

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1971

04.71.02

TE-6/58

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE TECNOLOGIA

CALCULO Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE " BLANKET" PARA
EL RA-3 CON BARRAS CILINDRICAS

R.O. CIRIMELLO, C.MONTENERO, H. LOTANO y O.SARACCO

Departamento de Combustibles Nucleares

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
GERENCIA DE TECNOLOGIA

CALCULO Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE " BLANKET" PARA
EL RA-3 CON BARRAS CILINDRICAS

R.O. CIRIMELLO, C.MONTENERO, H. LOTANO y O.SARACCO

Departamento de Combustibles Nucleares

CALCULO Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE " BLANKET" PARA EL RA-3 CON
BARRAS CILINDRICAS

CONTENIDO

1. Antecedentes
2. Diseño conceptual
3. Criterios de diseño
4. Cálculo y diseño de la barra
 - 4.1. Cálculos en la barra
 - 4.2. Diseño de la barra
 - 4.3. Selección de Materiales
5. Concepción y diseño de los componentes y ensamble.
 - 5.1. Grillas
 - 5.2. Boquilla
 - 5.3. Caja
 - 5.4. Tirador
 - 5.5. Ensamble
6. Ensayos previstos
7. Trabajos y recomendaciones para las especificaciones
8. Bibliografía

CALCULO Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE " BLANKET" CON BARRAS

CILINDRICAS (PBC1)

1. Antecedentes

Dentro de los planes de la CNEA relativos al uso de Plutonio como combustible surgió hace algunos años la idea de colocar un manto en el núcleo del reactor RA-3 a fin de producir plutonio.

El único antecedente publicado internamente en la CNEA es el trabajo de Carrea et al (1) donde se exponen los propósitos generales y se da un cálculo neutrónico de un manto de barras cilíndricas de U metálico de 20 mm de diámetro.

Posteriormente y frente a la necesidad de concretar un prototipo con el cual se pudiera comenzar el proyecto se materializó la idea de un experto inglés Dr. Jambrak (2) quien propuso una geometría de barras rectangulares con vaina de aluminio y pastillas de UO_2 sintetizados.

Los cálculos térmicos fueron realizados por el Ing. Gvirtzman (3) y se construyó un prototipo instrumentado en el Dpto. de Combustibles Nucleares.

Dicho prototipo sirvió para realizar mediciones en el reactor RA-3 (4) donde se comprobó que conducía a presiones interiores muy elevadas, la geometría adoptada no era la más adecuada.

Se decidió en consecuencia pasar a una geometría de barras cilíndricas con pastillas de UO_2 sintetizadas y vainas de aluminio.

2. Diseño conceptual

Las condiciones de partida para el diseño conceptual fueron las siguientes:

a) Potencia disipada y posibilidades de refrigeración de los ensambles de barras con el estado actual y futuro del núcleo del RA-3.

b) Posibilidades de fabricación

c) Posibilidades de reprocesamiento

Para la condición a) se utilizaron en primera instancia los resultados del programa Exterminator (5) que existían y que daban una generación de 5,2 W/g de UO_2 .

Con dicho dato se propuso (6) colocar barras con un ordenamiento en tresbolillo

El diámetro de las barras debía considerar la condición b) que estaba dada fundamentalmente por la existencia de la matriz necesaria para la fabricación de pastillas de UO_2 y un stock de dichas pastillas provenientes de la fabricación para prototipos MZFR

La geometría de la caja debía permitir su uso y recambio en el núcleo actual y además poder ser transportada con el dispositivo existente para los EC normales del RA-3.

En lo que respecta al reprocesamiento se tuvo en cuenta que el aluminio usado como material estructural tenga un contenido bajo de Mg y Si elementos que dificultan la separación después de su disolución y precipitación.

La posibilidad de elevar la potencia del reactor a 8 o 12 Mw, así como la nueva geometría propuesta hizo necesario revisar los cálculos neutrónicos (7) que condujeron a resultados sensibles mayores de los establecidos anteriormente, este hecho será tenido en cuenta para el diseño final de los EC de la 1er. carga, pero no modifica lo expuesto para el prototipo que servirá para comprobar en alguna medida los cálculos efectuados.

3. Criterios de diseño

En base a lo expuesto en el punto 2 y a los materiales empleados se fijaron criterios para el diseño de las barras, grillas y ensambles. Dichos criterios son los siguientes:

a) Temperatura máxima del UO_2 : Se fija en 1000° a fin de no tener cambios estructurales de importancia, limitar la dilatación térmica e impedir liberación de gases de fisión.

b) Deformación de la vaina: No se permite deformación permanente de la vaina, ya sea por dilatación térmica de las pastillas de UO_2 o por el estado de tensiones de la misma.

c) Estados de tensiones de la vaina: Las solicitaciones debidas a presión interior presión exterior y gradientes térmicos deben conducir a tensiones equivalentes menores que $1/10$ de la tensión $\sigma_{0.2}$ del material usado. Esto establece un coeficiente de seguridad respecto no sólo de fallas mecánicas sino por la posible deformación por creep de la vaina durante el tiempo de permanencia.

d) Espacio Pastillas-vaina: Se fija como límite inferior 40μ en diámetro a fin de posibilitar el llenado. Como límite máximo se tienen en cuenta las posibilidades de fabricación de los tubos en cuanto a tolerancia del diámetro interior y de las pastillas de UO_2 respecto de su diámetro.

Por ello se ha fijado:

Tolerancia diámetro interior tubos: $\pm 0,02$ mm
 Tolerancia pastillas de UO_2 : $+ 0,01$ mm
 $- 0,03$

(este valor es el resultado del análisis estadístico de pastillas ya fabricadas)

e) Separación entre barras: Se limita la separación mínima a 1,5 mm

por condiciones de refrigeración. Esto se ha tenido en cuenta en el dimensionamiento de la grilla y la flecha máxima permitida en las barras terminadas.

f) Pérdida de carga máxima: Se fija la pérdida de carga en un valor similar a la de los EC normales del RA-3 lo cual se tuvo en cuenta en el dimensionamiento de la grilla.

g) Armado del ensamble: El ensamble debe ser posible y fácil de realizar con métodos comunes y debe poder ser desarmado en la celda caliente del RA-3 a fin de enviar a reprocesamiento solo las barras irradiadas, sin el material estructural.

4. Cálculo y diseño de la barra de "Blanket"

4.1. Cálculos de la barra

El trabajo de C. Montenero (8) analiza el cálculo de distribución de temperatura y dilaciones térmicas que constituye el parámetro más importante de este proyecto.

Como se concluye en el mismo con las dimensiones propuestas se pueden usar las barras hasta potencias de 300 W/cm sin que la pastilla alcance la vaina.

En lo que respecta a la dilatación longitudinal y si consideramos la situación más extrema ("gap" máximo; 120° temp-de vaina) la temperatura del borde del "dishing" conduce a una dilatación máxima de 2,6 mm de toda la columna de pastilla.

Para las mismas condiciones la vaina sufre una dilatación de 1,6 mm por ello debe dejarse un espacio de dilatación axial de 1 mm a fin de no tener sollicitación adicional sobre la vaina.

De acuerdo a los criterios de diseño y los cálculos efectuados no se espera tener liberación de gases de fisión. Por ello la presión interior final de la barra en servicio estará dada por el gas de llenado y el aporte de los gases residuales de fabricación en las pastillas de UO_2 .

Dicha presión alcanzaría un valor de 3 atm considerando los volúmenes libres en caliente de la barra. La presión exterior se fija en 2 atm efectivos que resultan de la atmosférica más los 10 m de agua sobre el núcleo.

En cuanto a las tensiones que se establecerán en la vaina debido a las presiones y sollicitaciones térmicas se ha seguido el criterio expuesto en el trabajo de R.O Cirimello (9) que contempla el caso de tubos de paredes delgadas con presión interior y exterior con transmisión del calor de adentro hacia afuera.

La tensión calculada como se propone en el citado trabajo resulta:

$$\sigma_{eq} = 0,95 \text{ Kg/ mm}^2$$

y la tensión tangencial máxima:

$$\sigma_{tt} = 0,85 \text{ Kg/ mm}^2$$

Este valor sirve para la selección del material de vaina (punto 4,3 de este informe)

4.2 Diseño de la barra

De acuerdo a lo expuesto en los criterios de diseño punto 3. y en los cálculos de la barra punto 4.1 se han fijado los parámetros principales de la barra que son:

la luz diametral pastilla-vaina fijada en:

y

70 μ el nominal
120 μ el máximo
40 μ el mínimo

que resultan de las siguientes dimensiones:

diámetro pastilla UO_2d = 10,40 $\pm$ 0,01
 UO_2 - 0,03 mm

diámetro interior vaina d_{vi} = 10,47 $\pm$ 0,02 mm

la longitud espacio para dilatación térmica: 1 $\pm$ 0,5 mm
 - 0

El diseño del tapón se ha concretado con la definición de la parte interna en función de las condiciones de soldadura (grupo 2.3) y se ha prolongado la parte interior para separar la primera pastilla 30 mm de la grilla lo cual responde a una exigencia de refrigeración. La parte tronco cónica exterior tiene la finalidad de aumentar la sección de pasaje de refrigerante.

El diseño de la barra se concreta en los planos que se acompañan con los números siguientes:

1 Pastilla de UO_2 Plano No. 4-1.1-060

2 Vaina de Al	Plano N° 4-1-1-061
3 Tapón de Al	" " 4-1.1.-062
4 Barra completa	" " 3-1.1-063

4.3. Selección de Materiales:

En cuanto al material combustible se han adoptado las especificaciones de pastillas de UO_2 que se usan para reactores con uranio natural.

El material de la vaina fue seleccionado siguiendo un criterio de propiedades mecánicas y corrosión.

En relación a las propiedades mecánicas existe un trabajo de S. Morgenstern(10) donde se informa del trabajo realizado para caracterizar tubos de aluminio disponibles y además ubicar dentro de las especificaciones ASTM el material más adecuado para nuestras necesidades.

En dicho trabajo se concluye el uso de un ASTM 1060-H14 para la vaina y un material equivalente para las barras para fabricar tapones.

En relación a las condiciones de corrosión se ha comprobado sobre tubos existentes la ventaja de usar tubos con alodizado, además se han estudiado las mejores condiciones de decapado compatible con una buena terminación superficial y una baja reducción del espesor de pared.

Además se han comprobado los problemas de corrosión que presentan tubos disponibles con defectos de fabricación, lo cual ha puesto de manifiesto la necesidad de efectuar un trabajo más profundo para determinar la cinética de corrosión de defectos característicos con el ánimo de fijar los defectos máximos admisibles en las vainas de Aluminio para las condiciones requeridas. Todo ello fue realizado por A. De Grande y E. Fiordalisi (11).

5. Concepción y diseño de las grillas y ensamble:

5.1 Grillas

A fin de proveer un adecuado soporte para las barras que se mantengan las separaciones entre las mismas y de refrigerante se diseñó (12) la grilla que se acompaña como Plano No. 3-1.1-064

Se ha previsto que la misma sea realizada por electroerosión. La superficie de pasaje de refrigerante resulta de $30,8 \text{ cm}^2$, sobre una superficie total de $49,6 \text{ cm}^2$, lo cual corresponde al 62%.

5.2 Boquilla; la salida de refrigerante de la caja estan aseguradas por una boquilla similar a la de los elementos Combustibles del RA 3 a la cual se le ha modificado la parte interior donde se le practicará un cono de salida para favorecer el régimen del fluido y por ende la refrigeración de la parte inferior de las barras.

El plano de la misma se acompaña con el No.3-1.1-064 .

5.3 Caja;

Se utilizará para este elemento un perfil de aluminio estrudado similar a los usados para contener el grafito reflector en el núcleo actual del RA-3.

(Plano 3 1.1-066)

5.4 Tirador:

Para extraer y colocar el elemento en el reactor se coloca un tirador igual a los del elemento combustible del RA-3 (Plano 4-1.1 067)

5.5. Ensamble:

El mismo responde a lo enunciado en los "criterios del diseño" 3e) y g)

Está constituido por una estructura portante (caja, boquilla, grillas y tirador) y barras de "Blanket".

La boquilla, las grillas y el tirador están fijos a la caja por medio de tornillos de acero austenítico.

Las barras de "Blanket" quedan sujetas por ambas grillas y tienen en la parte superior un juego de aproximadamente 2 mm para permitir la dilatación térmica.

El plano del ensamble se acompaña con No.4/0-1.1 069

6. Ensayos Previstos

A fin de comprobar el comportamiento de las barras del "Blanket" y el ensamble de las mismas se prevee realizardos irradiaciones

La primera se efectuará sobre el prototipo que es objeto de este informe y consiste en una irradiación de corta duración en el reactor RA-3-

La posición sería reemplazando a un bloque de grafito reflector actual y la duración de la irradiación será de algunas horas.

El objetivo de esta irradiación es comprobar comportamiento dimensional de toda el ensamble y efectuar mediciones de flujo y temperaturas.

Se ha previsto también efectuar la irradiación de una barra de "Blanket" en condiciones de potencia mayores a las que se espera tendrán durante servicio.

Este ensayo se efectuará en el "loop" de agua del RA-3 (circuito CI-1) cuya instalación se prevee para fines de 1971.

Ambas irradiaciones contaron con el respectivo informe de seguridad.

7. Trabajos futuros y recomendaciones para las especificaciones

Se supone que la experiencia recogida con el diseño, fabricación, irradiación y exámen en celda del prototipo que nos ocupa servirá para sacar la experiencia necesaria para modificar o confirmar aspectos del diseño del mismo.

Se estudiará en especial la posibilidad de modificar la grilla de tal manera que admita otro procedimiento de fabricación más económico, compatible con las funciones que debe cumplir.

Con respecto a las modificaciones se recomienda:

- a) Especificar las pastillas de UO_2 compatibles con los rechazos por fuera de dimensión en pastillas para prototipos MZFR.
- b) Especificar los tubos de Aluminio con los conocimientos actuales de corrosión e iniciar un estudio profundo sobre defectos mínimos aceptables (Metalurgia General. END) (Ver 4.3).
- c) Especificar las grillas compatibles con el procedimiento de fabricación y las posibilidades de la industria del país.
- d) Especificar la flecha de las barras terminadas $< 0,5\text{mm}/600\text{mm}$ ($\sim 0,8 \%$).
A fin de no superar la distancia mínima entre barras.
- e) La redacción final de las especificaciones de be realizarse con la participación de los siguientes grupos:

2.3 Desarrollo técnicas fabricación.

2.2. Fabricación de barras

2.1. " " núcleos cerámicos

1.1. Cálculo y diseño de EC

1.3. Estudio de vainas y materiales estructurales

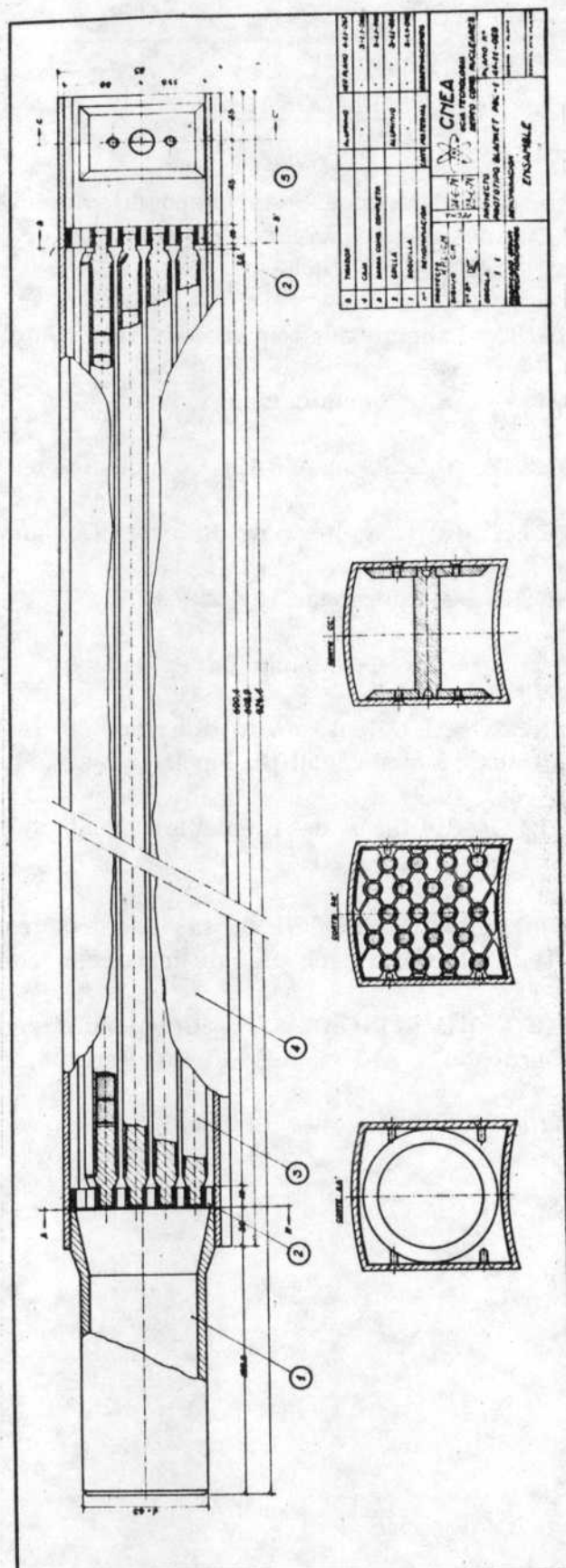
END Ensayos no destructivos

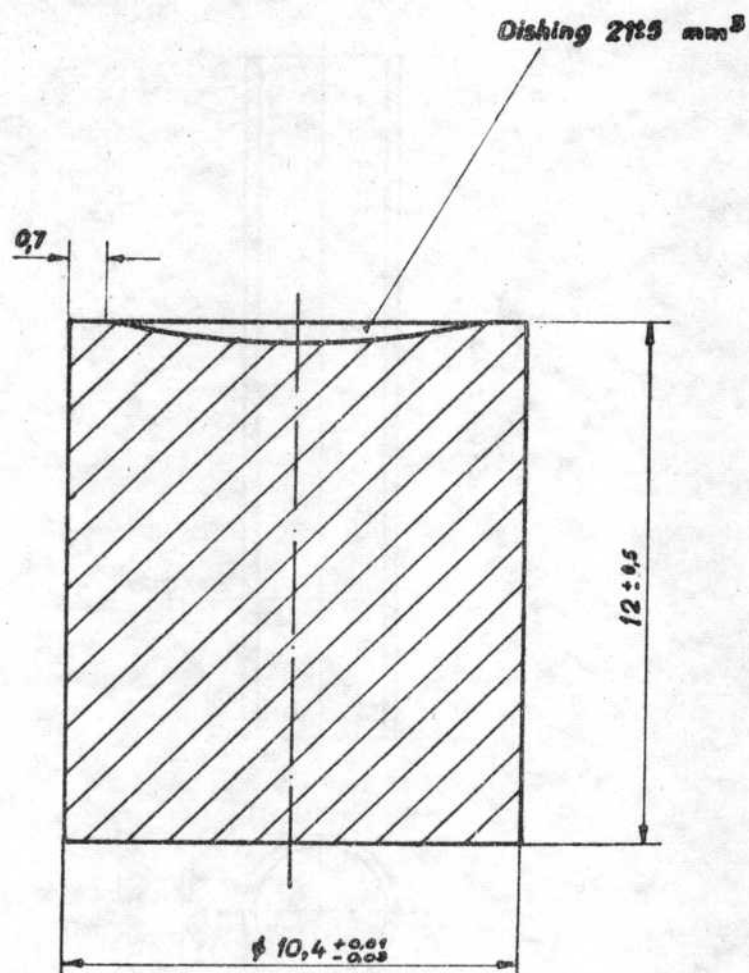
M-G Metalurgia General (Corrosión)

En el presente trabajo ha colaborado estrechamente con el grupo de diseño el Ing. Parkanski del Depto de Reactores.

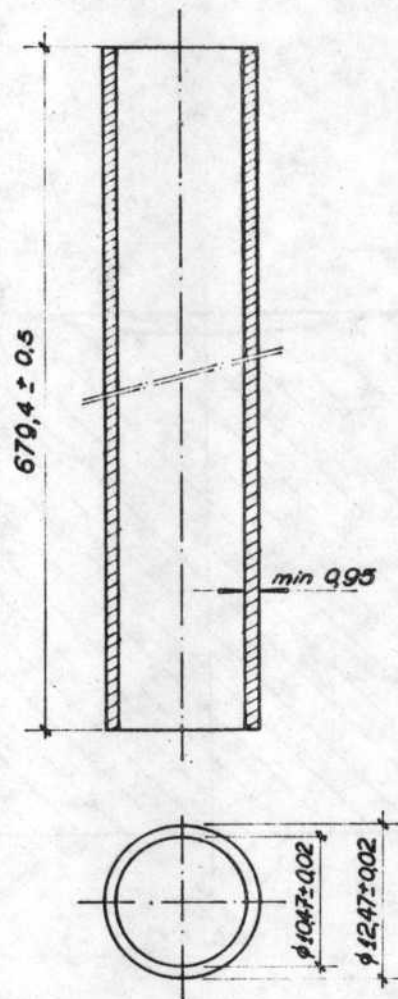
BIBLIOGRAFIA

- 1) CARREA y colaboradores, Aprovechamiento Integral de las reservas de Combustibles Nucleares, Desarrollo de la Tecnología del Plutonio, CNEA, Set. 1966.
- 2) JAMBRACK, Experto de Reprocesamiento, Año 1966.
- 3) GVIRTZMAN, H. Comunicación Privada.
- 4) PARKANSKY, (mediciones RA3) Comunicación Privada.
- 5) SOLANILLA, R. Cálculos pot. Blanket. Comunicación Privada.
- 6) PARKANSKY, Memorandum del 29/9/70.
- 7) ROSEN, J. Comunicación Privada.
- 8) MONTENERO, C. Cálculo de la distribución de temperatura en barras Combustibles. Método analítico-gráfico.
- 9) CIRIMELLO, R. Diseño de Elementos Combustibles. Elemento Combustible para la CNA, CNEA 1970.
- 10) MORGENSTERN, S. Estudio de las propiedades mecánicas y especificaciones de tubos de aluminio para vainas de barras combustibles. Informe interno.
- 11) A. DE GRANDE-E. FIORDALISI, Comportamiento a la corrosión de tubos de Al-Decapado y Alodizado. Informe interno.
- 12) H. LOTANO "Diseño grilla Blanket"-Trabajo en el grupo de diseño.



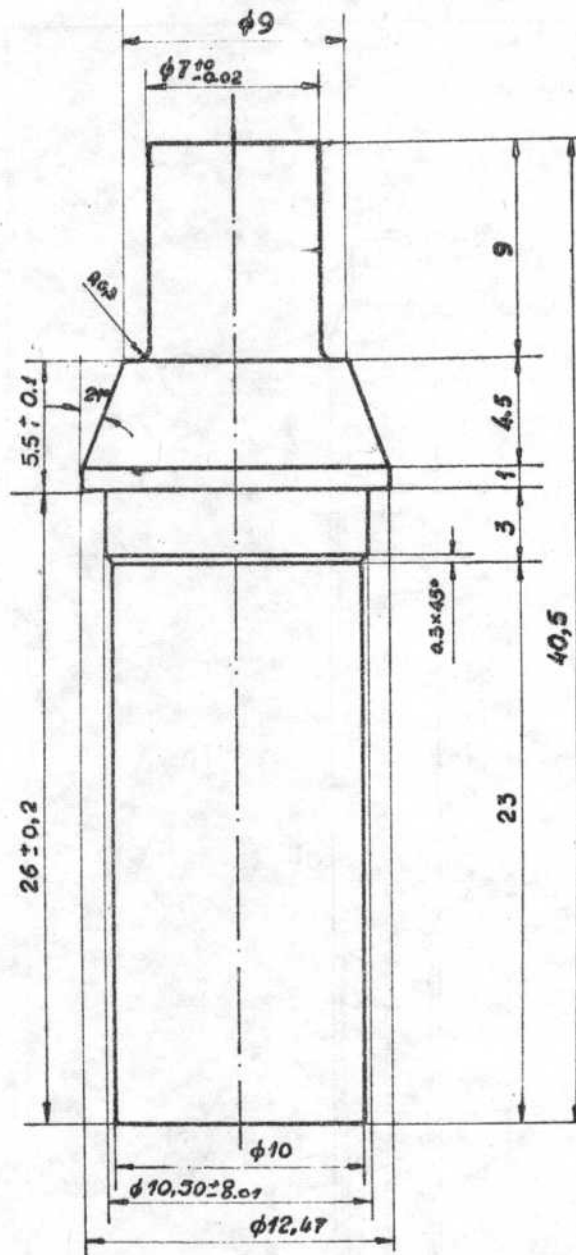


PROYECTO: R.O.C.	FECHAS	8.6.71		CNEA GCIA. TECNOLOGIA DEPTO. COMD. NUCLEARES
DIBUJO: R.O.C.		8.6.71		
V.B. <i>RBC</i>		28.6.71		
ESCALA: 7:1	PROYECTO: <u>PROTOTIPO BLANKET PBC-1</u>			PLANO N° 4-1.1-060
FABRICADO SEGUN ESPEC.:	DE NOMINACION: PASTILLA DE UO₂			DEEMP. A PLANO N° REEMP. POR PLANO



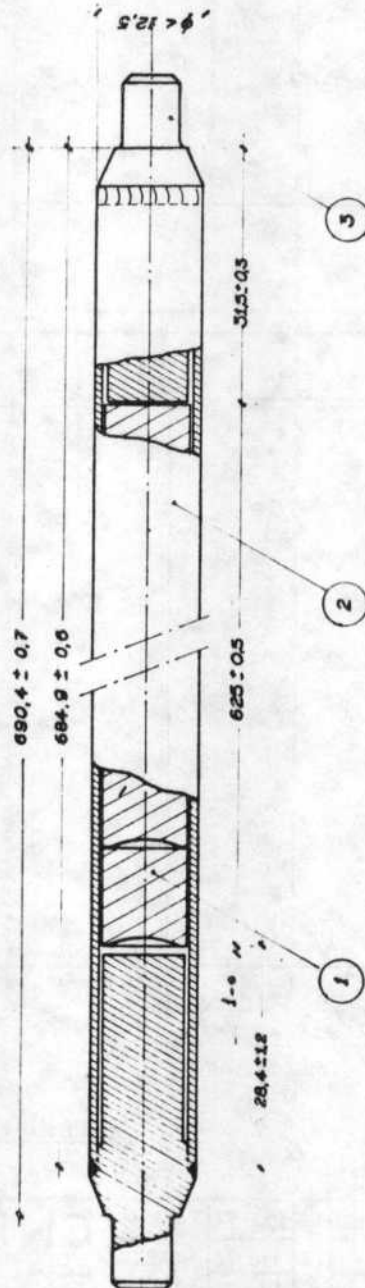
MATERIAL: ALUMINIO 99,5

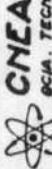
PROYECTO R.O.C.	9-6-71	 CNEA GCIA. TECNOLOGIA DEPTO. COMB. NUCLEARES
DIBUJO: R.O.C.-O.S.	9-6-71	
V.B. 	28-6-71	
ESCALA: 2:1	PROYECTO: <u>PROTOTIPO BLANKET PBC-1</u>	PLANO N° 4-1.1-061
FABRICADO SEGUN ESPECIFICACIONES	DENOMINACION: <u>VAINA</u>	RESEA A PLANO RESEA POR PLANO

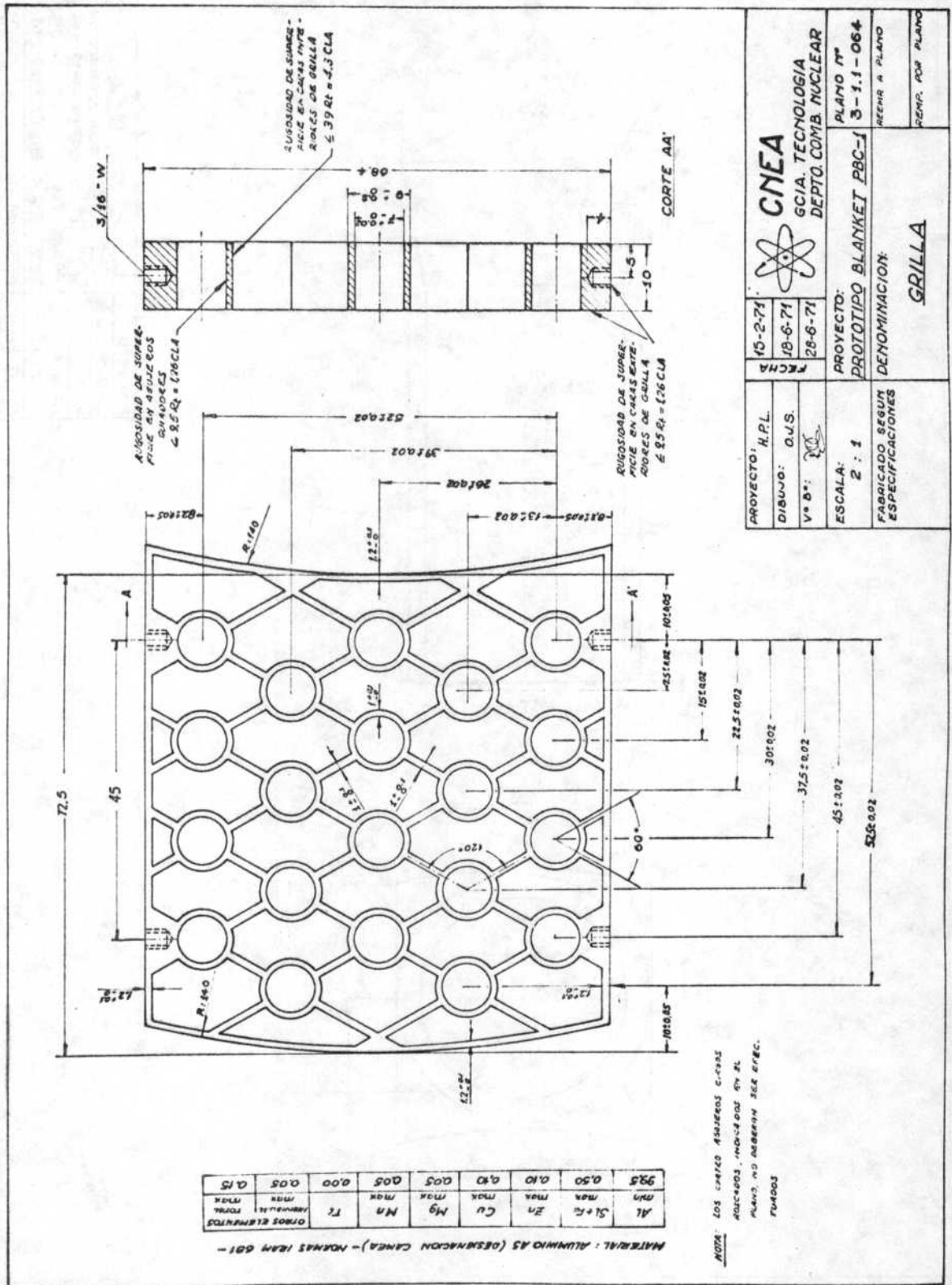


MATERIAL: ALUMINIO 99.5

PROYECTO: R.O.C - L.A.D.-K.	FECHA 15.4.71	 CNEA GCIA. TECNOLOGIA DEPTO. COMB. NUCLEARES
DISEÑO: R.O.C.	9.6.71	
Vº DE <i>[Signature]</i>	28.6.71	
ESCALA: 4:1	PROYECTO: PROTOTIPO BLANKET PBC-1	PLANO Nº 4-11-062
FABRICADO SEGUN ESPEC.:	DENOMINACION: TAPON	REEMP. A PLANO REEMP. POR PLANO

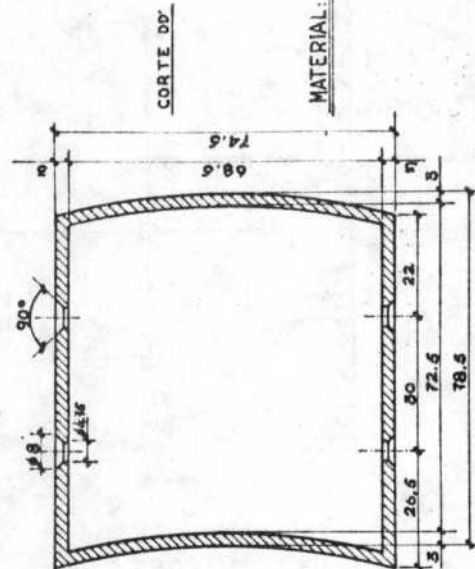
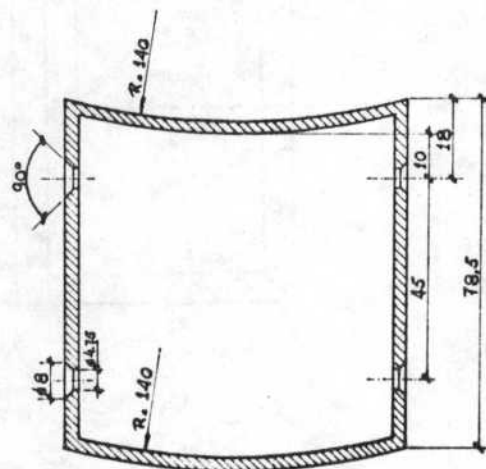
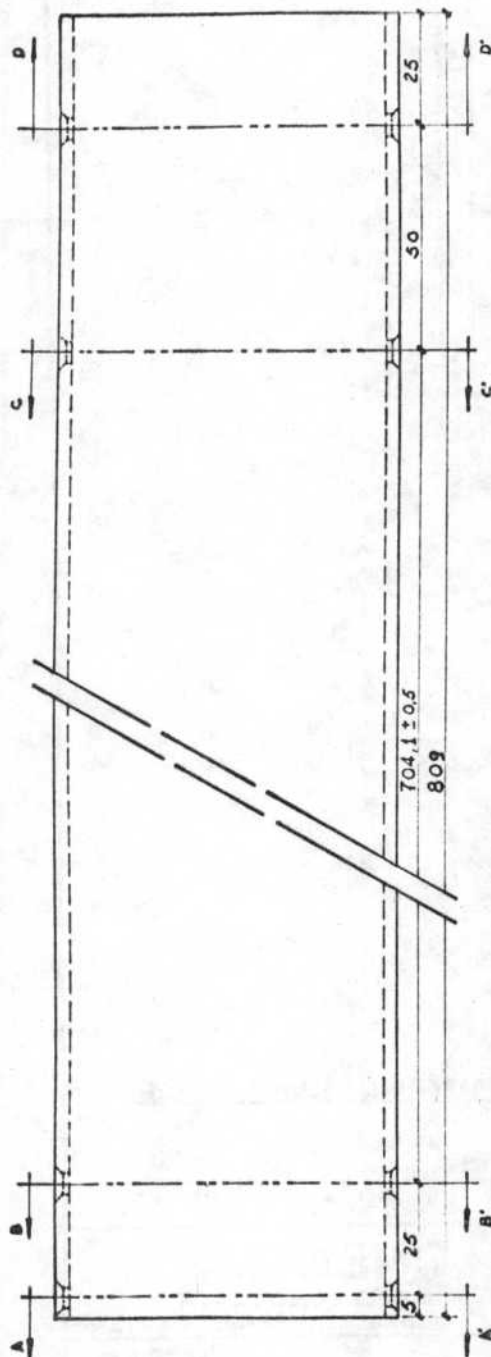


3	TAPON		ALUMINIO	
2	VAINA		ALUMINIO	
1	PASTILLAS		UO ₂	
N°	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	OBSERVACIONES
PROYECTO	FECHAS	 CNEA SOCIA. TECNOLOGIA DEPTO. COMB. NUCLEARES		
DESARROLLO: R.C.C.	15-6-74			
V.B.:	28-6-74			
ESCALA:	2:1	PROYECTO: PROTOTIPO BLANKET PBC-1 PLANO N° 3-1J-063		
ELABORADO SEGUN ESPECIFICACIONES		DENOMINACION: BARRA COMPLETA		
		REVISIONES: REVISIONES POR PL.		



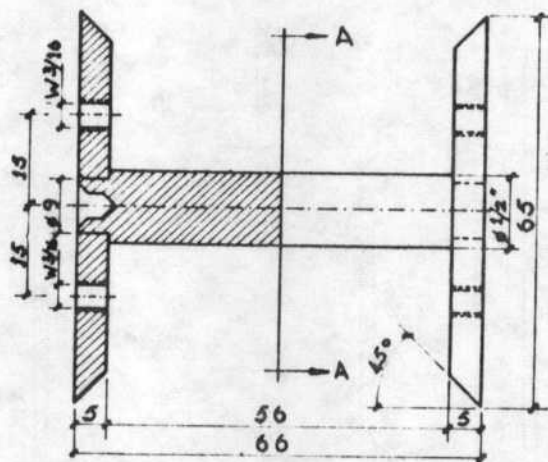
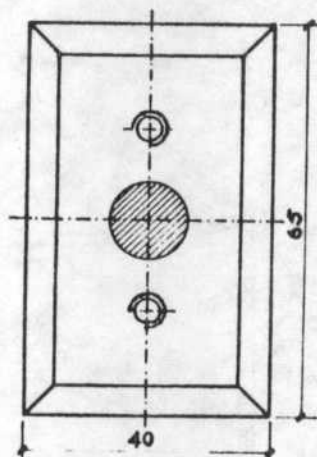


PROYECTO:	FECHA:	 CNEA GCIA. TECNOLOGIA. DEPTO. COMB. NUCLEARES	PLANO N°
DIBUJO: O.U.S.	14-6-71 23-6-71		3-11-085
V.B. 			REMA A PLANO N°
ESCALA:	PROYECTO:	PROTOTIPO BLANKET PBC-1	REMA A03 PLANO
1 : 1	DENOMINACION:		BOQUILLA
FABRIC. SEGUN ESPECIFICACION			

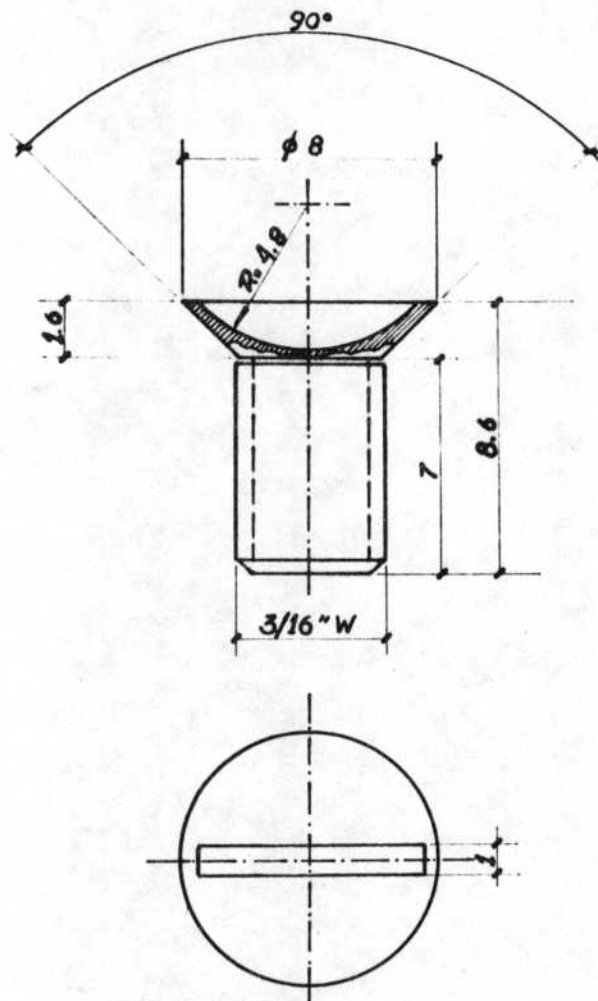


MATERIAL: ALUMINIO 99.5

PROYECTO:	15.6.71	CNEA
DISEÑO:	28.6.71	SCIA. TECNOLOGIA
Vº:	8º	DEPTO. COMB. NUCLEARES
ESCALA:	1:1	PLANO Nº
FABRICADO SEGUN ESPECIFICACIONES	PROTOTIPO BLANKET PBG1	3-1.1-066
DENOMINACION:	CAJA	REINO A PLANO Nº
		REINO POR PLANO Nº

CORTE AAMATERIAL: ALUMINIO 99,5

PROYECTO:	FECHA 17.6.71 28.6.71	 CNEA GCIA. TECNOLOGIA DEPTO. COMB. NUCLEARES
DIBUJO: CM		
V. B. <i>RC</i>		
ESCALA: <u>1:1</u>	PROYECTO: <u>PROTOTIPO BLANKET PBC-1</u>	PLANO Nº <u>4.1.1-067</u>
FABRICADO SEGUN ESPECIFICACIONES	DENOMINACION: <u>TIRADOR</u>	REEMR A PLANO Nº REEMR POR PLANO Nº



1	TORNILLO	16	A. INOX 316	
N°	DENOMINACION	CANT.	MATERIAL	OBSERVACION
PROYECTO: A.D.P.	FECHA 18-6-71 28-6-71  CNEA GCIA. TECNOLOGIA DEPTO. COMB. NUCLEARES			
DIBUJO: C.M.				
V°B° 				
ESCALA: 5 : 1	PROYECTO PROTOTIPO BLANKET PBC-1			PLANO N° 4-1.1-068
FABRICADO SEGUN ESPECIFICACION	DENOMINACION <u>TORNILLO</u>			REEMPLA PLANO REEMPLA POR PLANO