

ENTREGABLE 6.1

PROYECTOS—

2023-2024

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA MEJORA DIMENSIONAL DE LAS
PIEZAS DE FABRICACIÓN ADITIVA MEDIANTE INSPECCIÓN
AUTOMATIZADA
“AURORA”**

Entregable: Desarrollo del sistema de inteligencia artificial para la detección de defectos.

Programa: Proyectos de I+D en colaboración con empresas

Número de proyecto: 22300044

Expediente: IMDEEA/2023/16

Duración: Junio 2023-Noviembre 2024

Coordinado en AIDIMME por: Olga Jordá Ferrando



AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

1	Introducción y objetivos del entregable	1
1.1	Resumen del trabajo realizado	1
2	Actividades realizadas.....	3
2.1	Identificación, selección de casos reales y fabricación de los mismos (T6.1) y medición de las piezas (T6.3).....	3
2.1.1	Introducción	3
2.1.2	Definición, diseño, fabricación y medición del demostrador	5
2.1.2.1	Demo CLINICA GIRONÉS.....	5
2.1.2.2	Demo GH ELECTROTERMIA S.A.U	10
2.1.2.3	Demo VALVER SPEED AIR S.L	16
2.1.2.4	Demo CLAM DESARROLLO S.L.....	19
2.2	Diseño y desarrollo de la arquitectura del sistema de captación, almacenamiento y análisis de datos, instanciada al caso real (T6.2)	26
2.2.1	Introducción	26
2.2.2	Desarrollo de los algoritmos de aprendizaje para desarrollo del modelo de IA.....	26
2.3	Análisis de las piezas desarrolladas mediante el sistema de inspección (T6.3).....	43
2.3.1	Introducción	43
2.3.2	Evaluación de los resultados de la medición manual de los demostradores sin los algoritmos de IA.....	43
2.3.2.1	Demo CLINICA GIRONÉS.....	43
2.3.2.2	Demo GH ELECTROTERMIA S.A.U.	49
2.3.2.3	Demo VALVER SPEED AIR S.L.	56
2.3.2.4	Demo CLAM DESARROLLO S.L.....	62
2.3.2.5	Todas las mediciones realizadas a los demostradores.....	67
2.3.3	Evaluación de los resultados de las desviaciones de los demostradores mediante el uso de los modelos de IA desarrollados	69
2.3.3.1	Introducción	69
2.3.3.2	Demo CLINICA GIRONÉS.....	71
2.3.3.3	Demo GH ELECTROTERMIA S.A.U	73
2.3.3.4	Demo VALVER SPEED AIR S.L.	76
2.3.3.5	Demo CLAM DESARROLLO S.L.....	79
2.4	Evaluación de los resultados y validación del sistema desarrollado. Conclusiones (T6.4)	81
2.4.1	Introducción	81
2.4.2	Demo CLÍNICA GIRONÉS	81
2.4.3	Demo GH ELECTROTERMIA S.A.U.	82
2.4.4	Demo VALVER SPEED AIR S.L.	84
2.4.5	Demo CLAM DESARROLLO S.L.	86
3	Resultados obtenidos	87
3.1	Identificación, selección de casos reales, fabricación y medición de los mismos...	87
3.2	Desarrollo de los algoritmos de aprendizaje para obtener modelos de IA.....	89
3.3	Análisis de las piezas demo desarrolladas.....	90

4	Conclusiones	92
5	Anexos y bibliografía	93
5.1	ANEXO 1. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE IA EN PIEZA DEMO CLÍNICA GIRONÉS	93
5.2	ANEXO 2. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE IA EN PIEZA DEMO GH ELECTROTERMIA S.A.U.....	102
5.3	ANEXO 3. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE IA EN PIEZA DEMO VALVER SPEED AIR S.L.	106
5.4	ANEXO 4. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE IA EN PIEZA DEMO CLAM DESARROLLO S.L.	115

1 Introducción y objetivos del entregable

El objetivo general del proyecto AURORA es el desarrollo de un sistema automatizado para la identificación e inspección de piezas de polímero fabricadas con tecnologías aditivas, de forma rápida, precisa y sin intervención humana para el análisis mediante inteligencia artificial de las causas de las posibles desviaciones geométricas de las piezas. Para alcanzar este objetivo se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Evaluación de las desviaciones dimensionales de las piezas poliméricas fabricadas con tecnologías aditivas de lecho de polvo en función de diferentes variables del proceso de fabricación.
- Desarrollo de un sistema automatizado de identificación de piezas capaz de captar la información característica de dichas piezas.
- Desarrollo de un sistema automatizado de inspección de las dimensiones reales de una pieza y la comparativa con las dimensiones teóricas de dicha pieza.
- Desarrollo de un sistema de inteligencia artificial capaz de correlacionar las desviaciones de los defectos dimensionales de las piezas con las variables y características intrínsecas de la misma.
- Demostración del sistema para la identificación e inspección de casos reales.

El presente entregable está relacionado con las actividades desarrolladas en el paquete de trabajo 6, “Desarrollo del sistema de inteligencia artificial para determinar el origen de los defectos. Validación del sistema”, cuyo objetivo es determinar la arquitectura genérica del sistema de IA para que sea capaz de correlacionar los defectos de las piezas con las causas que lo provocan mediante algoritmos y su validación con casos reales. Está relacionado con los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollo de un sistema de inteligencia artificial capaz de correlacionar las desviaciones de los defectos dimensionales de las piezas con las variables o características intrínsecas de la misma. Se ha correlacionado las desviaciones con la posición y orientación de fabricación de la pieza en la máquina.
- Demostración del sistema para la identificación e inspección de casos reales.

1.1 Resumen del trabajo realizado

A continuación, se muestra un resumen de las actividades técnicas del proyecto:



Ilustración 1. Resumen de las actividades técnicas del proyecto

En este paquete de trabajo se ha trabajado en los últimos pasos según el resumen de la [Ilustración 1](#), que se describen a continuación:

- A partir de los datos de las mediciones de las piezas sencillas diseñadas en el PT4, en el PT6 se ha trabajado en la definición de la arquitectura para el desarrollo del modelo de IA. El fin de utilizar estos métodos de Inteligencia Artificial es que el sistema correlacione las desviaciones dimensionales detectadas con los datos de partida introducidos, en este caso la orientación y posición de construcción de las piezas.
- Se ha diseñado y fabricado piezas demo de cada una de las empresas participantes en ciertas posiciones del volumen de fabricación.
- Se ha validado y comparado los resultados de las desviaciones dimensionales de las piezas demo con la capacidad de predicción de desviaciones del sistema desarrollado.

2 Actividades realizadas

2.1 Identificación, selección de casos reales y fabricación de los mismos (T6.1) y análisis dimensional de las piezas (T6.3)

2.1.1 Introducción

Desde el inicio del proyecto se ha contactado con las empresas colaboradoras para que conocieran el objetivo del proyecto, recibir su opinión sobre las desviaciones dimensionales como usuarias de las tecnologías de fabricación aditiva y su propuesta de pieza real demo para su uso en el proyecto AURORA. Las empresas participantes en el proyecto han sido:

- CLINICA GIRONÉS
- GH ELECTROTERMIA S.A.U
- VALVER SPEED AIR S.L.
- CLAM DESARROLLO S.L.

Tras la identificación y diseño de las piezas demo por parte de cada empresa, se han fabricado un conjunto de piezas en distintas posiciones y orientaciones dentro del volumen de fabricación. Todas las piezas han sido fabricadas en las siguientes posiciones, seleccionando posiciones representativas que mapean posiciones en XY y en Z en todo el volumen de fabricación.



	POSICIÓN Z ALTURA 1	POSICIÓN Z ALTURA 2	POSICIÓN Z ALTURA 3
POSICIÓN XY	1	2	3
POSICIÓN XY	6	4	5
POSICIÓN XY	8	9	7

*Ilustración 2. Selección de posiciones para la fabricación de los demostradores de las empresas colaboradoras.
(Fuente: elaboración propia AIDIMME)*

En cada una de las posiciones seleccionadas se consideró la fabricación de las tres

orientaciones 0, 45 y 90 grados. Cada pieza se identificó siguiendo el código establecido en el paquete de trabajo 4. A continuación, se muestra el cuadro resumen con las coordenadas de posición para su fabricación. Se han fabricado 9 posiciones y 3 orientaciones por posición. En total 27 piezas.

Tabla 1. Posiciones y orientaciones para la fabricación de los demostradores

CÓDIGO PIEZA	ORIENTACIÓN (grados)	COORDENADAS (mm)		
		X	Y	Z
00-1-1	00	4	258	0
45-1-1	45	4	258	0
90-1-1	90	4	258	0
00-2-2	00	4	135	160
45-2-2	45	4	135	160
90-2-2	90	4	135	160
00-3-3	00	4	4	285
45-3-3	45	4	4	285
90-3-3	90	4	4	285
00-4-2	00	140	258	160
45-4-2	45	140	258	160
90-4-2	90	140	258	160
00-5-3	00	140	135	285
45-5-3	45	140	135	285
90-5-3	90	140	135	285
00-6-1	00	140	4	0
45-6-1	45	140	4	0
90-6-1	90	140	4	0
00-7-3	00	285	258	285
45-7-3	45	285	258	285
90-7-3	90	285	258	285
00-8-1	00	285	135	0
45-8-1	45	285	135	0
90-8-1	90	285	135	0
00-9-2	00	285	4	160
45-9-2	45	285	4	160
90-9-2	90	285	4	160

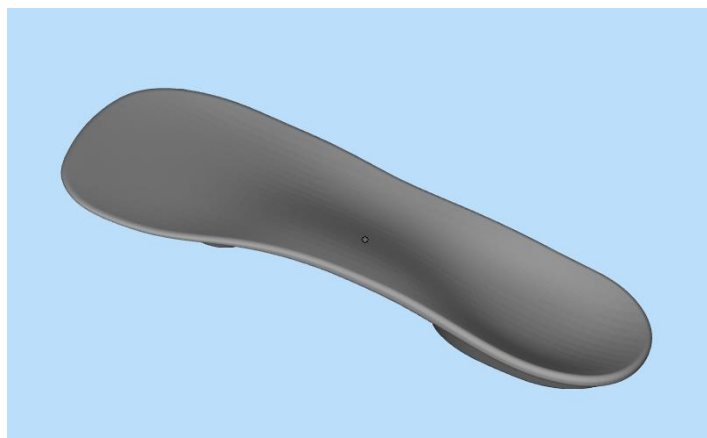
Como el sistema de visión artificial utilizado en el proyecto no tiene la resolución

requerida para la medición, tal y como se ha comentado en el Entregable 4.1, se midieron manualmente las piezas demo fabricadas de cada una de las empresas colaboradoras.

2.1.2 Definición, diseño, fabricación y medición del demostrador

2.1.2.1 Demo CLÍNICA GIRONÉS

Clínica podológica ubicada en Valencia que ofrece servicios de podología que van desde estudios biomecánicos especializados en la pisada hasta prácticas quiropodológicas habituales. Usuario de tecnologías de fabricación aditiva para el desarrollo de plantillas. Para el desarrollo del proyecto, la empresa Clínica Gironés ha diseñado una plantilla específica, con medidas similares a las piezas sencillas utilizadas para el desarrollo de los algoritmos de aprendizaje con una longitud de plantilla en torno a 70 mm. Dadas las pequeñas dimensiones de la plantilla, además se fabricó una plantilla de mayores dimensiones realizando un escalado del fichero. De este modo a la hora de la validación se disponía de más información, comparando una pieza demo de dimensiones similares a las que se usaron para desarrollar los algoritmos y otra de mayores dimensiones.



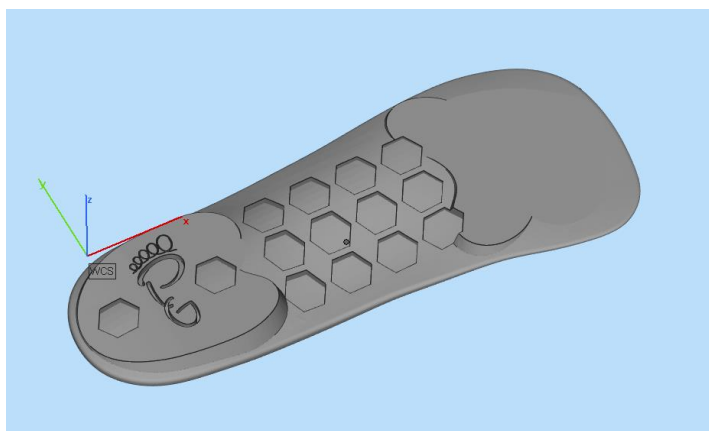


Ilustración 3. Diseño demo CLINICA GIRONÉS

Una vez la empresa le envió el diseño definitivo de las plantillas a AIDIMME, se realizó el escalado de la misma y se codificaron todos los ficheros. Tras la codificación se preparó la fabricación colocando correctamente cada una de las piezas en la orientación y posición adecuada siguiendo las coordenadas de la Tabla 1.

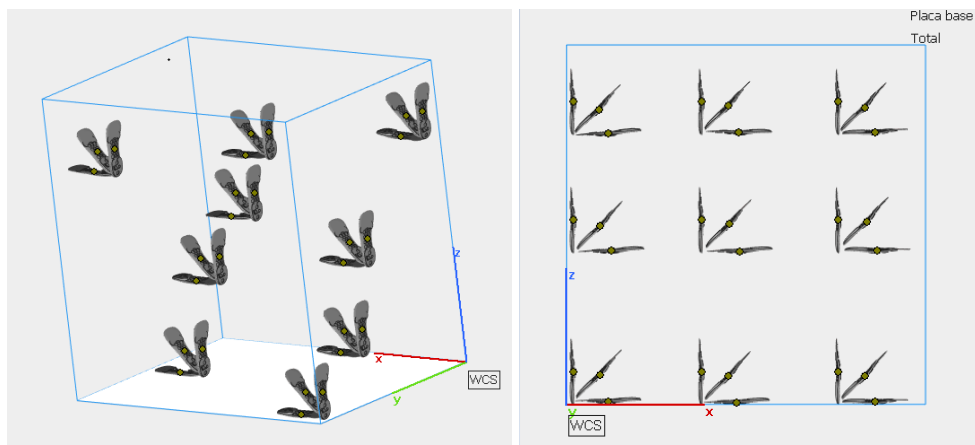


Ilustración 4. Demo Clínica Gironés plantilla. Preparación de la fabricación. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

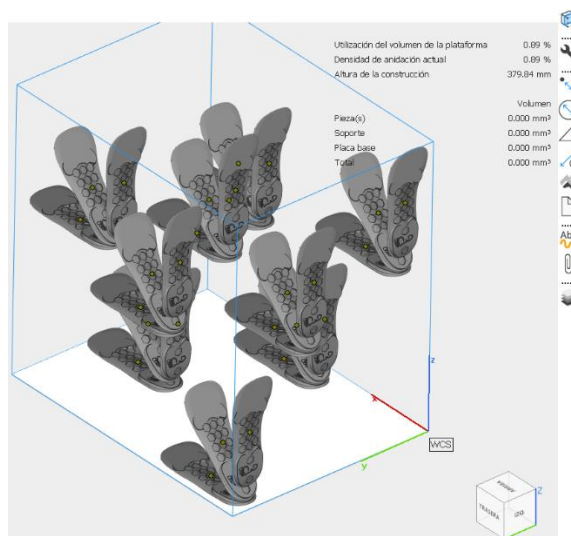


Ilustración 5. Demo Clínica Gironés plantilla doble. Preparación de la fabricación. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Se fabricaron 27 plantillas pequeñas y 27 plantillas dobles, en total 54 plantilla. A continuación, se muestran imágenes de las plantillas fabricadas codificadas.





Ilustración 6. Demo Clínica Gironés. Plantillas fabricadas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

A continuación, se muestra las cotas medidas en las plantillas y los resultados de la medición de todas las piezas fabricadas en la tarea 6.1.

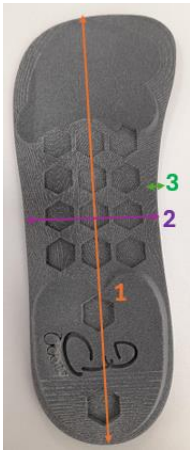


Ilustración 7. Cotas medidas en la plantilla. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 2.Demo CLINICA GIRONÉS. Medición plantilla

PLANTILLA									
CÓDIGO PIEZA	Orientación	Posicion XY	Altura (Z)	teórica 1	medida 1	teórica 2	medida 2	teórica 3	medida 3
00-1-1	00	1	1	69,8	69,8	21,4	21,71	1,25	1,32
45-1-1	45	1	1	69,8	69,8	21,4	21,55	1,25	1,24
90-1-1	90	1	1	69,8	70,04	21,4	21,44	1,25	1,26
00-2-2	00	2	2	69,8	69,58	21,4	21,66	1,25	1,29
45-2-2	45	2	2	69,8	70,19	21,4	21,68	1,25	1,3
90-2-2	90	2	2	69,8	70,43	21,4	21,52	1,25	1,25
00-3-3	00	3	3	69,8	69,65	21,4	21,62	1,25	1,3
45-3-3	45	3	3	69,8	70,46	21,4	21,59	1,25	1,22
90-3-3	90	3	3	69,8	71,14	21,4	21,52	1,25	1,21
00-4-2	00	4	2	69,8	69,76	21,4	21,78	1,25	1,3
45-4-2	45	4	2	69,8	69,97	21,4	21,44	1,25	1,25
90-4-2	90	4	2	69,8	70,28	21,4	21,4	1,25	1,26
00-5-3	00	5	3	69,8	69,44	21,4	21,67	1,25	1,29
45-5-3	45	5	3	69,8	70	21,4	21,51	1,25	1,4
90-5-3	90	5	3	69,8	70,3	21,4	21,51	1,25	1,31
00-6-1	00	6	1	69,8	69,5	21,4	21,5	1,25	1,28
45-6-1	45	6	1	69,8	69,72	21,4	21,52	1,25	1,24
90-6-1	90	6	1	69,8	69,96	21,4	21,37	1,25	1,17
00-7-3	00	7	3	69,8	69,56	21,4	21,53	1,25	1,28
45-7-3	45	7	3	69,8	70,08	21,4	21,62	1,25	1,29
90-7-3	90	7	3	69,8	70,42	21,4	21,44	1,25	1,29
00-8-1	00	8	1	69,8	69,41	21,4	21,77	1,25	1,37
45-8-1	45	8	1	69,8	69,72	21,4	21,58	1,25	1,34
90-8-1	90	8	1	69,8	69,86	21,4	21,65	1,25	1,34
00-9-2	00	9	2	69,8	69,52	21,4	21,5	1,25	1,24
45-9-2	45	9	2	69,8	70,03	21,4	21,54	1,25	1,22
90-9-2	90	9	2	69,8	70,21	21,4	21,46	1,25	1,19

Tabla 3. Demo CLINICA GIRONÉS. Medición plantilla doble

PLANTILLA DOBLE									
CÓDIGO PIEZA	Orientación	Posicion XY	Altura (Z)	teórica 1	medida 1	teórica 2	medida 2	teórica 3	medida 3
00-1-1	00	1	1	140	139,77	42,98	41,9	2,54	2,7
45-1-1	45	1	1	140	139,78	42,98	41,88	2,54	2,61
90-1-1	90	1	1	140	141,04	42,98	42,87	2,54	2,71
00-2-2	00	2	2	140	139,78	42,98	43,12	2,54	2,7
45-2-2	45	2	2	140	139,89	42,98	43,02	2,54	2,7
90-2-2	90	2	2	140	140,66	42,98	41,82	2,54	2,7
00-3-3	00	3	3	140	139,77	42,98	41,73	2,54	2,61
45-3-3	45	3	3	140	139,98	42,98	42,91	2,54	2,6
90-3-3	90	3	3	140	141,57	42,98	41,89	2,54	2,54
00-4-2	00	4	2	140	139,74	42,98	42,24	2,54	2,72
45-4-2	45	4	2	140	139,84	42,98	41,83	2,54	2,63
90-4-2	90	4	2	140	140,6	42,98	41,97	2,54	2,69
00-5-3	00	5	3	140	139,69	42,98	41,82	2,54	2,64
45-5-3	45	5	3	140	139,64	42,98	41,63	2,54	2,6
90-5-3	90	5	3	140	140,5	42,98	42,91	2,54	2,69
00-6-1	00	6	1	140	139,69	42,98	43,11	2,54	2,64
45-6-1	45	6	1	140	139,8	42,98	41,7	2,54	2,51
90-6-1	90	6	1	140	140,56	42,98	42,1	2,54	2,62
00-7-3	00	7	3	140	139,65	42,98	41,76	2,54	2,74
45-7-3	45	7	3	140	139,78	42,98	42,95	2,54	2,57
90-7-3	90	7	3	140	140,76	42,98	43,01	2,54	2,65
00-8-1	00	8	1	140	139,81	42,98	43,18	2,54	2,67
45-8-1	45	8	1	140	139,68	42,98	43,05	2,54	2,63
90-8-1	90	8	1	140	140,23	42,98	43	2,54	2,67
00-9-2	00	9	2	140	139,67	42,98	42,94	2,54	2,54
45-9-2	45	9	2	140	139,89	42,98	43,1	2,54	2,59
90-9-2	90	9	2	140	140,68	42,98	42,13	2,54	2,62

2.1.2.2 Demo GH ELECTROTERMIA S.A.U

Empresa dedicada al desarrollo y fabricación de equipos industriales para calentamiento por inducción. Tiene una larga experiencia como usuario de tecnologías de fabricación aditiva tanto en polímero como en metal. En el caso de los polímeros fabrica piezas de alta complejidad cuya misión es reducir la elevada temperatura de las piezas metálicas sobre las que se aplica la inducción mediante la pulverización de agua. En el proyecto, la empresa ha diseñado una pieza sencilla, una brida que tiene un mayor espesor respecto a las piezas utilizadas para el algoritmo de aprendizaje de la IA de este modo se validó el alcance del modelo de IA con otros espesores de pieza.

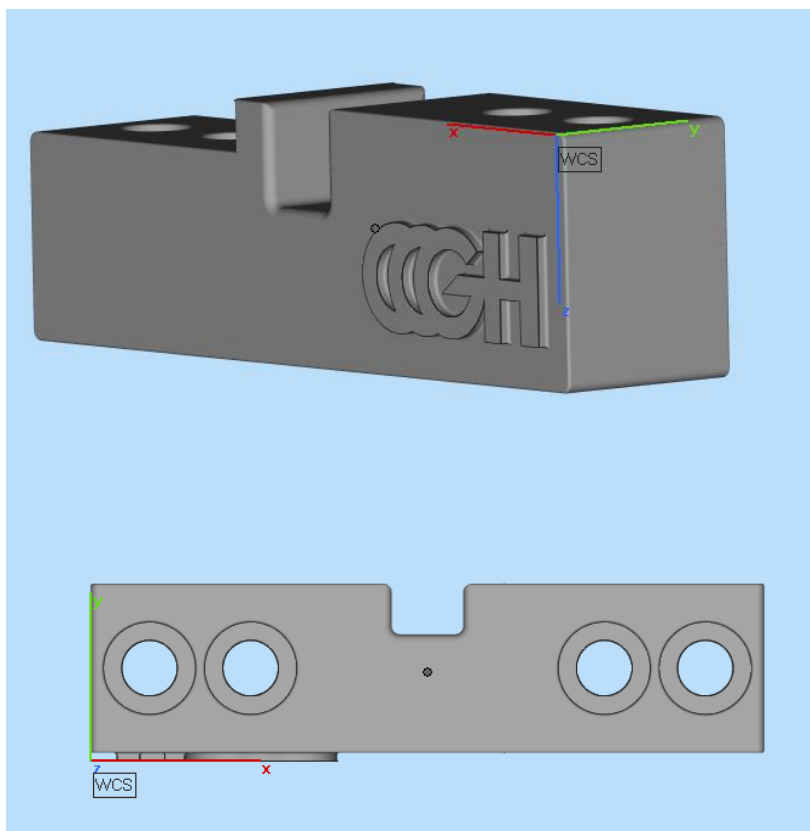


Ilustración 8. Diseño demo GH ELECTROTERMIA

Una vez la empresa le envió a AIDIMME el diseño definitivo de la pieza, se codificaron todos los ficheros. Tras la codificación se preparó la fabricación colocando correctamente cada una de las piezas en la orientación y posición adecuada siguiendo las coordenadas de la Tabla 1.

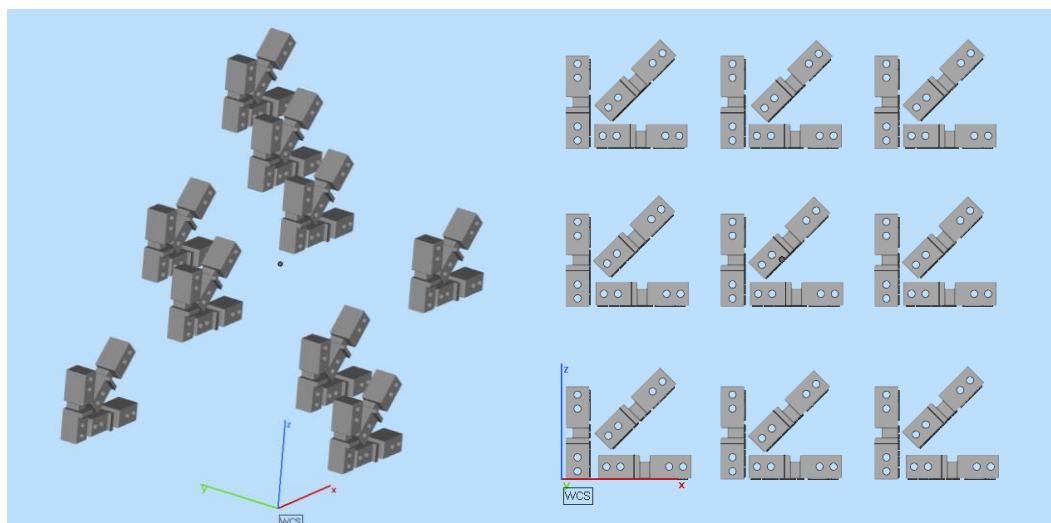


Ilustración 9. Demo GH ELECTROTERMIA. Preparación de la fabricación. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Se fabricaron 27 piezas. A continuación, se muestran imágenes de las piezas fabricadas codificadas.



Ilustración 10. Demo GH Electrotermia. Piezas fabricadas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

A continuación, se muestra las cotas medidas en la pieza y los resultados de la medición de todas las piezas fabricadas en la tarea 6.1.

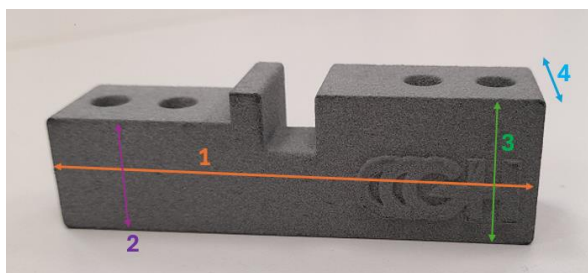


Ilustración 11. Cotas medidas en el demo de GH Electrotermia. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 4. Demo GH ELECTROTERMIA. Medición pieza

CÓDIGO PIEZA	Orientación	Posicion XY	Altura (Z)	teórica 1	medida 1	teórica 2	medida 2	teórica 3	medida 3	teórica 4	medida 4
00-1-1	00	1	1	80	79,9	20	19,99	25	25,02	20	19,96
45-1-1	45	1	1	80	80,13	20	20,05	25	24,99	20	20,17
90-1-1	90	1	1	80	80,04	20	20,02	25	24,99	20	20,06
00-2-2	00	2	2	80	80,05	20	20,1	25	25,12	20	20,06
45-2-2	45	2	2	80	80,25	20	20,14	25	25,16	20	20,14
90-2-2	90	2	2	80	80,48	20	20,07	25	25,07	20	20,16
00-3-3	00	3	3	80	79,95	20	19,99	25	25,01	20	20,16
45-3-3	45	3	3	80	79,86	20	20,05	25	19,96	20	19,93
90-3-3	90	3	3	80	81,02	20	20,01	25	25,01	20	19,95
00-4-2	00	4	2	80	79,93	20	20,01	25	25,05	20	20,07
45-4-2	45	4	2	80	80,26	20	20,06	25	25,06	20	20,12
90-4-2	90	4	2	80	80,58	20	19,96	25	24,98	20	20,06
00-5-3	00	5	3	80	80,03	20	20,03	25	25,14	20	20,13
45-5-3	45	5	3	80	79,85	20	20,15	25	25,02	20	20,16
90-5-3	90	5	3	80	79,82	20	20,16	25	25,12	20	20,16
00-6-1	00	6	1	80	79,96	20	20	25	25	20	19,98
45-6-1	45	6	1	80	80,04	20	20,02	25	25	20	20
90-6-1	90	6	1	80	80,1	20	19,98	25	24,96	20	19,95
00-7-3	00	7	3	80	79,93	20	20,06	25	25,04	20	20,31
45-7-3	45	7	3	80	80	20	20,14	25	25,13	20	20
90-7-3	90	7	3	80	79,99	20	20,16	25	25,04	20	20,06
00-8-1	00	8	1	80	80,1	20	20,19	25	25,15	20	20,07
45-8-1	45	8	1	80	80,16	20	20,15	25	25,15	20	20,13
90-8-1	90	8	1	80	80,03	20	20,17	25	25,13	20	20,11
00-9-2	00	9	2	80	79,79	20	20,01	25	25,07	20	20,09
45-9-2	45	9	2	80	80,18	20	20,06	25	25,06	20	20,1
90-9-2	90	9	2	80	80,36	20	20,01	25	25,03	20	19,97

Además de la brida, la empresa GH ELECTROTERMIA incluyó para el estudio dimensional una carcasa de grandes dimensiones (305 x 350 mm) tal y como muestra la siguiente ilustración.

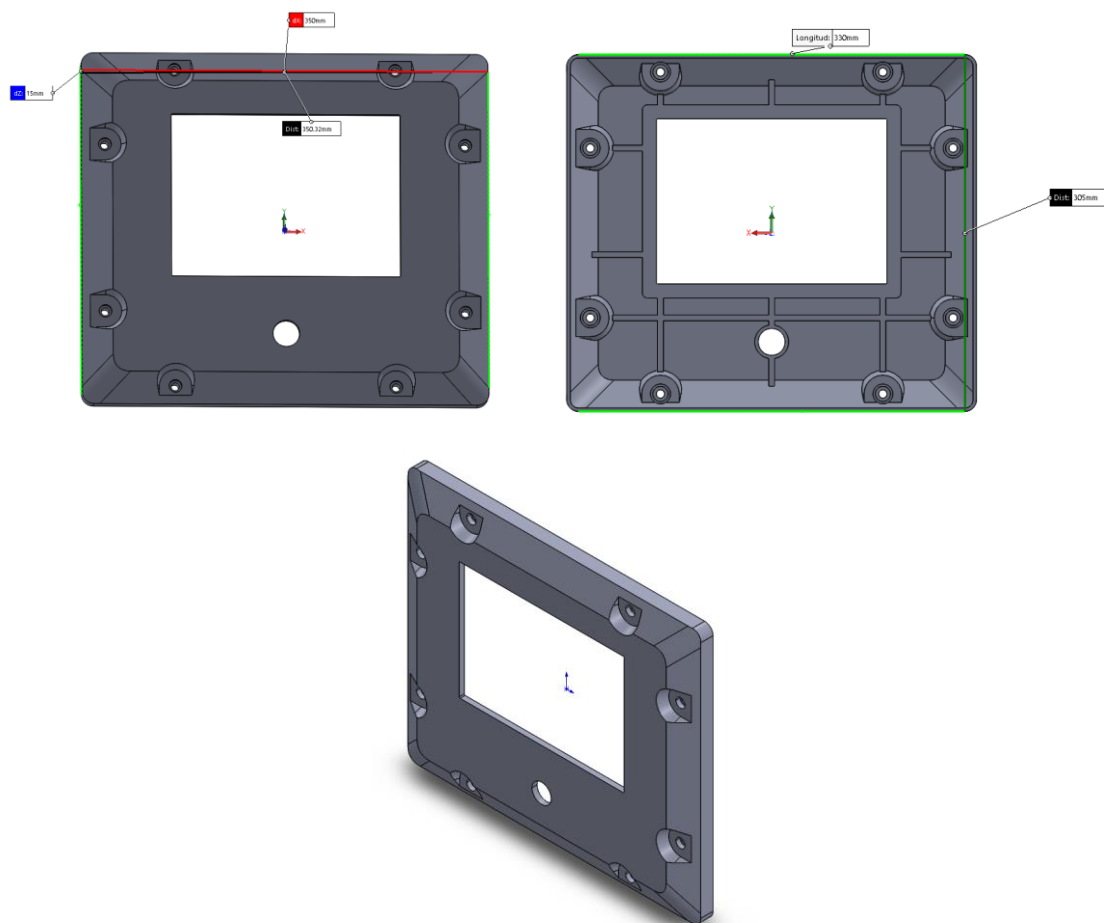
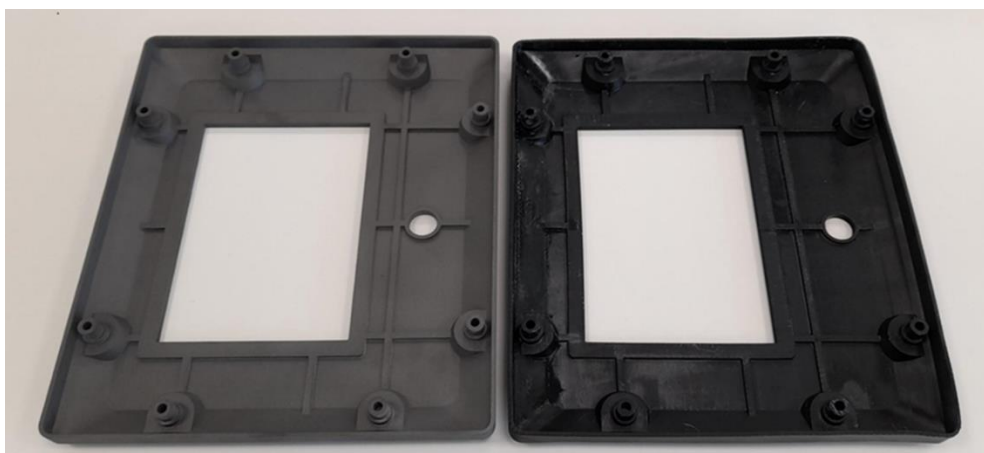


Ilustración 12. Demo GH Electrotermia. Diseño carcasa

Además de fabricarla con la tecnología de lecho de polvo de polímero, la máquina MJF HP 5200 , también se fabricó con la tecnología Liquid Crystal Display, Photocentric Liquid Cristal Magma (VPP-LED/P) con una resina que se denomina Hard, obteniendo las siguientes piezas:



Poliamida 12
Máquina MJF HP 5200

Resina Hard
Máquina Photocentric Liquid
Cristal Magma

Ilustración 13. Ilustración 14. Demo GH Electrotermia. Carcasa. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

A continuación se muestra las medidas de la carcasa.

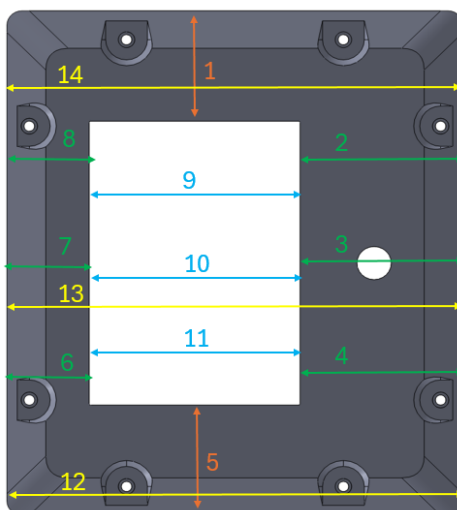


Ilustración 15 Cotas medidas en el demo de GH Electrotermia carcasa. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 5. Demo GH carcasa. Medición pieza

	DIMENSIÓN TEÓRICA (mm)	DIMENSIÓN Poliamida 12 Máquina MJF HP 5200 (mm)	DIMENSIÓN Resina Hard Máquina Photocentric Liquid Cristal Magma (mm)
COTA 1	76,5	76,65	76,14
COTA 2	109	109,79	109,98
COTA 3	109	109,45	112,12
COTA 4	109	109,71	112,21
COTA 5	76,5	76,34	75,89
COTA 6	55	55,18	56,33
COTA 7	55	55,36	58,29
COTA 8	55	55,07	57,02
COTA 9	141	141,51	140,91
COTA 10	141	141,2	140,15
COTA 11	141	141,2	141,16
COTA 12	305	306,21	308,75
COTA 13	305	305,65	310,52
COTA 14	305	306,26	307,93

2.1.2.3 Demo VALVER SPEED AIR S.L

Empresa usuaria habitual de tecnologías aditiva tanto en polímero como en metal para el desarrollo de boquillas para pistolas de pintura así como otros elementos de dichas pistolas. Las piezas producidas por VALVER tienen una alta complejidad geométrica y presentan aspectos que deben cumplir cierta repetibilidad dimensional. La empresa ha propuesto el diseño de un elemento que debe encajar en otra pieza puesto que son los apoyos de una pieza tipo aro. Por lo tanto, debía tener una correcta dimensión geométrica para asegurar el correcto encaje de las piezas.

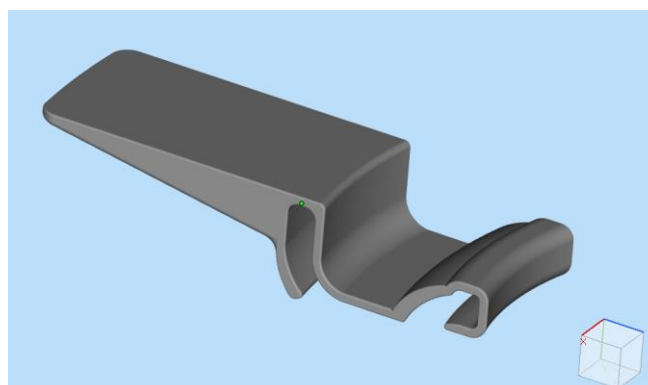


Ilustración 16. Diseño demo VALVER SPEED AIR

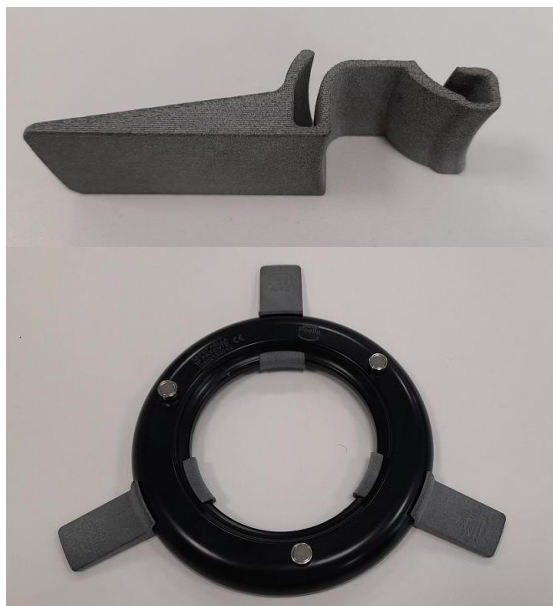


Ilustración 17. Demo VALVER SPEED AIR. Comprobación del funcionamiento de la pieza. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Una vez AIDIMME tuvo el diseño definitivo de la pieza, se codificaron todos los ficheros. Tras la codificación se preparó la fabricación colocando correctamente cada una de las piezas en la orientación y posición adecuada siguiendo las coordenadas de la Tabla 1.

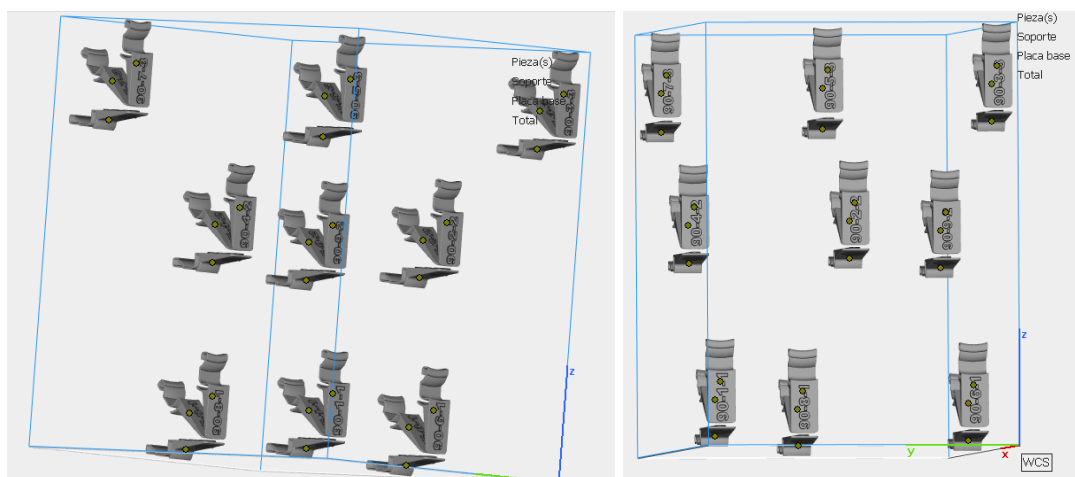


Ilustración 18. Demo VALVER SPEED AIR. Preparación de la fabricación. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Se fabricaron 27 piezas. A continuación, se muestra una imagen de las piezas fabricadas codificadas.



Ilustración 19. Demo VALVER SPEED AIR. Piezas fabricadas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

A continuación, se muestra las cotas medidas en la pieza y los resultados de la medición de todas las piezas fabricadas en el tarea 6.1, así como si encaja correctamente con el aro donde se colocan estas piezas (ver Ilustración 17).

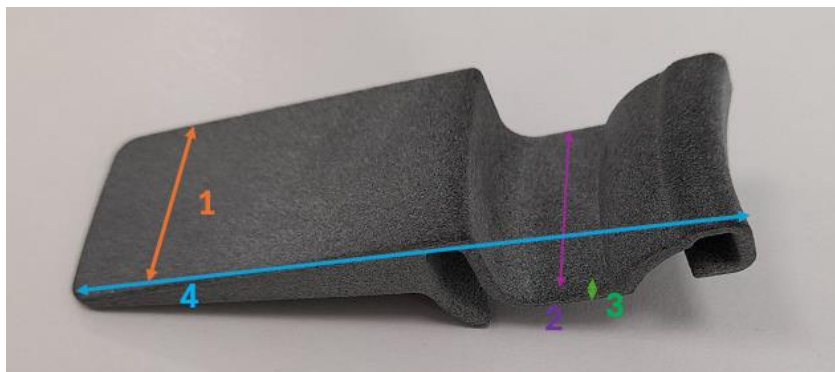


Ilustración 20. Cotas medidas en el demo de VALVER SPEED AIR. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 6. Demo VALVER SPEED AIR. Medición pieza y comprobación del funcionamiento

CÓDIGO PIEZA	Orientación	Posición XY	Altura (Z)	teórica 1	medida 1	teórica 2	medida 2	teórica 3	medida 3	teórica 4	medida 4	ENCAJE CON ARO	FORZADO
00-1-1	00	1	1	25	25,1	25	25,02	1,5	1,6	75,2	76	SI	NO
45-1-1	45	1	1	25	25,04	25	24,97	1,5	1,55	75,2	76,39	SI	NO
90-1-1	90	1	1	25	25	25	24,93	1,5	1,52	75,2	76,77	SI	NO
00-2-2	00	2	2	25	25,22	25	25,17	1,5	1,64	75,2	76,26	SI	SI
45-2-2	45	2	2	25	25,13	25	25,11	1,5	1,57	75,2	76,51	SI	SI
90-2-2	90	2	2	25	25,12	25	25,04	1,5	1,53	75,2	76,24	SI	NO
00-3-3	00	3	3	25	25,11	25	25,05	1,5	1,52	75,2	76,14	SI	SI
45-3-3	45	3	3	25	25,09	25	24,97	1,5	1,48	75,2	77,03	SI	NO
90-3-3	90	3	3	25	25,1	25	24,97	1,5	1,49	75,2	77,01	SI	NO
00-4-2	00	4	2	25	25,07	25	24,98	1,5	1,59	75,2	76,02	SI	NO
45-4-2	45	4	2	25	25,08	25	24,98	1,5	1,53	75,2	75,64	SI	NO
90-4-2	90	4	2	25	25,06	25	24,99	1,5	1,5	75,2	76,61	SI	NO
00-5-3	00	5	3	25	25,19	25	25,09	1,5	1,64	75,2	76,65	SI	SI
45-5-3	45	5	3	25	25,2	25	25,12	1,5	1,57	75,2	76,65	SI	NO
90-5-3	90	5	3	25	25,17	25	25,19	1,5	1,61	75,2	76,94	SI	NO
00-6-1	00	6	1	25	25,08	25	25,04	1,5	1,53	75,2	76,13	SI	SI
45-6-1	45	6	1	25	25,05	25	24,98	1,5	1,46	75,2	75,95	SI	NO
90-6-1	90	6	1	25	25,05	25	24,93	1,5	1,47	75,2	76,3	SI	NO
00-7-3	00	7	3	25	25,16	25	25,02	1,5	1,63	75,2	75,99	SI	SI
45-7-3	45	7	3	25	25,07	25	24,99	1,5	1,55	75,2	76,14	SI	NO
90-7-3	90	7	3	25	25,1	25	25,06	1,5	1,6	75,2	77,09	SI	NO
00-8-1	00	8	1	25	25,27	25	25,14	1,5	1,72	75,2	76,28	SI	SI
45-8-1	45	8	1	25	25,16	25	25,03	1,5	1,61	75,2	76,39	SI	SI
90-8-1	90	8	1	25	25,15	25	25,06	1,5	1,58	75,2	76,13	SI	SI
00-9-2	00	9	2	25	25,07	25	25,09	1,5	1,54	75,2	76,06	SI	NO
45-9-2	45	9	2	25	25,06	25	24,99	1,5	1,47	75,2	76,11	SI	NO
90-9-2	90	9	2	25	25,06	25	25,07	1,5	1,49	75,2	76,32	SI	NO

2.1.2.4 Demo CLAM DESARROLLO S.L.

Empresa con base tecnológica especializada en el desarrollo de productos y servicios innovadores aplicados a la industria. Destina la totalidad de sus recursos y esfuerzos a potenciar el I+D+i como gran línea estratégica de trabajo. Desde el año 2020 CLAM DESARROLLO ha dedicado parte de sus recursos en el desarrollo de materiales para tecnologías de fabricación aditiva para el procesado de polímeros termoplásticos. La empresa ha aportado el diseño de un panel decorativo modular, las piezas se pueden ensamblar unas con otras para obtener la pieza final deseada. Este demostrador implica unas dimensiones mayores de las utilizadas en las piezas para el aprendizaje del modelo de IA y además las piezas deben encajar entre sí, motivo por el cual es importante el control de las desviaciones dimensionales.

AIDIMME y la empresa CLAM han trabajado juntas planteando varias alternativas de diseño: Las dimensiones básicas de cada módulo son aproximadamente 78 mm de ancho x 120 mm de alto. Las piezas están en un plano recto (no curvo) para la correcta medición.

Esquema de cómo se ensamblan las dos piezas:

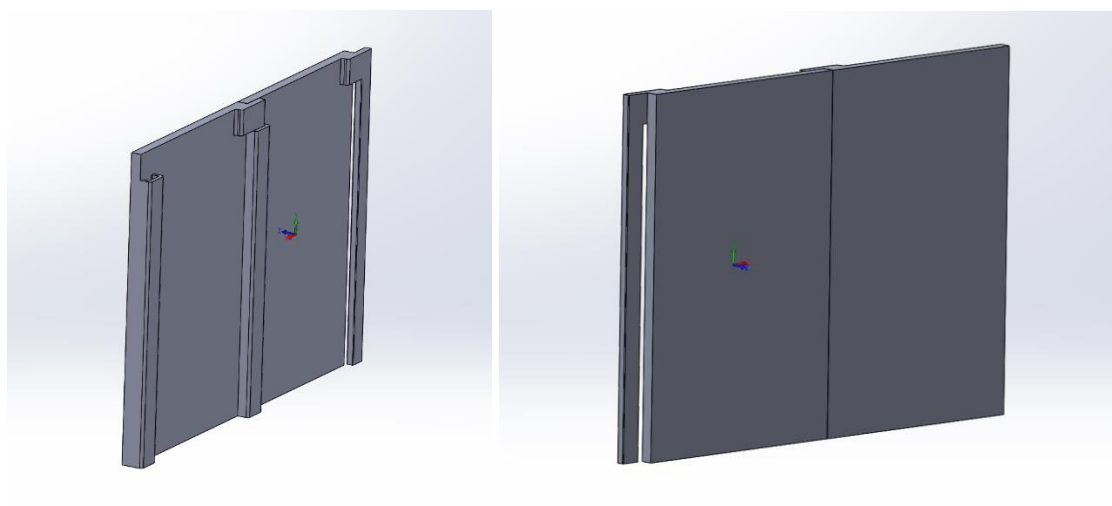


Ilustración 21. Demo CLAM DESARROLLO. Diseño del ensamblaje de las piezas

Se consideraron varias alternativas de diseño:

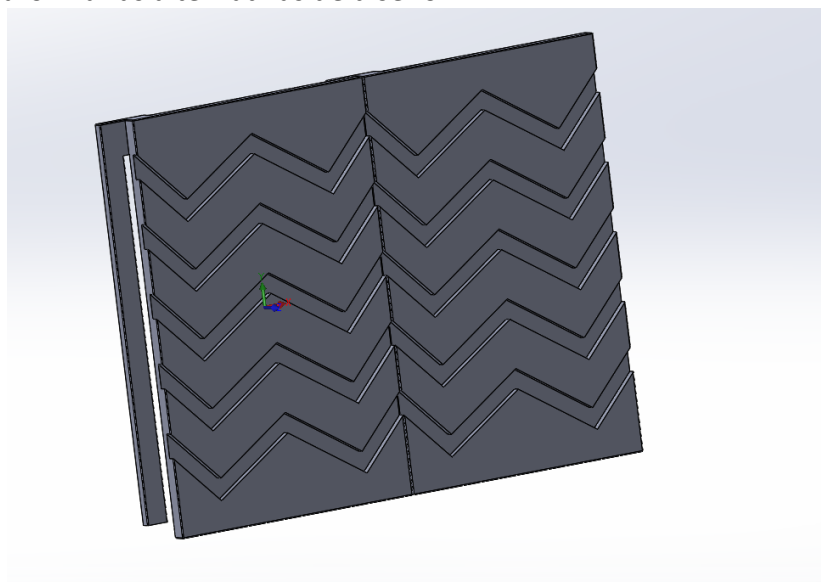


Ilustración 22. Demo CLAM DESARROLLO. Diseño opción 1

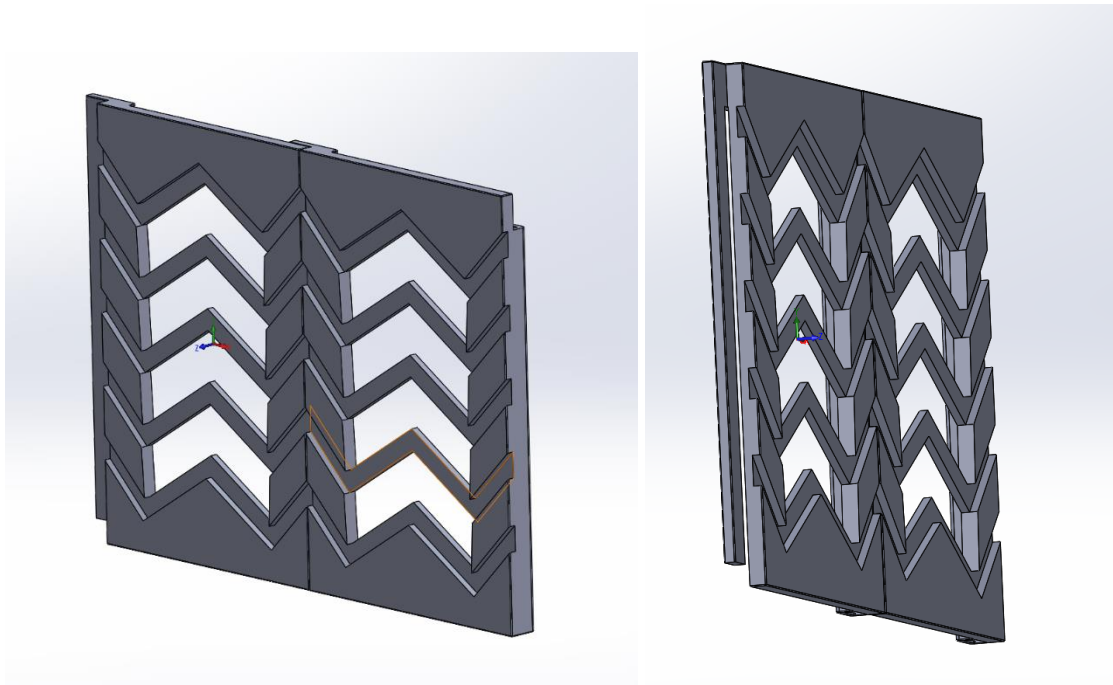


Ilustración 23. Demo CLAM DESARROLLO. Diseño opción 2

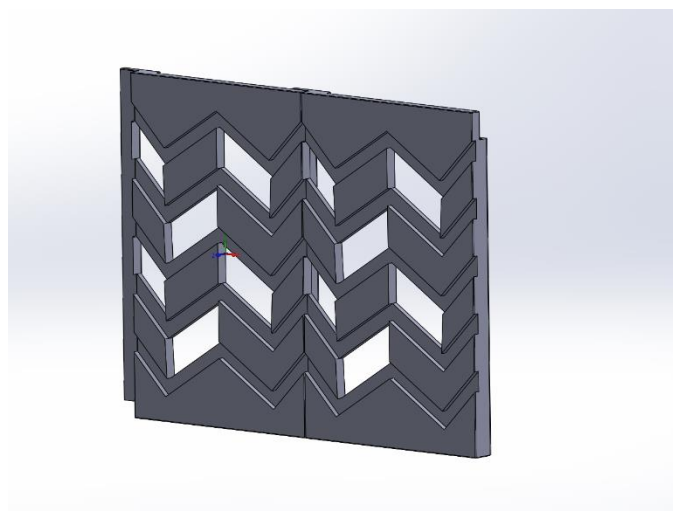


Ilustración 24. Demo CLAM DESARROLLO. Diseño opción 3

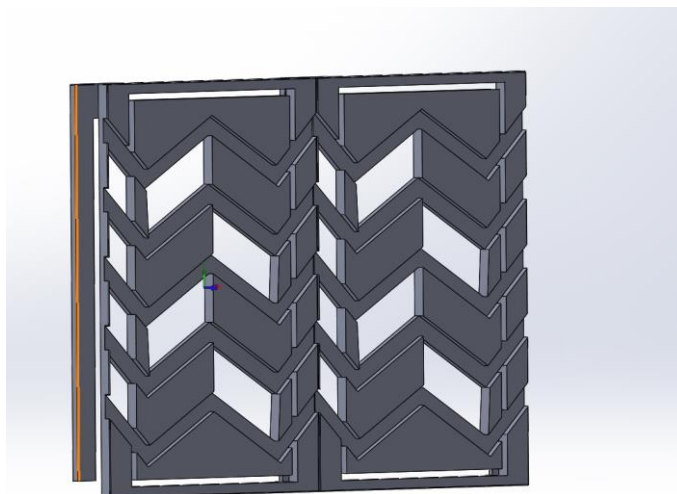


Ilustración 25. Demo CLAM DESARROLLO. Diseño opción 4

De todas las opciones, se seleccionó la opción 3 como demostrador para el proyecto. Se codificaron todos los ficheros. Tras la codificación se preparó la fabricación colocando correctamente cada una de las piezas en la orientación y posición adecuada siguiendo las coordenadas de la Tabla 1. Se fabricaron dos lotes de piezas para la comprobación del encaje entre las piezas. Se fabricaron dos lotes de 27 piezas en total 54 piezas.

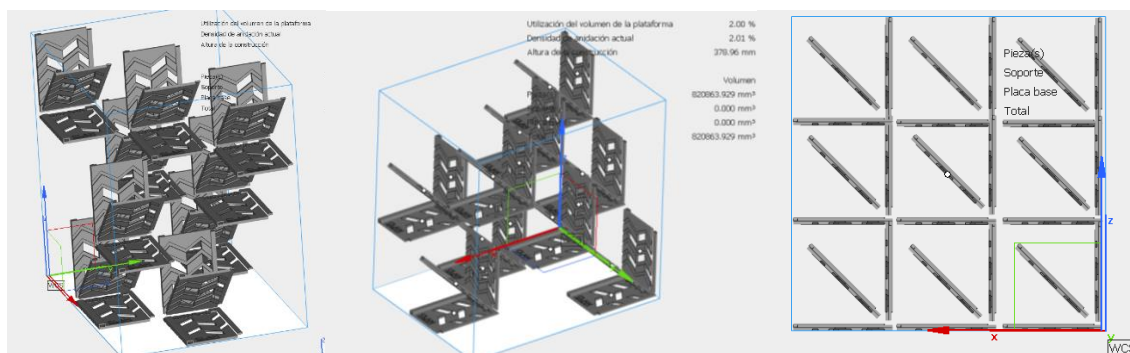


Ilustración 26. Demo CLAM DESARROLLO. Preparación de la fabricación. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

A continuación, se muestran las imágenes de las piezas fabricadas:

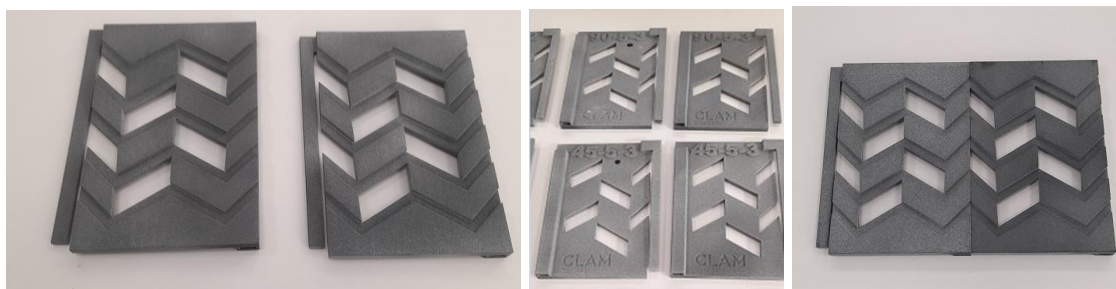




Ilustración 27. Demo CLAM DESARROLLO. Piezas fabricadas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Como la empresa CLAM desarrolló una resina para impresión 3D en máquinas de LCD, se fabricaron dos unidades con dicha resina (resina EP80) para comprobar sus resultados. En la Ilustración 28 se muestra como encajan las piezas y se observa que el ancho de las piezas es menor y por lo tanto no es correcto. La orientación de fabricación, la colocación de soportes y el tiempo de curado son factores clave para la fabricación con la tecnología LCD.



Ilustración 28. Demo CLAM DESARROLLO con la resina EP80. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

A continuación, se muestra las cotas medidas en la pieza y los resultados de la medición de todas las piezas fabricadas en la tarea 6.1.

Tabla 7. Demo CLAM DESARROLLO. Medición de las piezas y comprobación del funcionamiento

PIEZA 1											
CÓDIGO PIEZA	Orientación	Posicion XY	Altura (Z)	teórica 1	medida 1	teórica 2	medida 2	teórica 3	medida 3	teórica 4	medida 4
00-1-1	00	1	1	120	119,98	77,85	77,91	77,85	77,89	4	3,9
45-1-1	45	1	1	120	119,97	77,85	78,05	77,85	78,12	4	4,01
90-1-1	90	1	1	120	120,25	77,85	77,89	77,85	77,93	4	4,06
00-2-2	00	2	2	120	120,01	77,85	77,96	77,85	77,86	4	3,95
45-2-2	45	2	2	120	120,13	77,85	78,01	77,85	78,11	4	4,07
90-2-2	90	2	2	120	120,07	77,85	77,81	77,85	77,89	4	4,08
00-3-3	00	3	3	120	119,84	77,85	77,82	77,85	77,73	4	3,89
45-3-3	45	3	3	120	120,17	77,85	77,85	77,85	77,9	4	3,99
90-3-3	90	3	3	120	120,06	77,85	77,76	77,85	77,81	4	4
00-4-2	00	4	2	120	120,01	77,85	78	77,85	78,05	4	3,96
45-4-2	45	4	2	120	120,09	77,85	77,97	77,85	78,12	4	4,09
90-4-2	90	4	2	120	120,03	77,85	77,95	77,85	78,06	4	4,1
00-5-3	00	5	3	120	120,07	77,85	77,93	77,85	78,01	4	3,99
45-5-3	45	5	3	120	120,14	77,85	78	77,85	78,16	4	4,08
90-5-3	90	5	3	120	120,16	77,85	77,94	77,85	78,04	4	4,1
00-6-1	00	6	1	120	119,74	77,85	77,64	77,85	77,62	4	3,9
45-6-1	45	6	1	120	119,89	77,85	77,84	77,85	77,85	4	3,99
90-6-1	90	6	1	120	120,02	77,85	77,88	77,85	77,92	4	4,04
00-7-3	00	7	3	120	120,03	77,85	77,86	77,85	78	4	4
45-7-3	45	7	3	120	120,23	77,85	77,9	77,85	78,08	4	4,09
90-7-3	90	7	3	120	120,35	77,85	77,95	77,85	77,93	4	4,09
00-8-1	00	8	1	120	120,17	77,85	77,91	77,85	77,9	4	3,99
45-8-1	45	8	1	120	120,17	77,85	77,96	77,85	78,09	4	4,09
90-8-1	90	8	1	120	120,03	77,85	78,02	77,85	78,02	4	4,13
00-9-2	00	9	2	120	120	77,85	77,89	77,85	77,84	4	3,95
45-9-2	45	9	2	120	120,11	77,85	77,69	77,85	77,81	4	4,08
90-9-2	90	9	2	120	120,28	77,85	77,78	77,85	77,84	4	4,1
PIEZA 2											
CÓDIGO PIEZA	Orientación	Posicion XY	Altura (Z)	teórica 1	medida 1	teórica 2	medida 2	teórica 3	medida 3	teórica 4	medida 4
00-1-1	00	1	1	120	119,91	77,85	77,88	77,85	77,87	4	3,9
45-1-1	45	1	1	120	120	77,85	78	77,85	77,817	4	4,02
90-1-1	90	1	1	120	120,22	77,85	77,89	77,85	77,86	4	4,02
00-2-2	00	2	2	120	120,03	77,85	77,99	77,85	77,95	4	3,93
45-2-2	45	2	2	120	120,33	77,85	78,02	77,85	78,16	4	4,06
90-2-2	90	2	2	120	120,42	77,85	77,87	77,85	77,92	4	4,08
00-3-3	00	3	3	120	119,82	77,85	77,84	77,85	77,81	4	3,91
45-3-3	45	3	3	120	120,57	77,85	77,81	77,85	77,92	4	3,99
90-3-3	90	3	3	120	120,99	77,85	77,79	77,85	77,84	4	4,05
00-4-2	00	4	2	120	120,18	77,85	77,98	77,85	78,02	4	3,98
45-4-2	45	4	2	120	120,13	77,85	78,1	77,85	78,22	4	4,05
90-4-2	90	4	2	120	120,12	77,85	78,04	77,85	78,12	4	4,05
00-5-3	00	5	3	120	120,05	77,85	78	77,85	78	4	3,96
45-5-3	45	5	3	120	120,08	77,85	78	77,85	77,804	4	3,94
90-5-3	90	5	3	120	120,36	77,85	77,96	77,85	77,804	4	4,14
00-6-1	00	6	1	120	119,7	77,85	77,68	77,85	77,64	4	3,87
45-6-1	45	6	1	120	119,93	77,85	77,86	77,85	77,85	4	4,01
90-6-1	90	6	1	120	120,14	77,88	77,9	77,98	77,97	4	4,03
00-7-3	00	7	3	120	120,01	77,85	77,91	77,85	78,05	4	3,98
45-7-3	45	7	3	120	120,4	77,85	77,92	77,85	78,05	4	4,03
90-7-3	90	7	3	120	120,46	77,85	77,96	77,85	78,03	4	4,1
00-8-1	00	8	1	120	120,03	77,85	77,86	77,85	77,87	4	3,94
45-8-1	45	8	1	120	120,11	77,85	77,97	77,85	78,05	4	4,1
90-8-1	90	8	1	120	120,04	77,85	78	77,85	78,04	4	4,14
00-9-2	00	9	2	120	119,82	77,85	77,81	77,85	77,9	4	3,98
45-9-2	45	9	2	120	120,28	77,85	77,7	77,85	77,81	4	4,08
90-9-2	90	9	2	120	120,41	77,85	77,82	77,85	77,95	4	4,06

Además, se ha comprobado si encajaban correctamente las piezas fabricadas en la misma posición y orientación.

Tabla 8. Comprobación del encaje de las piezas

CÓDIGO PIEZA	ENCAJE AMBAS PIEZAS (SI/NO)
00-1-1	SI
45-1-1	SI
90-1-1	SI
00-2-2	SI
45-2-2	SI
90-2-2	SI
00-3-3	SI
45-3-3	SI
90-3-3	SI
00-4-2	SI
45-4-2	SI
90-4-2	SI
00-5-3	SI
45-5-3	SI
90-5-3	SI
00-6-1	SI
45-6-1	SI
90-6-1	SI
00-7-3	NO
45-7-3	SI
90-7-3	SI
00-8-1	NO
45-8-1	SI
90-8-1	SI
00-9-2	SI
45-9-2	SI
90-9-2	SI

2.2 Diseño y desarrollo de la arquitectura del sistema de captación, almacenamiento y análisis de datos, instanciada al caso real (T6.2)

2.2.1 Introducción

En esta actividad se ha determinado la arquitectura genérica del sistema de Inteligencia Artificial (IA) mediante el uso de herramientas de Machine Learning. El objetivo del aprendizaje automático o herramientas de Machine Learning es enseñarle a una máquina a realizar una tarea específica y proporcionar resultados precisos mediante la identificación de patrones.

Para el desarrollo del proyecto AURORA se ha utilizado el sistema BigML. Es un sistema de aprendizaje automático en la nube que sirve para crear modelos predictivos. Utilizando una sencilla interfaz web, BigML permite la creación de árboles de decisión, análisis de clústers y detectores de anomalías, dotados de una visualización interactiva que permite su fácil exploración y puede ayudar en la toma de decisiones basadas en grandes cantidades de datos (Big Data es la denominación actual para definir modelos de negocio y tecnologías especializadas en la captación, almacenamiento, tratamiento, análisis y presentación de enormes cantidades de datos obtenidos a partir de diversas fuentes).

2.2.2 Desarrollo de los algoritmos de aprendizaje para desarrollo del modelo de IA

Se ha partido de los datos y medidas realizadas en el paquete de trabajo 5 de las piezas fabricadas en el paquete de trabajo 4.



Ilustración 29. Piezas sencillas para el desarrollo de los algoritmos de aprendizaje. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

El archivo que contiene los datos de las mediciones incluye 2 tipos de piezas distintas

(tipo A y tipo B). Con 12 medidas por cada una de las piezas. Datos de partida:

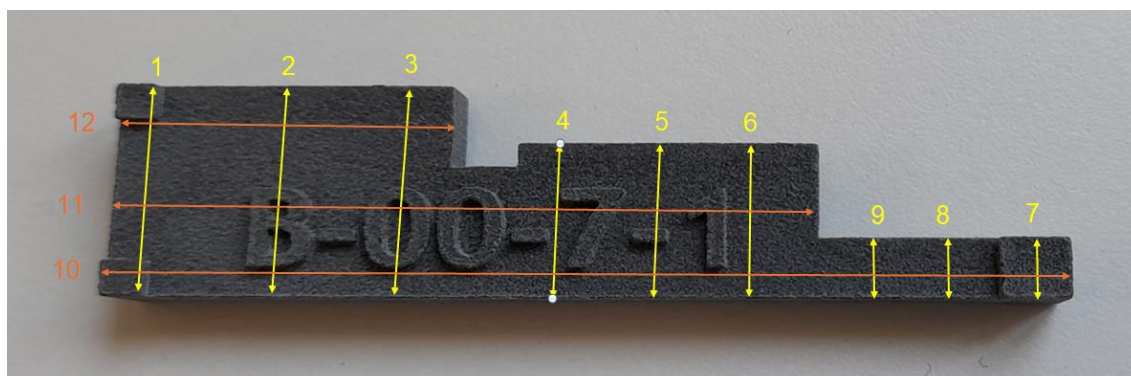


Ilustración 30. Medidas disponibles de cada una de las piezas fabricadas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

De estos datos se crea un fichero Excel que contiene las dimensiones y las medidas de 3 subpiezas por cada tipo de pieza.

Por cada tipo de pieza medida se obtiene 3 subpiezas tal y como se muestra en la siguiente imagen:

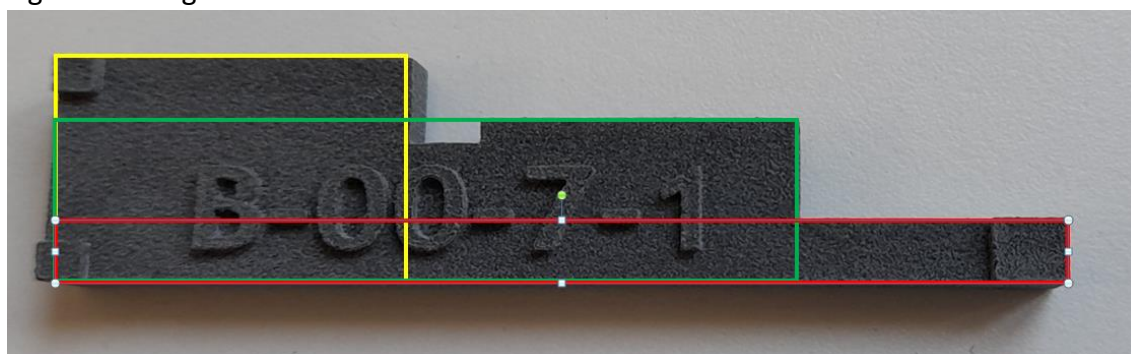


Ilustración 31. Definición de 3 subpiezas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Para los altos de cada subpieza se selecciona la media de las medidas de altura de las mismas. En vez de la medida real se selecciona el valor de la diferencia entre la medida y el valor esperado.

A continuación se transforma la posición en X, Z e Y (valores del 1 al 9 en posición_XY y del 1 al 3 en posición_Z) en una posición porcentual (del 0 al 1) dentro de las dimensiones del volumen de fabricación de la máquina de fabricación aditiva.

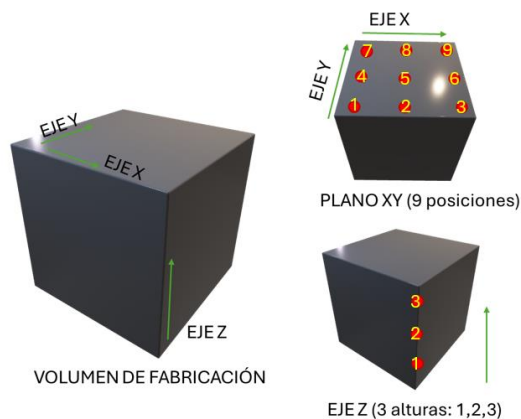


Ilustración 32. Posiciones en el volumen de fabricación con las que se codificaron las piezas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Partiendo de la posición de fabricación de las piezas y del tamaño máximo del volumen de fabricación de la máquina (Tamaño de la máquina X-> 380 mm; Y->280 mm; Z->380 mm) se ha establecido el valor porcentual de cada posición.

TABLA POSICIONES

Tabla 9. Posición Z (altura)

Posición Z	Valor posición real (mm)	Valor porcentual (%)
1	0	0
2	160	0,42
3	285	0,75

Tabla 10. Posición X

Posición XY	Valor posición real (mm)	Valor porcentual (%)
1	4	0,01
2	4	0,01
3	4	0,01
4	140	0,37
5	140	0,37
6	140	0,37
7	285	0,75
8	285	0,75
9	285	0,75

Tabla 11. Posición Y

Posición XY	Valor posición real (mm)	Valor porcentual (%)
1	258	0,90
2	135	0,48
3	4	0,01
4	258	0,90
5	135	0,48
6	4	0,01
7	258	0,90
8	135	0,48
9	4	0,01

La orientación de las medidas tiene 3 valores 0º, 45º y 90º. Se van a transformar en valores entre 0 y 1. Se utiliza el parámetro `orientacion_sen` con los siguientes valores:

Tabla 12. Orientación

Orientación	orientacion_sen
0	0
45	0.70
90	1

Esta transformación de coordenadas a porcentajes y los ángulos con valor entre 0 y 1 se incluyen en un fichero Excel que se exporta a formato .csv y se importa dentro de la herramienta BIGML (<https://bigml.com/>)

Dentro de BIGML se crea el Modelo, poniendo como variables:

- Orientación_sen (seno de la orientación)
- X (posición en “x” de la pieza dentro del volumen de fabricación de la máquina de fabricación aditiva)
- Y (posición en “y” dentro del volumen de fabricación de la máquina de fabricación aditiva)
- Z (posición en “z” de la pieza dentro de la impresora de fabricación aditiva)
- Largo (dimensión en largo de la pieza)
- Ancho (dimensión en ancho de la pieza)
- largo_error (error en largo que da la medición de la pieza sobre lo esperado)
- Ancho_error (error en ancho que da la medición de la pieza sobre lo esperado)

De estas variables se indican como variables objetivo ‘largo_error’, y ‘ancho_error’, que son las que nos interesa obtener con este modelo.

Se ha desarrollado dos modelos, uno de ellos para la obtención de la desviación en la

cota correspondiente al largo de la pieza y otro modelo para la obtención de la desviación dimensional del ancho de la pieza.

El modelo creado indica la correlación entre las diferentes variables obteniendo el coeficiente de Pearson. El coeficiente de correlación de Pearson es una prueba que mide la relación estadística entre dos variables continuas, indica cuánto están asociadas dos variables. El coeficiente de correlación puede tomar un rango de valores de +1 a -1. Un valor de 0 indica que no hay asociación entre las dos variables. Un valor mayor que 0 indica una asociación positiva. Es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, también lo hace el valor de la otra. Un valor menor que 0 indica una asociación negativa; es decir, a medida que aumenta el valor de una variable, el valor de la otra disminuye.

Estudiando ambos modelos podemos determinar las siguientes correlaciones.

Modelo relacionado con el error a lo largo de una pieza:

Se observa que a mayor largo de las piezas, más error se tiene de las mismas, existe una mayor dispersión de los datos:

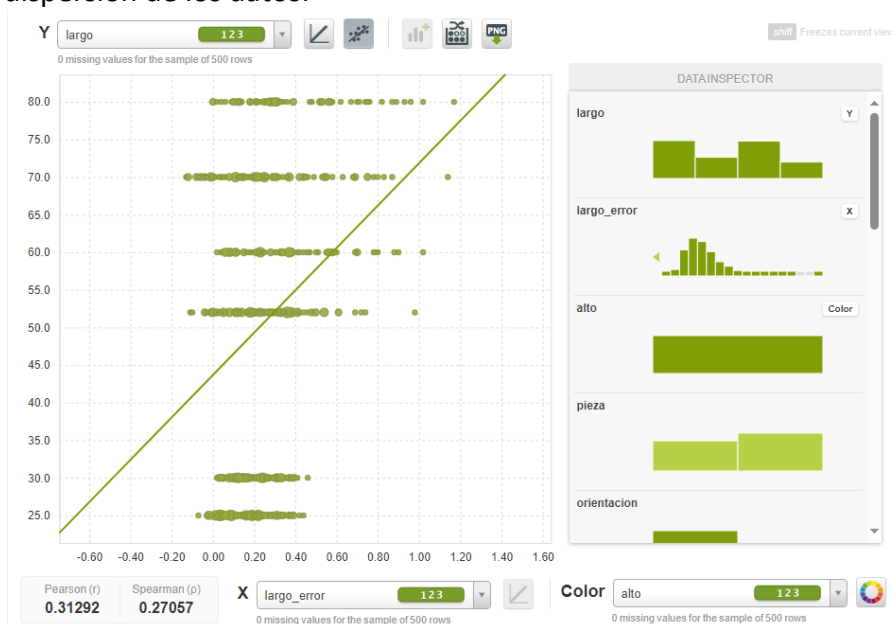


Ilustración 33. Dispersión de la desviación en el largo de la pieza en función del largo de la pieza

Con respecto a la anchura de las piezas, la relación del error del largo es inversa, a menor anchura de las piezas, el error a lo largo es mayor:

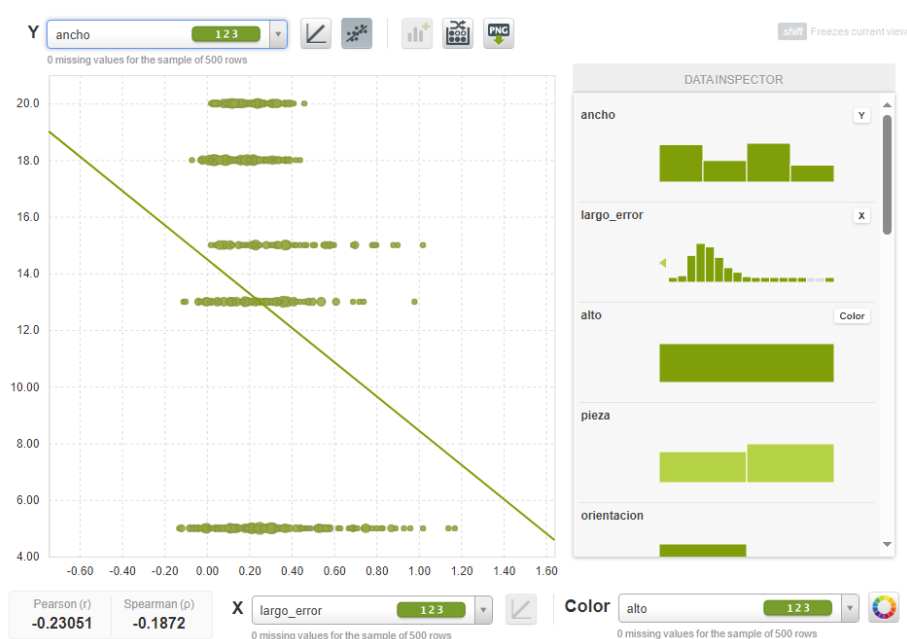


Ilustración 34. Dispersión de la desviación en el largo de la pieza en función del ancho de la pieza.

Con respecto a la posición en el eje de las X, no parece que influya mucho:

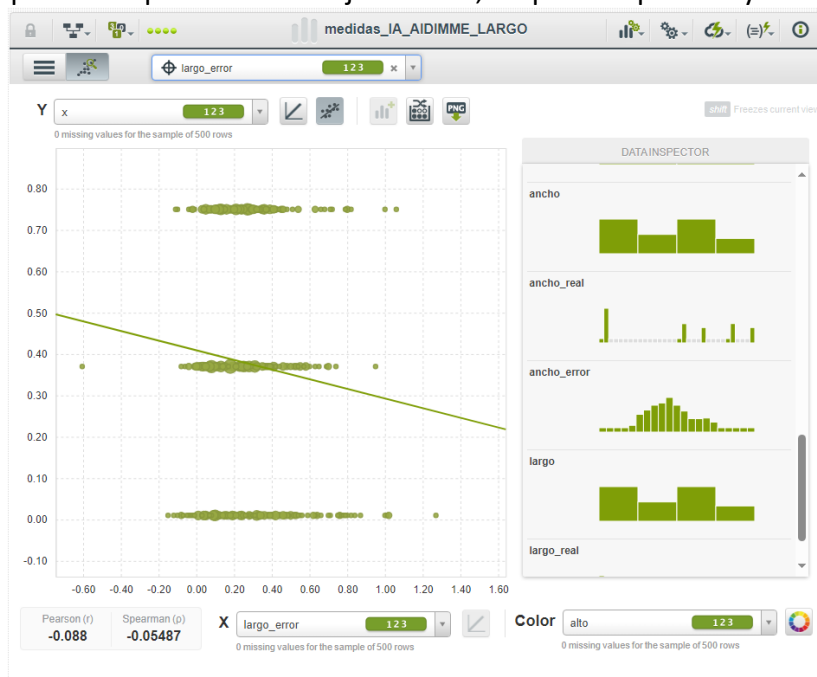


Ilustración 35. Dispersión de la desviación en el largo de la pieza en función de la posición X.

La posición en el eje de las Y tampoco tiene una gran importancia, presentando menor error cuando se coloca a mitad del volumen de fabricación:

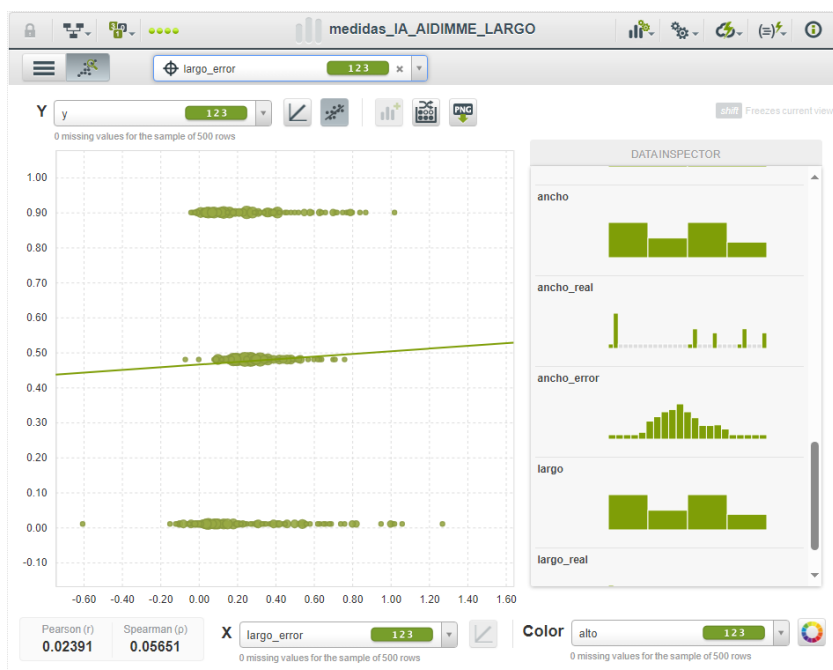


Ilustración 36. Dispersión de la desviación en el largo de la pieza en función de la posición Y

La altura tiene cierta importancia. Presenta menos posibles errores cuando se coloca en la base del volumen de fabricación ($z=0$):

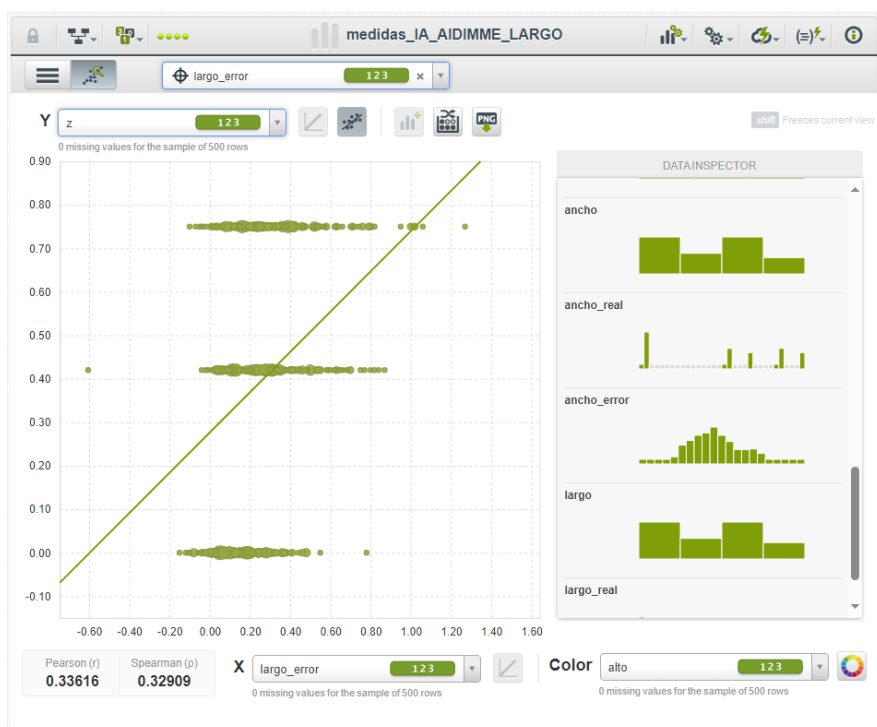


Ilustración 37. Dispersión de la desviación en el largo de la pieza en función de la posición Z o altura

La orientación de fabricación también es bastante importante, existe una relación directa, como podemos ver en las relaciones del error a lo largo con el seno de la orientación:

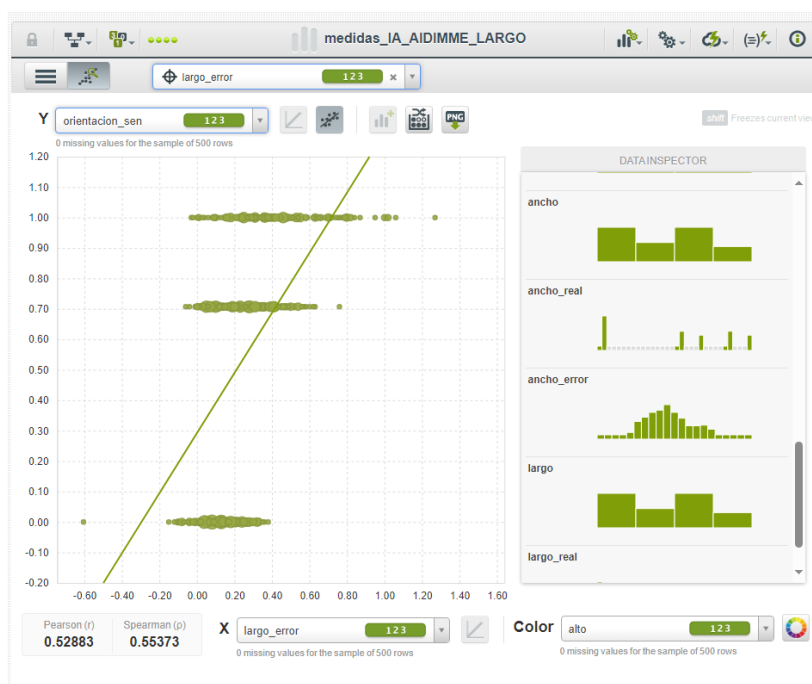


Ilustración 38. Dispersión de la desviación en el largo de la pieza en función de la orientación de fabricación

Se ha creado el modelo 'largo_error' como variable objetivo, creamos la partición de training y de test y configuramos una deepnet. Configuración de la deepnet:

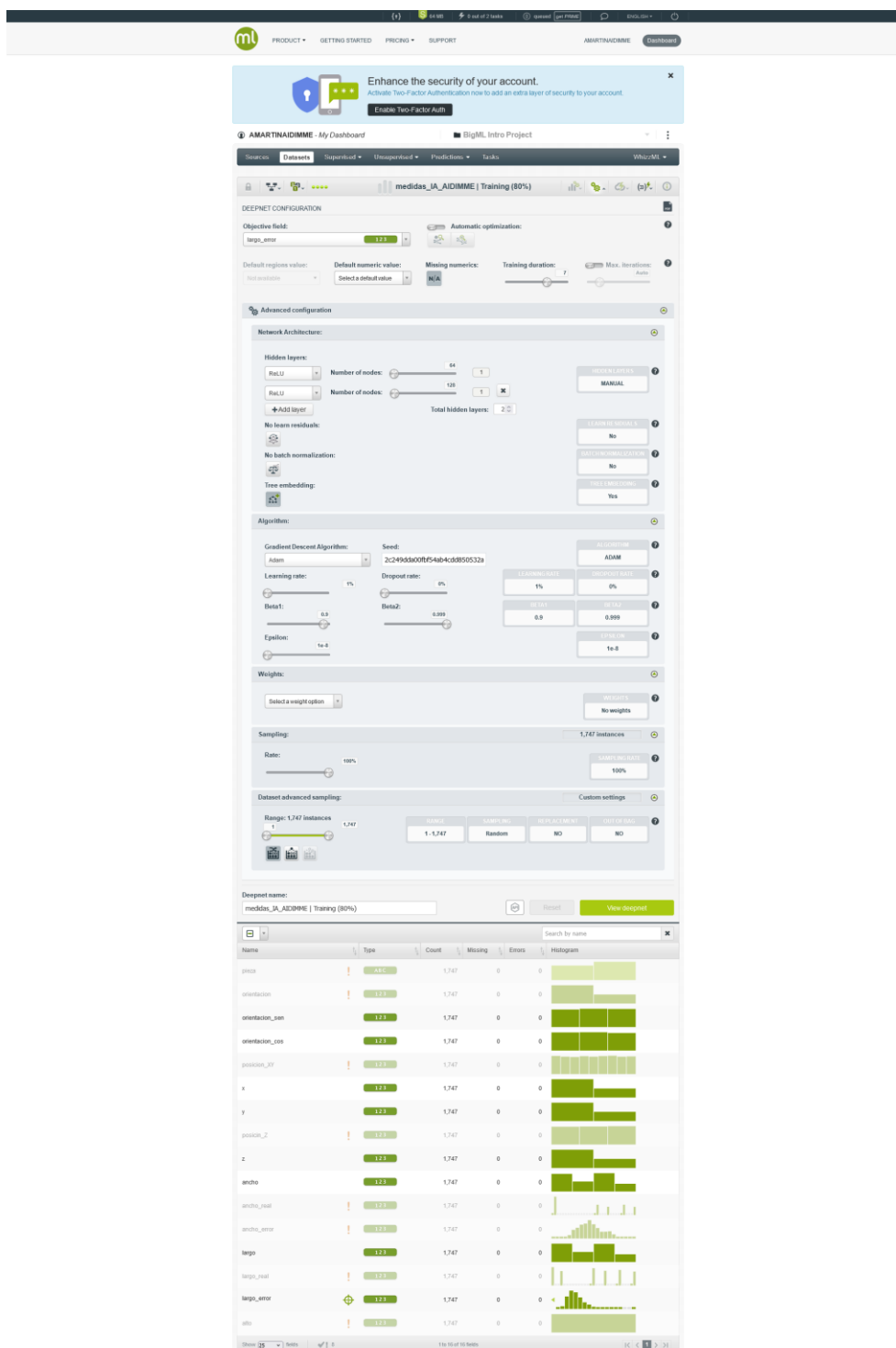


Ilustración 39. Configuración de la deepnet

Una vez realizado el entrenamiento, se observa que las variables más importantes y que más influyen en la desviación dimensional del largo de las piezas son las siguientes:

1. Largo de la pieza
2. Orientación
3. Ancho de la pieza
4. Posición Z
5. Posición Y
6. Posición X

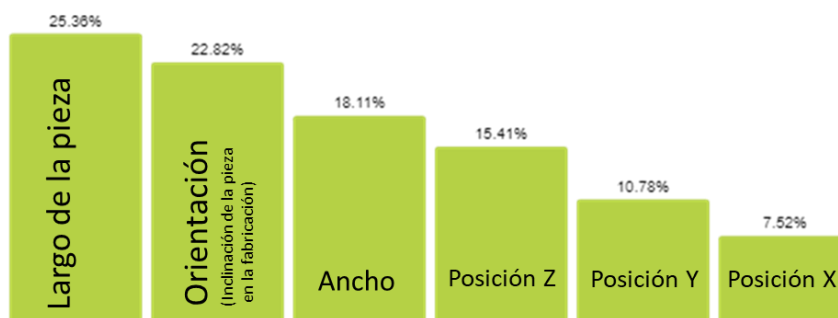


Ilustración 40. Influencia de las variables en el Modelo de IA para el largo de la pieza

Modelo relacionado con el error a lo largo de una pieza:

La relación entre el ancho y el error a lo ancho no se ve importante, no hay una dependencia clara entre el error del ancho con respecto al ancho de la pieza.

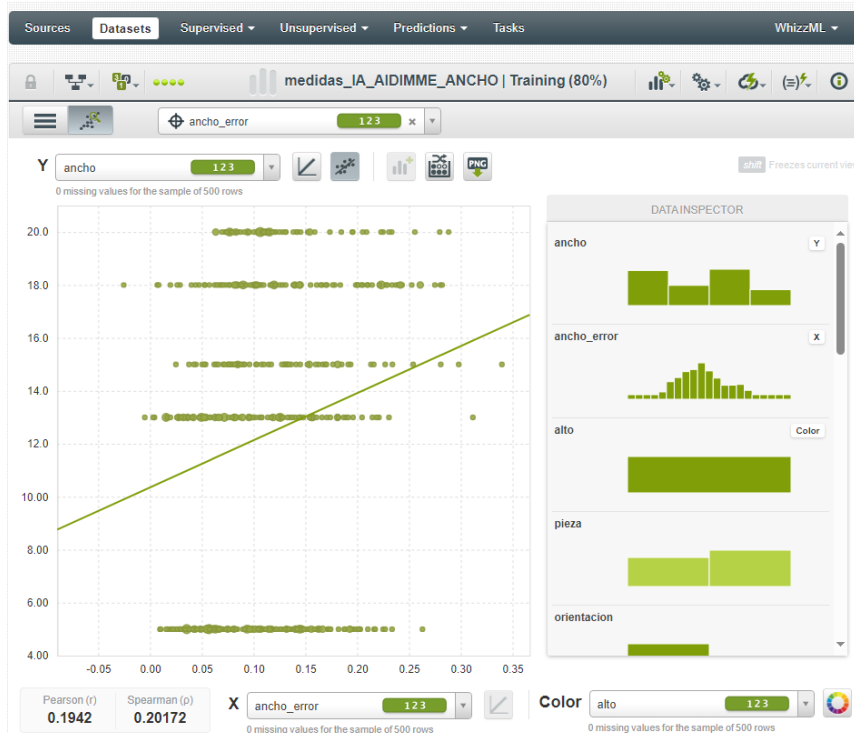


Ilustración 41. Dispersión de la desviación en el ancho de la pieza en función del ancho de la pieza

Lo mismo ocurre con respecto al largo de las piezas, la desviación del ancho de la pieza no es dependiente del largo de la misma, ya que la relación es bastante ligera:

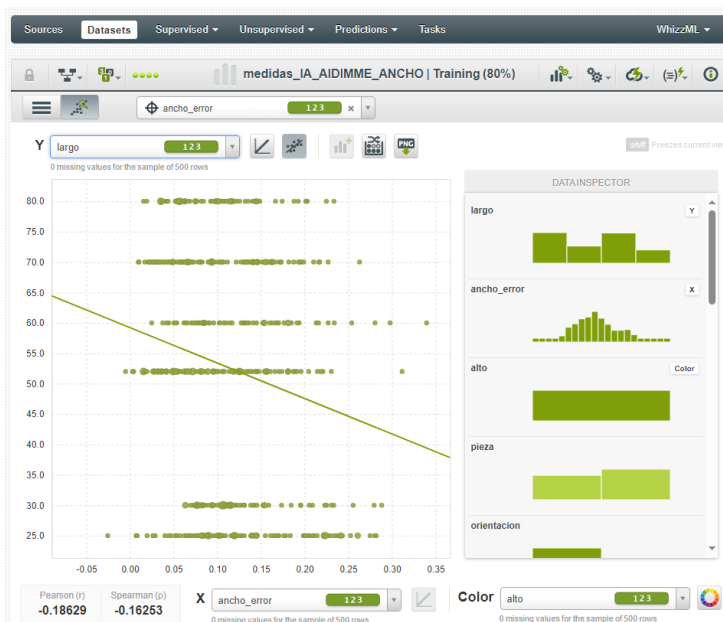


Ilustración 42. Dispersión de la desviación en el ancho de la pieza en función del largo de la pieza

La posición en X, para el error a lo ancho no es muy relevante, aunque parece que da menos errores si está en la posición 0.

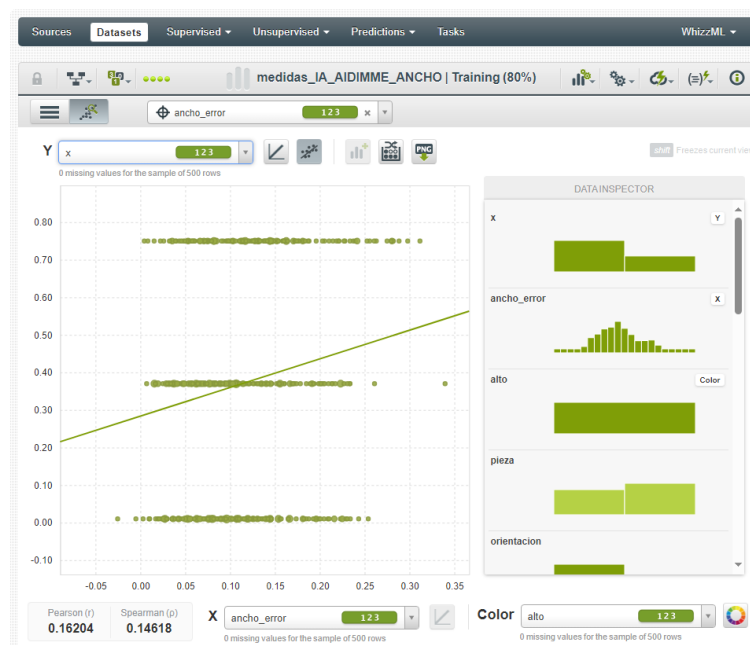


Ilustración 43. Dispersión de la desviación en el ancho de la pieza en función de la posición X

En cambio, la posición en Y sí que es más importante, presentando bastante más errores si está a mitad del eje de las Y (al contrario de lo que pasaba con el error a lo largo), siendo la posición óptima la del inicio del eje de las Y:

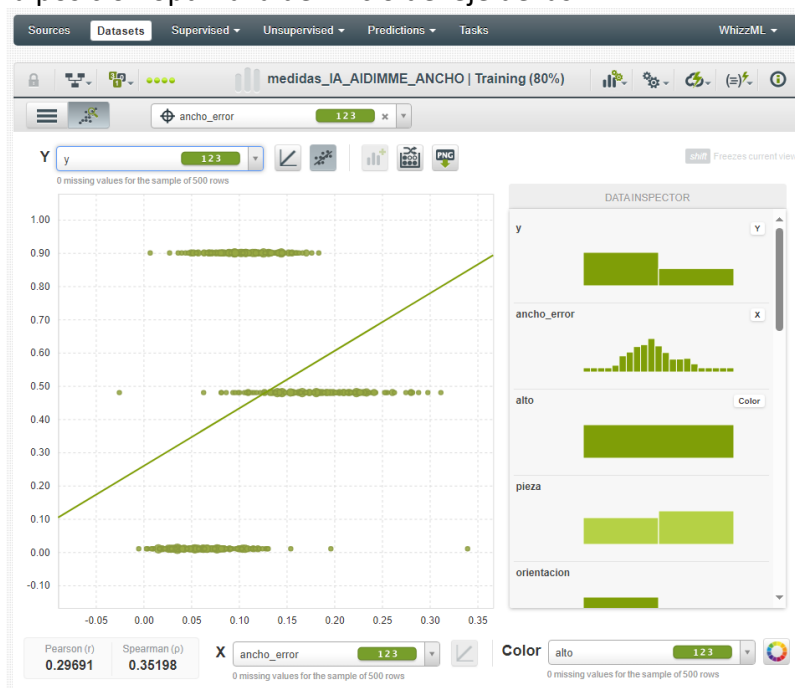


Ilustración 44. Dispersión de la desviación en el ancho de la pieza en función de la posición Y

No existe dependencia con respecto a la altura o posición Z.

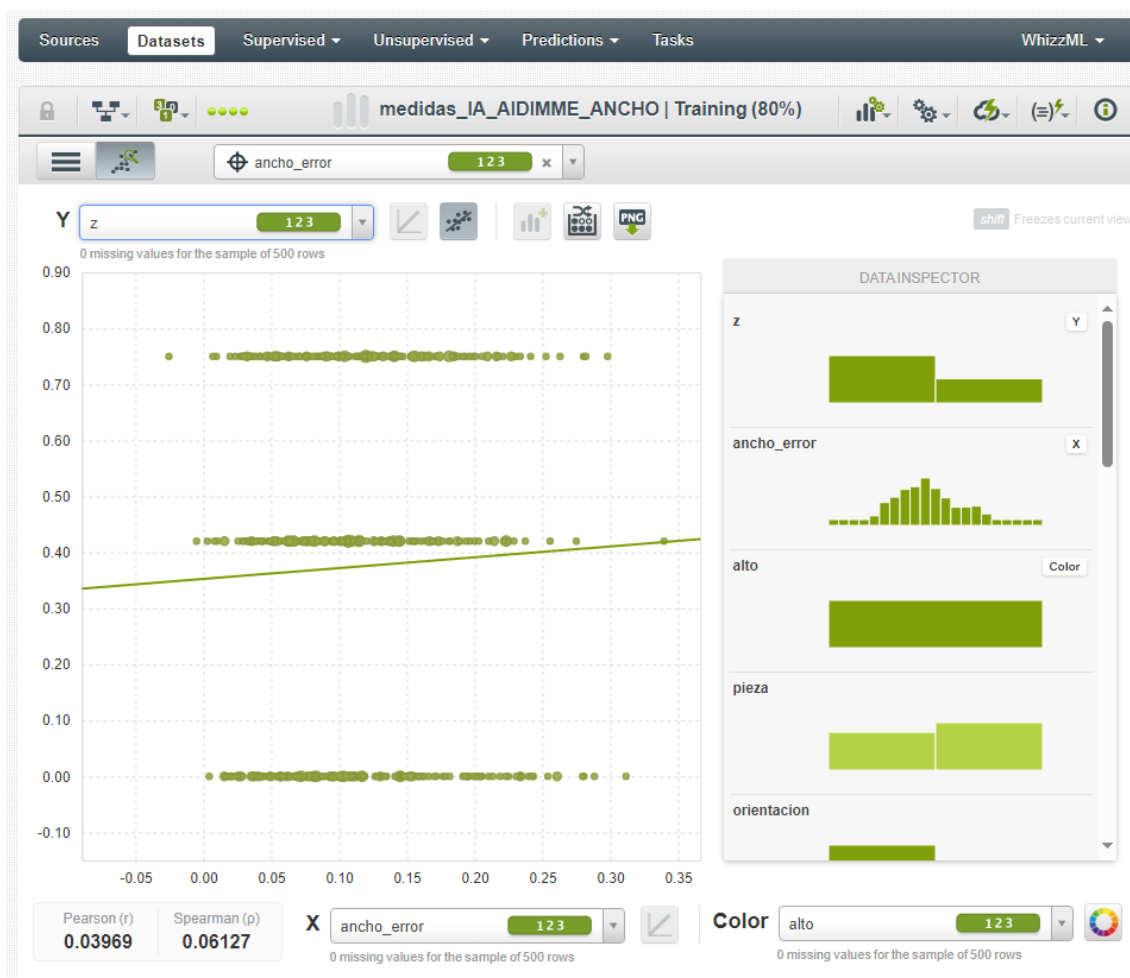


Ilustración 45. Dispersión de la desviación en el ancho de la pieza en función de la posición Z

En cuanto a la relación con error a lo ancho, existe una ligera correlación con la orientación, con más posibles errores, pero no es tan clara y directa como la que tiene con el error a lo largo.

Un dato remarcable es que esta relación es inversa a la que existe con el error a lo largo. Existe menor dispersión de los errores si la pieza está inclinada o en vertical:

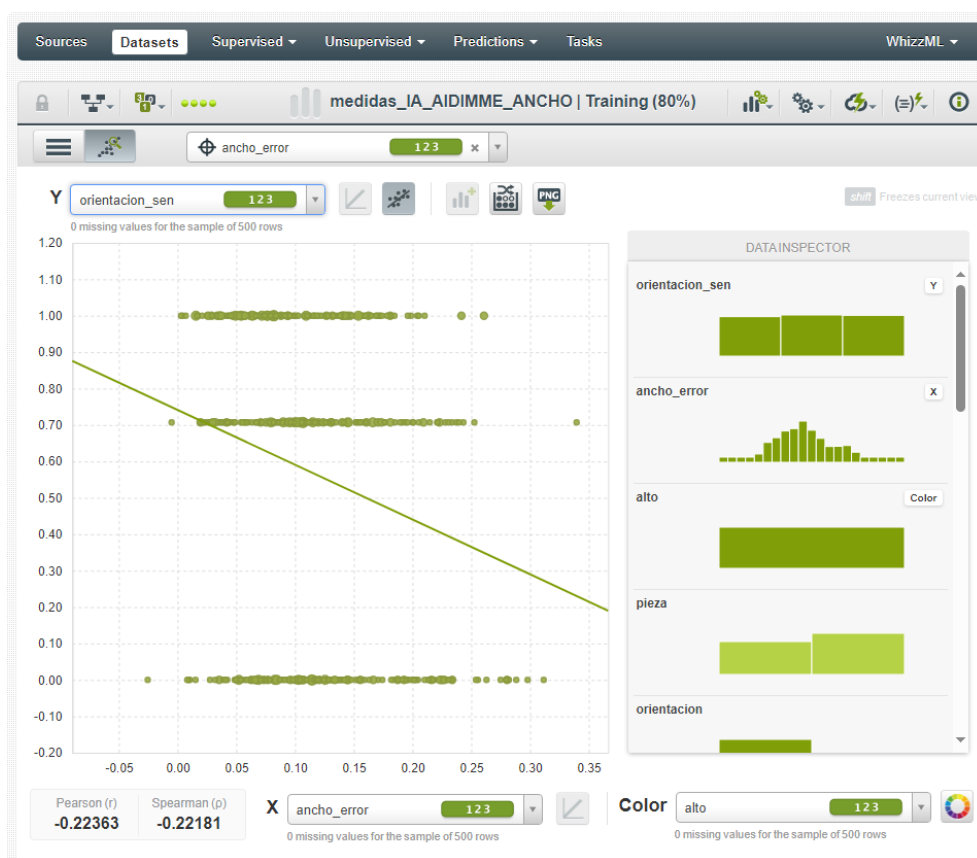


Ilustración 46. Dispersión de la desviación en el ancho de la pieza en función de la orientación de fabricación

Se ha creado el modelo denominado 'ancho_error' como variable objetivo, creamos la partición de training y de test y configuramos una deepnet. Una vez realizado el entrenamiento, se observa que las variables más importantes y que más influyen en la desviación dimensional del ancho de las piezas son las siguientes:

1. Posición Y
2. Ancho de la pieza
3. Orientación de fabricación
4. Posición X
5. Largo de la pieza
6. Posición Z



Ilustración 47. Influencia de las variables en el Modelo de IA para el ancho de la pieza

Una vez realizado ambos modelos, se accede al sistema. En función de las necesidades y la dimensión crítica de una pieza se accederá al modelo de predicción de las desviaciones del largo de la pieza o al modelo de predicción de las desviaciones del ancho del modelo. Para ambos casos se introduce en el modelo las medidas largo y ancho de las piezas, la posición X, Y y Z donde se ha fabricado o se quiere fabricar la pieza (teniendo en cuenta el valor de la posición en porcentaje) y la orientación. Se presiona el botón “Predict” y el sistema calcula la predicción de la desviación.

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: ?

All input fields: ☒

largo: 11 to 93, 25.38%, ☐ 60

ancho: 1 to 23, 18.11%, ☐ 10

y: 0 to 1.12, 10.78%, ☐ 0.48

orientacion_sen: 0 to 1.25, 22.82%, ☐ 0.0

z: 0 to 0.94, 15.41%, ☐ 0.75

x: 0 to 0.94, 7.52%, ☐ 0.37

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Ilustración 48. Input al sistema para evaluación de la desviación en el largo de la pieza (posición XY 5, altura 3 y orientación 0; largo pieza 60 mm y ancho pieza 10 mm)

The screenshot shows the WhizzML interface for a supervised prediction task. The top navigation bar includes 'Sources', 'Datasets', 'Supervised', 'Unsupervised', 'Predictions', and 'Tasks'. The main header displays 'medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)'. A red circle highlights the prediction result 'largo_error: 0.22'. Below this, there are six input sliders with their respective ranges and current values:

- largo:** Range 11 to 93, current value 60 (25.36% of range).
- ancho:** Range 1 to 23, current value 10 (18.11% of range).
- y:** Range 0 to 1.12, current value 0.48 (10.78% of range).
- orientacion_sen:** Range 0 to 1.25, current value 0.0 (22.82% of range).
- z:** Range 0 to 0.94, current value 0.75 (15.41% of range).
- x:** Range 0 to 0.94, current value 0.37 (7.52% of range).

At the bottom, there is a 'New prediction name' field containing 'medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)' and a 'Predict' button.

Ilustración 49. Predicción de desviación de 0.22 mm en el largo de la pieza en función de unos datos de partida (dimensiones básicas de la pieza, posición X,Y,Z y orientación de fabricación)

The screenshot shows the WhizzML interface for a supervised prediction task. The top navigation bar includes 'Sources', 'Datasets', 'Supervised', 'Unsupervised', 'Predictions', and 'Tasks'. The main header displays 'Predict using medidas_IA_AIDIMME_ANCHO ...'. The prediction result field shows 'ancho_error: ?'. Below this, there are six input sliders with their respective ranges and current values:

- y:** Range 0 to 1.12, current value 0.48 (44.55% of range).
- ancho:** Range 1 to 23, current value 10 (19.03% of range).
- orientacion_sen:** Range 0 to 1.25, current value 0 (11.89% of range).
- x:** Range 0 to 0.94, current value 0.37 (11.82% of range).
- largo:** Range 11 to 93, current value 60 (8.87% of range).
- z:** Range 0 to 0.94, current value 0.75 (3.83% of range).

At the bottom, there is a 'New prediction name' field containing 'medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)' and a 'Predict' button.

Ilustración 50. Input al sistema para evaluación de la desviación en el ancho de la pieza (posición XY 5, altura 3 y orientación 0; largo pieza 60 mm y ancho pieza 10 mm)

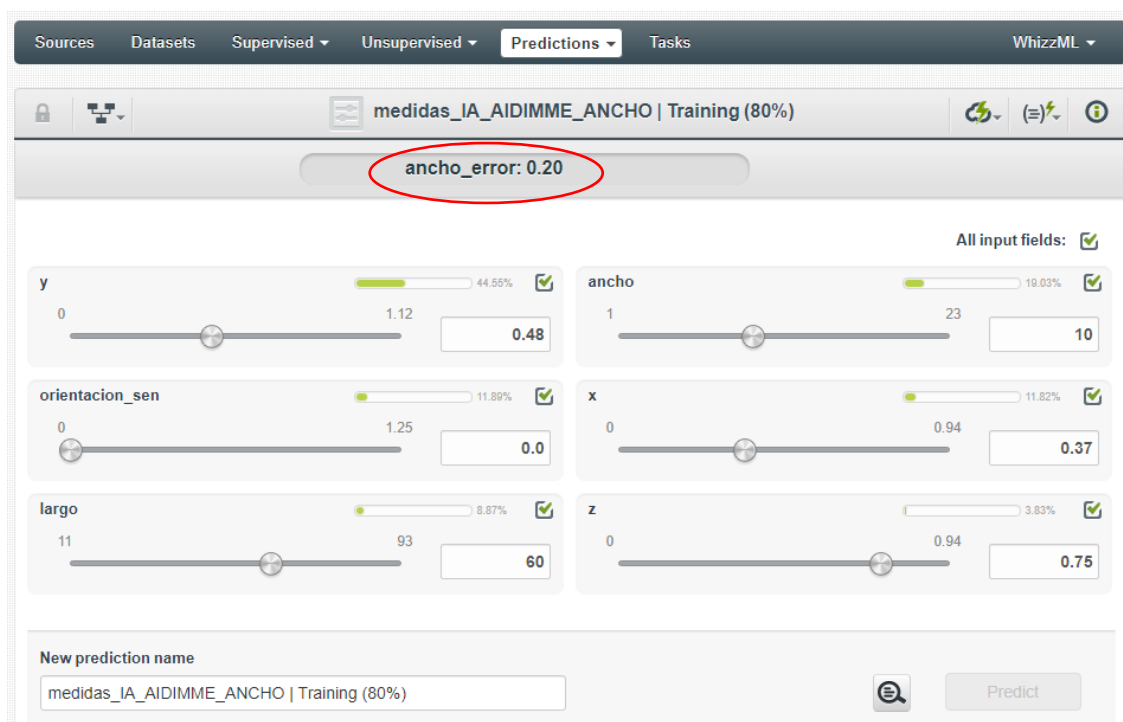


Ilustración 51. Predicción de desviación de 0.2 mm en el ancho de la pieza en función de unos datos de partida (dimensiones básicas de la pieza, posición X,Y,Z y orientación de fabricación)

A continuación, a modo de resumen se muestran los parámetros más influyentes en las desviaciones dimensionales en el largo y en el ancho de las piezas según los modelos desarrollados:

Tabla 13. Variables más influyentes en los algoritmos de los modelos de IA desarrollados

Variables más influyentes en la desviación en el largo de la pieza	Variables más influyentes en la desviación en el ancho de la piezas
Largo de la pieza	Posición Y
Orientación	Ancho de la pieza
Ancho de la pieza	Orientación de fabricación
Posición Z	Posición X
Posición Y	Largo de la pieza
Posición X	Posición Z

2.3 Análisis de las piezas desarrolladas mediante el sistema de inspección (T6.3)

2.3.1 Introducción

Se ha evaluado los resultados dimensionales de las piezas demo del proyecto sin el uso de los algoritmos de IA y con los algoritmos de los IA para disponer de toda la información y en la tarea 6.4 realizar la comparativa entre ambos resultados y la generación de las conclusiones sobre la IA aplicada a la colocación y orientación de las piezas en el volumen de fabricación de la máquina de FA.

2.3.2 Evaluación de los resultados de la medición manual de los demostradores sin los algoritmos de IA

2.3.2.1 Demo CLINICA GIRONÉS

Se ha calculado la desviación de las cotas de la pieza entre el valor de la cota teórica y la medición realizada, así como una evaluación visual del aspecto superficial de las piezas.

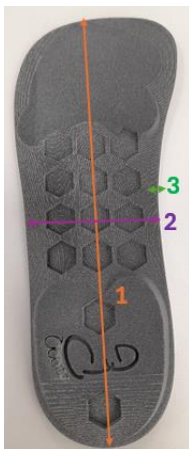


Ilustración 52. Referencia de las cotas medidas en la plantilla. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Todas las muestras con una orientación de 0 grados presentan en la parte inferior de la pieza, las marcas de las capas. En este caso la plantilla se acaba recubriéndola con un tejido de foam y no es crítico para el funcionamiento de la pieza pero ese aspecto no es el deseado cuando se requiere de una pieza polimérica fabricada con tecnología aditiva.



Ilustración 53. Aspecto de la pieza fabricada en la orientación. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 14. Cálculo de desviaciones

PLANTILLA DOBLE										
CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	ASPECTO SUPERFICIAL
00-1-1	140	139,77	-0,23	42,98	41,9	-1,08	2,54	2,7	0,16	MALO
45-1-1	140	139,78	-0,22	42,98	41,88	-1,1	2,54	2,61	0,07	MUY BUENO
90-1-1	140	141,04	1,04	42,98	42,87	-0,11	2,54	2,71	0,17	EXCELENTE
00-2-2	140	139,78	-0,22	42,98	43,12	0,14	2,54	2,7	0,16	MALO
45-2-2	140	139,89	-0,11	42,98	43,02	0,04	2,54	2,7	0,16	MUY BUENO
90-2-2	140	140,66	0,66	42,98	41,82	-1,16	2,54	2,7	0,16	MUY BUENO
00-3-3	140	139,77	-0,23	42,98	41,73	-1,25	2,54	2,61	0,07	MALO
45-3-3	140	139,98	-0,02	42,98	42,91	-0,07	2,54	2,6	0,06	MUY BUENO
90-3-3	140	141,57	1,57	42,98	41,89	-1,09	2,54	2,54	0	EXCELENTE
00-4-2	140	139,74	-0,26	42,98	42,24	-0,74	2,54	2,72	0,18	MALO
45-4-2	140	139,84	-0,16	42,98	41,83	-1,15	2,54	2,63	0,09	MUY BUENO
90-4-2	140	140,6	0,6	42,98	41,97	-1,01	2,54	2,69	0,15	MUY BUENO
00-5-3	140	139,69	-0,31	42,98	41,82	-1,16	2,54	2,64	0,1	MALO
45-5-3	140	139,64	-0,36	42,98	41,63	-1,35	2,54	2,6	0,06	EXCELENTE
90-5-3	140	140,5	0,5	42,98	42,91	-0,07	2,54	2,69	0,15	MUY BUENO
00-6-1	140	139,69	-0,31	42,98	43,11	0,13	2,54	2,64	0,1	MALO
45-6-1	140	139,8	-0,2	42,98	41,7	-1,28	2,54	2,51	-0,03	EXCELENTE
90-6-1	140	140,56	0,56	42,98	42,1	-0,88	2,54	2,62	0,08	MUY BUENO
00-7-3	140	139,65	-0,35	42,98	41,76	-1,22	2,54	2,74	0,2	MALO
45-7-3	140	139,78	-0,22	42,98	42,95	-0,03	2,54	2,57	0,03	EXCELENTE
90-7-3	140	140,76	0,76	42,98	43,01	0,03	2,54	2,65	0,11	MUY BUENO
00-8-1	140	139,81	-0,19	42,98	43,18	0,2	2,54	2,67	0,13	MALO
45-8-1	140	139,68	-0,32	42,98	43,05	0,07	2,54	2,63	0,09	EXCELENTE
90-8-1	140	140,23	0,23	42,98	43	0,02	2,54	2,67	0,13	MUY BUENO
00-9-2	140	139,67	-0,33	42,98	42,94	-0,04	2,54	2,54	0	MALO
45-9-2	140	139,89	-0,11	42,98	43,1	0,12	2,54	2,59	0,05	EXCELENTE
90-9-2	140	140,68	0,68	42,98	42,13	-0,85	2,54	2,62	0,08	EXCELENTE
PLANTILLA										
CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	ASPECTO SUPERFICIAL
00-1-1	69,8	69,8	0	21,4	21,71	0,31	1,25	1,32	0,07	MALO
45-1-1	69,8	69,8	0	21,4	21,55	0,15	1,25	1,24	-0,01	EXCELENTE
90-1-1	69,8	70,04	0,24	21,4	21,44	0,04	1,25	1,26	0,01	EXCELENTE
00-2-2	69,8	69,58	-0,22	21,4	21,66	0,26	1,25	1,29	0,04	MALO
45-2-2	69,8	70,19	0,39	21,4	21,68	0,28	1,25	1,3	0,05	EXCELENTE
90-2-2	69,8	70,43	0,63	21,4	21,52	0,12	1,25	1,25	0	EXCELENTE
00-3-3	69,8	69,65	-0,15	21,4	21,62	0,22	1,25	1,3	0,05	MALO
45-3-3	69,8	70,46	0,66	21,4	21,59	0,19	1,25	1,22	-0,03	EXCELENTE
90-3-3	69,8	71,14	1,34	21,4	21,52	0,12	1,25	1,21	-0,04	EXCELENTE
00-4-2	69,8	69,76	-0,04	21,4	21,78	0,38	1,25	1,3	0,05	MALO
45-4-2	69,8	69,97	0,17	21,4	21,44	0,04	1,25	1,25	0	EXCELENTE
90-4-2	69,8	70,28	0,48	21,4	21,4	0	1,25	1,26	0,01	EXCELENTE
00-5-3	69,8	69,44	-0,36	21,4	21,67	0,27	1,25	1,29	0,04	MALO
45-5-3	69,8	70	0,2	21,4	21,51	0,11	1,25	1,4	0,15	EXCELENTE
90-5-3	69,8	70,3	0,5	21,4	21,51	0,11	1,25	1,31	0,06	EXCELENTE
00-6-1	69,8	69,5	-0,3	21,4	21,5	0,1	1,25	1,28	0,03	MALO
45-6-1	69,8	69,72	-0,08	21,4	21,52	0,12	1,25	1,24	-0,01	EXCELENTE
90-6-1	69,8	69,96	0,16	21,4	21,37	-0,03	1,25	1,17	-0,08	EXCELENTE
00-7-3	69,8	69,56	-0,24	21,4	21,53	0,13	1,25	1,28	0,03	MALO
45-7-3	69,8	70,08	0,28	21,4	21,62	0,22	1,25	1,29	0,04	EXCELENTE
90-7-3	69,8	70,42	0,62	21,4	21,44	0,04	1,25	1,29	0,04	EXCELENTE
00-8-1	69,8	69,41	-0,39	21,4	21,77	0,37	1,25	1,37	0,12	MALO
45-8-1	69,8	69,72	-0,08	21,4	21,58	0,18	1,25	1,34	0,09	EXCELENTE
90-8-1	69,8	69,86	0,06	21,4	21,65	0,25	1,25	1,34	0,09	EXCELENTE
00-9-2	69,8	69,52	-0,28	21,4	21,5	0,1	1,25	1,24	-0,01	MALO
45-9-2	69,8	70,03	0,23	21,4	21,54	0,14	1,25	1,22	-0,03	EXCELENTE
90-9-2	69,8	70,21	0,41	21,4	21,46	0,06	1,25	1,19	-0,06	EXCELENTE

Tabla 15. Cálculo de desviaciones en valor absoluto

PLANTILLA DOBLE										
CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	ASPECTO SUPERFICIAL
00-1-1	140	139,77	0,23	42,98	41,9	1,08	2,54	2,7	0,16	MALO
45-1-1	140	139,78	0,22	42,98	41,88	1,1	2,54	2,61	0,07	MUY BUENO
90-1-1	140	141,04	1,04	42,98	42,87	0,11	2,54	2,71	0,17	EXCELENTE
00-2-2	140	139,78	0,22	42,98	43,12	0,14	2,54	2,7	0,16	MALO
45-2-2	140	139,89	0,11	42,98	43,02	0,04	2,54	2,7	0,16	MUY BUENO
90-2-2	140	140,66	0,66	42,98	41,82	1,16	2,54	2,7	0,16	MUY BUENO
00-3-3	140	139,77	0,23	42,98	41,73	1,25	2,54	2,61	0,07	MALO
45-3-3	140	139,98	0,02	42,98	42,91	0,07	2,54	2,6	0,06	MUY BUENO
90-3-3	140	141,57	1,57	42,98	41,89	1,09	2,54	2,54	0	EXCELENTE
00-4-2	140	139,74	0,26	42,98	42,24	0,74	2,54	2,72	0,18	MALO
45-4-2	140	139,84	0,16	42,98	41,83	1,15	2,54	2,63	0,09	MUY BUENO
90-4-2	140	140,6	0,6	42,98	41,97	1,01	2,54	2,69	0,15	MUY BUENO
00-5-3	140	139,69	0,31	42,98	41,82	1,16	2,54	2,64	0,1	MALO
45-5-3	140	139,64	0,36	42,98	41,63	1,35	2,54	2,6	0,06	EXCELENTE
90-5-3	140	140,5	0,5	42,98	42,91	0,07	2,54	2,69	0,15	MUY BUENO
00-6-1	140	139,69	0,31	42,98	43,11	0,13	2,54	2,64	0,1	MALO
45-6-1	140	139,8	0,2	42,98	41,7	1,28	2,54	2,51	0,03	EXCELENTE
90-6-1	140	140,56	0,56	42,98	42,1	0,88	2,54	2,62	0,08	MUY BUENO
00-7-3	140	139,65	0,35	42,98	41,76	1,22	2,54	2,74	0,2	MALO
45-7-3	140	139,78	0,22	42,98	42,95	0,03	2,54	2,57	0,03	EXCELENTE
90-7-3	140	140,76	0,76	42,98	43,01	0,03	2,54	2,65	0,11	MUY BUENO
00-8-1	140	139,81	0,19	42,98	43,18	0,2	2,54	2,67	0,13	MALO
45-8-1	140	139,68	0,32	42,98	43,05	0,07	2,54	2,63	0,09	EXCELENTE
90-8-1	140	140,23	0,23	42,98	43	0,02	2,54	2,67	0,13	MUY BUENO
00-9-2	140	139,67	0,33	42,98	42,94	0,04	2,54	2,54	0	MALO
45-9-2	140	139,89	0,11	42,98	43,1	0,12	2,54	2,59	0,05	EXCELENTE
90-9-2	140	140,68	0,68	42,98	42,13	0,85	2,54	2,62	0,08	EXCELENTE
PLANTILLA										
CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	ASPECTO SUPERFICIAL
00-1-1	69,8	69,8	0	21,4	21,71	0,31	1,25	1,32	0,07	MALO
45-1-1	69,8	69,8	0	21,4	21,55	0,15	1,25	1,24	0,01	EXCELENTE
90-1-1	69,8	70,04	0,24	21,4	21,44	0,04	1,25	1,26	0,01	EXCELENTE
00-2-2	69,8	69,58	0,22	21,4	21,66	0,26	1,25	1,29	0,04	MALO
45-2-2	69,8	70,19	0,39	21,4	21,68	0,28	1,25	1,3	0,05	EXCELENTE
90-2-2	69,8	70,43	0,63	21,4	21,52	0,12	1,25	1,25	0	EXCELENTE
00-3-3	69,8	69,65	0,15	21,4	21,62	0,22	1,25	1,3	0,05	MALO
45-3-3	69,8	70,46	0,66	21,4	21,59	0,19	1,25	1,22	0,03	EXCELENTE
90-3-3	69,8	71,14	1,34	21,4	21,52	0,12	1,25	1,21	0,04	EXCELENTE
00-4-2	69,8	69,76	0,04	21,4	21,78	0,38	1,25	1,3	0,05	MALO
45-4-2	69,8	69,97	0,17	21,4	21,44	0,04	1,25	1,25	0	EXCELENTE
90-4-2	69,8	70,28	0,48	21,4	21,4	0	1,25	1,26	0,01	EXCELENTE
00-5-3	69,8	69,44	0,36	21,4	21,67	0,27	1,25	1,29	0,04	MALO
45-5-3	69,8	70	0,2	21,4	21,51	0,11	1,25	1,4	0,15	EXCELENTE
90-5-3	69,8	70,3	0,5	21,4	21,51	0,11	1,25	1,31	0,06	EXCELENTE
00-6-1	69,8	69,5	0,3	21,4	21,5	0,1	1,25	1,28	0,03	MALO
45-6-1	69,8	69,72	0,08	21,4	21,52	0,12	1,25	1,24	0,01	EXCELENTE
90-6-1	69,8	69,96	0,16	21,4	21,37	0,03	1,25	1,17	0,08	EXCELENTE
00-7-3	69,8	69,56	0,24	21,4	21,53	0,13	1,25	1,28	0,03	MALO
45-7-3	69,8	70,08	0,28	21,4	21,62	0,22	1,25	1,29	0,04	EXCELENTE
90-7-3	69,8	70,42	0,62	21,4	21,44	0,04	1,25	1,29	0,04	EXCELENTE
00-8-1	69,8	69,41	0,39	21,4	21,77	0,37	1,25	1,37	0,12	MALO
45-8-1	69,8	69,72	0,08	21,4	21,58	0,18	1,25	1,34	0,09	EXCELENTE
90-8-1	69,8	69,86	0,06	21,4	21,65	0,25	1,25	1,34	0,09	EXCELENTE
00-9-2	69,8	69,52	0,28	21,4	21,5	0,1	1,25	1,24	0,01	MALO
45-9-2	69,8	70,03	0,23	21,4	21,54	0,14	1,25	1,22	0,03	EXCELENTE
90-9-2	69,8	70,21	0,41	21,4	21,46	0,06	1,25	1,19	0,06	EXCELENTE

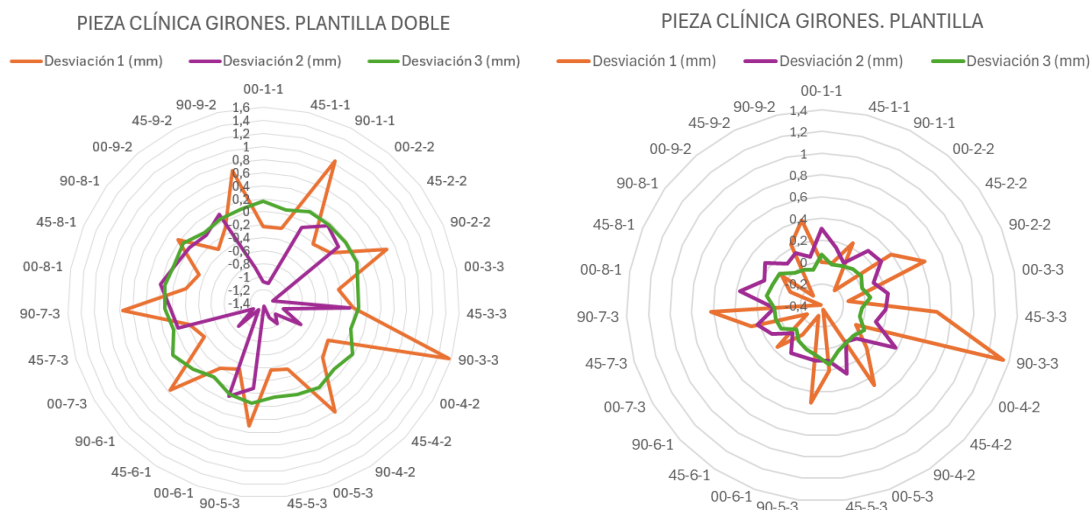


Ilustración 54. Desviaciones de las cotas en función de la posición y orientación de la pieza. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

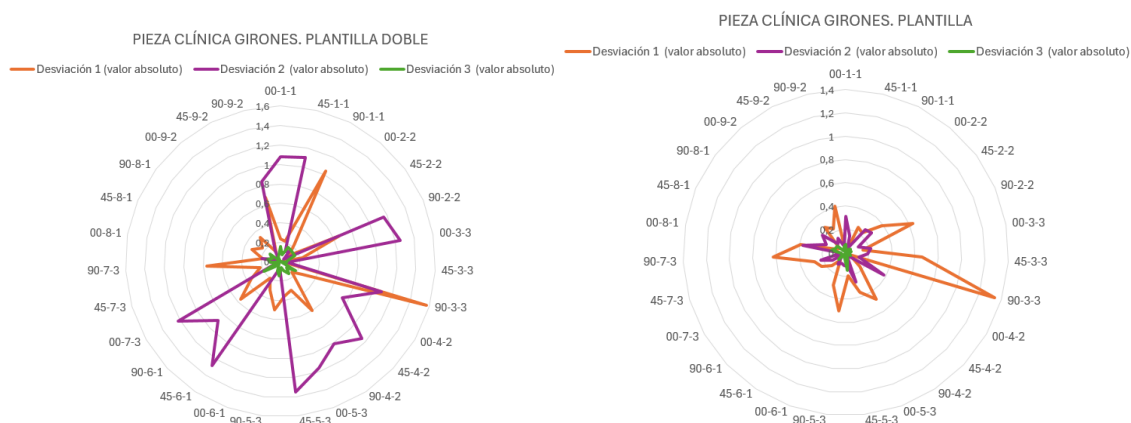


Ilustración 55. Desviaciones en valor absoluto de las cotas en función de la posición y orientación de la pieza. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Para facilitar la interpretación global de los datos, en la tabla siguiente se ha tomado la media de las desviaciones de ambas plantillas en cada una de las localizaciones.

CÓDIGO PIEZA	Desviación 1 Plantilla doble (valor absoluto)	Desviación 1 Plantilla (valor absoluto)	Media desviación 1 (valor absoluto)	Desviación 2 Plantilla doble (valor absoluto)	Desviación 2 Plantilla (valor absoluto)	Media desviación 2 (valor absoluto)	Desviación 3 Plantilla doble (valor absoluto)	Desviación 3 Plantilla (valor absoluto)	Media desviación 3 (valor absoluto)
00-1-1	0,23	0	0,115	1,08	0,31	0,695	0,16	0,07	0,115
45-1-1	0,22	0	0,11	1,1	0,15	0,625	0,07	0,01	0,04
90-1-1	1,04	0,24	0,64	0,11	0,04	0,075	0,17	0,01	0,09
00-2-2	0,22	0,22	0,22	0,14	0,26	0,2	0,16	0,04	0,1
45-2-2	0,11	0,39	0,25	0,04	0,28	0,16	0,16	0,05	0,105
90-2-2	0,66	0,63	0,645	1,16	0,12	0,64	0,16	0	0,08
00-3-3	0,23	0,15	0,19	1,25	0,22	0,735	0,07	0,05	0,06
45-3-3	0,02	0,66	0,34	0,07	0,19	0,13	0,06	0,03	0,045
90-3-3	1,57	1,34	1,455	1,09	0,12	0,605	0	0,04	0,02
00-4-2	0,26	0,04	0,15	0,74	0,38	0,56	0,18	0,05	0,115
45-4-2	0,16	0,17	0,165	1,15	0,04	0,595	0,09	0	0,045
90-4-2	0,6	0,48	0,54	1,01	0	0,505	0,15	0,01	0,08
00-5-3	0,31	0,36	0,335	1,16	0,27	0,715	0,1	0,04	0,07
45-5-3	0,36	0,2	0,28	1,35	0,11	0,73	0,06	0,15	0,105
90-5-3	0,5	0,5	0,5	0,07	0,11	0,09	0,15	0,06	0,105
00-6-1	0,31	0,3	0,305	0,13	0,1	0,115	0,1	0,03	0,065
45-6-1	0,2	0,08	0,14	1,28	0,12	0,7	0,03	0,01	0,02
90-6-1	0,56	0,16	0,36	0,88	0,03	0,455	0,08	0,08	0,08
00-7-3	0,35	0,24	0,295	1,22	0,13	0,675	0,2	0,03	0,115
45-7-3	0,22	0,28	0,25	0,03	0,22	0,125	0,03	0,04	0,035
90-7-3	0,76	0,62	0,69	0,03	0,04	0,035	0,11	0,04	0,075
00-8-1	0,19	0,39	0,29	0,2	0,37	0,285	0,13	0,12	0,125
45-8-1	0,32	0,08	0,2	0,07	0,18	0,125	0,09	0,09	0,09
90-8-1	0,23	0,06	0,145	0,02	0,25	0,135	0,13	0,09	0,11
00-9-2	0,33	0,28	0,305	0,04	0,1	0,07	0	0,01	0,005
45-9-2	0,11	0,23	0,17	0,12	0,14	0,13	0,05	0,03	0,04
90-9-2	0,68	0,41	0,545	0,85	0,06	0,455	0,08	0,06	0,07

De la tabla de resultados y de los gráficos anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La mayor longitud de las piezas (cota 1) es la que más desviación sufre, llegando a una desviación de más de 1.5 mm en una determinada posición y orientación (90-3-3). Las desviaciones más altas corresponde a la orientación 90 grados.
- En general, las piezas son más estrechas que lo que teóricamente deben ser (cota 2).
- La calidad superficial de las piezas orientadas a 0 grados no es lo suficientemente buena por lo que **se descarta su colocación a 0 grados**.
- El espesor de las piezas es constante y presenta pequeñas desviaciones no significativas independientemente de su localización y orientación.

Se analiza nuevamente los datos eliminando la orientación 0 grados.

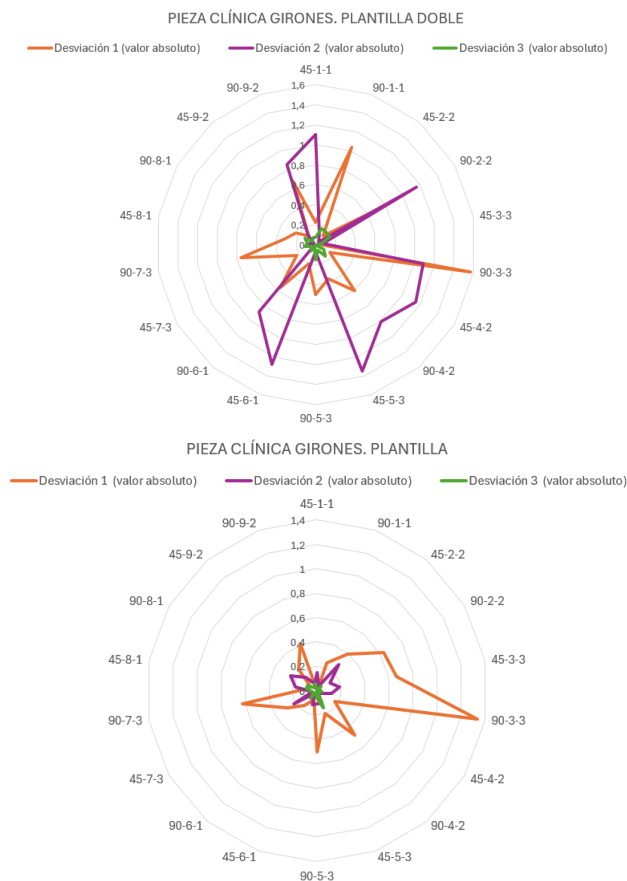


Ilustración 56. Desviaciones en valor absoluto de las cotas en función de la posición y orientación de la pieza eliminando la orientación de 0 grados. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

- La zona de la bandeja que presenta menos desviaciones corresponde a las **posiciones 1, 6, 8 y 9**, ubicadas tal y como se indica en la siguiente imagen.

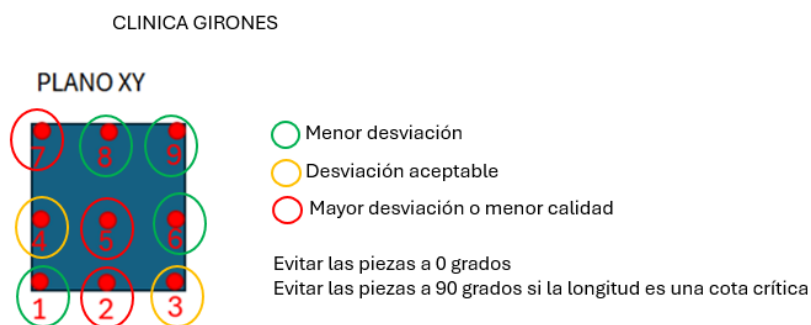


Ilustración 57. Resumen de la mejor posición y orientación para fabricar la pieza de CLÍNICA GIRONÉS. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

2.3.2.2 Demo GH ELECTROTERMIA S.A.U.

Se ha calculado la desviación de las cotas de la pieza entre el valor de la cota teórica y la medición realizada, así como una evaluación visual del aspecto superficial de las piezas.

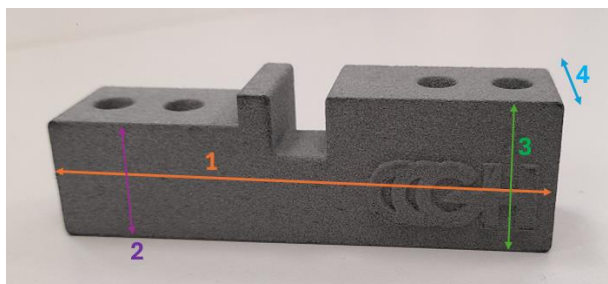


Ilustración 58. Identificación de las cotas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 16. Cálculo de las desviaciones

CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	teórica 4	medida 4	Desviación 4	Aspecto superficial
00-1-1	80	79,9	-0,1	20	19,99	-0,01	25	25,02	0,02	20	19,96	-0,04	BUENO
45-1-1	80	80,13	0,13	20	20,05	0,05	25	24,99	-0,01	20	20,17	0,17	BUENO
90-1-1	80	80,04	0,04	20	20,02	0,02	25	24,99	-0,01	20	20,06	0,06	BUENO
00-2-2	80	80,05	0,05	20	20,1	0,1	25	25,12	0,12	20	20,06	0,06	EXCELENTE
45-2-2	80	80,25	0,25	20	20,14	0,14	25	25,16	0,16	20	20,14	0,14	EXCELENTE
90-2-2	80	80,48	0,48	20	20,07	0,07	25	25,07	0,07	20	20,16	0,16	EXCELENTE
00-3-3	80	79,95	-0,05	20	19,99	-0,01	25	25,01	0,01	20	20,16	0,16	NO TAN BUENO
45-3-3	80	79,86	-0,14	20	20,05	0,05	25	24,99	-0,01	20	19,93	-0,07	EXCELENTE
90-3-3	80	81,02	1,02	20	20,01	0,01	25	25,01	0,01	20	19,95	-0,05	NO TAN BUENO
00-4-2	80	79,93	-0,07	20	20,01	0,01	25	25,05	0,05	20	20,07	0,07	NO TAN BUENO
45-4-2	80	80,26	0,26	20	20,06	0,06	25	25,06	0,06	20	20,12	0,12	BUENO
90-4-2	80	80,58	0,58	20	19,96	-0,04	25	24,98	-0,02	20	20,06	0,06	EXCELENTE
00-5-3	80	80,03	0,03	20	20,03	0,03	25	25,14	0,14	20	20,13	0,13	EXCELENTE
45-5-3	80	79,85	-0,15	20	20,15	0,15	25	25,02	0,02	20	20,16	0,16	EXCELENTE
90-5-3	80	79,82	-0,18	20	20,16	0,16	25	25,12	0,12	20	20,16	0,16	EXCELENTE
00-6-1	80	79,96	-0,04	20	20	0	25	25	0	20	19,98	-0,02	BUENO
45-6-1	80	80,04	0,04	20	20,02	0,02	25	25	0	20	20	0	EXCELENTE
90-6-1	80	80,1	0,1	20	19,98	-0,02	25	24,96	-0,04	20	19,95	-0,05	BUENO
00-7-3	80	79,93	-0,07	20	20,06	0,06	25	25,04	0,04	20	20,31	0,31	BUENO
45-7-3	80	80	0	20	20,14	0,14	25	25,13	0,13	20	20	0	EXCELENTE
90-7-3	80	79,99	-0,01	20	20,16	0,16	25	25,04	0,04	20	20,06	0,06	EXCELENTE
00-8-1	80	80,1	0,1	20	20,19	0,19	25	25,15	0,15	20	20,07	0,07	NO TAN BUENO
45-8-1	80	80,16	0,16	20	20,15	0,15	25	25,15	0,15	20	20,13	0,13	NO TAN BUENO
90-8-1	80	80,03	0,03	20	20,17	0,17	25	25,13	0,13	20	20,11	0,11	EXCELENTE
00-9-2	80	79,79	-0,21	20	20,01	0,01	25	25,07	0,07	20	20,09	0,09	NO TAN BUENO
45-9-2	80	80,18	0,18	20	20,06	0,06	25	25,06	0,06	20	20,1	0,1	EXCELENTE
90-9-2	80	80,36	0,36	20	20,01	0,01	25	25,03	0,03	20	19,97	-0,03	EXCELENTE

Además, se han obtenido las desviaciones en valor absoluto, valorando las desviaciones independientemente de si la pieza es más o menos grande con respecto al valor teórico.

Tabla 17. Cálculo de las desviaciones en valor absoluto

CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1 (valor absoluto)	teórica 2	medida 2	Desviación 2 (valor absoluto)	teórica 3	medida 3	Desviación 3 (valor absoluto)	teórica 4	medida 4	Desviación 4 (valor absoluto)	Aspecto superficial
00-1-1	80	79,9	0,1	20	19,99	0,01	25	25,02	0,02	20	19,96	0,04	BUENO
45-1-1	80	80,13	0,13	20	20,05	0,05	25	24,99	0,01	20	20,17	0,17	BUENO
90-1-1	80	80,04	0,04	20	20,02	0,02	25	24,99	0,01	20	20,06	0,06	BUENO
00-2-2	80	80,05	0,05	20	20,1	0,1	25	25,12	0,12	20	20,06	0,06	EXCELENTE
45-2-2	80	80,25	0,25	20	20,14	0,14	25	25,16	0,16	20	20,14	0,14	EXCELENTE
90-2-2	80	80,48	0,48	20	20,07	0,07	25	25,07	0,07	20	20,16	0,16	EXCELENTE
00-3-3	80	79,95	0,05	20	19,99	0,01	25	25,01	0,01	20	20,16	0,16	NO TAN BUENO
45-3-3	80	79,86	0,14	20	20,05	0,05	25	24,99	0,01	20	19,93	0,07	EXCELENTE
90-3-3	80	81,02	1,02	20	20,01	0,01	25	25,01	0,01	20	19,95	0,05	NO TAN BUENO
00-4-2	80	79,93	0,07	20	20,01	0,01	25	25,05	0,05	20	20,07	0,07	NO TAN BUENO
45-4-2	80	80,26	0,26	20	20,06	0,06	25	25,06	0,06	20	20,12	0,12	BUENO
90-4-2	80	80,58	0,58	20	19,96	0,04	25	24,98	0,02	20	20,06	0,06	EXCELENTE
00-5-3	80	80,03	0,03	20	20,03	0,03	25	25,14	0,14	20	20,13	0,13	EXCELENTE
45-5-3	80	79,85	0,15	20	20,15	0,15	25	25,02	0,02	20	20,16	0,16	EXCELENTE
90-5-3	80	79,82	0,18	20	20,16	0,16	25	25,12	0,12	20	20,16	0,16	EXCELENTE
00-6-1	80	79,96	0,04	20	20	0	25	25	0	20	19,98	0,02	BUENO
45-6-1	80	80,04	0,04	20	20,02	0,02	25	25	0	20	20	0	EXCELENTE
90-6-1	80	80,1	0,1	20	19,98	0,02	25	24,96	0,04	20	19,95	0,05	BUENO
00-7-3	80	79,93	0,07	20	20,06	0,06	25	25,04	0,04	20	20,26	0,26	BUENO
45-7-3	80	80	0	20	20,14	0,14	25	25,13	0,13	20	20	0	EXCELENTE
90-7-3	80	79,99	0,01	20	20,16	0,16	25	25,04	0,04	20	20,06	0,06	EXCELENTE
00-8-1	80	80,1	0,1	20	20,19	0,19	25	25,15	0,15	20	20,07	0,07	NO TAN BUENO
45-8-1	80	80,16	0,16	20	20,15	0,15	25	25,15	0,15	20	20,13	0,13	NO TAN BUENO
90-8-1	80	80,03	0,03	20	20,17	0,17	25	25,13	0,13	20	20,11	0,11	EXCELENTE
00-9-2	80	79,79	0,21	20	20,01	0,01	25	25,07	0,07	20	20,09	0,09	NO TAN BUENO
45-9-2	80	80,18	0,18	20	20,06	0,06	25	25,06	0,06	20	20,1	0,1	EXCELENTE
90-9-2	80	80,36	0,36	20	20,01	0,01	25	25,03	0,03	20	19,97	0,03	EXCELENTE

Tabla 18. Desviaciones mayores de 0.2 mm

CÓDIGO PIEZA	Desviación 1 (valor absoluto)	Desviación 2 (valor absoluto)	Desviación 3 (valor absoluto)	Desviación 4 (valor absoluto)	Aspecto superficial
00-1-1	0,1	0,01	0,02	0,04	BUENO
45-1-1	0,13	0,05	0,01	0,17	BUENO
90-1-1	0,04	0,02	0,01	0,06	BUENO
00-2-2	0,05	0,1	0,12	0,06	EXCELENTE
45-2-2	0,25	0,14	0,16	0,14	EXCELENTE
90-2-2	0,48	0,07	0,07	0,16	EXCELENTE
00-3-3	0,05	0,01	0,01	0,16	NO TAN BUENO
45-3-3	0,14	0,05	0,01	0,07	EXCELENTE
90-3-3	1,02	0,01	0,01	0,05	NO TAN BUENO
00-4-2	0,07	0,01	0,05	0,07	NO TAN BUENO
45-4-2	0,26	0,06	0,06	0,12	BUENO
90-4-2	0,58	0,04	0,02	0,06	EXCELENTE
00-5-3	0,03	0,03	0,14	0,13	EXCELENTE
45-5-3	0,15	0,15	0,02	0,16	EXCELENTE
90-5-3	0,18	0,16	0,12	0,16	EXCELENTE
00-6-1	0,04	0	0	0,02	BUENO
45-6-1	0,04	0,02	0	0	EXCELENTE
90-6-1	0,1	0,02	0,04	0,05	BUENO
00-7-3	0,07	0,06	0,04	0,26	BUENO
45-7-3	0	0,14	0,13	0	EXCELENTE
90-7-3	0,01	0,16	0,04	0,06	EXCELENTE
00-8-1	0,1	0,19	0,15	0,07	NO TAN BUENO
45-8-1	0,16	0,15	0,15	0,13	NO TAN BUENO
90-8-1	0,03	0,17	0,13	0,11	EXCELENTE
00-9-2	0,21	0,01	0,07	0,09	NO TAN BUENO
45-9-2	0,18	0,06	0,06	0,1	EXCELENTE
90-9-2	0,36	0,01	0,03	0,03	EXCELENTE

A continuación, se muestran los resultados gráficamente facilitando la interpretación de los mismos.

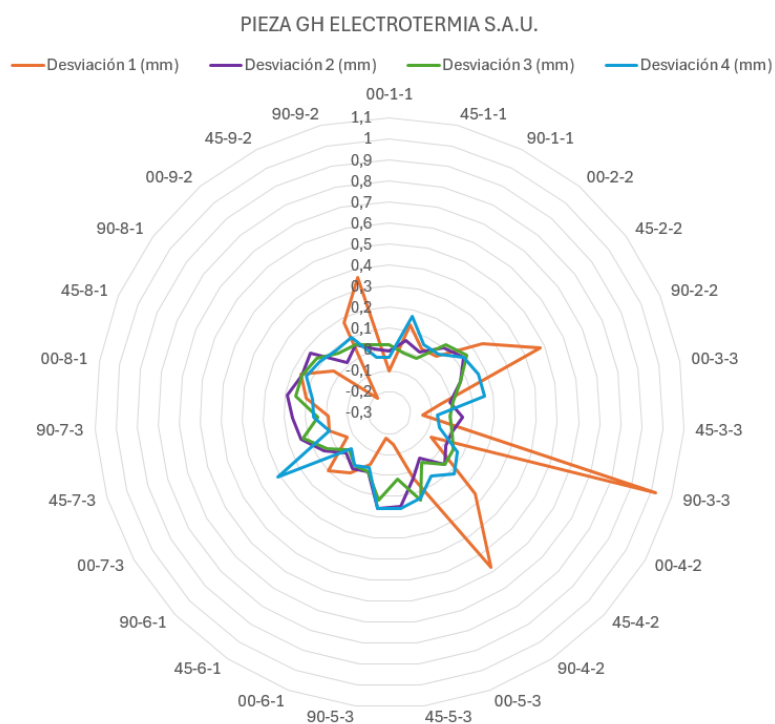


Ilustración 59. Desviaciones de las cotas en función de la posición y orientación de la pieza. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

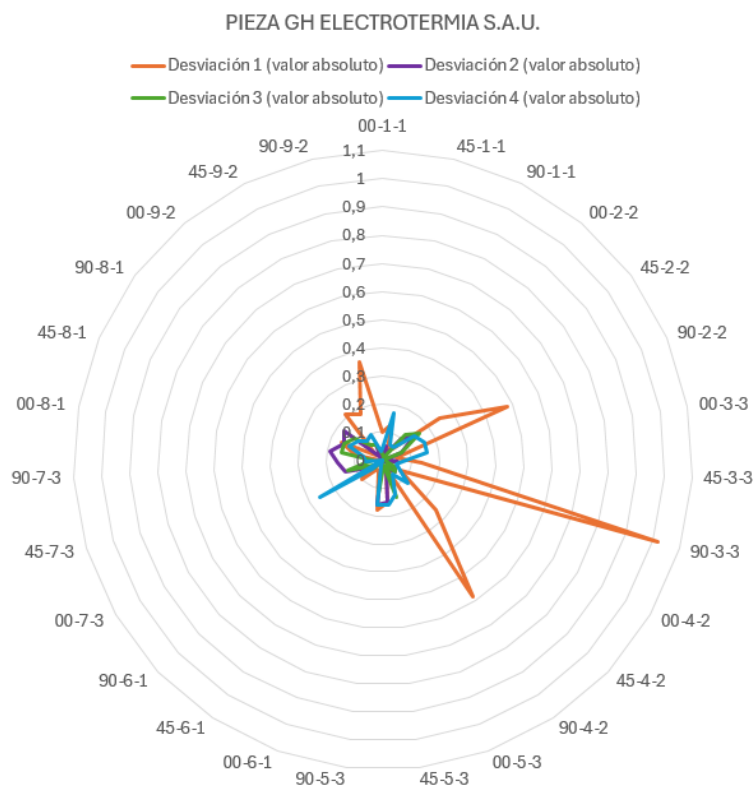


Ilustración 60. Desviaciones en valor absoluto de las cotas en función de la posición y orientación de la pieza

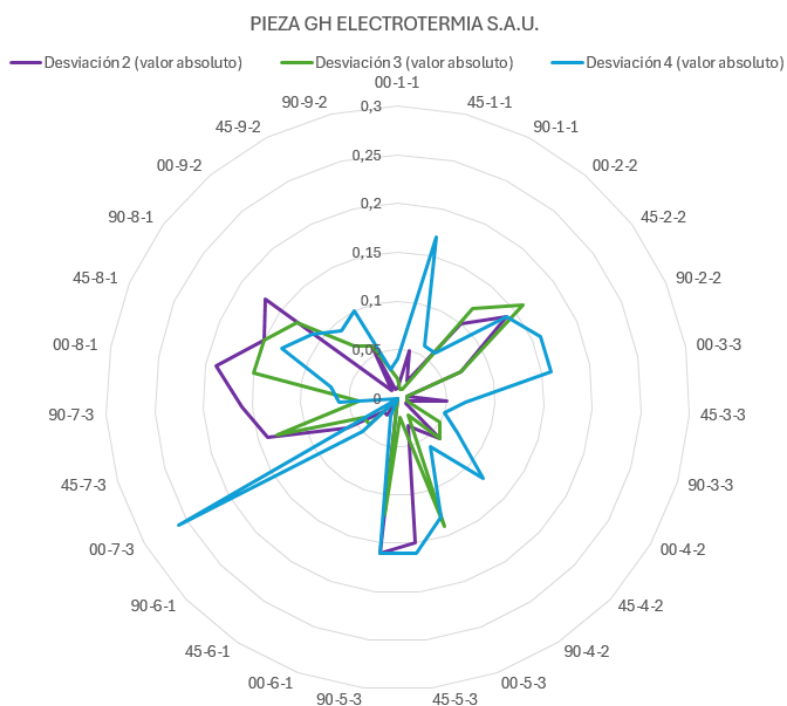


Ilustración 61. Desviaciones en valor absoluto de las cotas en función de la posición y orientación de la pieza eliminando la cota 1. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

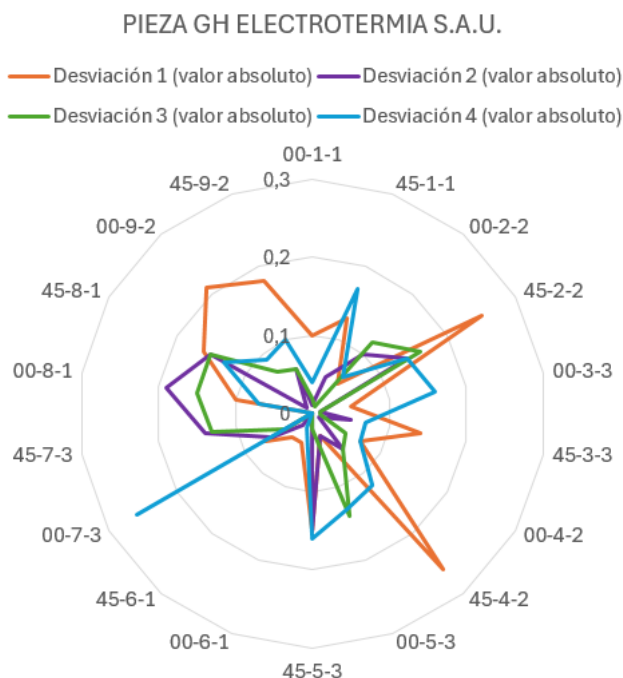


Ilustración 62. Desviaciones en valor absoluto de las cotas en función de la posición sin considerar la orientación 90 grados. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

De la tabla de resultados y del gráfico anterior ([Ilustración 59](#)~~Ilustración 59~~~~Ilustración 36~~) se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La altura de las piezas (cota 2 y 3) son las más estables independientemente de la posición y orientación, con valores entre desviaciones entre 0.1 y 0.2 mm habituales en esta tecnología de FA.
- La mayor longitud de las piezas (cota 1) es la que más desviación sufre, llegando a una desviación de más de 1 mm en una determinada posición y orientación (90-3-3). Además, cabe destacar que en esta cota 1, las orientaciones que presentan mayor desviación son las de 90 grados con desviaciones de 0.6 mm. Por lo tanto, se puede concluir que **no se coloquen las piezas a 90 grados**.
- El ancho de la pieza (cota 4) tiene menor desviación en la orientación 90 grados pero las desviaciones son más estables comprendidas entre 0.1 y 0.2 mm.
- En general la pieza se desvía positivamente, recreciendo.
- Con respecto a la calidad superficial, la posición 3 y 8 son las que presentan piezas con menor calidad superficial.
- Analizando los datos se observa que la **posición 6** es la mejor ya que ninguna cota de las tres piezas fabricadas tiene una desviación de más de 0.15 mm.

GH ELECTROTERMIA

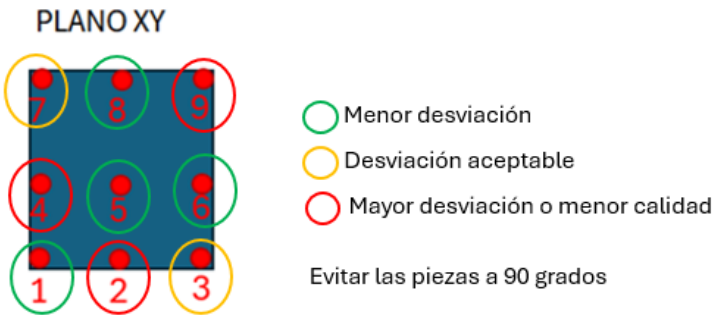


Ilustración 63. Resumen de la mejor posición y orientación para fabricar la pieza de GH ELECTROTERMIA. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Con respecto a la medida de la carcasa, a continuación se muestra los resultados de las desviaciones dimensionales:

Tabla 191929. Desviaciones de las cotas medidas de la carcasa

	DIMENSIÓN TEÓRICA (mm)	DIMENSIÓN Poliamida 12 Máquina MJF HP 5200 (mm)	Desviación Poliamida 12 Máquina MJF HP 5200 (mm)	DIMENSIÓN Resina Hard Máquina Photocentric Liquid Cristal Magma (mm)	Desviación Resina Hard Máquina Photocentric Liquid Cristal Magma (mm)
COTA 1	76,5	76,65	0,15	76,14	-0,36
COTA 2	109	109,79	0,79	109,98	0,98
COTA 3	109	109,45	0,45	112,12	3,12
COTA 4	109	109,71	0,71	112,21	3,21
COTA 5	76,5	76,34	-0,16	75,89	-0,61
COTA 6	55	55,18	0,18	56,33	1,33
COTA 7	55	55,36	0,36	58,29	3,29
COTA 8	55	55,07	0,07	57,02	2,02
COTA 9	141	141,51	0,51	140,91	-0,09
COTA 10	141	141,2	0,2	140,15	-0,85
COTA 11	141	141,2	0,2	141,16	0,16
COTA 12	305	306,21	1,21	308,75	3,75
COTA 13	305	305,65	0,65	310,52	5,52
COTA 14	305	306,26	1,26	307,93	2,93
Media de desviaciones			0,47		1,74

Tabla 202021. Desviaciones mayores de 0.2 mm

	DIMENSIÓN TEÓRICA (mm)	Desviación Poliamida 12 Máquina MJF HP 5200 Valor absoluto (mm)	Desviación Resina Hard Máquina Photocentric Liquid Cristal Magma Valor absoluto (mm)
COTA 1	76,5	0,15	0,36
COTA 2	109	0,79	0,98
COTA 3	109	0,45	3,12
COTA 4	109	0,71	3,21
COTA 5	76,5	0,16	0,61
COTA 6	55	0,18	1,33
COTA 7	55	0,36	3,29
COTA 8	55	0,07	2,02
COTA 9	141	0,51	0,09
COTA 10	141	0,2	0,85
COTA 11	141	0,2	0,16
COTA 12	305	1,21	3,75
COTA 13	305	0,65	5,52
COTA 14	305	1,26	2,93
Media de desviaciones		0,49	2,02

Con respecto a las medidas realizadas, cabe destacar que la pieza fabricada con la tecnología de lecho de polvo obtiene menores desviaciones dimensionales, siendo éstas menor de 0.2 mm para las cotas de menos de 80 mm.

Ambas piezas han sido probadas por la empresa, obteniendo los siguientes resultados: La pieza fabricada en Poliamida 12 con la máquina MJF HP 5200 encaja perfectamente pero la pieza fabricada con la resina Hard en la Máquina Photocentric Liquid Cristal Magma no encaja debido a las deformaciones que tiene, deja huecos con respecto a las paredes del equipo donde debe acoplar.



Poliamida 12
Máquina MJF HP 5200

Resina Hard
Máquina Photocentric Liquid
Cristal Magma

Ilustración 64. Comparativa entre la carcasa fabricada en poliamida 12 con la máquina MJF HP5200 y la Resina Hard de la máquina Phoptocentric Liquid Cristal Magma

2.3.2.3 Demo VALVER SPEED AIR S.L.

Se ha calculado la desviación de las cotas de la pieza entre el valor de la cota teórica y la medición realizada, así como una evaluación del encaje con aro.

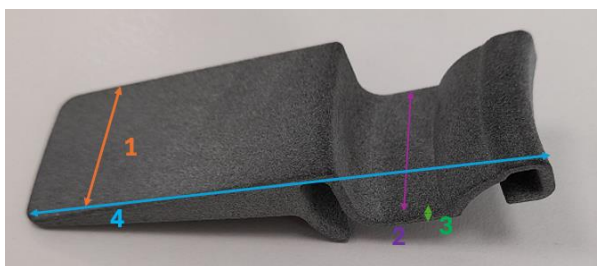


Ilustración 65. Identificación de las cotas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 212122. Cálculo de desviaciones

CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	teórica 4	medida 4	Desviación 4	ENCAJE CON ARO	FORZAD O
00-1-1	25	25,1	0,1	25	25,02	0,02	1,5	1,6	0,1	75,2	76	0,8	SI	NO
45-1-1	25	25,04	0,04	25	24,97	-0,03	1,5	1,55	0,05	75,2	76,39	1,19	SI	NO
90-1-1	25	25	0	25	24,93	-0,07	1,5	1,52	0,02	75,2	76,77	1,57	SI	NO
00-2-2	25	25,22	0,22	25	25,17	0,17	1,5	1,64	0,14	75,2	76,26	1,06	SI	SI
45-2-2	25	25,13	0,13	25	25,11	0,11	1,5	1,57	0,07	75,2	76,51	1,31	SI	SI
90-2-2	25	25,12	0,12	25	25,04	0,04	1,5	1,53	0,03	75,2	76,24	1,04	SI	NO
00-3-3	25	25,11	0,11	25	25,05	0,05	1,5	1,52	0,02	75,2	76,14	0,94	SI	SI
45-3-3	25	25,09	0,09	25	24,97	-0,03	1,5	1,48	-0,02	75,2	77,03	1,83	SI	NO
90-3-3	25	25,1	0,1	25	24,97	-0,03	1,5	1,49	-0,01	75,2	77,01	1,81	SI	NO
00-4-2	25	25,07	0,07	25	24,98	-0,02	1,5	1,59	0,09	75,2	76,02	0,82	SI	NO
45-4-2	25	25,08	0,08	25	24,98	-0,02	1,5	1,53	0,03	75,2	75,64	0,44	SI	NO
90-4-2	25	25,06	0,06	25	24,99	-0,01	1,5	1,55	0,05	75,2	76,61	1,41	SI	NO
00-5-3	25	25,19	0,19	25	25,09	0,09	1,5	1,64	0,14	75,2	76,65	1,45	SI	SI
45-5-3	25	25,2	0,2	25	25,12	0,12	1,5	1,57	0,07	75,2	76,65	1,45	SI	NO
90-5-3	25	25,17	0,17	25	25,19	0,19	1,5	1,61	0,11	75,2	76,94	1,74	SI	NO
00-6-1	25	25,08	0,08	25	25,04	0,04	1,5	1,53	0,03	75,2	76,13	0,93	SI	SI
45-6-1	25	25,05	0,05	25	24,98	-0,02	1,5	1,46	-0,04	75,2	75,95	0,75	SI	NO
90-6-1	25	25,05	0,05	25	24,93	-0,07	1,5	1,47	-0,03	75,2	76,3	1,1	SI	NO
00-7-3	25	25,16	0,16	25	25,02	0,02	1,5	1,63	0,13	75,2	75,99	0,79	SI	SI
45-7-3	25	25,07	0,07	25	24,99	-0,01	1,5	1,55	0,05	75,2	76,14	0,94	SI	NO
90-7-3	25	25,1	0,1	25	25,06	0,06	1,5	1,6	0,1	75,2	77,09	1,89	SI	NO
00-8-1	25	25,27	0,27	25	25,14	0,14	1,5	1,72	0,22	75,2	76,28	1,08	SI	SI
45-8-1	25	25,16	0,16	25	25,03	0,03	1,5	1,61	0,11	75,2	76,39	1,19	SI	SI
90-8-1	25	25,15	0,15	25	25,06	0,06	1,5	1,58	0,08	75,2	76,13	0,93	SI	SI
00-9-2	25	25,07	0,07	25	25,09	0,09	1,5	1,54	0,04	75,2	76,06	0,86	SI	NO
45-9-2	25	25,06	0,06	25	24,99	-0,01	1,5	1,47	-0,03	75,2	76,11	0,91	SI	NO
90-9-2	25	25,06	0,06	25	25,07	0,07	1,5	1,49	-0,01	75,2	76,32	1,12	SI	NO

La medida relacionada con la cota 4 ha sido complicada de realizar porque no es una cara plana, se ha buscado la cota máxima pero no se puede garantizar que la medida tomada sea correcta, por ese motivo se ha descartado del estudio quedando de este modo la tabla con los cálculos de desviaciones.

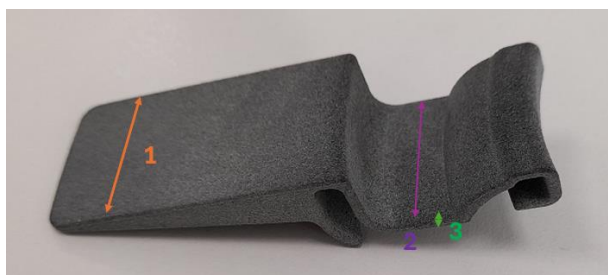


Ilustración 66. Identificación de las cotas consideradas para el estudio. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 222223. Cálculo de desviaciones sin la cota 4

CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	ENCAJE CON ARO	FORZAD O
00-1-1	25	25,1	0,1	25	25,02	0,02	1,5	1,6	0,1	SI	NO
45-1-1	25	25,04	0,04	25	24,97	-0,03	1,5	1,55	0,05	SI	NO
90-1-1	25	25	0	25	24,93	-0,07	1,5	1,52	0,02	SI	NO
00-2-2	25	25,22	0,22	25	25,17	0,17	1,5	1,64	0,14	SI	SI
45-2-2	25	25,13	0,13	25	25,11	0,11	1,5	1,57	0,07	SI	SI
90-2-2	25	25,12	0,12	25	25,04	0,04	1,5	1,53	0,03	SI	NO
00-3-3	25	25,11	0,11	25	25,05	0,05	1,5	1,52	0,02	SI	SI
45-3-3	25	25,09	0,09	25	24,97	-0,03	1,5	1,48	-0,02	SI	NO
90-3-3	25	25,1	0,1	25	24,97	-0,03	1,5	1,49	-0,01	SI	NO
00-4-2	25	25,07	0,07	25	24,98	-0,02	1,5	1,59	0,09	SI	NO
45-4-2	25	25,08	0,08	25	24,98	-0,02	1,5	1,53	0,03	SI	NO
90-4-2	25	25,06	0,06	25	24,99	-0,01	1,5	1,55	0,05	SI	NO
00-5-3	25	25,19	0,19	25	25,09	0,09	1,5	1,64	0,14	SI	SI
45-5-3	25	25,2	0,2	25	25,12	0,12	1,5	1,57	0,07	SI	NO
90-5-3	25	25,17	0,17	25	25,19	0,19	1,5	1,61	0,11	SI	NO
00-6-1	25	25,08	0,08	25	25,04	0,04	1,5	1,53	0,03	SI	SI
45-6-1	25	25,05	0,05	25	24,98	-0,02	1,5	1,46	-0,04	SI	NO
90-6-1	25	25,05	0,05	25	24,93	-0,07	1,5	1,47	-0,03	SI	NO
00-7-3	25	25,16	0,16	25	25,02	0,02	1,5	1,63	0,13	SI	SI
45-7-3	25	25,07	0,07	25	24,99	-0,01	1,5	1,55	0,05	SI	NO
90-7-3	25	25,1	0,1	25	25,06	0,06	1,5	1,6	0,1	SI	NO
00-8-1	25	25,27	0,27	25	25,14	0,14	1,5	1,72	0,22	SI	SI
45-8-1	25	25,16	0,16	25	25,03	0,03	1,5	1,61	0,11	SI	SI
90-8-1	25	25,15	0,15	25	25,06	0,06	1,5	1,58	0,08	SI	SI
00-9-2	25	25,07	0,07	25	25,09	0,09	1,5	1,54	0,04	SI	NO
45-9-2	25	25,06	0,06	25	24,99	-0,01	1,5	1,47	-0,03	SI	NO
90-9-2	25	25,06	0,06	25	25,07	0,07	1,5	1,49	-0,01	SI	NO

Tabla 232324. Cálculo de desviaciones en valor absoluto sin la cota 4

CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1 (valor absoluto)	teórica 2	medida 2	Desviación 2 (valor absoluto)	teórica 3	medida 3	Desviación 3 (valor absoluto)
00-1-1	25	25,1	0,1	25	25,02	0,02	1,5	1,6	0,1
45-1-1	25	25,04	0,04	25	24,97	0,03	1,5	1,55	0,05
90-1-1	25	25	0	25	24,93	0,07	1,5	1,52	0,02
00-2-2	25	25,22	0,22	25	25,17	0,17	1,5	1,64	0,14
45-2-2	25	25,13	0,13	25	25,11	0,11	1,5	1,57	0,07
90-2-2	25	25,12	0,12	25	25,04	0,04	1,5	1,53	0,03
00-3-3	25	25,11	0,11	25	25,05	0,05	1,5	1,52	0,02
45-3-3	25	25,09	0,09	25	24,97	0,03	1,5	1,48	0,02
90-3-3	25	25,1	0,1	25	24,97	0,03	1,5	1,49	0,01
00-4-2	25	25,07	0,07	25	24,98	0,02	1,5	1,59	0,09
45-4-2	25	25,08	0,08	25	24,98	0,02	1,5	1,53	0,03
90-4-2	25	25,06	0,06	25	24,99	0,01	1,5	1,55	0,05
00-5-3	25	25,19	0,19	25	25,09	0,09	1,5	1,64	0,14
45-5-3	25	25,2	0,2	25	25,12	0,12	1,5	1,57	0,07
90-5-3	25	25,17	0,17	25	25,19	0,19	1,5	1,61	0,11
00-6-1	25	25,08	0,08	25	25,04	0,04	1,5	1,53	0,03
45-6-1	25	25,05	0,05	25	24,98	0,02	1,5	1,46	0,04
90-6-1	25	25,05	0,05	25	24,93	0,07	1,5	1,47	0,03
00-7-3	25	25,16	0,16	25	25,02	0,02	1,5	1,63	0,13
45-7-3	25	25,07	0,07	25	24,99	0,01	1,5	1,55	0,05
90-7-3	25	25,1	0,1	25	25,06	0,06	1,5	1,6	0,1
00-8-1	25	25,27	0,27	25	25,14	0,14	1,5	1,72	0,22
45-8-1	25	25,16	0,16	25	25,03	0,03	1,5	1,61	0,11
90-8-1	25	25,15	0,15	25	25,06	0,06	1,5	1,58	0,08
00-9-2	25	25,07	0,07	25	25,09	0,09	1,5	1,54	0,04
45-9-2	25	25,06	0,06	25	24,99	0,01	1,5	1,47	0,03
90-9-2	25	25,06	0,06	25	25,07	0,07	1,5	1,49	0,01

Tabla 242425. Desviaciones mayores de 0.2 mm

CÓDIGO PIEZA	Desviación 1 (valor absoluto)	Desviación 2 (valor absoluto)	Desviación 3 (valor absoluto)
00-1-1	0,1	0,02	0,1
45-1-1	0,04	0,03	0,05
90-1-1	0	0,07	0,02
00-2-2	0,22	0,17	0,14
45-2-2	0,13	0,11	0,07
90-2-2	0,12	0,04	0,03
00-3-3	0,11	0,05	0,02
45-3-3	0,09	0,03	0,02
90-3-3	0,1	0,03	0,01
00-4-2	0,07	0,02	0,09
45-4-2	0,08	0,02	0,03
90-4-2	0,06	0,01	0,05
00-5-3	0,19	0,09	0,14
45-5-3	0,2	0,12	0,07
90-5-3	0,17	0,19	0,11
00-6-1	0,08	0,04	0,03
45-6-1	0,05	0,02	0,04
90-6-1	0,05	0,07	0,03
00-7-3	0,16	0,02	0,13
45-7-3	0,07	0,01	0,05
90-7-3	0,1	0,06	0,1
00-8-1	0,27	0,14	0,22
45-8-1	0,16	0,03	0,11
90-8-1	0,15	0,06	0,08
00-9-2	0,07	0,09	0,04
45-9-2	0,06	0,01	0,03
90-9-2	0,06	0,07	0,01

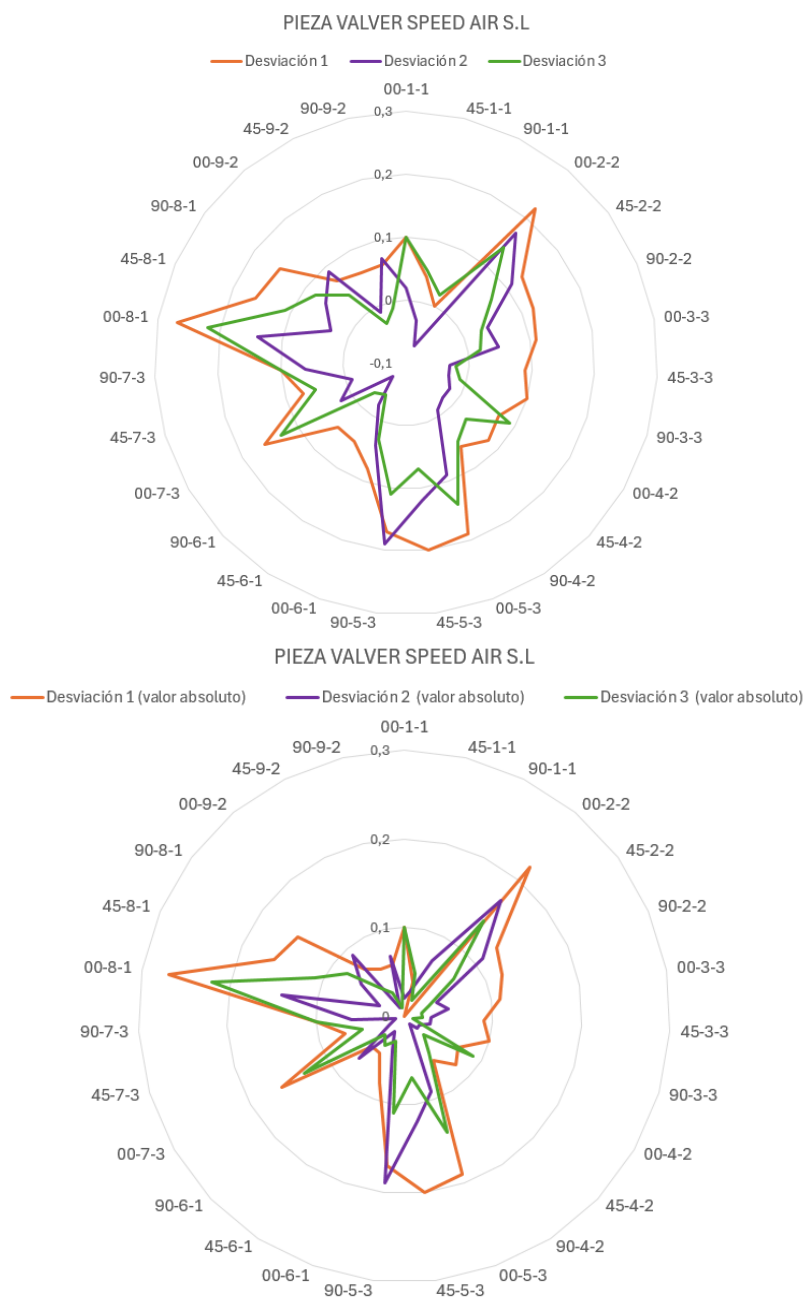


Ilustración 67. Desviaciones de las cotas en función de la posición y orientación de la pieza. En el diagrama de la izquierda las desviaciones en valor absoluto. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

De la tabla de resultados y de los gráficos anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En general las desviaciones son menores de 0.2 mm, en la gran mayoría de posiciones y orientaciones con desviaciones menores de 0.1 mm.
- La orientación de piezas que mayor desviación presenta son las piezas fabricadas a 0 grados. Por lo tanto, se **descarta la colocación de las piezas a 0 grados**.
- Con respecto a las posiciones, en general todas las posiciones son correctas a excepción de 2 y la 8. La 5 presenta desviaciones aceptables.
- Las posiciones de las esquinas del volumen de fabricación son las que menor desviación dimensional presentan.



Ilustración 68. Resumen de la mejor posición y orientación para fabricar la pieza de VALVER SPEED AIR. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

2.3.2.4 Demo CLAM DESARROLLO S.L.

Se ha calculado la desviación de las cotas de la pieza entre el valor de la cota teórica y la medición realizada.

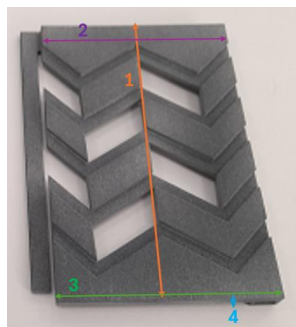


Ilustración 69- Identificación de las cotas. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 252526. Cálculo de las desviaciones

PIEZA 1												
CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	teórica 4	medida 4	Desviación 4
00-1-1	120	119,98	-0,02	77,85	77,91	0,06	77,85	77,89	0,04	4	3,9	-0,1
45-1-1	120	119,97	-0,03	77,85	78,05	0,2	77,85	78,12	0,27	4	4,01	0,01
90-1-1	120	120,25	0,25	77,85	77,89	0,04	77,85	77,93	0,08	4	4,06	0,06
00-2-2	120	120,01	0,01	77,85	77,96	0,11	77,85	77,86	0,01	4	3,95	-0,05
45-2-2	120	120,13	0,13	77,85	78,01	0,16	77,85	78,11	0,26	4	4,07	0,07
90-2-2	120	120,07	0,07	77,85	77,81	-0,04	77,85	77,89	0,04	4	4,08	0,08
00-3-3	120	119,84	-0,16	77,85	77,82	-0,03	77,85	77,73	-0,12	4	3,89	-0,11
45-3-3	120	120,17	0,17	77,85	77,85	0	77,85	77,9	0,05	4	3,99	-0,01
90-3-3	120	120,06	0,06	77,85	77,76	-0,09	77,85	77,81	-0,04	4	4	0
00-4-2	120	120,01	0,01	77,85	78	0,15	77,85	78,05	0,2	4	3,96	-0,04
45-4-2	120	120,09	0,09	77,85	77,97	0,12	77,85	78,12	0,27	4	4,09	0,09
90-4-2	120	120,03	0,03	77,85	77,95	0,1	77,85	78,06	0,21	4	4,1	0,1
00-5-3	120	120,07	0,07	77,85	77,93	0,08	77,85	78,01	0,16	4	3,99	-0,01
45-5-3	120	120,14	0,14	77,85	78	0,15	77,85	78,16	0,31	4	4,08	0,08
90-5-3	120	120,16	0,16	77,85	77,94	0,09	77,85	78,04	0,19	4	4,1	0,1
00-6-1	120	119,74	-0,26	77,85	77,64	-0,21	77,85	77,62	-0,23	4	3,9	-0,1
45-6-1	120	119,89	-0,11	77,85	77,84	-0,01	77,85	77,85	0	4	3,99	-0,01
90-6-1	120	120,02	0,02	77,85	77,88	0,03	77,85	77,92	0,07	4	4,04	0,04
00-7-3	120	120,03	0,03	77,85	77,86	0,01	77,85	78	0,15	4	4	0
45-7-3	120	120,23	0,23	77,85	77,9	0,05	77,85	78,08	0,23	4	4,09	0,09
90-7-3	120	120,35	0,35	77,85	77,95	0,1	77,85	77,93	0,08	4	4,09	0,09
00-8-1	120	120,17	0,17	77,85	77,91	0,06	77,85	77,9	0,05	4	3,99	-0,01
45-8-1	120	120,17	0,17	77,85	77,96	0,11	77,85	78,09	0,24	4	4,09	0,09
90-8-1	120	120,03	0,03	77,85	78,02	0,17	77,85	78,02	0,17	4	4,13	0,13
00-9-2	120	120	0	77,85	77,89	0,04	77,85	77,84	-0,01	4	3,95	-0,05
45-9-2	120	120,11	0,11	77,85	77,69	-0,16	77,85	77,81	-0,04	4	4,08	0,08
90-9-2	120	120,28	0,28	77,85	77,78	-0,07	77,85	77,84	-0,01	4	4,1	0,1
PIEZA 2												
CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1	teórica 2	medida 2	Desviación 2	teórica 3	medida 3	Desviación 3	teórica 4	medida 4	Desviación 4
00-1-1	120	119,91	-0,09	77,85	77,88	0,03	77,85	77,87	0,02	4	3,9	-0,1
45-1-1	120	120	0	77,85	78	0,15	77,85	77,81	-0,04	4	4,02	0,02
90-1-1	120	120,22	0,22	77,85	77,89	0,04	77,85	77,86	0,01	4	4,02	0,02
00-2-2	120	120,03	0,03	77,85	77,99	0,14	77,85	77,95	0,1	4	3,93	-0,07
45-2-2	120	120,33	0,33	77,85	78,02	0,17	77,85	78,16	0,31	4	4,06	0,06
90-2-2	120	120,42	0,42	77,85	77,87	0,02	77,85	77,92	0,07	4	4,08	0,08
00-3-3	120	119,82	-0,18	77,85	77,84	-0,01	77,85	77,81	-0,04	4	3,91	-0,09
45-3-3	120	120,57	0,57	77,85	77,81	-0,04	77,85	77,92	0,07	4	3,99	-0,01
90-3-3	120	120,63	0,63	77,85	77,79	-0,06	77,85	77,84	-0,01	4	4,05	0,05
00-4-2	120	120,18	0,18	77,85	77,98	0,13	77,85	78,02	0,17	4	3,98	-0,02
45-4-2	120	120,13	0,13	77,85	78,1	0,25	77,85	78,22	0,37	4	4,05	0,05
90-4-2	120	120,12	0,12	77,85	78,04	0,19	77,85	78,12	0,27	4	4,05	0,05
00-5-3	120	120,05	0,05	77,85	78	0,15	77,85	78	0,15	4	3,96	-0,04
45-5-3	120	120,08	0,08	77,85	78	0,15	77,85	77,804	-0,046	4	3,94	-0,06
90-5-3	120	120,36	0,36	77,85	77,96	0,11	77,85	77,804	-0,046	4	4,14	0,14
00-6-1	120	119,7	-0,3	77,85	77,68	-0,17	77,85	77,64	-0,21	4	3,87	-0,13
45-6-1	120	119,93	-0,07	77,85	77,86	0,01	77,85	77,85	0	4	4,01	0,01
90-6-1	120	120,14	0,14	77,88	77,9	0,02	77,98	77,97	-0,01	4	4,03	0,03
00-7-3	120	120,01	0,01	77,85	77,91	0,06	77,85	78,05	0,2	4	3,98	-0,02
45-7-3	120	120,4	0,4	77,85	77,92	0,07	77,85	78,05	0,2	4	4,03	0,03
90-7-3	120	120,46	0,46	77,85	77,96	0,11	77,85	78,03	0,18	4	4,1	0,1
00-8-1	120	120,03	0,03	77,85	77,86	0,01	77,85	77,87	0,02	4	3,94	-0,06
45-8-1	120	120,11	0,11	77,85	77,97	0,12	77,85	78,05	0,2	4	4,1	0,1
90-8-1	120	120,04	0,04	77,85	78	0,15	77,85	78,04	0,19	4	4,14	0,14
00-9-2	120	119,82	-0,18	77,85	77,81	-0,04	77,85	77,9	0,05	4	3,98	-0,02
45-9-2	120	120,28	0,28	77,85	77,7	-0,15	77,85	77,81	-0,04	4	4,08	0,08
90-9-2	120	120,41	0,41	77,85	77,82	-0,03	77,85	77,95	0,1	4	4,06	0,06

Tabla 262627. Cálculo de las desviaciones en valor absoluto

PIEZA 1												
CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1 (valor absoluto)	teórica 2	medida 2	Desviación 2 (valor absoluto)	teórica 3	medida 3	Desviación 3 (valor absoluto)	teórica 4	medida 4	Desviación 4 (valor absoluto)
00-1-1	120	119,98	0,02	77,85	77,91	0,06	77,85	77,89	0,04	4	3,9	0,1
45-1-1	120	119,97	0,03	77,85	78,05	0,2	77,85	78,12	0,27	4	4,01	0,01
90-1-1	120	120,25	0,25	77,85	77,89	0,04	77,85	77,93	0,08	4	4,06	0,06
00-2-2	120	120,01	0,01	77,85	77,96	0,11	77,85	77,86	0,01	4	3,95	0,05
45-2-2	120	120,13	0,13	77,85	78,01	0,16	77,85	78,11	0,26	4	4,07	0,07
90-2-2	120	120,07	0,07	77,85	77,81	0,04	77,85	77,89	0,04	4	4,08	0,08
00-3-3	120	119,84	0,16	77,85	77,82	0,03	77,85	77,73	0,12	4	3,89	0,11
45-3-3	120	120,17	0,17	77,85	77,85	0	77,85	77,9	0,05	4	3,99	0,01
90-3-3	120	120,06	0,06	77,85	77,76	0,09	77,85	77,81	0,04	4	4	0
00-4-2	120	120,01	0,01	77,85	78	0,15	77,85	78,05	0,2	4	3,96	0,04
45-4-2	120	120,09	0,09	77,85	77,97	0,12	77,85	78,12	0,27	4	4,09	0,09
90-4-2	120	120,03	0,03	77,85	77,95	0,1	77,85	78,06	0,21	4	4,1	0,1
00-5-3	120	120,07	0,07	77,85	77,93	0,08	77,85	78,01	0,16	4	3,99	0,01
45-5-3	120	120,14	0,14	77,85	78	0,15	77,85	78,16	0,31	4	4,08	0,08
90-5-3	120	120,16	0,16	77,85	77,94	0,09	77,85	78,04	0,19	4	4,1	0,1
00-6-1	120	119,74	0,26	77,85	77,64	0,21	77,85	77,62	0,23	4	3,9	0,1
45-6-1	120	119,89	0,11	77,85	77,84	0,01	77,85	77,85	0	4	3,99	0,01
90-6-1	120	120,02	0,02	77,85	77,88	0,03	77,85	77,92	0,07	4	4,04	0,04
00-7-3	120	120,03	0,03	77,85	77,86	0,01	77,85	78	0,15	4	4	0
45-7-3	120	120,23	0,23	77,85	77,9	0,05	77,85	78,08	0,23	4	4,09	0,09
90-7-3	120	120,35	0,35	77,85	77,95	0,1	77,85	77,93	0,08	4	4,09	0,09
00-8-1	120	120,17	0,17	77,85	77,91	0,06	77,85	77,9	0,05	4	3,99	0,01
45-8-1	120	120,17	0,17	77,85	77,96	0,11	77,85	78,09	0,24	4	4,09	0,09
90-8-1	120	120,03	0,03	77,85	78,02	0,17	77,85	78,02	0,17	4	4,13	0,13
00-9-2	120	120	0	77,85	77,89	0,04	77,85	77,84	0,01	4	3,95	0,05
45-9-2	120	120,11	0,11	77,85	77,69	0,16	77,85	77,81	0,04	4	4,08	0,08
90-9-2	120	120,28	0,28	77,85	77,78	0,07	77,85	77,84	0,01	4	4,1	0,1
PIEZA 2												
CÓDIGO PIEZA	teórica 1	medida 1	Desviación 1 (valor absoluto)	teórica 2	medida 2	Desviación 2 (valor absoluto)	teórica 3	medida 3	Desviación 3 (valor absoluto)	teórica 4	medida 4	Desviación 4 (valor absoluto)
00-1-1	120	119,91	0,09	77,85	77,88	0,03	77,85	77,87	0,02	4	3,9	0,1
45-1-1	120	120	0	77,85	78	0,15	77,85	77,81	0,04	4	4,02	0,02
90-1-1	120	120,22	0,22	77,85	77,89	0,04	77,85	77,86	0,01	4	4,02	0,02
00-2-2	120	120,03	0,03	77,85	77,99	0,14	77,85	77,95	0,1	4	3,93	0,07
45-2-2	120	120,33	0,33	77,85	78,02	0,17	77,85	78,16	0,31	4	4,06	0,06
90-2-2	120	120,42	0,42	77,85	77,87	0,02	77,85	77,92	0,07	4	4,08	0,08
00-3-3	120	119,82	0,18	77,85	77,84	0,01	77,85	77,81	0,04	4	3,91	0,09
45-3-3	120	120,57	0,57	77,85	77,81	0,04	77,85	77,92	0,07	4	3,99	0,01
90-3-3	120	120,63	0,63	77,85	77,79	0,06	77,85	77,84	0,01	4	4,05	0,05
00-4-2	120	120,18	0,18	77,85	77,98	0,13	77,85	78,02	0,17	4	3,98	0,02
45-4-2	120	120,13	0,13	77,85	78,1	0,25	77,85	78,22	0,37	4	4,05	0,05
90-4-2	120	120,12	0,12	77,85	78,04	0,19	77,85	78,12	0,27	4	4,05	0,05
00-5-3	120	120,05	0,05	77,85	78	0,15	77,85	78	0,15	4	3,96	0,04
45-5-3	120	120,08	0,08	77,85	78	0,15	77,85	77,804	0,046	4	3,94	0,06
90-5-3	120	120,36	0,36	77,85	77,96	0,11	77,85	77,804	0,046	4	4,14	0,14
00-6-1	120	119,7	0,3	77,85	77,68	0,17	77,85	77,64	0,21	4	3,87	0,13
45-6-1	120	119,93	0,07	77,85	77,86	0,01	77,85	77,85	0	4	4,01	0,01
90-6-1	120	120,14	0,14	77,88	77,9	0,02	77,98	77,97	0,01	4	4,03	0,03
00-7-3	120	120,01	0,01	77,85	77,91	0,06	77,85	78,05	0,2	4	3,98	0,02
45-7-3	120	120,4	0,4	77,85	77,92	0,07	77,85	78,05	0,2	4	4,03	0,03
90-7-3	120	120,46	0,46	77,85	77,96	0,11	77,85	78,03	0,18	4	4,1	0,1
00-8-1	120	120,03	0,03	77,85	77,86	0,01	77,85	77,87	0,02	4	3,94	0,06
45-8-1	120	120,11	0,11	77,85	77,97	0,12	77,85	78,05	0,2	4	4,1	0,1
90-8-1	120	120,04	0,04	77,85	78	0,15	77,85	78,04	0,19	4	4,14	0,14
00-9-2	120	119,82	0,18	77,85	77,81	0,04	77,85	77,9	0,05	4	3,98	0,02
45-9-2	120	120,28	0,28	77,85	77,7	0,15	77,85	77,81	0,04	4	4,08	0,08
90-9-2	120	120,41	0,41	77,85	77,82	0,03	77,85	77,95	0,1	4	4,06	0,06

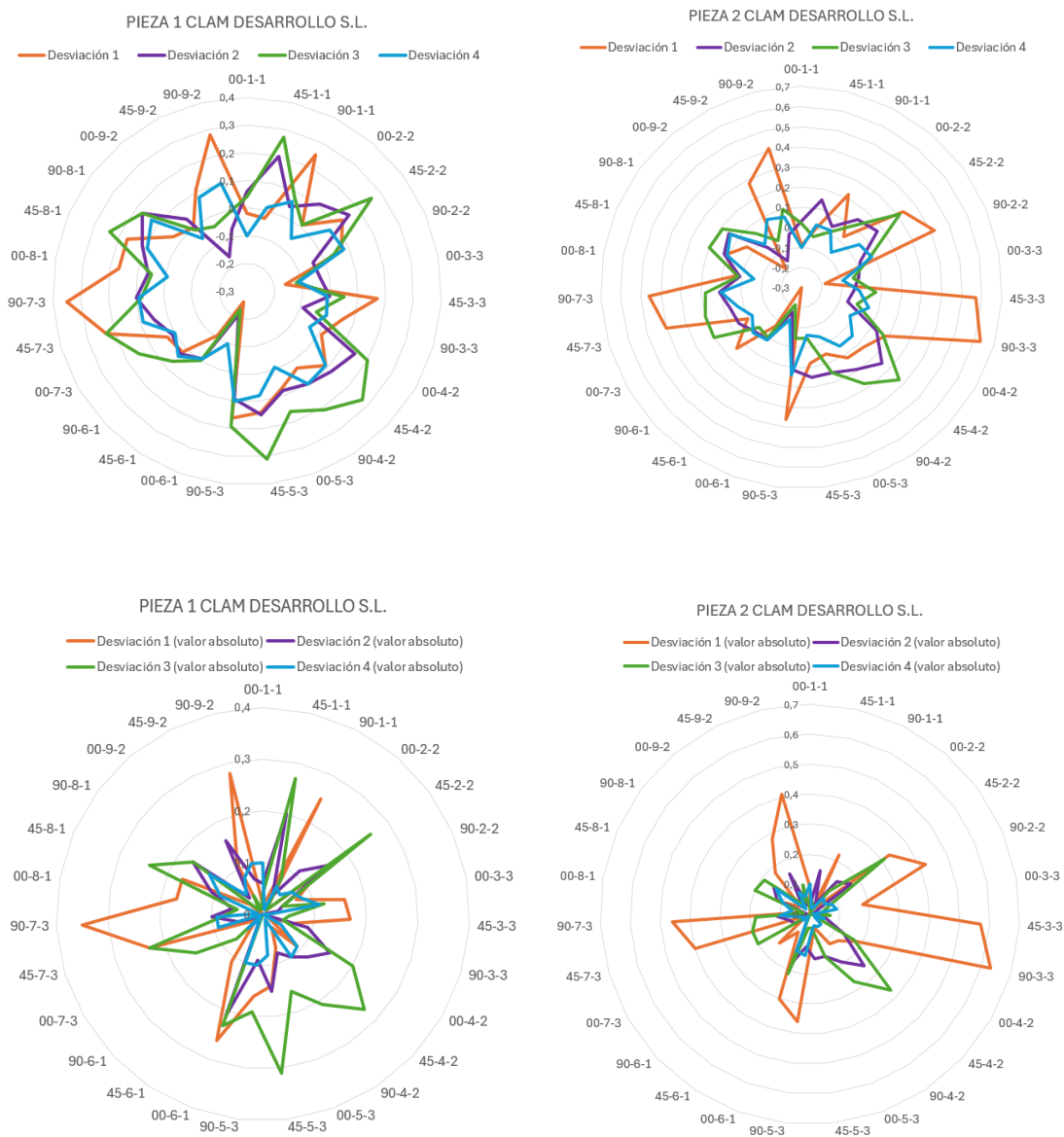


Ilustración 70. Desviaciones de las cotas en función de la posición y orientación de la pieza. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Tabla 272728. Desviaciones mayor de 0.2 mm

CÓDIGO PIEZA	Media desviación 1 (valor absoluto)	Media desviación 2 (valor absoluto)	Media desviación 3 (valor absoluto)	Media desviación 4 (valor absoluto)
00-1-1	0,055	0,045	0,03	0,0265625
45-1-1	0,015	0,175	0,115	0,015
90-1-1	0,235	0,04	0,045	0,04
00-2-2	0,02	0,125	0,055	0,06
45-2-2	0,23	0,165	0,285	0,065
90-2-2	0,245	0,01	0,055	0,08
00-3-3	0,17	0,02	0,08	0,1
45-3-3	0,37	0,02	0,06	0,01
90-3-3	0,345	0,075	0,025	0,025
00-4-2	0,095	0,14	0,185	0,03
45-4-2	0,11	0,185	0,32	0,07
90-4-2	0,075	0,145	0,24	0,075
00-5-3	0,06	0,115	0,155	0,025
45-5-3	0,11	0,15	0,132	0,01
90-5-3	0,26	0,1	0,072	0,12
00-6-1	0,28	0,19	0,22	0,115
45-6-1	0,09	0	0	0
90-6-1	0,08	0,025	0,03	0,035
00-7-3	0,02	0,035	0,175	0,01
45-7-3	0,315	0,06	0,215	0,06
90-7-3	0,405	0,105	0,13	0,095
00-8-1	0,1	0,035	0,035	0,035
45-8-1	0,14	0,115	0,22	0,095
90-8-1	0,035	0,16	0,18	0,135
00-9-2	0,09	0	0,02	0,035
45-9-2	0,195	0,155	0,04	0,08
90-9-2	0,345	0,05	0,045	0,08

De la tabla de resultados y de los gráficos anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En general la cota de espesor es la más estable y todas desviaciones están por debajo de 0,15 mm.
- Las cotas 2 y 3 corresponden al ancho de la pieza, se observa que la cota 2 de arriba es más estable, estrechándose la pieza en la zona de abajo, parte de las desviaciones de la cota 3 son negativas.
- La orientación de piezas que menos desviación presenta son las piezas colocadas a 0 grados.
- Con respecto a las posiciones, las posiciones 1,5, 8 y 9 son las que presentan menores desviaciones.

CLAM DESARROLLO

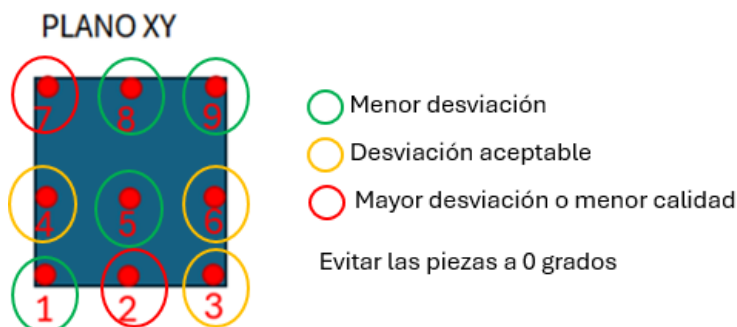


Ilustración 71. Resumen de la mejor posición y orientación para fabricar la pieza de CLAM DESARROLLO. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

2.3.2.5 Todas las mediciones realizadas a los demostradores

Si analizamos las desviaciones en todas las cotas contempladas en los demostradores se obtienen los siguientes gráficos y datos, se ha tenido en cuenta 17 cotas medidas en los diferentes demostradores.

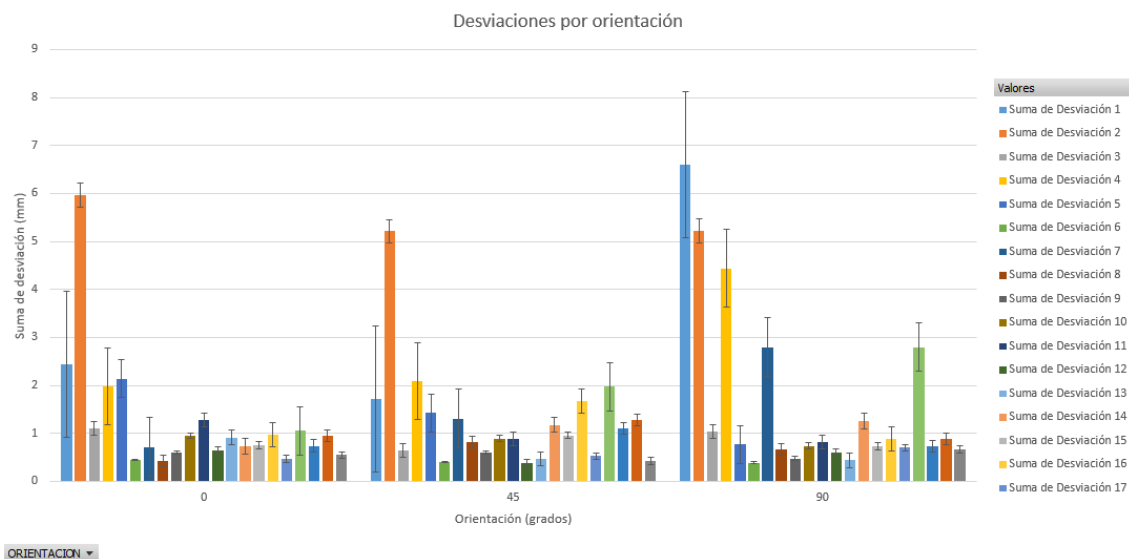


Ilustración 72. Desviaciones en función de la orientación. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

En función de la orientación, se puede concluir:

Tabla 282829 Desviaciones en función de la orientación

ORIENTACIÓN	SUMA DESVIACIONES	PORCENTAJE DESVIACIÓN
0 grados	25,78	30,20%
45 grados	25,966	30,42%
90 grados	33,626	39,39%

De la tabla anterior se puede concluir que las orientaciones que presentan menos desviaciones dimensionales son la de 0 y 45 grados. **Por lo tanto, a modo general se evitará colocar piezas a 90 grados.**

Realizando el mismo ejercicio, pero con las distintas posiciones se obtienen los siguientes datos:

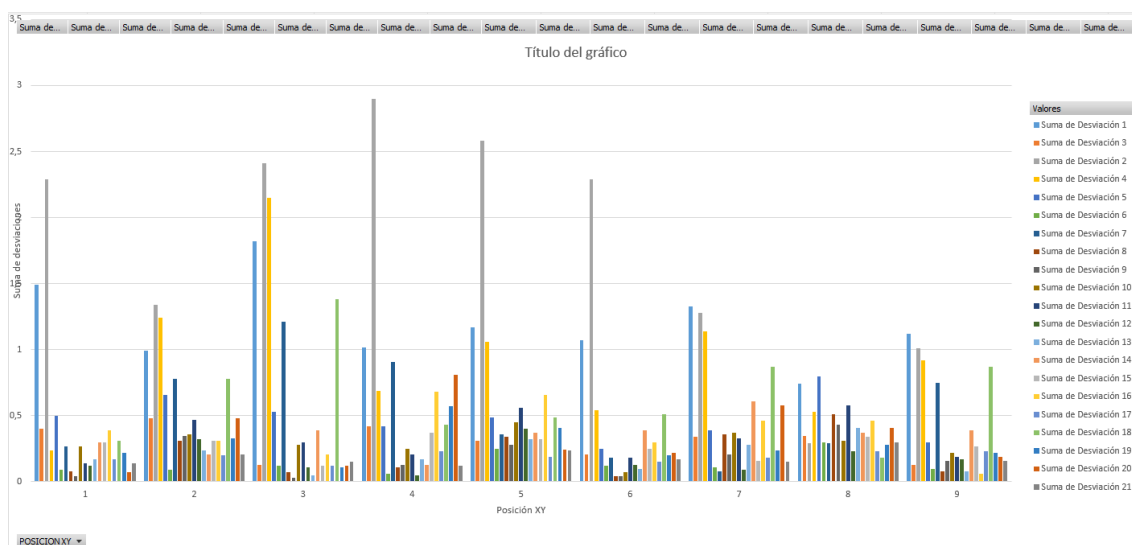


Ilustración 73. Desviaciones en función de la posición. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

En función de la posición XY, se puede concluir:

Tabla 292930 Desviaciones en función de la posición

POSICION XY	SUMA DE DESVIACIONES	Porcentaje de desviaciones
6	7,41	8,68%
9	7,62	8,93%
1	8	9,37%

8	8,34	9,77%
7	9,56	11,20%
2	10,46	12,25%
4	10,68	12,51%
5	11,492	13,46%
3	11,81	13,83%

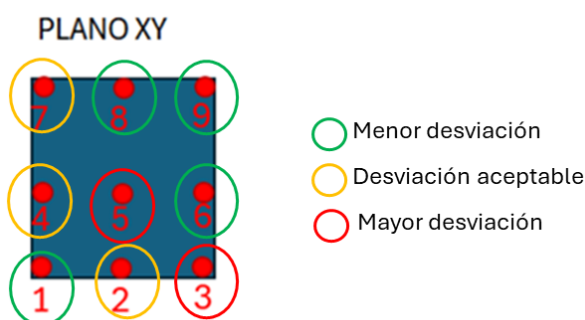


Ilustración 74. Resumen de las posiciones con mayor y menor desviación a modo general. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Con respecto a las posiciones en XY, las posiciones en XY que menor desviación presenta analizando las cotas de los demostradores son la posición XY, **6,8, 9 y 1** representadas en la anterior imagen.

2.3.3 Evaluación de los resultados de las desviaciones de los demostradores mediante el uso de los modelos de IA desarrollados

2.3.3.1 Introducción

Se ha aplicado los algoritmos descritos en el apartado 2.2.2 a algunas de las cotas de los demostradores aportados por las empresas. Para la correcta introducción de los datos ha sido necesario conocer de forma porcentual en la que se deben incluir las posiciones X,Y,Z en los modelos de IA. En la siguiente tabla se muestra coloreadas las coordenadas donde se han fabricado las piezas.

Tabla 303031. Transformación de las coordenadas de posición a coordenadas porcentuales para modelo IA

Nº Pieza	COORDENADAS REALES			COORDENADAS EN EL MODELO IA		
	X	Y	Z	X (PORCENTUAL)	Y (PORCENTUAL)	Z (PORCENTUAL)
1-1	4	258	0	0,01	0,9	0
1-2	4	258	160	0,01	0,9	0,42
1-3	4	258	285	0,01	0,9	0,75
2-1	4	135	0	0,01	0,48	0
2-2	4	135	160	0,01	0,48	0,42
2-3	4	135	285	0,01	0,48	0,75
3-1	4	4	0	0,01	0,01	0
3-2	4	4	160	0,01	0,01	0,42
3-3	4	4	285	0,01	0,01	0,75
4-1	140	258	0	0,37	0,9	0
4-2	140	258	160	0,37	0,9	0,42
4-3	140	258	285	0,37	0,9	0,75
5-1	140	135	0	0,37	0,9	0
5-2	140	135	160	0,37	0,48	0,42
5-3	140	135	285	0,37	0,48	0,75
6-1	140	4	0	0,37	0,01	0
6-2	140	4	160	0,37	0,01	0,42
6-3	140	4	285	0,37	0,01	0,75
7-1	285	258	0	0,75	0,9	0
7-2	285	258	160	0,75	0,9	0,42
7-3	285	258	285	0,75	0,9	0,75
8-1	285	135	0	0,75	0,48	0
8-2	285	135	160	0,75	0,48	0,42
8-3	285	135	285	0,75	0,48	0,75
9-1	285	4	0	0,75	0,01	0
9-2	285	4	160	0,75	0,01	0,42
9-3	285	4	285	0,75	0,01	0,75

Tabla 313132. Orientación

Orientación de fabricación	Modelo IA: orientación _sen
0	0
45	0.70
90	1

2.3.3.2 Demo CLINICA GIRONÉS

Se ha aplicado el algoritmo de IA para el cálculo de las desviaciones en función de una determinada posición. Se ha utilizado las medidas de la plantilla pequeña cuyas medidas son similares a las medidas de las piezas con las que se han desarrollado los algoritmos de aprendizaje. Las medidas teóricas de la plantilla son 70 mm de largo y 21 mm de ancho.

A continuación, se muestra la aplicación del modelo IA para la obtención de las desviaciones en el ancho de las piezas en una posición y orientación concreta. Otras posiciones y orientaciones se incluyen en el Anexo 1 de este informe.

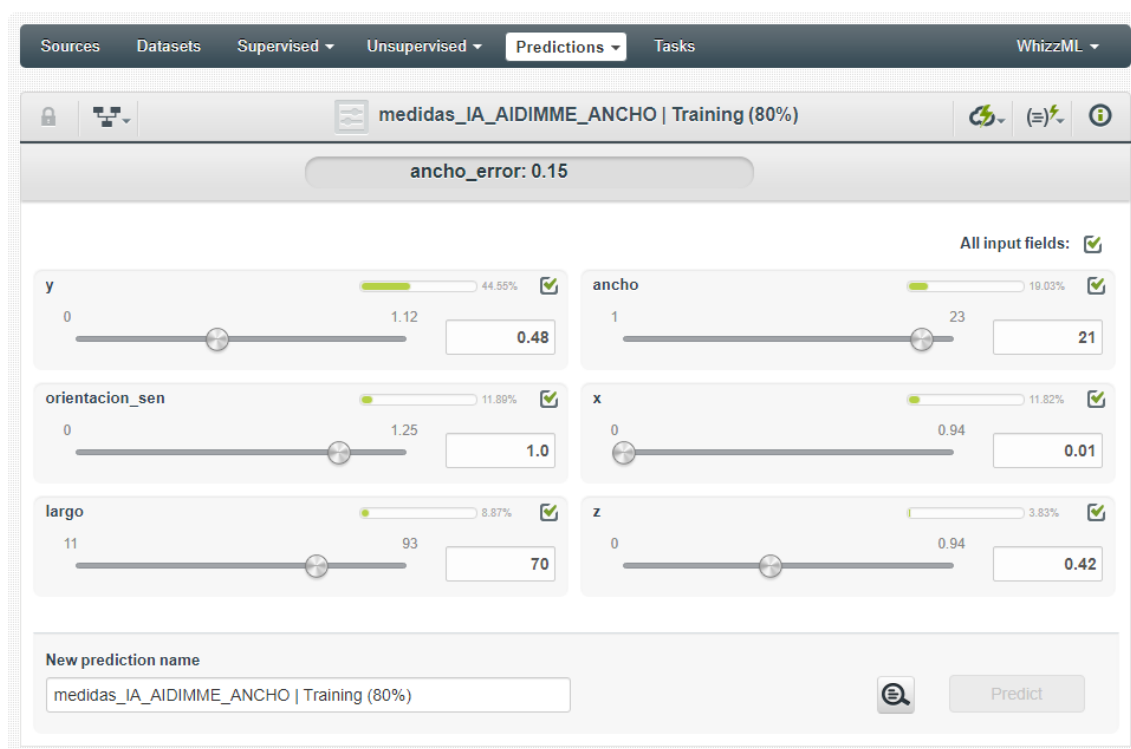


Ilustración 75. Desviación de la cota ancho de la pieza en la posición 2-2 y orientación 90 grados. Código 90-2-2

Del mismo modo se ha evaluado la desviación dimensional que predice el modelo con los algoritmos desarrollados para el largo de la pieza.

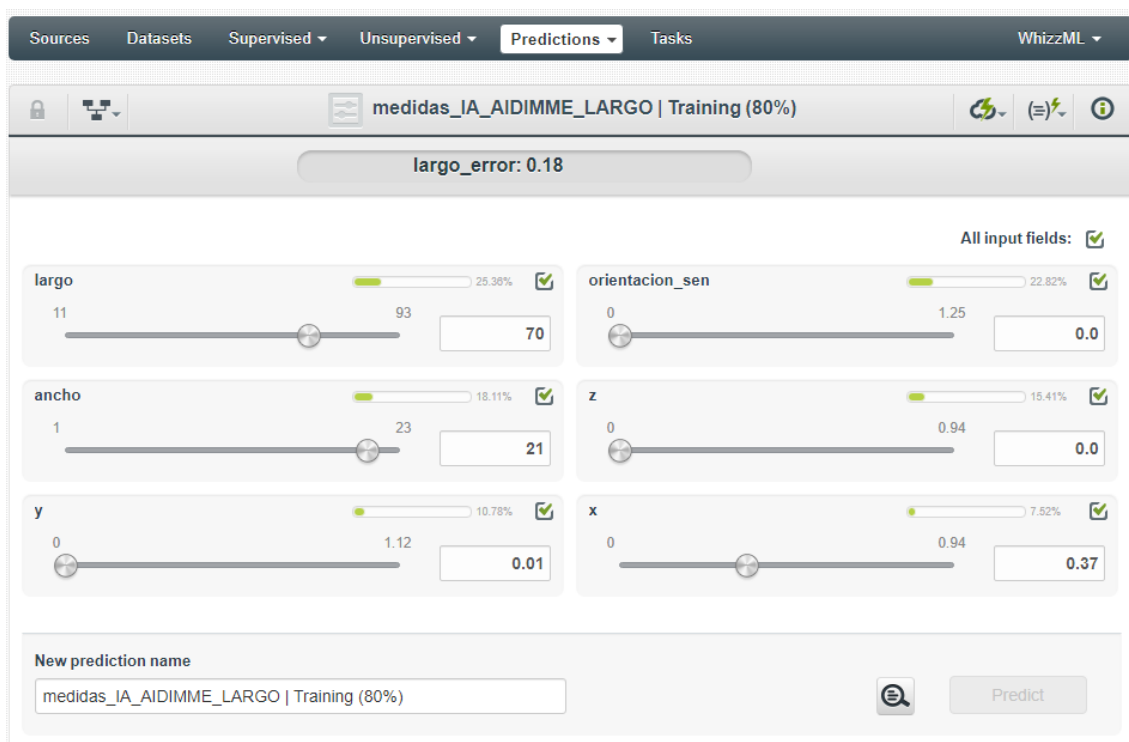


Ilustración 76. Desviación de la cota largo de la pieza en la posición 6-1 y orientación 0 grados. Código 0-6-1

Procediendo del mismo modo en todas las posiciones que se fabricaron y las orientaciones se han obtenido las siguientes desviaciones tanto en la cota ancho como largo:

Tabla 323233. Desviaciones calculadas por los modelos de IA al demo Clínica Gironés

Largo teórico 70 mm		Ancho teórico 21 mm	
CÓDIGO PIEZA	Predicción Algoritmo IA (mm)	CÓDIGO PIEZA	Predicción Algoritmo IA (mm)
00-1-1	0,2	00-1-1	0,14
45-1-1	0,28	45-1-1	0,1
90-1-1	0,47	90-1-1	0,07
00-2-2	0,29	00-2-2	0,21
45-2-2	0,42	45-2-2	0,19
90-2-2	0,54	90-2-2	0,15
00-3-3	0,22	00-3-3	0,13
45-3-3	0,6	45-3-3	0,13
90-3-3	0,82	90-3-3	0,11
00-4-2	0,25	00-4-2	0,14
45-4-2	0,36	45-4-2	0,11
90-4-2	0,49	90-4-2	0,09
00-5-3	0,3	00-5-3	0,23
45-5-3	0,43	45-5-3	0,2
90-5-3	0,55	90-5-3	0,18
00-6-1	0,18	00-6-1	0,12
45-6-1	0,26	45-6-1	0,11
90-6-1	0,39	90-6-1	0,1
00-7-3	0,29	00-7-3	0,16
45-7-3	0,42	45-7-3	0,14
90-7-3	0,57	90-7-3	0,13
00-8-1	0,25	00-8-1	0,25
45-8-1	0,24	45-8-1	0,21
90-8-1	0,32	90-8-1	0,19
00-9-2	0,15	00-9-2	0,14
45-9-2	0,33	45-9-2	0,14
90-9-2	0,47	90-9-2	0,13

2.3.3.3 Demo GH ELECTROTERMIA S.A.U

Se ha aplicado el algoritmo de IA para el cálculo de las desviaciones en función de una determinada posición. Las medidas teóricas de la pieza son 80 mm de largo y 20 mm de ancho.

A continuación, se muestra la aplicación del modelo IA para la obtención de las desviaciones tanto en el ancho como en el largo en una posición y orientación concreta. Otras posiciones y orientaciones se incluyen en el Anexo 2 de este informe.

The screenshot shows the WhizzML web interface for a machine learning model named 'medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)'. The interface includes a navigation bar with tabs for Sources, Datasets, Supervised, Unsupervised, Predictions, and Tasks. The 'Predictions' tab is active. Below the navigation bar, there's a header area with a lock icon, a dropdown menu, and a status bar showing 'ancho_error: 0.19'. The main area contains six input fields, each with a slider and a numerical value: 'y' (0.48), 'ancho' (20), 'orientacion_sen' (0.7), 'x' (0.01), 'largo' (80), and 'z' (0.42). Each field also has a progress bar and a checkmark icon. At the bottom, there's a 'New prediction name' section with a text input field containing 'medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)' and a 'Predict' button.

Ilustración 77. Desviación de la cota ancho de la pieza en la posición 2-2 y orientación 45 grados. Código 45-2-2

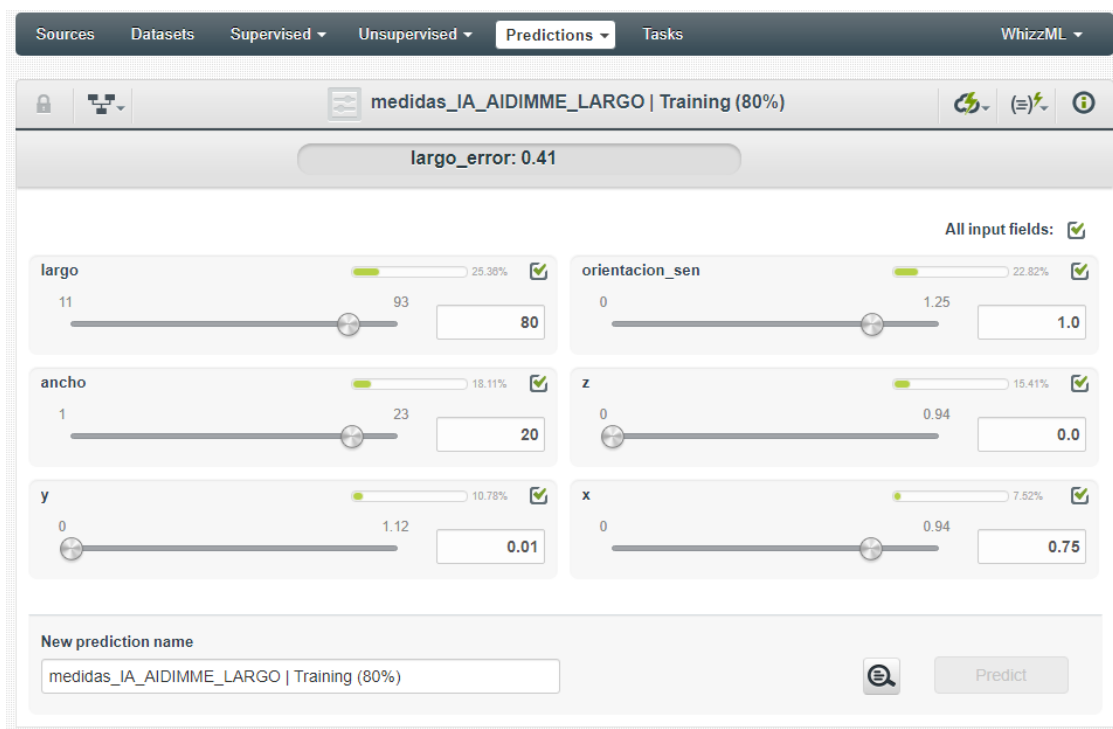


Ilustración 78. Desviación de la cota largo de la pieza en la posición 9-2 y orientación 90 grados. Código 90-9-2

Procediendo del mismo modo en todas las posiciones que se fabricaron y las orientaciones se han obtenido las siguientes desviaciones tanto en la cota ancho como largo:

Tabla 333334. Desviaciones calculadas por los modelos de IA al demo GH ELECTROTERMIA S.A.U.

Largo teórico 80 mm		Ancho teórico 20 mm	
CÓDIGO PIEZA	Predicción Algoritmo IA (mm)	CÓDIGO PIEZA	predicción Algoritmo IA (mm)
00-1-1	0,25	00-1-1	0,14
45-1-1	0,33	45-1-1	0,11
90-1-1	0,55	90-1-1	0,07
00-2-2	0,3	00-2-2	0,22
45-2-2	0,47	45-2-2	0,19
90-2-2	0,62	90-2-2	0,15
00-3-3	0,27	00-3-3	0,13
45-3-3	0,69	45-3-3	0,13
90-3-3	0,92	90-3-3	0,11
00-4-2	0,3	00-4-2	0,14
45-4-2	0,39	45-4-2	0,11
90-4-2	0,54	90-4-2	0,09
00-5-3	0,35	00-5-3	0,23
45-5-3	0,5	45-5-3	0,2
90-5-3	0,65	90-5-3	0,17
00-6-1	0,19	00-6-1	0,12
45-6-1	0,32	45-6-1	0,11
90-6-1	0,47	90-6-1	0,1
00-7-3	0,34	00-7-3	0,16
45-7-3	0,49	45-7-3	0,13
90-7-3	0,64	90-7-3	0,13
00-8-1	0,27	00-8-1	0,24
45-8-1	0,27	45-8-1	0,19
90-8-1	0,35	90-8-1	0,17
00-9-2	0,19	00-9-2	0,15
45-9-2	0,41	45-9-2	0,14
90-9-2	0,55	90-9-2	0,13

2.3.3.4 Demo VALVER SPEED AIR S.L.

Se ha aplicado el algoritmo de IA para el cálculo de las desviaciones en función de una determinada posición. Las medidas teóricas de la pieza son 75 mm de largo y 25 mm de ancho.

A continuación, se muestra la aplicación del modelo IA para la obtención de las desviaciones tanto en el ancho como en el largo en una posición y orientación concreta. Otras posiciones y orientaciones se incluyen en el Anexo 3 de este informe.

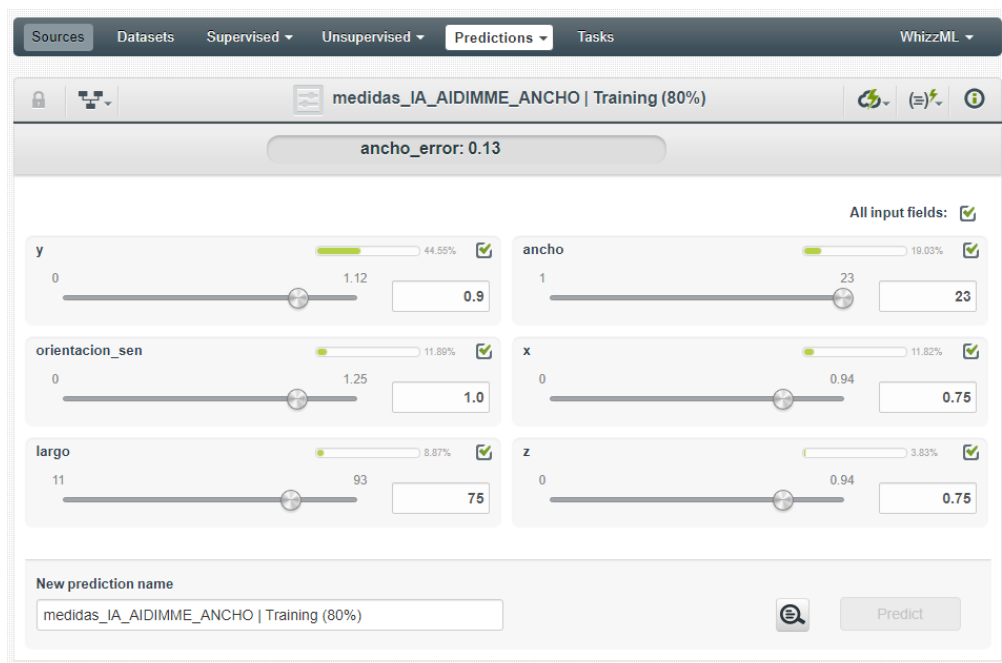


Ilustración 79. Desviación de la cota ancho de la pieza en la posición 7-3 y orientación 90 grados. Código 90-7-3

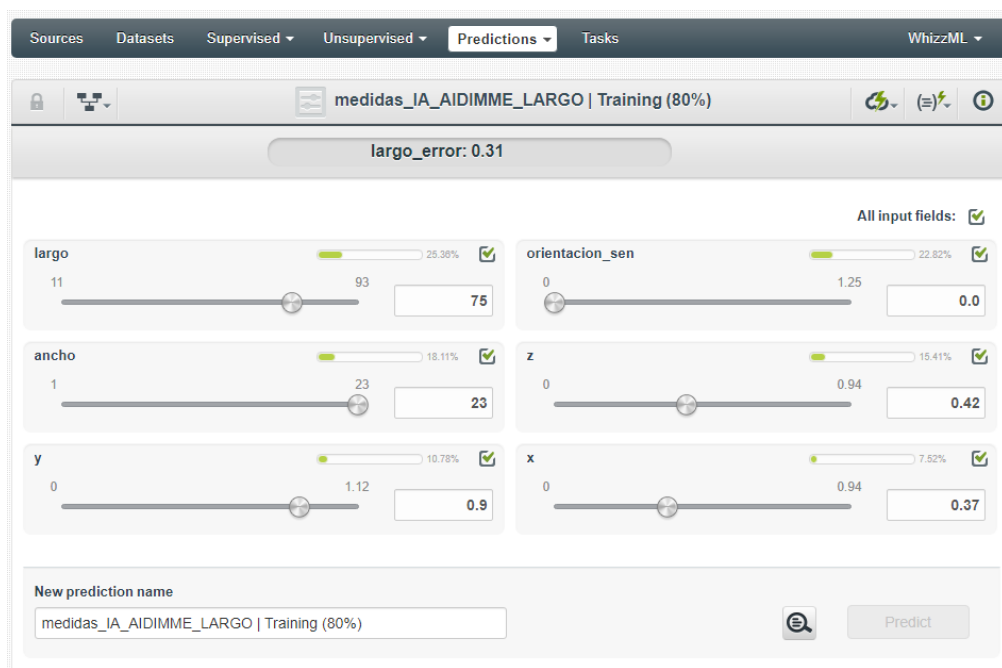


Ilustración 80. Desviación de la cota largo de la pieza en la posición 4-2 y orientación 0 grados. Código 0-4-2

Procediendo del mismo modo en todas las posiciones que se fabricaron y las orientaciones, se han obtenido las siguientes desviaciones tanto en la cota ancho como largo:

Tabla 343435. Desviaciones calculadas por los modelos de IA al demo VALVER SPEED AIR S.L.

Ancho teórico 25 mm		Largo teórico 75 mm	
CÓDIGO PIEZA	Predicción Algoritmo IA (mm)	CÓDIGO PIEZA	Predicción Algoritmo IA (mm)
00-1-1	0,14	00-1-1	0,26
45-1-1	0,11	45-1-1	0,28
90-1-1	0,08	90-1-1	0,43
00-2-2	0,22	00-2-2	0,31
45-2-2	0,19	45-2-2	0,43
90-2-2	0,16	90-2-2	0,55
00-3-3	0,14	00-3-3	0,25
45-3-3	0,13	45-3-3	0,59
90-3-3	0,12	90-3-3	0,76
00-4-2	0,14	00-4-2	0,31
45-4-2	0,12	45-4-2	0,34
90-4-2	0,1	90-4-2	0,46
00-5-3	0,23	00-5-3	0,33
45-5-3	0,2	45-5-3	0,44
90-5-3	0,18	90-5-3	0,55
00-6-1	0,13	00-6-1	0,19
45-6-1	0,12	45-6-1	0,28
90-6-1	0,11	90-6-1	0,4
00-7-3	0,16	00-7-3	0,31
45-7-3	0,14	45-7-3	0,43
90-7-3	0,13	90-7-3	0,55
00-8-1	0,25	00-8-1	0,29
45-8-1	0,21	45-8-1	0,26
90-8-1	0,19	90-8-1	0,32
00-9-2	0,16	00-9-2	0,21
45-9-2	0,15	45-9-2	0,35
90-9-2	0,14	90-9-2	0,48

2.3.3.5 Demo CLAM DESARROLLO S.L.

Se ha aplicado el algoritmo de IA para el cálculo de las desviaciones en función de una determinada posición. Dado que las medidas de las piezas difieren mucho de las medidas de las piezas con las que se ha desarrollado los algoritmos, se ha evaluado el ancho de las piezas. El ancho teórico es de 78 mm muy por encima de los valores con los que se ha entrenado el sistema. Por lo tanto se ha calculado la desviación de largo y desactivando el ancho.

A continuación, se muestra la aplicación del modelo IA para la obtención de las desviaciones. Otras posiciones y orientaciones se incluyen en el Anexo 4 de este informe.

Ilustración 81. Desviación de la cota largo de la pieza en la posición 4-2 y orientación 45 grados. Código 45-4-2

Procediendo del mismo modo en todas las posiciones que se fabricaron y las orientaciones se han obtenido las siguientes desviaciones:

Tabla 353536. Desviaciones calculadas por los modelos de IA al demo CLAM DESARROLLO S.L.

Cota teórica 78 mm	
CÓDIGO PIEZA	Predicción Algoritmo IA (mm)
00-1-1	0,18
45-1-1	0,35
90-1-1	0,71
00-2-2	0,27
45-2-2	0,45
90-2-2	0,73
00-3-3	0,22
45-3-3	0,77
90-3-3	1,07
00-4-2	0,24
45-4-2	0,44
90-4-2	0,68
00-5-3	0,36
45-5-3	0,51
90-5-3	0,67
00-6-1	0,12
45-6-1	0,29
90-6-1	0,51
00-7-3	0,29
45-7-3	0,58
90-7-3	0,82
00-8-1	0,24
45-8-1	0,27
90-8-1	0,37
00-9-2	0,12
45-9-2	0,47
90-9-2	0,69

2.4 Evaluación de los resultados y validación del sistema desarrollado. Conclusiones (T6.4)

2.4.1 Introducción

En esta actividad se ha realizado una comparativa entre las desviaciones dimensionales obtenidas manualmente y las desviaciones dimensionales obtenidas con los algoritmos o modelos de IA para cada uno de los demostradores incluidos en el proyecto.

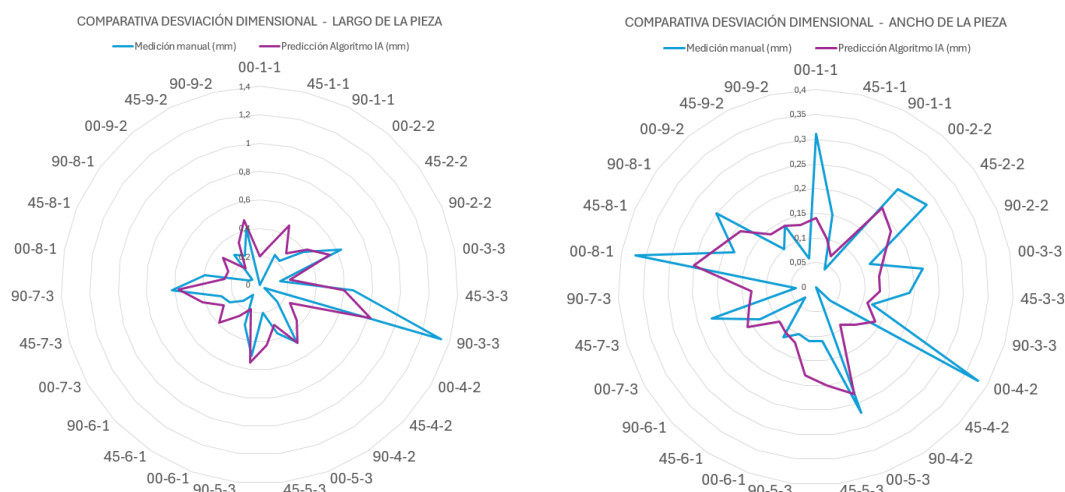
2.4.2 Demo CLÍNICA GIRONÉS

Se ha comparado los valores de desviaciones dimensionales obtenidos manualmente midiendo las piezas y las desviaciones predichas por los modelos de IA desarrollados.

Tabla ~~363637~~. Desviaciones demo Clínica Gironés.

Largo teórico 70 mm			Ancho teórico 21 mm		
CÓDIGO PIEZA	Medición manual (mm)	Predicción Algoritmo IA (mm)	CÓDIGO PIEZA	Medición manual (mm)	Predicción Algoritmo IA (mm)
00-1-1	0	0,2	00-1-1	0,31	0,14
45-1-1	0	0,28	45-1-1	0,15	0,1
90-1-1	0,24	0,47	90-1-1	0,04	0,07
00-2-2	0,22	0,29	00-2-2	0,26	0,21
45-2-2	0,39	0,42	45-2-2	0,28	0,19
90-2-2	0,63	0,54	90-2-2	0,12	0,15
00-3-3	0,15	0,22	00-3-3	0,22	0,13
45-3-3	0,66	0,6	45-3-3	0,19	0,13
90-3-3	1,34	0,82	90-3-3	0,12	0,11
00-4-2	0,04	0,25	00-4-2	0,38	0,14
45-4-2	0,17	0,36	45-4-2	0,04	0,11
90-4-2	0,48	0,49	90-4-2	0	0,09
00-5-3	0,36	0,3	00-5-3	0,27	0,23
45-5-3	0,2	0,43	45-5-3	0,11	0,2
90-5-3	0,5	0,55	90-5-3	0,11	0,18
00-6-1	0,3	0,18	00-6-1	0,1	0,12
45-6-1	0,08	0,26	45-6-1	0,12	0,11
90-6-1	0,16	0,39	90-6-1	0,03	0,1
00-7-3	0,24	0,29	00-7-3	0,13	0,16
45-7-3	0,28	0,42	45-7-3	0,22	0,14
90-7-3	0,62	0,57	90-7-3	0,04	0,13
00-8-1	0,39	0,25	00-8-1	0,37	0,25

45-8-1	0,08	0,24	45-8-1	0,18	0,21
90-8-1	0,06	0,32	90-8-1	0,25	0,19
00-9-2	0,28	0,15	00-9-2	0,1	0,14
45-9-2	0,23	0,33	45-9-2	0,14	0,14
90-9-2	0,41	0,47	90-9-2	0,06	0,13



Se ha analizado la desviación dimensional de forma manual y mediante el modelo de IA desarrollado y se ha comparado el resultado obteniendo el siguiente gráfico, donde se observa que las desviaciones predichas por el algoritmo de IA son similares a las medidas reales, observando una misma tendencia sobre todo en la predicción del largo de la pieza. Esta comparativa ha sido realizada con la plantilla pequeña. En el caso de la plantilla más grande no se ha utilizado el modelo de IA porque las dimensiones son mucho mayores de las piezas utilizadas en el desarrollo del modelo de IA.

2.4.3 Demo GH ELECTROTERMIA S.A.U.

Se ha comparado los valores de desviaciones dimensionales obtenidos manualmente midiendo las piezas y las desviaciones predichas por los modelos de IA desarrollados.

Tabla 373738. Desviaciones demo GH ELECTROTERMIA S.A.U.

Largo teórico 80 mm			Ancho teórico 20 mm		
CÓDIGO PIEZA	Medición manual (mm)	Predicción Algoritmo IA (mm)	CÓDIGO PIEZA	Medición manual (mm)	Predicción Algoritmo IA (mm)
00-1-1	0,1	0,25	00-1-1	0,01	0,14
45-1-1	0,13	0,33	45-1-1	0,05	0,11
90-1-1	0,04	0,55	90-1-1	0,02	0,07
00-2-2	0,05	0,3	00-2-2	0,1	0,22
45-2-2	0,25	0,47	45-2-2	0,14	0,19
90-2-2	0,48	0,62	90-2-2	0,07	0,15
00-3-3	0,05	0,27	00-3-3	0,01	0,13
45-3-3	0,14	0,69	45-3-3	0,05	0,13
90-3-3	1,02	0,92	90-3-3	0,01	0,11
00-4-2	0,07	0,3	00-4-2	0,01	0,14
45-4-2	0,26	0,39	45-4-2	0,06	0,11
90-4-2	0,58	0,54	90-4-2	0,04	0,09
00-5-3	0,03	0,35	00-5-3	0,03	0,23
45-5-3	0,15	0,5	45-5-3	0,15	0,2
90-5-3	0,18	0,65	90-5-3	0,16	0,17
00-6-1	0,04	0,19	00-6-1	0	0,12
45-6-1	0,04	0,32	45-6-1	0,02	0,11
90-6-1	0,1	0,47	90-6-1	0,02	0,1
00-7-3	0,07	0,34	00-7-3	0,06	0,16
45-7-3	0	0,49	45-7-3	0,14	0,13
90-7-3	0,01	0,64	90-7-3	0,16	0,13
00-8-1	0,1	0,27	00-8-1	0,19	0,24
45-8-1	0,16	0,27	45-8-1	0,15	0,19
90-8-1	0,03	0,35	90-8-1	0,17	0,17
00-9-2	0,21	0,19	00-9-2	0,01	0,15
45-9-2	0,18	0,41	45-9-2	0,06	0,14
90-9-2	0,36	0,55	90-9-2	0,01	0,13

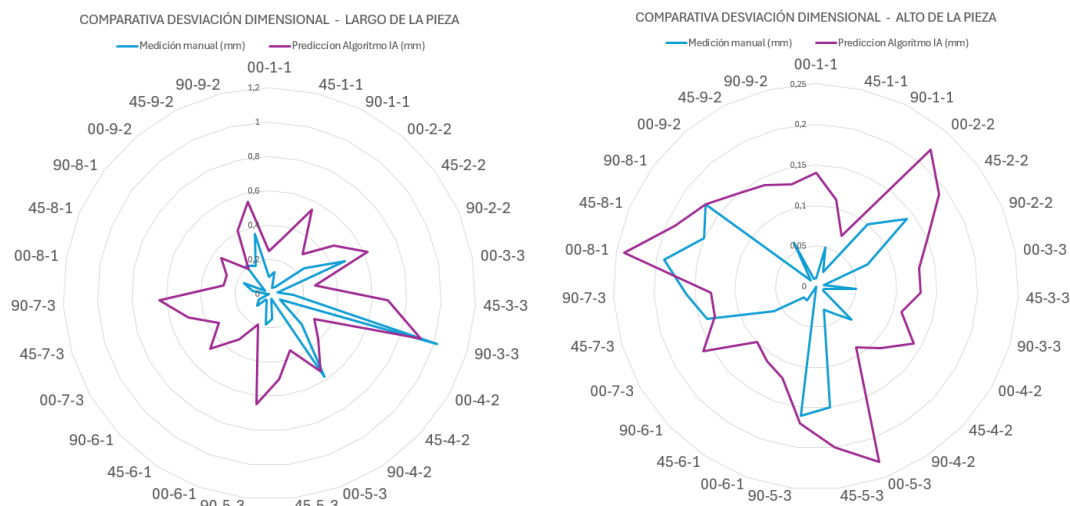


Ilustración 83. Comparativa desviación dimensional medición manual vs predicción IA demo GH ELECTROTERMIA S.A.U. (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Se ha analizado la desviación dimensional de forma manual y mediante el modelo de IA desarrollado y se ha comparado el resultado de cada uno obteniendo los siguientes gráficos, donde se observa que las desviaciones predichas por el algoritmo de IA son mayores de las medidas reales aunque se observa una misma tendencia.

2.4.4 Demo VALVER SPEED AIR S.L.

Se ha comparado los valores de desviaciones dimensionales obtenidos manualmente midiendo las piezas y las desviaciones predichas por los modelos de IA desarrollados.

Ancho teórico 25 mm			Largo teórico 75 mm		
CÓDIGO PIEZA	Medición manual (mm)	Predicción Algoritmo IA (mm)	CÓDIGO PIEZA	Medición manual (mm)	Predicción Algoritmo IA (mm)
00-1-1	0,1	0,14	00-1-1	0,8	0,26
45-1-1	0,04	0,11	45-1-1	1,19	0,28
90-1-1	0	0,08	90-1-1	1,57	0,43
00-2-2	0,22	0,22	00-2-2	1,06	0,31
45-2-2	0,13	0,19	45-2-2	1,31	0,43
90-2-2	0,12	0,16	90-2-2	1,04	0,55
00-3-3	0,11	0,14	00-3-3	0,94	0,25
45-3-3	0,09	0,13	45-3-3	1,83	0,59
90-3-3	0,1	0,12	90-3-3	1,81	0,76
00-4-2	0,07	0,14	00-4-2	0,82	0,31
45-4-2	0,08	0,12	45-4-2	0,44	0,34

90-4-2	0,06	0,1	90-4-2	1,41	0,46
00-5-3	0,19	0,23	00-5-3	1,45	0,33
45-5-3	0,2	0,2	45-5-3	1,45	0,44
90-5-3	0,17	0,18	90-5-3	1,74	0,55
00-6-1	0,08	0,13	00-6-1	0,93	0,19
45-6-1	0,05	0,12	45-6-1	0,75	0,28
90-6-1	0,05	0,11	90-6-1	1,1	0,4
00-7-3	0,16	0,16	00-7-3	0,79	0,31
45-7-3	0,07	0,14	45-7-3	0,94	0,43
90-7-3	0,1	0,13	90-7-3	1,89	0,55
00-8-1	0,27	0,25	00-8-1	1,08	0,29
45-8-1	0,16	0,21	45-8-1	1,19	0,26
90-8-1	0,15	0,19	90-8-1	0,93	0,32
00-9-2	0,07	0,16	00-9-2	0,86	0,21
45-9-2	0,06	0,15	45-9-2	0,91	0,35
90-9-2	0,06	0,14	90-9-2	1,12	0,48

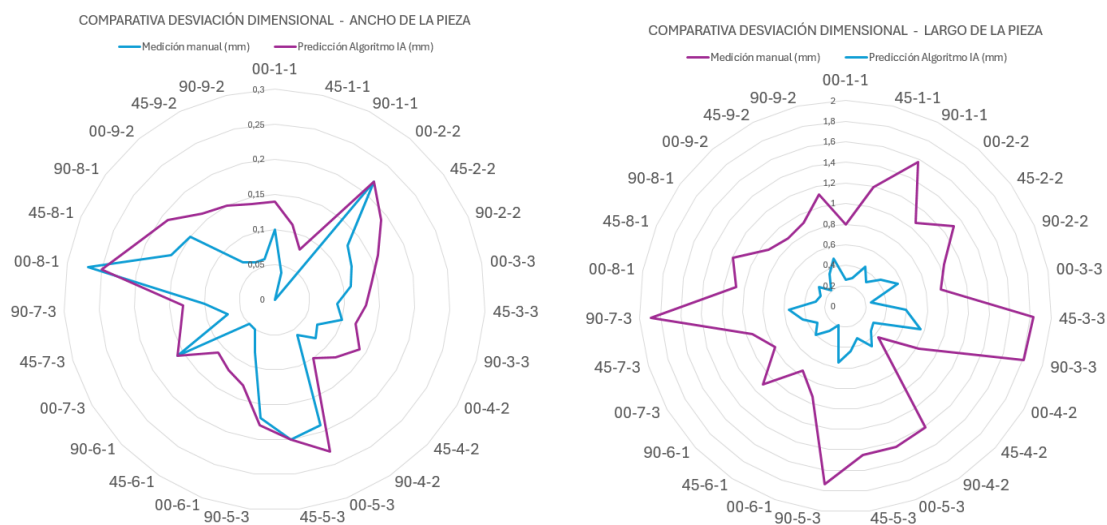


Ilustración 84. Comparativa desviación dimensional medición manual vs predicción IA demo VALVER SPEED AIR S.L
(Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Se ha analizado la desviación dimensional de forma manual y mediante el modelo de IA desarrollado y se ha comparado el resultado obteniendo el siguiente gráfico, donde se observa que las desviaciones predichas por el algoritmo de IA son menores de las medidas reales, observando una misma tendencia entre las medidas manuales y las estimadas por el modelo de IA.

2.4.5 Demo CLAM DESARROLLO S.L.

Se ha comparado los valores de desviaciones dimensionales obtenidos manualmente midiendo las piezas y las desviaciones predichas por los modelos de IA desarrollados.

Cota teórica 78 mm		
CÓDIGO PIEZA	Medición manual (mm)	Predicción Algoritmo IA (mm)
00-1-1	0,06	0,18
45-1-1	0,2	0,35
90-1-1	0,04	0,71
00-2-2	0,11	0,27
45-2-2	0,16	0,45
90-2-2	0,04	0,73
00-3-3	0,03	0,22
45-3-3	0	0,77
90-3-3	0,09	1,07
00-4-2	0,15	0,24
45-4-2	0,12	0,44
90-4-2	0,1	0,68
00-5-3	0,08	0,36
45-5-3	0,15	0,51
90-5-3	0,09	0,67
00-6-1	0,21	0,12
45-6-1	0,01	0,29
90-6-1	0,03	0,51
00-7-3	0,01	0,29
45-7-3	0,05	0,58
90-7-3	0,1	0,82
00-8-1	0,06	0,24
45-8-1	0,11	0,27
90-8-1	0,17	0,37
00-9-2	0,04	0,12
45-9-2	0,16	0,47
90-9-2	0,07	0,69

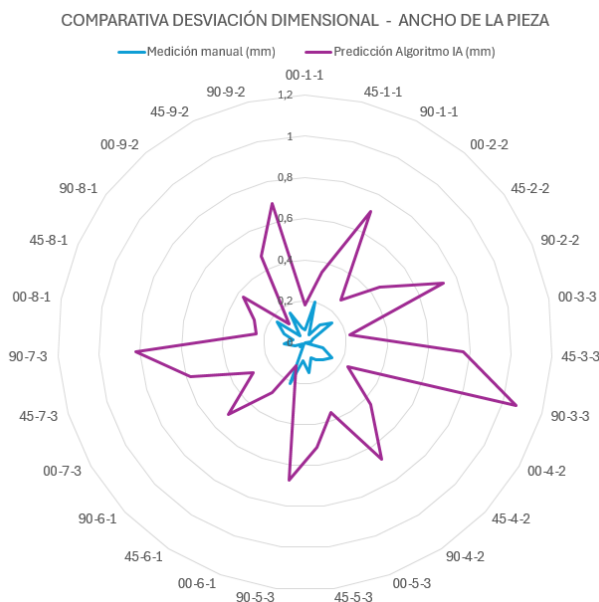


Ilustración 85. Comparativa desviación dimensional medición manual vs predicción IA demo CLAM DESARROLLO S.L.: (cota 2 correspondiente al ancho de la pieza) . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

Se ha analizado la desviación dimensional de forma manual y mediante el modelo de IA desarrollado y se ha comparado el resultado de cada uno obteniendo el siguiente gráfico, donde se observa que las desviaciones predichas por el algoritmo de IA son mucho mayores de las medidas reales aunque se observa una misma tendencia. Cabe destacar que las medidas de la pieza difieren mucho de las medidas de las piezas utilizadas para el desarrollo del algoritmo de aprendizaje y ese el motivo de las diferencias tan acusadas entre las desviaciones.

3 Resultados obtenidos

3.1 Identificación, selección de casos reales, fabricación y medición de los mismos



Ilustración 86. Demo Clínica Gironés. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)



Ilustración 87. Demo GH Electrotermia. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)



Ilustración 88. Demo Valver Speed Air. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)



Ilustración 89. Demo Clam Desarrollo. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

3.2 Desarrollo de los algoritmos de aprendizaje para obtener modelos de IA.

Se ha determinado la arquitectura genérica del sistema de Inteligencia Artificial (IA) mediante el uso de herramientas de Machine Learning. Partiendo de los datos medidos de las piezas fabricadas en el paquete de trabajo 4 se ha desarrollado dos modelos de IA para predecir las desviaciones dimensionales de las piezas en función de la posición y orientación de fabricación:

The screenshot shows the WhizzML interface for a supervised prediction task. The model is named 'medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)'. The target variable is 'largo_error: ?'. The interface displays six input fields with sliders and checkboxes, all of which are checked under 'All input fields:'. The input fields are: 'largo' (range 11 to 93, value 60, 25.38% influence), 'orientacion_sen' (range 0 to 1.25, value 0.0, 22.82% influence), 'ancho' (range 1 to 23, value 10, 18.11% influence), 'z' (range 0 to 0.94, value 0.75, 15.41% influence), 'y' (range 0 to 1.12, value 0.48, 10.78% influence), and 'x' (range 0 to 0.94, value 0.37, 7.52% influence). At the bottom, there is a 'New prediction name' field containing 'medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)' and a green 'Predict' button.

The screenshot shows the WhizzML interface for a supervised prediction task. The model is named 'medidas_IA_AIDIMME_ANCHO ...'. The target variable is 'ancho_error: ?'. The interface displays six input fields with sliders and checkboxes, all of which are checked under 'All input fields:'. The input fields are: 'y' (range 0 to 1.12, value 0.48, 44.55% influence), 'ancho' (range 1 to 23, value 10, 19.03% influence), 'orientacion_sen' (range 0 to 1.25, value 0, 11.99% influence), 'x' (range 0 to 0.94, value 0.37, 11.82% influence), 'largo' (range 11 to 93, value 60, 8.87% influence), and 'z' (range 0 to 0.94, value 0.75, 3.83% influence). At the bottom, there is a 'New prediction name' field containing 'medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)' and a green 'Predict' button.

Del mismo modo los modelos desarrollados consideran que parámetros son más influyentes para las desviaciones en el largo y ancho de una pieza. Siendo las medidas de las piezas (largo y ancho), la orientación de la fabricación y la posición en Z las variables más influyentes en las desviaciones dimensionales.

3.3 Análisis de las piezas demo desarrolladas

Se han evaluados los resultados de las desviaciones dimensionales de los demostradores tratados manualmente sin los algoritmos de IA y con los algoritmos de IA y se ha realizado una comparativa entre ellos, dando como resultado que las desviaciones predichas por el algoritmo de IA difieren de las desviaciones reales medidas, observando

una misma tendencia, aunque los valores no coinciden. Es importante destacar que, si las medidas de la pieza difieren mucho de las medidas de las piezas utilizadas para el desarrollo del algoritmo de aprendizaje, se produce mayor diferencia en las desviaciones entre las predicciones de la IA y la realidad medida.

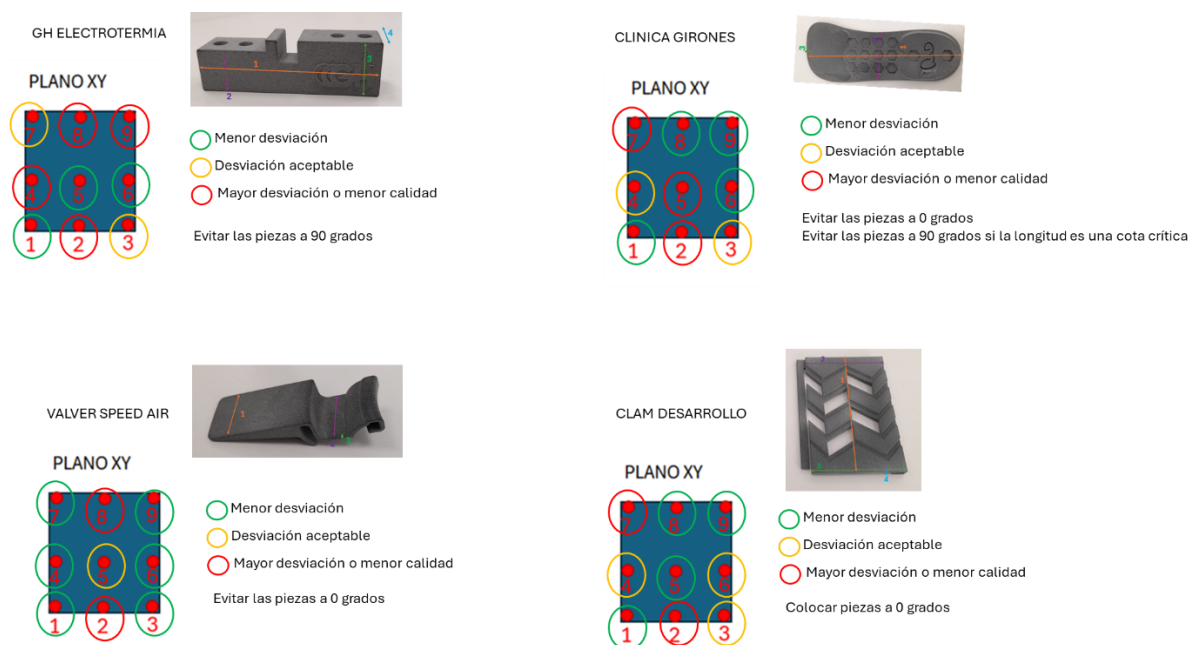


Ilustración 90. Conclusiones del análisis de las desviaciones de cada demostrador. . (Fuente: elaboración propia AIDIMME)

4 Conclusiones

Se ha cumplido las expectativas esperadas en el paquete de trabajo 6, mediante el desarrollo de unos modelos de IA que predicen las desviación dimensional de las piezas fabricadas con la tecnología MultiJet Fusion de HP con poliamida 12 en función de las posición y orientación de la pieza en el volumen de fabricación.

Las empresas colaboradoras han identificado, seleccionado e identificado demostradores con los que se ha comprobado la validez de los modelos de IA. Se ha evaluado los resultados de las desviaciones dimensionales de los demostradores tratados manualmente sin los algoritmos de IA y con los algoritmos de IA y se ha realizado una comparativa entre ellos, dando como resultado que las desviaciones predichas por el algoritmo de IA difieren de las desviaciones reales medidas, observando una misma tendencia, aunque los valores no coincidan.

Es importante destacar que, si las medidas de la pieza difieren mucho de las medidas de las piezas utilizadas para el desarrollo del algoritmo de aprendizaje, se produce mayor diferencia en las desviaciones entre las predicciones de la IA y la realidad medida.

Tras el desarrollo del proyecto se concluye que para que la predicción del modelo de IA sea lo más parecida a la realidad, el algoritmo de aprendizaje debe basarse en un conjunto de datos reales obtenido tras la medición de un gran número de piezas diferentes con una diversidad de longitudes, anchos y espesores, siempre controlando su localización en el volumen de fabricación. Cuanta más diversidad geométrica de piezas alimente dicho algoritmo más fiable será el resultado del modelo de IA.

5 Anexos y bibliografía

5.1 ANEXO 1. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE IA EN PIEZA DEMO CLÍNICA GIRONÉS

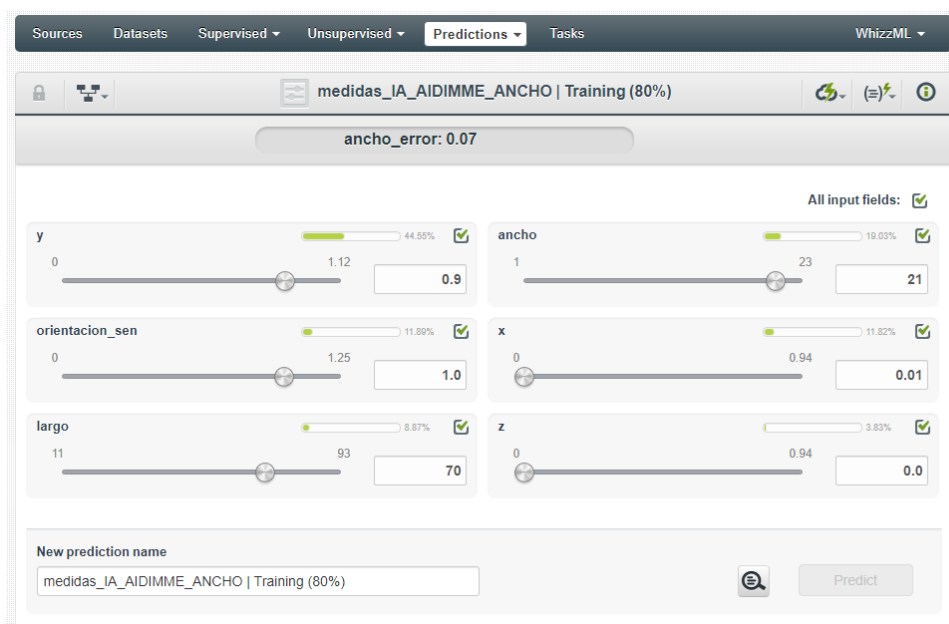


Ilustración 91. Código 90-1-1

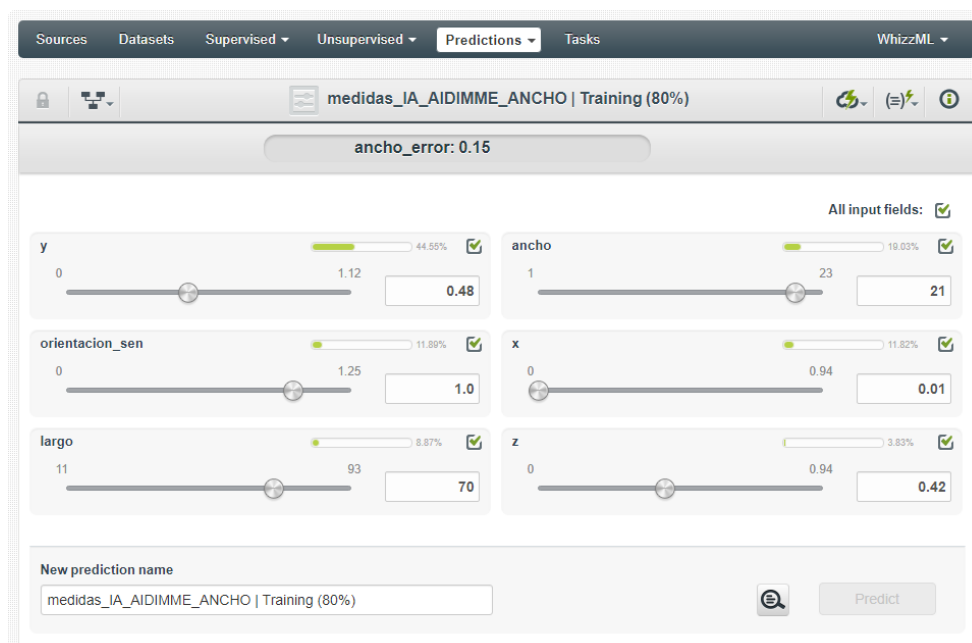


Ilustración 92. Código 90-2-2

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.13

All input fields: ☒

y: 0 to 1.12 (44.55%)

ancho: 1 to 23 (19.03%)

orientacion_sen: 0 to 1.25 (11.89%)

x: 0 to 0.94 (11.82%)

largo: 11 to 93 (8.87%)

z: 0 to 0.94 (3.83%)

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Ilustración 93. Código 45-3 -3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.09

All input fields: ☒

y: 0 to 1.12 (44.55%)

ancho: 1 to 23 (19.03%)

orientacion_sen: 0 to 1.25 (11.89%)

x: 0 to 0.94 (11.82%)

largo: 11 to 93 (8.87%)

z: 0 to 0.94 (3.83%)

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Ilustración 94. Código 90-4-2

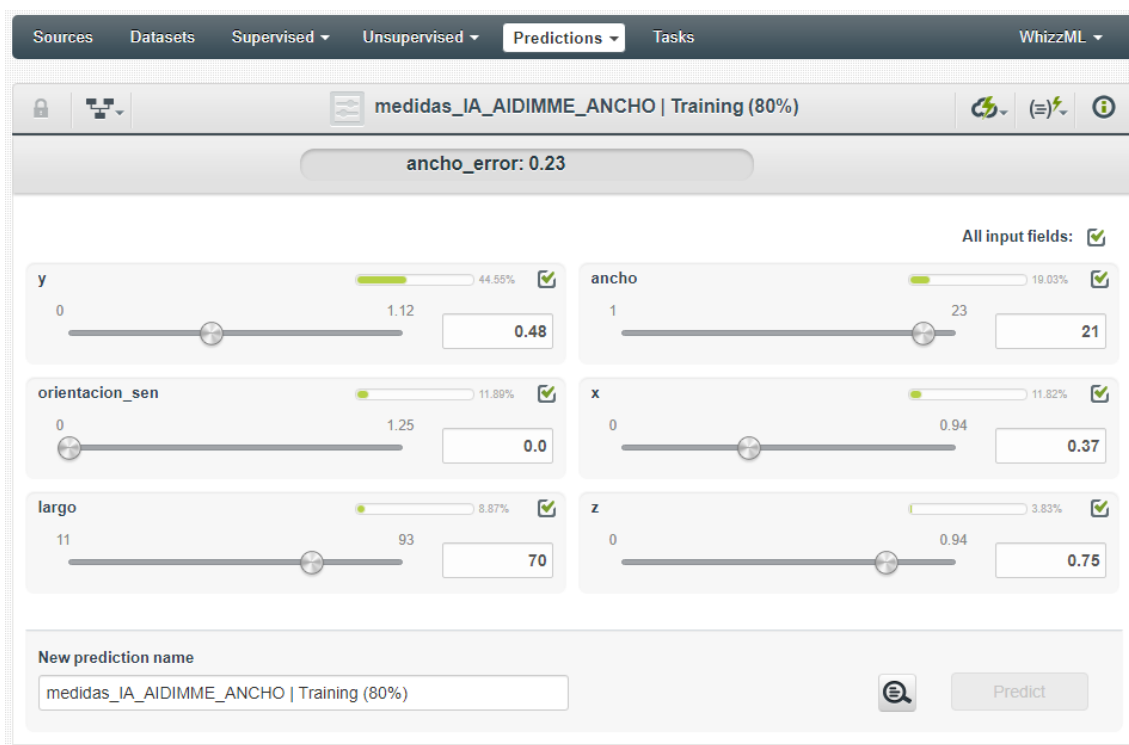


Ilustración 95. Código 0-5-3

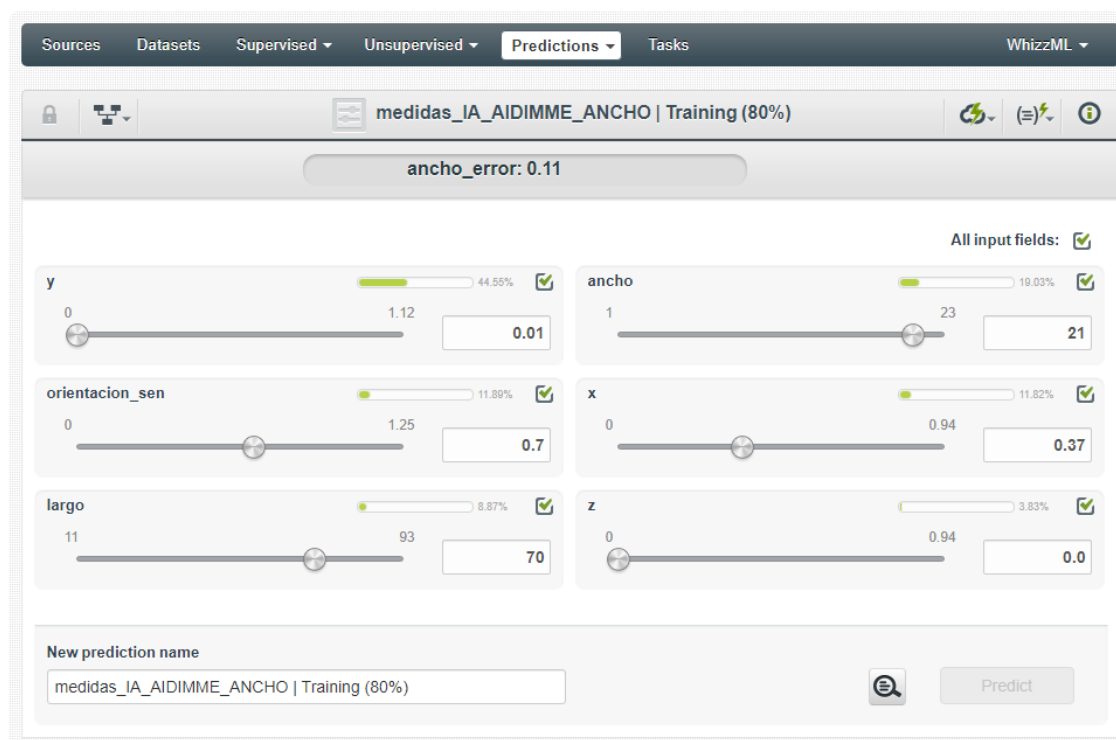


Ilustración 96. Código 45-6-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.13

All input fields: ☒

y: 0 1.12 44.55% ☒ 0.9

ancho: 1 23 19.03% ☒ 21

orientacion_sen: 0 1.25 11.89% ☒ 1.0

x: 0 0.94 11.82% ☒ 0.75

largo: 11 93 8.87% ☒ 70

z: 0 0.94 3.83% ☒ 0.75

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 97. Código 90-7-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.21

All input fields: ☒

y: 0 1.12 44.55% ☒ 0.48

ancho: 1 23 19.03% ☒ 21

orientacion_sen: 0 1.25 11.89% ☒ 0.7

x: 0 0.94 11.82% ☒ 0.75

largo: 11 93 8.87% ☒ 70

z: 0 0.94 3.83% ☒ 0.0

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 98. Código 45-8-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.14

All input fields: ☒

y 0 1.12 0.01

ancho 1 23 21

orientacion_sen 0 1.25 0.0

x 0 0.94 0.75

largo 11 93 70

z 0 0.94 0.42

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 99. Código 0-9-2

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.20

All input fields: ☒

largo 11 93 70

orientacion_sen 0 1.25 0.0

ancho 1 23 21

z 0 0.94 0.0

y 0 1.12 0.9

x 0 0.94 0.01

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 100- Código 0-1-1

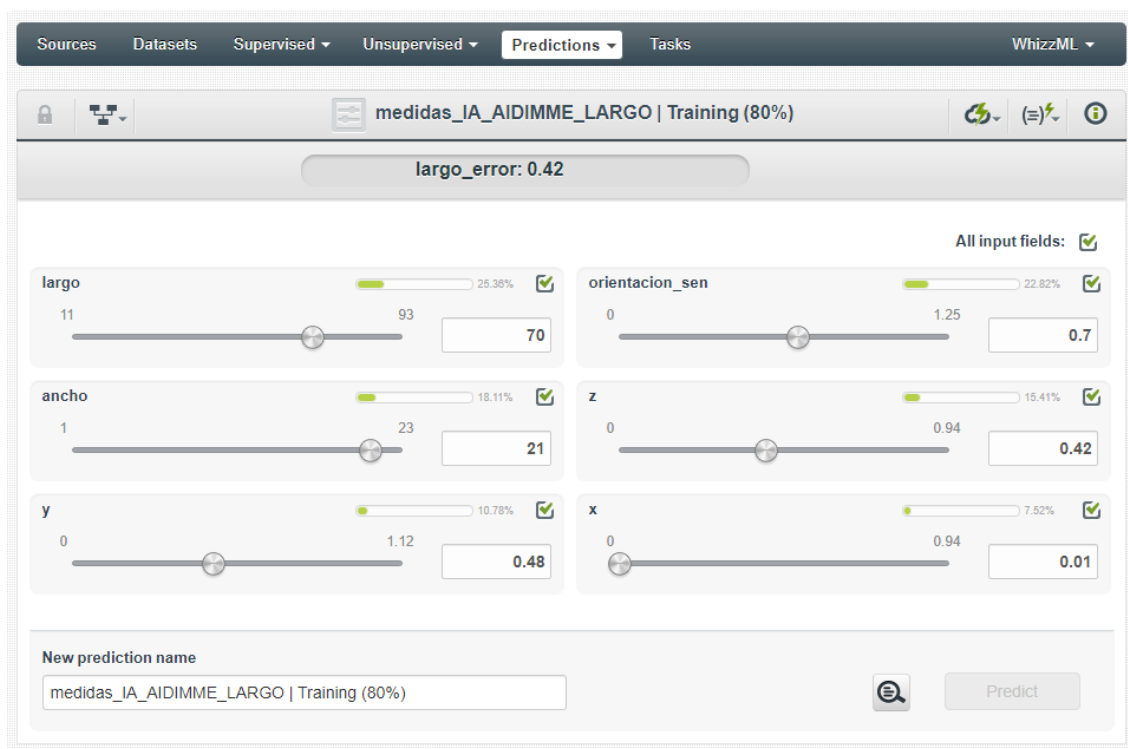


Ilustración 101. Código 45-2-2

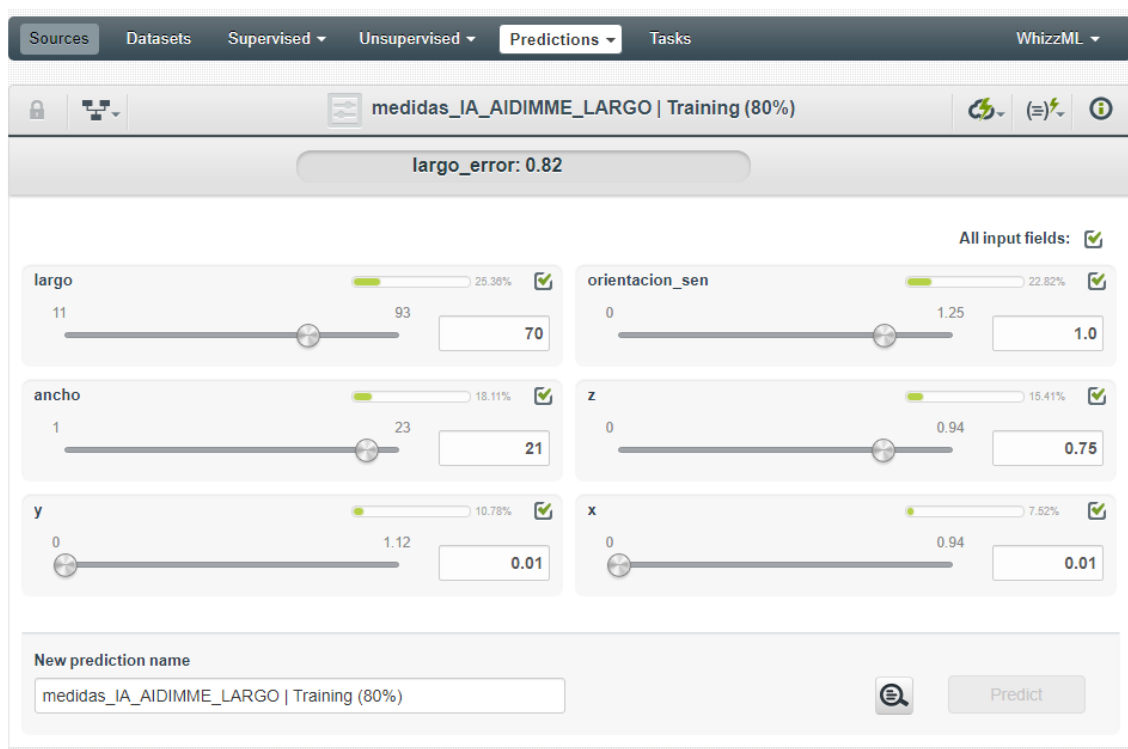


Ilustración 102. Código 90-3-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.25

All input fields: ☒

largo 11 93 25.36% ☒ 70

ancho 1 23 18.11% ☒ 21

y 0 1.12 10.78% ☒ 0.9

orientacion_sen 0 1.25 22.82% ☒ 0.0

z 0 0.94 15.41% ☒ 0.42

x 0 0.94 7.52% ☒ 0.37

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 103. Código 0-4-2

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.43

All input fields: ☒

largo 11 93 25.36% ☒ 70

ancho 1 23 18.11% ☒ 21

y 0 1.12 10.78% ☒ 0.48

orientacion_sen 0 1.25 22.82% ☒ 0.7

z 0 0.94 15.41% ☒ 0.75

x 0 0.94 7.52% ☒ 0.37

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 104. Código 45-5-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.18

All input fields: ☒

largo 11 93 25.36% ☒ 70

ancho 1 23 18.11% ☒ 21

y 0 1.12 10.78% ☒ 0.01

orientacion_sen 0 1.25 22.82% ☒ 0.0

z 0 0.94 15.41% ☒ 0.0

x 0 0.94 7.52% ☒ 0.37

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 105. Código 0-6-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.57

All input fields: ☒

largo 11 93 25.36% ☒ 70

ancho 1 23 18.11% ☒ 21

y 0 1.12 10.78% ☒ 0.9

orientacion_sen 0 1.25 22.82% ☒ 1.0

z 0 0.94 15.41% ☒ 0.75

x 0 0.94 7.52% ☒ 0.75

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 106. Código 90-7-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

Private medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.24

All input fields: ☒

largo: 11 93 70 25.36% ☒

orientacion_sen: 0 1.25 0.7 22.82% ☒

ancho: 1 23 21 18.11% ☒

z: 0 0.94 0.0 15.41% ☒

y: 0 1.12 0.48 10.78% ☒

x: 0 0.94 0.75 7.52% ☒

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Ilustración 107. Código 45-8-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.47

All input fields: ☒

largo: 11 93 70 25.36% ☒

orientacion_sen: 0 1.25 1.0 22.82% ☒

ancho: 1 23 21 18.11% ☒

z: 0 0.94 0.42 15.41% ☒

y: 0 1.12 0.01 10.78% ☒

x: 0 0.94 0.75 7.52% ☒

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Ilustración 108. Código 90-9-2

5.2 ANEXO 2. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE IA EN PIEZA DEMO GH ELECTROTERMIA S.A.U.

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.14

All input fields: ☒

y 0 1.12 44.55% ☒ 0.9

ancho 1 23 19.03% ☒ 20

orientacion_sen 0 1.25 11.89% ☒ 0.0

x 0 0.94 11.82% ☒ 0.01

largo 11 93 8.87% ☒ 80

z 0 0.94 3.83% ☒ 0.0

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 109. Código 0-1-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.19

All input fields: ☒

y 0 1.12 44.55% ☒ 0.48

ancho 1 23 19.03% ☒ 20

orientacion_sen 0 1.25 11.89% ☒ 0.7

x 0 0.94 11.82% ☒ 0.01

largo 11 93 8.87% ☒ 80

z 0 0.94 3.83% ☒ 0.42

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 110. Código 45-2-2

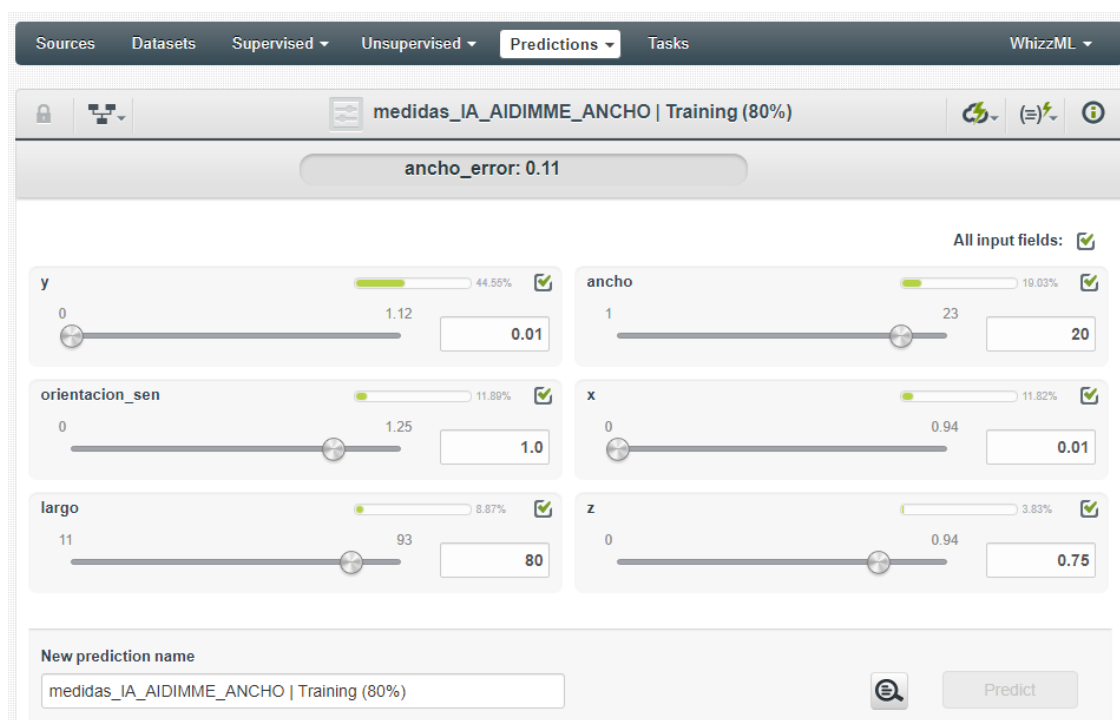


Ilustración 111. Código 90-3-3

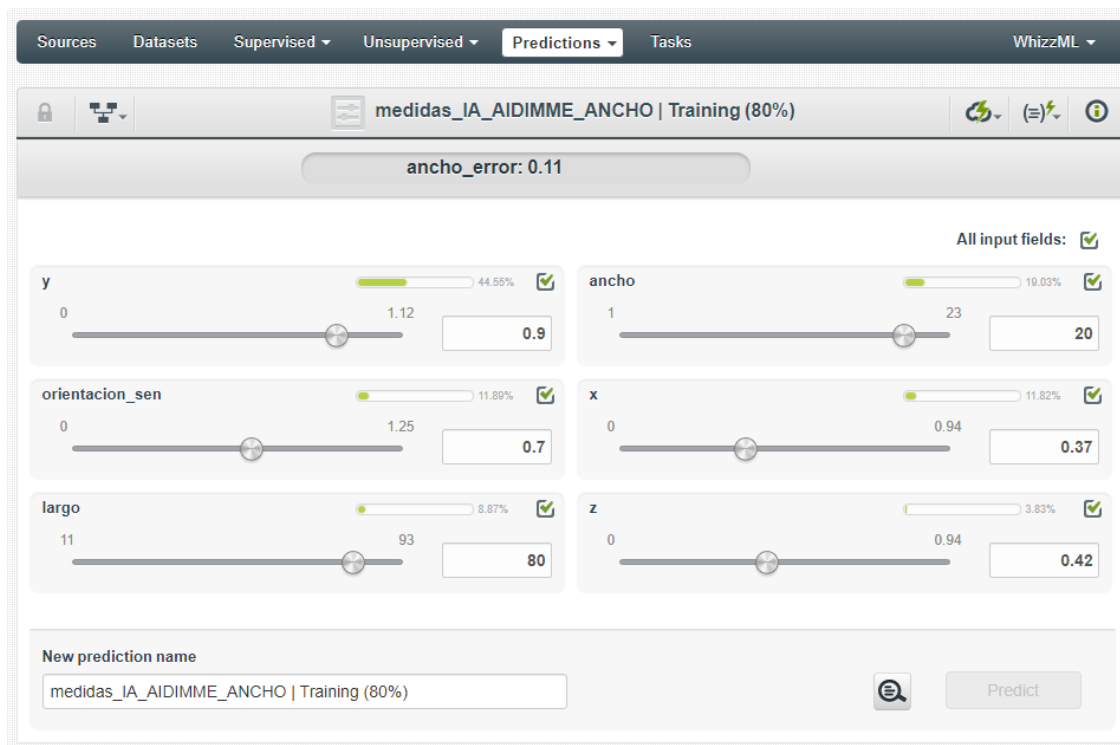


Ilustración 112. Código 45-4-2

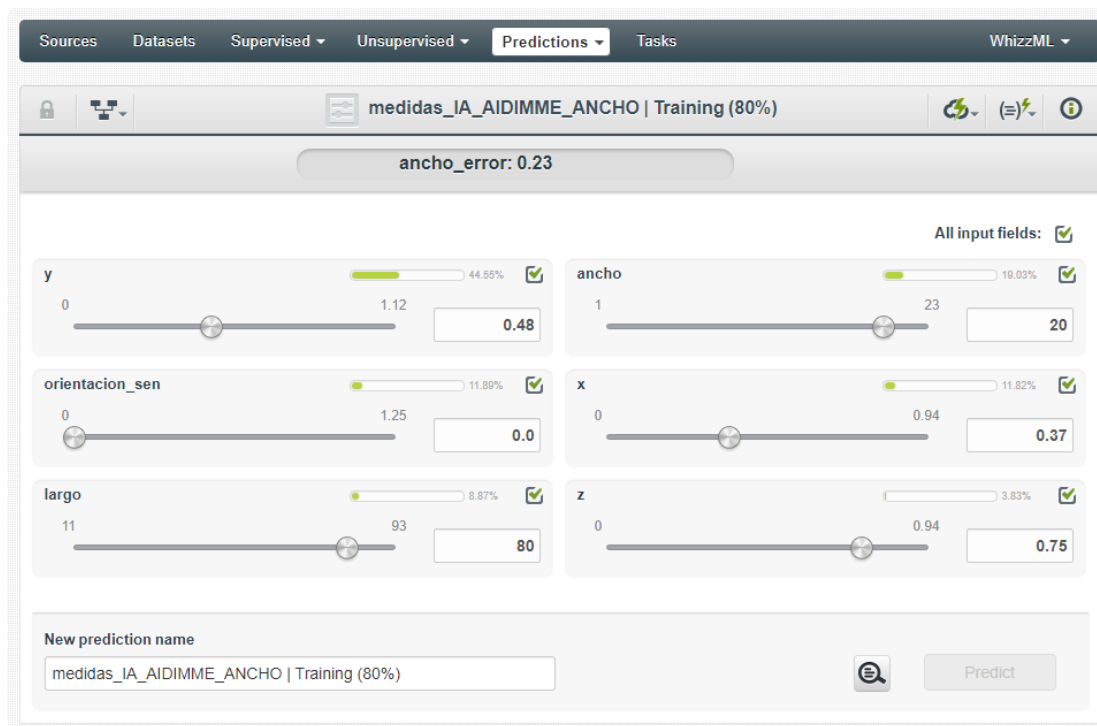


Ilustración 113. Código 0-5-3

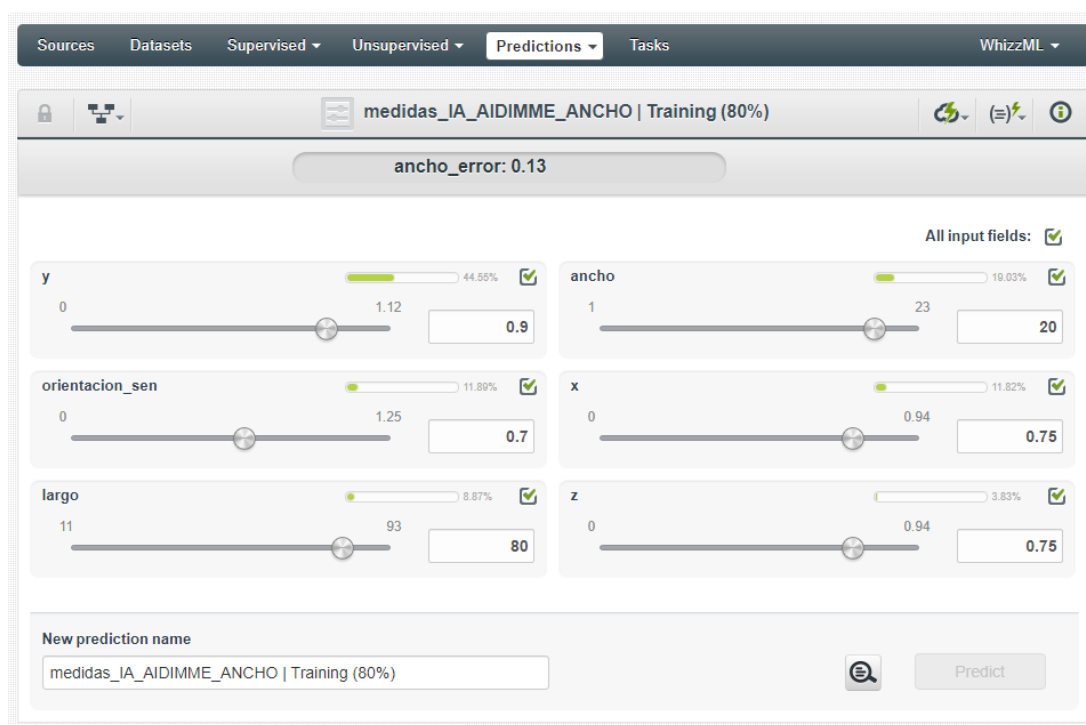


Ilustración 114- Código 45-7-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.27

All input fields: ☒

largo 11 93 80 25.36% ☒

orientacion_sen 0 1.25 0.0 22.82% ☒

ancho 1 23 20 18.11% ☒

z 0 0.94 0.75 15.41% ☒

y 0 1.12 0.01 10.78% ☒

x 0 0.94 0.01 7.52% ☒

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 115. Código 0-3-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.41

All input fields: ☒

largo 11 93 80 25.36% ☒

orientacion_sen 0 1.25 1.0 22.82% ☒

ancho 1 23 20 18.11% ☒

z 0 0.94 0.0 15.41% ☒

y 0 1.12 0.01 10.78% ☒

x 0 0.94 0.75 7.52% ☒

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 116. Código 90-9-2

5.3 ANEXO 3. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE IA EN PIEZA DEMO VALVER SPEED AIR S.L.

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.14

All input fields: ☒

y: 0 1.12 44.55% ☒ 0.9

ancho: 1 23 19.03% ☒ 23

orientacion_sen: 0 1.25 11.89% ☒ 0.0

x: 0 0.94 11.82% ☒ 0.01

largo: 11 93 8.87% ☒ 75

z: 0 0.94 3.83% ☒ 0.0

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 117. Código 0-1-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.22

All input fields: ☒

y: 0 1.12 44.55% ☒ 0.48

ancho: 1 23 19.03% ☒ 23

orientacion_sen: 0 1.25 11.89% ☒ 0.0

x: 0 0.94 11.82% ☒ 0.01

largo: 11 93 8.87% ☒ 75

z: 0 0.94 3.83% ☒ 0.42

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 118. Código 0-2-2

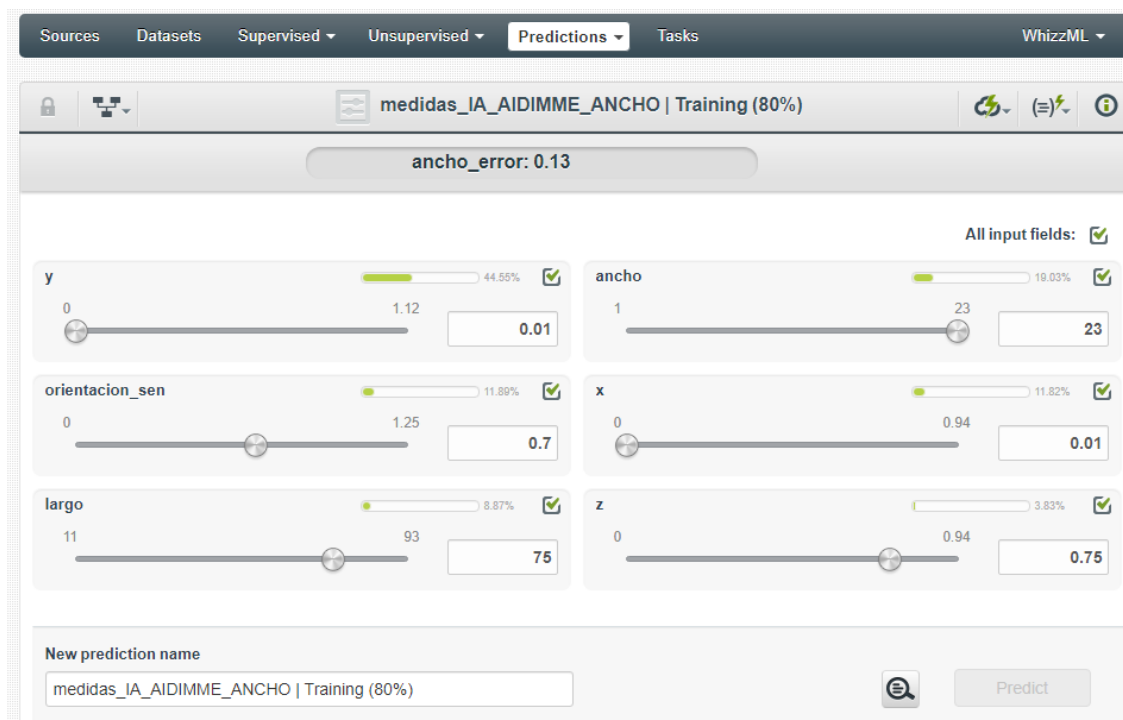


Ilustración 119. Código 45-3-3

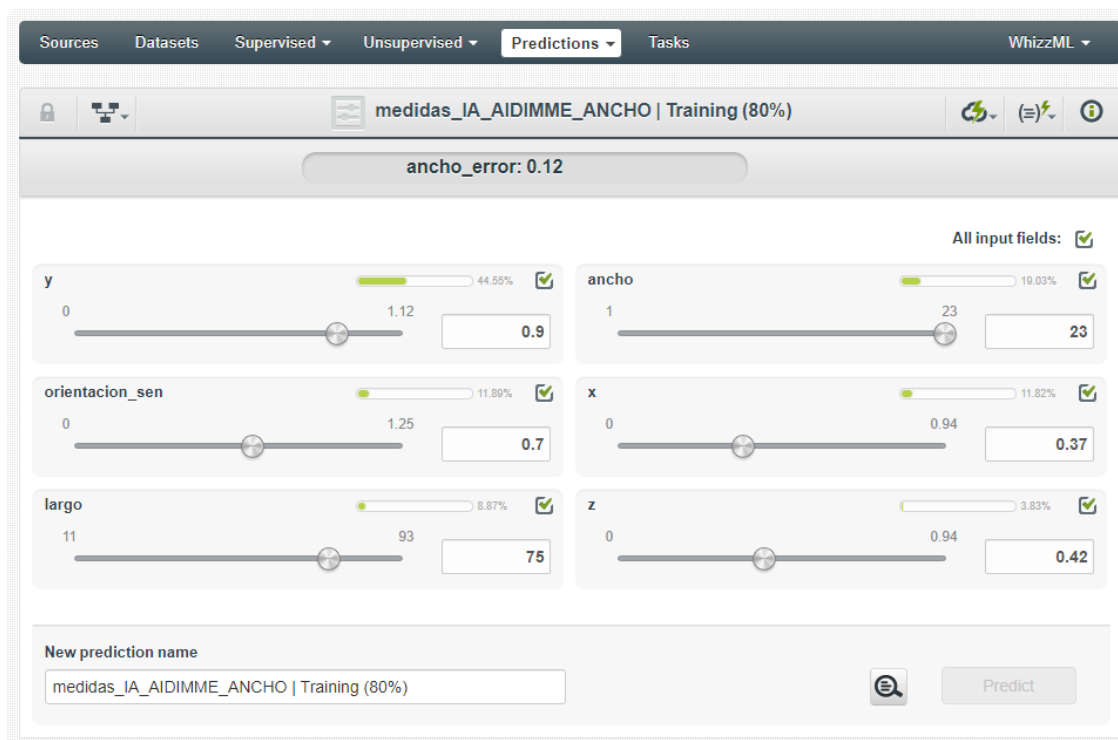


Ilustración 120. Código 45-4-2

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.20

All input fields: ☒

Field	Value	Percentage	Checkbox
y	0.48	44.55%	<input checked="" type="checkbox"/>
ancho	23	19.03%	<input checked="" type="checkbox"/>
orientacion_sen	0.7	11.89%	<input checked="" type="checkbox"/>
x	0.37	11.82%	<input checked="" type="checkbox"/>
largo	75	8.87%	<input checked="" type="checkbox"/>
z	0.75	3.83%	<input checked="" type="checkbox"/>

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 121. Código 45-5-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.13

All input fields: ☒

Field	Value	Percentage	Checkbox
y	0.01	44.55%	<input checked="" type="checkbox"/>
ancho	23	19.03%	<input checked="" type="checkbox"/>
orientacion_sen	0.0	11.89%	<input checked="" type="checkbox"/>
x	0.37	11.82%	<input checked="" type="checkbox"/>
largo	75	8.87%	<input checked="" type="checkbox"/>
z	0.0	3.83%	<input checked="" type="checkbox"/>

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Predict

Ilustración 122. Código 0-6-1

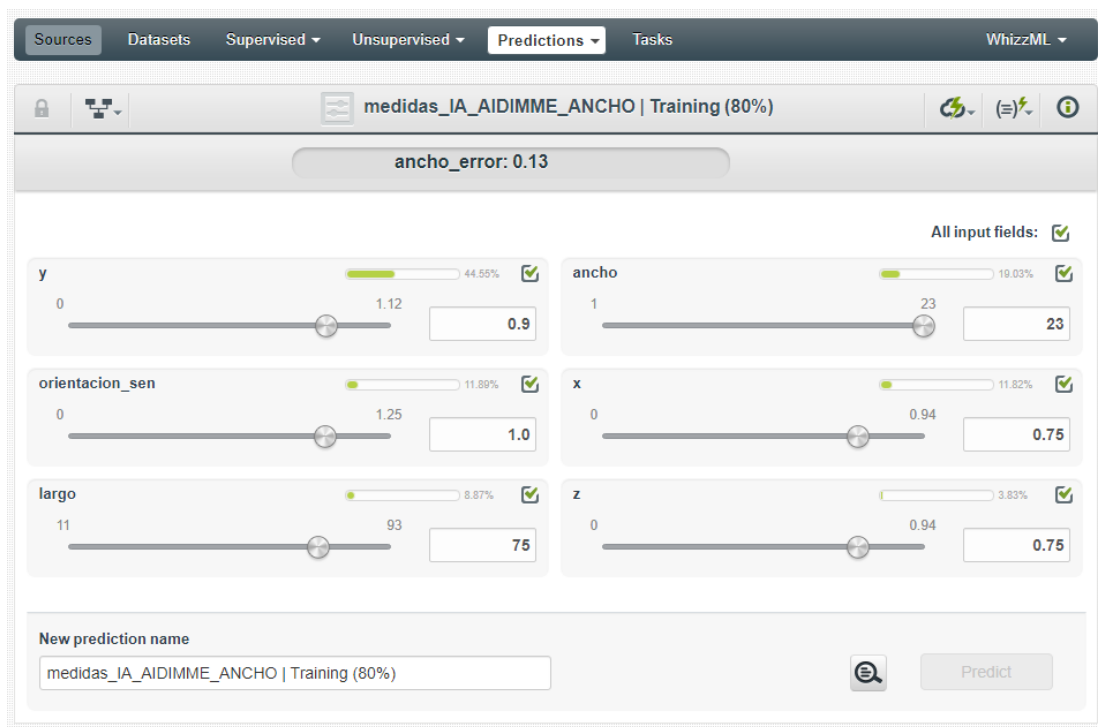


Ilustración 123. Código 90-7-3

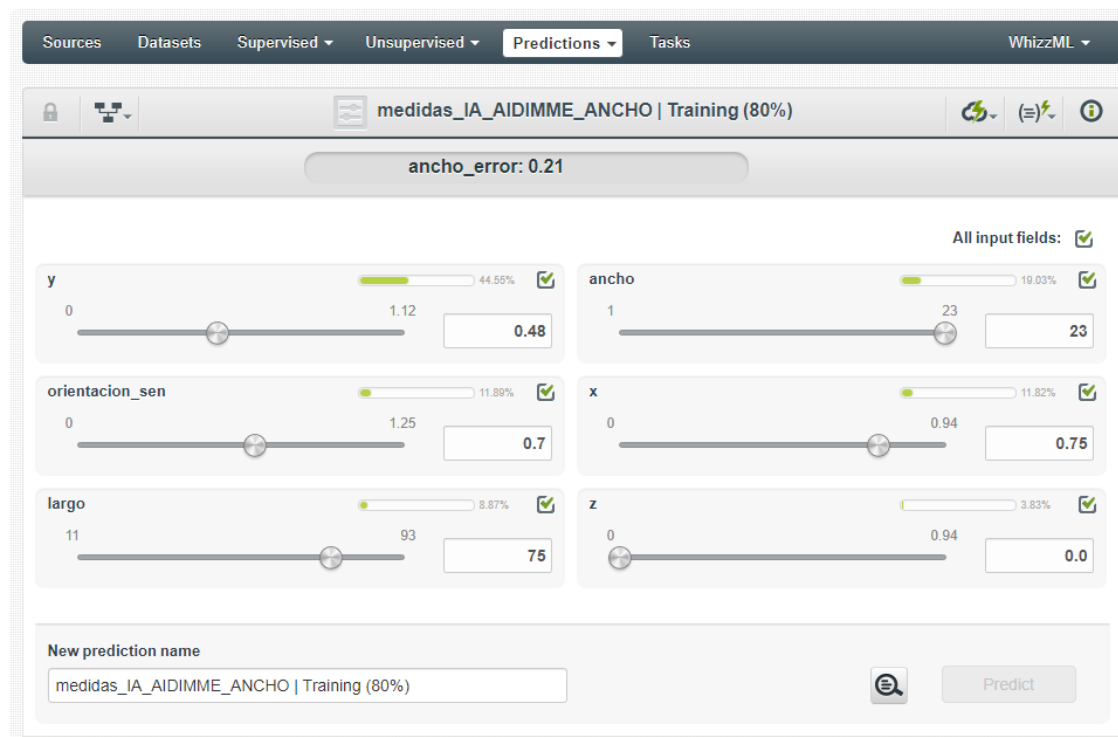


Ilustración 124. Código 45-8-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

ancho_error: 0.15

All input fields: ☒

y 0 1.12 0.01 ☒

ancho 1 23 23 ☒

orientacion_sen 0 1.25 0.7 ☒

x 0 0.94 0.75 ☒

largo 11 93 75 ☒

z 0 0.94 0.42 ☒

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_ANCHO | Training (80%)

Ilustración 125. Código 45-9-2

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.43

All input fields: ☒

largo 11 93 75 ☒

orientacion_sen 0 1.25 1.0 ☒

ancho 1 23 23 ☒

z 0 0.94 0.0 ☒

y 0 1.12 0.9 ☒

x 0 0.94 0.01 ☒

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Ilustración 126. Código 90-1-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.55

All input fields: ☒

largo: 11 93 75 25.36% ☒

orientacion_sen: 0 1.25 1.0 22.82% ☒

ancho: 1 23 23 18.11% ☒

z: 0 0.94 0.42 15.41% ☒

y: 0 1.12 0.48 10.78% ☒

x: 0 0.94 0.01 7.52% ☒

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 127. Código 90-2-2

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.59

All input fields: ☒

largo: 11 93 75 25.36% ☒

orientacion_sen: 0 1.25 0.7 22.82% ☒

ancho: 1 23 23 18.11% ☒

z: 0 0.94 0.75 15.41% ☒

y: 0 1.12 0.01 10.78% ☒

x: 0 0.94 0.01 7.52% ☒

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 128. Código 45-3-3

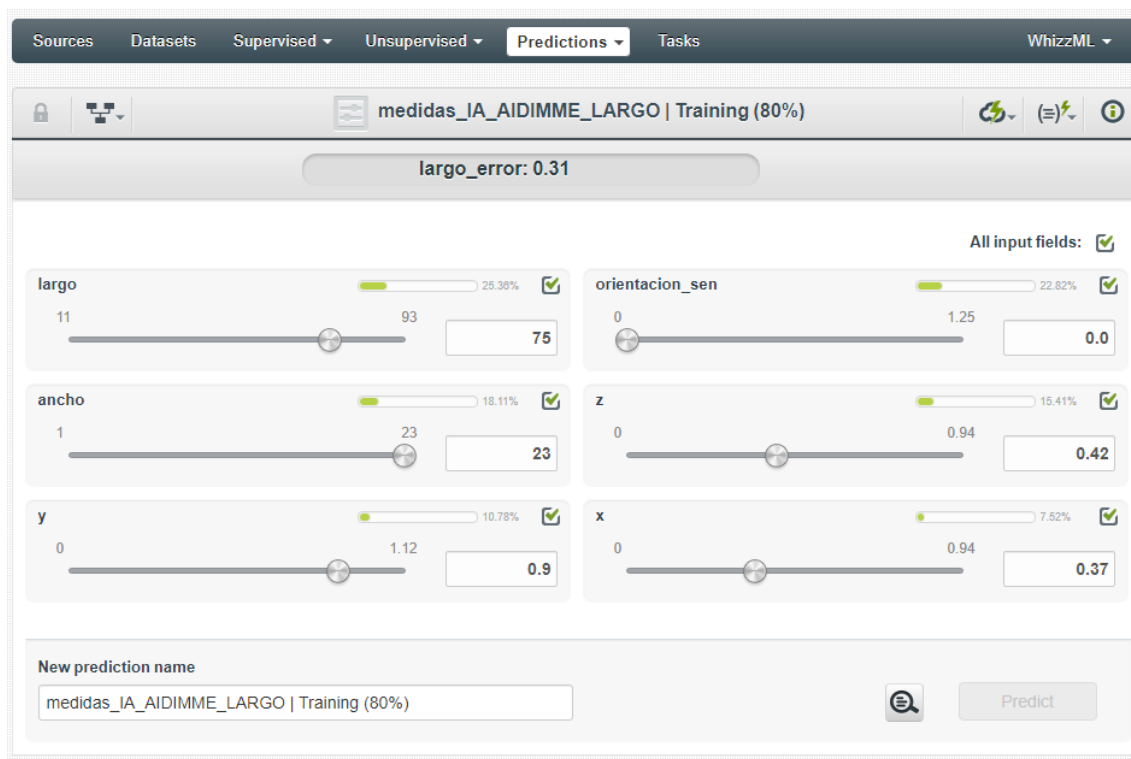


Ilustración 129. Código 0-4-2

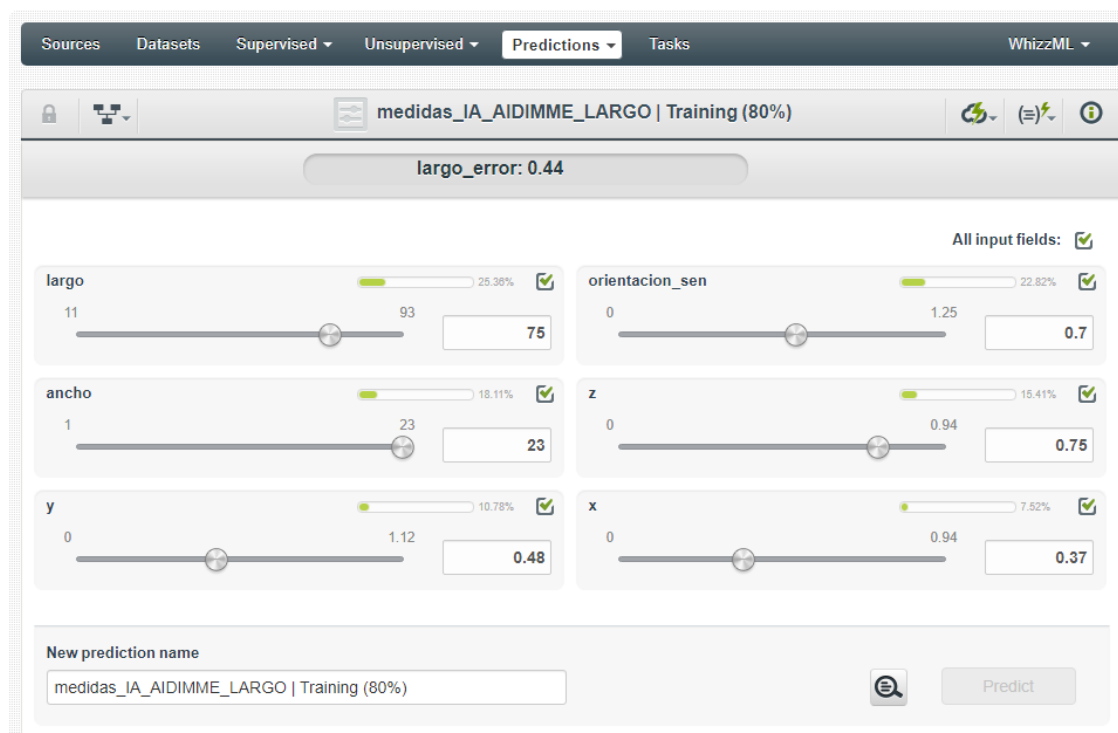


Ilustración 130. Código 45-5-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.28

All input fields: ☒

largo 11 93 25.38% ☒ 75

ancho 1 23 18.11% ☒ 23

y 0 1.12 10.78% ☒ 0.01

orientacion_sen 0 1.25 22.82% ☒ 0.7

z 0 0.94 15.41% ☒ 0.0

x 0 0.94 7.52% ☒ 0.37

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 131. Código 45-6-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.55

All input fields: ☒

largo 11 93 25.38% ☒ 75

ancho 1 23 18.11% ☒ 23

y 0 1.12 10.78% ☒ 0.9

orientacion_sen 0 1.25 22.82% ☒ 1.0

z 0 0.94 15.41% ☒ 0.75

x 0 0.94 7.52% ☒ 0.75

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 132. Código 90-7-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.26

All input fields: ☒

largo 11 93 75 25.36% ☒

ancho 1 23 23 18.11% ☒

y 0 1.12 0.48 10.78% ☒

orientacion_sen 0 1.25 0.7 22.82% ☒

z 0 0.94 0.0 15.41% ☒

x 0 0.94 0.75 7.52% ☒

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 133. Código 45-8-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.48

All input fields: ☒

largo 11 93 75 25.36% ☒

ancho 1 23 23 18.11% ☒

y 0 1.12 0.01 10.78% ☒

orientacion_sen 0 1.25 1.0 22.82% ☒

z 0 0.94 0.42 15.41% ☒

x 0 0.94 0.75 7.52% ☒

New prediction name
medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 134. Código 90-9-2

5.4 ANEXO 4. APLICACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE IA EN PIEZA DEMO CLAM DESARROLLO S.L.

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.71

All input fields:

largo: 11 93 78 25.36%

ancho: 1 23 12 18.11%

y: 0 1.12 0.9 10.78%

orientacion_sen: 0 1.25 1.0 22.82%

z: 0 0.94 0.0 15.41%

x: 0 0.94 0.01 7.52%

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 135. Código 90-1-1

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.44

All input fields:

largo: 11 93 78 25.36%

ancho: 1 23 12 18.11%

y: 0 1.12 0.9 10.78%

orientacion_sen: 0 1.25 0.7 22.82%

z: 0 0.94 0.42 15.41%

x: 0 0.94 0.37 7.52%

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 136. Código 45-4-2

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.36

All input fields:

largo: 11 93 78 25.36%

orientacion_sen: 0 1.25 0.0 22.82%

ancho: 1 23 12 18.11%

z: 0 0.94 0.75 15.41%

y: 0 1.12 0.48 10.78%

x: 0 0.94 0.37 7.52%

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 137. Código 0-5-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.82

All input fields:

largo: 11 93 78 25.36%

orientacion_sen: 0 1.25 1.0 22.82%

ancho: 1 23 12 18.11%

z: 0 0.94 0.75 15.41%

y: 0 1.12 0.9 10.78%

x: 0 0.94 0.75 7.52%

New prediction name: medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Predict

Ilustración 138. Código 90-7-3

Sources Datasets Supervised Unsupervised Predictions Tasks WhizzML

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

largo_error: 0.12

All input fields: ☐

largo 11 93 78 25.38% ☒

orientacion_sen 0 1.25 0.0 22.82% ☒

ancho 1 23 12 18.11% ☐

z 0 0.94 0.42 15.41% ☒

y 0 1.12 0.01 10.78% ☒

x 0 0.94 0.75 7.52% ☒

New prediction name

medidas_IA_AIDIMME_LARGO | Training (80%)

Ilustración 139. Código 0-9-2

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es

www.aidimme.es