

ACELERADOR TANDAR**PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL IMÁN DEFLECTOR DEL INYECTOR**

Ing. C. Miguez

Motivo de las pruebas:

En la última irradiación hubo inestabilidades y cortes del funcionamiento del imán del inyector con valores de intensidad de campos magnéticos de entre 8.000 a 9.000 Gauss.

Breve descripción del imán deflector del inyector y su sistema de refrigeración:

El imán deflector a 90° del inyector es utilizado para seleccionar la masa del ión de interés.

Sus características (**Figura N° 1**) son:

Marca: ANAC
 Modelo N°: 3445
 Producto masa-energía: 17.5
 Radio de deflexión: 30,48 cm
 Ángulo DE DEFLEXIÓN: 90°
 Entre-hierro (air gap): 42 mm
 B máximo: 1,99 Tesla (19.900 Gauss)
 Resistencia del bobinado a 20°C: 0,2335 Ohm
 Resistencia máxima del bobinado: 0,275 Ohm
 Tensión máxima: 50 Volt
 Corriente Máxima: 180 Amper
 Potencia máxima: 9000 Watt
 Caudal de agua de refrigeración: 7,5 litros/min
 A 20 °C.
 Masa del imán: 3800 Kg.

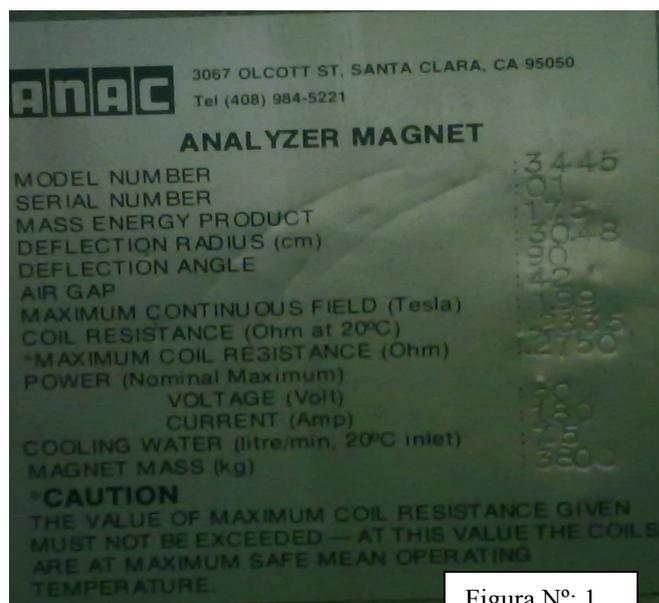


Figura N°: 1

Existe un circuito de agua de refrigeración para enfriar las bobinas del imán deflector y su fuente de corriente, la cual es una fuente de corriente continua, regulada y estabilizada que posee un banco de transistores de potencia, montado sobre una placa de aluminio con una serpentina formada por un conducto de cobre por el que circula el agua de refrigeración.

Las características de la bomba de agua según la chapa de características (**Figura N° 2**) de la misma son:

Caudal: 20 a 80 litros/ min
 Altura: 30 a 22 metros de columna de agua
 Potencia: 0,75 HP
 Velocidad: 2800 rpm
 Servicio continuo

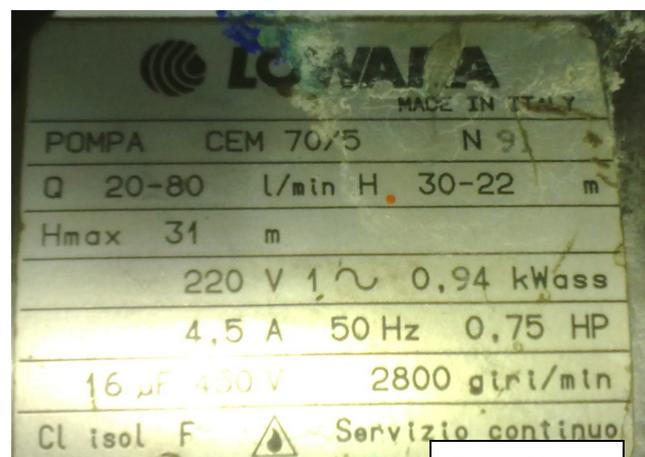


Figura N°: 2

Además, éste circuito de agua refrigera las bombas turbo moleculares instaladas bajo la fuente de iones y bajo el imán analizador respectivamente.

El circuito de refrigeración, montado en el inyector (a nivel de la alta tensión del inyector, que llega hasta -330 kV) consta básicamente de una bomba centrífuga de agua, un tanque de agua compensador y un radiador o disipador de calor de dos hileras de tubos con electro ventilador (instalado a nivel de tierra) que disipa el calor al ambiente. El funcionamiento es sencillo, la bomba centrífuga impulsa el agua que recorre las bobinas del imán y la serpentina de la placa de transistores de potencia de la fuente de corriente, extrayendo calor de los mismos, luego pasa por el disipador de calor donde, por efecto de la corriente de viento que produce el electro ventilador, se disipa el calor al ambiente disminuyendo la temperatura del agua que luego pasa por el tanque de agua que cumple la función de compensador de nivel de agua para finalmente retornar a la bomba de agua. En la **figura N° 3** puede verse un esquema simplificado del circuito de refrigeración del imán del inyector:

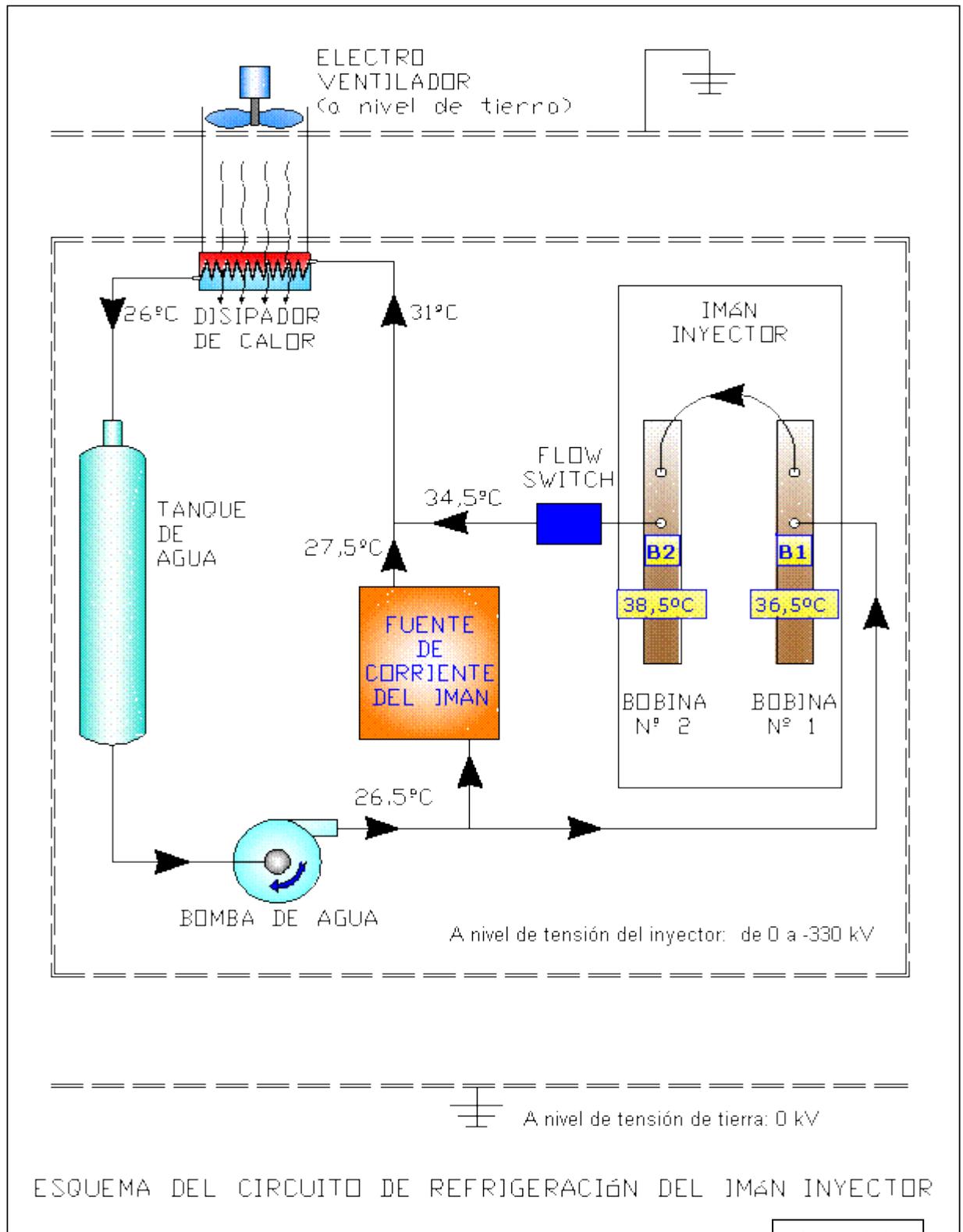


Figura N°: 3

Verificación del sistema de refrigeración:

El 31 de julio de 2014 realizamos un ensayo de calentamiento para corroborar el funcionamiento del sistema de refrigeración del imán analizador del inyector y su fuente de corriente. Comenzamos a las 9:00 A.M., encendimos el imán del inyector y fuimos aumentando la intensidad del campo magnético en forma paulatina hasta llegar a los 7.000 Gauss a las 10:30 hs. La temperatura del ambiente es de 19,5 °C y la humedad relativa es de 49%. A las 11:00 hs. llegamos a 10.055 Gauss y comenzamos a medir, durante más de tres horas. Los valores de temperatura en las bobinas, bomba de agua, placa de transistores de potencia de la fuente de corriente y del intercambiador de calor medidos se volcaron en la siguiente tabla:

Biny : 10.055 Gauss									
Hora	Tiempo	Temp. bobina 1	Temp. bobina 2	Temp. bomba agua	Temp. placa transistores de potencia		Temp. Intercambiador de calor		Temp. promedio
					Entrada agua	Salida agua	Entrada agua	Salida agua	
Hr	T	TB1	TB2	Tba	PTin	TPout	Tlin	Tlout	Tprom
hh:mm	hh:mm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
11:00	0:00	30,0	31,5	22,5	22,5	23,5	26,0	22,0	25,4
11:15	0:15	33,0	34,5	24,5	24,5	25,5	28,0	24,0	27,7
11:50	0:50	35,5	37,0	25,5	25,5	26,5	29,8	25,0	29,3
14:00	3:00	36,5	38,5	26,5	26,5	27,5	31,0	26,0	30,3
14:20	3:20	36,5	38,5	26,5	26,5	27,5	31,0	26,0	30,4

Los valores de temperatura medidos se encuentran dentro del rango normal de funcionamiento. El siguiente gráfico (**Figura N° 4**) muestra los valores de temperatura más importantes y la temperatura promedio del sistema:

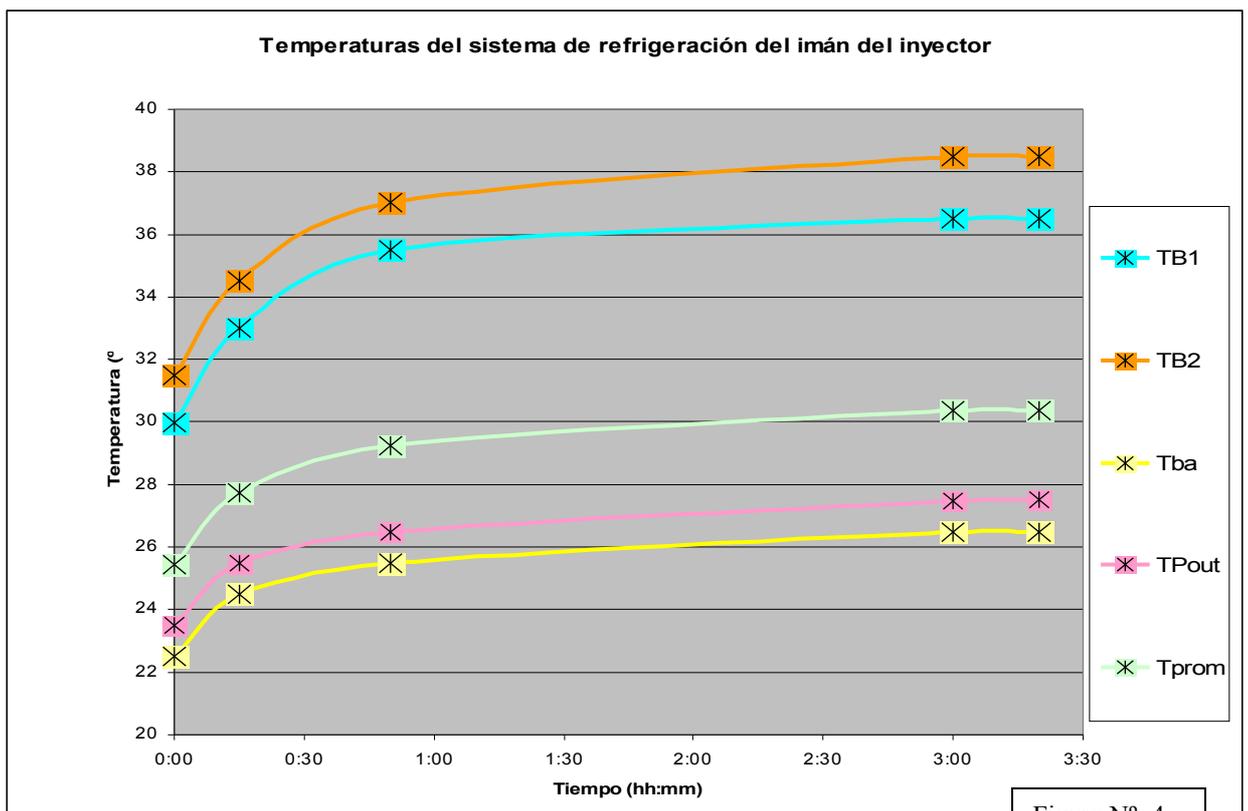


Figura N°: 4

Dado que el exceso de temperatura de trabajo en un aislante disminuye su vida útil considerablemente, los aislantes se clasifican por el rango de temperaturas máximas de trabajo que soportan para una vida útil razonable. La clasificación va desde temperaturas máximas de trabajo de hasta 90 °C para la clase “Y” hasta temperaturas de 180 °C para la clase “H” o mayores a 180 °C para la clase “C”, según puede verificarse en el Anexo al final de este informe.

Por lo tanto se pretende que los aparatos eléctricos y electrónicos trabajen a temperaturas inferiores a las de clasificación de sus aislantes para asegurar su vida útil de trabajo. En nuestro caso como desconocemos la clasificación de los aislantes utilizados en el imán, por no figurar este dato en la placa de características, nos imponemos trabajar en el rango más bajo, es decir por debajo de los 90°C, y como pueden existir puntos más calientes “ocultos”, una buena práctica es trabajar por debajo del rango de 60 a 80 °C.

Para el caso de la presente prueba llevada a cabo, las temperaturas máximas en las bobinas del imán se mantuvieron por debajo de los 40 °C para un campo magnético de 10.055 Gauss durante más de 3 horas. El valor de campo magnético permaneció estable. Asimismo la temperatura del banco de transistores de la fuente de corriente es moderada y como máximo algunos transistores están en el rango de 45 a 55 °C. Después de más de tres horas se da por concluida la prueba.

Al día siguiente, es decir el 1 de agosto se ensaya el sistema comandándolo desde sala de control, en las mismas condiciones y con idénticos resultados.

Algunas sugerencias y/o recomendaciones a tener en cuenta:

En la última irradiación hubo inestabilidades y cortes del funcionamiento del imán del inyector y en la presente prueba todo funcionó correctamente. Descartando otro motivo de fallas, como ser problemas en el sistema de control, para lograr un funcionamiento correcto del sistema se deberían seguir las siguiente pautas:

A. verificar las condiciones correctas de funcionamiento del sistema:

1. que el sistema de refrigeración del imán esté lleno de agua.
2. el funcionamiento correcto del electro ventilador del inyector.
3. el funcionamiento correcto de la bomba de agua.
4. que no haya pérdidas de agua en el sistema.
5. que funcionen las protecciones del sistema.

B. el campo magnético de los electroimanes debe ser variado lentamente y en forma paulatina:

Hay que tener en consideración que si “se varía de golpe” o rápidamente la intensidad del campo magnético de un electroimán se pueden generar elevados picos de sobre tensión y sobre corrientes que pueden dañar los equipos o disparar las protecciones de los mismos con el correspondiente corte de funcionamiento.

Actualmente y con respecto a las cuatro condiciones propuestas que se deberían verificar en el punto A, encontramos durante estas pruebas que:

El punto 1: que el sistema de refrigeración del imán esté lleno de agua.

Es de difícil verificación ya que **no** hay un nivel de agua donde poder observar que el sistema esté lleno. Para hacerlo, actualmente hay que desarmar una brida del tanque compensador y mirar en su interior para observar si hay suficiente nivel de agua.

Se recomienda: instalar un nivel de agua en el tanque compensador para poder visualizar fácilmente el correcto llenado de agua del sistema. Otra opción es construir un tanque compensador de acrílico transparente para poder ver el agua en su interior. Esto además permite ver el color del agua o si hay burbujas o impurezas.

El punto 2: el funcionamiento correcto del electro ventilador del inyector.

Era muy fácil eludirlo o darlo por hecho dado que no había una indicación confiable: el electro ventilador casi no se ve, ya que está prácticamente oculto a la vista, su luz piloto de funcionamiento estaba quemada (ya fue reemplazada) y el ruido que hace cuando funciona casi no se escucha porque el nivel de ruido que hace el generador del inyector es bastante más elevado.

Se recomienda: prestar suma atención al funcionamiento del electro ventilador. Adicionalmente se pueden colocar debajo del radiador o disipador de calor algunas cintas de tela muy fina que se muevan con el viento que produce el electro ventilador, para visualizar su funcionamiento.

El punto 3: el funcionamiento correcto de la bomba de agua.

También es fácil eludirlo o darlo por hecho ya que no hay una indicación confiable de funcionamiento, hay que ir hasta la bomba y tocarla para saber que está funcionando.

Se recomienda: instalar una luz piloto del funcionamiento de la misma.

El punto 4: que no haya pérdidas de agua en el sistema.

No se cumple del todo ya que hay algunas pequeñas pérdidas de agua (casi imperceptibles).

Se recomienda: reparar las pérdidas de agua y reemplazar todas las mangueras que parezcan envejecidas y los accesorios que no estén en buen estado, así también se recomienda instalar algunas válvulas esféricas sobre todo en la entrada y salida de los componentes del sistema, que permite aislarlos fácilmente del resto del circuito para reparación o mantenimiento.

El punto 5: que funcionen las protecciones del sistema.

No hicimos un relevamiento de las protecciones, pero si observamos que el flow-switch, que verifica el caudal de agua la salida de las bobinas del imán, está desconectado.

Se recomienda: verificar el funcionamiento del flow-switch, repararlo o reemplazarlo si fuese necesario, efectuar las conexiones eléctricas para reponer la protección del sistema por falta de agua y verificar su correcto funcionamiento (que el imán deje de funcionar si hay falta de agua).

Conclusiones:

El sistema, en las condiciones de la prueba (es decir Biny = 10.055 Gauss, bomba de agua encendida, electro ventilador encendido, circuito lleno de agua y sin pérdidas, temperatura ambiente de 19,5 °C y H.R. de 49%) funciona correctamente y el campo magnético del imán inyector permanece estable, comandado tanto localmente desde el inyector como desde la sala de control.

Se sugiere tratar se seguir las pautas y recomendaciones aquí vertidas con la finalidad de tender a evitar inconvenientes y tratar de mejorar la confiabilidad del funcionamiento del sistema.

Se agradece la colaboración en las pruebas realizadas a los señores: Norberto Lema, Matías Acuña y Martín Togneri.

Anexo:

Clasificación de Materiales Aislantes de acuerdo a su temperatura:

Los materiales aislantes son clasificados principalmente de acuerdo a su límite térmico.

El desempeño de su aislamiento depende de su temperatura de operación. Mientras mas alta es la temperatura, mas alto será el rango de su degradación térmica, por lo tanto, mas baja será su vida útil. Si se espera una vida de aislamiento larga razonable, su temperatura de operación debe ser mantenida baja. Entonces es necesario determinar los límites de temperatura para el aislamiento, que verifique la operación segura a través de la duración de su expectativa de vida.

Entonces los materiales aislantes se agrupan en siete diferentes clases: Y, A, B, y C con temperaturas limite de 90°C, 105°C y 130°C para las primeras tres clases y sin límite especificado para la clase C. Las clases A e Y cubren varios materiales orgánicos con y sin impregnación respectivamente. Mientras que las clases C y B cubren materiales inorgánicos, con y sin aglutinante respectivamente. Con el advenimiento de materiales nuevos, por ejemplo, los plásticos y las siliconas durante los años 50, se necesitó reorganizar la clasificación de los materiales aislantes. Esto llevo a la IEC (International Electrotechnical Commision) a producir nuevas categorías a saber:

- | | | |
|-----------------|----------|--|
| Clase Y: | 90° C. | Papel, algodón, seda, goma natural, Cloruro de Polivinilo, sin impregnación. |
| Clase A: | 105° C. | Igual a la clase Y pero impregnado, más nylon. |
| Clase E: | 120° C. | Tereftalato de Polietileno (fibra de terileno, film melinex), triacetato de celulosa
barniz-acetato-polivinilo |
| Clase B: | 130° C. | Mica, fibra de vidrio (Borosilicato de aluminio libre de alcalinos), asbestos
bituminizados, baquelita, barniz de poliéster. |
| Clase F: | 155° C. | Como los de la clase B pero con alkídicos y resinas basadas en epoxi, poliuretano. |
| Clase H: | 180° C. | Como los de clase B con aglutinante resinoso de siliconas, goma siliconada
poliamida aromática (papel nomex y fibra), film de poliamida (laca, barniz
y film) y laca de estermida. |
| Clase C: | >180° C. | Como la clase B pero con aglutinantes inorgánicos apropiados (Teflón
Mica, Mecanita, Vidrio, Cerámicos, Politetrafluoroetileno). |
-
-