



**“INGENIERIA REVERSA
CONTROL DIMENSIONAL FABRICACION Y MONTAJE DE BALDE
CARGADOR FRONTAL CAT 994K MINERA MANTOVERDE”**

**INFORME DIMENSIONAL
OC N°4348**

CAD CAE INGENIERIA LTDA.
Avda. Balmaceda 2472 Piso 12
Antofagasta. Fono 55 2 263814
www.cad-cae.com

REVISIÓN: _____
FECHA: _____


CAD CAE INGENIERIA LTDA.
RUT: 76.028.440 - 8
AVDA. BALMACEDA 2472 Of. 121
ANTOFAGASTA - FONOS: (055) 2263814

REV.	FECHA	POR	CHK	APROB.	DESCRIPCIÓN
A	27.SEP.22	J.S.C.	C.V.R.	H.L.L.	REVISIÓN INTERNA
B	27.SEP.22	J.S.C.	C.V.R.	H.L.L.	PARA COMENTARIOS DEL CLIENTE
0	03.OCT.22	J.S.C.	C.V.R.	H.L.L.	SE CORRIGUE CONCENTRICIDAD

INDICE

1.0 OBJETIVOS	2
2.0 ANTECEDENTES.....	2
2.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	2
2.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS EQUIPO DE MEDICION	3
2.3 PLANOS	4
2.4 DOCUMENTOS.....	4
3.0 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	5
3.1 VERIFICACION DIMENSIONAL POR PLANOS DE FABRICACION	5
3.2 VERIFICACION DIMENSIONAL METODO TRADICIONAL	6
3.3 VERIFICACION DIMENSIONAL EN TERRENO, MANTOVERDE	7
3.4 VERIFICACION DIMENSIONAL EN MAESTRANZA	9
3.5 VERIFICACION DEL DIAMETRO CON MICROMETRO.....	11
3.6 VERIFICACION DEL DIAMETRO CON BRAZO FARO EDGE	13
3.7 VERIFICACION DE LA CONCENTRICIDAD 4 OREJAS	15
3.8 VERIFICACION DE LA CONCENTRICIDAD LADO DERECHO	17
3.9 VERIFICACION DE LA CONCENTRICIDAD LADO IZQUIERDO	18
3.10 VERIFICACION DEL PARALELISMO	19
3.11 VERIFICACION DEL LARGO Y ALTURA DEL BALDE.....	20
4.0 CONCLUSIONES	23
5.0 RECOMENDACIONES.....	23
6.0 ANEXOS.....	24
6.1 PLANOS DEL BALDE CARGADOR CAT 994K	24
6.2 DIMENSIONES DEL PANTOGRAFO CARGADOR CAT 994K.....	27
6.3 PLANOS DE LOS PASADORES Y BUJES	31

1.0 OBJETIVOS

El objetivo de este informe es la de realizar el control dimensional del Balde del Cargador Frontal 994K en terreno que se encuentra en Mantoverde y el balde que está fabricando Encoparts en Antofagasta de tal forma de asegurar el cambio de balde y no tener problema de montaje o interferencias.

2.0 ANTECEDENTES

A continuación, se menciona una breve descripción del equipo, los documentos de referencia, estándares y conceptos utilizados en los análisis.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Los datos técnicos del equipo son:

EQUIPO

Nombre del componente	: Balde HL Cargador CAT 994K
Fabricante del balde	: Encoparts
Capacidad del cucharón	: 21.4 [m3]
Capacidad carga del cucharón	: 40 [Ton]
Peso del balde fabricado	: 20.667 [kg]
Peso del balde instalado	: 20.197 [kg]



Figura N° 1: Fabricación del Balde CAT 994K

2.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS EQUIPO DE MEDICION

Equipo : Laser Scanner
Marca : Faro
Modelo : Focus X 330
Rango : 0,6 m – 330 m
Velocidad : 122.000/244.000/488.000/976.000 (puntos/seg)
Error de intervalo : +-2 mm

Equipo : Brazo de medición
Marca : Faro
Modelo : Edge
Rango : 2.7 m
Precisión : +-0.00406 mm

Equipo : Micrómetro de interiores
Marca : Mitutoyo
Rango : 300 mm
Precisión : +-0.001

Equipo : Pie de metro
Marca : Mitutoyo
Rango : 1 m
Precisión : +-0.01 mm



Figura N°2: Faro Focus X330



Figura N°3: Faro Edge

2.3 PLANOS

Los planos utilizados como antecedente para el estudio son:

[1] Planos Encoparts N° 10A1115 Balde CAT 994K Lamina N° 1 al 7

2.4 DOCUMENTOS

Los documentos utilizados como antecedente para el estudio son:

[2] Dimensiones del Pantógrafo CAT 994K por el fabricante

3.0 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el análisis dimensional se realizará las siguientes mediciones:

3.1 VERIFICACION DIMENSIONAL POR PLANOS DE FABRICACION

Para el análisis se utilizó los planos de fabricación del Balde de Encoparts y las dimensiones principales del pantógrafo y el Link, según el fabricante Caterpillar, ver anexo 1 y 2.

Según los planos el eje del balde en el pantógrafo es igual a 2.054 [mm] y es idéntico a las dimensiones indicadas por Caterpillar.

Según los planos el eje del balde en el link es igual a 960 [mm] y es idéntico a las dimensiones indicadas por Caterpillar.

El juego entre el pantógrafo y el balde es de 22 [mm] (11 [mm] por lado).

El juego entre el Link y el balde es de 12 [mm] (6 [mm] por lado).

Como lo indica la figura siguiente el balde según los planos de fabricación y las dimensiones del pantógrafo según el fabricante Caterpillar, no tiene interferencia y se puede montar sin problema.

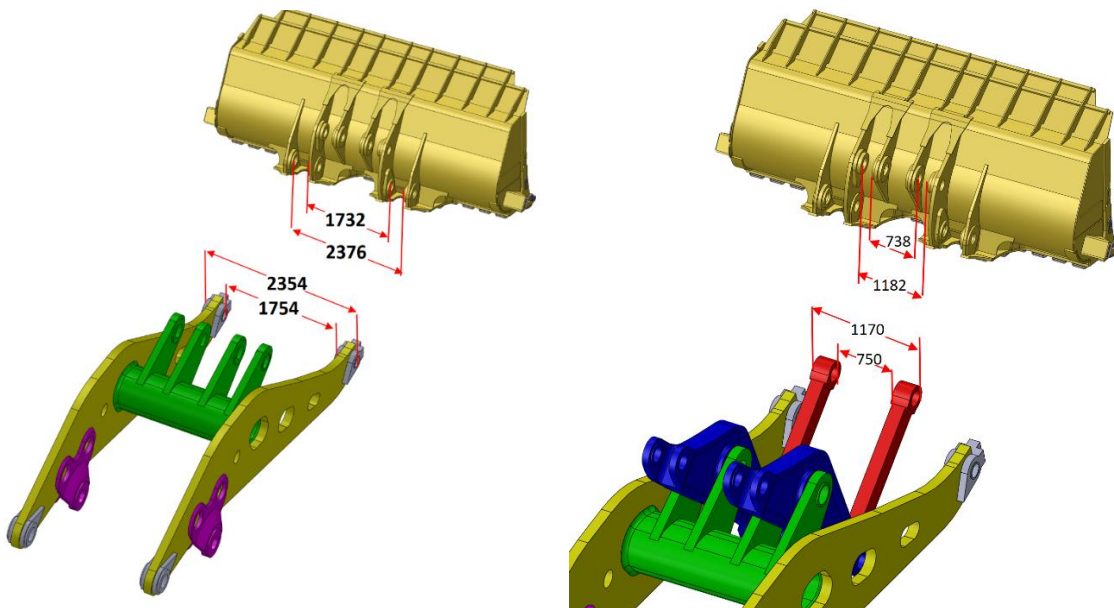


Figura 4: Dimensiones del plano de fabricación versus las dimensiones del pantógrafo según el fabricante Caterpillar no hay interferencia y se puede montar sin problema.

3.2 VERIFICACION DIMENSIONAL METODO TRADICIONAL

Para el análisis se utilizó un pie de metro de un metro y un flexómetro, el resultado de las mediciones se muestra a continuación:



Figura N°5 : Medición con pie de metro la distancia entre orejas en la zona del Link del Balde es de 738 [mm]

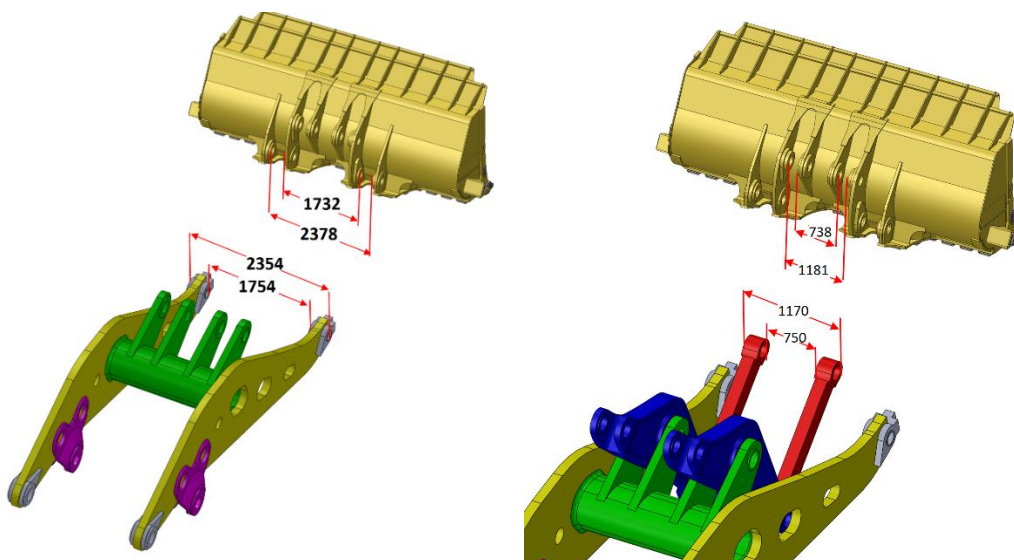


Figura N°6: Resultados de la medición con pie de metro del balde, no hay interferencia y se puede montar sin problema.

El juego entre el pantógrafo y el balde es de 23 [mm] (11.5 [mm] por lado).

El juego entre el Link y el balde es de 11.5 [mm] (5.75 [mm] por lado).

Como lo indica la figura, las dimensiones del balde fabricado y las dimensiones del pantógrafo según el fabricante Caterpillar, no tiene interferencia y se puede montar sin problema.

3.3 VERIFICACION DIMENSIONAL EN TERRENO, MANTOVERDE

Para el análisis en terreno, se utilizó un escáner 3D, el resultado de las mediciones se muestra a continuación:



Figura N°7: Escáner 3D en terreno, Minera Mantoverde.

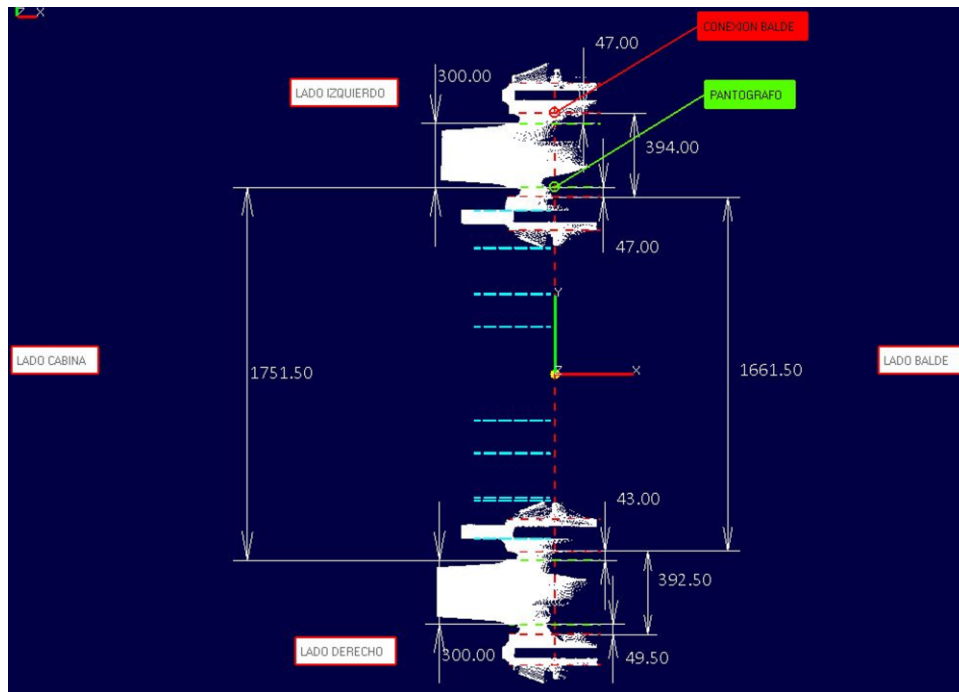


Figura N°8: Mediciones realizada con escaner 3D en terreno, la cota del ancho interior del Pantógrafo es 1751,5 [mm] y el ancho exterior 2351.5 [mm].

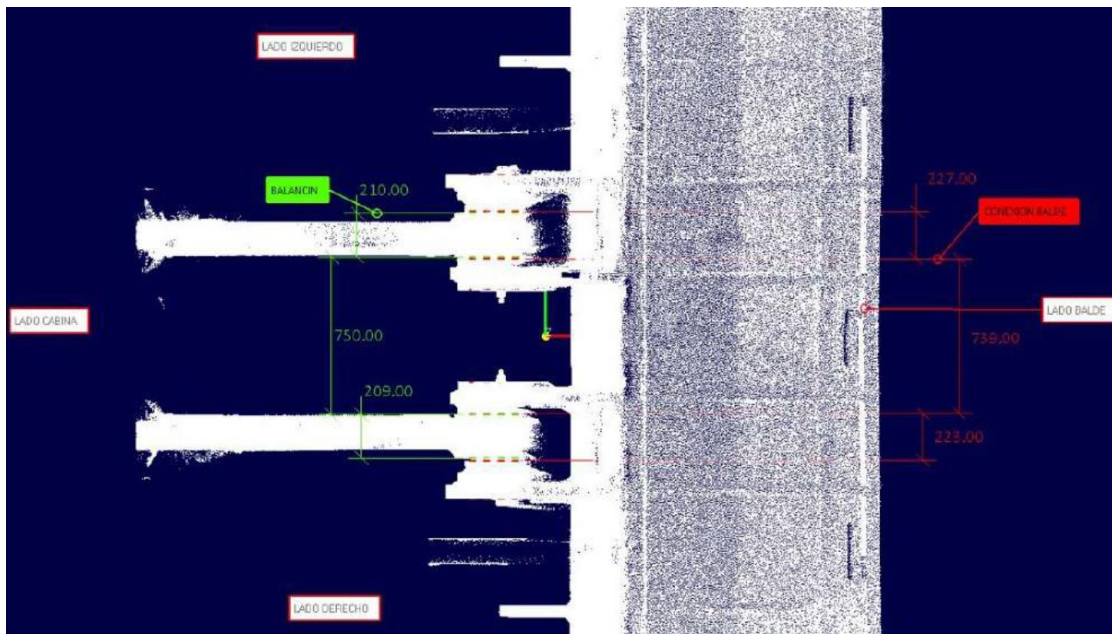


Figura N°9: Mediciones realizada con escáner 3D en terreno al Link del balde.

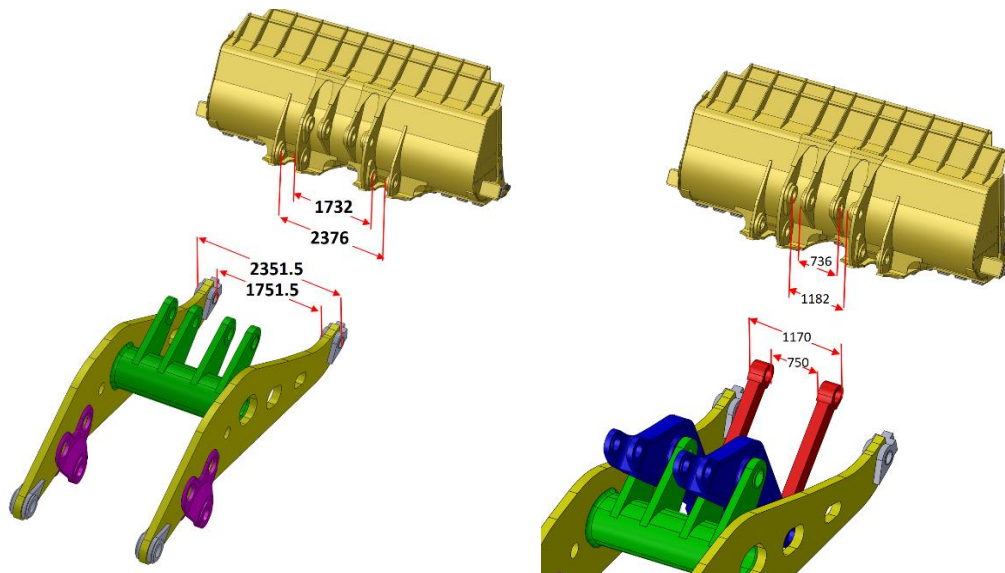


Figura N°10: Resultados de la medición con escaner 3D en terreno (Mantoverde), no hay interferencia y se puede montar sin problema.

El juego entre el pantógrafo y el balde es de 22 [mm] (11 [mm] por lado).

El juego entre el Link y el balde es de 11.5 [mm] (5.75 [mm] por lado).

Como lo indica la figura, las dimensiones del balde fabricado y las dimensiones del pantógrafo según el fabricante Caterpillar, no tiene interferencia y se puede montar sin problema.

3.4 VERIFICACION DIMENSIONAL EN MAESTRANZA

Para el análisis se utilizó un escáner 3D, el resultado de las mediciones se muestra a continuación:

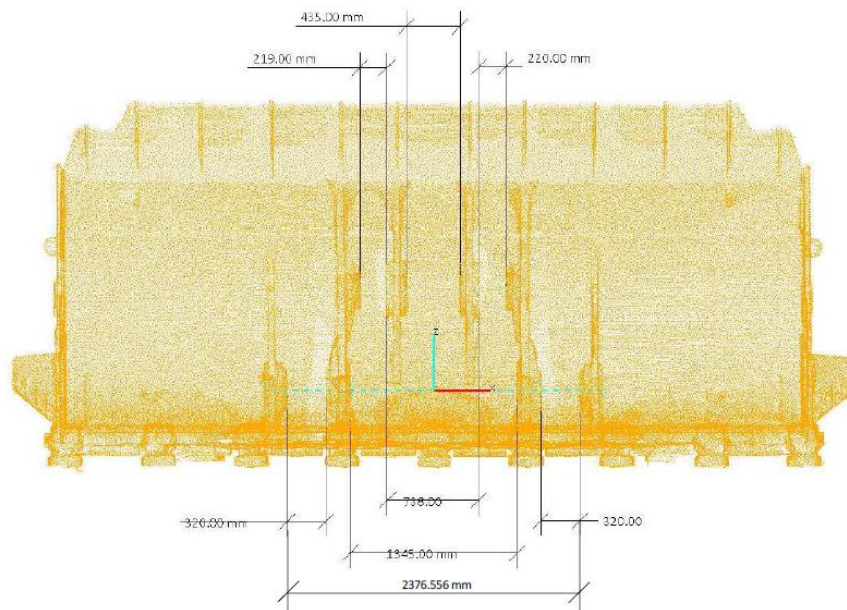


Figura N°11: Escáner 3D realizado en la Maestranza y resultados.

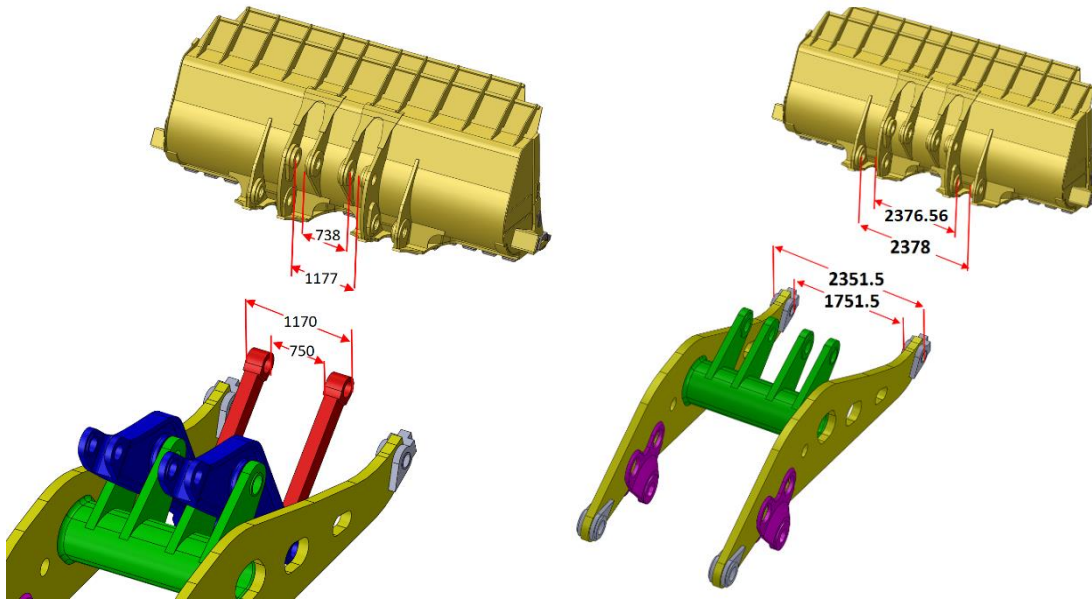


Figura N°12: Resultados de la medición con escáner 3D en Maestranza, no hay interferencia y se puede montar sin problema.

El juego entre el pantógrafo y el balde es de 23 [mm] (11.5 [mm] por lado).

El juego entre el Link y el balde es de 9.5 [mm] (4.75 [mm] por lado).

Como lo indica la figura, las dimensiones del balde fabricado y las dimensiones del pantógrafo según el fabricante Caterpillar, no tiene interferencia y se puede montar sin problema.

3.5 VERIFICACION DEL DIAMETRO CON MICROMETRO

Para el análisis se utilizó un micrómetro, el resultado de las mediciones se muestra a continuación:



Figura N°13: Mediciones realizada al diámetro del balde con micrómetro en la Maestranza

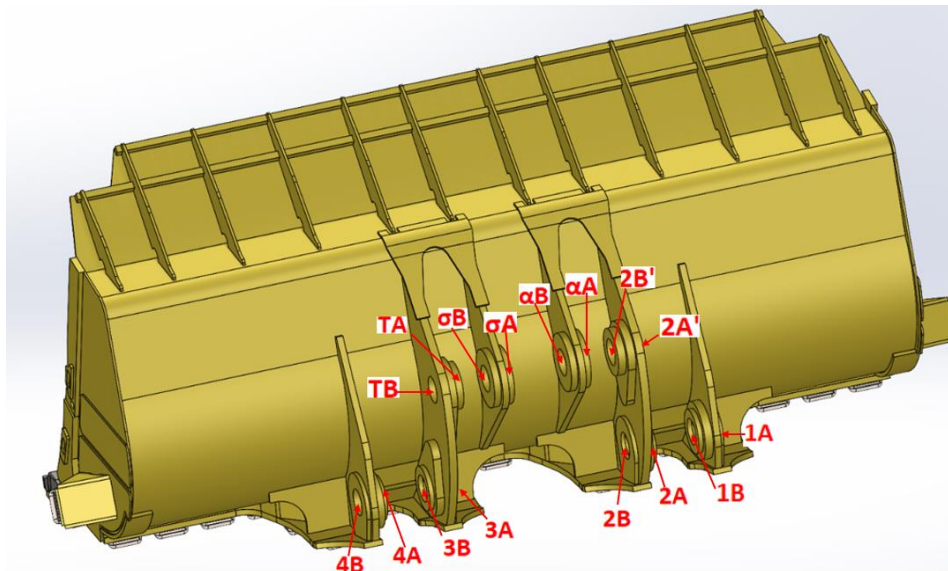


Tabla N°1: Resultados de las mediciones realizadas con micrómetro en el diámetro del balde en la Maestranza

Ubicación	Diámetro Pulg.	Diámetro Medido [mm]	Diámetro Nominal [mm]	Rango +/- 0,15 mm	Error
1A	8,310	211,074	211	211,15	OK
1B	8,309	211,049	211	211,15	OK
2A	8,304	210,922	211	210,85	OK
2B	8,306	210,972	211	210,85	OK
3A	8,306	210,972	211	210,85	OK
3B	8,304	210,922	211	210,85	OK
4A	8,306	210,972	211	210,85	OK
4B	8,311	211,099	211	211,15	OK
2A'	8,305	210,934	211	210,85	OK
2B'	8,304	210,922	211	210,85	OK
αA	8,303	210,896	211	210,85	OK
αB	8,304	210,922	211	210,85	OK
σA	8,303	210,896	211	210,85	OK
σB	8,305	210,947	211	210,85	OK
TA	8,304	210,922	211	210,85	OK
TB	8,305	210,947	211	210,85	OK

Por lo tanto, los diámetros medidos con micrometro, están dentro del rango de la medición y cumple con lo requerido en la fabricación.

3.6 VERIFICACION DEL DIAMETRO CON BRAZO FARO EDGE

Para el análisis se utilizó un brazo lector de Faro, modelo Edge, el resultado de las mediciones se muestra a continuación:

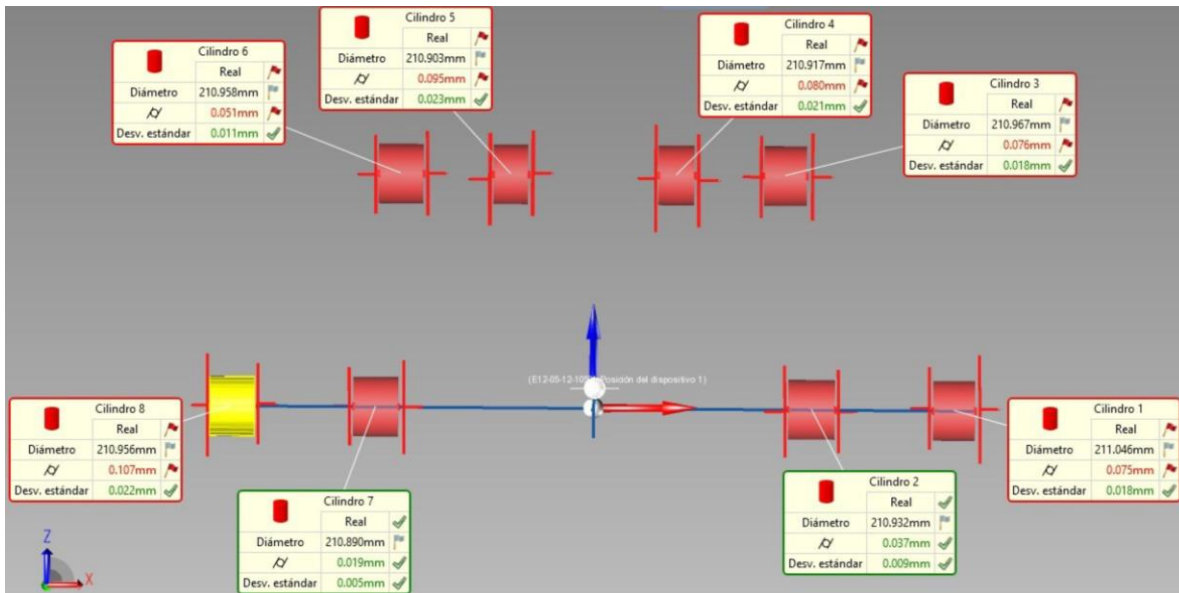


Figura N°14: Mediciones realizada al diámetro del balde con brazo Faro Edge en la Maestranza

Tabla N°2: Resultados de las mediciones realizadas con el Brazo Faro en el diámetro del balde en la Maestranza

Ubicación	Diámetro Medido [mm]	Diámetro Nominal [mm]	Rango +/- 0,15 mm	Error
Cilindro 1	211,046	211	211,15	OK
Cilindro 2	210,932	211	210,85	OK
Cilindro 3	210,967	211	210,85	OK
Cilindro 4	210,917	211	210,85	OK
Cilindro 5	210,903	211	210,85	OK
Cilindro 6	210,958	211	210,85	OK
Cilindro 7	210,890	211	210,85	OK
Cilindro 8	210,955	211	210,85	OK

Por lo tanto, los diámetros medidos con el Brazo Faro Edge están dentro del rango de la medición y cumple con lo requerido en la fabricación.

3.7 VERIFICACION DE LA CONCENTRICIDAD 4 OREJAS

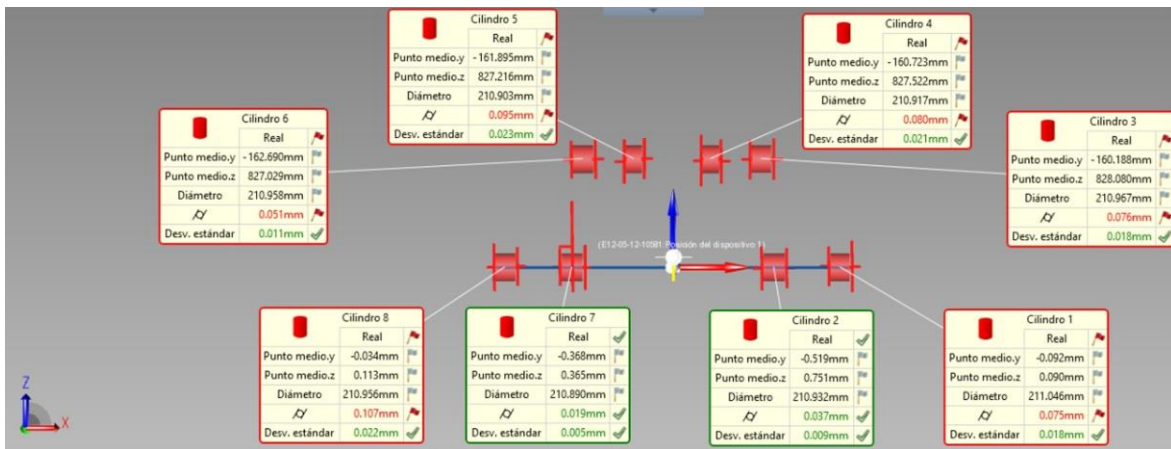


Figura N°15: Mediciones realizada a la concentricidad de las 8 perforaciones del diámetro de los pasadores del balde con brazo Faro Edge en la Maestranza

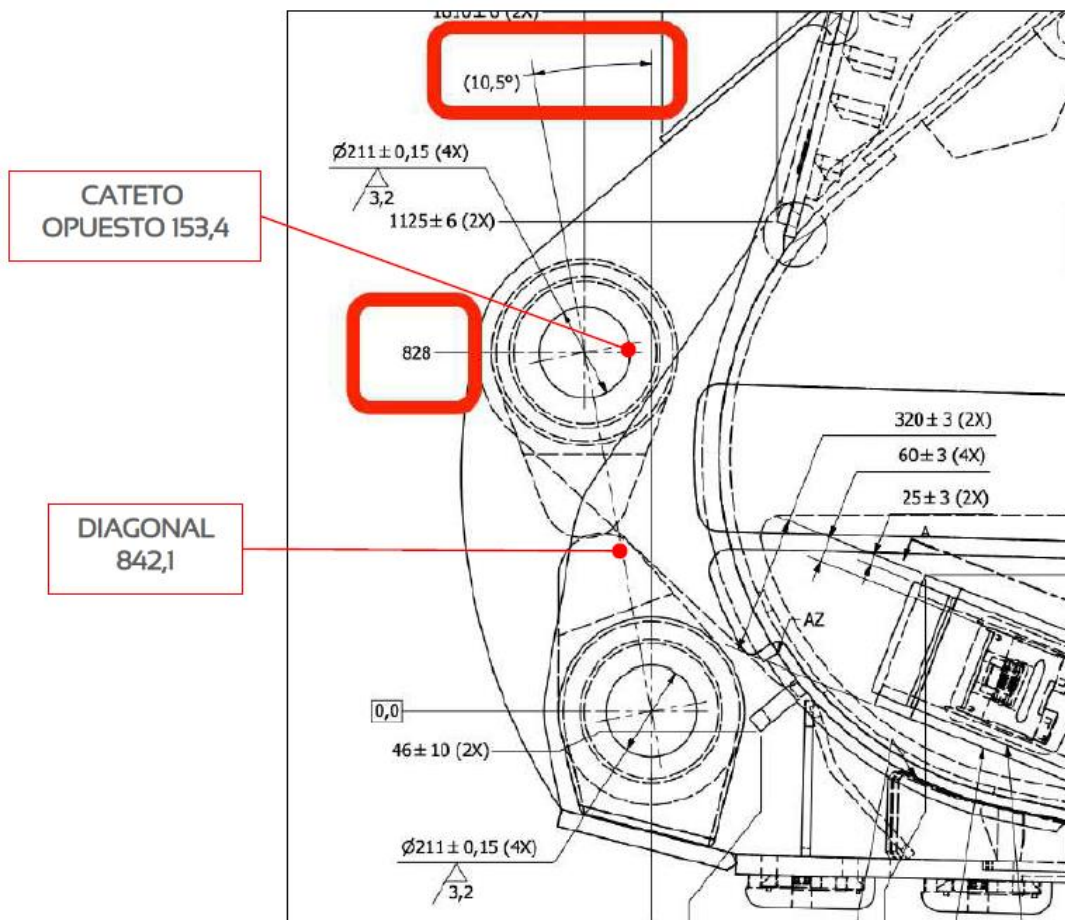


Figura N°16: Medidas del balde según planos, diagonal o hipotenusa da un valor de 842,1 mm.

Respecto a los alojamientos superiores, se observan sus coordenadas o punto medio de cada cilindro, el plano del componente solo muestra la cota vertical y su ángulo respecto al eje inferior. Con estos datos se puede calcular la coordenada nominal la cual es (153,4; 828 mm).

Debido a esto, se observan algunas diferencias en los alojamientos superiores, pero el enfoque principal debe estar puesto en la diagonal que forma el eje inferior con el superior, las cuales se asemejan bastante al valor de la diagonal nominal cuyo valor es de 842,1.

Tabla N°3: Resultados de las mediciones realizadas con el Brazo Faro en el diámetro de los mecanizados del balde en la Maestranza

Ubicación	Coordenadas	Medición [mm]	HIPOTENUSA MEDIDA [mm]	Desviacion [mm]
Por plano			842,1	
Cilindro 1	Y	-0,092		-0,09
	Z	0,09		0,09
Cilindro 2	Y	-0,519		-0,52
	Z	0,751		0,75
Cilindro 3	Y	-160,188	843,4	1,3
	Z	828,08		
Cilindro 4	Y	-160,723	843,0	0,9
	Z	827,522		
Cilindro 5	Y	-161,895	842,9	0,8
	Z	827,216		
Cilindro 6	Y	-162,69	842,9	0,8
	Z	827,029		
Cilindro 7	Y	-0,368		-0,37
	Z	0,365		0,37
Cilindro 8	Y	-0,034		-0,03
	Z	0,113		0,11

Según la Norma DIN7158 para mecanizados, todas las medidas realizadas están dentro del rango para un largo entre las 4 orejas de 2376 mm y esto es +-2 mm

Page 2 DIN 7168

3 General tolerances for linear and angular dimensions

3.1 Linear dimensions'

Table 1. Permissible deviations for linear dimensions, except for external radii and chamfer heights

Tolerance class	Permissible deviations, in mm, for nominal sizes, in mm,												
	from 0,5 ¹⁾ to 3	over 3 up to 6	over 6 up to 30	over 30 up to 120	over 120 up to 400	over 400 up to 1000	over 1000 up to 2000	over 2000 up to 4000	over 4000 up to 8000	over 8000 up to 12000	over 12000 up to 16000	over 16000 up to 20000	
f (fine)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-	-	-	-	
m (medium)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	
g (coarse)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	
sg (very coarse)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 12	

¹⁾ For nominal sizes below 0,5 mm, the deviations shall be indicated adjacent to the relevant nominal size.

3.8 VERIFICACION DE LA CONCENTRICIDAD LADO DERECHO

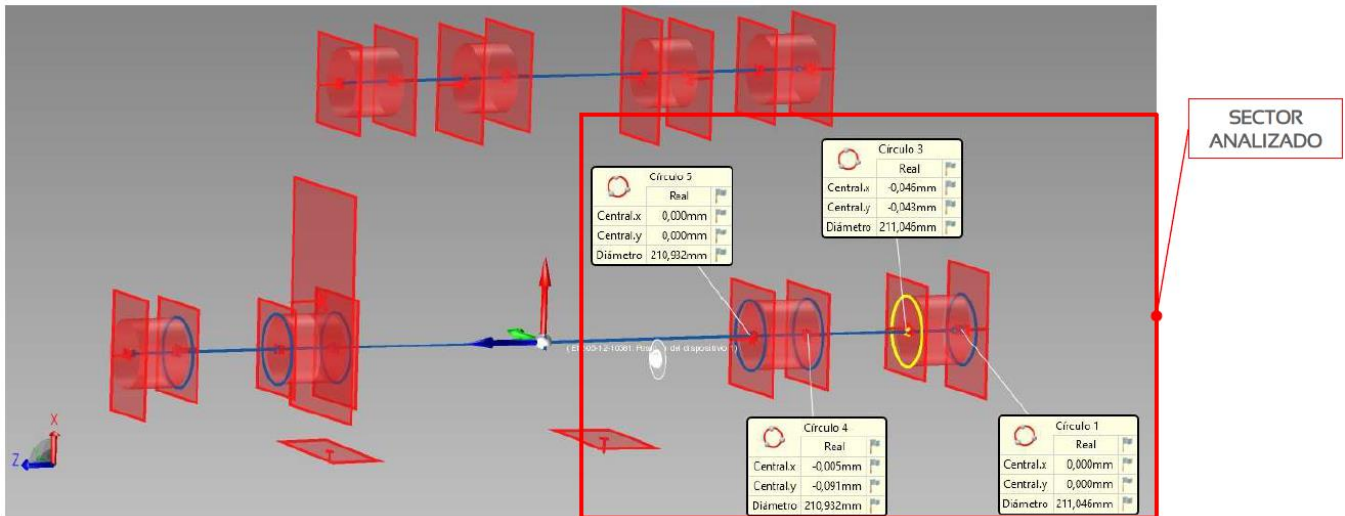


Figura N°19: Mediciones realizada a la concentricidad de las 2 perforaciones del diámetro de los pasadores lado derecho del balde en la Maestranza

Considerando que en la imagen anterior se detectaron desviaciones de 0,7 mm en el cilindro 2, el análisis mostrado en esta imagen se enfoca en cada sector donde conecta cada puño del pantógrafo, para este caso en el sector derecho la conexión.

Para ello la alineación se realizó desde cada extremo de los alojamientos destacados considerando como (0,0) los círculos 1 y 5, con esto, se observan solo desviaciones máximas de 0,09 mm.

Según norma DIN 7168 la desviación permisible es de 0,3 mm, por lo tanto, estamos en el rango permitido.

Page 2 DIN 7168

3 General tolerances for linear and angular dimensions

3.1 Linear dimensions¹⁾

Table 1. Permissible deviations for linear dimensions, except for external radii and chamfer heights

Tolerance class	Permissible deviations, in mm, for nominal sizes, in mm,											
	from 0,5 ¹⁾ to 3	over 3 up to 6	over 6 up to 30	over 30 up to 120	over 120 up to 400	over 400 up to 1000	over 1000 up to 2000	over 2000 up to 4000	over 4000 up to 8000	over 8000 up to 12000	over 12000 up to 16000	over 16000 up to 20000
f (fine)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-	-	-	-
m (medium)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6
g (coarse)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8
sg (very coarse)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 12

¹⁾ For nominal sizes below 0,5 mm, the deviations shall be indicated adjacent to the relevant nominal size.

3.9 VERIFICACION DE LA CONCENTRICIDAD LADO IZQUIERDO

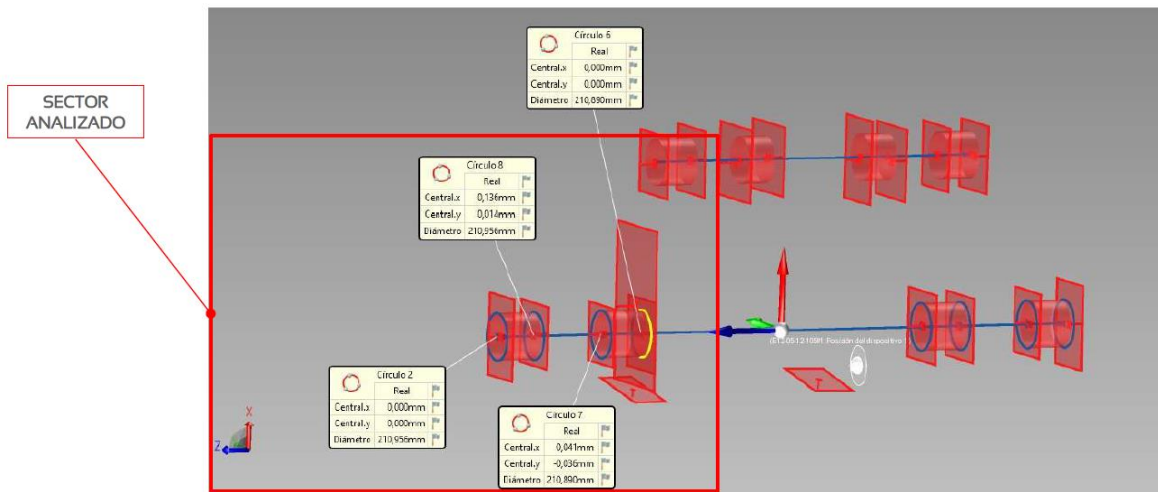


Figura N°20: Mediciones realizada a la concentricidad de las 2 perforaciones del diámetro de los pasadores lado izquierdo del balde en la Maestranza

Al igual que la imagen anterior, el análisis mostrado en esta imagen se enfoca en el sector puño izquierdo de la conexión del pantógrafo.

Para ello la alineación se realizó desde cada extremo de los alojamientos destacados considerando como (0,0) los círculos 2 y 6, con esto, se observan solo desviaciones máximas de 0,13 mm.

Según norma DIN 7168 la desviación permisible es de 0,3 mm, por lo tanto, estamos en el rango permitido.

Page 2 DIN 7168

3 General tolerances for linear and angular dimensions

3.1 Linear dimensions'

Table 1. Permissible deviations for linear dimensions, except for external radii and chamfer heights

Tolerance class	Permissible deviations, in mm, for nominal sizes, in mm,											
	from 0,5 ¹⁾ to 3	over 3 up to 6	over 6 up to 30	over 30 up to 120	over 120 up to 400	over 400 up to 1000	over 1000 up to 2000	over 2000 up to 4000	over 4000 up to 8000	over 8000 up to 12000	over 12000 up to 16000	over 16000 up to 20000
f (fine)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	-	-	-	-
m (medium)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6
g (coarse)	± 0,15	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8
sg (very coarse)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 12

¹⁾ For nominal sizes below 0,5 mm, the deviations shall be indicated adjacent to the relevant nominal size.

3.10 VERIFICACION DEL PARALELISMO

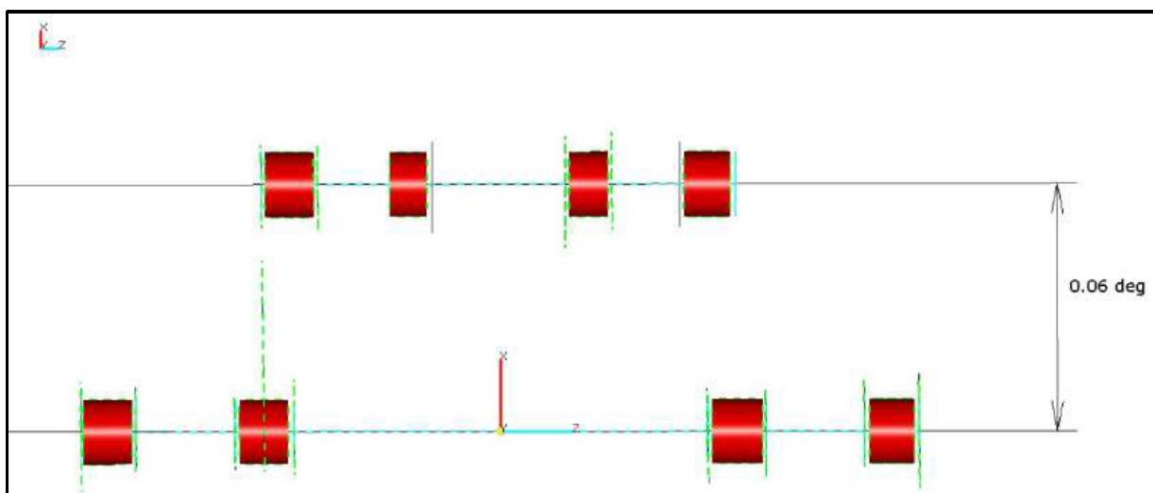


Figura N°17: Vista de elevación. En este análisis se observan desviaciones de 0,06°.

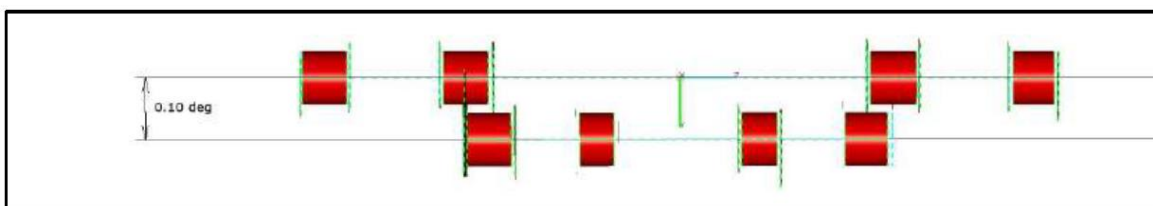


Figura N°18: Vista de planta. En este análisis se observan desviaciones de 0,01°

Tabla 3. Diferencias superiores e inferiores para medidas angulares

Grado de precisión	Diferencias en unidades de ángulo para medidas nominales del lado más corto en mm				
	hasta 10	más de 10 hasta 50	más de 50 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400
f (fino)	± 1"	± 30'	± 20'	± 10'	± 5'
m (mediano)	± 1"30'	± 50'	± 25'	± 15'	± 10'
g (basto)	± 3"	± 2"	± 1"	± 30'	± 20'

Según la Norma DIN7158 todas las medidas angulares están dentro del rango para un largo entre las 4 orejas de 2376 mm y esto es +-5' (0.08°)

3.11 VERIFICACION DEL LARGO Y ALTURA DEL BALDE

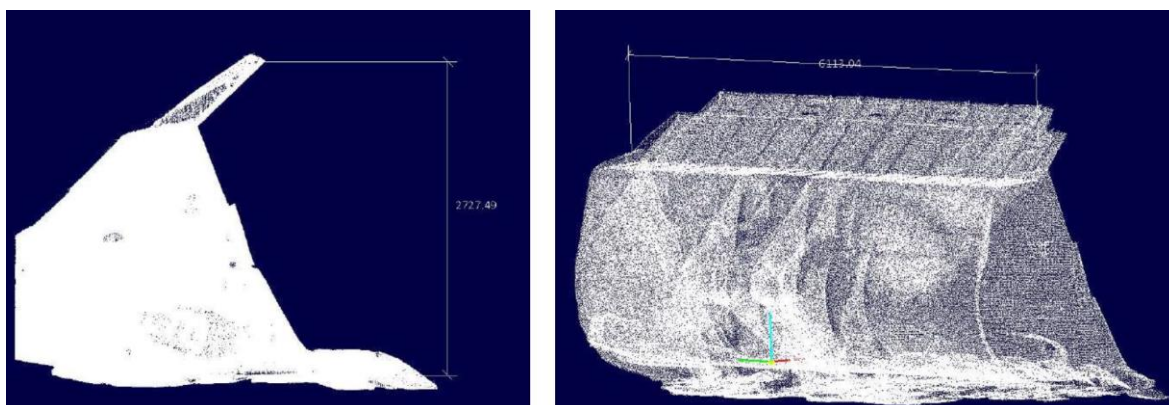


Figura N°21: Mediciones realizada balde en terreno L=6113 mm H=2727 mm

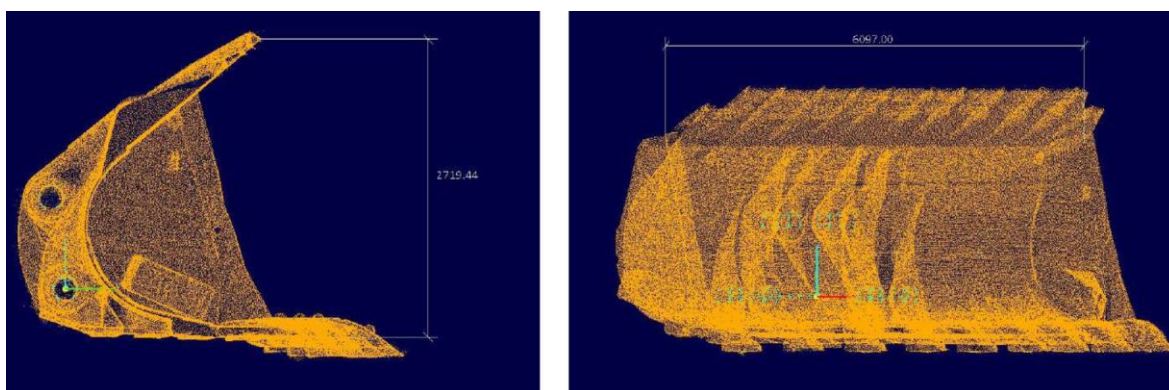


Figura N°22: Mediciones realizada balde en terreno L=6097 mm H=2719 mm

BALDE	ANCHO [mm]	ALTO [mm]
FAENA	6113,04	2727,49
MAESTRANZA	6097,00	2719,44
Diferencia	16	8

Además, se realizó una superposición entre el balde en terreno y el balde según planos de fabricación. Según los resultados el largo y la altura son similares, sin embargo, se detecta una deformación del balde, debido a su uso de 79 mm. Por lo tanto, según los planos y además de medición con flexómetro que los baldes tienen la misma altura y ancho.

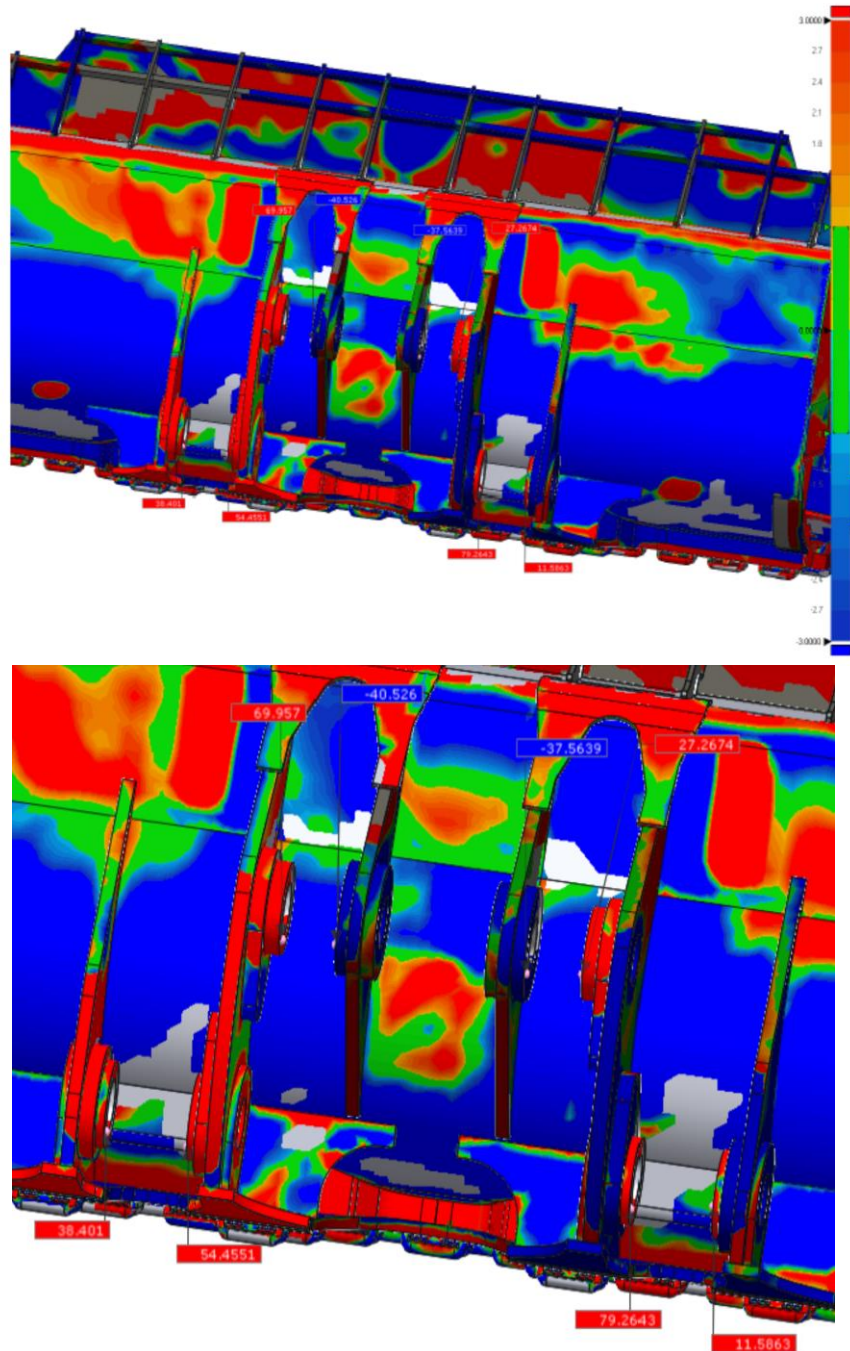


Figura N°23: Superposición del balde en terreno y el balde de Maestranza en que el resultado del largo y altura son similares.

Nombre del corte	Nombre del resultado	Tolerancia	Distancia de separación	Pos. referencia			Pos. medida		
				X	Y	Z	X	Y	Z
Comparación en 3D1: 1	Datos de resultado - 1	±1	38.401	-2598.4498	1188	397.8587	-2612.91	1159.2737	376.8745
Comparación en 3D1: 2	Datos de resultado - 1	±1	54.4551	-2603.6204	866	384.7845	-2619.5471	912.4695	361.2838
Comparación en 3D1: 3	Datos de resultado - 1	±1	69.957	-2721.2436	591	1209.0443	-2740.6431	537.8209	1167.9391
Comparación en 3D1: 4	Datos de resultado - 1	±1	-40.526	-2831.2613	368	1228.7201	-2851.0766	401.0964	1216.2969
Comparación en 3D1: 5	Datos de resultado - 1	±1	-37.5639	-2798.2426	-368	1221.9306	-2815.0507	-399.9608	1211.5845
Comparación en 3D1: 6	Datos de resultado - 1	±1	27.2674	-2798.1059	-591	1250.3182	-2814.548	-572.2034	1239.3702
Comparación en 3D1: 7	Datos de resultado - 1	±1	79.2643	-2625.5811	-866	396.6367	-2658.9458	-929.3972	362.7189
Comparación en 3D1: 8	Datos de resultado - 1	±1	11.5863	-2654.7254	-1188	454.6472	-2662.9285	-1180.6699	451.0112

Figura N°24: Superposición del balde en terreno y el balde de Maestranza en que el resultado del largo y altura son similares. Además, se muestra las mayores deformaciones del balde en terreno que fue de 79 mm.

4.0 CONCLUSIONES

Se realizaron dos levantamientos metrológicos con dos equipos de medición FARO ARMEDGE y FARO X330 al “BALDE CAT 994K” ubicada en las instalaciones de faena Mantoverde y Maestranza Antofagasta.

Se verifico que los planos de fabricación del balde coinciden con las dimensiones del Pantógrafo y Link, según las dimensiones entregadas por Caterpillar

Respecto a las dimensiones del balde en faena con respecto al balde fabricado se puede decir que son iguales en volumen. La diferencia en el largo es de 16 mm y la diferencia entre la altura varia solo en 8 mm

Se observa una desviación mínima en el paralelismo entre del eje superior e inferior, este valor angular varía desde $0,06^{\circ}$ a $0,010^{\circ}$ y está dentro del rango permisible.

La concentricidad entre alojamiento en la zona de conexión del pantógrafo, estarían dentro de tolerancia según norma DIN 7168.

Según las mediciones realizadas se concluye que el balde fabricado no tendrá interferencia durante el montaje o cambio del balde del cargador CAT 994K.

5.0 RECOMENDACIONES

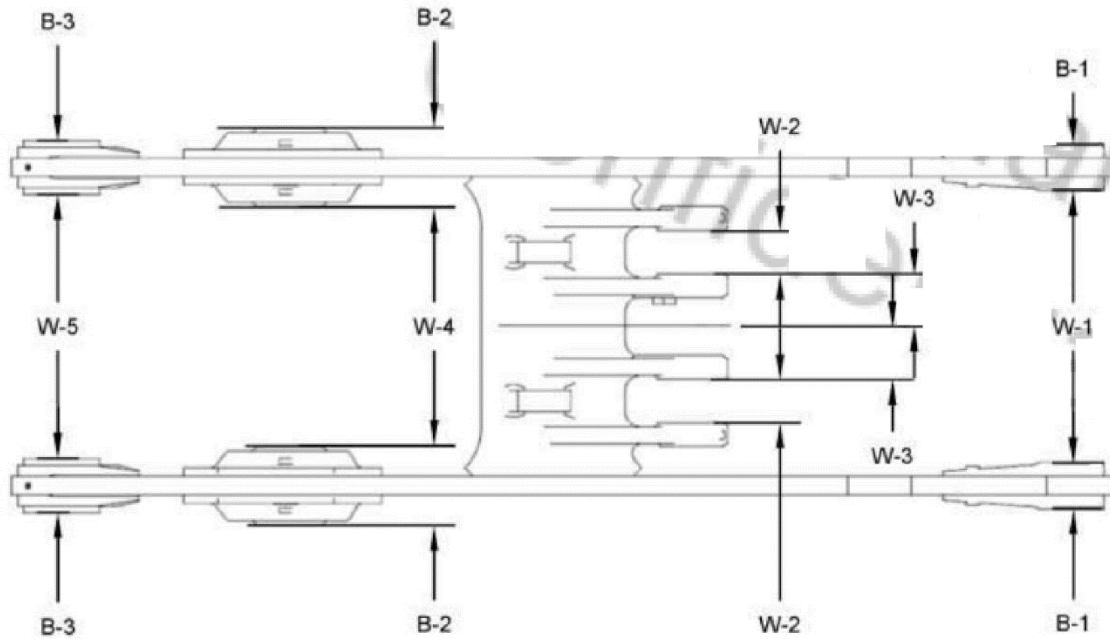
Se recomienda el cambio de los pasadores y bujes del Pantógrafo y el Link del cargador frontal CAT 994K en terreno con su respectivo levantamiento metrológico.

6.0 ANEXOS

6.1 PLANOS DEL BALDE CARGADOR CAT 994K

6.2 DIMENSIONES DEL PANTOGRAFO CARGADOR CAT 994K

Dimensions of the Lift Arm for 994K



Model	W-1	W-2	W-3	W-4	W-5	W-6	B-1	B-2	B-3
	mm (in)	mm (in)	mm (in)	mm (in)	mm (in)	mm (in)	mm (in)	mm (in)	mm (in)
	±0.05 (±0.002)	±0.05 (±0.002)	±0.05 (±0.002)	±0.05 (±0.002)	±0.05 (±0.002)	±0.05 (±0.002)	±0.05 (±0.002)	±0.05 (±0.002)	±0.05 (±0.002)
994K (STD) 572-2595	1754.00 mm (69.055 inch)	280.00 mm (11.024 inch)	340.00 mm (13.386 inch)	1544.00 mm (60.787 inch)	1704.00 mm (67.087 inch)	N/A	300.00 mm (11.811 inch)	510.00 mm (20.079 inch)	350.00 mm (13.780 inch)
994K (HL) 577-2602									

6.3 PLANOS DE LOS PASADORES Y BUJES

