

**COMUNICACION ESPAÑOLA AL GRUPO DE EXPERTOS
SOBRE EXPERIENCIA Y TECNICAS EN LA REPARACION
DE LOS COMPONENTES DE REACTORES**

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Viena, Noviembre 1972

**COMUNICACION ESPAÑOLA AL GRUPO DE EXPERTOS
SOBRE EXPERIENCIA Y TECNICAS EN LA REPARACION
DE LOS COMPONENTES DE REACTORES**

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Viena, Noviembre 1.972

COMUNICACION ESPAÑOLA AL GRUPO DE EXPERTOS SOBRE
EXPERIENCIA Y TECNICAS EN LA REPARACION DE COMPO
NENTES DE REACTORES

RELACION NOMINAL DE EXPERTOS ESPAÑOLES ASISTENTES

Sr. ALVAREZ DE BUERGO (Luis)
Participante en representación de la
JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

Sr. GIL ENCISO (Ricardo)
Jefe de Mantenimiento de la Central Nuclear
"José Cabrera"
UNION ELECTRICA, S. A.

Sr. HERRANZ DE MIGUEL (Raúl)
Jefe de Mantenimiento de la Central Nuclear
"Santa María de Garoña"
CENTRALES NUCLEARES DEL NORTE, S.A.

COMUNICACION ESPAÑOLA AL GRUPO DE EXPERTOS SOBRE
EXPERIENCIA Y TECNICAS EN LA REPARACION DE COMPO-
NENTES DE REACTORES

1.- PRESENTACION

En España están actualmente en funcionamiento tres centrales nucleares privadas cuya experiencia es equivalente, aproximadamente, a 8 centrales-año. En la Tabla I se encuentran resumidas sus características más significativas.

Hasta la fecha no ha sido preciso realizar en ninguna de las centrales reparaciones en grandes componentes del sistema nuclear de generación de vapor, tales como, vasija, generador, etc. La experiencia de funcionamiento ha sido buena, en general, aunque han surgido ciertos problemas o incidentes durante la explotación, exponiéndose en la Comunicación los más significativos.

La información contenida en esta Comunicación ha sido transmitida por las compañías propietarias de las centrales a la Junta de Energía Nuclear, cuyo representante en este Panel las ha recopilado, y agradece las facilidades dadas a tal fin por las compañías. Algunas están también representadas en este Panel y manifiestan estar a la disposición de los asistentes para cualquier aclaración posterior.

=====

T A B L A I

TIPO	POTENCIA TERMICA (Mw)	POTENCIA ELECTRI- CA NETA (Mw)	FECHA PRIMER ACOPLAMIENTO RED	ENERGIA TOTAL PRODUCIDA HAS TA 31 OCT. 72 (10 ⁸ Kw.h)
PWR (Wes- tinghou- se) (1)	510	153	julio 1968	3.540,2
BWR (Ge- neral E lectric) (2)	1.380	440	marzo 1970	3.610,2
GCR (SL Francés) (3)	1.670	480	mayo 1972	795,2

DENOMINACION CENTRAL	EMPLAZAMIENTO	COMPAÑIA PROPIETARIA
(1) José Cabrera (Zorita I)	Almonacid Zorita (Guadalajara)	Unión Eléctrica, S.A.
(2) Santa M ^a de Garofia.	Santa M ^a de Garo- fia (Burgos)	Centrales Nucleares del Norte, S.A. (Nuclenor)
(3) Vandellós	Vandellós (Tarragona)	Hispano Francesa de Energía Nuclear, S.A. (Hifrensa)

2.- AVERIAS, CAUSAS DE LAS MISMAS Y REPARACIONES EFECTUADAS EN LAS CENTRALES.

2.1. REPARACION EN LAS PLACAS VERTICALES DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DEL NUCLEO (baffles) (PWR).

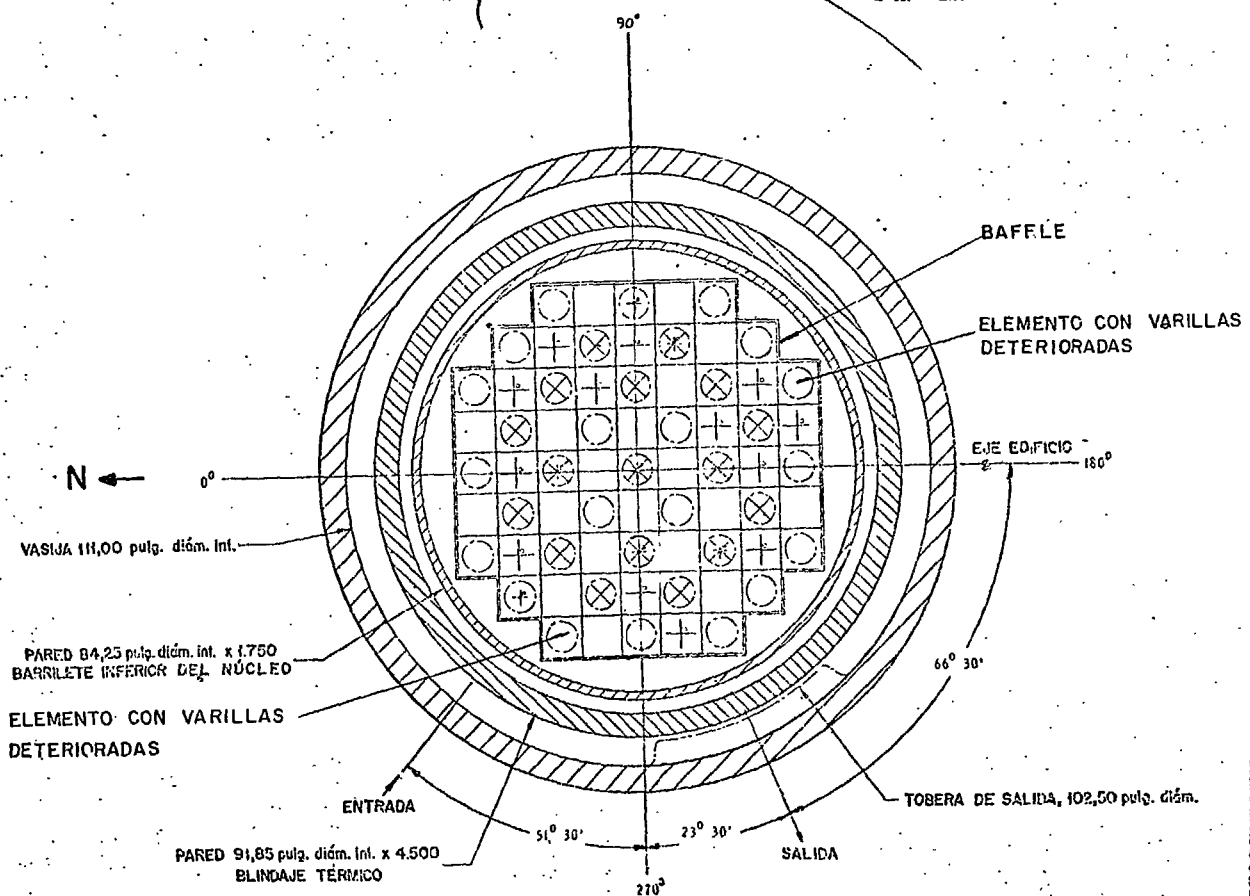
1. Resumen de la avería. Durante las dos recargas de combustible efectuadas se han encontrado elementos combustibles que ocupaban posiciones de esquina con varillas deterioradas (Fig. 2.1.1.1)

2. Causas. Se consideró que la causa del deterioro podría ser la holgura existente a lo largo de las aristas de las esquinas del baffle. La existencia de las holguras daría lugar a un chorro transversal de refrigerante (jetting), que al incidir sobre las varillas de combustible provocaba una vibración de las mismas y su posterior rotura por fatiga mecánica (Fig. 2.1.2.1 y 2.1.2.2).

3. Reparación. Consistió, durante la última recarga, en reducir las holguras detectadas, utilizando un martillo de impacto, (impact hammer) operado a distancia, con el fin de deformar el metal a lo largo de las aristas. La herramienta está formada por dos conjuntos principales: el martillo, actuado por aire comprimido y la estructura de soporte y sus ejes guía.

El martillo con su bisel (chisel) especialmente mecanizado, va alojado en un portador el cual se desplaza verticalmente. El mecanismo estaba debidamente fijado al baffle mediante mordazas.

La operación se realizó bajo agua, seguida mediante circuito cerrado de T.V. y fué llevada a cabo por personal especializado de Westinghouse con la supervisión y ayuda de personal de explotación de la Central, incluidos los aspectos de protección radiológica.



SECCIÓN HORIZONTAL DEL NÚCLEO

FIG. 2.1.1.1

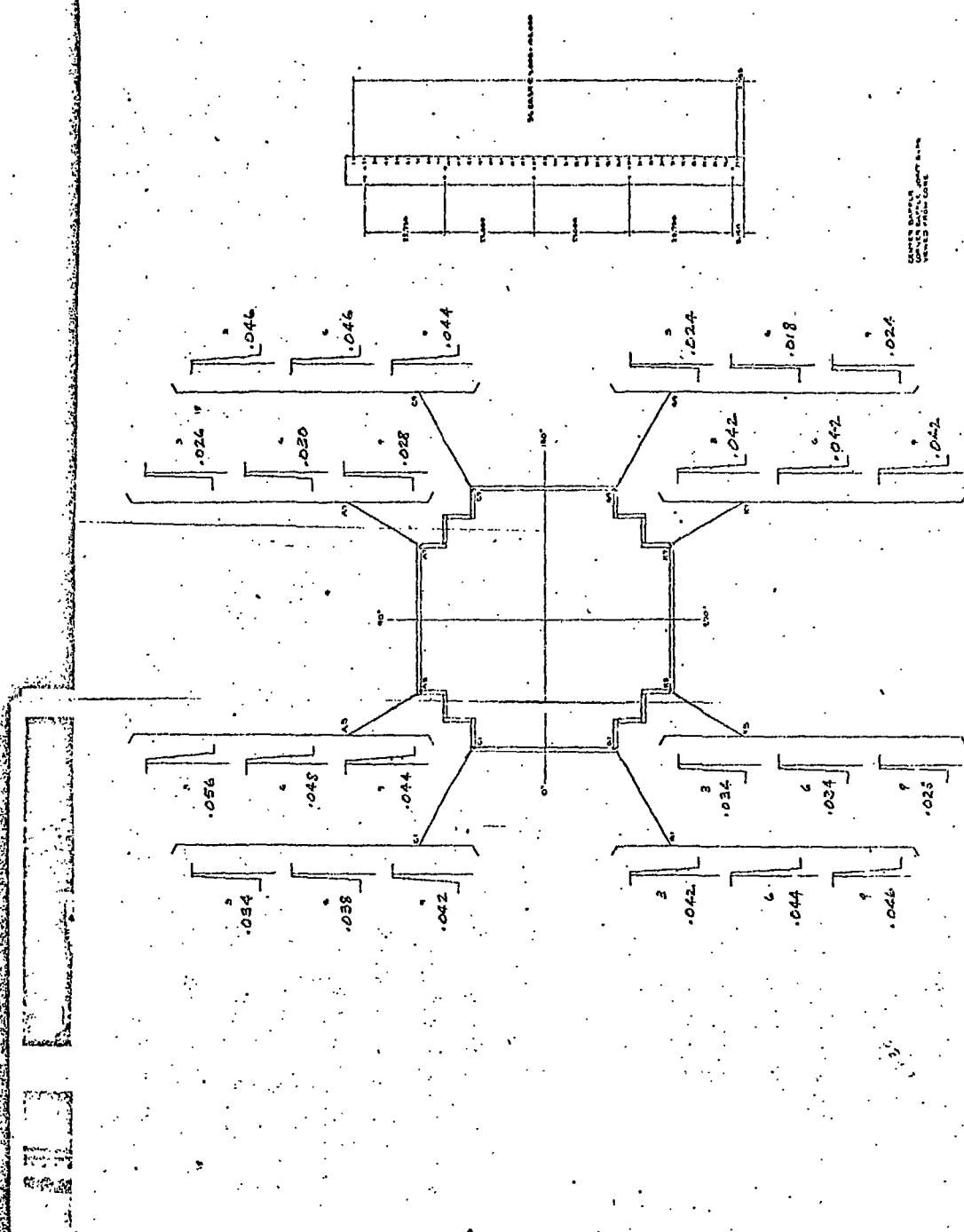


FIG. 2.1.2.1

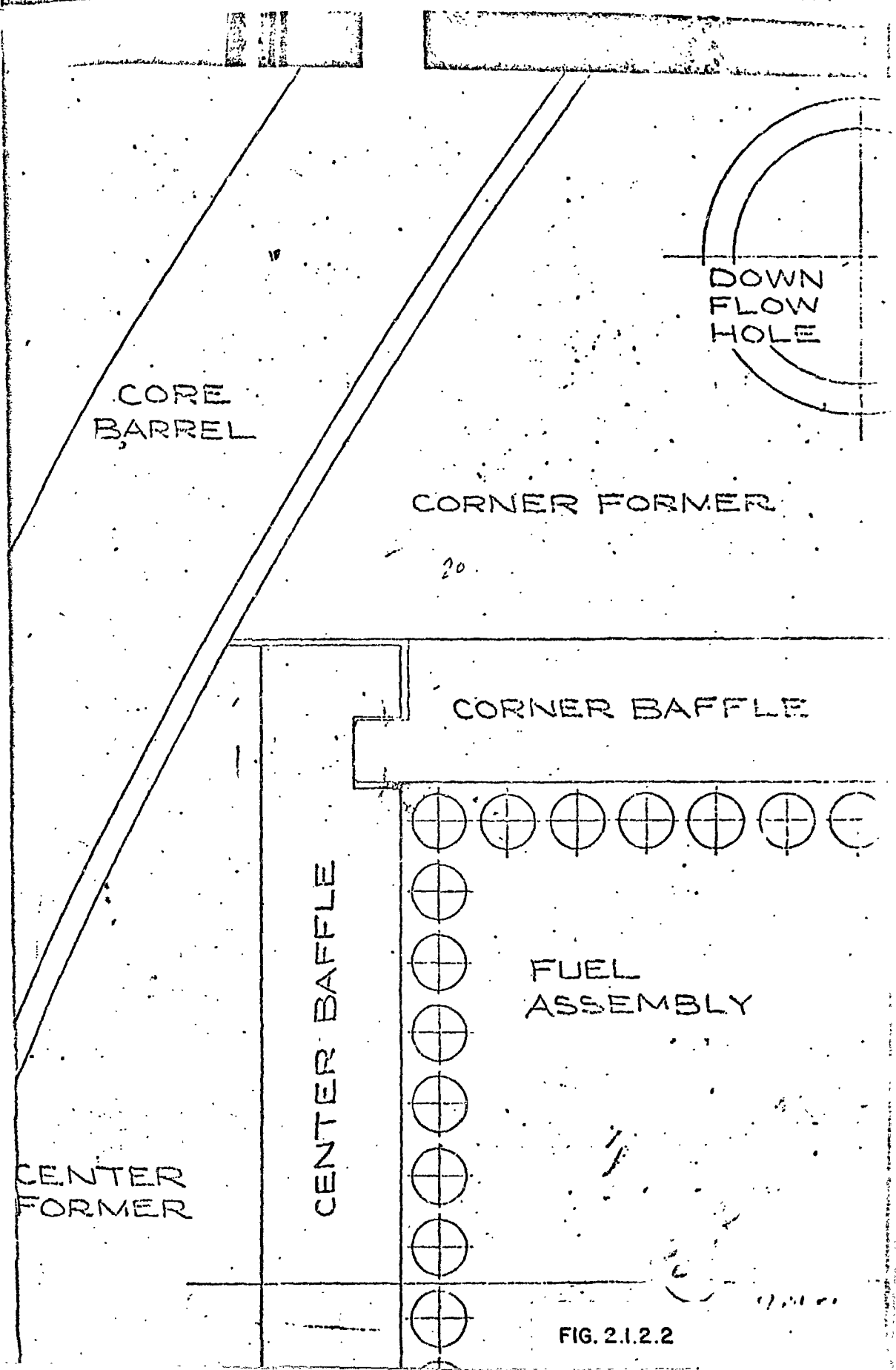


FIG. 2.1.2.2

Como resultado de la operación se consiguió reducir las holguras a los valores prefijados, esperándose no se presenten nuevamente los deterioros en varillas, lo que se comprobará durante la próxima parada.

2.2. ROTURAS DE ORIFICIOS (PWR).

1. Resumen de la avería. Al poco tiempo de comenzar el funcionamiento de la Central aparecieron fugas en diferentes puntos de la tubería de descarga (letdown) del refrigerante, desde el primario al sistema de control químico y volúmetrico, localizados en las inmediaciones de las tres placas perforadas reductoras de presión (orifices) (Fig. 2.2.1.1 y 2.2.1.2).

2. Causas. Se atribuye a fallo de las soldaduras, al parecer por fatiga mecánica debido a excesiva vibración.

3. Reparación. Las fugas exigieron en una ocasión parar la Central para su reparación. Al persistir el problema después de las primeras reparaciones se decidió realizar una serie de medidas exhaustivas de vibraciones con el fin de determinar:

- Amplitud y frecuencia de las vibraciones.
- Influencia de cada placa perforada.
- Influencia de la contra-presión de la placa.
- Influencia de los soportes de tubos y abrazaderas.

Como resultado de la investigación, realizada con los medios disponibles, se pudo determinar un efecto combinado de la placa, su contrapresión y posición de las abrazaderas; producía una vibración de mínima amplitud y frecuencia. Con los datos obtenidos y con procedimiento minucioso de ajustes en puntos de sujeción de las tuberías se consiguió eliminar totalmente las vibraciones y las consecuencias de la misma.

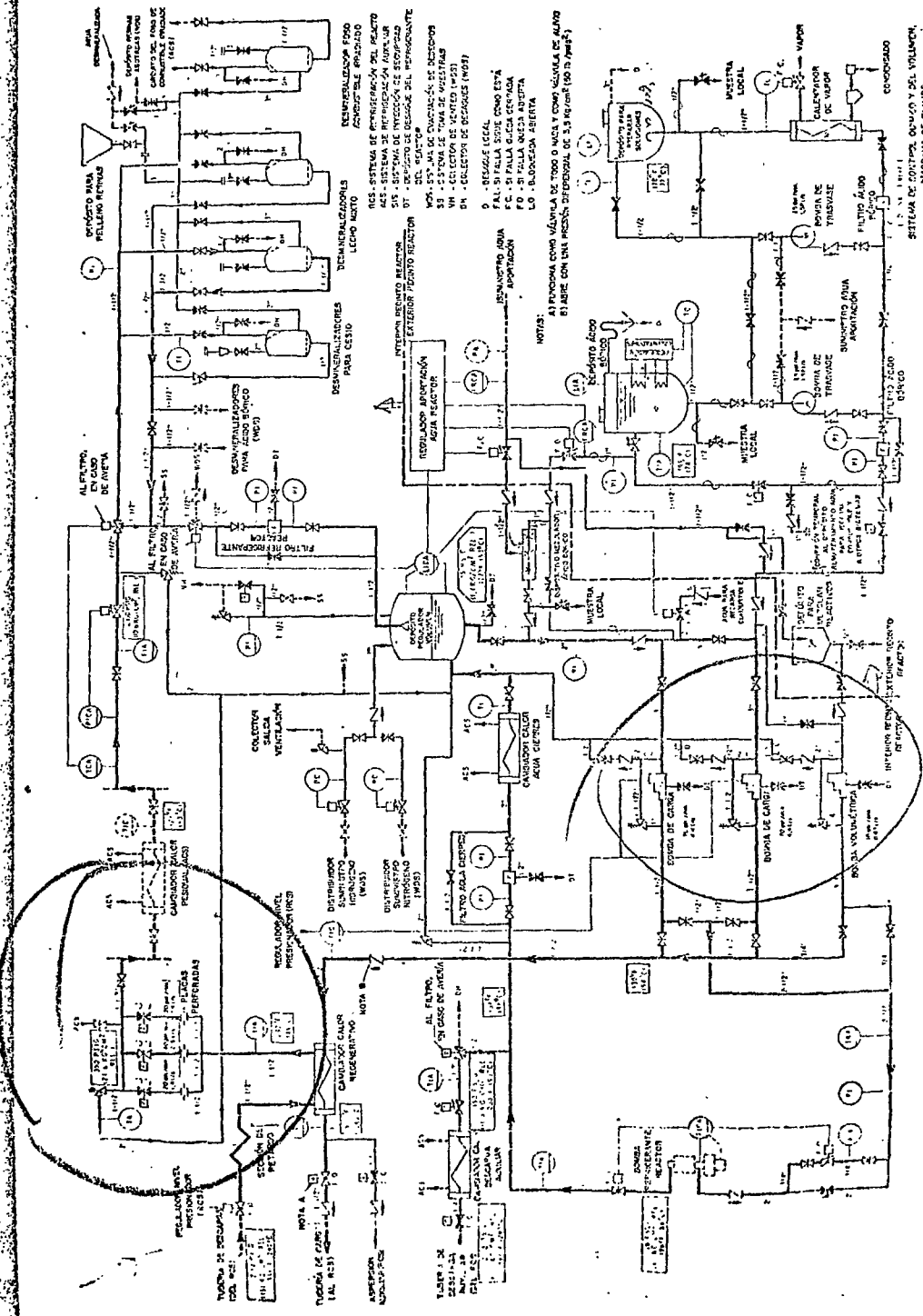
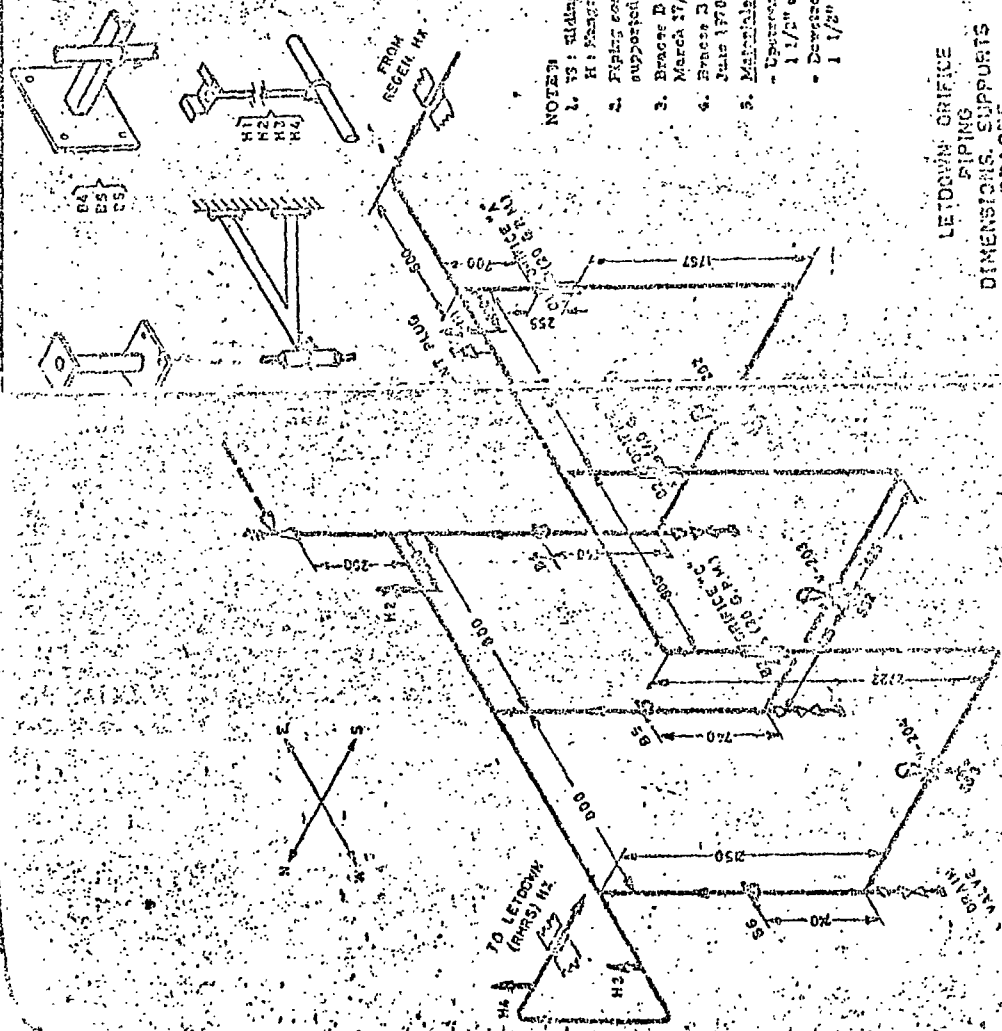


FIG. 2.2.1.1
SEÑAL DE CONTROL BOTON Y DEL VILLON.
DISTRIBUCION DE FLUIDOS

NOTAS:
 1 - AL PUNTO DEL VILLON DE TOMA O MAS Y COMO VALVULA DE ABREY CERRAR CON UNA MANEJA DEPRESORAL DE 3.3 Kg/cm² (30 lb/inch²)
 2 - BOMBAS LOCAL
 3 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 4 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 5 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 6 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 7 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 8 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 9 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 10 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 11 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 12 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 13 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 14 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 15 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 16 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 17 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 18 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 19 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 20 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 21 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 22 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 23 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 24 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 25 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 26 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 27 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 28 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 29 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 30 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 31 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 32 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 33 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 34 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 35 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 36 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 37 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 38 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 39 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 40 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 41 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 42 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 43 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 44 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 45 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 46 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 47 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 48 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 49 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 50 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 51 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 52 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 53 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 54 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 55 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 56 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 57 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 58 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 59 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 60 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 61 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 62 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 63 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 64 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 65 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 66 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 67 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 68 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 69 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 70 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 71 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 72 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 73 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 74 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 75 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 76 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 77 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 78 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 79 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 80 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 81 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 82 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 83 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 84 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 85 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 86 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 87 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 88 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 89 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 90 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 91 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 92 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 93 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 94 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 95 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 96 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 97 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 98 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 99 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO
 100 - RESERVA PARA FILLERIO INTERNO



NOTES:

1. SS: sliding support; B: Braces; H: Hanger.
2. Piping section shown was initially supported in SS-4, 2; H: 1, 2, 3.
3. Braces B 4, 5, 6 were added in March 17/1970.
4. Braces B 1, 2, 3 were added in June 1970.
5. Material:
 - Downcomer of isolation valves: 1 1/2" sch. 40 Type 316 S.S.
 - Downcomer of isolation valves: 1 1/2" sch. 40 Type 304 S.S.

FIG. 2.2.1.2

LEADDOWN ORIFICE
PIPING, SUPPORTS,
DIMENSIONS, BRACES

2.3. REPARACION DE LAS BOMBAS DE CARGA (PWR).

1. Resumen de la avería. Para introducir agua en el sistema primario se utilizan bombas de pistones (plunger). Fig. 2.2.1.1.

Las principales características de las bombas son:

Número de pistones	3
Presión máxima	185 Kg/cm ² (2,640 psig)
Caudal variable, máx.	262 litros/min. (70 g.p.m.)
Funcionamiento continuo mediante reductor y variador de velocidad.	

Las bombas (cuyo conjunto se representa en fig. 2.3.1.1) presentaban fugas excesivas por pistones y empaquetaduras (superiores a 150 cc/h) lo que obligó a su sustitución, con frecuencia inferior a las 1.000 horas de funcionamiento.

2. Causas. La inspección de los componentes de las bombas mostraron la existencia de una sensible corrosión de los pistones y desgaste en las superficies de empaquetaduras y de casquillos.

El pistón estaba recubierto de "Colmonoy", que es una aleación con 76% Ni, con objeto de aumentar la resistencia a la corrosión, y al desgaste. La empaquetadura era de carbón-teflon y los casquillos de bronce.

La causa de la corrosión se cree debida a la presencia de BO_3H disuelto en el agua hasta concentraciones del 10%, circunstancia que al parecer el fabricante no tuvo en cuenta en el diseño.

3. Reparación. Después de un estudio exhaustivo de la causa de la avería citada se realizaron una serie de pruebas con el material del pistón, hasta encontrar el que por ser compatible con el medio en que trabajaba fuese el más adecuado. Actualmente están instalados pistones de carburo de tungsteno (tungsten carbide), habiendo conseguido que las

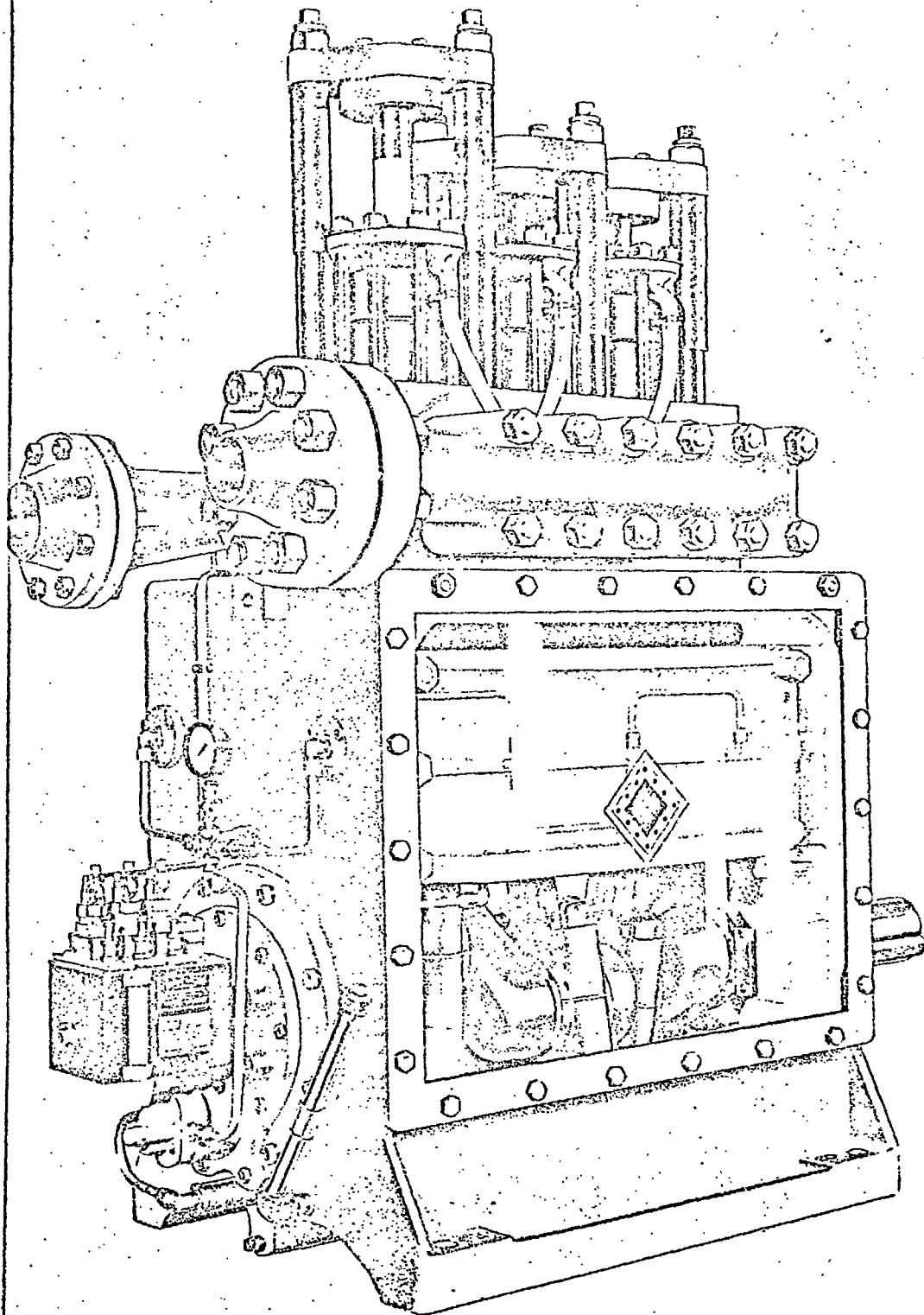


FIG. 2.3.1.1

horas de funcionamiento hayan pasado desde varias centenas hasta 6000-9000, dependiendo de la concentración de boro existente, con fugas iniciales oscilando entre cero y unos 20 cc/h, que al final de la vida llegan a los 100 cc/h.

2.4. ANOMALIAS EN RELACION CON EL CAMBIO DE UN ACCIONADOR DE BARRA DE CONTROL (BWR).

1. Resumen de la anomalía. La anomalía se presentó al tratar de cambiar las juntas tóricas existentes entre la brida de un accionador y la correspondiente brida del alojamiento del mismo en la vasija del reactor. El cambio era necesario como consecuencia de la fuga observada en dicho accionador al realizar la primera prueba hidrostática de la vasija a presión nominal, después de instalados todos los accionadores y sus correspondientes barras de control.

El accionador se desacopló normalmente, desde debajo de la vasija, de su correspondiente barra de control siguiendo el procedimiento establecido. Se colocaron las nuevas juntas tóricas y se procedió a acoplar de nuevo.

Una vez realizadas las operaciones de acoplamiento se hicieron las pruebas correspondientes para comprobar si el acoplamiento era correcto, siendo el resultado negativo. Se repitió la operación varias veces con el mismo resultado.

2. Causa. El análisis del problema llevó al convencimiento de que el conjunto formado por el "unlocking handle" y el "lock-plug" (Fig. 2.4.2.1) habían quedado trabados, durante la operación de desacoplo, en la parte superior de su recorrido y no habían recuperado su situación normal a la cual tiende a llevarlos el correspondiente muelle.

3. Arreglo de la anomalía. Para hacer volver el conjunto a su posición normal se preparó un gancho de acero inoxidable como el que se representa en la figura 2.4.3.1. Previamente se realizaron varias pruebas en una barra de control de repuesto para conseguir un gancho óptimo para la operación a realizar.

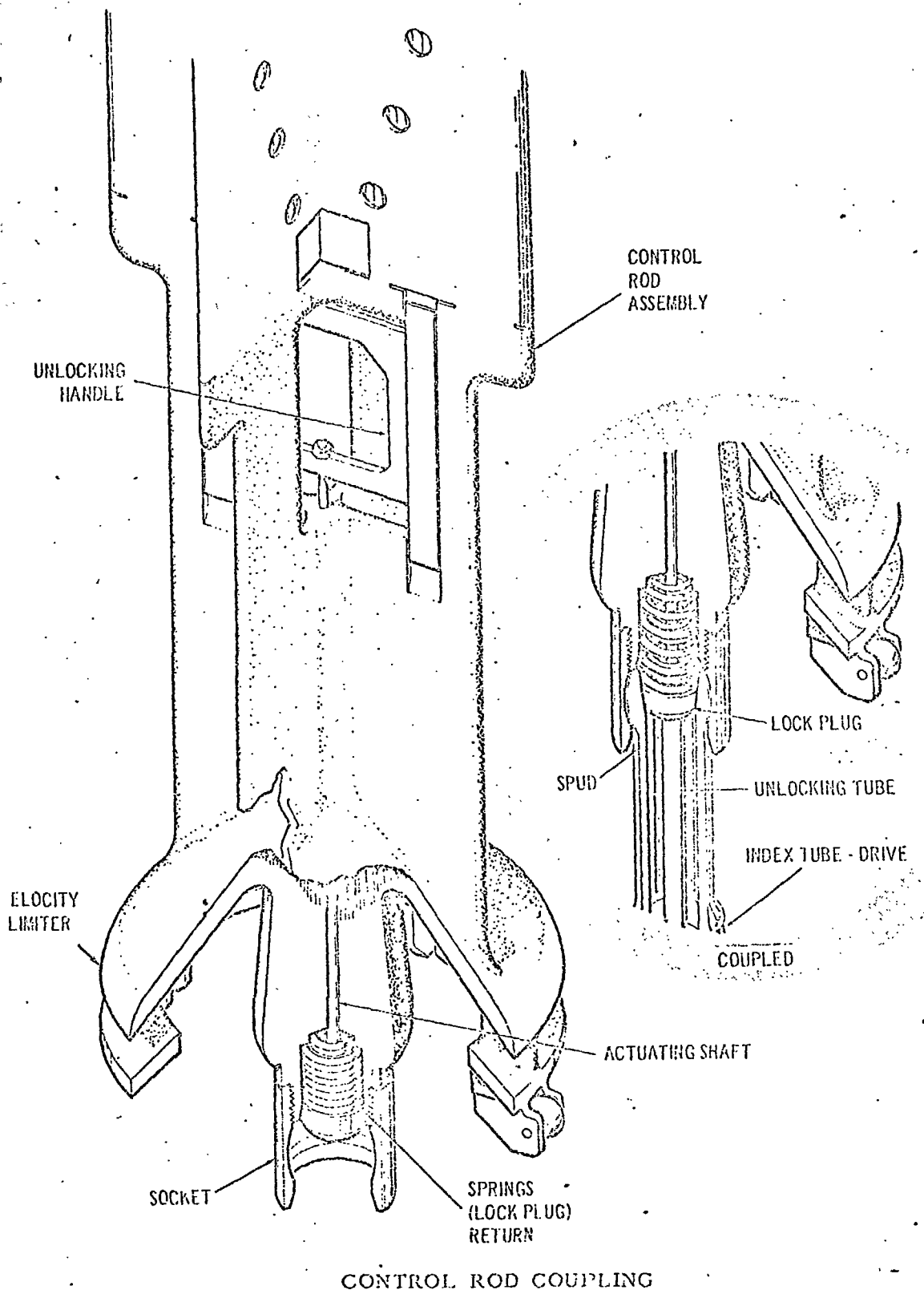


FIG. 2.4.2.1

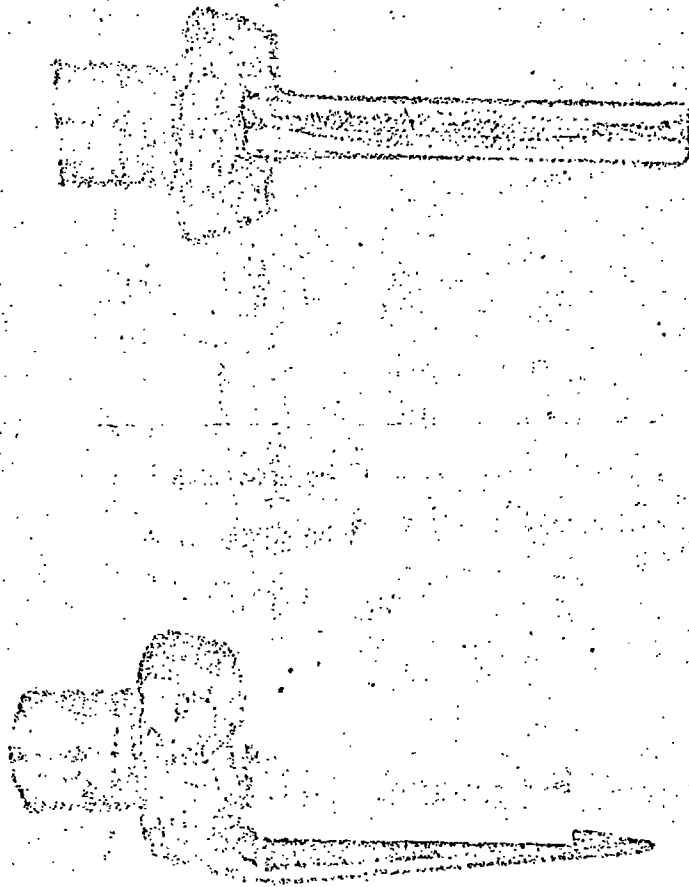


FIG. 2.4.3.1

Con dicho gancho, soldado a un tubo de acero inoxidable de cinco metros de longitud, se consiguió, después de algunos intentos destrabar el "lock-plug" introduciendo el gancho entre el referido "lock-plug" y el "socket" de la barra de control.

Después de comprobar el correcto comportamiento del muelle del "lock-plug" se realizó la operación del acoplamiento con total normalidad.

2.5. AVERIAS EN LOS SELLOS MECANICOS DE BOMBAS DE RECIRCULACION (BWR).

1. Resumen de las averias. Los sellos mecánicos de las dos bombas del circuito de recirculación del reactor están formados por dos etapas de sellado en serie, cada una de las cuales soporta en condiciones normales la mitad de la presión nominal del reactor (70 Kg/cm^2). Con la bomba en funcionamiento, el agua que llega a los sellos pasa primeramente por un cambiador de calor siendo impulsada a través del mismo por una bomba acoplada al eje de la bomba principal.

Transcurrido aproximadamente la mitad del primer ciclo de operación, y después de un arranque de la bomba, se observó que la presión de la cámara intermedia, entre los dos sellos en serie, de una de las bombas era anormalmente baja. Sin embargo, ningún otro dato puso de manifiesto la existencia de anomalías en el referido sello.

Varias semanas antes de la parada programada para la recarga tuvo lugar un aumento anormal de la temperatura en dicho sello, junto con un aumento de las fugas dentro de la contención primaria (drywell). Se mantuvo la bomba en operación hasta que las fugas y temperatura alcanzada en el sello hicieron aconsejable parar la bomba días antes de la parada programada. Entretanto, la presión en la cámara intermedia del sello de la otra bomba también había aumentado, sin observarse ninguna otra anomalía en dicho sello.

2. Causas. La inspección de los sellos, una vez desmontados, puso de manifiesto el desgaste de los anillos de grafito. En el sello que falló por completo, uno de los anillos de grafito había llegado al límite de su desgaste, y en el que empezó a mostrar anomalías en la presión de la cámara intermedia, los anillos de grafito estaban en avanzado proceso de desgaste.

La conclusión a que se llegó es que los sellos, que estaban instalados en las bombas desde el comienzo de las pruebas de arranque, sufrieron un trabajo muy intenso como consecuencia de gran número de arranques que experimentan estas bombas durante las pruebas y a lo largo del primer año de explotación comercial de la Central. Por lo tanto al disminuir el número de arranques se espera que aumentará muy sensiblemente la duración de los mismos.

Una interesante consideración basada en la experiencia es que el primer dato sobre el comienzo de una anomalía asociada al desgaste de los sellos es una presión anormal en la cámara intermedia, pudiendo transcurrir además bastante tiempo, del orden de varios meses, hasta que se produce el fallo total del sello, lo que se pone de manifiesto por un aumento significativo de la temperatura unido a un aumento sensible de las fugas de equipos dentro de la contención primaria.

3. Sustitución de los sellos. Durante la segunda semana de la parada de recarga se cambiaron los sellos de ambas bombas de recirculación por considerar que el sello que no había fallado completamente seguiría un proceso semejante al averiado. Mientras se realizaban dichos cambios el reactor y la piscina estaban inundadas, y se llevaban a cabo las operaciones de cambio del combustible e inspección de la vasija.

Los trabajos de sustitución de los sellos los efectuó el personal de mantenimiento de la Central, contando con la asistencia técnica de un representante del fabricante del equipo.

2.6. AVERIAS EN LAS VALVULAS DE AISLAMIENTO DE VAPOR PRINCIPAL SITUADAS EN AMBOS LADOS DE LA CONTENCIÓN PRIMARIA (BWR).

1. Resumen de la avería. En un arranque de la Central, durante el primer año de explotación comercial de la misma, se observó que el caudal de vapor que pasaba por una de las cuatro líneas de vapor principal era prácticamente nulo. La investigación subsiguiente demostró que, aun cuando el accionamiento neumático funcionaba correctamente, la válvula no abría, lo cual indicaba la existencia de una anomalía interna en la válvula.

Se paró la Central y se desmontó la válvula, encontrándose que la unión roscada entre el disco principal de cierre y su correspondiente disco guía había fallado (Fi. 2.6.1.1).

2. Causas. El análisis de la avería condujo a la conclusión de que el diseño de la unión roscada no era adecuado para el servicio requerido.

3. Reparación. Como consecuencia de lo anterior y a propuesta del fabricante, se decidió modificar la forma de realizar la unión entre disco de cierre y pistón guía en las ocho válvulas de aislamiento, de acuerdo con la figura 2.6.2.1.

La modificación se llevó a cabo en dos etapas. Primeramente se modificaron las cuatro válvulas exteriores a la contención con Central parada y fría, y con las válvulas de aislamiento interiores cerradas. Estas últimas se modificaron en la parada para recarga de combustible, cuando habían transcurrido treinta y cinco días desde que se paró la Central y siendo la situación de la Central mientras se hacía la modificación la siguiente:

- El nivel de agua en el reactor estaba por debajo de las toberas de vapor principal.
- La tapa de la vasija estaba colocada sobre el reactor pero los pernos no estaban apretados.

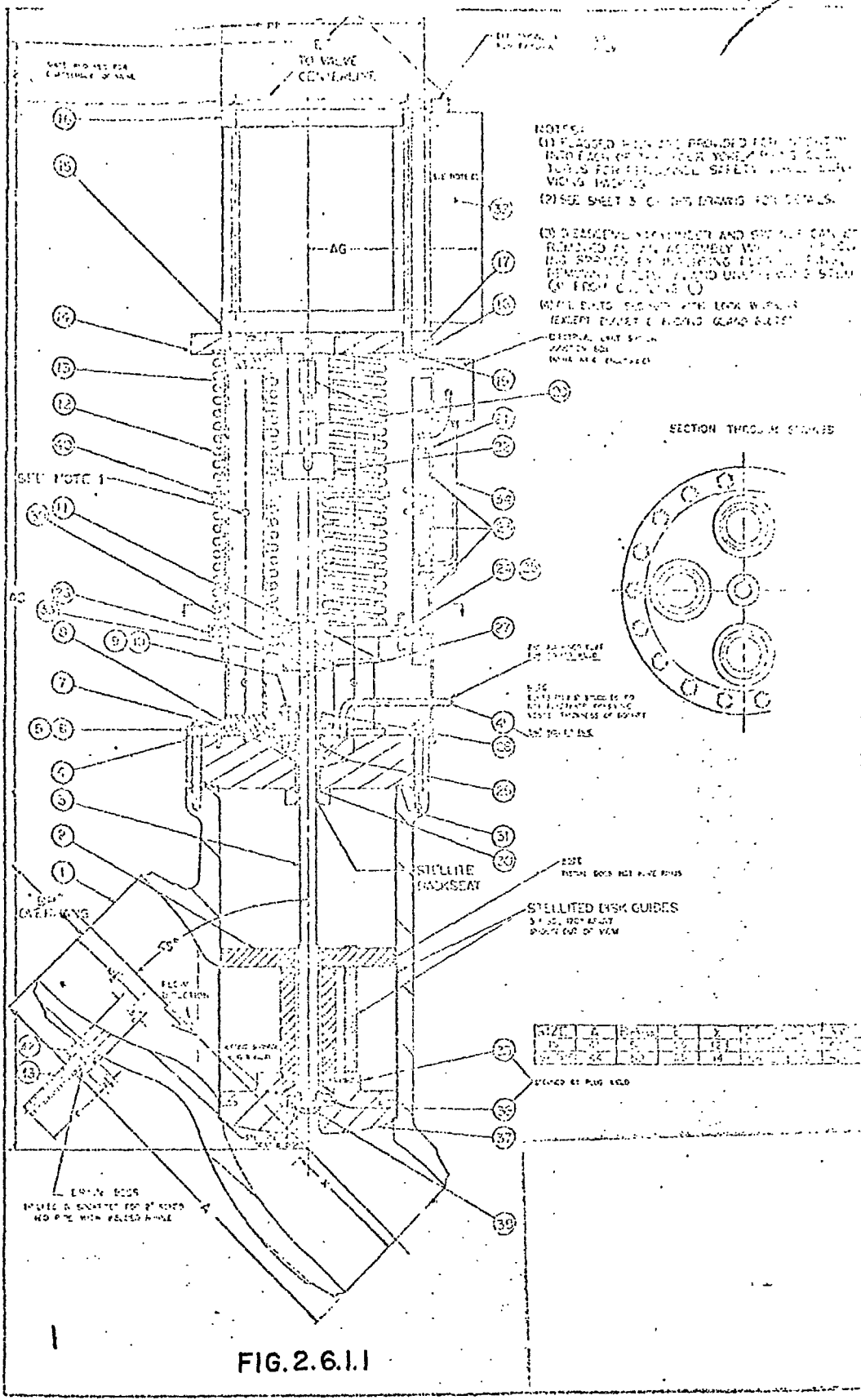


FIG. 2.6.1.1

-11-
 SKETCH - "C"
 RETROFIT ASSEMBLY

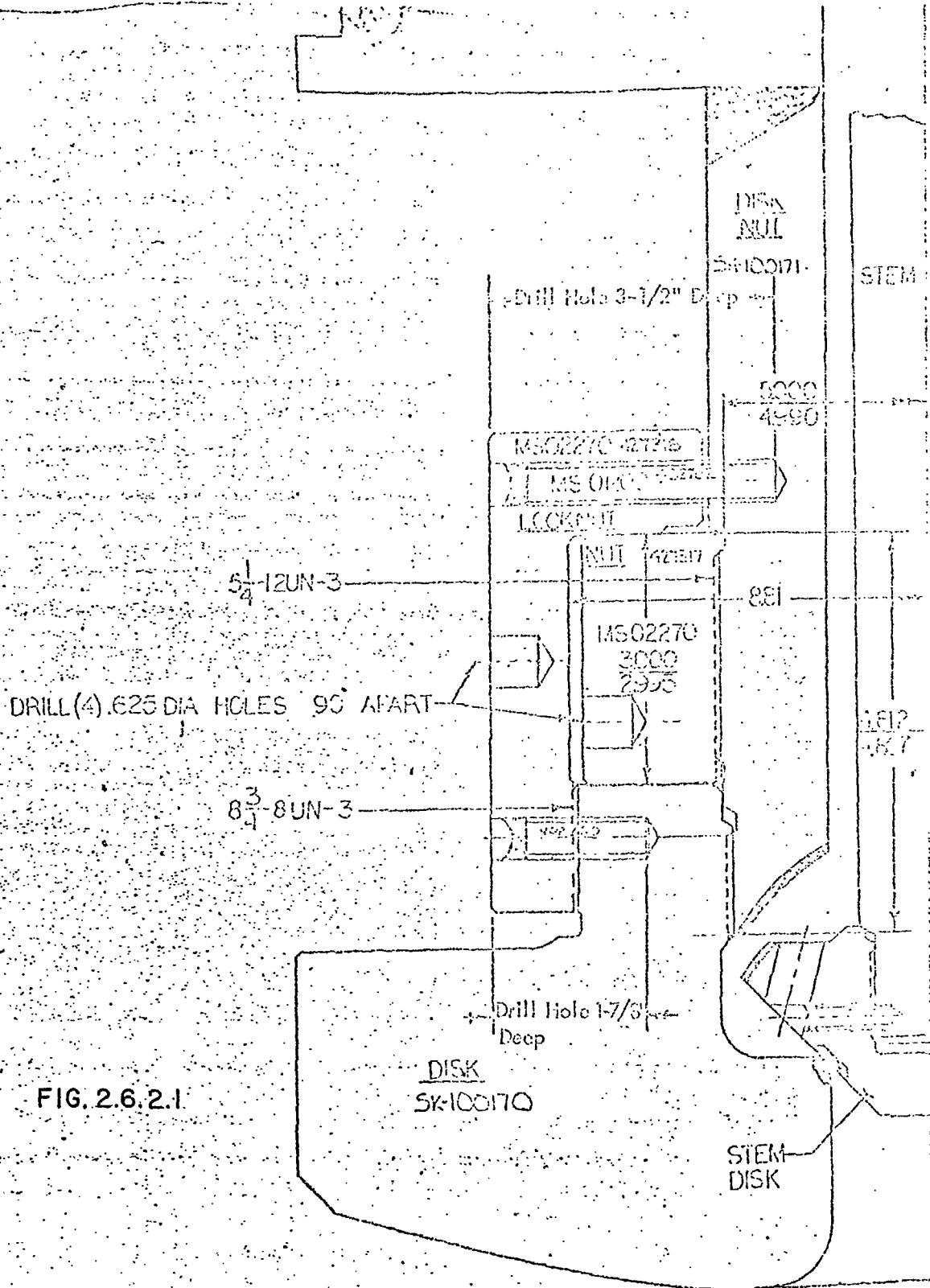


FIG. 2.6.2.1

- Se había conectado un sistema de ventilación al venteo de la tapa de la vasija, para poder provocar una circulación de aire desde el interior de la contención primaria al interior de la vasija, que se tuvo funcionando continuamente mientras duró la reparación.
- Debido a otros trabajos programados durante la parada, el suministro de agua de servicios a los cambiadores de calor del sistema de refrigeración en circuito cerrado del edificio del reactor estuvo interrumpido durante los días 2º, 3º y 4º de la modificación de las válvulas.

La dirección y realización de los trabajos corrió a cargo del personal de mantenimiento de la Central.

El procedimiento a seguir para la modificación de las válvulas lo preparó el fabricante y un representante suyo permaneció en la Central mientras se llevaba a efecto la reparación de las mismas.

2.7. AVERIAS EN LAS VALVULAS DE ALIVIO DE LAS LINEAS DE VAPOR PRINCIPAL (BWR).

1. Resumen de la avería. Con anterioridad a la parada de recarga de la Central se observó que dos de las tres válvulas de alivio presentaban una ligera fuga que se ponía de manifiesto por la relativamente alta temperatura detectada por los termopares colocados en la descarga de dichas válvulas. En consecuencia, se decidió revisar dichas válvulas en la parada de recarga.

2. Causas. La inspección de las válvulas puso de manifiesto que las superficies de cierre de las correspondientes válvulas piloto estaban erosionadas, siendo la fuga de las válvulas de alivio una consecuencia del cierre imperfecto de dichas válvulas piloto.

3. Reparación de las válvulas. Consistió en sustituir los elementos dañados de las referidas válvulas pilotos, con lo cual quedó resuelto el problema.

Los trabajos de revisión y reparación se efectuaron en paralelo con la modificación de las válvulas de aislamiento interiores del recinto de contención primaria (ver 2.6) y fueron realizados por el personal de mantenimiento de la Central.

2.8. AVERIAS EN LA VALVULA MOTORIZADA DE LA DESCARGA DE LA BOMBA DEL SISTEMA DE INYECCION DE REFRIGERANTE A ALTA PRESION. (H.P.C.I.) (BWR).

1. Resumen de la avería. Con la Central en parada fría y realizando una prueba de la actuación, mediante motor, de la válvula de compuerta, de 12", se dobló el eje de la misma.

Una vez desmontada la válvula se comprobó que las superficies de cierre de la cuña y de los asientos se habían distorsionado ligeramente.

2. Causas. La investigación pertinente puso de manifiesto que se había roto un diente de uno de los engranajes del interruptor de fin de carrera. Al no funcionar dicho interruptor quedó anulada la acción del limitador del par.

3. Reparación de la válvula. La reparación de la válvula requirió los siguientes trabajos:

- Mecanizar hasta conseguir la planicidad adecuada de los asientos de "stellite 6" de la válvula.
- Rehacer los recargues de "stellite 6" de la cuña.
- Ajustar la cuña a las medidas adecuadas.
- Comprobar los asientos hasta que el ajuste fué adecuado.
- Preparar un nuevo vástago.
- Sustitución de los juegos de engranajes del limitador de fin de carrera por otros nuevos.
- Montaje y pruebas finales.

Todas las operaciones descritas, salvo la de recargue, se efectuaron por el personal de mantenimiento de la Central. La operación de recargue se realizó en talleres especializados en el trabajo con "stellite".

2.9. AVERIAS EN VALVULAS DE FUGA CONTROLADA (LEAK-OFF)(PWR).

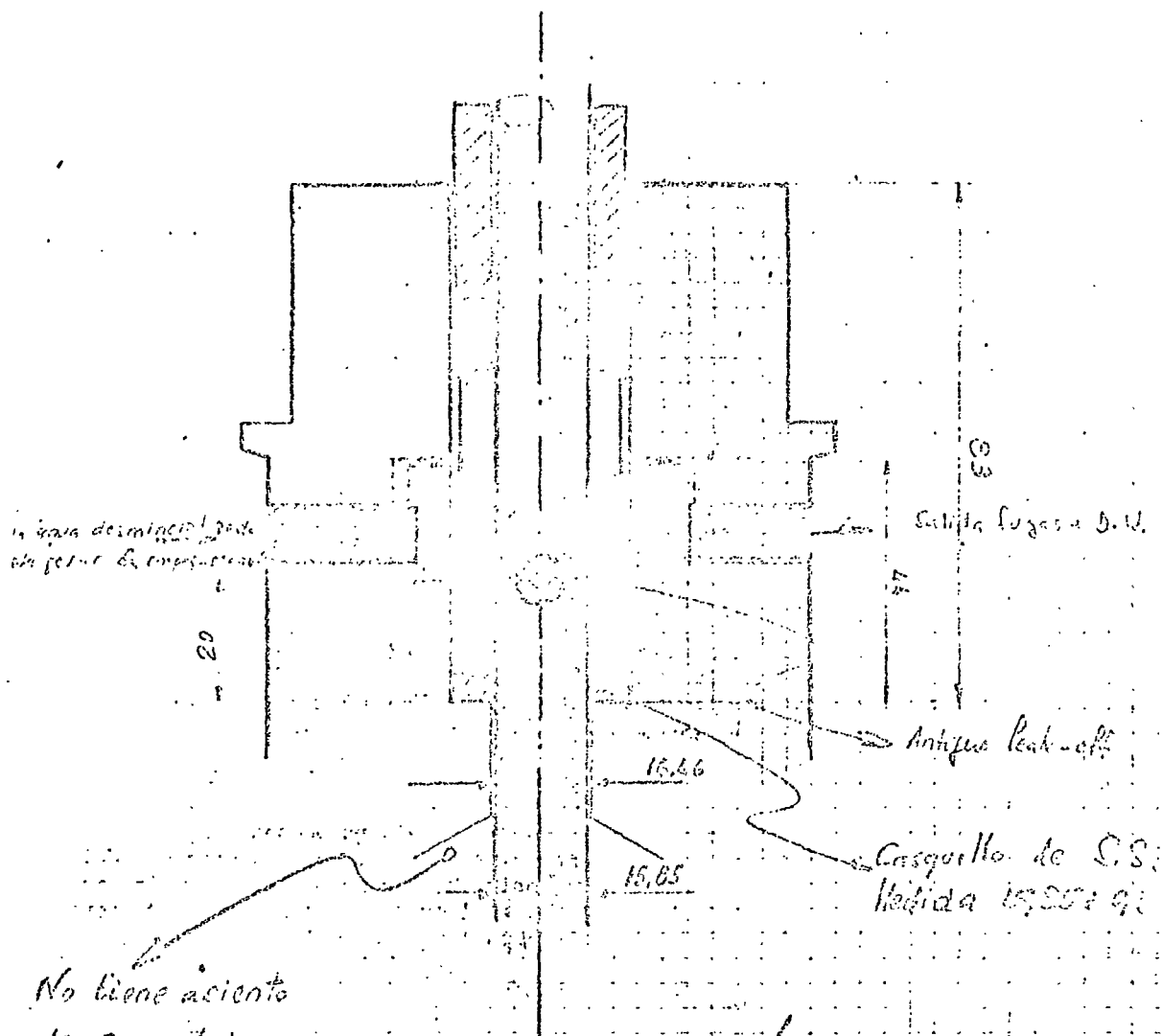
1. Resumen de las averías. En ciertas válvulas de control y regulación a presión elevada, instaladas en el sistema primario del reactor (con ácido bórico disuelto en el refrigerante) se llegaron a producir considerables fugas a través del "leak-off" y posteriormente la fuga se manifestaba a través del vástago de la válvula.

2. Causas. Una inspección sistemática de las válvulas permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- Los dos primeros anillos de empaquetadura se carbonizan y se destruyen al poco tiempo de funcionamiento.
- Como consecuencia de la destrucción de los anillos se origina una fuga permanente a través del "leak-off" que llega a ser muy importante.
- Debido a la fuga permanente los anillos superiores quedan sometidos a presión y temperaturas elevadas, iniciándose la fuga por el vástago. Además y por la acción de un par eléctrico que se forma, favorecido por el ácido bórico, se producen corrosiones sobre el propio vástago, aumentando a su vez la fuga.

3. Reparación. Con las modificaciones efectuadas, (Fig. 2.9.3.1) que se relacionan a continuación se ha conseguido - aumentar la vida de las empaquetaduras hasta uno o dos años, en cuyo tiempo no se detectan fuga alguna.

- En la parte inferior de la caja de empaquetaduras se ha colocado un anillo de acero inoxidable, que facilita el deslizamiento del vástago.
- Se ha elevado el punto de toma del "leak-off" a una altura equivalente a cinco anillos de empaquetadura.



fracción leak-off = 11.5%

caída agua disminuida 25.12.69

C.P.

Valvula Leo R.
Modificación en leak-off
Empaquetadura 15.85
Tipo 2 C.R.V.
de Alta Presión

FIG. 2.93.1

- En la parte inferior del "leak-off" se coloca un número variable de anillos que pueden llegar hasta cinco, a continuación se coloca el casquillo separador y por último los anillos superiores (dos o tres).
- En los casos en que se ha detectado elevada temperatura en las válvulas se ha instalado una inyección de agua desmineralizada por el extremo opuesto al "leak-off" controlada mediante válvula manual de aguja.

3. EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN RELACION CON PROBLEMAS GENERALES SURGIDOS DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES POR DEFECTOS DE DISEÑO.

3.1. EXPERIENCIA SOBRE FUGAS DE VAPOR A TRAVES DE VALVULAS DE PEQUEÑO TAMAÑO (BWR).

A los efectos perjudiciales que van asociados a una fuga de vapor en cualquier instalación, se unen en una central nuclear de tipo BWR el hecho de ser dicho vapor radiactivo, dando lugar por tanto a problemas de contaminación ambiental. Se comprende por consiguiente la especial importancia de las fugas de vapor en dichas centrales y el que haya que poner especial atención en prevenirlas.

De la experiencia adquirida se deduce que en los arranques posteriores a las paradas de mantenimiento se suele presentar algunas fugas de vapor localizadas la mayoría de las veces en la valvulería pequeña (menor de 2 pulgadas) correspondiente a drenajes, venteos, conexiones de instrumentos, etc., etc. Dichas fugas suelen retrasar el proceso de arranque en algunas horas, con las consiguientes repercusiones económicas. Por tanto, la valvulería pequeña debe ser objeto muy importante de atención al especificarla, al controlarla, al instalarla, al operarla y durante el mantenimiento previo al arranque así como en la explotación comercial de la central.

La válvula más adecuada para el referido servicio, atendiendo al problema de las fugas y en base a la experiencia de operación debe reunir las siguientes características:

- La unión cuerpo-bonete debe llevar soldadura de sellado.
- La válvula debe ir provista de un contra-asiento (back-seat) de diseño y construcción adecuado para conseguir que las empaquetaduras de la válvula no trabajen con válvula completamente abierta.
- La empaquetadura debe seleccionarse con especial cuidado y pensando que deberá trabajar con vapor saturado.

Desde un punto de vista de operación es extremadamente importante el que las válvulas que trabajan en posición de completamente abiertas o completamente cerradas lo estén realmente, siendo también muy importante una pronta detección de las fugas.

Desde el punto de vista de mantenimiento habrá que emplear personal bien adiestrado en relación con los trabajos de cambio de empaquetaduras y de juntas y no se debería instalar una nueva válvula sin comprobar previamente si la empaquetadura es la adecuada y, en el caso de que lleve junta, sin comprobar que la junta es la adecuada y que el alojamiento de la misma tiene las medidas correctas. También se deberá establecer una frecuencia adecuada de cambio preventivo de las empaquetaduras de las válvulas.

3.2. EXPERIENCIA EN RELACION CON DRENAJES DE EQUIPOS DENTRO DE LA CONTENCIÓN PRIMARIA (BWR).

Durante las pruebas de potencia de la Central, y en el curso de una inspección de la contención primaria, estando el reactor a la presión y temperatura nominal, se observó en una de las bombas de recirculación una importante fuga de vapor que llenaba toda la cavidad donde se aloja el sello mecánico de la misma. Esto se interpretó entonces como un fallo del sello, por lo cual se fué a parada fría y se empezó a considerar que la avería condicionaría de forma importante el programa de pruebas de potencia.

Una vez en parada fría se hicieron una serie de

pruebas y controles del sello por parte del personal de mantenimiento de la Central, con bomba parada y sin presión en el reactor, con bomba funcionando y sin presión en el reactor y con bomba funcionando, con presión nominal en el reactor, pero a baja temperatura. Nada anormal se encontró en el sello por lo cual se decidió arrancar.

Al alcanzar de nuevo la temperatura nominal se volvió a hacer la inspección de la contención primaria, volviéndose a observar la fuga de vapor alrededor del sello. Convencidos de que dicho vapor no podía venir del sello, se pensó que podía ser un retorno procedente del colector de drenaje de equipos, a través del drenaje abierto a la atmósfera de la contención primaria de la cámara que aloja al sello. La investigación del tema puso de manifiesto que, en efecto, dicho vapor procedía de la fuga controlada (leak-off) de una de las válvulas del correspondiente lazo de recirculación, pues bastó estrangular la correspondiente válvula en la línea de fuga controlada para que desapareciese el ambiente de vapor alrededor del sello.

Un efecto semejante se volvió a presentar al arrancar la Central después de la parada de recarga, pero en este caso el vapor procedía de una válvula de drenaje que fugaba, a través de su asiento, por no estar suficientemente cerrada.

La conclusión es que los drenajes de equipos deben llegar a su correspondiente sumidero agrupados según unos ciertos criterios, y que no deben tener dichos drenajes de equipos ninguna comunicación directa con la atmósfera de la contención primaria.

En la próxima parada de recarga de la Central, los drenajes de las cámaras que alojan a los sellos se llevarán al pozo de drenaje de equipos independientemente para evitar fenómenos como los descritos.

3.3. EXPERIENCIA EN RELACION CON ROTURAS DE TUBOS EN CALENTADORES Y RECALENTADORES (PWR).

Durante los cuatro años de funcionamiento de la Central se han producido varios fallos por rotura de tubos en el calentador de alta presión y en los recalentadores-separadores de humedad del secundario. Las roturas no han obligado a la parada de la Central y en un caso de rotura en los recalentadores-separadores de humedad provocó el embalamiento de la turbina al desacoplar la máquina por otras causas, como consecuencia del paso del vapor vivo a través de los tubos rotos, después de cerradas las válvulas de aislamiento.

Para la reparación se ha seguido la técnica usual de obturación de los dos extremos del tubo averiado, mediante tapones de metal Monel. Además y para evitar que los tubos rotos pudieran dañar por vibración a los adyacentes, se introduce en el interior del tubo y previamente a su taponado una varilla de metal Monel, que se va uniendo a trozos a medida que se introduce, debido al limitado espacio de que generalmente se dispone.

4. OPERACIONES LLEVADAS A CABO PARA LA RECUPERACION DE UNA PIEZA METALICA CAIDA DENTRO DEL CAJON DE UN REACTOR (G.C.R.).

Cuando finalizaba la actuación de la máquina de carga en un canal, estando el reactor en funcionamiento (refueling on power), se detectó un aumento anormal de peso - mientras se retiraba el brazo telescópico de carga.

Una vez retirada la máquina del reactor se comprobó que faltaba de la misma una pieza metálica de unos 200 cm² de superficie, cuya misión es facilitar la orientación del brazo dentro de cada pozo de carga, para tener accesibilidad a los distintos canales del mismo. La pieza tiene la forma alabeada necesaria para adaptarse al brazo de carga y al cual se fija mediante tres tornillos.

Una vez examinada la máquina de carga en aquellas partes de una relativa accesibilidad, así como los lugares exteriores al reactor donde se había situado para la inspección, se llegó al convencimiento de que lo más probable era que la pieza estuviese dentro del reactor. Se acordó entonces construir una pieza igual a la desaparecida con el fin de ensayar sobre un banco de pruebas, para tratar de definir su posible situación en el reactor. Se llegó a la conclusión de que lo más probable era que la pieza se encontrase en un canal del reactor, aunque no era de esperar produjese un daño catastrófico, ya que el reactor había estado funcionando algunos días desde que se cayó la pieza hasta que se tuvo conocimiento de la caída, sin que se detectase anomalía alguna en la medida de temperaturas y sistema de detección de rotura de vainas (DRG).

La Dirección del explotador tomó dos decisiones consistentes en:

a) parar la Central e iniciar una inspección visual mediante TV. de los canales donde era más probable se encontrase la pieza y b) proceder en un banco de pruebas existente en Francia a realizar estudios dinámicos para conocer la restricción del caudal de refrigeración que podría suponer la presencia de la pieza, en todas las posiciones posibles.

Durante la exploración con cámara de TV. se vió con toda claridad y nitidez los canales y los elementos combustibles superiores, distinguiéndose incluso sus correspondientes números de identificación. De esta forma se inspeccionaron unos 400 canales con resultado negativo. La inspección completa de todos los canales (unos 3.000) se estimó en un tiempo superior a dos meses, por lo que se decidió hacer una explotación panorámica de canales, mediante fotografías, que una vez compuestas dieron una visión detallada de toda la parte superior de los canales, llegando al convencimiento que la pieza no se encontraba en tal situación, pudiendo estar:

- 1º - dentro de un canal de los no inspeccionados por TV.
- 2º - encima de uno de los canales que no contienen elementos combustibles y por tanto sin efecto perjudicial.
- 3º - en el interior de la propia máquina de carga o en otro lugar del reactor, sin mayor incidencia.

Los resultados del estudio dinámico citado en b) permitieron afirmar que la presencia de la pieza no supondría en ningún caso restricción del caudal que pudiera dar origen a la fusión de la vaina y del combustible, aunque caso de estar en el interior del canal podría haber dañado, en la caída, la vaina del elemento o en todo caso crear una dificultad en la actuación de la máquina de carga cuando en su momento se tratase de descargar el canal.

Transcurridos unos 40 días de iniciadas las operaciones de búsqueda, sin éxito y a la vista de las conclusiones citadas se puso nuevamente la Central en funcionamiento con ciertas especificaciones encaminadas a reducir al mínimo las incidencias posibles, pero hasta la fecha la Central ha funcionado sin detectar problemas derivados de la posible presencia de la pieza.

5. CONCLUSIONES EN RELACION CON LA PROTECCION RADIOLOGICA DURANTE LAS INCIDENCIAS QUE SE HAN DESCRITO.

Las inspecciones y reparaciones efectuadas en componentes radiactivos y/o en ambientes radiactivos se han llevado a cabo por personas cualificadas y bajo las instrucciones y supervisión del Servicio de Protección Radiológica de cada Central. No se tiene conocimiento de que durante las operaciones enumeradas nadie haya recibido dosis superiores a las permisibles.

