBE SER -- DE +150 v.

DE LA PRIMERA HILERA DE CONTROLES YA SE HAN EXPLICADO LOS TRES PRI- MEROS QUE ESTÁN DIRECTAMENTE RELACIONADOS CON LOS MEDIDORES RESPECTIVOS.- EL CUARTO, DENOMINADO FREQ. ADJ. ES EL POTENCIÓMETRO QUE PERMITE LA VARIA- CIÓN DE LA AMPLITUD DE LA SEÑAL, O SEA, DE LA AMPLITUD DE BARRIDO DEL HAZ ELECTRÓNICO. CADA VEZ QUE SE VARÍE ESTE CONTROL, SERÁ NECESARIO VERIFICAR EL BALANCE DE LAS CORRIENTES DE SALIDA DE CADA BOBINA, PORQUE SE DESCOM- PENSAN.

EL PRIMER CONTROL DE IZQUIERDA, DE LA ÚLTIMA HILERA DE CONTROLES, - SE DENOMINA MAIN POWER Y EL EL INTERRUPTOR DE TODOS LOS CIRCUITOS DEL SIS- TEMA BARREDOR. AL PONERSE EN LA POSICIÓN ON, EMPEZARÁN A CALENTARSE LOS - FILAMENTOS DE TODOS LOS TUBOS Y TREINTA SEGUNDOS DESPUÉS SE CERRARÁ EL -- CONTACTO, CONTROLADO POR EL RETRASADOR DE TIEMPO TDI DE LA FIG. 10, QUE - PERMITE ENERGETIZAR A LAS BOBINAS Y A LAS PLACAS DE TODOS LOS TUBOS DEL - AMPLIFICADOR DE PODER. ACTUALMENTE ESTE RETRASADOR TÉRMICO NO FUNCIONA.

EL SEGUNDO CONTROL, SIGNAL POWER, TIENE POR OBJETO CONECTAR AL MUL- TIVIBRADOR, DEL QUE YA TAMBIÉN SE HABLÓ, DE TAL MANERA QUE LA SEÑAL PUEDA SER INMEDIATAMENTE UTILIZADA PARA ALIMENTAR A LAS BOBINAS. DEL TERCER CON



TROL BEAM POSITION, YA SE HABLÓ TAMBIÉN. SIRVE PARA MANDAR UNA SEÑAL DE CORRIENTE DIRECTA A UNA DE LAS DOS BOBINAS, PROVOCANDO ASÍ UNA DE FLEXIÓN CONSTANTE DEL HAZ; SUS DOS POSICIONES, UP Y DOWN, CORRESPONDEN A CADA BOBINA. EL CUARTO CONTROL, FREQ. SELECTOR, ES EL CONTROL DISCRETO DE CAMBIO DE FRECUENCIA Y TIENE POR OBJETO CONECTAR UNO, DOS, TRES O LOS CUATRO CONDENSADORES QUE VARÍAN EL ACOPLAMIENTO ENTRE LOS TUBOS DEL MULTIVIBRADOR ESTABLE, CUYAS CONEXIONES ESQUEMÁTICAS APARECEN EN LA FIG. 10 Y EN LA FIG. 11. A SLOW CORRESPONDEN DOS FRECUENCIAS Y A FAST LAS OTRAS DOS.

EL ÚLTIMO CONTROL, MODE SELECTOR, FUE TAMBIÉN DESCRITO PREVIAMENTE; TIENE TRES POSICIONES SINGLE, OFF Y CONT. LA PRIMERA PERMITE ACCIONAR EL BEAM POSITION, EN LA SEGUNDA FLUYEN CORRIENTES DIRECTAS A TRAVÉS DE LAS DOS BOBINAS Y EN LA TERCERA SE TIENE EL FUNCIONAMIENTO NORMAL DEL BARREDOR CON SEÑALES DE SALIDA TRIANGULARES EN AMBAS BOBINAS.

ABAJO DE TODOS ESTOS MEDIDORES Y CONTROLES SE ENCUENTRA LA PERILLA DE CONTROL DEL VARIAC, QUE SE DENOMINA POWERSTAT Y QUE ES LA QUE PERMITE ELEVARE EL POTENCIAL MEDIDO POR PLATE SUPPLY VOLTS.

### III.- PRUEBAS PRELIMINARES DE UN HIDROCARBURO IRRADIADO.

LOS EXPERIMENTOS EFECTUADOS HASTA AHORA EN LA UNIDAD DE IRRADIACIÓN ELECTRÓNICA DE LOS LABORATORIOS VAN DE GRAAFF, HAN CONSISTIDO EN LA IRRADIACIÓN DE HIDROCARBUROS DEL PETRÓLEO. UNA VEZ DETERMINADAS LA ENERGÍA Y LA CORRIENTE DEL HAZ DE ELECTRONES, LA MUESTRA SE HACE CIRCULAR A TRAVÉS DE UN SISTEMA ADECUADO, DE TAL MANERA QUE SEA EFICIENTEMENTE BOMBARDEADA POR LOS ELECTRONES ACELERADOS.

SE HA PROCURADO MANTENER IGUALES, EN TODAS LAS IRRADIACIONES, LA MAYOR PARTE DE LAS VARIABLES QUE EN ELLA INTERVIENEN. EN GENERAL, DE EXPERIMENTO A EXPERIMENTO, SÓLO SE CAMBIA EL VALOR DE UNA VARIABLE, COMO POR EJEMPLO LA TEMPERATURA O EL PRODUCTO A IRRADIAR; ES ASÍ COMO SE DETERMINAN, CON MÁS FACILIDAD, LAS PROPIEDADES RESULTANTES DEL BOMBARDEO DE CADA MATERIAL.

TANTO LA MUESTRA NO-IRRADIADA COMO LA IRRADIADA SON SOMETIDAS A UNA SERIE DE ANÁLISIS PARA DETERMINAR SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS ANTES Y DESPUÉS DEL BOMBARDEO. ENTRE ÉSTOS SE ENCUENTRAN LA CROMATOGRAFÍA DE GASES, LA ESPECTROSCOPÍA DE RAYOS INFRARROJOS Y ULTRAVIOLETAS, QUE INFORMAN SOBRE EL ANÁLISIS FUNCIONAL ORGÁNICO, Y QUE PROPORCIONAN, ASIMISMO, DATOS SOBRE LA ABUNDANCIA DE CADA GRUPO FUNCIONAL EN LA MUESTRA ANALIZADA. EL ESPECTÓGRAFO DE MASAS AYUDA EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MASAS MOLECULARES DE LOS COMPUESTOS DE QUE ESTÁ FORMADO EL MATERIAL. LA DESTILACIÓN FRACCIONADA Y ALGUNOS OTROS ANÁLISIS QUÍMICOS DAN INFORMACIÓN SOBRE LA CANTIDAD DE NUEVOS COMPUESTOS QUE NO EXISTÍAN ANTES DE LA IRRADIACIÓN, ASÍ COMO DE LOS PORCENTAJES EN QUE FUERON PRODUCIDOS.

SE EFECTÚAN TAMBIÉN PRUEBAS PARA DETERMINAR LOS CAMBIOS EN AL-

GUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL PRODUCTO IRRADIADO; ENTRE ELLAS SE ENCUENTRAN: DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN, DE TENSIÓN SUPERFICIAL Y DE PESO ESPECÍFICO.

MÁS ADELANTE SE TABULAN LOS VALORES OBTENIDOS AL HACER LAS DETERMINACIONES DE ESTAS TRES PROPIEDADES FÍSICAS; SIN EMBARGO, ES NECESARIO HACER UNA ESTIMACIÓN PREVIA DE LA DOSIS RECIBIDA POR EL HIDROCARBURO IRRADIADO QUE SE ANALIZARÁ, PARA CONOCER EL ORDEN DE MAGNITUD DE LA CANTIDAD DE ENERGÍA QUE, EN FORMA DE RADIACIÓN, HA PROVOCADO TALES CAMBIOS.

ANTES DE BOMBARDEAR EL HIDROCARBURO, LOS ELECTRONES DEBEN ATRAVESAR DOS LAMINILLAS DE TITANIO, CADA UNA DE 60 MICRAS DE ESPESOR, EN LAS CUALES SUFREN UNA PÉRDIDA DE ENERGÍA; UNA DE ELLAS CORRESPONDE AL CONO DE SALIDA DEL SISTEMA BARREDOR Y LA OTRA A LA CÁMARA DE REACCIÓN.

SE HA TRABAJADO APROXIMADAMENTE CON UN VOLTAJE DE 1 MV Y UNA CORRIENTE DE 100 MICROAMPERES EN EL HAZ.

SE SABE QUE LOS ELECTRONES CON ENERGÍA DE 1 MeV PENETRAN 0.5 CM EN UNA SUBSTANCIA DE DENSIDAD 1, Y QUE LA PENETRACIÓN ES INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA DENSIDAD DEL PRODUCTO IRRADIADO.

LA EXPRESIÓN, A PRIMERA APROXIMACIÓN, PARA LA PENETRACIÓN ES:

$$P = 0.5 (D_A/D) \text{ CM/MEV} \dots\dots\dots (A).$$

EN DONDE  $D_A$  = DENSIDAD DEL AGUA = 1 GM/CM<sup>3</sup> Y D ES LA DENSIDAD DEL MATERIAL EN QUE INTERESA CONOCER LA PENETRACIÓN (EN GM/CM<sup>3</sup>).

EN EL CASO DEL TI, D = 4.5 GM/CM<sup>3</sup>, SE TIENE:

$$P = 0.5 (1/4.5) = 0.11 \text{ CM/MEV.}$$

PUESTO QUE SE TRABAJA A 1 MEV, LA PENETRACIÓN EN TI SERÁ PRECISAMENTE DE 0.11 CM; SUPO

NIENDO QUE AMBAS LAMINILLAS SE ENCUENTRAN JUNTAS, SE TENDRÁ UN ESPESOR DE 120 MICRAS DE TI. ADEMÁS, SUPONIENDO QUE LA PÉRDIDA DE ENERGÍA ES LINEAL (LO CUAL ES UNA BUENA APROXIMACIÓN PARA ESPESORES PEQUEÑOS) SE TENDRÁ:

$$1100/100 = 120/x.$$

ES DECIR, QUE LOS ELECTRONES PIERDEN UN 10.9% DE SU ENERGÍA INICIAL ANTES DE BOMBARDEAR EL HIDROCARBURO. LA ENERGÍA CON LA QUE REALMENTE SE BOMBARDEA ES DE 891 KeV.

LA POTENCIA ÚTIL DEL HAZ ES EN CONSECUENCIA:

$$W = 0.891 \times 10^6 \text{ (MEV)} \times 100 \times 10^{-6} \text{ (A)} = 89.1 \text{ WATTS}$$

O SEA  $W = 89.1 \times 10^7 \text{ ERG/SEG.}$

EL TIEMPO NORMAL DE IRRADIACIÓN HA SIDO DE 3 HS;

$$\therefore 89.1 \times 10^7 \text{ (ERG/SEG)} \times 3 \times 3600 \text{ (SEG)} = 9622 \times 10^9 \text{ ERGS.}$$

CONSIDEREMOS AHORA LA MASA QUE HA SIDO IRRADIADA. DE LOS DATOS OBTENIDOS CON LA BALANZA DE MOORE-WESTFALL, QUE APARECEN MÁS ADELANTE, SABEMOS QUE LA DENSIDAD PROMEDIO DEL HIDROCARBURO NO-IRRADIADO ES DE 0.8798 GM/CM<sup>3</sup> Y LA DEL IRRADIADO ES DE 0.8823 GM/CM<sup>3</sup>; EL PROMEDIO DE ESTOS VALORES ES DE 0.881 GM/CM<sup>3</sup>. EL VOLUMEN IRRADIADO FUE DE 750 CM<sup>3</sup>; LA MASA ES ENTONCES DE 660 GM:

$$\therefore 9622 \times 10^9 \text{ (ERGS)} \times (1/660) \text{ (GM}^{-1}) = 14.6 \times 10^9 \text{ ERG/GM Y COMO}$$

1 RAD = 100 ERG/GM,

LA DOSIS DADA A ESA MUESTRA FUE DE 146 MEGARADS.

LA PENETRACIÓN DE LOS ELECTRONES EN EL HIDROCARBURO ES, SEGÚN LA FÓRMULA (A):

$$P = 0.5 \times (1/0.881) = 0.56 \text{ CM/MEV}$$

Y COMO LA ENERGÍA EFECTIVA DE BOMBARDEO ES DE 0.891 MeV, SE TENDRÁ FINALMENTE QUE

$$P = 0.56 \text{ (CM/MEV)} \times 0.891 \text{ (MEV)} = 0.497 \text{ CM}$$

EN ESE HIDROCARBURO.

PUEDE DECIRSE AHORA QUE LOS CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS -

QUE ANOTAREMOS EN SEGUIDA, SE DEBEN A LA DOSIS DE 146 MEGARADS QUE FUE DADA A LA MUESTRA POR EL HAZ DE ELECTRONES. SE EFECTUARON VARIAS SERIES DE LECTURAS CON UN REFRACTÓMETRO (31), CON UN TENSÍOMETRO (32) Y CON UNA BALANZA MOORE-WESTFALL (33).

AL HACER LAS DETERMINACIONES ANTERIORES SE PERSEGUÍA UN TRIPLE OBJETIVO: HACER LAS CALIBRACIONES NECESARIAS EN TALES APARATOS PARA LOGRAR SU FUNCIONAMIENTO ADECUADO, OBTENER LOS ERRORES EN SUS LECTURAS Y CONOCER LOS CAMBIOS DEL HIDROCARBURO IRRADIADO QUE SE DENOMINARÁ I-5- RESPECTO DEL MISMO HIDROCARBURO NO-IRRADIADO QUE SE DENOMINARÁ N-.

LAS CALIBRACIONES FUERON EFECTUADAS SEGÚN LO INDICAN LOS MANUALES (31) (32) (33). A CONTINUACIÓN SE TABULAN LOS DATOS OBTENIDOS, ASÍ COMO SUS PROMEDIOS Y DESVIACIONES NORMALES, QUE FUERON CALCULADOS SEGÚN LAS FÓRMULAS (34):

$$\bar{x} = (1/N) \sum_{i=1}^H x_i F_i \quad \text{Y} \quad s = \sqrt{(1/N) \sum_{i=1}^H (x_i - \bar{x})^2 F_i}$$

EN DONDE:  $\bar{x}$  = PROMEDIO, S = DESVIACIÓN NORMAL,  $x_i$  = VALOR DE CLASE,  $F_i$  = FRECUENCIA RELATIVA Y N = NÚMERO TOTAL DE EVENTOS.

#### INDICE DE REFRACCION

$$(N_{\text{AIRE}} = 1.0000)$$

N	I-5
1.4848	1.4861
1.4846	1.4861
1.4846	1.4861
1.4845	1.4861
1.4842	1.4862
1.4842	1.4862
1.4843	1.4861



1.4841	1.4860
1.4841	1.4861
1.4843	1.4860
1.4841	1.4860
1.4842	1.4860
1.4841	1.4858
1.4840	1.4860
1.4841	1.4860
1.4840	1.4859
1.4840	1.4858
1.4840	1.4859
1.4840	1.4858
1.4839	1.4859

$$\bar{x} = 1.4843$$

$$s = \pm 0.0002$$

$$\bar{x} = 1.4860$$

$$s = \pm 0.0001$$

LAS MEDICIONES SE HICIERON A  $T = 18^{\circ}\text{C}$ .

EL CAMBIO DE ESTA PROPIEDAD ES SIGNIFICATIVO PUESTO QUE ES MUY SUPERIOR A LA DESVIACIÓN NORMAL OBTENIDA; LA PRECISIÓN ES SATISFACTORIA PARA LO QUE INICIALMENTE TRATA DE DETERMINARSE.

TENSION SUPERFICIAL	
$\bar{M}$	(DINAS/CM)
35.3	35.0
35.4	35.2
35.8	34.9
35.9	34.9
35.6	35.3
35.5	35.3

N	1-5
35.5	35.1
35.1	34.9
35.3	35.1
35.1	34.9
$\bar{x} = 35.5$	$\bar{x} = 35.1$
$s = \pm 0.3$	$s = \pm 0.2$

LAS MEDICIONES SE HICIERON A  $T = 20^{\circ}\text{C}$ .

EN ESTAS DETERMINACIONES EL CAMBIO FUE DEL ORDEN DEL TRASLAPE -- DE LOS VALORES  $s$ , POR LO QUE PUEDE NO SER SIGNIFICATIVO. PROBABLEMENTE EL NÚMERO DE MEDICIONES ES TODAVÍA INSUFICIENTE.

D E N S I D A D  
( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

N	1-5
0.880	0.882
0.880	0.882
0.880	0.882
0.880	0.882
0.880	0.882
0.880	0.882
0.879	0.882
0.880	0.882
0.880	0.882
0.879	0.882
0.879	0.882
0.879	0.882
0.880	0.882
0.880	0.882
0.880	0.882

N	I-5
0.880	0.883
0.880	0.883
0.880	0.883
0.880	0.883
0.880	0.883
$\bar{x} = 0.8798$	$\bar{x} = 0.8823$
$s = \pm 0.0007$	$s = \pm 0.0009$

LAS MEDICIONES SE HICIERON A  $T = 18^{\circ}\text{C}$ .

ESTE CAMBIO ES TAMBIÉN SIGNIFICATIVO.

ES PREMATURO INTENTAR UNA INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS CON LOS INSTRUMENTOS ANTERIORES MIENTRAS NO SE TENGAN LOS RESULTADOS DE LAS OTRAS MEDICIONES QUE TODAVÍA NO SE LLEVAN A CABO.

PUEDE, EMPERO, MENCIONARSE POR LA INSPECCIÓN ÓPTICA DURANTE EL PROCESO, QUE SE PROVOCÓ EL ROMPIMIENTO INMEDIATO Y DURANTE EL BOMBARDEO DE MOLÉCULAS CON LOS ELECTRONES ACELERADOS, Y QUE LA DOSIS DE 146 MEGARADS DADA A LOS  $750\text{ cm}^3$  DEL HIDROCARBURO IRRADIADO, PROVOCÓ CAMBIOS INTERESANTES EN ESTE PRODUCTO.

#### IV. - CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.

SE ANALIZARON LOS DIFERENTES TIPOS DE RADIACIÓN IONIZANTE, SIGUIENDO UN CRITERIO DE APLICACIÓN A PROCESOS INDUSTRIALES. SE CONCLUYÓ QUE SOLAMENTE TRES TIPOS ERAN SUSCEPTIBLES DE TAL APLICACIÓN: LA RADIACIÓN X, LA GAMMA Y LOS HACES DE ELECTRONES ACELERADOS ARTIFICIALMENTE. LA PRIMERA RESULTÓ TENER APLICACIONES MUY RESTRINGIDAS PERO IMPORTANTES; LA SEGUNDA DEBERÁ APLICARSE A PROCESOS EN LOS QUE SE MANEJEN GRANDES ESPESORES DE MATERIAL, YA SEA LÍQUIDO O SÓLIDO, SIEMPRE QUE PRESENTE VENTAJAS MARCADAS SOBRE LOS HACES DE ELECTRONES ACELERADOS ARTIFICIALMENTE, BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE TRABAJO. EN CUANTO A ÉSTOS, SE HIZO VER QUE ERAN LOS QUE TENÍAN EN UN BUEN NÚMERO DE CASOS, UNA APLICACIÓN MÁS VERSÁTIL, DENTRO DEL TERRENO INDUSTRIAL, YA QUE PRESENTAN LA VENTAJA SOBRE LAS DOS ANTERIORES, DE TENER CONCENTRADA TODA SU ENERGÍA EN UN PEQUEÑO HAZ Y, LA VENTAJA SOBRE LA RADIACIÓN GAMMA, DE NO INDUCIR RADIOACTIVIDAD MIENTRAS SE TRABAJE POR ABAJO DE LOS 8 MEV. TIENE LA DESVENTAJA, SIN EMBARGO, DE LA POCA MOVILIDAD DEL EQUIPO, EL CUAL REQUIERE DE INSTALACIONES FIJAS Y, NATURALMENTE, DE LA PROTECCIÓN ADECUADA CONTRA RADIACIÓN.

SE MENCIONA QUE LAS ACTIVIDADES FUNDAMENTALES A DESARROLLAR EN ESTOS LABORATORIOS SE REFERIRÁN A LA INVESTIGACIÓN DE LA PRESERVACIÓN DE ALIMENTOS UTILIZANDO LA IRRADIACIÓN ELECTRÓNICA Y, PROBABLEMENTE, MÉTODOS DE LIOFILIZACIÓN COMBINADOS; POR OTRO LADO, LA RADIÓLISIS DEL PETRÓLEO SERÁ EL OTRO CAMPO DE INVESTIGACIÓN EN EL QUE SE TRABAJARÁ. AMBAS INVESTIGACIONES FORMAN LA PARTE MEDULAR DEL PROGRAMA; SIN EMBARGO, SE INTENTARÁN, EN SU OPORTUNIDAD, ESTUDIOS DE OTRA ÍNDOLE, EN LOS CUALES PUEDA UTILIZARSE LA RADIACIÓN IONIZANTE.

SE REPORTA EL CAMBIO DE UN TUBO ACELERADOR DE PLATOS EQUIPOTENCIALES CURVOS, POR UNO DE PLATOS EQUIPOTENCIALES PLANOS. EL CAMBIO DE-

TUBO SE EFECTUÓ DEBIDO A QUE EL PRIMERO TIENE CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN DIFERENTES AL SEGUNDO, PRINCIPALMENTE EN SU PARTE SUPERIOR, Y TAMBIÉN DEBIDO A QUE EL TUBO ACELERADOR DE ELECTRONES ES MÁS BARATO QUE EL DE IONES POSITIVOS.

SE DESCRIBEN DOS TIPOS DE FILAMENTOS COMO FUENTE DE ELECTRONES, UNO EN FORMA DE "S" Y OTRO EN FORMA DE "V" ANALIZANDO SUS PROPIEDADES ESPECÍFICAS. ES DESCRITO, ASIMISMO, EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CORRIENTE DE CALENTAMIENTO AL FILAMENTO Y, ADJUNTAMENTE, SE EXPLICA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES SELSYN QUE OPERAN COMO SISTEMAS DE TELECONTROL EN EL ACELERADOR. SE TABULAN ALGUNAS LECTURAS DE VUELTAS DEL SELSYN CONTRA CORRIENTE A TRAVÉS DEL FILAMENTO.

SE EXPLICA LA NECESIDAD DE INTRODUCIR UN GAS SECO A PRESIÓN EN EL TANQUE QUE CONTIENE A LA MÁQUINA, PARA PODER ALCANZAR ALTOS VOLTAJES EN LA TERMINAL; SE TRATA TAMBIÉN EL EFECTO CORONA RELACIONADO CON LA OBTENCIÓN DE LOS ALTOS VOLTAJES. SE ANALIZA EL PROBLEMA DE LA INESTABILIDAD DE LA MÁQUINA Y SU RELACIÓN CON LAS DESCARGAS REPENTINAS (CHISPAZOS) DE LA TERMINAL DE ALTO VOLTAJE A LAS PUNTAS CORONA Y AL TANQUE DE LA MÁQUINA Y SE EXPLICAN LAS RAZONES POR LAS QUE FUE NECESARIO CAMBIAR UN SISTEMA DE CUATRO PUNTAS CORONA POR OTRO DE APROXIMADAMENTE 1000 PUNTAS; SE JUSTIFICA LA ADICIÓN DE CUATRO RESISTENCIAS, DE 200 M OHMS CADA UNA, A LA FUENTE DE CORRIENTE QUE ALIMENTA A LA BANDA Y SE TABULAN E INTERPRETAN ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA. SE ANALIZA NUEVAMENTE EL PROBLEMA DE LA INESTABILIDAD DE LA MÁQUINA, DESPUÉS DEL CAMBIO DE PUNTAS CORONA, Y SE SUMARIZAN NUEVAMENTE LOS DATOS DE SU COMPORTAMIENTO BAJO LAS NUEVAS CONDICIONES DE OPERACIÓN; SE REPORTA LA NECESIDAD DE INCLUIR, EN LOS CIRCUITOS DE LA MÁQUINA, UN ESTABILIZADOR DEL VOLTAJE DE LA MISMA, CUYO DISEÑO FUE HECHO EN LA HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORP. SE CONCLUYE QUE EL CAMBIO DE PUNTAS CORONA Y LA MODIFICACIÓN EN LA FUENTE HAN MEJORADO EL FUNCIONAMIENTO DEL ACELERADOR



PERO QUE TODAVÍA NO SE ALCANZAN LAS CONDICIONES ÓPTIMAS, SOBRE TODO POR ARRIBA DE 1.2 MV.

SE INDICAN LAS VENTAJAS DE UTILIZAR UN SISTEMA BARREDOR DE ELECTRONES Y SE HACE UNA EXPLICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DEL SISTEMA BARREDOR DEL ACCELERADOR DYNAMITRON DE LA RADIATION DYNAMICS INC., QUE ES EL QUE ACTUALMENTE SE ENCUENTRA INSTALADO EN EL ACCELERADOR VAN DE GRAAFF. SE INDICA LA MANERA DE PONER EN OPERACIÓN ESTE SISTEMA, EXPLICANDO LAS FUNCIONES DE CADA UNO DE SUS CONTROLES Y MEDI-DORES.

FINALMENTE SE CALCULA LA DOSIS DADA DURANTE TRES HORAS DE IRRADIACIÓN A UN HIDROCARBURO DEL PETRÓLEO, A 1 MeV Y 100 MICROAMPERES, SE CALCULA TAMBIÉN LA PENETRACIÓN DE LOS ELECTRONES EN ESTE MATERIAL. SE TABULAN VALORES DE LAS MEDICIONES DE DENSIDAD, ÍNDICE DE REFRACCIÓN Y TENSIÓN SUPERFICIAL DE UN HIDROCARBURO NO-IRRADIADO, ASÍ COMO LAS DEL MISMO HIDROCARBURO IRRADIADO; SE OBTIENEN LOS PROMEDIOS Y LAS DESVIACIONES NORMALES DE ESOS VALORES, OBSERVÁNDOSE QUE EL ROMPIMIENTO DE LAS CADENAS MOLECULARES DEL HIDROCARBURO, PROVOCADO POR LA IRRADIACIÓN CON ELECTRONES, LE CAMBIA ESAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

SE SUGIERE:

A) QUE EN LA FUENTE DE CORRIENTE DE ALIMENTACIÓN A LA BANDA, SE AUMENTE EL NÚMERO DE RESISTENCIAS EN SERIE (QUE ACTUALMENTE ES DE CUATRO) QUE VAN DESDE EL CARBÓN DE CONTACTO DE LA FUENTE DE CORRIENTE A TIERRA, CON EL OBJETO DE TENER MAYOR MARGEN DE EXCITACIÓN DE LA FUENTE; ACTUALMENTE SE OBSERVA QUE NO SE PUEDE PASAR DE UN VOLTAJE DE 1.2 MV A UNA CORRIENTE DE 100 MICROAMPERES. HACIENDO MÁS GRANDE LA RESISTENCIA TOTAL ENTRE EL CARBÓN Y TIERRA SE TENDRÁ UNA CORRIENTE DE FUGA MENOR A TRAVÉS DE ELLA, O SEA QUE SE PODRÁ DAR MAYOR CANTIDAD DE CORRIENTE A LA BANDA.

b) QUE SE INSTALE EL CIRCUITO ESTABILIZADOR DEL VOLTAJE DE LA TERMINAL.

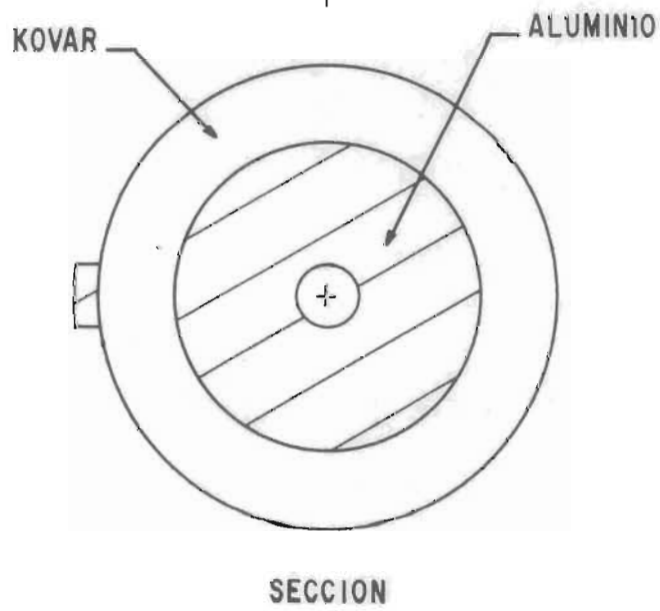
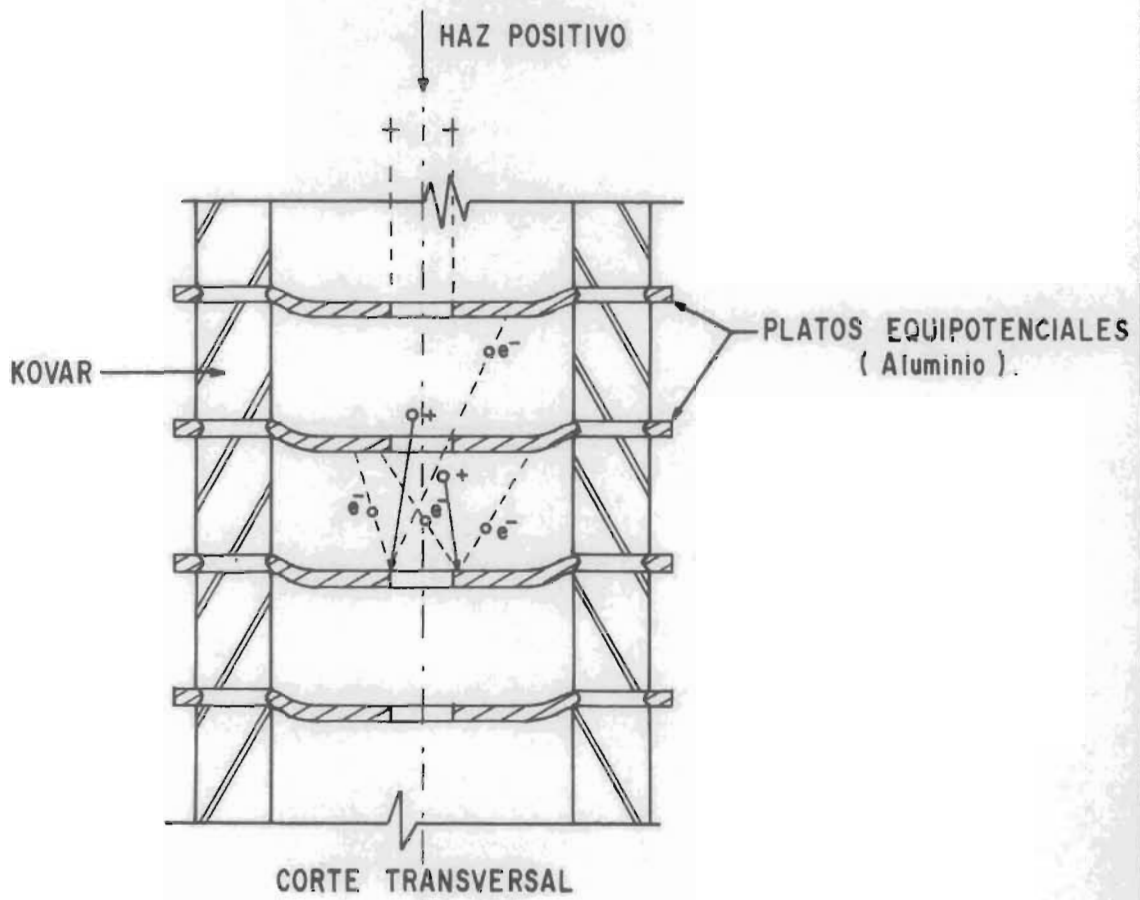
c) QUE SE DISEÑE UN SISTEMA DE SEGURIDAD QUE GARANTICE, EN CASO DE PERFORACIÓN DE LA VENTANA DEL BARREDOR, QUE EL AIRE NO PENETRE BRUSCAMENTE AL TUBO ACCELERADOR Y A LAS BOMBAS DE VACÍO, YA QUE ÉSTO PUEDE CAUSAR DAÑOS IRREPARABLES EN EL PRIMERO Y MUY SERIOS EN LAS SEGUNDAS.

d) QUE SE ADAPTEN GRAFICADORES DE ENERGÍA Y CORRIENTE, ASÍ COMO UN GRAFICADOR DIRECTO DE DOSIS, PARA TENER COMPLETA SEGURIDAD EN CUANTO A LA EFECTIVA IRRADIACIÓN DE MUESTRAS Y EL CONTÍNUO FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.

e) QUE SE INCLUYAN, DENTRO DE LA REVISIÓN RUTINARIA AL DESTAPAR LA MÁQUINA, LAS LECTURAS DE CORRIENTE A TRAVÉS DEL FILAMENTO CONTRA NÚMERO DE VUELTAS DEL SELSYN, CON EL FIN DE CONOCER SU DESGASTE POR EVAPORACIÓN Y PODER EFECTUAR EL CAMBIO OPORTUNO DE FILAMENTO.

f) QUE SE TENGA UN LIBRO DE REGISTRO DE LOS EXPERIMENTOS EN CUYAS HOJAS QUEDE EVIDENCIA DE TODA LA SERIE DE DATOS IMPORTANTES REFERENTES AL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA Y A LOS EXPERIMENTOS. ÉSTO IMPEDIRÁ QUE SEA POSIBLE OMITIR INFORMACIÓN RESPECTO A UN EXPERIMENTO Y, ADEMÁS DE SERVIR COMO REFERENCIA PARA LOS FUTUROS, PERMITIRÁ EL ACCESO A LOS DATOS ORIGINALES.

g) QUE SE UTILICEN CAMPOS DE RADIOFRECUENCIA EN LA CÁMARA DE REACCIÓN, CON EL FIN DE AUMENTAR LOS VALORES G DE UN PROCESO DADO.



Corte Transversal del Tubo Acelerador de Iones Positivos

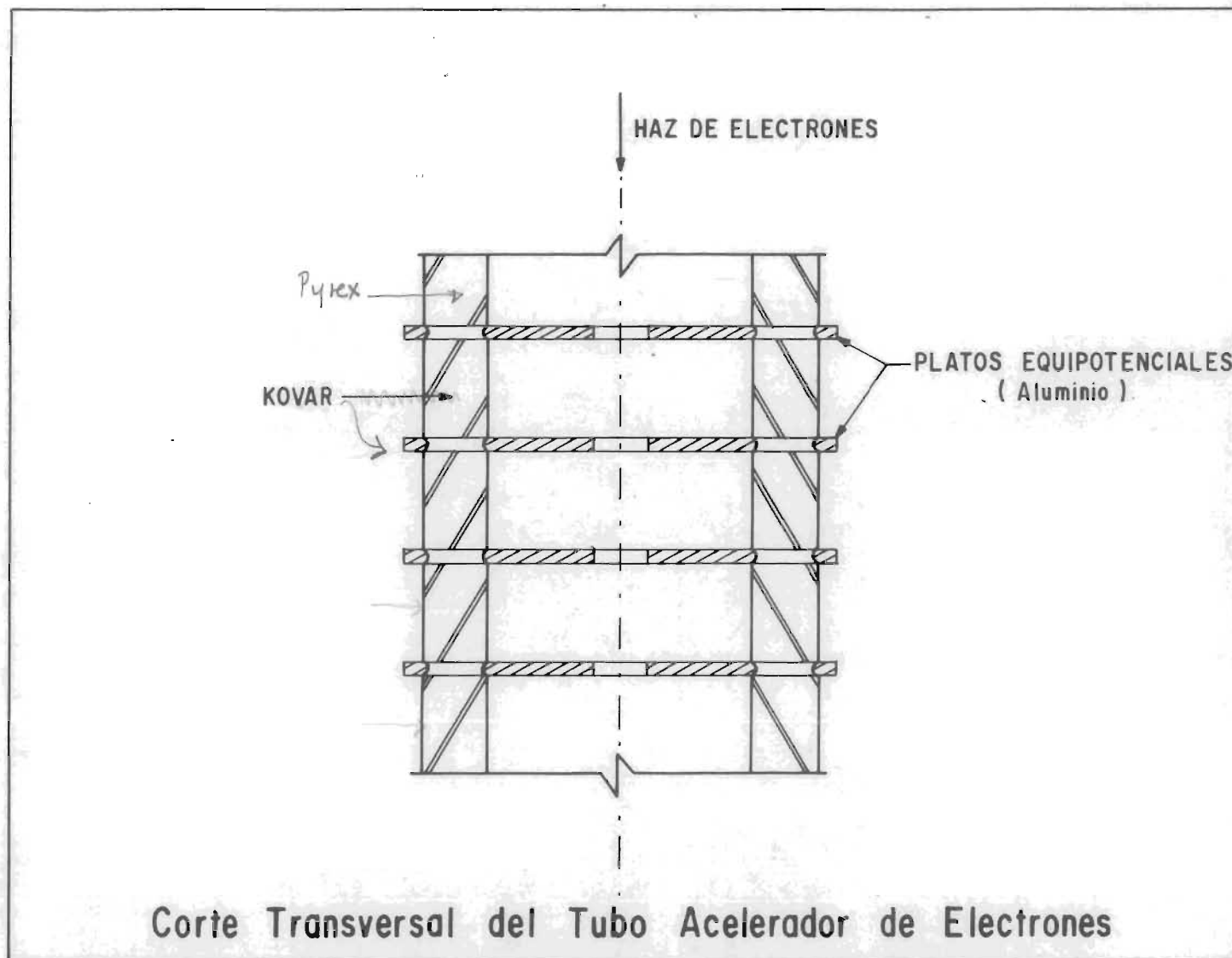
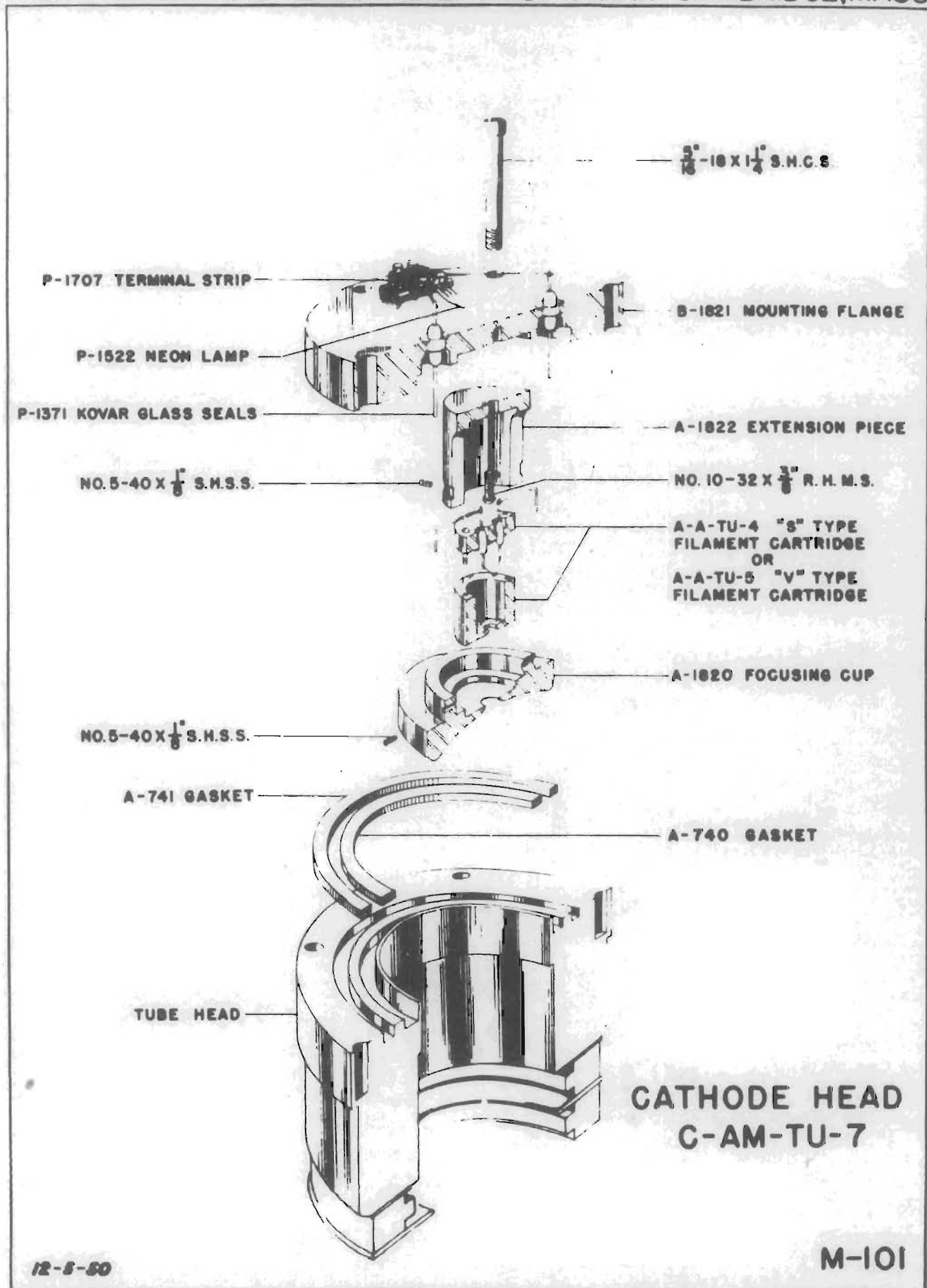


Fig. 2

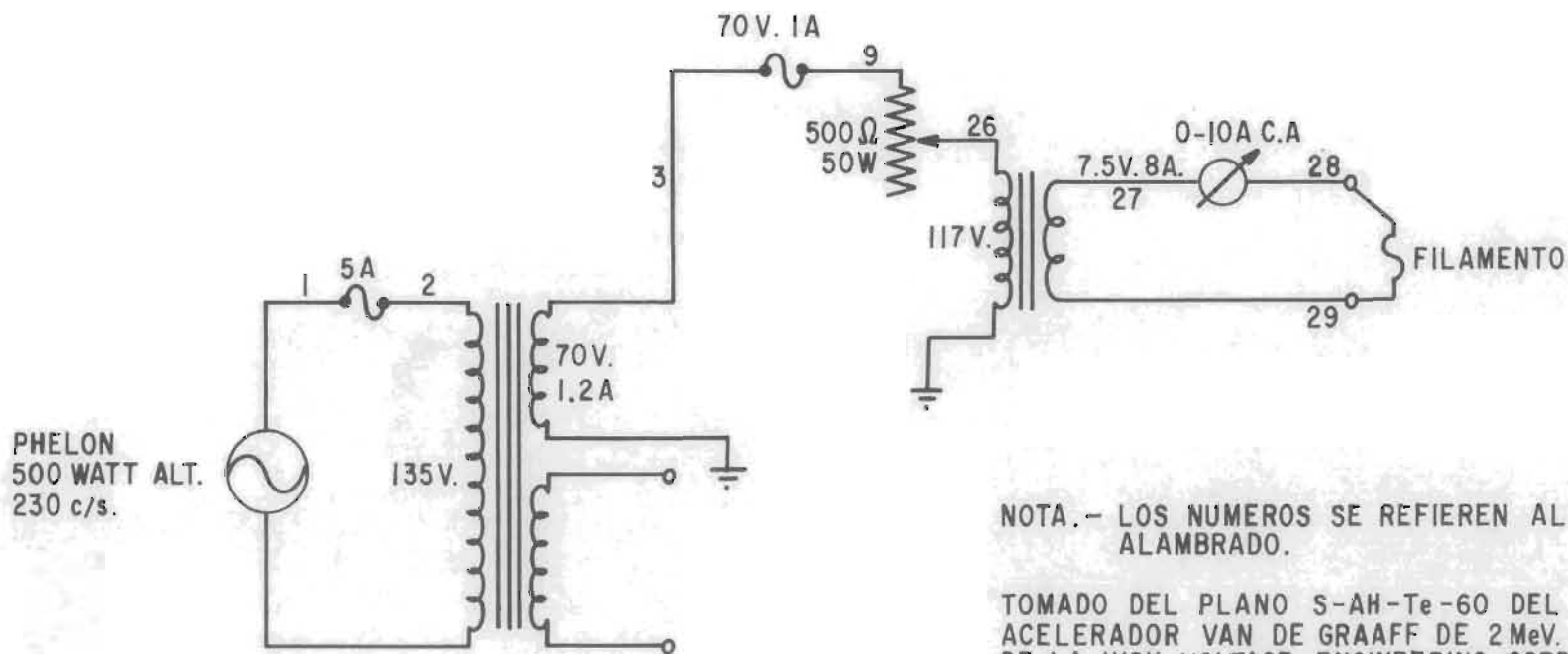


12-5-50

M-101

Fig. 3



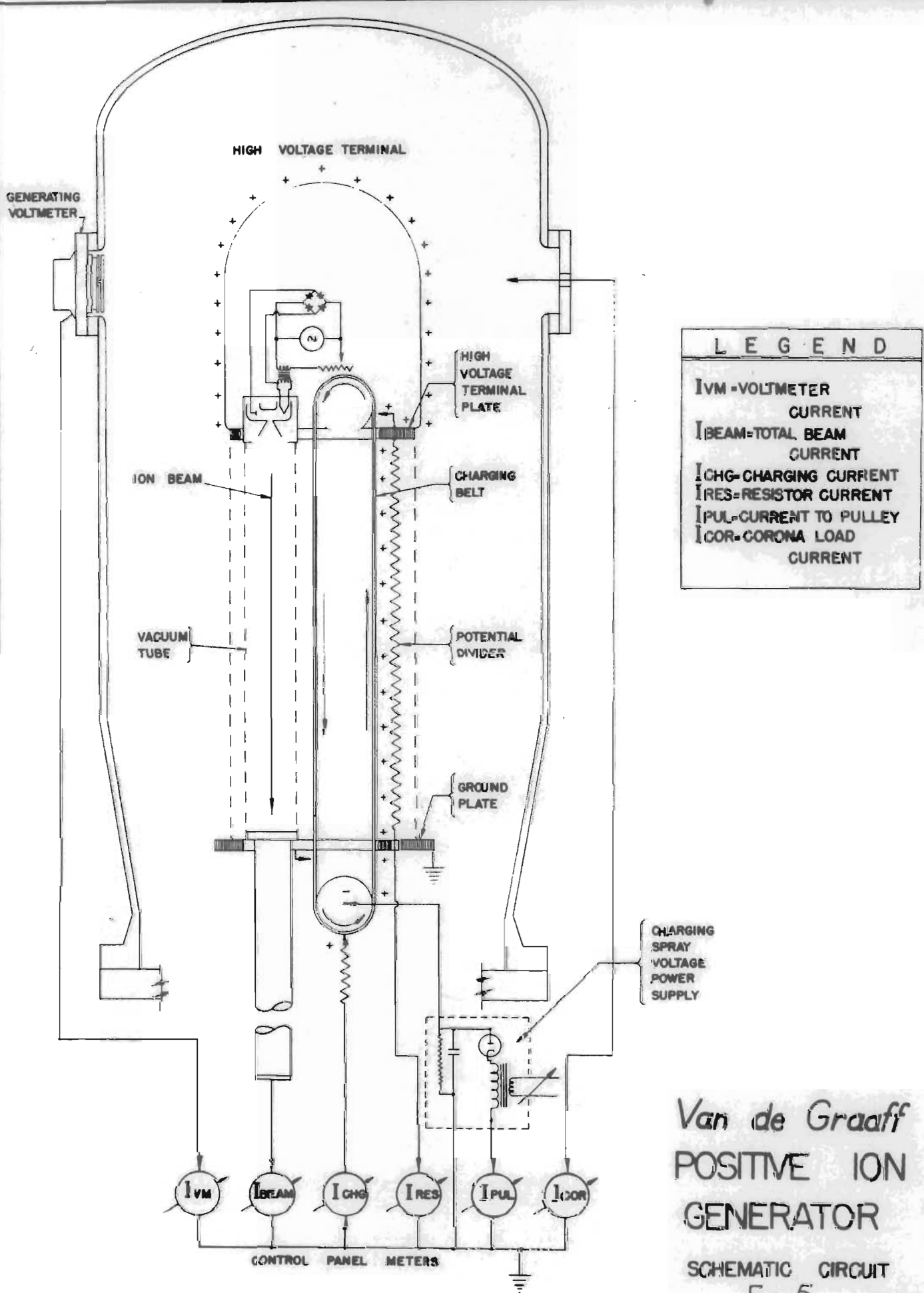


NOTA. - LOS NUMEROS SE REFIEREN AL ALAMBRADO.

TOMADO DEL PLANO S-AH-Te-60 DEL ACCELERADOR VAN DE GRAAFF DE 2 MeV. DE LA HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORP.

Circuito de Alimentación del Filamento.

Fig. 4



Van de Graaff  
POSITIVE ION  
GENERATOR

SCHEMATIC CIRCUIT  
FIG. 5

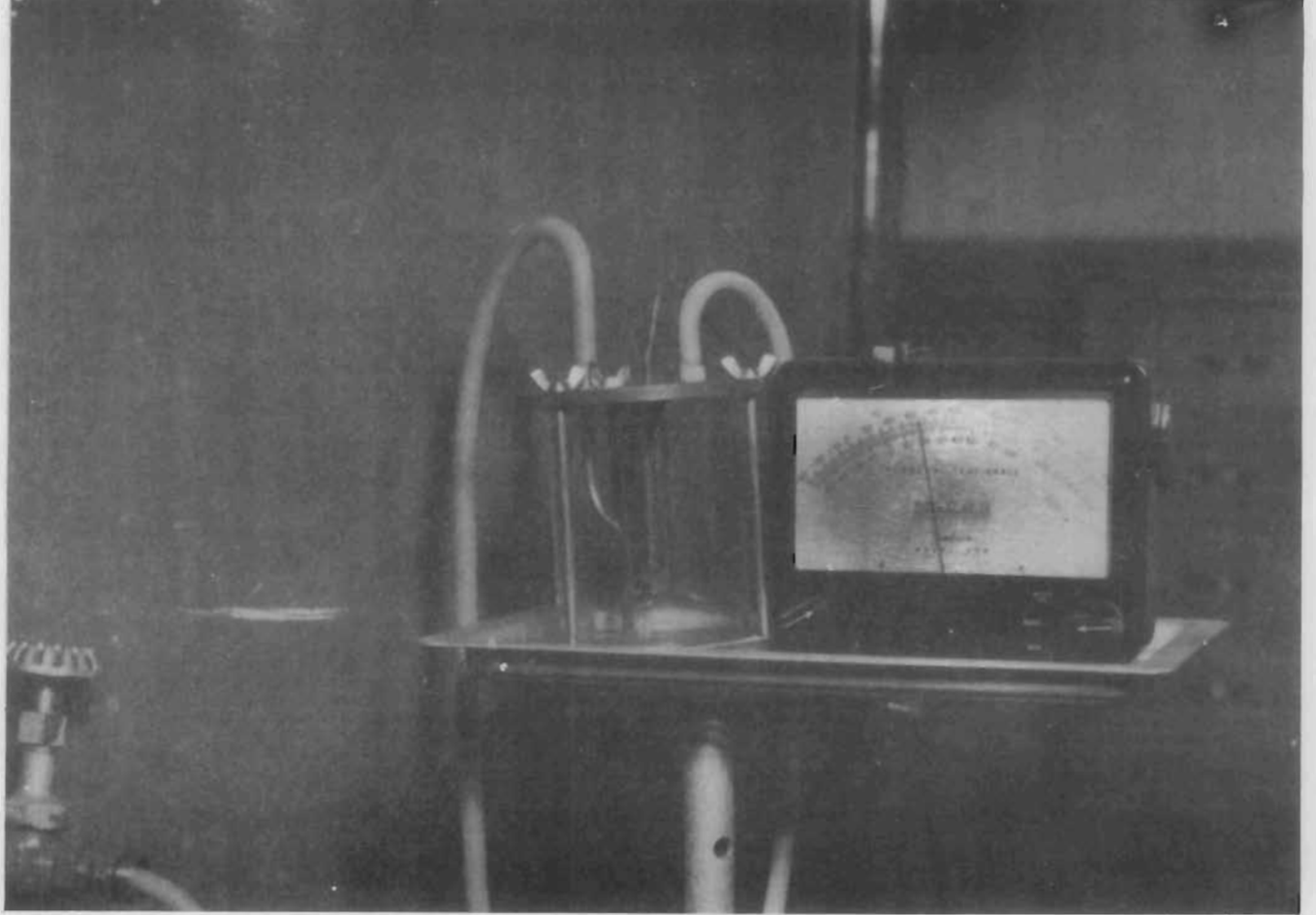
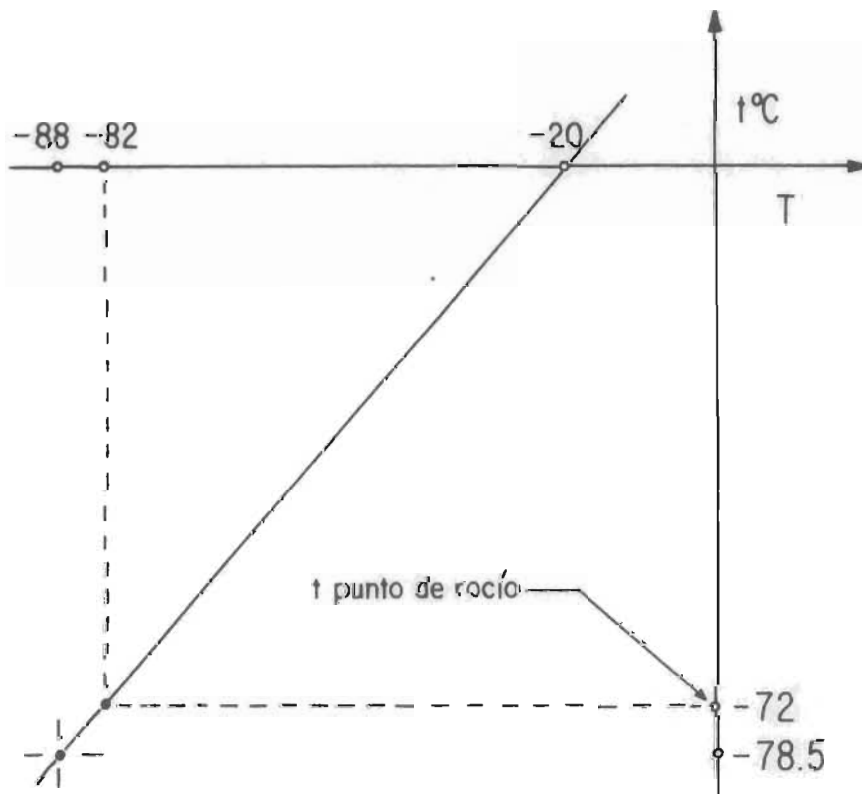
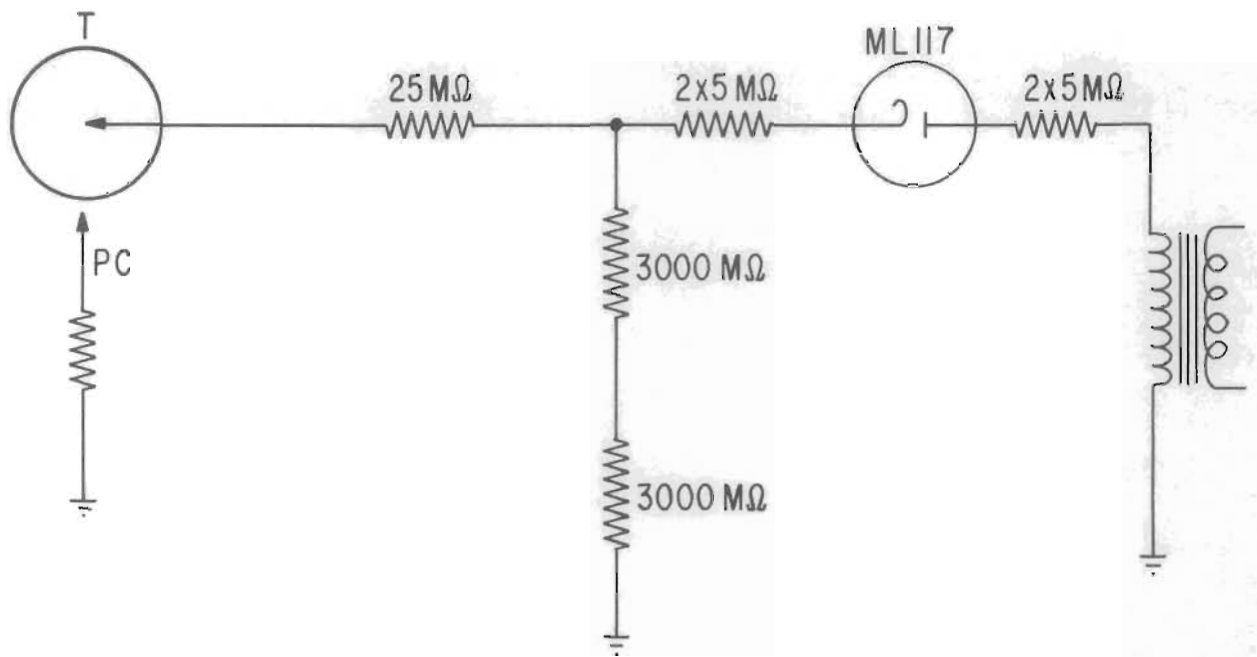


Fig. 6

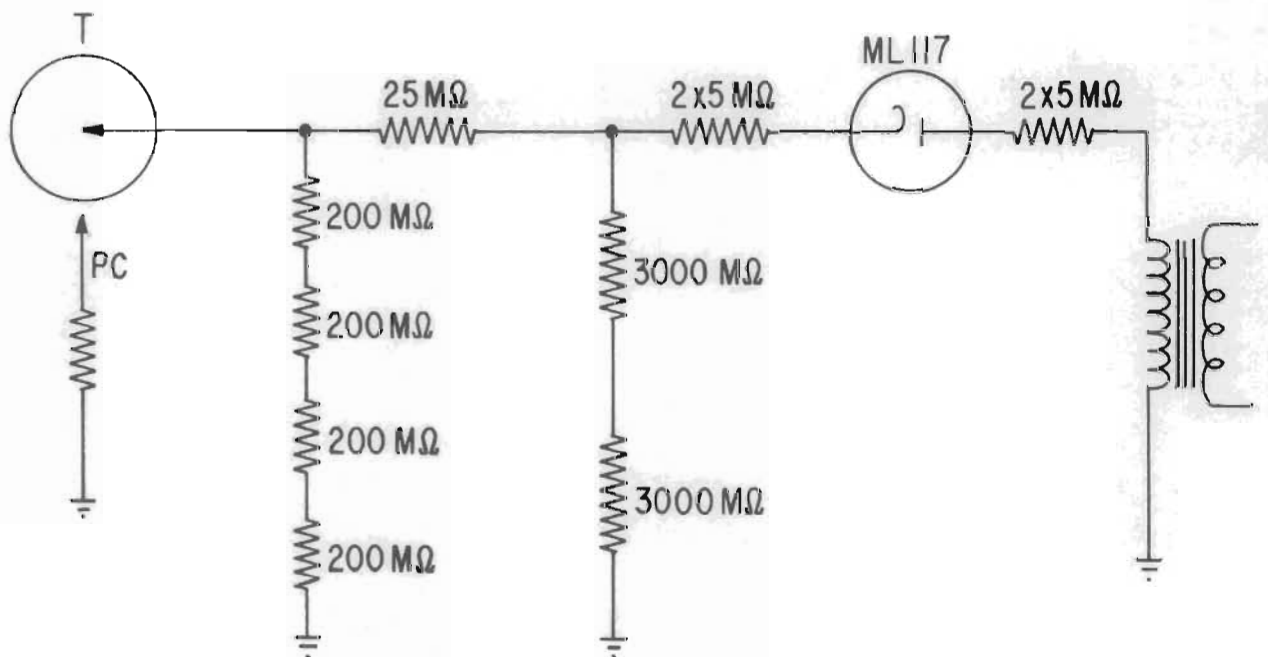


Determinación del Punto de Rocío  
de la Mezcla de  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$



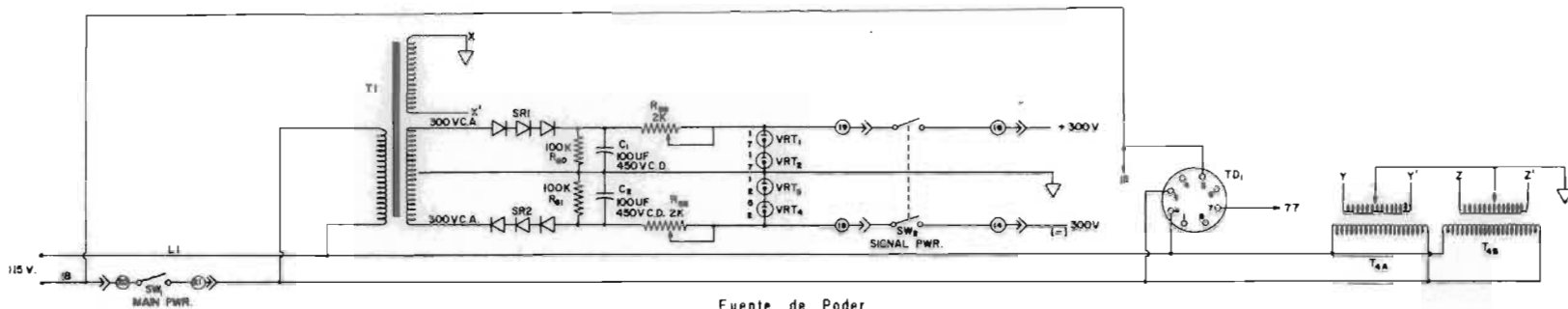
Circuito Esquemático Original de la Fuente de Alimentación de Carga.

Fig. 8

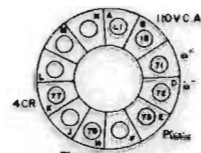


Circuito Esquemático Modificado de la Fuente de Alimentación de Carga.

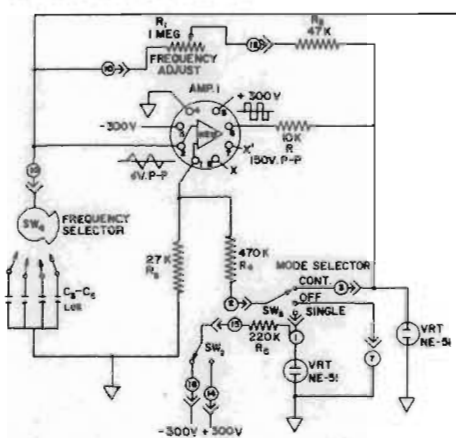
Fig. 9



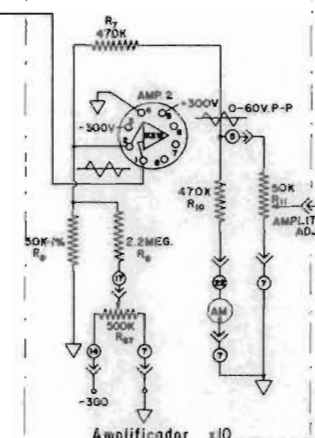
Fuente de Poder



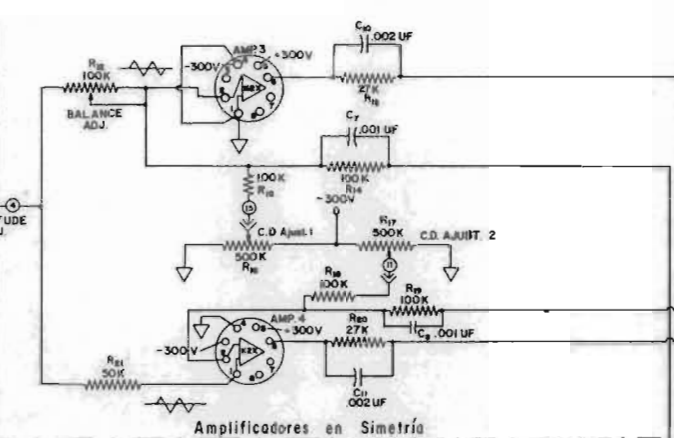
Placa RELEVADOR EN LA FUENTE DE PODER.



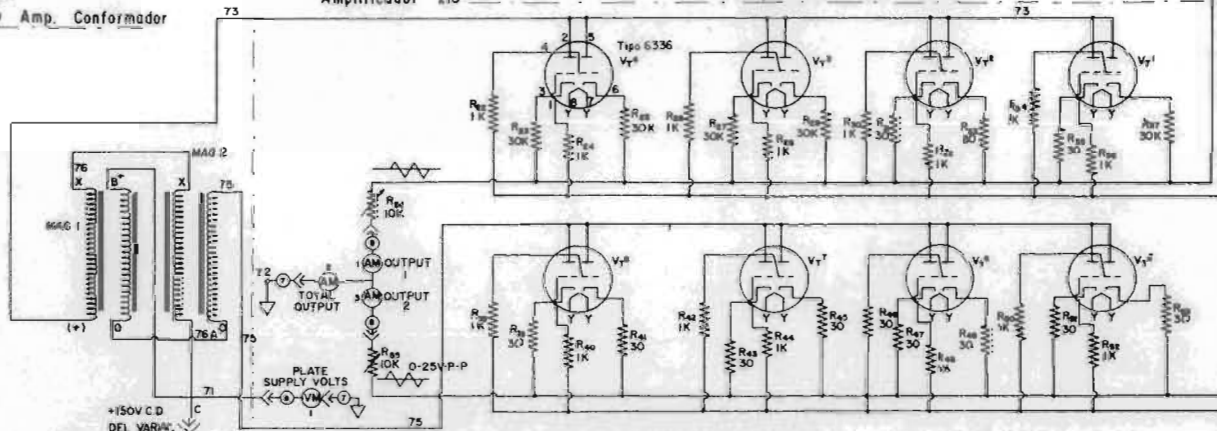
Multivibrador: Estable y Amp. Conformador



Amplificador x10



Amplificadores en Simetría



Amplificador de Poder

Bobinas Deflectoras

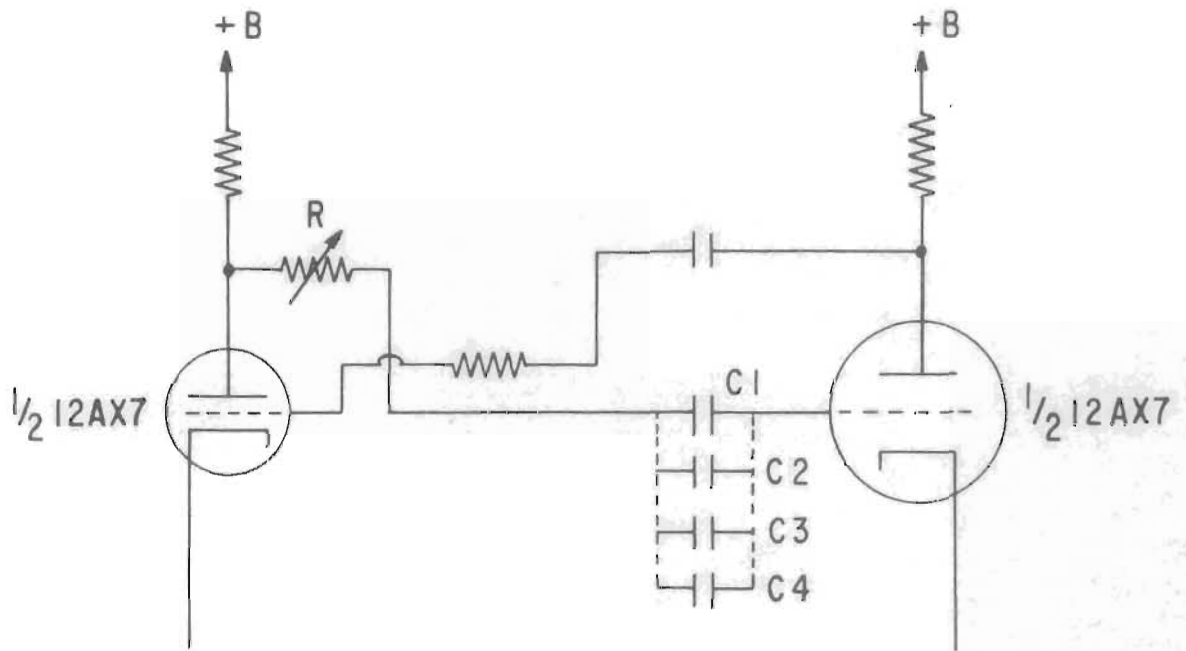
- NOTAS:
- 1.- Todas las Resistencias en Ohms.
  - 2.-  $\phi$  Indica Tierra Flotante.
  - 3.-  $\sim$  Indica Tierra del Chasis.
  - 4.-  $\sim$  Indica Conexión en el Tablero de Control.
  - 5.- Este Plano es una Copia del (7-1000-04) del Acordador Dynamatron de la Radiation Dynamics Inc.

SYM.	NAME	DESCRIPTION	QTY
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	500K-50	2008
T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32, T33, T34, T35, T36, T37, T38, T39, T40, T41, T42, T43, T44, T45, T46, T47, T48, T49, T50, T51, T52, T53, T54, T55, T56, T57, T58, T59, T60, T61, T62, T63, T64, T65, T66, T67, T68, T69, T70, T71, T72, T73, T74, T75, T76, T77, T78, T79, T80, T81, T82, T83, T84, T85, T86, T87, T88, T89, T90, T91, T92, T93, T94, T95, T96, T97, T98, T99, T100	TRANSFORMER	STANDARD (P/N) 300 T	473
C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31, C32, C33, C34, C35, C36, C37, C38, C39, C40, C41, C42, C43, C44, C45, C46, C47, C48, C49, C50, C51, C52, C53, C54, C55, C56, C57, C58, C59, C60, C61, C62, C63, C64, C65, C66, C67, C68, C69, C70, C71, C72, C73, C74, C75, C76, C77, C78, C79, C80, C81, C82, C83, C84, C85, C86, C87, C88, C89, C90, C91, C92, C93, C94, C95, C96, C97, C98, C99, C100	CAPACITOR	100-100	480
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16, D17, D18, D19, D20, D21, D22, D23, D24, D25, D26, D27, D28, D29, D30, D31, D32, D33, D34, D35, D36, D37, D38, D39, D40, D41, D42, D43, D44, D45, D46, D47, D48, D49, D50, D51, D52, D53, D54, D55, D56, D57, D58, D59, D60, D61, D62, D63, D64, D65, D66, D67, D68, D69, D70, D71, D72, D73, D74, D75, D76, D77, D78, D79, D80, D81, D82, D83, D84, D85, D86, D87, D88, D89, D90, D91, D92, D93, D94, D95, D96, D97, D98, D99, D100	DIODE	300V	2278
SW1, SW2, SW3, SW4, SW5, SW6, SW7, SW8, SW9, SW10, SW11, SW12, SW13, SW14, SW15, SW16, SW17, SW18, SW19, SW20, SW21, SW22, SW23, SW24, SW25, SW26, SW27, SW28, SW29, SW30, SW31, SW32, SW33, SW34, SW35, SW36, SW37, SW38, SW39, SW40, SW41, SW42, SW43, SW44, SW45, SW46, SW47, SW48, SW49, SW50, SW51, SW52, SW53, SW54, SW55, SW56, SW57, SW58, SW59, SW60, SW61, SW62, SW63, SW64, SW65, SW66, SW67, SW68, SW69, SW70, SW71, SW72, SW73, SW74, SW75, SW76, SW77, SW78, SW79, SW80, SW81, SW82, SW83, SW84, SW85, SW86, SW87, SW88, SW89, SW90, SW91, SW92, SW93, SW94, SW95, SW96, SW97, SW98, SW99, SW100	SWITCH	SPST	2318
AMP1, AMP2, AMP3, AMP4, AMP5, AMP6, AMP7, AMP8, AMP9, AMP10, AMP11, AMP12, AMP13, AMP14, AMP15, AMP16, AMP17, AMP18, AMP19, AMP20, AMP21, AMP22, AMP23, AMP24, AMP25, AMP26, AMP27, AMP28, AMP29, AMP30, AMP31, AMP32, AMP33, AMP34, AMP35, AMP36, AMP37, AMP38, AMP39, AMP40, AMP41, AMP42, AMP43, AMP44, AMP45, AMP46, AMP47, AMP48, AMP49, AMP50, AMP51, AMP52, AMP53, AMP54, AMP55, AMP56, AMP57, AMP58, AMP59, AMP60, AMP61, AMP62, AMP63, AMP64, AMP65, AMP66, AMP67, AMP68, AMP69, AMP70, AMP71, AMP72, AMP73, AMP74, AMP75, AMP76, AMP77, AMP78, AMP79, AMP80, AMP81, AMP82, AMP83, AMP84, AMP85, AMP86, AMP87, AMP88, AMP89, AMP90, AMP91, AMP92, AMP93, AMP94, AMP95, AMP96, AMP97, AMP98, AMP99, AMP100	AMPLIFIER	300V	2318
VT1, VT2, VT3, VT4, VT5, VT6, VT7, VT8, VT9, VT10, VT11, VT12, VT13, VT14, VT15, VT16, VT17, VT18, VT19, VT20, VT21, VT22, VT23, VT24, VT25, VT26, VT27, VT28, VT29, VT30, VT31, VT32, VT33, VT34, VT35, VT36, VT37, VT38, VT39, VT40, VT41, VT42, VT43, VT44, VT45, VT46, VT47, VT48, VT49, VT50, VT51, VT52, VT53, VT54, VT55, VT56, VT57, VT58, VT59, VT60, VT61, VT62, VT63, VT64, VT65, VT66, VT67, VT68, VT69, VT70, VT71, VT72, VT73, VT74, VT75, VT76, VT77, VT78, VT79, VT80, VT81, VT82, VT83, VT84, VT85, VT86, VT87, VT88, VT89, VT90, VT91, VT92, VT93, VT94, VT95, VT96, VT97, VT98, VT99, VT100	VACUUM TUBE	6336	3008
TD1, TD2, TD3, TD4, TD5, TD6, TD7, TD8, TD9, TD10, TD11, TD12, TD13, TD14, TD15, TD16, TD17, TD18, TD19, TD20, TD21, TD22, TD23, TD24, TD25, TD26, TD27, TD28, TD29, TD30, TD31, TD32, TD33, TD34, TD35, TD36, TD37, TD38, TD39, TD40, TD41, TD42, TD43, TD44, TD45, TD46, TD47, TD48, TD49, TD50, TD51, TD52, TD53, TD54, TD55, TD56, TD57, TD58, TD59, TD60, TD61, TD62, TD63, TD64, TD65, TD66, TD67, TD68, TD69, TD70, TD71, TD72, TD73, TD74, TD75, TD76, TD77, TD78, TD79, TD80, TD81, TD82, TD83, TD84, TD85, TD86, TD87, TD88, TD89, TD90, TD91, TD92, TD93, TD94, TD95, TD96, TD97, TD98, TD99, TD100	TRANSFORMER	STANDARD (P/N) 300 T	473

SYM.	NAME	DESCRIPTION	QTY
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	500K-50	2008
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	10K-1W	206F
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	47K-1W	228 K
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	220K-1W	202 R
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	30A-10W	222 D
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	10A-15W	236 R
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	100K-1W	203 F
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	27K-1W	239 R
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	1K-10W	286 R
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100	RESISTOR	470K-2W	248 R

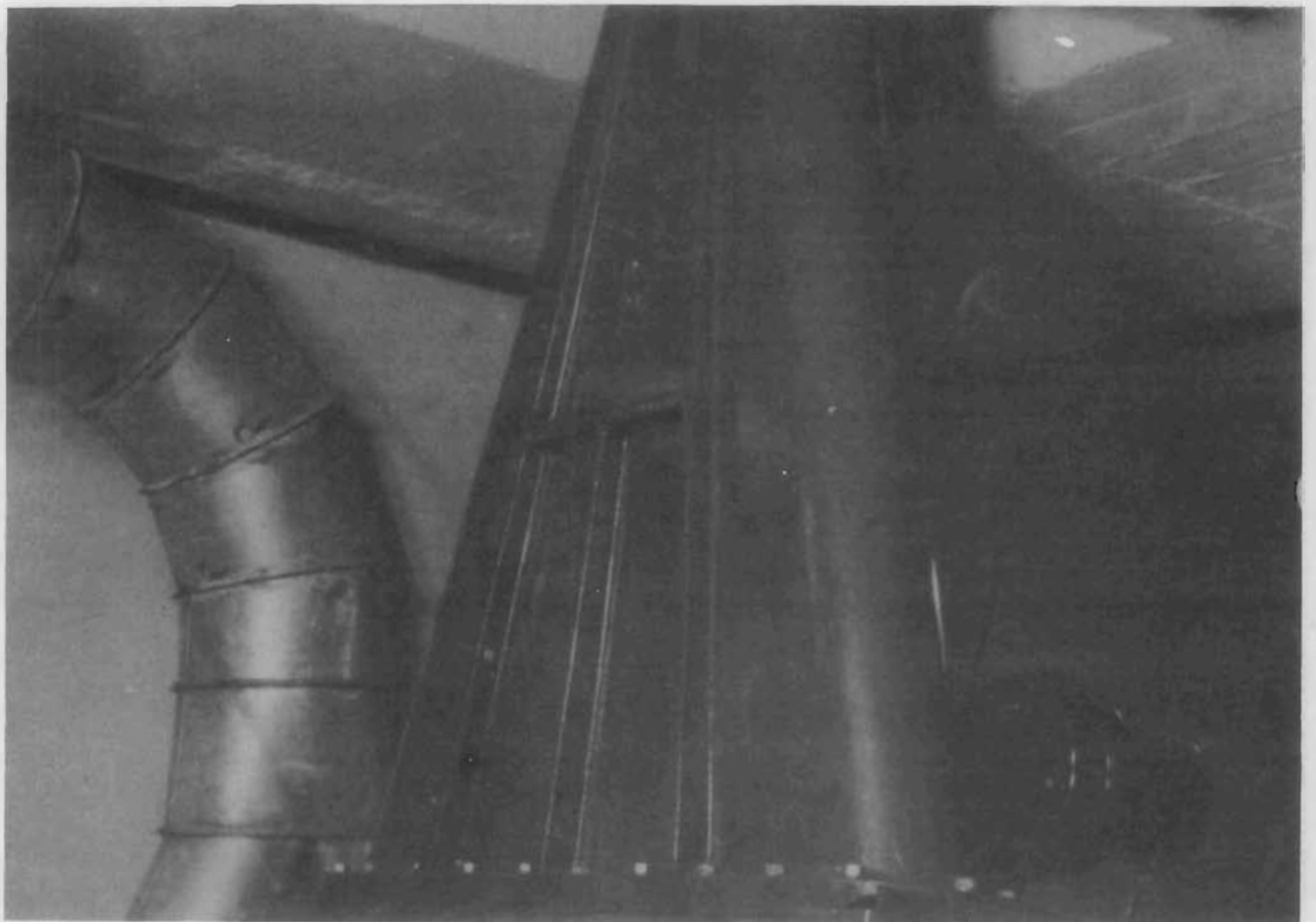
CIRCUITO DEL SISTEMA BARREDOR DE ELECTRONES





Multivibrador Estable de Frecuencia Variable

Fig. 11



## AGRADECIMIENTOS

DESEO HACER PATENTE MI AGRADECIMIENTO AL FÍSICO MARCOS MAZARI M. JEFE DE LOS LABORATORIOS VAN DE GRAAFF, POR SU DIRECCIÓN Y CORRECCIONES A ESTE TRABAJO.

AL ING. ARMANDO LÓPEZ M. DEL C. POR LA ACERTADA DIRECCIÓN DE LAS INVESTIGACIONES EFECTUADAS EN ESTE PROGRAMA, LO CUAL HA PERMITIDO ELABORAR ESTE TRABAJO CON MAYOR RAPIDEZ.

AL ING. JOSÉ MURO LOZANO, SUPERINTENDENTE GENERAL DE LA REFINERÍA "ING. A. M. AMOR" Y AL ING. FERNANDO URO M., JEFE DE INGENIEROS DE LA MISMA, POR EL DECIDIDO INTERÉS Y APOYO QUE TIENEN PARA ESTE PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN.

AL COMPAÑERO JAVIER REYES LUJÁN POR SU VALIOSA COLABORACIÓN EN TODOS LOS ASPECTOS DEL ACONDICIONAMIENTO E INVESTIGACIONES DESARROLLADOS EN EL LABORATORIO.

AL ESCRITOR Y AMIGO ARMANDO RODRÍGUEZ SUÁREZ, POR LA CORRECCIÓN DE LA REDACCIÓN DE ESTA TESIS.

AL FÍSICO GEORGE RICKARDS C. POR SUS CORRECCIONES Y SUGERENCIAS.

AL ING. ROOS ROELAND POR SUS VALIOSAS INTERVENCIONES EN LA PARTE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA.

AL SR. FRANCISCO VELÁZQUEZ POR SU COLABORACIÓN EN LA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.

R E F E R E N C I A S .

- (1) AN INVESTIGATION OF RADIOGRAPHY IN THE RANGE FROM 0.5 TO 2.5 MILLION VOLTS.  
W W. BUECHNER, R.J VAN DE GRAAFF, H.FESHBACH, E.A.BURRILL, A. SPERDUTO AND L. R.McINTOSCH.  
ASTM BULLETIN No. 155      Dec. 1948.
- (2) SUPER-VOLTAGE RADIOGRAPHY.  
BULLETIN R.  
HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORP.
- (3) HIGH-ENERGY RADIOGRAPHY IN THE 6 -TO 30- MEV RANGE.  
J.H.BLY & E.A.BURRILL.  
HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORP.
- (4) HIGH ENERGY RADIOGRAPHY CHARACTERISTICS OF VAN DE GRAAFF AND MICROWAVE ELECTRON LINEAR ACCELERATORS.  
TECHINICAL SALES INFORMATION No. 558  
HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORP.
- (5) ACTIONS OF RADIATIONS ON LIVING CELLS.  
D.E.LEA  
CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS. 1955
- (6) NEW FACILITIES AND EQUIPMENT FOR RADIATION STERILIZATION.  
J.W.OLANDER  
THE BULLETIN OF THE PARENTERAL DRUG ASSOCIATION. JAN-FEB 1963.
- (7) COMERCIAL INTEREST INCREASING RAPIDLY IN FOOD IRRADIATION.  
NUCLEONICS. DEC 1963,23.
- (8) FDA APPROVES WHEAT.  
NUCLEONICS. OCT 1963,28.
- (9) REPORT ON THE RESULTS OF THE CANADIAN PILOT SCALE POTATO IRRADIATION PROGRAM 1961-1962 SEASON.

BY ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED.

GAMMA IRRADIATION IN CANADA. VOL 3.

PUB. AECL COMMERCIAL PRODUCTS.

(10) INACTIVATION OF THE HEPATITIS VIRUS BY HIGH ENERGY ELECTRONS.

J.G.TRUMP AND K.A.WRIGHT.

HEPATITIS FRONTIERS. 1957

LITTLE, BROWN & Co. BOSTON MASS.

(11) HIGH ENERGY ELECTRONS FOR THE STERILIZATION OF SURGICAL MATERIALS.

J.G.TRUMP.

STERILIZATION OF SURGICAL MATERIALS SYMPOSIUM. APRIL 11-13, 1961.

(12) IRRADIATION REACTIONS IN HYDROCARBON GASES.

F.W.LAMPE.

NUCLEONICS. APR 1960,60.

(13) RADIATION EFFECTS ON ORGANIC MATERIALS.

J.G.CARROL AND R.O. BOLT.

NUCLEONICS. MAY 1960.

(14) HOW RADIATION AFFECTS MATERIALS.

"DAMAGING EFFECTS OF RADIATION ON CHEMICAL MATERIALS".

J.C. BRESEE, J.R.FLAMARY, J.H.GOODS, C.D.WATSON AND J.S.WATSON.

NUCLEONICS SPECIAL REPORT. SEP 1956.

(15) J. REYES L.

TESIS PROFESIONAL (EN PREPARACIÓN).

(16) FINAL REPORT ON THE MIT PROJECT IN HIGH VOLTAGE RADIOGRAPHY (VOL 2)

OFFICE OF SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT, NATIONAL DEFENSE

RESEARCH COMMITTEE (1945).

(17) CATHODE RAY TREATMENT FOR LYMPHOMAS INVOLVING THE SKIN.

H.F.HARE, J.L.FROMER, J.G.TRUMP, K.A.WRIGHT & J.H.ANSON.

AMERICAN MEDICAL ASS. DEC 1953, Vol 68, PP 635-642.

- (18) CLINICAL EXPERIENCE WITH HIGH-SPEED ELECTRONS IN CANCER THERAPY.  
E.M.UHLMANN  
RADIOLOGY, VOL 73, No. 1, JULY 1959, PP 76-83.
- (19) ELECTRON BEAM THERAPY OF WIDESPREAD SUPERFICIAL MALIGNANT LESIONS.  
D.O.JOHNSTON, M.I. SMEDAL, K.A.WRIGHT, J.G.TRUMP.  
THE SURGICAL CLINICS OF NORTH AMERICA, JUNE 1959, VOL 39, No. 3
- (20) HIGH ENERGY ELECTRONS FOR GENERALIZED SUPERFICIAL DERMATOSES.  
J.L.FROMER, M.I.SMEDAL, J.G.TRUMP AND K.A.WRIGHT.  
REPRINTED, WITH ADDITIONS, FROM THE A.M.A. ARCHIVES OF DERMATOLOGY. MARCH 1955, VOL 71, PP 391-395.  
COPYRIGHT 1955, BY AMERICAN MEDICAL ASS.
- (21) STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS.  
NINTH EDITION. A.E.KNOWLTON EDITOR IN CHIEF.  
Mc.GRAW-HILL.
- (22) METAMETER SYSTEM OF TELEMETERING.  
GEN.ELEC. REV. 1939, VOL.42, P 466.
- (23) G.RICKARDS C.  
TESIS PROFESIONAL. BIBLIOTECA FAC.CIENCIAS U.N.A.M.
- (24) INSTRUCTION MANUAL FOR VAN DE GRAAFF POSITIVE-ION ACCELERATOR.  
LABORATORIOS VAN DE GRAAFF C.U<sup>+</sup>
- (25) RADIATION INITIATED POLIMERIZATION AND GRAFT-POLIMERIZATION.  
U.K.A.E WANTAGE LABORATORY U.K.  
R.ROBERTS.  
REVIEW SERIES No.13. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA 1961.
- (26) FINAL REPORT ON THE MIT PROJECT IN HIGH VOLTAGE RADIOGRAPHY (VOL.3).  
OFFICE OF SCIENTIFIC RESEARCH AND DEVELOPMENT, NATIONAL DEFENSE RESEARCH COMITEE. (1945).



- (27) HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS, P 2138.  
CHEMICAL RUBBER PUBLISHING Co.
- (28) HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORP. INSTRUCTION SHEET HV1-1049MI.
- (29) G. LÓPEZ A. COMUNICACIÓN PERSONAL.
- (30) PLANO DE LA RADIATION DYNAMICS INC. D-000-041, "SCAN GENERATOR CHASSIS WIR.DIA.", Y ASOCIADOS, (CLASIFICACIÓN LOCAL: PLANO No.33) LABORATORIOS VAN DE GRAAFF C.U.<sup>+</sup>
- (31) INSTRUCCIONES 603CH-2S (FOLLETO 571,3) DE R. FUESS, BERLIN STEGLITZ. U.I.E. LABORATORIOS VAN DE GRAAFF C.U.<sup>+</sup>
- (32) OPERATING INSTRUCTIONS CAT.NOS. 70535 AND 70545 TENSIMETERS, CENTRAL SCIENTIFIC Co. U.I.E. LABORATORIOS VAN DE GRAAFF C.U.<sup>+</sup>
- (33) AUFSTELLUNGS -UND BEDIENUNGS- ANLEITUNG ZUR AUTOMATISCHEN DICHTWEAGE Nr.203. U.I.E.LABORATORIOS VAN DE GRAAFF C.U.<sup>+</sup>
- (34) INTRODUCTION TO MATHEMATICAL STATISTICS. P.G.HOEL JOHN WILEY & SONS. 1951.
- (35) THE HANDBOOK OF HIGH VOLTAGE ELECTRON-BEAM PROCESSING. HIGH VOLTAGE ENGINEERING CORP.
- (36) REPORTADO POR EL GRUPO DE REACTORISTAS DE SEIBESDORF, AUSTRIA.

+ MANUALES Y PLANOS DE DIVERSAS INSTITUCIONES QUE PUEDEN SER CONSULTADOS EN LOS LABORATORIOS VAN DE GRAAFF C.U.