

Anexos

A.1 – Representaciones 2D

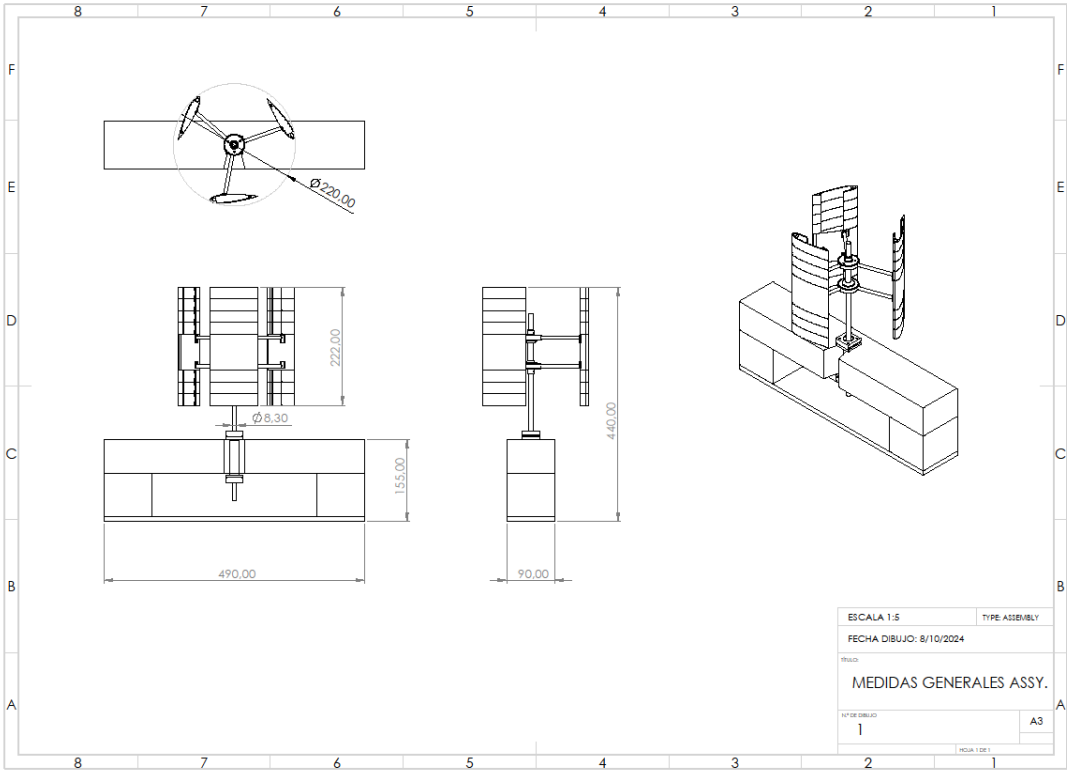


Fig. 45: Vistas del montaje: turbina eólica y su base.

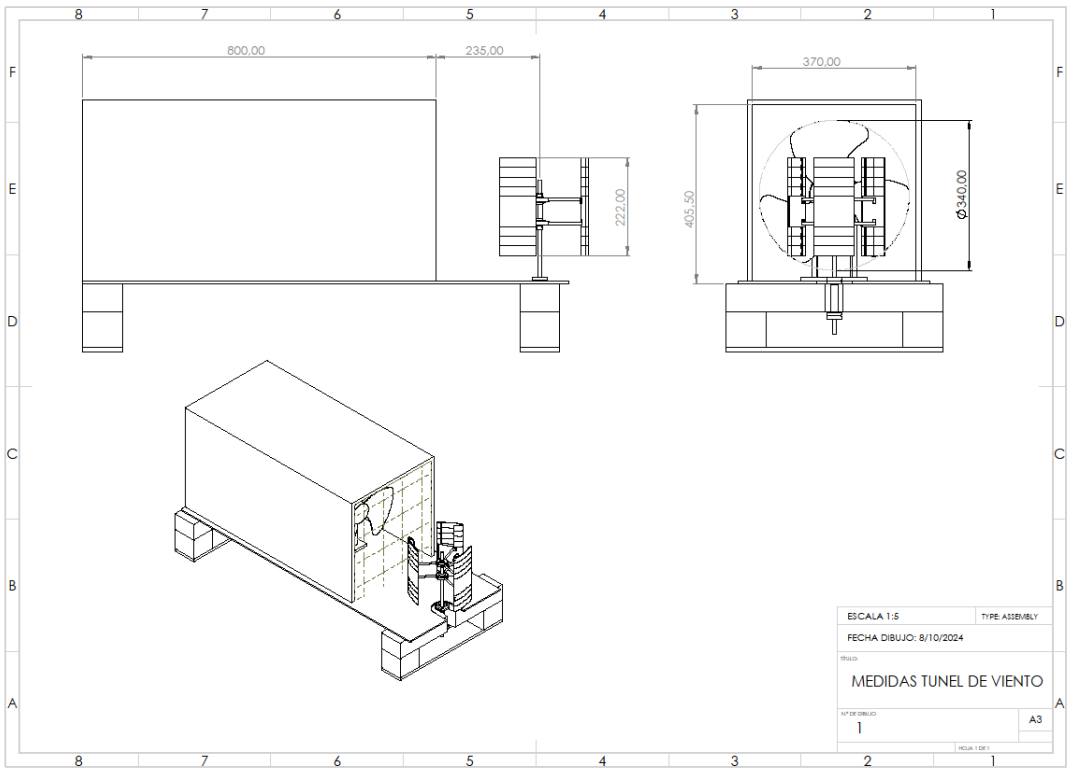


Fig. 46. Vistas de montaje: Turbina eólica y túnel de viento.

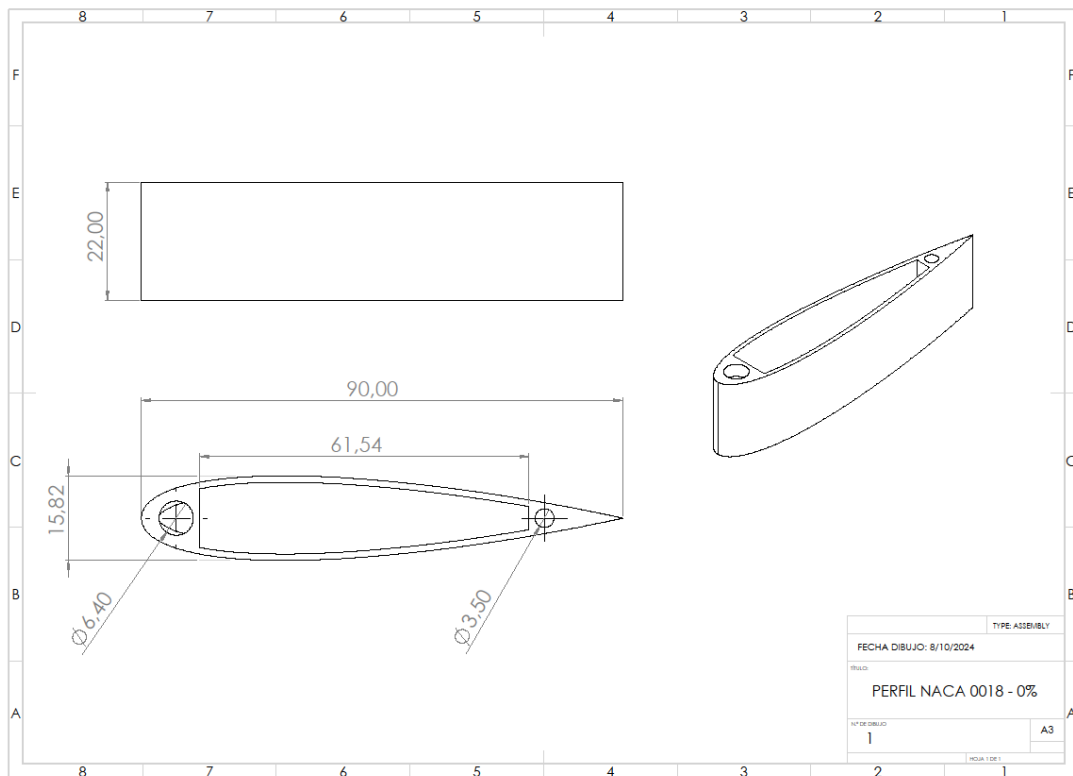


Fig. 47: Vistas de la pieza base, perfil NACA0018 - OR=0%

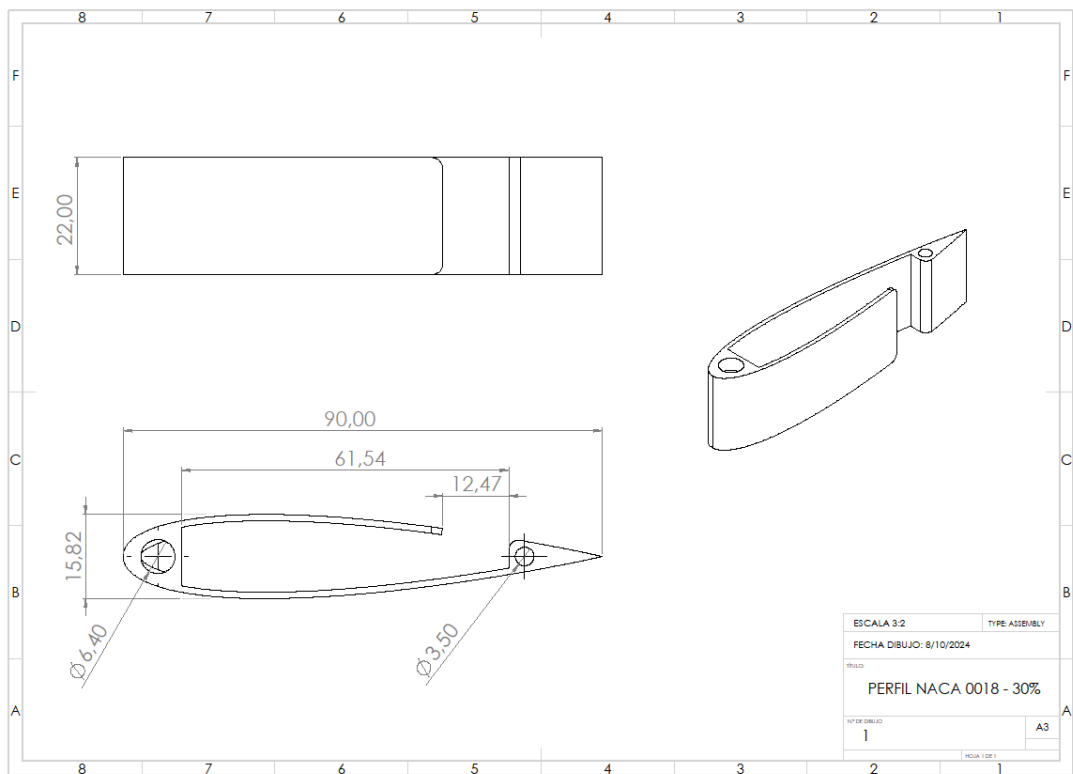


Fig. 48: Vistas de la pieza base, perfil NACA0018 - OR=30%

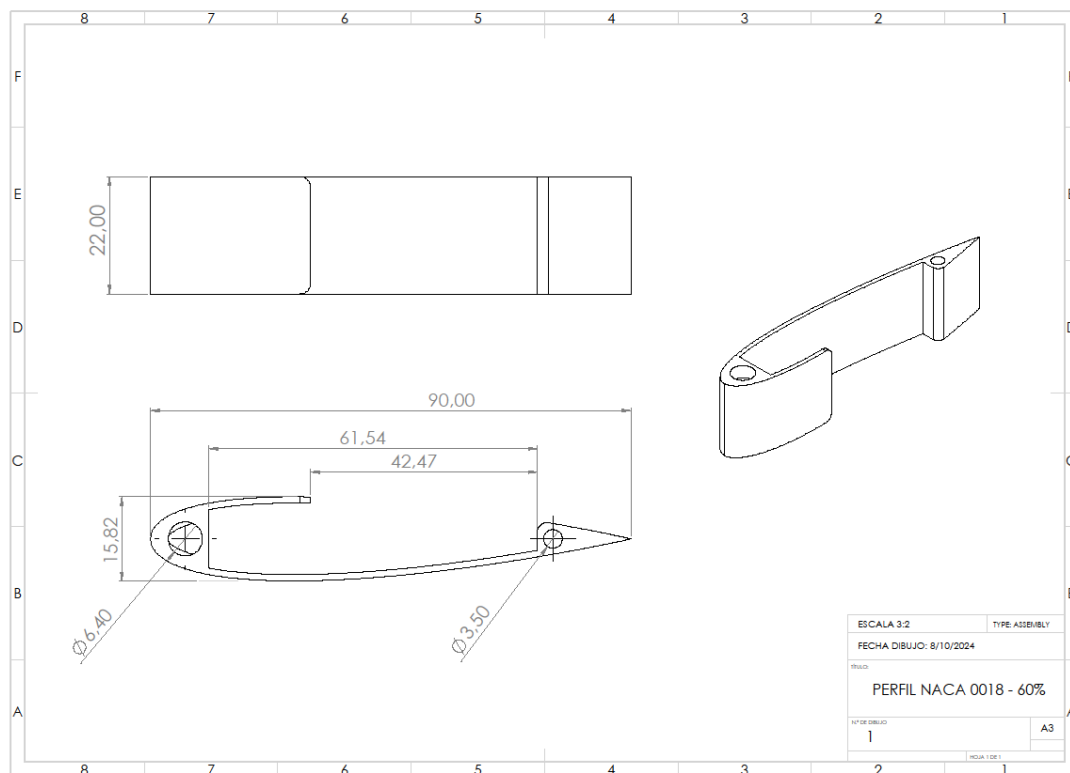


Fig. 49: Vistas de la pieza base, perfil NACA0018 - OR=60%.

A.2 – Fotografías de modelo real



Fig. 50: Disposición de las piezas utilizadas en los ensayos.



Fig. 51: Ventilador modificado utilizado en los ensayos.

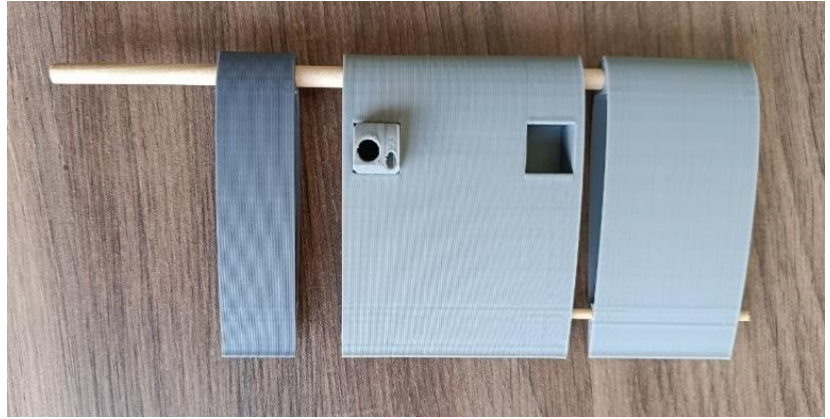


Fig. 52: Perfil alar semi-desmontado mostrando su estructura interna.



Fig. 53: Vista lateral del montaje completo, turbina eólica y túnel de viento.

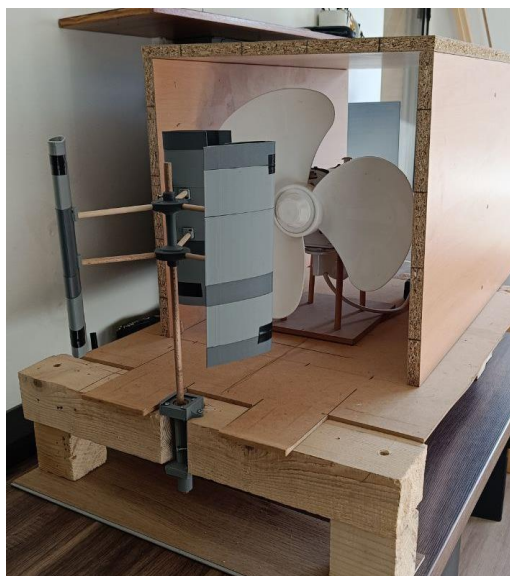


Fig. 54: Vista en perspectiva del montaje completo.

A.2 – Tablas de toma de datos

TIEMPO(s)	FRAME	REVS	FRAMES/REV	REVS/FRAME	RPM	ω (rad/s)	TSR	t/T
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.92289602	174	1	174	0.005747126	20.5172414	2.14849713	0.07877823	0.05840886
5.24105493	312	2	138	0.007246377	25.8695652	2.70897464	0.09932907	0.10473313
7.25684529	432	3	120	0.008333333	29.75	3.11532083	0.11422843	0.14501511
9.07105661	540	4	108	0.009259259	33.0555556	3.46146759	0.12692048	0.18126888
10.8180749	644	5	104	0.009615385	34.3269231	3.59460096	0.13180204	0.21617993
12.413909	739	6	95	0.010526316	37.5789474	3.93514211	0.14428854	0.24806982
13.8921552	827	7	88	0.011363636	40.5681818	4.24816477	0.15576604	0.27760994
15.2528137	908	8	81	0.012345679	44.0740741	4.61529012	0.1692273	0.30480027
16.5294809	984	9	76	0.013157895	46.9736842	4.91892763	0.18036068	0.33031219
17.7221569	1055	10	71	0.014084507	50.2816901	5.26533099	0.19306214	0.35414569
18.8644381	1123	11	68	0.014705882	52.5	5.497625	0.20157958	0.37697214
19.922728	1186	12	63	0.015873016	56.6666667	5.93394444	0.21757796	0.39812017
20.9474215	1247	13	61	0.016393443	58.5245902	6.1285	0.22471167	0.41859684
21.9217201	1305	14	58	0.017241379	61.5517241	6.44549138	0.23633468	0.43806647
22.8624223	1361	15	56	0.017857143	63.75	6.6756875	0.24477521	0.45686472
23.7527297	1414	16	53	0.018867925	67.3584906	7.0535566	0.25863041	0.47465592
24.6094406	1465	17	51	0.019607843	70	7.33016667	0.26877278	0.49177576
25.4157568	1513	18	48	0.020833333	74.375	7.78830208	0.28557108	0.50788855
26.1884764	1559	19	46	0.02173913	77.6086957	8.12692391	0.29798721	0.52332998
26.9443978	1604	20	45	0.022222222	79.3333333	8.30752222	0.30460915	0.53843572
27.6667227	1647	21	43	0.023255814	83.0232558	8.6939186	0.31877702	0.55287009
28.355451	1688	22	41	0.024390244	87.0731707	9.1180122	0.33432711	0.5666331
29.0273812	1728	23	40	0.025	89.25	9.3459625	0.34268529	0.58006042
29.682513	1767	24	39	0.025641026	91.5384615	9.58560256	0.35147209	0.59315206
30.3040484	1804	25	37	0.027027027	96.4864865	10.1037432	0.37047059	0.60557234
30.9087855	1840	26	36	0.027777778	99.1666667	10.3844028	0.38076144	0.61765693
31.4799261	1874	27	34	0.029411765	105	10.99525	0.40315917	0.62907016
32.0510667	1908	28	34	0.029411765	105	10.99525	0.40315917	0.64048338
32.605409	1941	29	33	0.03030303	108.181818	11.3284394	0.41537611	0.65156093
33.1261549	1972	30	31	0.032258065	115.16129	12.0593065	0.44217457	0.6619671
33.6469007	2003	31	31	0.032258065	115.16129	12.0593065	0.44217457	0.67237328
34.1340501	2032	32	29	0.034482759	123.103448	12.8909828	0.47266937	0.68210809
34.6379976	2062	33	30	0.033333333	119	12.4612833	0.45691372	0.69217858
35.125147	2091	34	29	0.034482759	123.103448	12.8909828	0.47266937	0.70191339
35.5954981	2119	35	28	0.035714286	127.5	13.351375	0.48955042	0.71131252
36.0658492	2147	36	28	0.035714286	127.5	13.351375	0.48955042	0.72071165
36.5362002	2175	37	28	0.035714286	127.5	13.351375	0.48955042	0.73011078
36.9729548	2201	38	26	0.038461538	137.307692	14.3784038	0.52720814	0.73883854
37.4601041	2230	39	29	0.034482759	123.103448	12.8909828	0.47266937	0.74857335
38.3000168	2280	40	50	0.02	71.4	7.47677	0.27414823	0.7653575
38.7031749	2304	41	24	0.041666667	148.75	15.5766042	0.57114215	0.7734139

39.1399294	2330	42	26	0.038461538	137.307692	14.3784038	0.52720814	0.78214166
39.5430875	2354	43	24	0.041666667	148.75	15.5766042	0.57114215	0.79019805
39.9462456	2378	44	24	0.041666667	148.75	15.5766042	0.57114215	0.79825445
40.3494037	2402	45	24	0.041666667	148.75	15.5766042	0.57114215	0.80631084
40.7525617	2426	46	24	0.041666667	148.75	15.5766042	0.57114215	0.81436724
41.1557198	2450	47	24	0.041666667	148.75	15.5766042	0.57114215	0.82242363
41.5588779	2474	48	24	0.041666667	148.75	15.5766042	0.57114215	0.83048003
41.9452377	2497	49	23	0.043478261	155.217391	16.2538478	0.59597442	0.83820074
42.3315975	2520	50	23	0.043478261	155.217391	16.2538478	0.59597442	0.84592145
42.7179573	2543	51	23	0.043478261	155.217391	16.2538478	0.59597442	0.85364216
43.1043172	2566	52	23	0.043478261	155.217391	16.2538478	0.59597442	0.86136287
43.490677	2589	53	23	0.043478261	155.217391	16.2538478	0.59597442	0.86908359
43.8770368	2612	54	23	0.043478261	155.217391	16.2538478	0.59597442	0.8768043
44.2465984	2634	55	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.88418933
44.6161599	2656	56	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.89157435
44.9857215	2678	57	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.89895938
45.3552831	2700	58	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.90634441
45.7416429	2723	59	23	0.043478261	155.217391	16.2538478	0.59597442	0.91406512
46.1112044	2745	60	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.92145015
46.480766	2767	61	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.92883518
46.8335293	2788	62	21	0.047619048	170	17.8018333	0.65273389	0.93588453
47.2030909	2810	63	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.94326955
47.5558542	2831	64	21	0.047619048	170	17.8018333	0.65273389	0.9503189
47.9254158	2853	65	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.95770393
48.2949773	2875	66	22	0.045454545	162.272727	16.9926591	0.62306417	0.96508896
48.6477406	2896	67	21	0.047619048	170	17.8018333	0.65273389	0.9721383
49.0005039	2917	68	21	0.047619048	170	17.8018333	0.65273389	0.97918765
49.3532673	2938	69	21	0.047619048	170	17.8018333	0.65273389	0.98623699
49.7060306	2959	70	21	0.047619048	170	17.8018333	0.65273389	0.99328634
50.0419956	2979	71	20	0.05	178.5	18.691925	0.68537058	1

Fig. 55: Tabla de muestra del ensayo base.

Se generan 9 tablas más como esta, que corresponden con los 8 ensayos posteriores para cada variación de la geometría, además del ensayo optimizado. A continuación se describe la función de cada columna:

REVOLUCIONES: Por cada vuelta de la turbina sobre su eje, hay una celda que describe sus características en el momento dado.

FRAME: Imagen en la que se encuentra el video en el momento en que se suma una revolución en la turbina. (Fotogramas)

TIEMPO: Se consigue multiplicando el valor del FRAME por el del valor de fps (frames per second) del vídeo, que se encuentra en características del códec de vídeo: 59.5 fps.

FRAMES/REV: La resta de los frames de la fila actual menos los de la anterior, para conocer cuántos fotogramas tarda en completar una revolución.

REVS/FRAME: El inverso del anterior parámetro

RPM: Sabiendo la característica de fps, se consigue multiplicando el valor de REVS/FRAME por el de fps y por 60 segundos que hay en un minuto

ω (rad/s): conversión del valor de RPM a radianes por segundo.

TSR: Obtenido mediante la ecuación (9), y con la geometría característica del ensayo concreto. Será el eje de ordenadas de las gráficas de resultados.

t/T: Obtenido dividiendo la celda de tiempo de la fila en la que se halle dividido por el tiempo de estabilización, alcanzado cuando las revoluciones por minuto se mantienen constantes más de 5 iteraciones seguidas. Será el eje de abscisas de las gráficas de resultados.

A.3 – Análisis de grabación de ensayos en Blender

La captura de datos de velocidad de la turbina se realizó analizando el video resultado de cada ensayo, utilizando el programa Blender para determinar cuándo se completaba cada revolución, y el fotograma en el que ocurre dicha revolución:

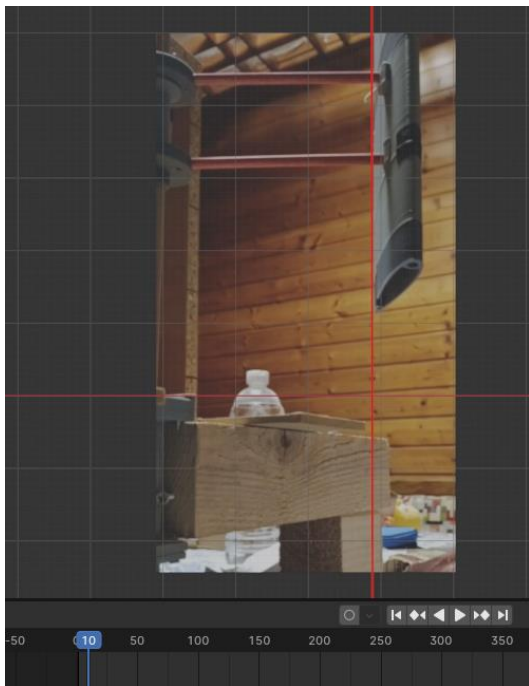


Fig. 56: Fotograma de inicio, donde REV=0

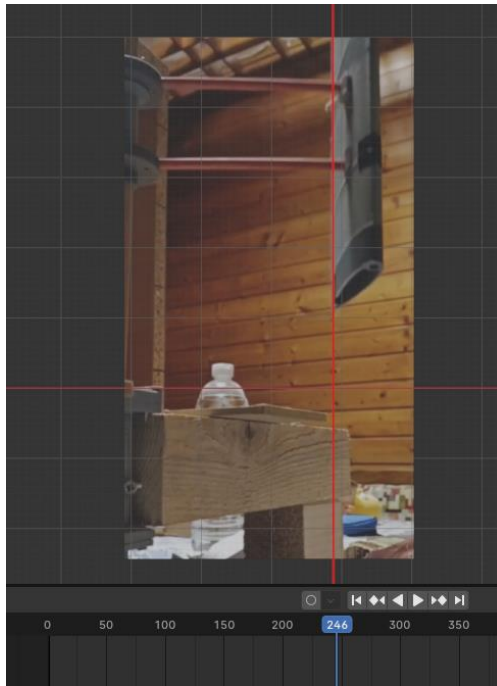


Fig. 57: Fotograma 246, donde REV =1

Esta relación de revoluciones y fotogramas en los que ocurre son los que construyen la tabla de la Fig.55.

A.4 – Fichas de AEV

	Modelo: BRITWIND R9000 Tipo: AEH 3 palas Marca: BRITWIND (UK) Velocidad mínima: 3 m/s Diámetro de rotor: 5.5 m Niveles de ruido: 58 dB Potencia nominal: 5 kW
---	--

Fig. 58: Resumen características BRITWIND R9000.[20]

	Modelo: ECOROTE 300 Tipo: AEV 4 palas Marca: ECOROTE (PL) Velocidad mínima: 3 m/s Dimensiones: 1x1.2 m Niveles de ruido: 45 dB Potencia nominal: 300 W
---	---

Fig. 59: Resumen características ECOROTE 300.[21]

	Modelo: TALOS P3000 Tipo: AEV 5 palas Marca: TALOS (EEUU) Velocidad mínima: 2 m/s Dimensiones: 3x3.6 m Niveles de ruido: 45 dB Potencia nominal: 3 kW
---	--

Fig. 60: Resumen características TALOS P3000.[22]

	Modelo: Vortex3.0 Tipo: AEV 3 palas Marca: TUMURLY (TUR) Velocidad mínima: 3 m/s Dimensiones: 1,5x1,4 m Niveles de ruido: 30 dB Potencia nominal: 3 kW
---	---

Fig. 61: Resumen características Vortex3.0.[15]