

CAPITULO VIII - ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DE LAS TOLERANCIAS DE FABRICACION EN LA PRECISION DE LA VALVULA DIVISORA.

Como se ha descrito en los capítulos III y V de esta tesis, la integración de las ecuaciones de estado implícitas en los diagramas de enlaces permite valorar efectivamente las prestaciones dinámicas de una válvula divisora/integradora de caudal.

Uno de los factores que más influencia tiene en el funcionamiento correcto de la válvula y que se han puesto de relieve experimentalmente en el capítulo anterior son las tolerancias de fabricación, y la calidad en el mecanizado de las piezas que configuran la válvula divisora.

A continuación se presentan una serie de actividades que tienen como objetivo final valorar la incidencia de las variaciones metroológicas dimensionales.

Entre otras actividades cabe destacar la fabricación de nuevas carcasas (camisas) y correderas con distintas tolerancias.



Figura 8-1. Carcasa ensayada junto a la carcasa nueva a ensayar.



Figura 8-2. Carcasa 1 y 2 a ensayar.

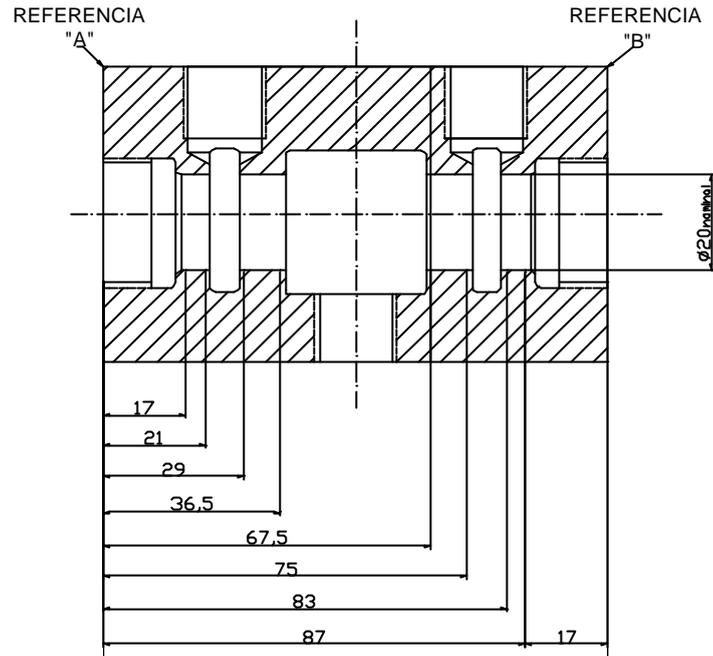


Figura 8-3. Referencias y puntos de medición de los ensayos de metrología dimensional.

Cota medida desde el lado A de la carcasa [mm]	17	21	29	36.5
Verificación del diámetro de la carcasa [mm].	+0.041	+0.042	+0.043	+0.044

Tabla 8-1. Ensayo de metrología 1 realizado en la carcasa 0 (prototipo básico).

Cota medida desde el lado B de la carcasa [mm]	17	21	29	36.5
Cota medida desde el lado A de la pieza [mm].	87	83	75	67.5
Verificación del diámetro de la carcasa [mm].	+0.040	+0.041	+0.044	+0.044

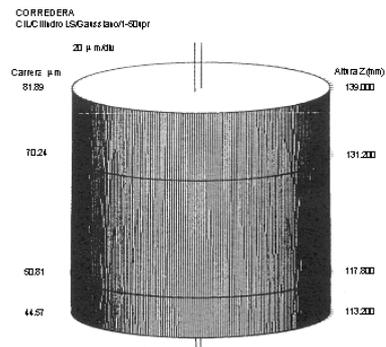
Tabla 8-2. Ensayo de metrología 2 realizado en la carcasa 0 (prototipo básico).

Cota medida desde el lado A de la carcasa [mm].	17	21	29	36.5
Diámetro de la carcasa 1 [mm].	+0.009	+0.010	+0.010	+0.009
Diámetro de la carcasa 2 [mm].	+0.011	+0.010	+0.009	+0.010

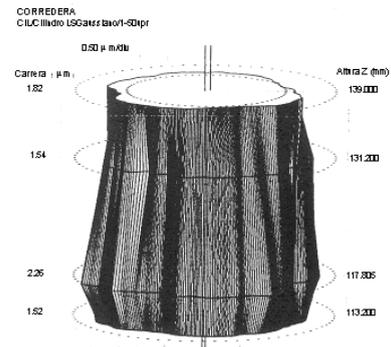
Tabla 8-3. Ensayo de metrología realizado en las carcasa 1 y 2.

Cota medida desde el lado B de la carcasa [mm].	87	83	75	67.5
Diámetro de la carcasa 1 [mm].	+0.009	+0.009	+0.010	+0.010
Diámetro de la carcasa 2 [mm].	+0.010	+0.009	+0.011	+0.009

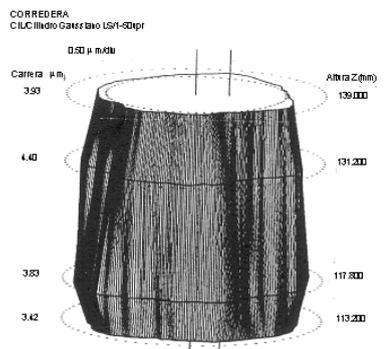
Tabla 8-4. Ensayo de metrología realizado las nuevas carcasa 1 y 2.



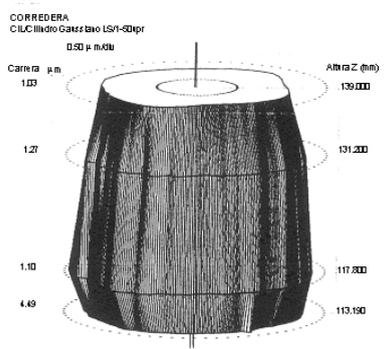
Muestra No. 1



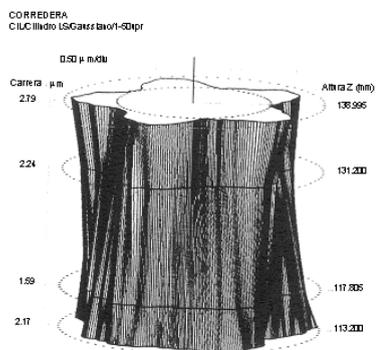
Muestra No. 2



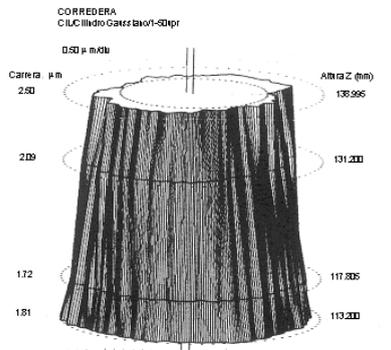
Muestra No. 3



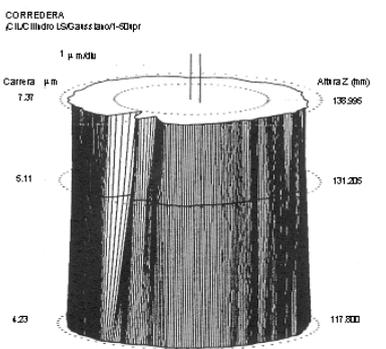
Muestra No. 4



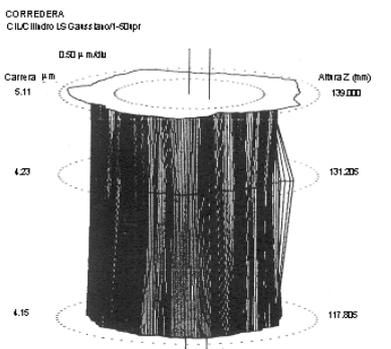
Muestra No. 5



Muestra No. 6



Muestra No. 7



Muestra No. 8

Figura 8-6. Correderas fabricadas expresamente con distintos niveles de calidad a efectos experimentales.

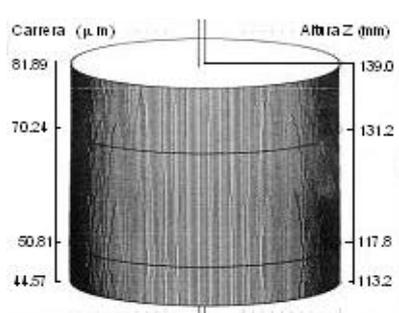
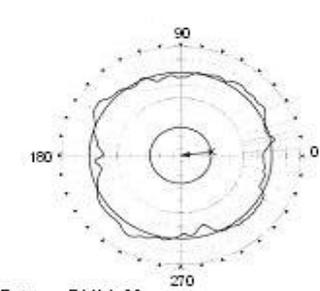
Corredera	Especificación	
	Nº de planos	4
	Datos	Husillo
	Parámetros	
	CILp	1,87 µm
	Pos CILp	331,0 °
	Zht Pin CILp	117,80 mm
	CILv	1,88 µm
	Pos CILv	341,3 °
	Zht Pin CILv	139,00 mm
	CILt	3,75 µm
	CILtt	-5,53 µm
	Pos CILtt	167 °
	Incl de Perfil	100,00%
	Descentrado Total	81,89 µm
	Coax ISO	82,05 µm
	Coax DIN	82,12 µm
	Radio Medio	47,819 mm
	Ang Cono	-0,008 °
	Ángulo	-89,956 °
	Fase	82,4 °
Condiciones		
Actitud	Horizontal	
Dirección de contacto	Negativo R	
		1
Corredera	Corredera 3	
	Parámetros	
	RONp	0,75 µm
	Pos RONp	238,7 °
	RONv	0,94 µm
	Pos Ronv	179,3 °
	RONt	1,69 µm
	Descentrado	1,66 µm
	DFTC	0,94 µm
	Ventana DFTC	10 °
	Pos DFTC	287 °
	Máx de Inclinación	0,104 µm/grad
	Ventana de Inclinación	10 °
	Pos de Inclinación	3,5 °
	Medio de inclinación	0,042 µm/grad
	Incl de Perfil	100%
	Exc	0,07 µm
	Pos Exc	187,0 °
	Conc	0,13 µm
Radio	47,8189 mm	
Condiciones		
Posición Z	131,200 mm	
Posición R	47,828 mm	
Actitud	Horizontal	
Dirección de contacto	Negativo F	
		4

Figura 8-7. Ejemplo de un resultado de la metrología realizada en la muestra 1.

CILt : Cilindricidad total.= CILp + CILv

RONt : Redondez total.= RONp + RONv

Conc : Concentricidad.

RONp : Redondez pico.(pico máximo).

RONv : Redondez valle.(valle mas profundo).

Pos RONp : Posición Redondez pico.(ángulo).

Pos RONv : Posición Redondez valle.(ángulo).

Radio: Radio del círculo LS.

Posición Z: Altura en la que se toma la muestra.

Posición R: Radio en la que se coloca el palpado

HOLGURA (CARCASA-CORREDERA) PARA LA CARCASA 0			
Corredera	F carcasa 0 [mm]	F corredera [mm]	d [mm]
muestra1	20.04225	19.9945	47 (-0, + 0.75)
muestra2	20.04225	19.9953	47 (-0, + 0)
muestra3	20.04225	19.9945	47 (-0, + 0.75)
muestra4	20.04225	19.9945	47 (-0, + 0.75)
muestra5	20.04225	19.9985	43 (-0, + 0.75)
muestra6	20.04225	19.9993	43 (-0, + 0)
muestra7	20.04225	20.0003	42 (-0, + 0)
muestra8	20.04225	19.9990	43 (-0, + 0.25)

HOLGURA (CARCASA-CORREDERA) PARA LA CARCASA 1			
Corredera	F carcasa 1 [mm]	F corredera [mm]	d [mm]
muestra1	20.0095	19.9945	15 (-0.75, + 0)
muestra2	20.0095	19.9953	14 (-0, + 0.25)
muestra3	20.0095	19.9945	15 (-0, + 0)
muestra4	20.0095	19.9945	15 (-0, + 0)
muestra5	20.0095	19.9985	11 (-0, + 0)
muestra6	20.0095	19.9993	10 (-0, + 0.25)
muestra7	20.0095	20.0003	9 (-0, + 0.25)
muestra8	20.0095	19.9990	10 (-0, + 0.50)

HOLGURA (CARCASA-CORREDERA) PARA LA CARCASA 2			
Corredera	F carcasa 2 [mm]	F corredera [mm]	d [mm]
muestra1	20.00975	19.9945	15 (-0, + 0.25)
muestra2	20.00975	19.9953	14 (-0, + 0.25)
muestra3	20.00975	19.9945	15 (-0, + 0.25)
muestra4	20.00975	19.9945	15 (-0, + 0.25)
muestra5	20.00975	19.9985	11 (-0, + 0.25)
muestra6	20.00975	19.9993	10 (-0, + 0.50)
muestra7	20.00975	20.0003	9 (-0, + 0.50)
muestra8	20.00975	19.9990	10 (-0, + 0.75)

Tabla 8-5. Holgura entre carcاسas y correderas.

8.1 Análisis de las carcasas.

Con los resultados de la metrología y, con la colaboración de la empresa Pedro Roquet, S. A, se elaboraron dos nuevas carcasas de válvula divisora (ver figuras 8-1 y 8-2), y se ensayaron utilizando los mismos componentes internos de la válvula divisora denominada prototipo o unidad básica., es decir, las dos correderas de la válvula divisora previamente ensayada junto con sus respectivos muelles de recuperación.

Una vez mas, se preparó el banco de ensayos y la secuencia de programación de ensayos, de forma similar a la que se describe en capítulo VIII. Para comprobar la influencia de las tolerancias de fabricación y por ende su influencia en el error de división, se planificó un protocolo de ensayos que a continuación se describe:

1. Definir ambas correderas de la válvula como: “corredera lado A”, y “corredera lado B”.
2. Montar la anterior disposición en la denominada “carcasa 1”.
3. Desarrollar el programa de ensayos descrito en las tablas 8-6 a 8-9.
4. Desmontar la anterior disposición e invertir la disposición de las dos correderas, de modo que, el “lado A”, pasa a ocupar la posición del “lado B” y viceversa.
5. Desarrollar el programa de ensayos con la nueva disposición.
6. Desmontar la anterior disposición y repetir los pasos 1 a 5 con la carcasa, denominada “carcasa 2”.

Programa de ensayos para los arreglos A ? B y B ? A.

Planificación de los ensayos de sincronismo de actuadores.			
Modo Divisor		Modo Integrador	
Carga actuador 1 [N]	Carga actuador 2 [N]	Carga actuador 1 [N]	Carga actuador 2 [N]
00	00	00	00
Presión [bar]	V _{consigna} [voltios]	Presión [bar]	V _{consigna} [voltios]
30	5.00	30	0.00
50	5.00	50	0.00
70	5.00	70	0.00
90	5.00	90	0.00

Tabla 8-6. Resumen de los ensayos.

Planificación de los ensayos de sincronismo de actuadores.			
Modo Divisor		Modo Integrador	
Carga actuador 1 [N]	Carga actuador 2 [N]	Carga actuador 1 [N]	Carga actuador 2 [N]
00	560	00	560
Presión [bar]	V _{consigna} [voltios]	Presión [bar]	V _{consigna} [voltios]
30	5.00	30	0.00
50	5.00	50	0.00
70	5.00	70	0.00
90	5.00	90	0.00

Tabla 8-7. Resumen de los ensayos.

Planificación de los ensayos de sincronismo de actuadores.			
Modo Divisor		Modo Integrador	
Carga actuador 1 [N]	Carga actuador 2 [N]	Carga actuador 1 [N]	Carga actuador 2 [N]
560	00	560	00
Presión [bar]	V _{consigna} [voltios]	Presión [bar]	V _{consigna} [voltios]
30	5.00	30	0.00
50	5.00	50	0.00
70	5.00	70	0.00
90	5.00	90	0.00

Tabla 8-8. Resumen de los ensayos.

Planificación de los ensayos de sincronismo de actuadores.			
Modo Divisor		Modo Integrador	
Carga actuador 1 [N]	Carga actuador 2 [N]	Carga actuador 1 [N]	Carga actuador 2 [N]
560	560	560	560
Presión [bar]	V _{consigna} [voltios]	Presión [bar]	V _{consigna} [voltios]
30	5.00	30	0.00
50	5.00	50	0.00
70	5.00	70	0.00
90	5.00	90	0.00

Tabla 8-9. Resumen de los ensayos.

8.1.1 Resultados experimentales.

Valoración del comportamiento del prototipo básico utilizando dos nuevas carcasas con tolerancias mínimas.

Con los datos obtenidos de la fase experimental, se ha procedido al agrupado y estudio de los datos generados durante los ensayos. La tabla 8-10, resume los resultados del procesamiento de los datos obtenidos de los ensayos.

Con los datos procesados y agrupados en la tabla 8-10, han sido generados una serie de gráficos. La primera serie de gráficos, muestra comparativamente la variación del error bajo la influencia de las tolerancias de fabricación de la carcasa graficados vs presión de alimentación. Se observa que con solo intercambiar la posición de las correderas de la válvula, (ver figuras 8-8) este error puede variar de forma significativa.

En las figuras 8-9 se puede apreciar la influencia de la presión de alimentación en la precisión de la válvula divisora, cuando las cargas son simétricas.

De estos experimentos se colige que la magnitud absoluta de los huelgos (carcasa "0" o básica $\sim 40 \mu\text{m}$ y la carcasa "2" $\sim 10 \mu\text{m}$) es manifiestamente significativa a efectos de la precisión, cuando se aumenta la presión de alimentación.

En las figuras 8-11 hasta 8-15 se muestran comparativamente varios comportamientos entre carcasas y correderas, para distintas condiciones de carga. De ellas se deducen las siguientes conclusiones:

1).- Las combinaciones 1A, 2A, 1B y 2B tienen sensiblemente un mejor comportamiento frente a las combinaciones Básica A y Básica B. Estos es completamente coherente con las tolerancias de fabricación, habida cuenta que en la configuración básica hay un huelgo del orden de $40 \mu\text{m}$ frente a un huelgo de $10 \mu\text{m}$ para las configuraciones 1 y 2.

2).- La combinación 2A es mejor que la 1A y la 1B mejor que la 2B. Esto significa que la configuración de corredera A se adapta mejor a la carcasa 2 que a la carcasa 1, habida cuenta que configuran unos conductos anulares con un comportamiento fluidodinámico más aproximado.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SINCRONIZADO UTILIZANDO LA CARCASA 1 DE LA VALVULA DIVISORA/INTEGRADORA																	
Pos. Corred	Carga cil1	Carga cil2	P[bar]alm	V alim	Qs (l/min)	s(xmax)mm	e[%]	t[s]total	Posicion	Carga cil1	Carga cil2	P[bar]alm	V alim	Qs (l/min)	s(xmax)mm	e[%]	t[s]total
Referencia A	0	0	30	5	5.267	50.0	10.18	17.51	Referencia B	0	0	30	5	4.195	33.0	6.72	17.27
			50	5	5.311	14.0	2.85	8.14				50	5	7.094	8.0	1.63	7.90
			70	5	7.111	5.0	1.02	6.12				70	5	7.122	6.0	1.22	6.20
			90	5	7.218	5.0	1.02	5.01				90	5	7.165	5.9	1.20	4.97
	0	560	30	5	3.477	65.0	13.24	22.94		0	560	30	5	4.204	20.0	4.07	16.53
			50	5	5.322	18.0	3.67	9.63				50	5	7.114	2.0	0.41	11.59
			70	5	7.157	5.0	1.02	6.04				70	5	7.128	1.1	0.22	6.49
			90	5	7.206	3.0	0.61	5.00				90	5	7.163	1.0	0.20	5.06
	560	0	30	5	3.497	85.0	17.31	27.75		560	0	30	5	4.211	34.0	6.92	18.65
			50	5	5.287	69.0	14.05	17.10				50	5	7.114	28.0	5.70	10.91
			70	5	7.123	38.0	7.74	9.60				70	5	7.175	11.0	2.24	6.19
			90	5	7.393	15.0	3.05	5.33				90	5	7.236	3.0	0.61	5.08
560	560	30	5	3.573	63.0	12.83	23.04	560	560	30	5	4.185	25.0	5.09	17.72		
		50	5	3.587	37.0	7.54	12.56			50	5	7.103	20.0	4.07	11.80		
		70	5	7.436	30.0	6.11	8.68			70	5	7.120	13.0	2.65	7.28		
		90	5	7.209	16.0	3.26	5.58			90	5	7.293	7.0	1.43	5.11		

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SINCRONIZADO UTILIZANDO LA CARCASA 2 DE LA VALVULA DIVISORA/INTEGRADORA																	
Pos. Corred	Carga cil1	Carga cil2	P[bar]alm	V alim	Qs (l/min)	s(xmax)mm	e[%]	t[s]total	Pos. Corred	Carga cil1	Carga cil2	P[bar]alm	V alim	Qs (l/min)	s(xmax)mm	e[%]	t[s]total
Referencia A	0	0	30	5	4.277	44.0	8.96	22.25	Referencia B	0	0	30	5	4.179	55.0	11.20	20.08
			50	5	5.310	26.0	5.30	11.43				50	5	7.009	8.0	1.63	7.57
			70	5	6.884	10.0	2.04	6.75				70	5	7.077	4.0	0.81	5.94
			90	5	6.900	6.0	1.22	6.07				90	5	7.348	4.0	0.81	4.80
	0	560	30	5	2.076	61.0	12.42	27.23		0	560	30	5	4.170	43.0	8.76	19.97
			50	5	5.176	13.0	2.65	9.11				50	5	6.883	40.0	8.15	9.30
			70	5	6.890	2.0	0.41	6.77				70	5	7.024	15.0	3.05	10.37
			90	5	6.896	1.0	0.20	5.50				90	5	7.135	11.0	2.24	5.47
	560	0	30	5	2.618	87.0	17.72	35.42		560	0	30	5	4.192	32.0	6.52	17.61
			50	5	7.010	74.0	15.07	21.07				50	5	6.875	8.0	1.63	9.46
			70	5	7.025	39.0	7.94	10.37				70	5	6.888	3.0	0.61	6.23
			90	5	7.163	22.0	4.48	6.19				90	5	7.114	2.0	0.41	4.94
560	560	30	5	3.069	66.0	13.44	31.12	560	560	30	5	4.108	50.0	10.18	12.61		
		50	5	5.369	39.0	7.94	14.67			50	5	7.002	24.0	4.89	12.52		
		70	5	7.081	35.0	7.13	10.23			70	5	7.044	21.0	4.28	8.46		
		90	5	7.095	15.0	3.05	5.61			90	5	7.065	20.0	4.07			

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE SINCRONIZADO UTILIZANDO LA CARCASA BASICA DE LA VALVULA DIVISORA/INTEGRADORA																	
Pos. Corred	Carga cil1	Carga cil2	P[bar]alm	V alim	Qs (l/min)	s(xmax)mm	e[%]	t[s]total	Pos. Corred	Carga cil1	Carga cil2	P[bar]alm	V alim	Qs (l/min)	s(xmax)mm	e[%]	t[s]total
Referencia A	0	0	30	5	5.336	49.0	9.98	15.03	Referencia B	0	0	30	5	5.316	4.0	0.81	10.18
			50	5	5.333	18.0	3.67	8.08				50	5	7.191	13.0	2.65	7.40
			70	5	7.134	7.0	1.43	5.94				70	5	7.179	15.0	3.05	5.96
			90	5	7.168	7.0	1.43	4.78				90	5	7.093	15.0	3.05	4.74
	0	560	30	5	5.135	56.0	11.41	18.54		0	560	30	5	5.285	45.0	9.16	12.89
			50	5	7.270	9.0	1.83	8.25				50	5	7.249	56.0	11.41	8.24
			70	5	7.177	20.0	4.07	6.05				70	5	7.863	16.0	3.26	7.08
			90	5	7.290	7.0	1.43	4.99				90	5	7.154	10.0	2.04	5.20
	560	0	30	5	3.498	112.0	22.81	25.08		560	0	30	5	5.290	51.0	10.39	17.30
			50	5	5.372	88.0	17.92	12.28				50	5	7.192	30.0	6.11	8.82
			70	5	7.290	58.0	11.81	7.69				70	5	6.900	20.0	4.07	6.24
			90	5	7.175	43.0	8.76	5.54				90	5	6.901	20.0	4.07	4.94
560	560	30	5	4.247	80.0	16.29	21.57	560	560	30	5	5.333	14.0	2.85	13.21		
		50	5	7.237	36.0	7.33	9.75			50	5	7.197	29.0	5.91	8.88		
		70	5	7.424	24.0	4.89	6.63			70	5	7.387	37.0	7.54	6.86		
		90	5	7.415	14.0	2.85	4.98			90	5	7.320	22.0	4.48	4.90		

Tabla 8-10. Resultados obtenidos de los ensayos.

Para una mejor comprensión, a continuación se explica la composición de la tabla de datos por columnas.

Primera tabla: Se utiliza la carcasa 1.

Segunda tabla: Utilizando la carcasa2.

Tercera tabla: Utilizando la carcasa básica. (Ensayos anteriores).

Columna 1: Posición de las piezas A y B de la corredera.

Columna 2: Carga sobre el actuador1 [N].

Columna 3: Carga sobre el actuador2 [N].

Columna 4: Presión del grupo en la prueba [bar].

Columna 5: Voltaje de alimentación VCD [voltios].

Columna 6: Caudal de alimentación a la válvula [l/min].

Columna 7: Error de desplazamiento entre actuadores [m].

Columna 8: Error relativo [%].

Columna 9: Tiempo total de la prueba [s].

Columnas 10 al 18: Ídem a columnas 1 al 9.

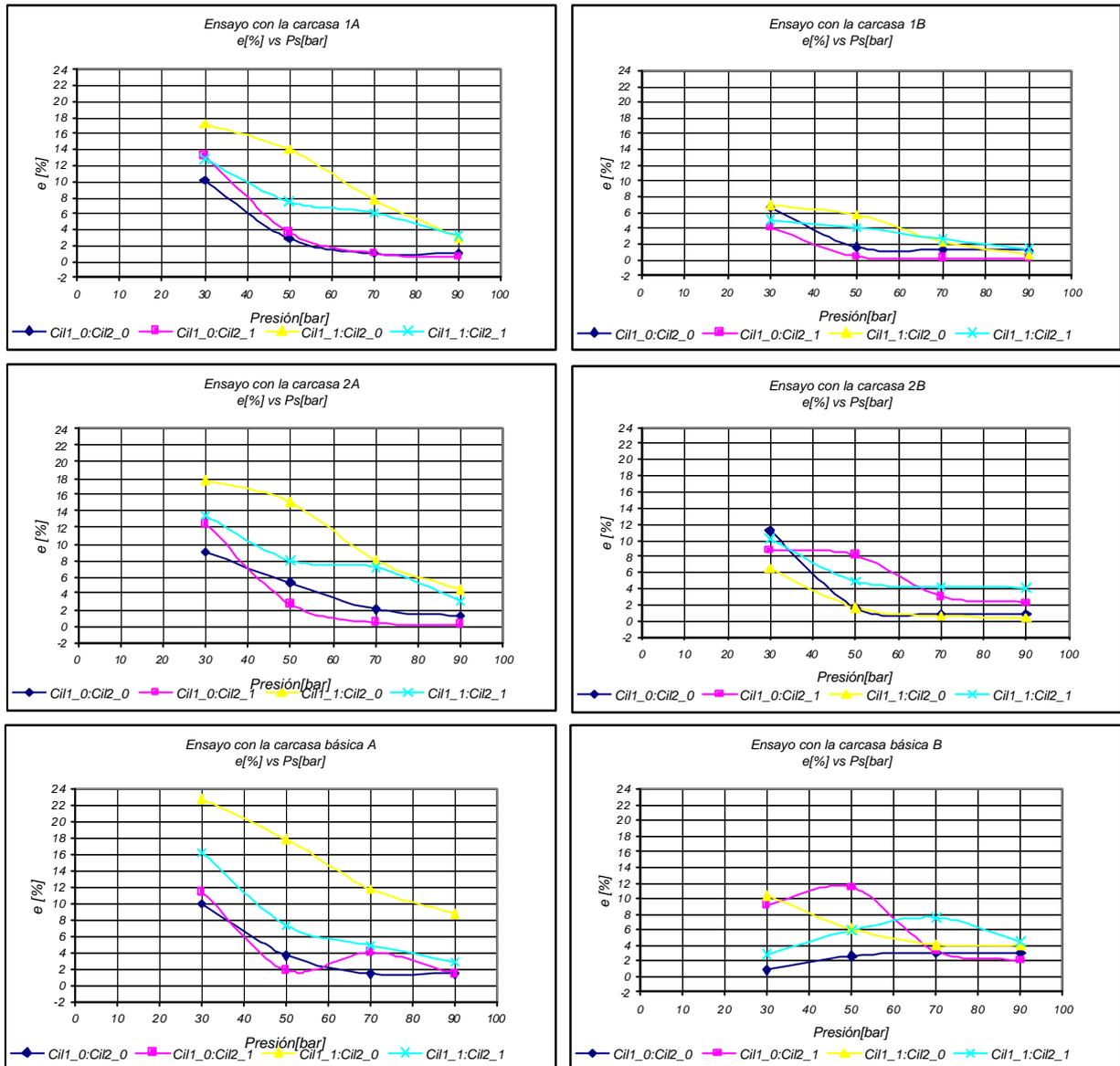


Figura 8-8. Gráficos Presión vs error relativo entre actuadores.

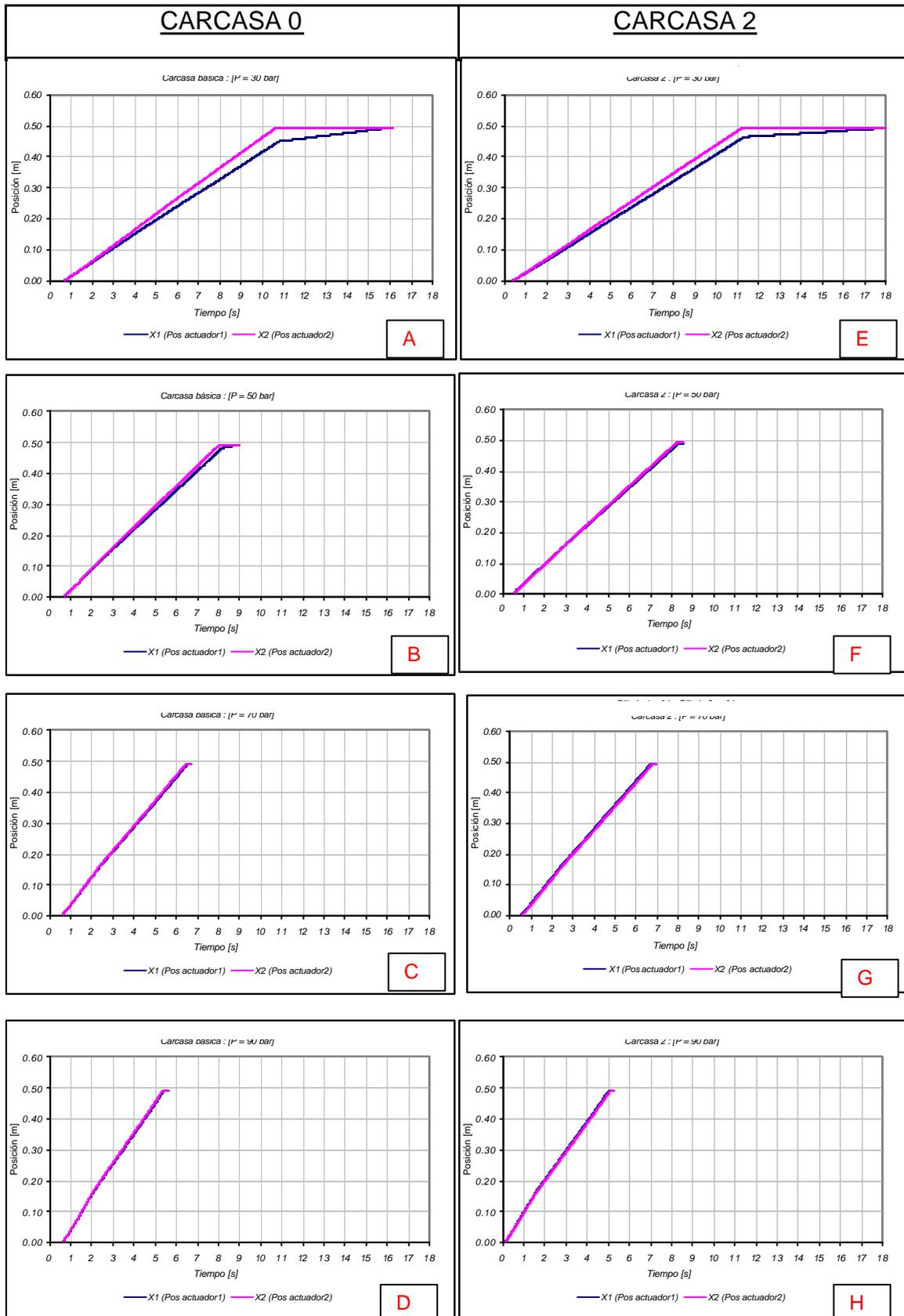


Figura 8-9. Gráficos comparativos obtenidos de los resultados experimentales entre la carcasa 0 y la carcasa 2, sometidas a cargas simétricas.

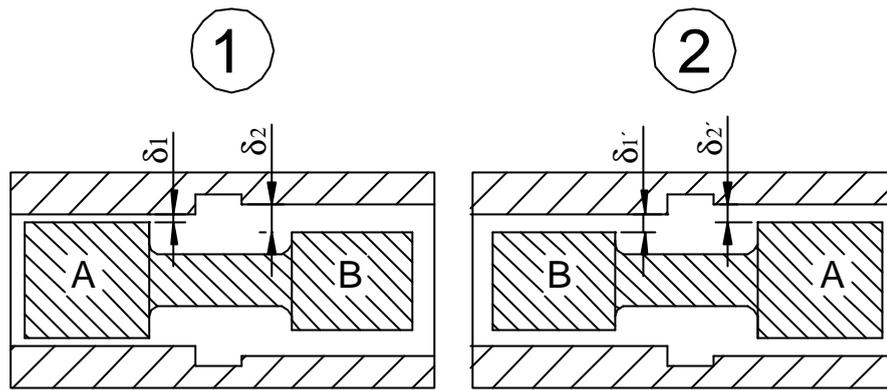


Figura 8-10. Una misma carcasa con dos configuraciones.

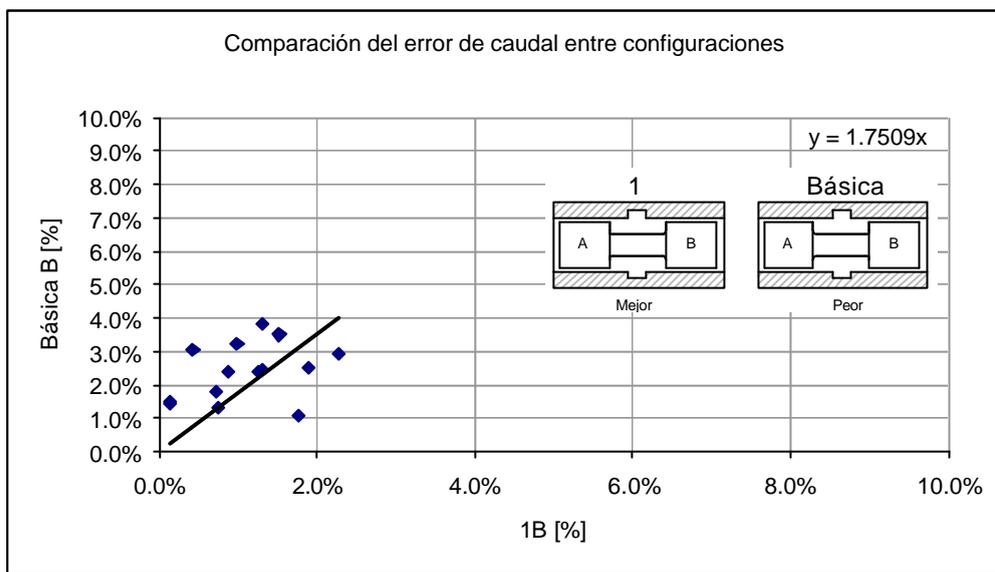


Figura 8-11.

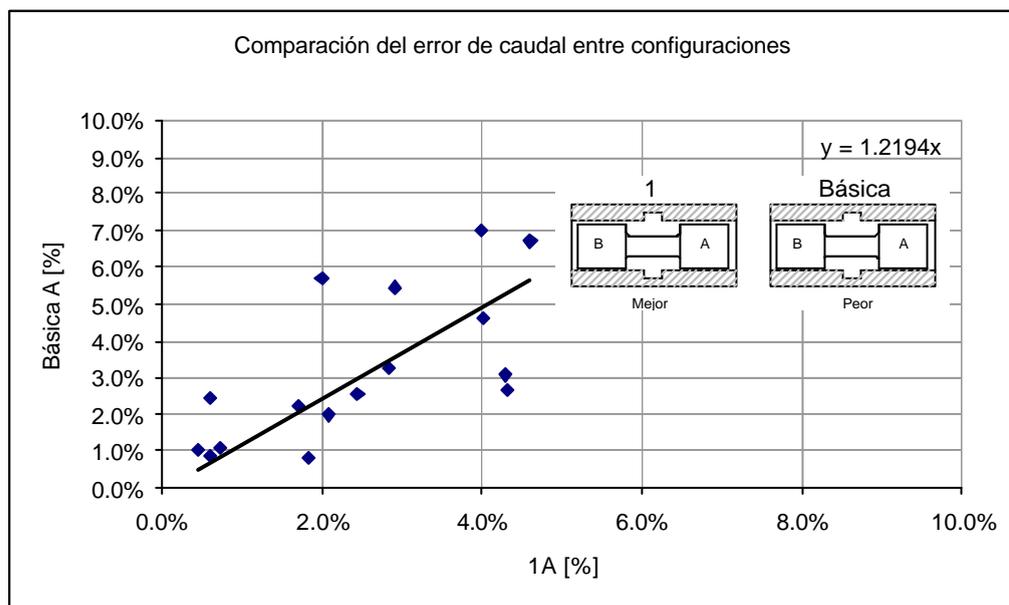


Figura 8-12.

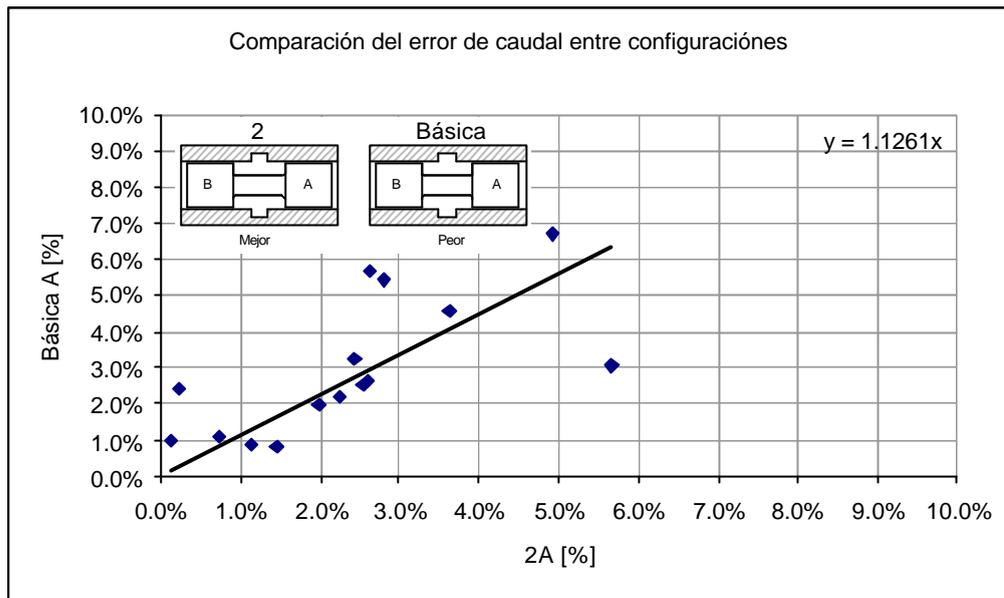


Figura 8-13.

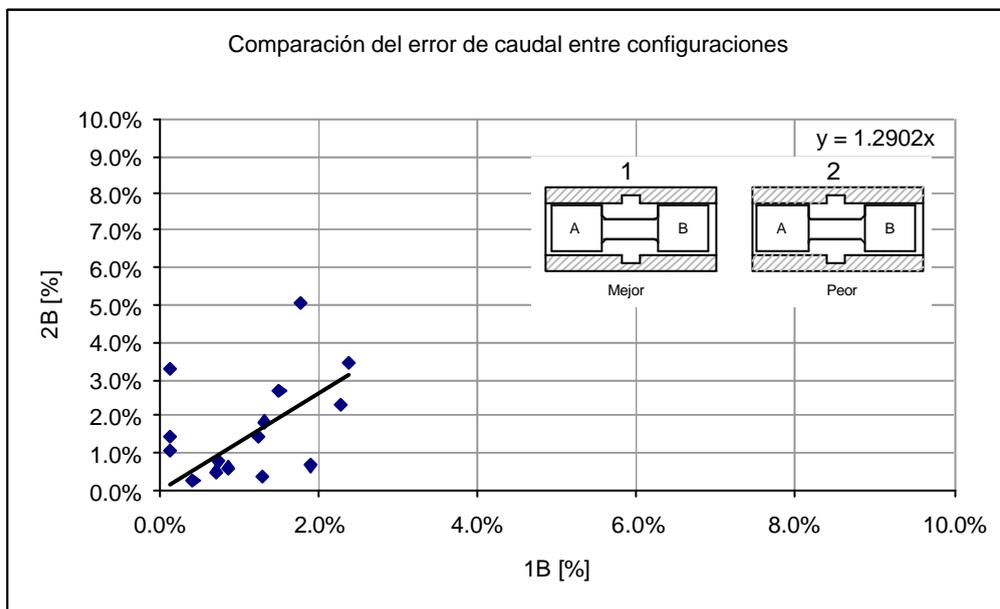


Figura 8-14.

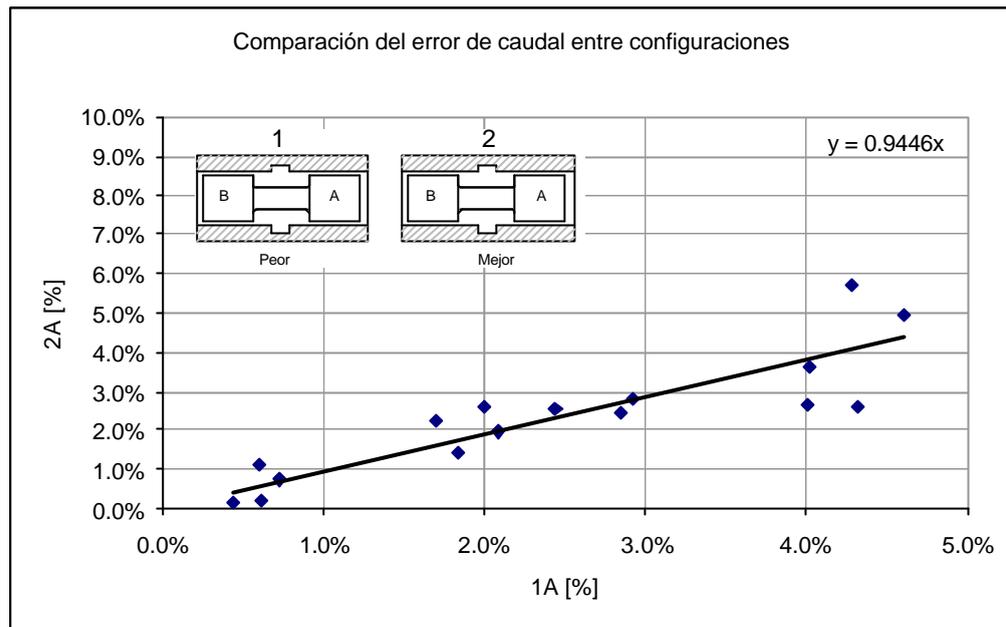


Figura 8-15.

8.2 Análisis de las correderas.

De forma similar a los ensayos realizados en el apartado anterior, los siguientes ensayos tienen como objetivo valorar la influencia de las tolerancias de las correderas de la válvula.

En esta experimentación, se utilizaron 8 piezas de correderas con diferentes tolerancias de fabricación, cada una de las correderas fueron denominadas con nombres que van desde la Muestra1 hasta la Muestra8.

Con los resultados de la metrología de cada una de las muestras, y, con los datos obtenidos de las mediciones realizadas en las carcassas, fueron calculadas las holguras (carcasa-corredera). Este cálculo es mostrado en la tabla 8-5.

A continuación se describe el protocolo de ensayos experimentales realizados para determinar la incidencia del juego (holgura) existente entre la carcassa y las correderas de la válvula divisora/integradora de caudal. El procedimiento de los ensayos es el siguiente:

- 1.- Elegir una de las carcassas con dimensiones mínimas para realizar los ensayos (fue elegida la carcassa 2).
- 2.-Establecer una de las muestras (muestra 8) como pieza de referencia fija, primeramente en el lado B de la válvula.
- 3.-Colocar en el lado A de la válvula, y de forma sucesiva, las muestras a comparar en cada uno de los ensayos.
- 4.-Ensayar según protocolo de ensayos descritos anteriormente para una válvula divisora/integradora de caudal, en el modo divisor y siguiendo el programa de ensayos de la tabla 8-11.
- 5.-Se procede a aplicar carga en ambos actuadores y a fijar la presión de trabajo en 90 bar.
- 6.-Invertir la posición de la muestra de referencia, pasando la muestra8 al lado A y repetir pasos del 3 al 6.

Lado A	Lado B	$d(\text{ladoA})$ [mm]	$d(\text{ladoB})$ [mm]
muestra4	muestra8	15.25	10.75
muestra5	muestra8	11.25	10.75
muestra6	muestra8	10.5	10.75
muestra7	muestra8	9.5	10.75
Lado A	Lado B	$d(\text{ladoA})$ [mm]	$d(\text{ladoB})$ [mm]
muestra8	muestra4	10.75	15.25
muestra8	muestra5	10.75	11.25
muestra8	muestra6	10.75	10.5
muestra8	muestra7	10.75	9.5

Tabla 8-11. Ubicación de las correderas en cada ensayo.

Valoración del comportamiento del prototipo básico utilizando correderas mecanizadas a distintas tolerancias.

Lado A	Lado B	$D_d(\text{ladoA-ladoB})$	E[%]
muestra4	muestra8	4.50	13.31
muestra5	muestra8	0.50	0.99
muestra6	muestra8	0.25	1.07
muestra7	muestra8	1.25	7.69
Lado B	Lado A	$D_d(\text{ladoB-ladoA})$	E[%]
muestra8	muestra4	4.50	13.53
muestra8	muestra5	0.50	1.76
muestra8	muestra6	0.25	0.75
muestra8	muestra7	1.25	9.48

Tabla 8-12. Diferencial de Holgura (carcasa-corredera) vs error de división.

8.2.1 Resultados experimentales.

Con los datos obtenidos en la fase experimental, y una vez procesados sus resultados fue construida la tabla de resultados que se muestran en la tabla 8-12 y con cuyos valores se ha construido la gráfica de la figura 8-16, que nos muestra una relación entre el diferencial entre las holguras carcasa-corredera lado A y carcasa corredera lado B, graficadas versus el error de división.

Los puntos marcados en el círculo "A" de la figura 8-16, corresponden al emparejamiento entre las piezas (muestra7-muestra8) y (muestra8-muestra7). En ambos casos, y a pesar de que posee una excelente tolerancia, y por consiguiente una holgura excepcional (de 1.25 μm), que induciría a reducir el error en la válvula (estimados en un 3-4 %), se ha comprobado por la vía del ensayo metrológico (ver figura 8-17), que la hendidura longitudinal fabricada expresamente en la superficie de trabajo de la muestra 7, permite el paso de un caudal en forma de fugas, que inciden en la precisión de la válvula divisora/integradora de caudal.

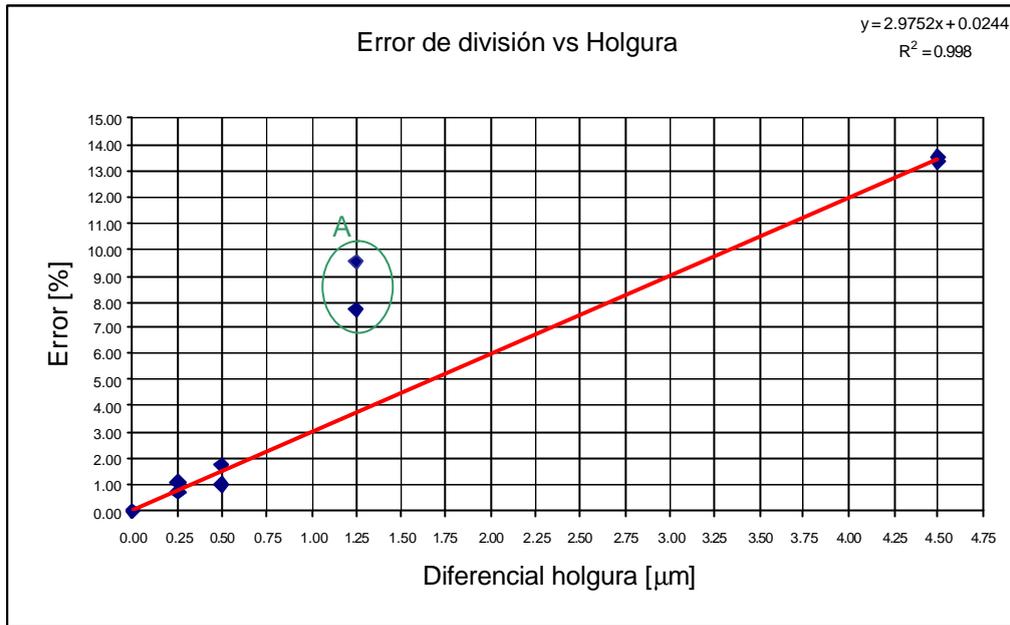


Figura 8-16. Diferencial de Holgura (carcasa-corredera) vs error de división.

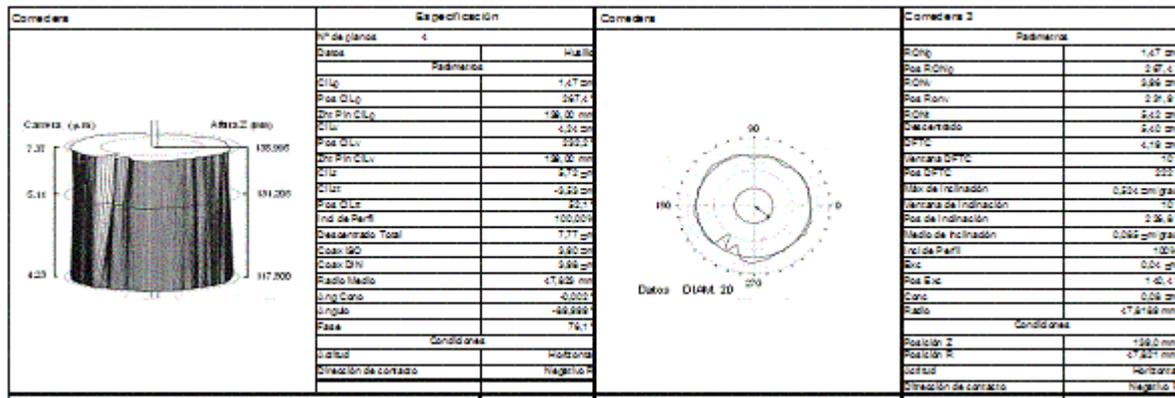


Figura 8-17. Ensayo de metrología de la muestra 7-17.