

# **CONTROL DIMENSIONAL DE UN SUBMARINO EN LA REPARACIÓN DE MEDIA VIDA (OVERHAUL)**

**Equipo. responsable:**

Flavio Piotto, Jorge Cogno, Marcelo Iglesias  
Jorge Stella, Juan Forastieri

# OBJETIVO DEL PROYECTO

Ofrecer por parte de INTI asistencia técnica , formar recursos humanos y participar en las actividades de reparación de media vida del submarino ARA SAN JUAN producto del Convenio específico firmado entre la Armada Argentina y el INTI en Junio de 2008 con el objeto de recuperar una capacidad tecnológica abandonada durante varios años

# **PARTICIPANTES**

- ARMADA ARGENTINA**
- TANDANOR**
- TERRAMAR**
- INTI**

## UN POCO DE HISTORIA

A mediados de la década del 70', se inicia un proceso de renovación de las fuerzas armadas, incluida la Fuerza de Submarinos

**El ARA San Juan fue construido en el astillero Thyssen Nordseewerke de Edem, Alemania, donde fue botado el 20 de Junio de 1983**

Este se convertía en el único astillero para submarinos de Latinoamérica

El Estado argentino contaba con la capacidad de producir grandes construcciones navales

El astillero se cerró y desmanteló en los 90 sin lograr terminar ninguno de los 4 submarinos

## ESTADO ACTUAL DE LOS TR-1700

Submarino	ARA	Puesta en servicio
S-41	Santa Cruz	1984
S-42	San Juan	1986
S-43	Santa Fe	Construcción cancelada y sus partes reservadas para repuesto
S-44	Santiago del Estero	
S-45	Nombre no asignado	
S-46	Nombre no asignado	

# ACTIVIDADES DE REPARACIÓN DE MEDIA VIDA

## EN LAS CUALES PARTICIPA INTI

- SOPORTE TÉCNICO Y ENTRENAMIENTO
- CIRCULARIDAD
- CORTE
- ALINEACIÓN DE SECCIONES
- MEDICIONES DIMENSIONALES

## **OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR INTI**

- Firma de convenio por control del cordón soldado del casco resistente y calificación de personal **(2009 INTI MECÁNICA )**
- Control de calidad de soportes resilientes de motores Diesel  
**( 2009 INTI CAUCHO)**
- Inicio de estudios para la fabricación de las juntas tóricas de las escotillas **(2009 INTI CAUCHO)**

## **ACTIVIDADES PENDIENTES**

- Desarme de componentes y el resto de actividades de reparación de media vida del submarino **(2009-ARMADA/TANDANOR)**

Protocolización de prealineación de secciones antes de la soldadura del casco **(2010- INTI FÍSICA Y METROLOGÍA)**

- Protocolización medición de circularidad después de la soldadura de casco **(2010- INTI FÍSICA Y METROLOGÍA)**

- Protocolización control dimensional después de la soldadura del casco **(2010-INTI FÍSICA Y METROLOGÍA)**

- Capacitación y calificación del personal en ensayos por partículas magnéticas y rayos X ( **2010 INTI MECÁNICA** )

-Supervisión del control 100% del cordón soldado( **2010 INTI MECÁNICA** )

- Fabricación y ensayo de juntas tóricas de escotilla y de otras piezas de goma a solicitar por la ARMADA **(2010 INTI CAUCHO)**

## REPARACIÓN DE MEDIA VIDA (OVERHAUL)

- **Objetivo:** restituirle al submarino los patrones y estándares originales de construcción
- Consiste básicamente en **cambiarle todos los componentes que han perdido prestaciones,**
- Implica el **corte del casco,** la separación de las secciones y el reemplazo de motores, generadores y también de sistemas auxiliares de gran tamaño, **que no pueden extraerse por las escotillas**
- **Período de realización:** entre los 15 y 18 años

## REPARACIÓN DE MEDIA VIDA (OVERHAUL)

PAÍS	COSTO ESTIMADO (millones de USD)
Argentina	20
Brasil	40
Alemania	200

**Precio Submarino nuevo : 500 millones de USD**

## SUBMARINO ARA SAN JUAN

- Motor de propulsión eje y hélice
- Generadores Diesel
- Sistema snorkel
- Baterías
- Compartimentos
- Sistema

### Dimensiones

**Largo: 65.93 m**

**Ancho: 8.36 m**

**Calado: 7.34 m**

**Diámetro del casco resistente: 7.30 m**



## ETAPAS DEL PROYECTO



## ETAPAS DEL PROYECTO



La separación en dos partes del ARA-SAN JUAN interrumpió una racha de 20 años en la que en Argentina no se cortó ningún submarino



## MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CIRCULARIDAD EN SUBMARINOS

- PUENTE DE MEDICIÓN  
(BRIDGE GAUGE)

- COMPAS

- ARO EXTERNO

- ESTACIÓN TOTAL

- LÁSER TRACKER

CONVENCIONALES  
( O CLÁSICOS )

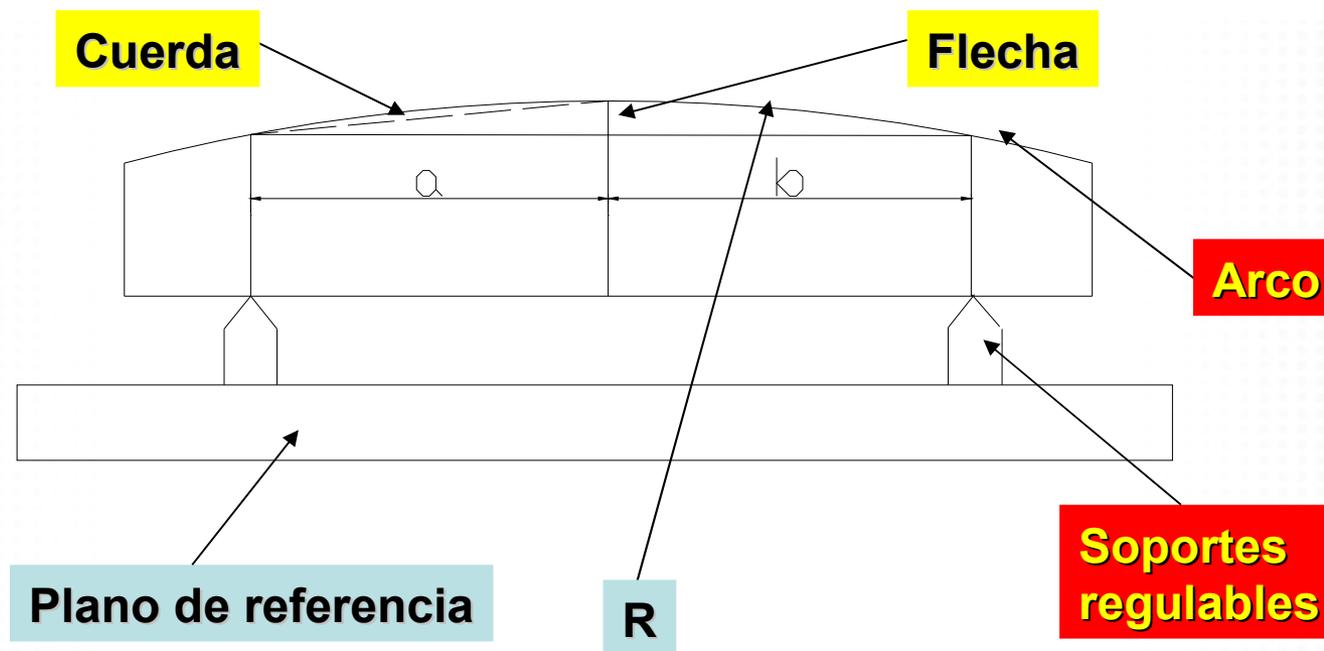
# BRIDGE GAUGE TRAVERSE METHOD

## ORIGINAL BRIDGE GAUGE



## STANDARD TEMPLATE

# CALIBRACIÓN DEL STANDARD TEMPLATE



## CALIBRACIÓN DEL STANDARD TEMPLATE

Valor de plano (mm)	Cota	Valor promedio medido (mm)	Incertidumbre de la medición $\pm$ (mm)
481,18	a	481,30	0,05
481,18	b	481,30	0,05
	Flecha	31,665	0,005
R 3686,5 R 3688,0	Radio	Calculado 3683,50	1,30
482,21 $\pm$ 0,20	Cuerda	Calculada 481,80	0,17
	Arco	Calculado 482,17	0,17

Temperatura de medición:  $(20,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$

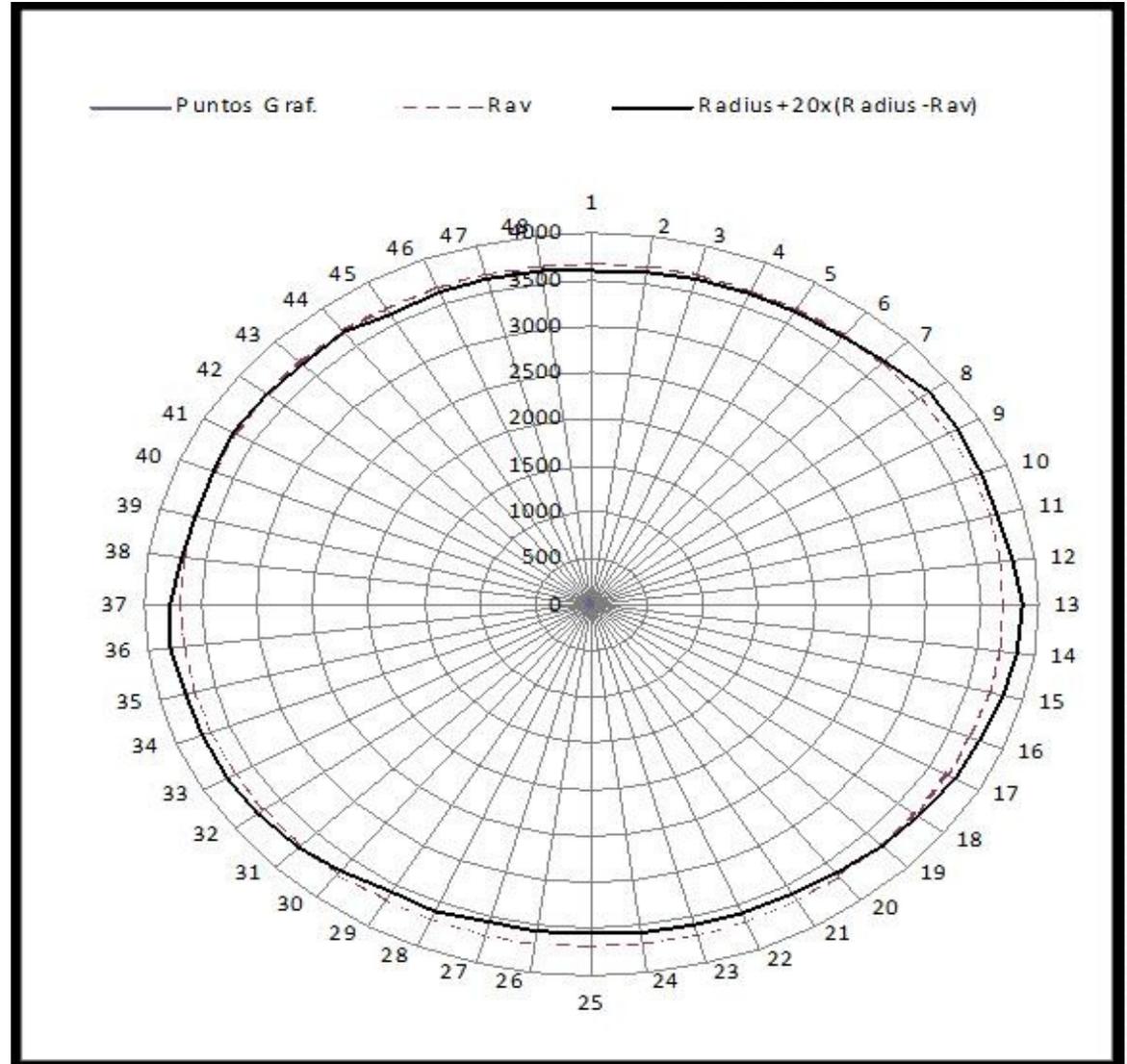
Incertidumbre con  $k=2$  para nivel de confianza aproximado del 95%



sla	offset	R	Rcor	Radius	dif contigua	Radius-Rav	Fuera Tol
0	2,207	3683,500	3696,126	3679,111	0,000	-4,290	0
1	-1,917	3683,498	3696,122	3679,584	0,473	-3,817	0
2	-0,173	3683,660	3696,282	3680,506	0,921	-2,896	0
3	0,987	3682,867	3695,487	3680,743	0,238	-2,658	0
4	0,367	3681,729	3694,346	3680,889	0,146	-2,512	0
5	-1,130	3681,706	3694,321	3682,380	1,491	-1,021	0
6	-1,093	3682,762	3695,374	3685,155	2,775	1,753	0
7	-0,003	3683,830	3696,441	3688,117	2,962	4,716	0
8	2,763	3682,234	3694,843	3688,559	0,442	5,157	0
9	1,730	3678,993	3691,599	3687,464	-1,095	4,062	0
10	-0,583	3676,385	3688,989	3687,074	-0,390	3,673	0
11	-3,260	3677,036	3689,638	3689,382	2,307	5,980	0
12	1,437	3676,413	3689,013	3691,596	2,214	8,195	1
13	2,280	3673,717	3686,314	3691,101	-0,495	7,699	0
14	1,400	3669,838	3682,433	3689,342	-1,759	5,941	0
15	-0,093	3666,278	3678,871	3687,785	-1,557	4,383	0
16	-0,553	3663,542	3676,133	3686,898	-0,886	3,497	0
17	0,940	3660,240	3672,829	3685,262	-1,636	1,860	0
18	0,497	3656,857	3669,444	3683,330	-1,932	-0,072	0
19	1,200	3652,774	3665,359	3680,458	-2,872	-2,943	0
20	-1,717	3650,869	3663,451	3679,503	-0,955	-3,898	0
21	-0,140	3649,658	3662,238	3678,964	-0,539	-4,438	0
22	0,403	3648,641	3661,219	3678,327	-0,637	-5,074	0
23	0,923	3647,334	3659,909	3677,104	-1,223	-6,297	0
24	-0,400	3647,033	3659,607	3676,589	-0,515	-6,812	0
25	-0,817	3648,145	3660,716	3677,192	0,603	-6,209	0
26	1,520	3648,403	3660,972	3676,655	-0,537	-6,746	0
27	-3,107	3652,255	3664,822	3679,441	2,786	-3,960	0
28	4,130	3652,676	3665,241	3678,543	-0,898	-4,858	0
29	-3,883	3657,365	3669,928	3681,685	3,142	-1,717	0
30	0,437	3662,078	3674,639	3684,649	2,964	1,247	0
31	2,343	3664,903	3677,461	3685,553	0,904	2,152	0
32	-0,097	3668,135	3680,692	3686,727	1,174	3,326	0
33	1,170	3670,503	3683,057	3686,933	0,206	3,531	0
34	0,630	3672,484	3685,036	3686,686	-0,247	3,285	0
35	-1,617	3676,205	3688,755	3689,437	2,751	6,036	0
36	2,273	3677,863	3690,410	3687,565	-1,872	4,164	0
37	3,317	3676,427	3688,973	3683,932	-3,633	0,531	0
38	-1,967	3677,003	3689,546	3682,397	-1,535	-1,004	0
39	-1,940	3679,553	3692,094	3682,962	0,564	-0,440	0
40	-0,187	3682,347	3694,886	3683,926	0,964	0,524	0
41	2,107	3683,132	3695,668	3683,069	-0,856	-0,332	0
42	-0,273	3684,182	3696,717	3682,695	-0,374	-0,706	0
43	-0,733	3685,923	3698,456	3683,252	0,556	-0,150	0
44	5,350	3682,484	3695,014	3678,888	-4,364	-4,513	0
45	-5,820	3684,668	3697,196	3680,426	1,538	-2,976	0
46	1,893	3685,009	3697,535	3680,408	-0,018	-2,993	0
47	-0,100	3685,417	3697,941	3680,752	0,344	-2,650	0
48	2,273	3683,604	3696,126	3679,111	-1,640	-4,290	0

**Tabla de  
resultados  
de  
medición  
de  
circularidad**

# GRÁFICO DE CIRCULARIDAD



## Control de los desplazamientos verticales y laterales de la sección cónica durante el corte



Los desplazamientos máximos finales medidos en la popa luego del corte fueron:

- En sentido vertical de  $(0,66 \pm 0,03)$  mm en dirección descendente
- En sentido horizontal  $(0,37 \pm 0,03)$  mm en dirección babor



# LOGROS

- **Calibración y entrega de certificado de patrón plantilla puente**
- **Desarrollo y entrega del programa informático medición de circularidad**
- **Cálculo de los errores máximos de circularidad en las zonas de medición**
- **Capacitación y calificación de operadores en medición de circularidad**
- **Protocolización y medición de circularidad antes del corte de casco**
- **Capacitación y calificación de operadores para control dimensional**
- **Protocolización prealineación de secciones durante el corte**
- **Presentación paper DIMENSIONAL CONTROL OF A SUBMARINE IN THE HALF-LIFE REPAIR en el V CONGRESO BRASILEIRO DE METROLOGIA 2009. Único trabajo presentado por Argentina**

# LOGRO PRINCIPAL

## *Recuperación de capacidad*

**Contribución de INTI-FÍSICA Y METROLOGÍA a la recuperación tecnológica:**

**-Proyecto submarino *ARA – SAN JUAN***

**-Proyecto *ATUCHA II***

con el objeto de lograr un **Estado técnicamente sólido**

## SUBMARINO ARA-SAN JUAN

