

CENTRALES NUCLEARES EN LA REPUBLICA ARGENTINA SU TECNOLOGIA Y SU IMPACTO REGIONAL

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

LA FOTO DE TAPA MUESTRA
EL NUCLEO DE LA CENTRAL
ATOMICA DE ATUCHA

LA INFORMACION CORRESPONDE AL MANUSCRITO
RECIBIDO EN ABRIL - 1974

DISEÑO GRAFICO: PLANIFICACION
Y DIAGRAMACION/C.F.I.
BUENOS AIRES - ARGENTINA
OCTUBRE 1974

Impreso en Argentina — Printed in Argentine
Hecho el depósito que marca la Ley 11.723
©1974 Comisión Nacional de Energía Atómica
Av. Libertador 8250 — Consejo Federal de Inversio-
nes — Alsina 1401 — Capital Federal — República
Argentina.

Equipamiento industrial

Ings. Héctor Terraza y
Luis A. Bielsa.

5.I. INTRODUCCION

De resultados del análisis de los grandes componentes que conforman el parcial nuclear de una central atómica tipo Candú, surge que los elementos que la industria nacional está en condiciones de proveer con el equipamiento actual son:

- Bombas del moderador.
- Intercambiadores del moderador.
- End Shield.
- Compuerta principal.
- Válvulas del moderador.
- Válvulas clase A.

Los componentes para los cuales la industria nacional necesitaría equipamiento complementario, serían:

- Generadores de vapor.
- Calandria.
- Bombas principales.

Las implementaciones necesarias en cada caso surgen del análisis de detalle que veremos a continuación.

Existen otros componentes que la industria nacional estaría actualmente en condiciones de producir, importando ciertas piezas menores.

5.II. GENERADORES DE VAPOR

5.II.a Características constructivas:

- a) Tramo cilíndrico sup:
Dimensiones: $\varnothing$ 3600 mm. Alt. aprox. 3200 mm.
Espesor 78 mm.
Peso aprox. 22 Tn.
Material Acero al C ASTM A 516 grado 70.
- b) Tramo tronco cónico:
Dimensiones: $\varnothing$ sup. 3125 mm
 $\varnothing$ inf. 2970 mm
Espesor 80 mm.
Peso 6 Tn.
Material Ac al C ASTM A 516 grado 70.
- c) Tramo cilíndrico inf:
Dimensiones: $\varnothing$ e: 2000 mm. Alt. aprox. 6000 mm.
Espesor 80 mm.
Peso 24 Tn.
Material Ac al C ASTM A 516 grado 70.

5.II.b Limitaciones:

El equipo ideal para el rolado de los elementos mencionados sería una calandria de aprox. 5500 Tn. y un ancho de 2 m. se destaca, además, que esta roladora tendría también mucha aplicación en otros campos. Pero, aún sin contar con este equipo, estaríamos hoy en condiciones de poder con-

formar las piezas solicitadas, con la ayuda de prensas existentes. La capacidad de maniobra necesaria sería aproximadamente 1500 Tn, valor que está perfectamente dentro de las posibilidades de la industria del país. La etapa final de montaje de los tubos, se debe hacer en condiciones de limpieza ambiental "clean conditions". La soldadura más compleja está entre los tubos y la placa-tubo, no representando problemas insolubles su realización, aunque por supuesto deben satisfacer las severas exigencias que corresponden a los recipientes nucleares.

Con referencia a los tratamientos térmicos se los puede realizar en forma parcial durante la fabricación, contando para ello con los hornos existentes en el país. Prácticamente todos los tratamientos de distensionado se deben hacer antes de colocar los tubos, y para las soldaduras finales se hará un tratamiento localizado (inductivo).

En lo que respecta a las piezas, forjadas o soldadas en caliente podemos hacer el siguiente análisis.

Las características de las mismas son:

- a) Placa-tubo (forjada):
Dimensiones $\varnothing$ 2100.
Espesor aprox. 343 mm.
Peso 10 Tn.
Material Acero al C ASTM A 105 grado II.
- b) Tramo cilíndrico inferior sobre la placa-tubo (forjada):
Dimensiones $\varnothing$ 2500 mm. aprox. 650 mm
Espesor aprox. 220 mm.
Peso aprox. 6 Tn.
Mat. Acero al C ASTM A 516 grado 70.
- c) Calota sup. (Doblada en caliente):
Dimensiones $\varnothing$ 3150 mm. aprox. 830 mm.
Espesor aprox. 78 mm.
Peso aprox. 4,5 Tn.
Mat. Acero al C ASTM A 516 grado 70.
- d) Calota inf. (Doblada en caliente):
Dimensiones $\varnothing$ 2000 mm. aprox. 890 mm.
Espesor aprox. 110 mm.
Peso 5 Tn.
Mat. Acero al C ASTM A 516 grado 70.

A excepción de la placa-tubo el resto de componentes se pueden realizar en el país, aunque con algunas adaptaciones en cuanto a la mecánica de fabricación. Por ejemplo: las calotas podrían ser hechas con casquete y gajos soldados, y el tramo cilíndrico inferior, sobre la placa-tubo, se obtendría por rolado en caliente. Con respecto a la placa-tubo, se necesitaría una prensa de forjado del orden de

las 5000-6000 Tn. Obviamente, con esta implementación se podría con seguridad cubrir la amplia gama de piezas de este tipo, requeridas para otras industrias como son la naval (línea de ejes), petroquímica (placas-tubos), hidráulica (ejes), turbinas de gas (ejes), motores (cigüeñales y bielas), etc.

5.II.c Mecanizado:

a) La placa-tubo tiene alrededor de 8000 agujeros terminados con una tolerancia de $\pm 0,05$; esto se puede hacer en el país con el plantel de máquinas existentes. Pero dada la envergadura del trabajo, se podría considerar la posibilidad de adquirir una perforadora de varios cabezales, por ejemplo, del tipo S.ASS tipo FNC 3-1000 con control numérico, dado que tendría también un interesante campo de acción en otras actividades.

b) El resto del mecanizado requerido para este componente está absolutamente dentro de las posibilidades del plantel de máquinas existentes en el país.

5.III CALANDRIA

5.III.a Características constructivas:

- a) Calandria: Dimensiones $\varnothing$ 9000 mm;
h aprox. 4013 mm.
(Cuerpo) Espesor 32 mm.
Peso aprox. 40 Tn.
- b) End Shields: Dimensiones $\varnothing$ 7900 mm;
h aprox. 2000 mm.
(Parte cilíndrica) Espesor 32 mm.
Peso aprox. 13 Tn.
- c) End Shields: Dimensiones $\varnothing$ 9000 mm.
(Placa-tubos) Espesor 50 mm.
Peso aprox. 25 Tn.
Dimensiones $\varnothing$ 8000 mm.
Espesor: 76 mm.
Peso aprox. 30 Tn.

5.III.a.1 CUERPO DE CALANDRIA (CALANDRIA SHELLS).

Está constituida por una porción cilíndrica y dos aros anulares en ambos extremos. Se trazan en la calandria diez puntos que determinan tres planos, a partir de los cuales, por coordenadas **xv** e **xy** surgen las posiciones de todos los agujeros horizontales y verticales. El cuerpo lleva soldados toberas y escuadras, a las que de acuerdo a las tolerancias exigidas, quizás haya que mecanizar. El rolado de los tramos parciales del cuerpo es factible, no obstante la escasa tolerancia admitida respecto del diámetro nominal.

5.III.a.2 ESCUDOS (END SHIELD)

Los escudos están compuestos por: a) Dos placas agujereadas unidas por un cuerpo cilíndrico; b) un conjunto cilíndrico exterior que estará en contacto con el hormigón; y c) un aro que actuará de soporte elástico de la calandria y que vincula a los items a) y b). Las placas a), se construirán de fajas de chapa, con la restricción que los cordones de soldadura no coincidan con las líneas de agujeros. Las placas a) se agujerean con plantillas de acero inoxidable o acero al C templado. Las placas se trazan en base a cuatro puntos de referencia básicos. Todo el reticulado se traza a partir de ellos. Los escudos poseen cinco tacos que se deben maquinar con extrema precisión pues determina el plano "A" de referencia para toda la construcción. En el conjunto escudos hay una serie de pasahombres que, consideramos, facilitarán el acceso al escudo ya armado, para colocar en él los tubos y luego llenarlo con bolas (de acero al C) y H₂O.

El objetivo de estas bolas de acero es proveer blindaje biológico respecto a las radiaciones.

5.III.a.3 MECANIZADO.

Se puede realizar en el centro de mecanizado existente modelo FAF 305/200 con mesa giratoria PM 355 FT y brazo de torneado BA 200/350.

El equipo está compuesto, básicamente por una gran columna alesadora-fresadora, que se desplaza longitudinalmente sobre una bancada de apoyo, con un recorrido efectivo de más de 25 m. la columna porta a su vez el cabezal de trabajo, que posee 100 caballos de fuerza y que se desplaza verticalmente sobre la columna en un recorrido de 5 1/2 m.

El husillo puede salir hasta 1.750 mm. del frente del cabezal y éste a su vez 1.250 mm. lográndose un desplazamiento total de 3 m.

Las piezas a mecanizar se disponen sobre un plano de apoyo de 6 m. de ancho por 21 m. de largo, con una capacidad de carga de 20 Tn. por m² de superficie. Al extremo de este plano de trabajo, va dispuesta una gran mesa giratoria de 5 m. por 5 m. capaz de soportar hasta 160 Tn. de carga y con 100 caballos de fuerza para su giro. El movimiento puede ser lento para trabajos de fresado ó rápido para torneado. También la mesa giratoria puede desplazarse en un plano horizontal, sobre una bancada propia a 90° con respecto a la bancada longitudinal, que soporta la columna de alesado. El desplazamiento tiene un recorrido de 3.750 mm.

Para los trabajos de torneado, también fresados, perfora-

dos, etc., a realizar en la mesa, el equipo dispone de otra columna de grandes dimensiones que, según se trate el trabajo, podrá estar dispuesta en tres posiciones diversas, ya sea tomada como brazo horizontal en la columna principal de alesado ó fija sobre un plano dispuesto al efecto, al costado de la mesa giratoria ó por último sobre la misma mesa.

En los dos primeros casos, la pieza gira montada sobre la mesa; en el tercer caso es la columna de torneado la que gira, quedando fija la pieza alrededor de la mesa. Para éste último caso se puede lograr, con nuestra disposición mecanizados de hasta 20 m. de Ø.

El centro queda complementado con diversos cabezales postizos y accesorios especiales para lograr una total versatilidad de trabajos de mecanizados. También cuenta con un visualizador electrónico de cotas de posición, para todos los ejes, inclusive la mesa giratoria. Todo el centro está dispuesto para recibir mando automático por control numérico. Cuenta además con un sistema de alimentación de energía tal, que la hace totalmente independiente para trabajar en forma simultánea con la columna de alesado por un lado y la mesa giratoria por otro.

Entre las posibilidades de mecanizado, a título informativo, se pueden mencionar, por ejemplo, el mecanizado completo de bancadas, montantes, cilindros, para Grandes Motores Diesel; carcasas y rotores para generadores de centrales hidroeléctricas; componentes principales de turbinas de gas, bombas, bastidores para laminadores, componentes de reactores nucleares etc.

Por último, podemos señalar que la elevada técnica de diseño y construcción del equipo garantiza una alta presión de mecanizado, normalmente muy superior a lo requerido por las piezas que son factibles de elaborar en este tipo de centro de mecanizado.

5.III.a.4 ENSAMBLE DEL CUERPO DE CALANDRIA Y LOS ESCUDOS.

Podemos definir claramente 3 conjuntos, que son los dos escudos (end shield) y el cuerpo de calandria (calandria shells). Luego de tener fabricados estos tres conjuntos, se hace una presentación en fábrica de los escudos y el cuerpo de calandria. Para esta alineación, se deben usar los cuatro puntos de referencia de los escudos y los puntos correspondientes del cuerpo de la calandria. Luego se hace un empaque apropiado que permitirá hacer una presentación equivalente en el sitio de instalación, y allí ensamblar por medio de soldadura los tres conjuntos. La zona de unión de la calandria a los escudos permite ajustar el conjunto, ya sea en

su medida longitudinal total, como así mismo orientar los escudos en el plano.

Es importante destacar que el mismo embalaje facilitará luego el desplazamiento de la calandria desde el área de ensamble a la posición definitiva, donde descansaría provisoriamente sobre gatos nivelados. Luego se realizaría el desmontaje de los arriostramientos, que le garantizaban la rigidez al conjunto. Posteriormente se procedería a la colocación de los tubos interiores entre ambos escudos y llenado del espacio entre placas-tubos con bolas (de acero a C) y H_2O . Finalmente se procedería al conexionado de los últimos caños y tuberías de refrigeración, para luego proceder al hormigonado.

Las cuñas que calzaban el cuerpo de la calandria y parte de los escudos, se retirarían dejando así en suspensión elástica.

5.IV CONCLUSIONES

1) Los "End Shields" se pueden construir totalmente en el país, aunque en una primera etapa bajo licencia. Es de mucha importancia comenzar ya para Río Tercero con esta provisión, para poder de ese modo tomar experiencia en el campo de los reactores nucleares.

2) La Calandria es también factible de construir, pero dado las tolerancias exigidas y tratándose de dimensiones tan grandes, sería también necesario tomar una licencia. Considerando desde ya que con la experiencia que surja de esta fabricación, se podría en más hacerlo sin ningún tipo de apoyo.

5.V BOMBAS PRINCIPALES

Existen tres factores importantes que limitan las posibilidades de fabricación nacional para este componente.

Son en orden de importancia:

- a) Pruebas de las bombas.
- b) Forjado del eje.
- c) Fundición del cuerpo y rodete.

Decimos que sólo son estos los puntos a analizar, pues el mecanizado no representa mayor problema.

Los sellos serían de importación (en una primera etapa) y las características generales de las restantes piezas son relativamente simples.

5.V.a PRUEBAS DE LAS BOMBAS

Dado los severos controles a que se las debe someter, resultaría de absoluta necesidad un banco de prueba de bombas. La alternativa de realizar dichos ensayos fuera del país, quita proyección futura, a este rubro considerando

además el interesante mercado que el campo de bombas de mediana y gran capacidad tiene en el país. Dicho banco deberá tener aproximadamente las siguientes características básicas:

a) La alimentación debería ser del orden de los 10.000 KVA, con alguna eventual línea de reserva.

Se debería contar además con un transformador de arranque con escalones de conmutación de manera de poder regular la tensión bajo carga.

b) Para el accionamiento de las bombas serían necesarios motores normales con potencias de hasta 9700 KW.

El arranque y la regulación de estos motores, que están casi todos equipados con anillos colectores, se operan con ayuda de resistencias escogidas en consecuencia.

c) Los aparatos de medida del banco de pruebas de bombas comprenden los dispositivos instalados permanentemente para la medida del caudal, los instrumentos para la determinación de las presiones, de las potencias, de la velocidad y eventualmente de las solicitaciones mecánicas de los elementos constitutivos de las bombas.

5.V.a.1 MEDICION DEL CAUDAL

Se determinará con ayuda de diafragmas y de toberas colocadas en los conductos construídos a ese efecto. Deben ser de distintas secciones para permitir determinar una gama de caudales desde aprox. 0,030 a 3 m³/seg. Los diafragmas y toberas serán construídas bajo las especificaciones ASME.

Ya que así lo requieren las normas, debería disponerse de una fosa de aforo hormigonada para hacer mediciones volumétricas de caudal.

5.V.a.2 MEDICION DE LA PRESION

Para presiones de pocos metros de columna de agua son necesarios piezómetros de mercurio. Pero para presiones de más de 20 m.c.a. sería necesario disponer de manómetros de peso muerto con pistones de superficie.

5.V.a.3 MEDICION DE LA VELOCIDAD

Será necesario contar con contadores de revoluciones normales, de aparatos estroboscópicos y tacómetros electrónicos.

5.V.a.4 MEDICION DE LA POTENCIA ABSORBIDA

Si se utilizan motores dinamométricos para la medida de potencia absorbidas se determinan el momento de giro y la velocidad angular. En caso de utilizar motores convencionales la potencia es medida por el método de los 2 vatímetros o por cronometraje con un contador de energía.

5.V.a.5 INSTRUMENTACION COMPLEMENTARIA

El banco debería contar además con los instrumentos necesarios para determinar sin histéresis, las presiones, tensiones, temperaturas y deformaciones, de las bombas sometidas a grandes cargas, en el caso en que se decidiera hacer el desarrollo de la ingeniería.

La obra civil que implica este banco deberá ser cuidadosamente diseñada para poder satisfacer los requisitos estructurales e hidráulicos requeridos. En mayor detalle se hace referencia a estos problemas en el capítulo 7 sobre "Circuitos Termohidráulicos".

5.V.b FORJADO DEL EJE

Dado que las dimensiones del mismo son $\varnothing$ aprox. 250 mm., $L = 4500$ mm. y peso aprox. 1,7 Tn., surge claramente que estaría dentro de las posibilidades del equipo para forjado, requerido por piezas del generador de vapor.

5.V.c FUNDICION DEL CUERPO Y RODETE

Las dimensiones principales del cuerpo de la bomba son:

$\varnothing$	1400 mm.
L. aprox.	3000 mm
Peso aprox.	20 Tn.

En cuanto a la composición del material, aunque no se conoce exactamente pues AECL sólo da los requisitos mecánicos que debe satisfacer, descontamos se trata de un acero inoxidable. Actualmente se obtiene en el país acero inoxidable con bajo tenor de C, pero la limitación está en la capacidad de colada que solo alcanza las 6 Tn. De lo dicho surge la necesidad de poder contar con equipos para lograr la calidad y capacidad requeridas.

Por tal motivo, adjuntamos un análisis sobre las últimas técnicas en esa materia, (ANEXO)

La solución técnicamente más aconsejada sería la de adquirir un horno de inducción de 20 Tn.

Se pueden considerar alternativas más económicas, estudiando cuidadosamente los métodos enunciados en el informe adjunto, lo que permitiría usar hornos de arco.

ANEXO I

CONSIDERACIONES ACERCA DE LA ELABORACION DE ACEROS INOXIDABLES DE EXTRA BAJO CARBONO (0,03 o/o C)

J. NIEDERMAIER — D.E.BALZARETTI

Los requerimientos de materiales de alta resistencia a la corrosión, con la condición de que ésta propiedad no se altere en el transcurso del tiempo, hizo que se desarrollen y evolucionen nuevas aleaciones dentro del campo de los aceros

inoxidables. Dentro de ésta línea, se fijó especial atención en la distribución y estabilidad en solución sólida del Cromo, condiciones en las que éste elemento es responsable de la alta resistencia a la corrosión de estas aleaciones. El Cromo posee una marcada afinidad química con el Carbono que le permite reaccionar y precipitar en forma de carburos.

La precipitación y crecimiento de estos carburos se acelera notablemente con la temperatura, presentando características extremas en los bordes de granos de la zona afectada térmicamente de las soldaduras. El hecho de que se generen carburos a partir del cromo que se encuentra en solución sólida, hace que las zonas próximas a los carburos se encuentren empobrecidas en el mismo y sean vulnerables al ataque de la corrosión. En primera instancia se atacó éste problema mediante el estabilizado de los carburos por medio de un elemento más ávido por el C que el Cr, tales como Ti o Nb. De esta manera se forman carburos de estos elementos y queda el Cr en solución. La segunda instancia fue eliminar el C, o por lo menos bajarlo hasta una concentración inferior a la crítica, valor por debajo del cual no precipitan carburos, con lo que se salva definitivamente el problema.

Consideraciones sobre los procesos de elaboración de Aceros Inoxidables de Extra Bajo Carbono:

Si bien técnicamente es posible llegar a la aleación a partir de los elementos puros y ferroaleaciones de bajo contenido de carbono, la verdadera dimensión industrial se ha logrado mediante el desarrollo de técnicas de elaboración que permiten utilizar ferroaleaciones de menor costo y chatarra de inoxidable común cada vez en mayor proporción. Para ello hubo que resolver complejos problemas de acería con el fin de aprovechar fundamentalmente el Cr y Ni de la misma, y desarrollar procesos que permitan oxidar selectivamente al C para bajarlo a los límites requeridos sin una pérdida considerable de Cr.

Procesos de elaboración:

Uno de los procesos adecuados para la producción de este tipo de acero consiste en la elaboración de una aleación base a partir de chatarra y ferroaleaciones para luego decarburar mediante desgasificado por vacío, técnica que permite eliminar carbono como CO, hasta los niveles requeridos, además reducir los contenidos de O, N y H, produciéndose un acero con bajo contenido de inclusiones y gases.

Los medios de fusión adecuados para llevar a cabo este proceso son el horno eléctrico de inducción, sin núcleo, bajo vacío o el horno eléctrico a arco, con una posterior desgasificación al vacío en cuchara por cualquiera de los

sistemas conocidos. Si no se dispone del conjunto de los equipos necesarios mencionados, es posible optar por un proceso alternativo que permite utilizar el empleo del horno eléctrico a arco con revestimiento básico, como unidad única. El mismo consiste en preparar un baño a partir de chatarra de alrededor de 4 o/o de Cr y decarburarlo en el mismo horno mediante el insuflado de oxígeno gaseoso hasta llegar a temperatura de 1,800°C, lográndose un contenido de C de 0,075 — 0,05 o/o, a partir del mismo deberá proseguirse la decarburización mediante el agregado de óxido de hierro hasta lograr 0,02 o/o de C; éste es el tenor máximo de carbono final permisible para lograr las especificaciones finales, compatible con el uso de ferroaleaciones de bajo C para llevar el baño a composición. Parte del Cr oxidado (de 1 hasta 2 o/o) puede ser recuperado de la escoria mediante el uso de ferroaleaciones reductoras (Fe Cr Si). En un grado limitado, es posible eliminar las inclusiones no metálicas, producto del proceso de elaboración, mediante el burbujeo de Argón en la cuchara, las que suben hacia la superficie del baño, produciendo simultáneamente un desgaseo parcial. Para dar cumplimiento a las condiciones de composición y limpieza requeridas por norma, este proceso necesita utilizar ferroaleaciones costosas; además produce un fuerte desgaste del revestimiento refractario de la solera del horno. Como paso próximo es interesante observar los desarrollos recientes en siderurgia para la elaboración de aceros inoxidable de bajo carbono, bajo nitrógeno, de alta limpieza, a costos más reducidos de materia prima, permitiendo el empleo de ferro-cromo alto en carbono, con una recuperación de cromo de 97 - 98 o/o, sin recurrir al desgasificado en vacío y, en resumen, en calidad equivalente a este procedimiento.

Proceso AOD (Argón-Oxígeno-Decarburización)

Desarrollado por Joslyn Stainless Steels, en conjunto con Linde División de Union Carbide Corporation, USA. El proceso se inicia fundiendo en horno eléctrico a arco una carga con contenido del 18 o/o de Cr preparada a partir de chatarra de acero inoxidable común y ferroaleaciones de alto carbono, ambos de bajo costo. El baño es desescoriado y transferido al convertidor de refinado para la decarburación. Luego es soplado por la base del convertidor con una mezcla de Oxígeno y Argón, en proporciones crecientes de éste a medida que se desarrolla el proceso, hasta la condición final de 0,03 o/o de carbono y una temperatura de 1,700°C. La presencia de Argón permite bajar la presión parcial del producto de la decarburación (CO), lo cual hace posible desarrollar una oxidación selectiva de carbono frente al cromo hasta el tenor mencionado con solo una pérdida de cromo de 1,5 o/o. Parte de éste es

recuperado de la escoria por el agregado de ferrosilicio. Luego del ajuste de composición se realiza un lavado final mediante la inyección de Argón puro.

Proceso Uddchholm

Desarrollado originalmente por la planta Siderúrgica Uddchholm de Suecia y en la actualidad en conjunto con Creusot-Loire, Francia. Este proceso tiene la misma fundamentación físico-química que el anterior (AOD) y es desarrollado igualmente por un duplex compuesto por horno eléctrico a arco y convertidor con soplado por el fondo. La variante es que en lugar de Oxígeno-Argón se inyecta vapor de agua que al descomponerse genera una mezcla de Oxígeno-Hidrógeno (este último cumple la misma función que el Argón). Al final del proceso se efectúa un lavado con Argón, para eliminar el Hidrógeno a un tenor inferior a 5ppm.

Conclusión

El hecho de que la eliminación de carbono sea la técnica racional y muy accesible para minimizar los problemas de corrosión de los aceros inoxidable, que se empobrecen localmente en cromo por precipitación de carburos de este elemento, hace que la utilización de estos aceros aumente muy rápidamente en el campo de la petroquímica, la generación de energía, la industria nuclear, alimenticia, etc. La industria nacional está capacitada para encarar la producción industrial de estos aceros, sin la necesidad de inversión alguna, mediante la utilización del proceso de inyección de oxígeno en horno eléctrico a arco.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Chipman, John. Atomic Interaction in Molten alloy Steels, JISI jun. 1955. pág. 97—106.
- 2) Union Carbide, Argon-Oxygen process for Stainless Steel refining, Steel International, Mayo—Junio 1969. pág. 118—120.
- 3) Saccomano, J.M. Choulet, R.J. and Ellis, J.D. Making Stainless Steel in the Argon-Oxygen Reactor at Joslyn, Journal of Metals. Febrero 1969. pág. 59—64.
- 4) Saccomano J.M. Melt Shop Superintendent. What's the story on Argon-Oxygen? . Joslyn Stainless Steels.
- 5) Mulling P.J. To refine Stainless Steel... in Sweden: Steam is used. Iron Age Metalworking International (IAMI), March 1973.
- 6) Steel Manufacturing Processes. Foundry Trade Journal, June 14. 1973.