



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# **DISEÑO DE UN MODELO PARAMETRIZADO Y ASISTENCIA A LA FABRICACIÓN AUTOMATIZADA DE UN SISTEMA LIBERADOR DE INSECTOS MEDIANTE DRONES**

Máster Universitario en Diseño y Fabricación Integrada Asistidos por Computador

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Universitat Politècnica de València

Autor: David Rodríguez Francisco

Tutor: Gustavo Manuel Salvador Herranz

Curso Académico 2019/2020

Valencia, septiembre de 2020



# RESUMEN

**Título:** Diseño de un Modelo Parametrizado y Asistencia a la Fabricación Automatizada de un Sistema Liberador de Insectos Mediante Drones

**Resumen:**

Este proyecto consiste en la parametrización del diseño y la asistencia para la fabricación automatizada del modelo producido actualmente por la empresa MAPA TECHNOLOGY S.L. destinado al control de plagas y enfermedades mediante la técnica de los insectos estériles (SIT).

Mediante la parametrización del modelo se consigue una actualización automática importando valores de tablas de datos y generando los archivos necesarios para la fabricación del dispositivo empleando tecnología FDM (Fused Deposition Modeling) y LBC (Laser Beam Cutting).

Este trabajo final de máster aporta un ahorro de tiempo, reducción de costes y aumento de la producción al añadir flexibilidad y dinamismo al sistema actual.

**Palabras clave:** DISEÑO, PARAMETRIZADO, FABRICACIÓN, AUTOMÁTICA, FDM, LBC

**Autor:** D. David Rodríguez Francisco

**Correo:** darodfra@etsid.upv.es

**Tutor:** Prof. D. Gustavo Manuel Salvador Herranz

**Correo:** gussalhe@upv.es

Valencia, septiembre de 2020



# RESUM

**Títol:** Disseny d'un Model Parametritzat i Assistència a la Fabricació Automatitzada d'un Sistema Alliberador d'Insectes Mitjançant Drons

**Resum:**

Aquest projecte consisteix en la parametrització del disseny i l'assistència per a la fabricació automatitzada del model produït actualment per l'empresa MAPA TECHNOLOGY S.L. destinat al control de plagues i malalties mitjançant la tècnica dels insectes estèrils (SIT).

Mitjançant la parametrització del model s'aconsegueix una actualització automàtica important valors de taules de dades i generant els arxius necessaris per a la fabricació del dispositiu emprant tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling) i LBC (Laser Beam Cutting).

Aquest treball final de màster aporta un estalvi de temps, reducció de costos i augment de la producció en afegir flexibilitat i dinamisme al sistema.

**Paraules clau:** DISSENY, PARAMETRITZAT, FABRICACIÓ, AUTOMÀTICA, FDM, LBC

**Autor:** Sr. David Rodríguez Francisco

**Correu:** darodfra@etsid.upv.es

**Tutor:** Prof. Sr. Gustavo Manuel Salvador Herranz

**Correu:** gussalhe@upv.es

València, setembre de 2020



# ABSTRACT

**Title:** Design of a Parameterized Model and Assistance to the Automated Manufacture of an Insect-Releasing System Using Drones

**Abstract:**

This project consists of the design parameterization and the automated assistance for the manufacture of the model currently produced by the company MAPA TECHNOLOGY S.L. dedicated to the control of pests and diseases using the sterile insects technique (SIT).

An automatic update of the parameterized model is obtained by importing values from data tables and generating the necessary files to manufacture the device using FDM (Fused Deposition Modeling) and LBC (Laser Beam Cutting) technology.

This final master's degree project saves time, reduces costs and increases production by adding flexibility and dynamism to this system.

**Keywords:** DESIGN, PARAMETRIZED, MANUFACTURING, AUTOMATIC, FDM, LBC

**Author:** D. David Rodríguez Francisco

**Mail:** darodfra@etsid.upv.es

**Tutor:** Prof. D. Gustavo Manuel Salvador Herranz

**Mail:** gussalhe@upv.es



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# AGRADECIMIENTOS

Al profesorado que me ha acompañado en esta nueva etapa, especialmente a mi tutor, por brindarme esta oportunidad y ayudarme a adquirir nuevos conocimientos.

A mis compañeros y compañeras que conocí en esta aventura valenciana y que, un día sin saberlo, no pudimos volver a vernos. Sin embargo, les deseo lo mejor y no me olvidaré de ellos.

Pero especialmente a mi familia y pareja, que una vez más me han dado la oportunidad de alcanzar mis metas, apoyándome y sin dudar un solo momento de mis capacidades.



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción .....	1
2. Objetivos .....	2
3. Memoria .....	2
4. Rediseño y parametrizado.....	12
4.1. Siemens NX .....	14
4.2. Hoja de cálculo de Microsoft Excel.....	26
5. Asistencia a la fabricación .....	31
5.1. FDM .....	31
5.2. LBC.....	32
6. Evaluación de costes.....	35
7. Conclusiones .....	36
8. Trabajo futuro .....	36
9. Anexos .....	37
9.1. Tabla Excel con valores.....	37
9.2. Infografía con instrucciones.....	39
9.3. Reglamento Delegado (UE) 2019/945.....	40
9.4. Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 .....	49
9.5. Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746 .....	55
9.6. Bibliografía .....	57



# ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Comparación gráfica con otras enfermedades / Fuente: World Health Organisation.....	1
Fig. 2 – Evolución de la temperatura media global / Fuente: Inst. Goddard de Estudios Espaciales.....	1
Fig. 3 – Fases de la actividad / Fuente: Propia .....	2
Fig. 4 – Dron con su dispositivo de liberación ensamblado / Fuente: Mapa Technology S.L.....	3
Fig. 5 – Vista superior del dron de liberación / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	7
Fig. 6 – Vista del dispositivo original y su interior / Fuente: Mapa Technology S.L.....	8
Fig. 7 – Modelado de partida ensamblado / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	8
Fig. 8 – Modelado de partida y su zona de carga / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	9
Fig. 9 – Modelado de partida con su mecanismo dosificador / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	9
Fig. 10 – Modelado de partida con su zona de descarga / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	10
Fig. 11 – Modelado de partida sin aislante térmico / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	10
Fig. 12 – Modelado de partida y su aislante térmico / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	11
Fig. 13 – Modelado de partida y sus componentes electrónicos / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	11
Fig. 14 – Comparación entre modelado original y modelado propuesto / Fuente: Propia .....	12
Fig. 15 – Vista detalle del mecanismo de transmisión mediante engranajes / Fuente: Propia.....	13
Fig. 16 – Vista detalle de los compartimentos para material de cambio de fase / Fuente: Propia.....	13
Fig. 17 – Sobredimensionado para materiales por corte láser / Fuente: Propia.....	14
Fig. 18 – Croquis con sobredimensionado para materiales por corte láser / Fuente: Propia .....	14
Fig. 19 – Modelado vacío / Fuente: Propia.....	15
Fig. 20 – Volumen de insectos / Fuente: Propia.....	15
Fig. 21 – Rodillo A / Fuente: Propia.....	15
Fig. 22 – Rodillo B / Fuente: Propia.....	16
Fig. 23 – Tapa A1 / Fuente: Propia .....	16
Fig. 24 – Tapa A2 / Fuente: Propia .....	16
Fig. 25 – Tapa B1 / Fuente: Propia .....	17
Fig. 26 – Tapa B2 / Fuente: Propia .....	17
Fig. 27 – Engranaje A / Fuente: Propia.....	17
Fig. 28 – Engranaje B / Fuente: Propia.....	18
Fig. 29 – Engranaje Motor / Fuente: Propia .....	18
Fig. 30 – Eje A / Fuente: Propia .....	18
Fig. 31 – Eje B / Fuente: Propia .....	19
Fig. 32 – Panel Estructura A / Fuente: Propia.....	19
Fig. 33 – Panel Estructura B / Fuente: Propia.....	19
Fig. 34 – Panel Estructura C / Fuente: Propia.....	20
Fig. 35 – Panel Estructura D / Fuente: Propia.....	20
Fig. 36 – Panel Superior A / Fuente: Propia.....	20
Fig. 37 – Panel Superior B / Fuente: Propia.....	21
Fig. 38 – Mampara A / Fuente: Propia.....	21
Fig. 39 – Mampara B / Fuente: Propia.....	21

Fig. 40 – Mampara C / Fuente: Propia.....	22
Fig. 41 – Mampara D / Fuente: Propia.....	22
Fig. 42 – Aislante A Interno / Fuente: Propia.....	22
Fig. 43 – Aislante A Externo / Fuente: Propia.....	23
Fig. 44 – Aislante B Interno / Fuente: Propia.....	23
Fig. 45 – Aislante B Intermedio / Fuente: Propia .....	23
Fig. 46 – Aislante B Externo / Fuente: Propia .....	24
Fig. 47 – Aislante C Interno / Fuente: Propia.....	24
Fig. 48 – Aislante B Externo / Fuente: Propia .....	24
Fig. 49 – Aislante D Interno / Fuente: Propia .....	25
Fig. 50 – Aislante D Intermedio / Fuente: Propia .....	25
Fig. 51 – Aislante D Externo / Fuente: Propia.....	25
Fig. 52 – Aislante Superior A / Fuente: Propia.....	26
Fig. 53 – Aislante Superior B / Fuente: Propia.....	26
Fig. 54 – Aislante Inferior / Fuente: Propia.....	26
Fig. 55 – Ejemplo Excel de volumen total / Fuente: Propia .....	27
Fig. 56 – Ejemplo Excel de alto de habitáculo para insectos / Fuente: Propia .....	27
Fig. 57 – Ejemplo Excel de parametrizado de cotas / Fuente: Propia .....	28
Fig. 58 – Ejemplo Excel para inserción de función / Fuente: Propia .....	28
Fig. 59 – Ejemplo Excel de argumentos de función / Fuente: Propia .....	28
Fig. 60 – Ejemplo Excel de resultados de argumento de función / Fuente: Propia .....	29
Fig. 61 – Ejemplo Excel de ecuaciones totales en la pieza / Fuente: Propia.....	29
Fig. 62 – Plano detalle de rodillos parametrizados / Fuente: Propia .....	30
Fig. 63 – Modelado original con soportes inferiores fijos / Fuente: Mapa Technology S.L. ....	30
Fig. 64 – Modelado parametrizado con soportes inferiores y superiores / Fuente: Propia .....	30
Fig. 65 – Componentes impresos en 3D / Fuente: Propia .....	31
Fig. 66 – Exportación de las piezas a formato STL / Fuente: Propia.....	31
Fig. 67 – Piezas en slicer de ejemplo / Fuente: Propia.....	32
Fig. 68 – Componentes en metacrilato fabricados por corte láser / Fuente: Propia .....	32
Fig. 69 – Componentes en acetato fabricados por corte láser / Fuente: Propia.....	33
Fig. 70 – Componentes en poliestireno expandido fabricados por corte láser / Fuente: Propia .....	33
Fig. 71 – Disposición de las piezas para corte láser en metacrilato / Fuente: Propia .....	33
Fig. 72 – Disposición de las piezas para corte láser en acetato / Fuente: Propia .....	34
Fig. 73 – Disposición de las piezas para corte láser en poliestireno / Fuente: Propia .....	34
Fig. 74 – Plano de corte de ejemplo para piezas en metacrilato / Fuente: Propia .....	34
Fig. 75 – Plano de corte de ejemplo para piezas en acetato / Fuente: Propia .....	35
Fig. 76 – Plano de corte de ejemplo para piezas en poliestireno / Fuente: Propia.....	35
Fig. 77 – Tiempo de rediseño entre modelo parametrizado y sin parametrizar / Fuente: Propia .....	35





# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Clasificación de UAS según MTOM / Fuente: Boletín Oficial del Estado .....	4
Tabla 2 – Requisitos categoría abierta / Fuente: Boletín Oficial del Estado .....	5
Tabla 3 – Requisitos categoría específica / Fuente: Boletín Oficial del Estado .....	5
Tabla 4 – Requisitos categoría certificada / Fuente: Boletín Oficial del Estado .....	6
Tabla 5 – Calendario RE 2019/947 / Fuente: One Air .....	6
Tabla 6 – Calendario RE 2020/746 / Fuente: One Air .....	7
Tabla 7 – Comparación de softwares y hardware / Fuente: Propia .....	12
Tabla 8 – Tabla de conclusiones / Fuente: Propia .....	36

## 1. Introducción

En la actualidad el planeta sufre grandes brotes de enfermedades y plagas ocasionadas por insectos que ponen en grave peligro a la humanidad entre otras especies. El dengue, la malaria, la fiebre chikungunya, la fiebre amarilla, el Zika y otras tantas de estas enfermedades causan aproximadamente 700.000 muertes anuales.

Los vectores de estas enfermedades son organismos mayormente hematófagos capaces de transmitir parásitos, virus o bacterias al ingerirlos con la sangre de un portador infectado e inocularlos en otro sano. Es decir, emplean mosquitos, moscas, garrapatas, pulgas, flebótomos, caracoles, piojos y otros seres para poder sobrevivir y reproducirse (WHO, Enfermedades transmitidas por vectores, 2020). Por ejemplo, la malaria se contrae mediante la picadura de mosquitos del género *Anopheles* infectados por parásitos del género *Plasmodium* estimando 228.000.000 casos en el mundo (OMS, Paludismo, 2018). El dengue, otro ejemplo, se transmite mediante mosquitos del género *Aedes aegypti* y *A. albopictus* (Capaces de transmitir también el Zika, la fiebre amarilla y la fiebre chikungunya) que produce aproximadamente 390.000.000 casos anuales (OMS, Dengue y dengue grave, 2020).

Para entender de una manera gráfica y sencilla la gravedad de la situación, en la siguiente figura se comparan los casos y muertes de estas dos enfermedades con temas de actualidad como los accidentes de tráfico, el aumento de casos de cáncer registrados o la presente pandemia que azota el planeta, el COVID-19.

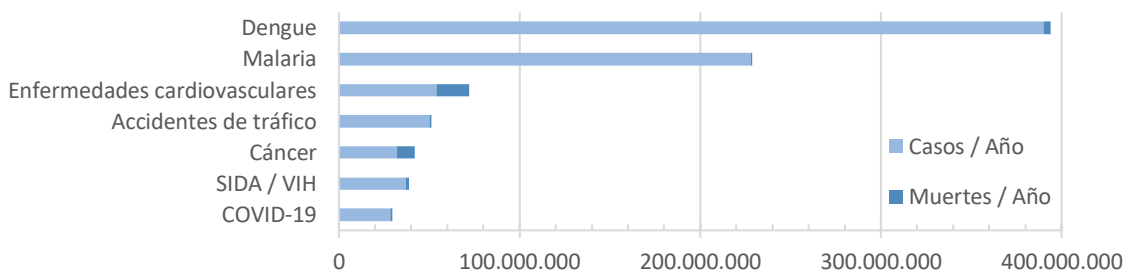


Fig. 1 – Comparación gráfica con otras enfermedades / Fuente: World Health Organisation

Además de las enfermedades, se debe tener en cuenta el aumento de plagas debido al calentamiento global. Se prevé que por cada grado centígrado aumentado se incremente hasta en un 25% las pérdidas de cosechas de trigo, millo y arroz. El aumento de 2 grados centígrados supondría la pérdida anual de 213 millones de toneladas de estos cereales. Una situación alarmante a nivel global (National Geographic, 2018).

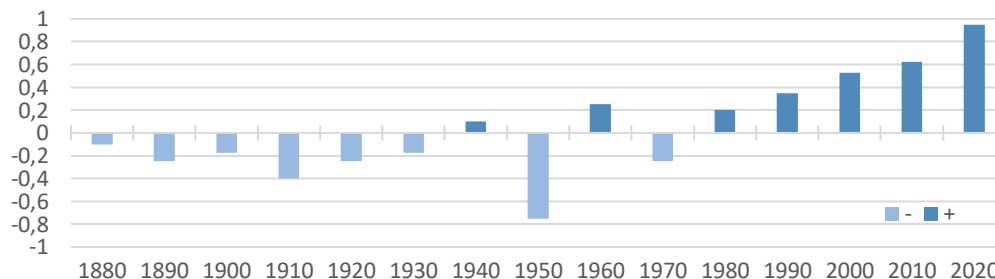


Fig. 2 – Evolución de la temperatura media global / Fuente: Inst. Goddard de Estudios Espaciales

Actualmente, se emplea la técnica de los insectos estériles (SIT) para controlar la población o erradicar, según convenga, estos vectores de enfermedades y plagas. Este método consiste en frenar la descendencia de las hembras mediante la esterilización de los machos. Para ello se radia el macho de la especie para esterilizarlo y a continuación se procede a liberarlos en un área

objetivo. En el momento de aparearse se interrumpe la reproducción, pudiendo así controlar la población de los insectos mediante la liberación sistemática y repetida a lo largo del tiempo.

Estos insectos estériles pueden ser liberados en tierra, pero se obtienen mejores resultados cuando las liberaciones se realizan en el aire. Es por ello por lo que los drones cumplen un papel fundamental en este tipo de lucha, pues son más económicos, sencillos y prácticos que cualquier tipo de suelta en tierra o aeronave tripulada.

En la actualidad se fabrican dispositivos de liberación que se acoplan a drones para poder controlar especies de insectos en zonas estratégicas. El tiempo de producción de estos dispositivos varía en función de la tecnología empleada en su fabricación y las dimensiones del producto, siendo su producción anual estimada de entre 20 y 30 unidades en una empresa ejemplo. Sin embargo, si esta cifra aumentara, se obtendría grandes beneficios al poder controlar y erradicar estas especies que amenazan las vidas humanas y el desarrollo de la economía, agricultura y turismo de muchos países.

## 2. Objetivos

- **Diseño parametrizado de un dispositivo de liberación.** Modelo 3D parametrizado capaz de adaptar su geometría a cambios ejecutados en el mismo.
- **Reducción del tiempo de producción del dispositivo.** Actualización automática del modelo 3D mediante valores importados de tablas de datos sin necesidad de un rediseño manual.

## 3. Memoria

Los insectos, principalmente los mosquitos, son uno de los mayores vectores de enfermedades que no pueden controlarse mediante técnicas tradicionales, como insecticidas o mosquiteras, ya que estos métodos no afectan a los machos al ser las hembras las únicas que buscan sangre. (IAEA, 2009). Por ello, se emplea la técnica de los insectos estériles (SIT) que consiste en el control demográfico de estos vectores de transmisión empleando la modificación genética de los machos mediante pequeñas dosis de radiación. Esto permite que los machos estériles no contribuyan al aumento de la población al no poder reproducirse. La dosis de radiación aplicada es la suficiente para inducir la esterilidad del insecto, no representando así riesgo alguno para la integridad de las personas o el entorno. Cuando la cantidad de los insectos estériles supera la de los insectos silvestres en una proporción igual o superior a 10:1 la plaga desaparece. (FAO, 1998).

Mapa Technology S.L. es una empresa valenciana pionera en el desarrollo a nivel internacional de dispositivos frente a plagas de mosquito, mosca de la fruta, mosca tsé-tsé y otras especies de insectos mediante este tipo de tecnología. Esta empresa ha logrado grandes avances en la lucha frente a estas enfermedades y pretende ir más allá con su sistema liberador de insectos mediante drones optimizando su producción para poder liberar un mayor volumen de insectos. Dentro de la actividad de esta empresa, este proyecto se centra en la fase de liberación al ser un dispositivo que administra la cantidad de insectos empleados a lo largo de la suelta.



Fig. 3 – Fases de la actividad / Fuente: Propia

Actualmente, este dispositivo se adapta manualmente a cualquier tipo de dron, pero la empresa adquirió uno específico diseñado y fabricado por el Centro Avanzado de Tecnologías Aeroespaciales (CATEC) en Sevilla por encargo del Centro de Cooperación Internacional en

Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) localizado en Francia. Este modelo será el encargado de transportar el dispositivo de ejemplo a los puntos de liberación.

A continuación, se muestra una imagen de dicho dron con el dispositivo actual ensamblado.



*Fig. 4 – Dron con su dispositivo de liberación ensamblado / Fuente: Mapa Technology S.L*

Debido a que este proceso de liberación se realiza desde drones se debe tener en cuenta que la Unión Europea pretende, en los años venideros, estandarizar las diferentes normativas respecto al uso de UAS (Unmanned Aircraft System) de los Estados miembro de esta comunidad. Es por ello por lo que surgen los siguientes Reglamentos Europeos para establecer el comienzo de un marco regulador común que abarque todos los escenarios de actuación ajustándose al desarrollo tecnológico actual. Se deberá pues cumplir con el Reglamento Delegado (UE) 2019/945 de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas, el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la comisión del 24 de mayo de 2019 sobre las normas y procedimientos para la operación de aeronaves no tripuladas y el Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746 de la comisión de 4 de junio de 2020 por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 en lo que respecta al aplazamiento de las fechas de aplicación de determinadas medidas en el contexto de la pandemia de COVID-19.

#### - **RD 2019/945**

El Reglamento Delegado (UE) 2019/945 de la comisión de 12 de marzo de 2019 sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas surge con la premisa de estandarizar los requisitos y especificaciones técnicas que deben incorporar, de manera obligatoria, los drones destinados a las operaciones con las categorías establecidas en el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la comisión del 24 de mayo de 2019 sobre las normas y procedimientos para la operación de aeronaves no tripuladas.

Además de varias medidas de seguridad y navegación, este reglamento rediseña una nueva clasificación de los UAS, mostrada a continuación, mucho más precisa atendiendo a su MTOM (Masa máxima de despegue) para garantizar la seguridad de su uso desde el despegue hasta el aterrizaje.

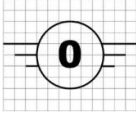
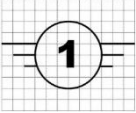
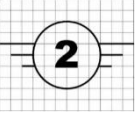
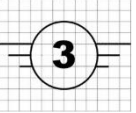
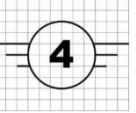
Clase	C0	C1	C2	C3	C4
MTOM	< 250 gr	< 900 gr	< 4 kg	< 25 kg	> 25 kg
Etiqueta					

Tabla 1 – Clasificación de UAS según MTOM / Fuente: Boletín Oficial del Estado

Será requisito para estos drones incluir un sistema de emisión en tiempo real mientras dure su actividad. Dicho informe deberá constar de los siguientes datos:

- Número de registro del operador.
- Número de serie del UAS.
- Posición geográfica y altura sobre el suelo a lo largo de la actividad.
- Dirección y velocidad del UAS a lo largo de la actividad.
- Coordenadas del despegue.

Así mismo, los drones deberán estar registrados y estar sujeto a las certificaciones establecidas en el reglamento teniendo, además, nacionalidad y matrícula. Los operadores tendrán que estar igualmente registrados siempre y cuando el dron no sea considerado de bajo riesgo y con un peso total inferior a los 250 gr.

#### - RE 2019/947

El Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la comisión del 24 de mayo de 2019 sobre las normas y procedimientos para la operación de aeronaves no tripuladas regula el uso de los UAS para garantizar la seguridad durante las operaciones de estos. Este reglamento establece tres categorías operacionales en función del riesgo que desempeñe la operación a realizar.

#### - Categoría abierta

Esta categoría se destina a operaciones de bajo riesgo y no requiere de autorización ni declaración por parte del operador. A pesar de ser un dispositivo “Plug and play” posee un conjunto de prohibiciones que deberá respetar el usuario. Estas son las siguientes.

- El sobrevuelo de grupos de personas.
- El transporte y/o arrojo de materiales o mercancías peligrosas.
- Las operaciones autónomas.

Además, esta categoría está formada por varias subcategorías que poseen sus propios requisitos para poder operar legalmente en el ámbito europeo.

Categoría	Subcategoría	Tipo	Requisitos
Abierta	A1 Vuelo sobre personas ajenas a la operación	C0	- Familiarización con manual de usuario del fabricante
		C1	- Familiarización con manual de usuario del fabricante - Completar curso online

			- Superar examen teórico online
	A2 Vuelo cerca de personas ajenas a la operación (Distancia de seguridad de 5 a 30 metros).	C2	- Familiarización con manual de usuario del fabricante - Certificado de competencia de piloto remoto obtenido mediante formación y examen online, autopráctica y examen presencial.
	A3 Operaciones en áreas donde no se espera poner en peligro a personas ajenas a la operación (Distancia de seguridad a >150 metros).	C2	- Familiarización con manual de usuario del fabricante - Completar curso online - Superar examen teórico online
		C3	
		C4	

Tabla 2 – Requisitos categoría abierta / Fuente: Boletín Oficial del Estado

- Categoría específica.

Esta categoría se destina a operaciones que no pueden clasificarse como de categoría abierta por razones de riesgo, como pueden ser las siguientes situaciones.

- Vuelos BVLOS (Beyond Visual Line of Sight).
- Operaciones a más de 120 metros de altura.
- Drones de más de 25 kg.
- Vuelos urbanos con drones de más de 4 kg o sin marcado CE.
- Arrojo de materiales.
- Vuelo sobre aglomeraciones de personas.

Podemos encontrar los siguientes requisitos para el uso de UAS de esta categoría.

Categoría	Tipo	Requisitos
Específica	C1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Certificado de operador de UAS ligeros</li> <li>- Estudio aeronáutico de seguridad (SORA)</li> <li>- Declaración operador o autorización AESA</li> <li>- Clubes y asociaciones de aeromodelos autorizados</li> </ul>
	C2	
	C3	
	C4	

Tabla 3 – Requisitos categoría específica / Fuente: Boletín Oficial del Estado

- Categoría certificada.

Esta categoría corresponde a las operaciones de alto riesgo que no pueden catalogarse en las categorías anteriormente mencionadas. Los requisitos son los siguientes:

Categoría	Tipo	Requisitos
Certificada	C1	- Drones certificados bajo el Reglamento Delegado UE 2019/945.
	C2	- Cuando vuelen sobre aglomeraciones de personas; transporten mercancías peligrosas con alto riesgo en caso de accidente; o cuando implique el transporte de personas.
	C3	- Si el Estudio de Seguridad (SORA) presentado, indica la necesidad de certificación del UAS, del operador y la obtención de la pertinente licencia de piloto.
	C4	- Si el Estudio de Seguridad (SORA) presentado, indica la necesidad de certificación del UAS, del operador y la obtención de la pertinente licencia de piloto.

Tabla 4 – Requisitos categoría certificada / Fuente: Boletín Oficial del Estado

Este reglamento lleva en vigor desde que fue publicado en 2019 pero comenzó su aplicación progresiva a lo largo de este año 2020. A continuación, se muestra el calendario establecido por este reglamento.

01 DE JULIO DE 2020

- Aplicación del RE 2019/947
- Registro Europeo de operadores

01 DE JULIO DE 2021

- Normativa española deja de estar vigente
- Fecha límite para la conversión del registro de operadores y certificación de pilotos al nuevo estándar europeo

01 DE JULIO DE 2022

- Venta exclusiva de drones con marcado CE
- Fecha límite para realización de operaciones UAS en clubes y asociaciones de aeromodelismo regidos por la normativa nacional

Tabla 5 – Calendario RE 2019/947 / Fuente: One Air

- RE 2020/746

Debido a la crisis sanitaria originada por el COVID-19, los cambios previstos para el 1 de julio de 2020 se han visto afectados y las fechas han sido aplazadas como prácticamente cualquier actividad a nivel mundial. Es por ello por lo que se establece el Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746 de la comisión de 4 de junio de 2020 por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 en lo que respecta al aplazamiento de las fechas de aplicación de determinadas medidas en el contexto de la pandemia de COVID-19. El nuevo calendario, teniendo en cuenta y adaptándose a la situación actual, es el siguiente.

#### 31 DE DICIEMBRE DE 2020

- Aplicación parcial del RE 2019/947
- Registro Europeo de operadores

#### 01 DE ENERO DE 2022

- Normativa española deja de estar vigente
- Fecha límite para la conversión del registro de operadores y certificación de pilotos al nuevo estándar europeo

#### 01 DE ENERO DE 2023

- Venta exclusiva de drones con marcado CE
- Fecha límite para realización de operaciones UAS en clubes y asociaciones de aeromodelismo regidos por la normativa nacional

Tabla 6 – Calendario RE 2020/746 / Fuente: One Air

La clase y actividad del dron y su dispositivo de liberación dependerá de las dimensiones del conjunto, del país en el que se encuentre la zona de liberación y de los riesgos que desempeñe dicha actividad. Es por ello por lo que, al ser el objetivo de este proyecto el obtener un modelo flexible, se toma como referencia el modelo proporcionado por Mapa Technology S.L. y suponiendo un vuelo en zona urbana dentro de la Unión Europea. Se establece pues, mediante el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947, que la actividad a la que se pretende destinar el dispositivo de ejemplo será de categoría A1, siendo la masa máxima de despegue de este modelo, según el Reglamento Delegado (UE) 2019/945, inferior a 900 gr. Actualmente, el dron predeterminado para la liberación pesa 600 gr, quedando 300 gr para el dispositivo y su carga. Sabiendo este límite, se establece que el peso ideal del sistema debe ser de 150 gr, reservando un margen de 150 gr para las modificaciones pertinentes al adaptarse a las capacidades de carga, los insectos a liberar, material refrigerante y su electrónica.

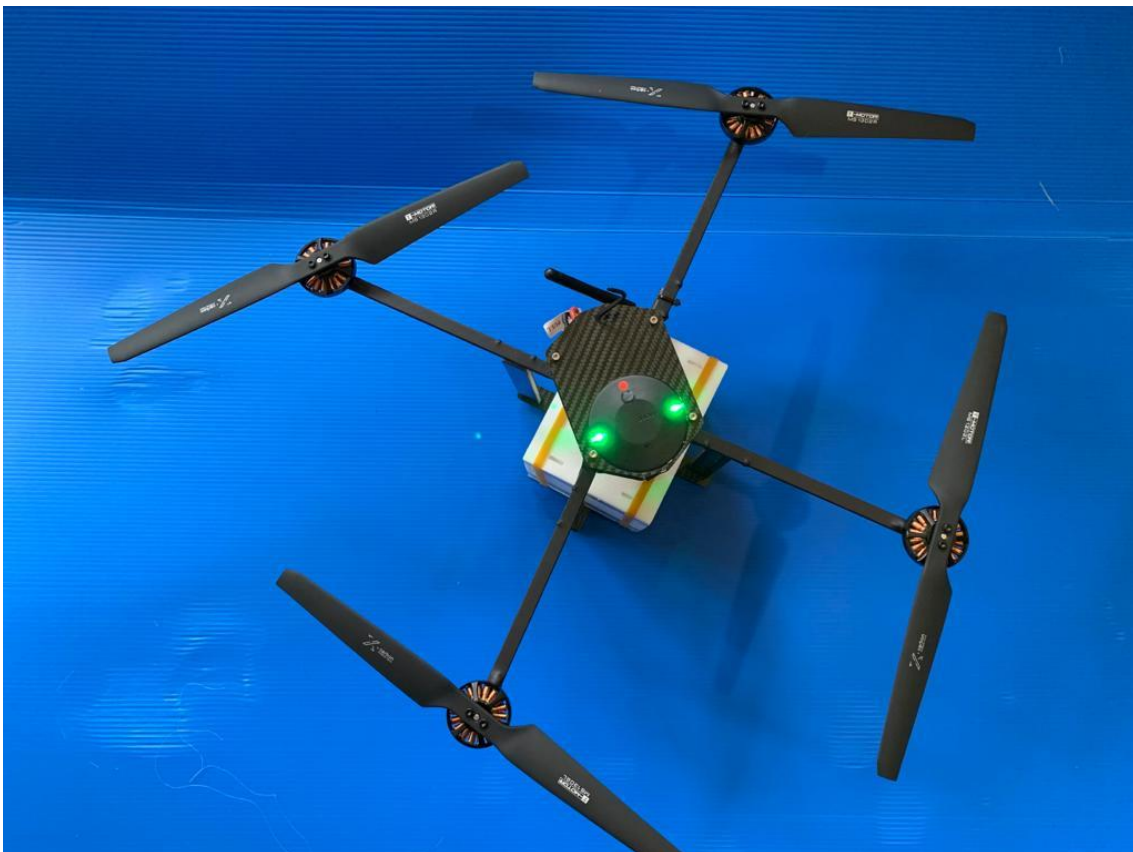
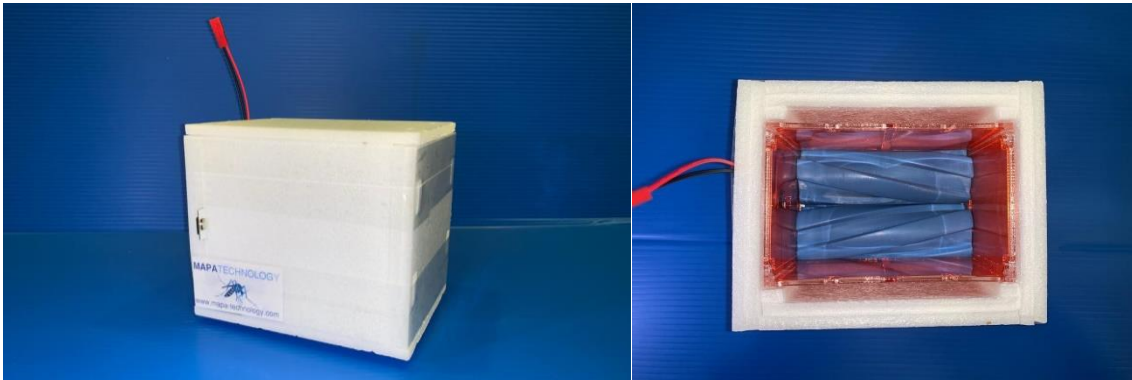


Fig. 5 – Vista superior del dron de liberación / Fuente: Mapa Technology S.L.



El modelo actual, recordemos, diseñado y fabricado por Mapa Technology S.L. será el punto de partida para estudiar el funcionamiento del dispositivo. Se compone de un conjunto de piezas fabricadas en impresora 3D y máquina de corte láser. Estas se ensamblan y se completa el módulo añadiendo la electrónica que controlará la liberación y dosificará la cantidad de especímenes a soltar en cada momento mediante la rotación de dos rodillos acanalados. Actualmente la empresa carece de un modelo parametrizado, invirtiendo una gran cantidad de horas en rediseñar el sistema para adaptarlos a cada necesidad. El número de insectos dentro del compartimento varía en función de factores como el volumen total del insecto, la cantidad de ellos o las dimensiones del cubículo entre otros.

A continuación, se procede a describir las partes de las que se compone el modelo, así como de imágenes que faciliten el entendimiento del sistema.



*Fig. 6 – Vista del dispositivo original y su interior / Fuente: Mapa Technology S.L.*

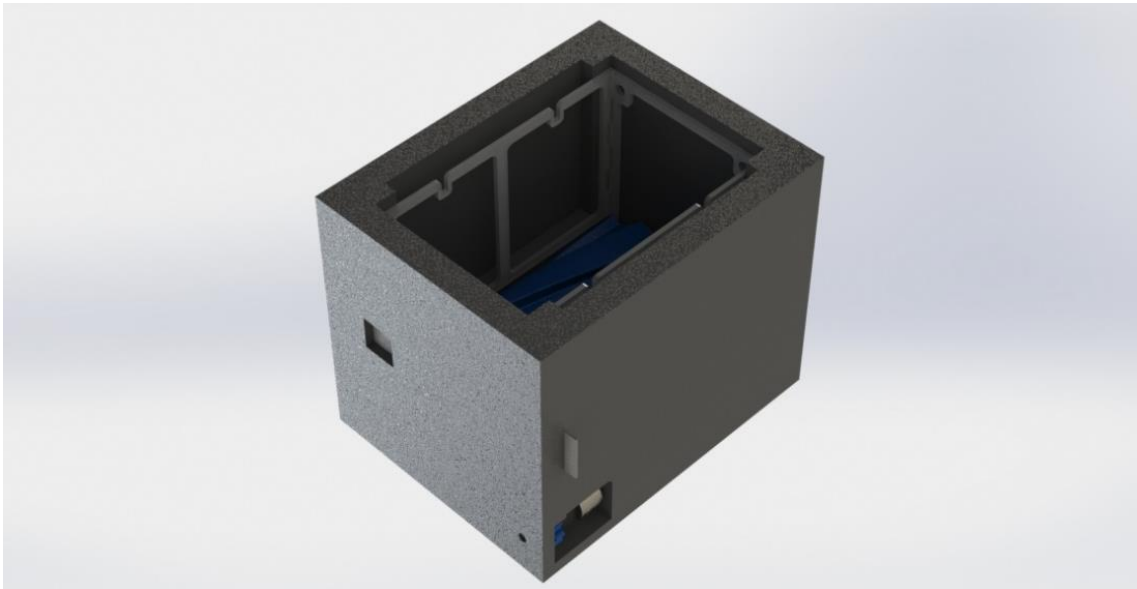
Se aprecia que una parte de la electrónica queda expuesta para poder conectarse a la placa mediante una conexión USB y poder configurar los parámetros de liberación. También se deja con acceso externo el GPS y el motor del piñón que permitirá la liberación de los especímenes para lograr una refrigeración de este.



*Fig. 7 – Modelado de partida ensamblado / Fuente: Mapa Technology S.L.*

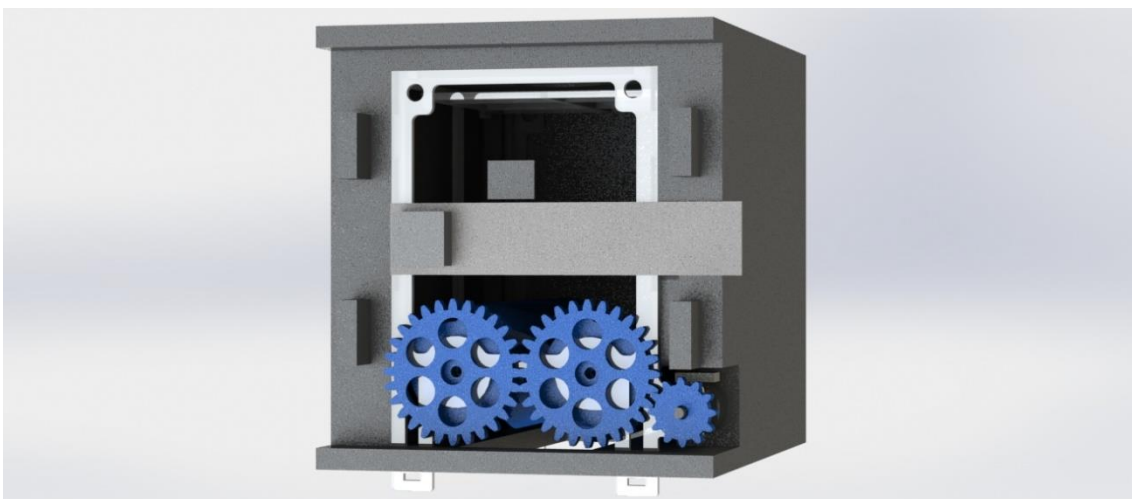
Es un modelo compacto protegido por varias capas de poliestireno expandido de alta densidad que protege y mantiene la temperatura interna del cubículo que contiene los insectos. Esto se debe a que deben permanecer entre 6 y 7 °C para mantenerlos en un estado de inactividad. Una vez liberados recuperan su actividad motora entre los 40 y 60 segundos al entrar en contacto con

la temperatura ambiente. El dispositivo permite retirar la parte superior para acceder con facilidad al interior de esta y poder introducir los insectos dentro.



*Fig. 8 – Modelado de partida y su zona de carga / Fuente: Mapa Technology S.L.*

Un pequeño motor con un piñón en su eje transmite el movimiento de rotación, indicado por la electrónica, a unos engranajes que forman parte de unos rodillos ranurados que rotan en sentidos opuestos. Mediante la rotación de estos se consigue una suelta controlada y continuada sin dañar los insectos que pasan entre ellos. Las ranuras permiten una liberación continuada sin afectar a estos insectos ya que otros métodos podrían incapacitarlos. Este sistema se mantendrá en el rediseño propuesto en este trabajo final de máster, priorizando la parametrización de sus piezas para conservar la relación de transmisión en todo momento entre los engranajes y el piñón. Tanto los rodillos ranurados como los engranajes están hechos en PLA (Ácido Poliláctico) mediante impresión 3D.



*Fig. 9 – Modelado de partida con su mecanismo dosificador / Fuente: Mapa Technology S.L.*

La parte inferior del dispositivo cuenta con una ranura por la que se liberan los insectos mediante el proceso mencionado anteriormente. Desde la siguiente perspectiva se aprecian los rodillos y

su mecanismo de engranajes, pero también unos soportes inferiores que forman parte de la estructura interior que permiten sujetar el producto con bridas al dron o que descansa este sobre el suelo si se sujetara por arriba.

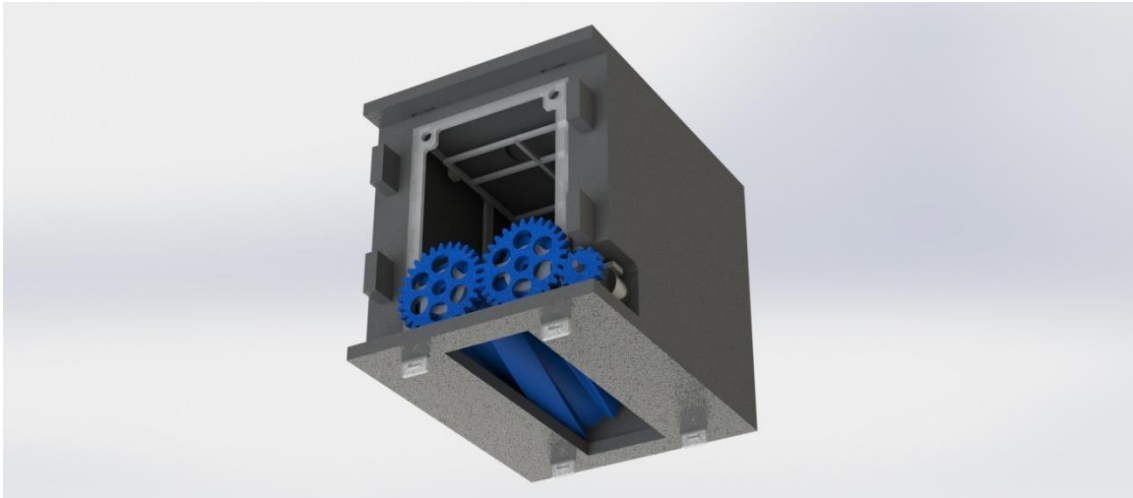


Fig. 10 – Modelado de partida con su zona de descarga / Fuente: Mapa Technology S.L.

Si se retira el poliestireno expandido se puede apreciar con claridad la estructura principal del dispositivo. Esta está formada por láminas de metacrilato cortadas mediante corte láser. En las zonas abiertas de las paredes se adhieren láminas de acetato para evitar que los insectos se filtren fuera del compartimento. De esta manera queda un cubículo estanco que, una vez cerrado por la parte de arriba, los insectos serán liberados por la parte inferior por la rotación de los rodillos y la fuerza de la gravedad.

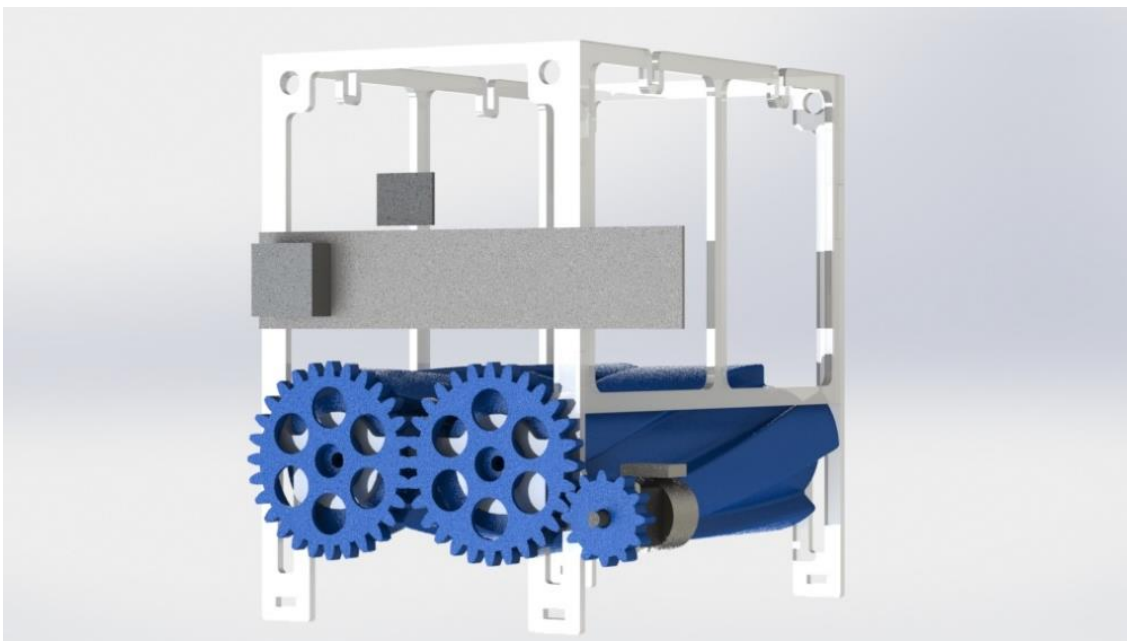


Fig. 11 – Modelado de partida sin aislante térmico / Fuente: Mapa Technology S.L.

Como se menciona en el documento, los insectos deben estar en una temperatura constante que permita la inactividad temporal de estos seres. Es por ello por lo que se emplean dos sistemas para lograr esa estabilidad. El primero de ellos es un material que aporte esos 6,5 °C de media

mientras se funde, llamado material de cambio de fase. El segundo de ellos son varias capas de poliestireno expandido que permite aislar tèrmicamente este material y el interior del sistema ademàs de protegerlo de golpes e impactos que pudieran ocasionarse durante las liberaciones. Este conjunto aislante està formado por 13 planchas cuyo nùmero y dimensiones dependeràn del tamaño de las placas de cambio de fase.

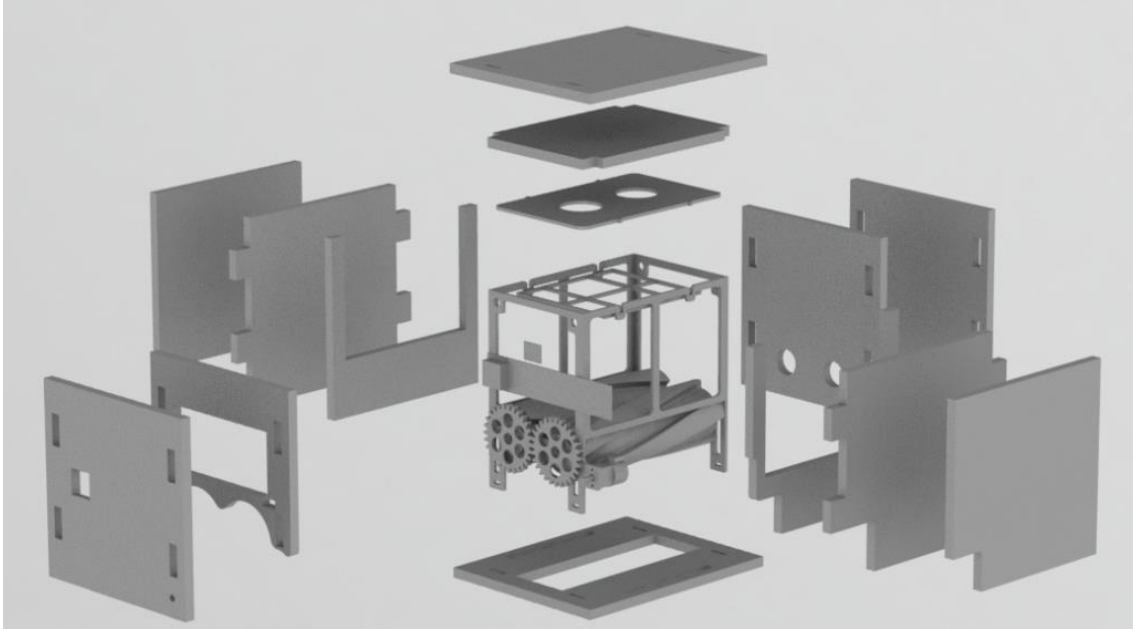


Fig. 12 – Modelado de partida y su aislante tèrmico / Fuente: Mapa Technology S.L.

La electrònica de la que se compone el modelo de partida se mantiene en el modelo parametrizado por lo que las medidas son constantes. Se compone de la placa compuesta por el GPS, los sensores de temperatura y humedad y otros componentes necesarios para cumplir con su funciòn, asì como el motor paso a paso que gestiona la rotaciòn de los rodillos ranurados.

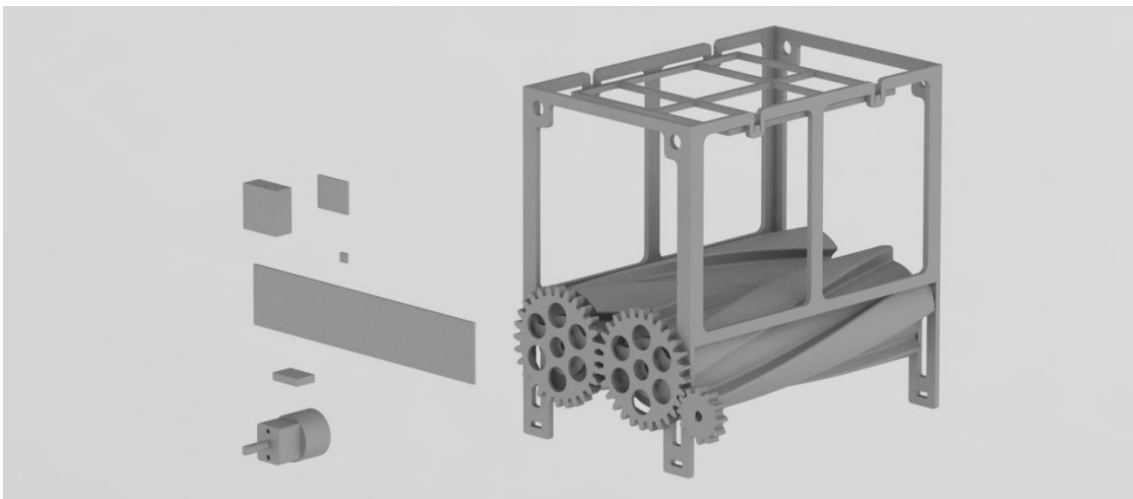


Fig. 13 – Modelado de partida y sus componentes electrònicos / Fuente: Mapa Technology S.L.

Actualmente el diseo 3D se realiza mediante Rhinoceros 3D. Este software, desarrollado por Robert McNeel & Associates, se especializa principalmente en el modelado libre mediante NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) y se puede emplear en diseo industrial, arquitectura,

prototipado rápido, CAD/CAM, etc. Esta herramienta, se emplea en Mapa Technology S.L. para rediseñar los modelados y generar los archivos para impresión 3D y corte láser.

Las piezas impresas se fabrican en una impresora Ultimaker modelo S5, diseñada para funcionar continuamente y maximizar el tiempo de actividad. Las piezas de metacrilato, poliestireno expandido y acetato se fabrican en una cortadora láser de corte XY mediante CO<sub>2</sub>.

Para el modelado propuesto en este trabajo final de máster se emplearán las mismas herramientas de fabricación que en el dispositivo actual. Sin embargo, el software de diseño y generación de planos se reemplazará. Los cambios se recogen en la siguiente tabla.

	Modelo de partida	Modelo propuesto
Modelado 3D	Rhinoceros 3D	Siemens NX
Planos de corte	Rhinoceros 3D	Siemens NX
Impresora 3D	Ultimaker S5	Ultimaker S5
Cortadora láser	Corte XY de CO <sub>2</sub>	Corte XY de CO <sub>2</sub>

Tabla 7 – Comparación de softwares y hardware / Fuente: Propia

#### 4. Rediseño y parametrizado

En este apartado se aborda la parametrización del diseño y los pasos llevados a cabo. El modelado propuesto modificará su geometría y dimensiones mediante los valores introducidos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel para facilitar el trabajo al usuario. De esta manera se consigue el diseño adaptado a cada situación introduciendo valores como el número de insectos a liberar, el espacio que requiere cada uno o incluso si el acople al dron se realiza por encima o por debajo del dispositivo.

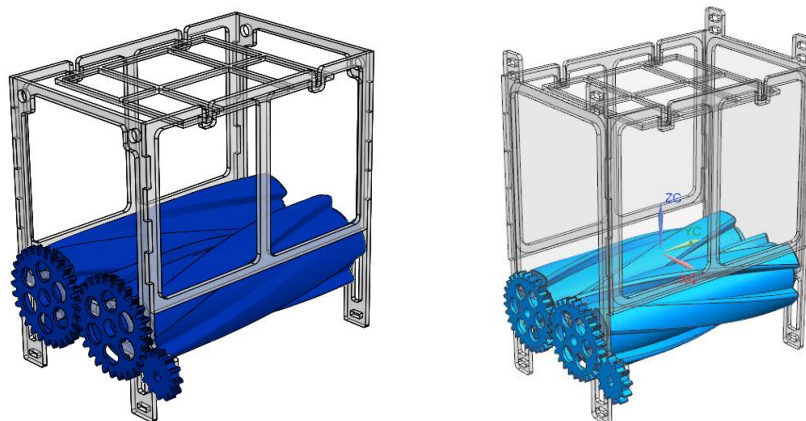


Fig. 14 – Comparación entre modelado original y modelado propuesto / Fuente: Propia

El diseño se comienza desde cero y se relaciona con un volumen inicial que será el reservado para los insectos. Este volumen no forma parte del ensamblaje final, pero servirá de ayuda al usuario y al software en la parametrización del modelo. Una vez acotado el espacio dedicado a los insectos se procede a la creación de los componentes dentro del mismo ensamblaje empleando tecnología WAVE para relacionarlos con dicha geometría inicial y que los parámetros importados de la hoja de cálculo tengan referencias estables para evitar fallos y errores.

Se presta especial atención a mecanismos como los engranajes, ya que estos tienen que adaptarse a los cambios dimensionales del modelado, pero sin perder o modificar su relación de transmisión. Es decir, se escalan para mantener una relación constante entre sus medidas y no afectar así a la liberación de insectos.

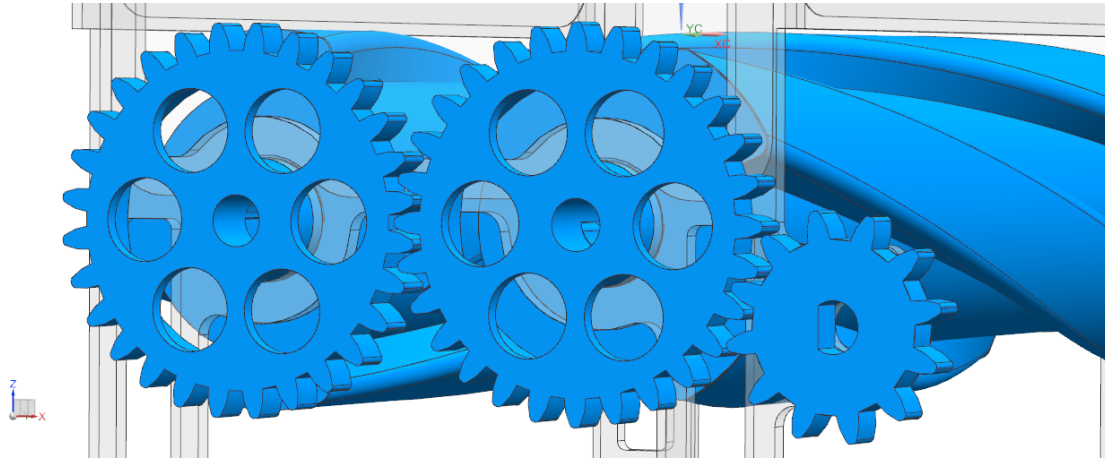


Fig. 15 – Vista detalle del mecanismo de transmisión mediante engranajes / Fuente: Propia

Así mismo, también se tiene en cuenta que el material de cambio de fase lo aporta una empresa externa, pudiendo variar estas las dimensiones de su producto o no hacerlos a medida. Es por ello por lo que se parametrizan las dimensiones de las cavidades laterales y superior dedicadas a este material.

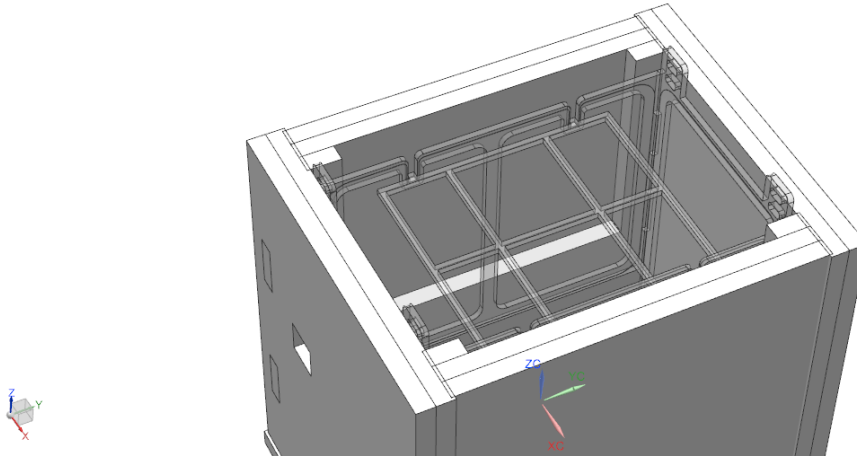


Fig. 16 – Vista detalle de los compartimentos para material de cambio de fase / Fuente: Propia

Así mismo, se tienen en cuenta los ajustes dimensionales conociendo los procesos de fabricación y los materiales que conforman el conjunto. En el caso del poliestireno expandido de alta densidad y el acetato, al ser materiales blandos, el láser funde el material a su paso con un desajuste aproximado de 1 y 0,75 mm respectivamente. Estos valores de las piezas cortadas por láser se parametrizan para contrarrestar este efecto en los ejes X e Y en función del material empleado y en vistas de fabricar con otros materiales en un futuro.

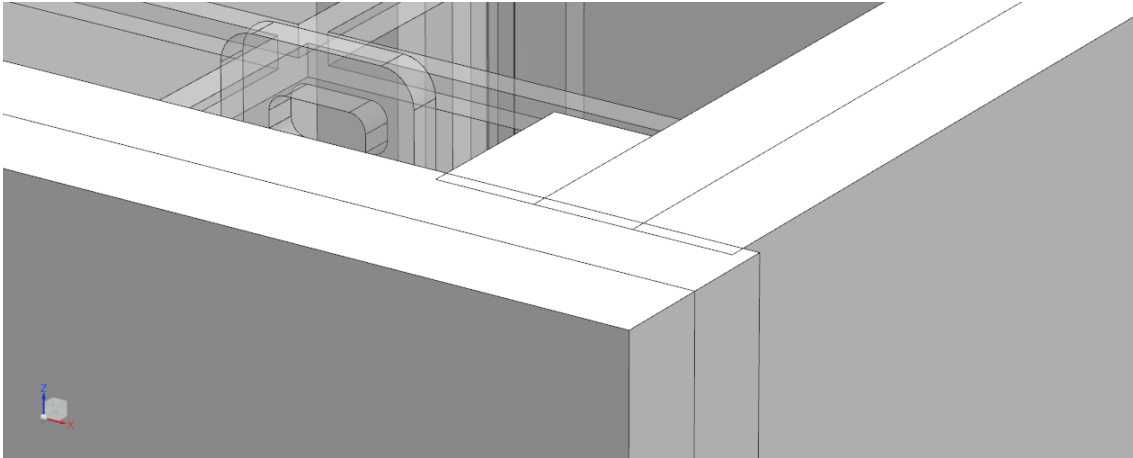


Fig. 17 – Sobredimensionado para materiales por corte láser / Fuente: Propia

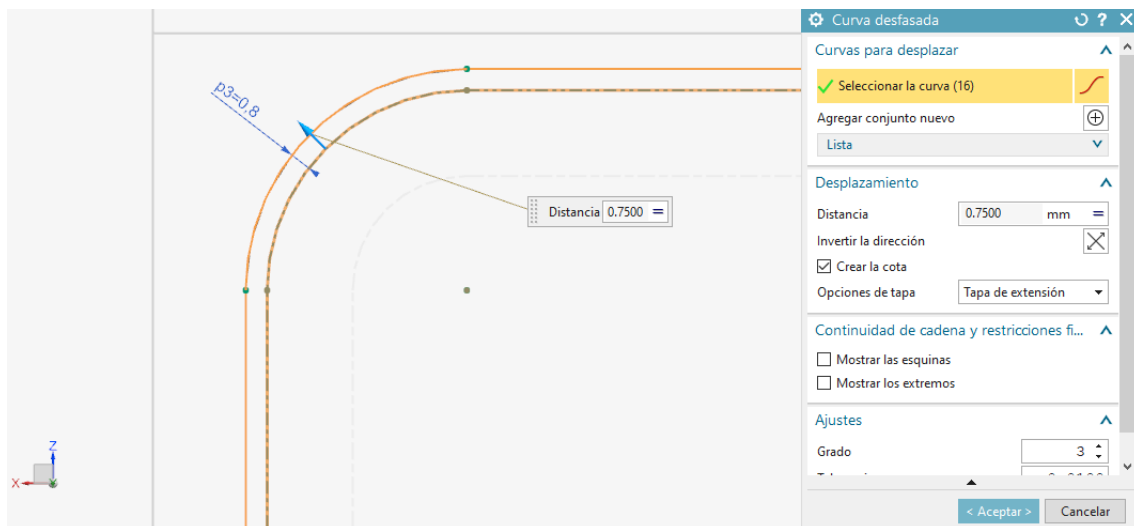


Fig. 18 – Croquis con sobredimensionado para materiales por corte láser / Fuente: Propia

Las piezas impresas en 3D suelen tener un sobredimensionado en los ejes X e Y fácilmente corregible con el flujo del material que sale de la boquilla. Esto supone un problema ya que el conjunto está formado por relaciones fijas y móviles. Por ello se tienen en cuenta unos ajustes predeterminados de 0,3 mm para las piezas móviles y 0,15 para las fijas, quedando parametrizados estos ajustes por si la empresa quisiera emplear otros materiales o rozamientos.

El diseño se ha optimizado aligerando peso y facilitando fabricación de algunas piezas impresas en 3D. Una de las mejoras es la posibilidad de imprimir sin soportes, reduciendo esto los tiempos de postprocesado y mejorando los acabados en piezas que requieren gran precisión. En el siguiente apartado se muestra el proceso de diseño del ensamblaje y sus componentes

#### 4.1. Siemens NX

Se parte con la creación de un padre vacío de manera que cuando se quiera rediseñar el conjunto, actualizando este padre se actualicen todas las piezas que cuelguen del mismo. Esto reduce aún más el tiempo de rediseño al no tener que ir una a una actualizando las geometrías.

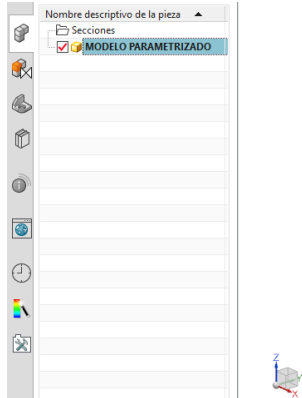


Fig. 19 – Modelado vacío / Fuente: Propia

Una vez creado el padre se procede a modelar una pieza de referencia que representa el volumen que ocuparán los insectos dentro del dispositivo. Esto es un paso fundamental ya que gráficamente se puede apreciar el recinto que los albergará y calcular cuantos especímenes cabrán o cuáles serán las dimensiones de partida.

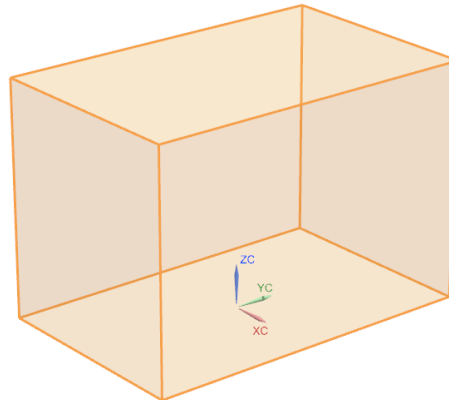
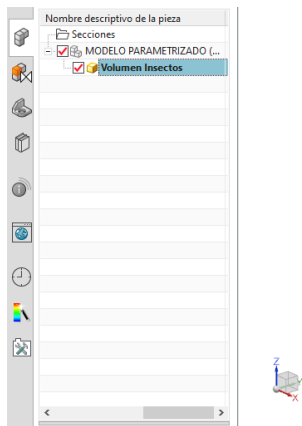


Fig. 20 – Volumen de insectos / Fuente: Propia

A continuación, comienza el modelado de las piezas a fabricar. El primer rodillo, denominado “Rodillo A” Estará formado por acanaladuras parametrizadas para que estas varíen su número o dimensiones en función de las necesidades. De la misma manera y con las mismas dimensiones y características se diseña el siguiente rodillo denominado “Rodillo B” el cual difiere únicamente del primero en la dirección de la hélice.

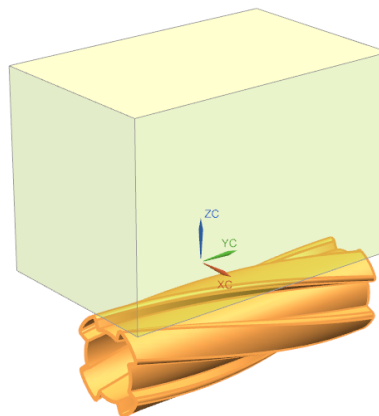
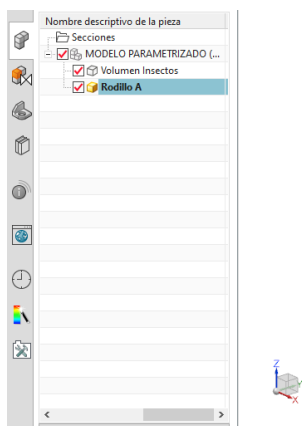


Fig. 21 – Rodillo A / Fuente: Propia



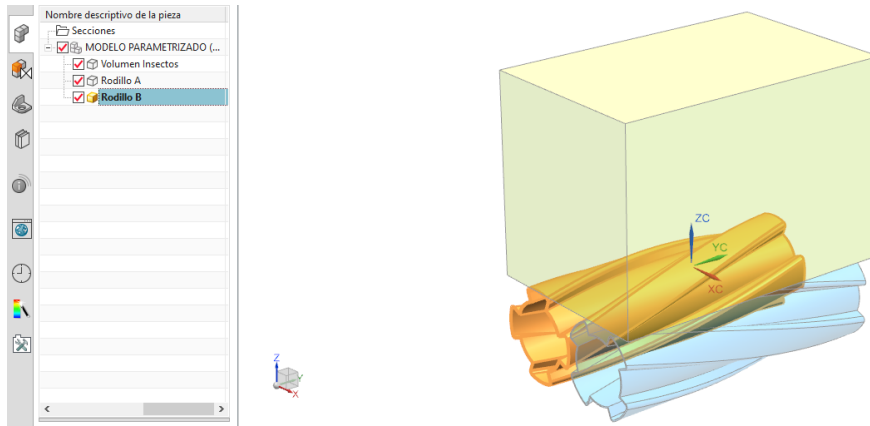


Fig. 22 – Rodillo B / Fuente: Propia

Una vez realizados los rodillos se diseñan las tapas de estos para poder mantenerlos en su posición. Se comienza por la denominada “Tapa A1” que será la tapa frontal del primer rodillo y la “Tapa A2” perteneciente al mismo rodillo, pero en el otro extremo. De la misma manera, se procede a realizar la “Tapa B1” perteneciente al segundo rodillo y la “Tapa B2”, que será la cuarta y última de estas tapas que consiguen sellar los rodillos.

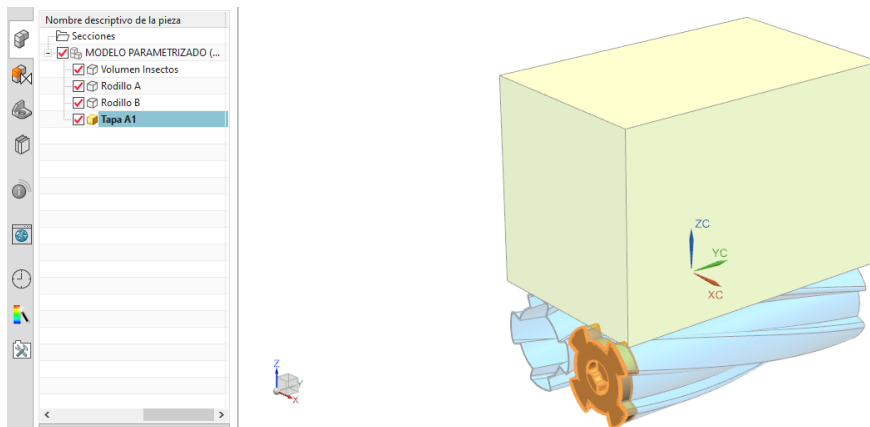


Fig. 23 – Tapa A1 / Fuente: Propia

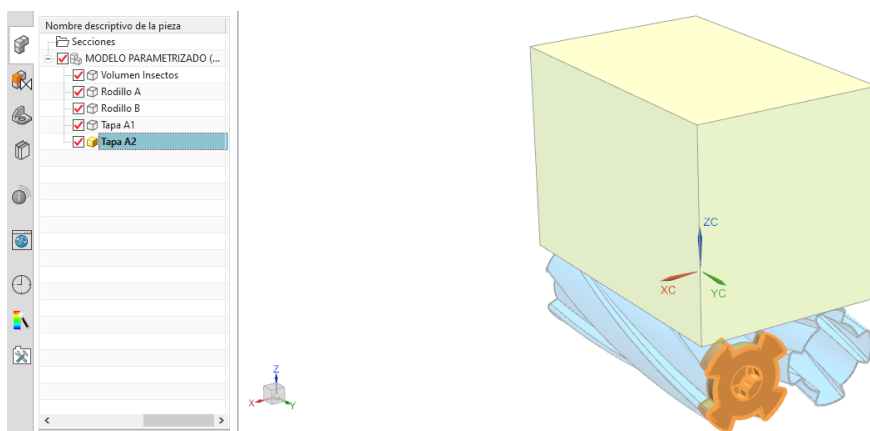


Fig. 24 – Tapa A2 / Fuente: Propia

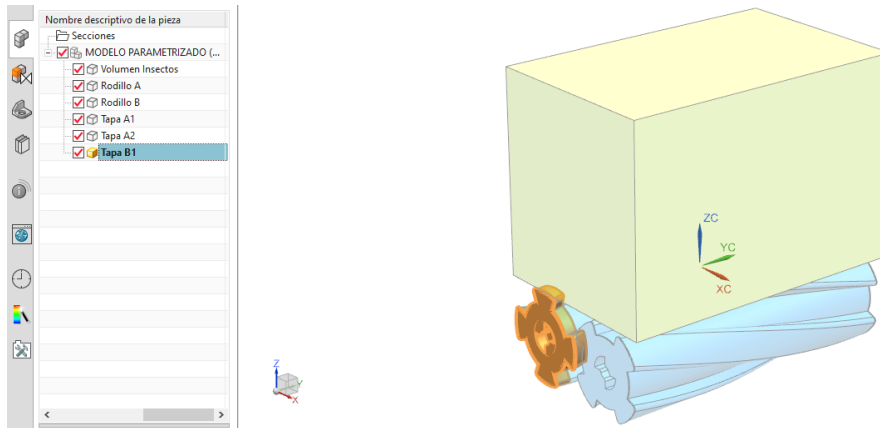


Fig. 25 – Tapa B1 / Fuente: Propia

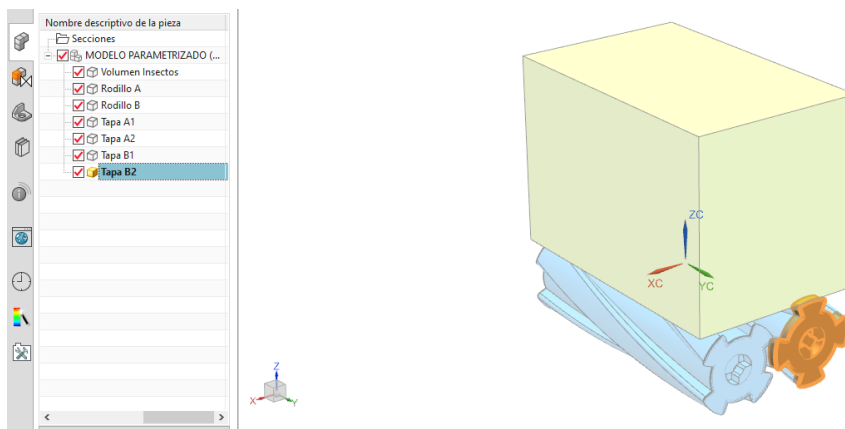


Fig. 26 – Tapa B2 / Fuente: Propia

Se procede a comenzar con el diseño de los engranajes. Se empieza por el “Engranaje A” correspondiente al primer rodillo. Está compuesto por 28 dientes. Número que se mantiene frente a las modificaciones del modelado para conservar su relación de transmisión. Un engranaje simétrico será el denominado “Engranaje B” y estará en el segundo rodillo. Para finalizar el sistema de transmisión se modela el “Engranaje Motor” que, a pesar de ser un piñón, se denomina engranaje debido a que Siemens NX no procesa correctamente símbolos gráficos como las tildes o las eñes. Este piñón que transmite el giro del motor está compuesto por 12 dientes.

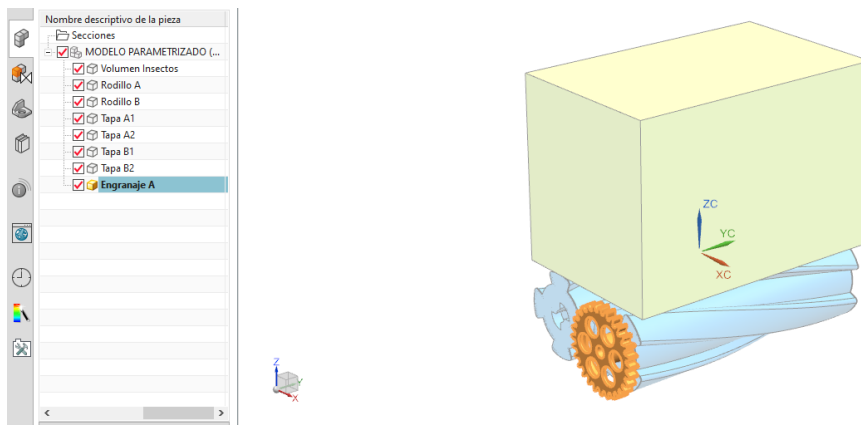


Fig. 27 – Engranaje A / Fuente: Propia

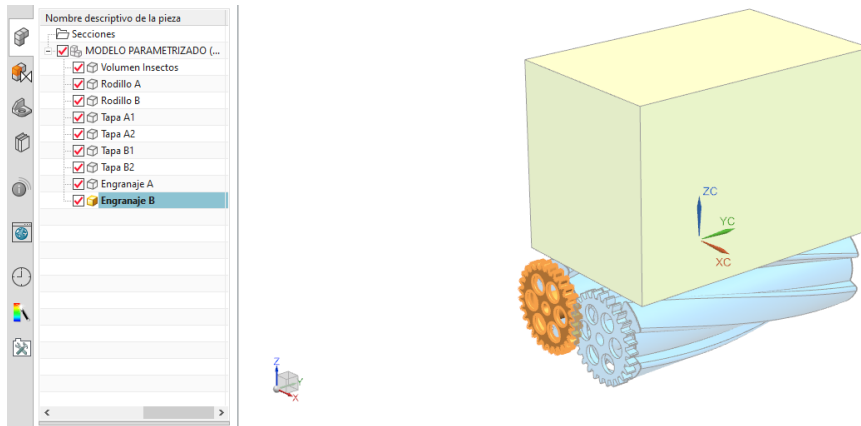


Fig. 28 – Engranaje B / Fuente: Propia

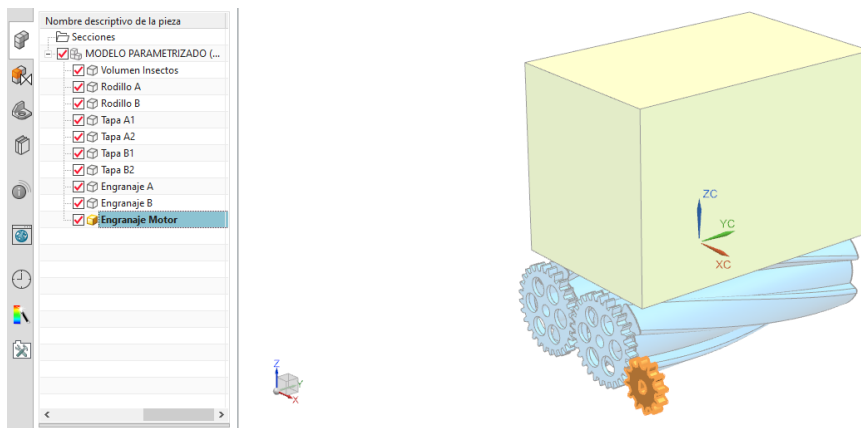


Fig. 29 – Engranaje Motor / Fuente: Propia

Se diseñan los ejes que unen los rodillos a la estructura de metacrilato y permiten que estos roten. Se empieza por el “Eje A” que une el primer rodillo con el chasis y se continúa con el “Eje B” perteneciente al segundo rodillo.

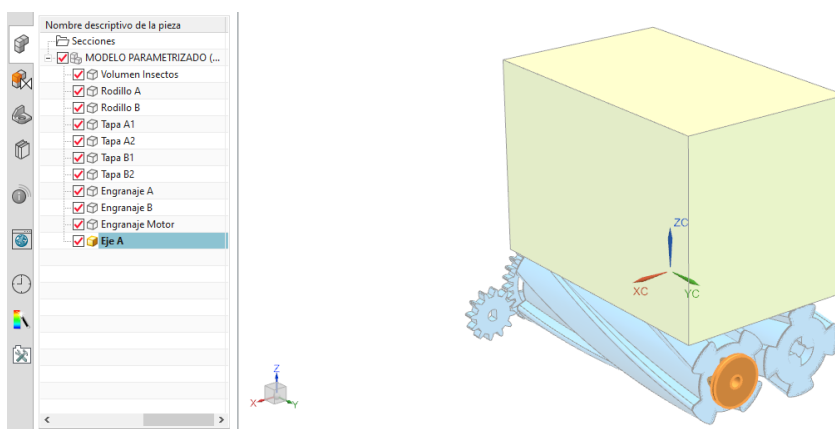


Fig. 30 – Eje A / Fuente: Propia

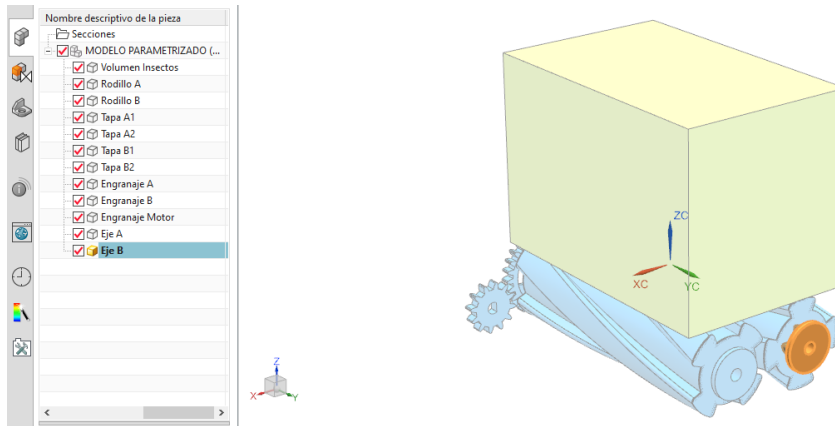


Fig. 31 – Eje B / Fuente: Propia

Luego se comienza la estructura de metacrílico que da forma al ensamblaje. El primer panel será el denominado “Panel Estructura A” y será el que soporte el extremo de los rodillos perteneciente a los engranajes, así como una extensión lateral destinada para unir el motor eléctrico al chasis. Este panel también albergará los soportes superiores o inferiores que unirán el dispositivo al dron. Se continúa con el “Panel Estructura B” que pertenece a un lateral, luego el “Panel Estructura C” y el “Panel Estructura D” para completar el esqueleto del dispositivo.

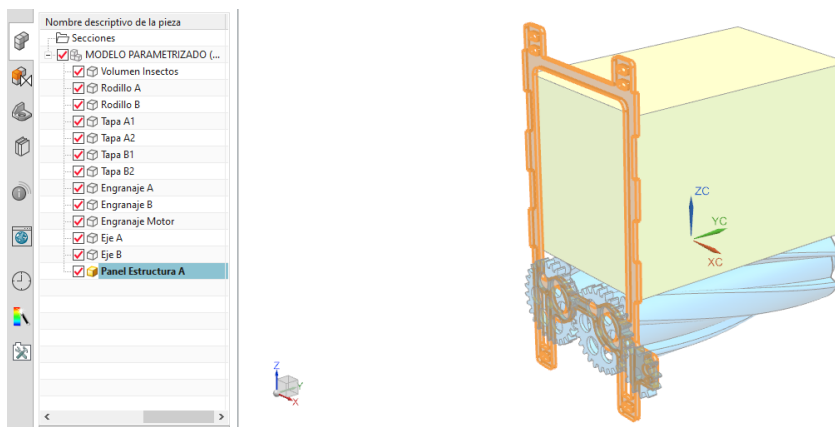


Fig. 32 – Panel Estructura A / Fuente: Propia

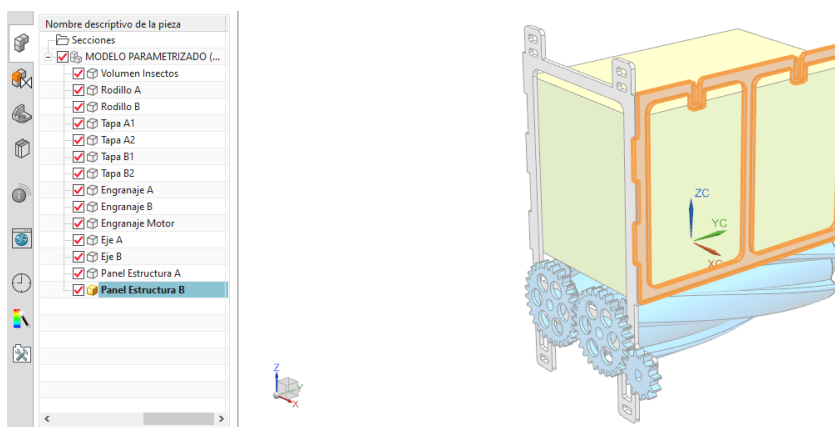


Fig. 33 – Panel Estructura B / Fuente: Propia

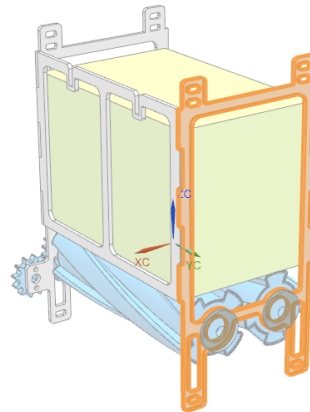
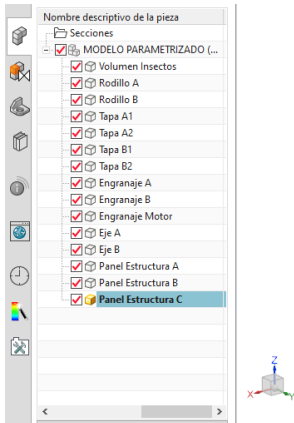


Fig. 34 – Panel Estructura C / Fuente: Propia

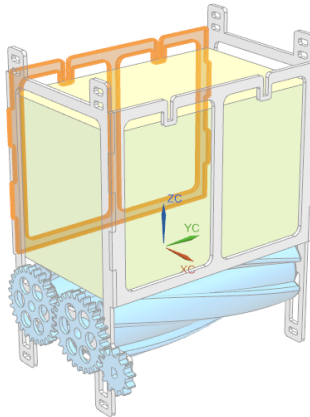
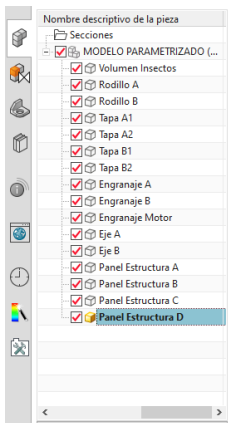


Fig. 35 – Panel Estructura D / Fuente: Propia

La parte superior del volumen que alberga los insectos estará refrigerada, al igual que sus laterales, por unas placas con el material de cambio de fase. Es por ello por lo que se compone esta parte de un “Panel Superior A” que mantendrá en posición el refrigerante.

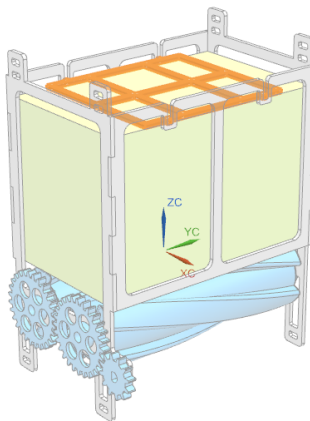
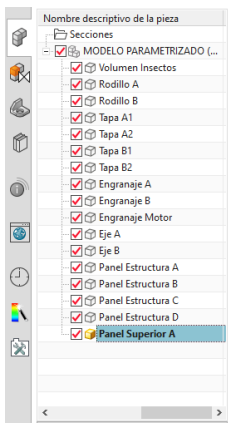


Fig. 36 – Panel Superior A / Fuente: Propia

También se fabrica un “Panel Superior B” pero que carece de funcionalidad final en el ensamblaje. Su misión es la de facilitar y agilizar el montaje del dispositivo.

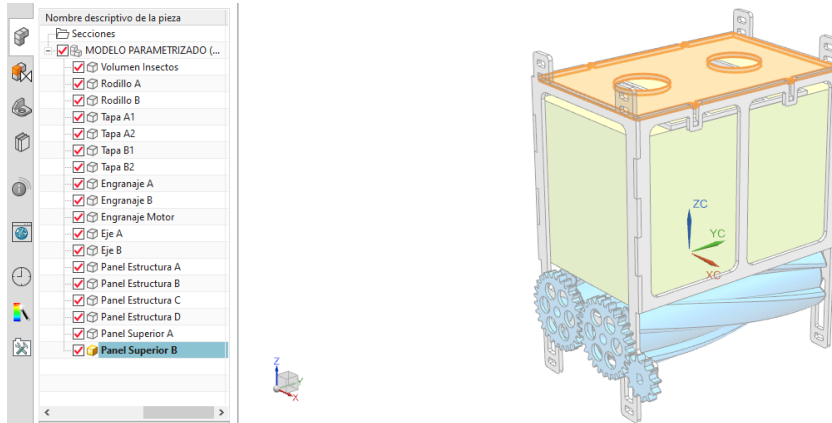


Fig. 37 – Panel Superior B / Fuente: Propia

Para mantener los insectos dentro del volumen mencionado se emplean acetatos como mamparas en los paneles A, B, C y D, de manera que al pegarlos crean un perímetro estanco. Se comienza por la “Mampara A” seguida de la “Mampara B”, la “Mampara C” y la “Mampara D”

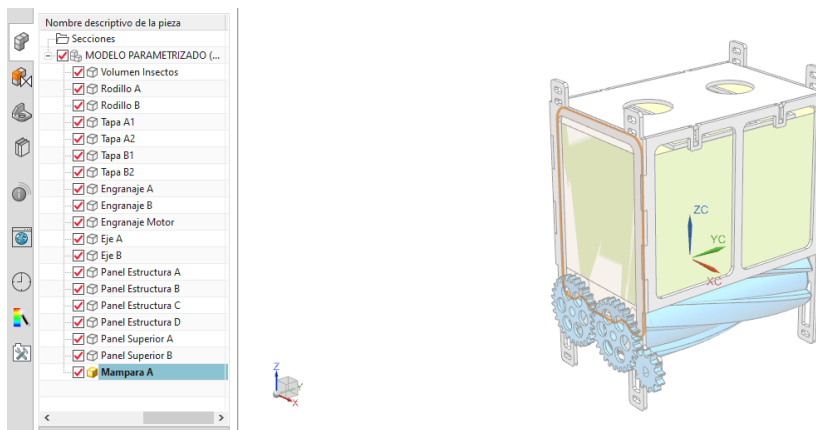


Fig. 38 – Mampara A / Fuente: Propia

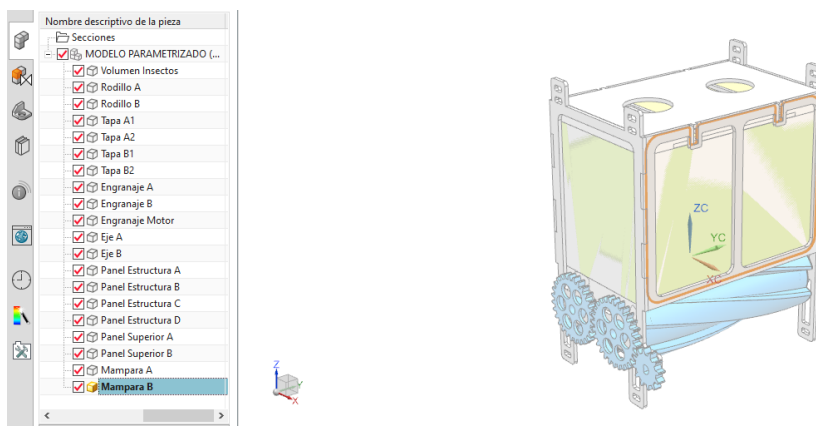


Fig. 39 – Mampara B / Fuente: Propia

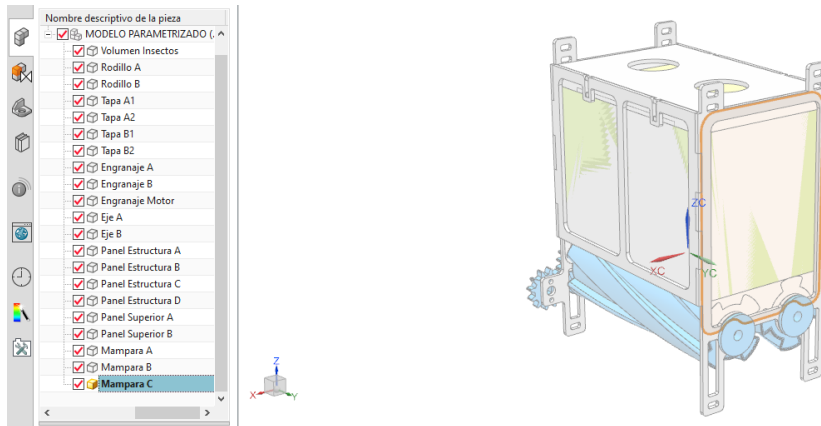


Fig. 40 – Mampara C / Fuente: Propia

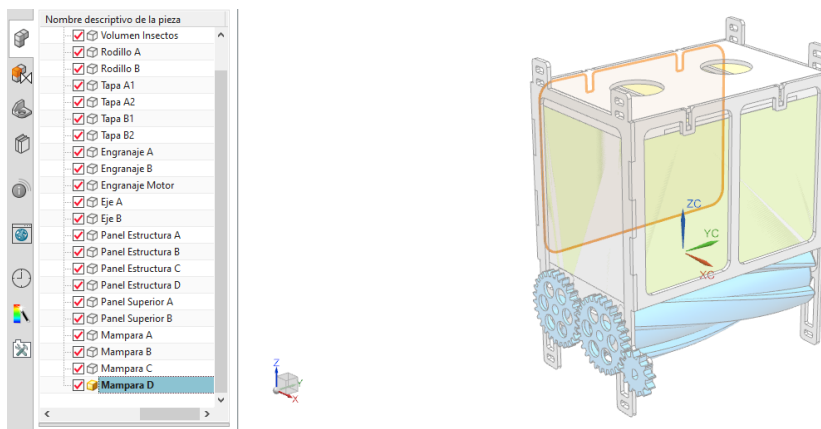


Fig. 41 – Mampara D / Fuente: Propia

Para finalizar el conjunto se modela el aislante térmico compuesto por planchas de poliestireno expandido de alta densidad de un espesor de 6 mm. Se comienza por el “Aislante A Interno” que tiene la forma de la electrónica y los engranajes para luego seguir con el “Aislante A Externo”. De la misma manera, se repite el proceso con el “Aislante B Interno” que albergará material de cambio de fase, “Aislante B Intermedio”, “Aislante B Externo”, “Aislante C Interno”, “Aislante C Externo”, “Aislante D Interno” que albergará material de cambio de fase al igual que el Aislante B Interno, “Aislante D Intermedio”, “Aislante D Externo”.

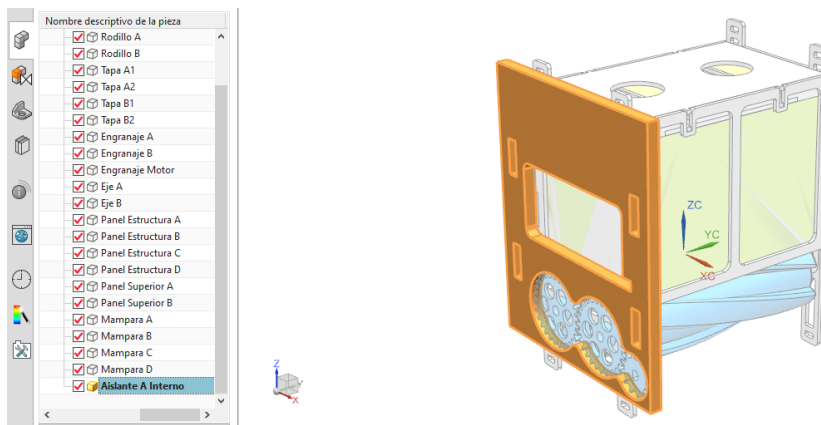


Fig. 42 – Aislante A Interno / Fuente: Propia

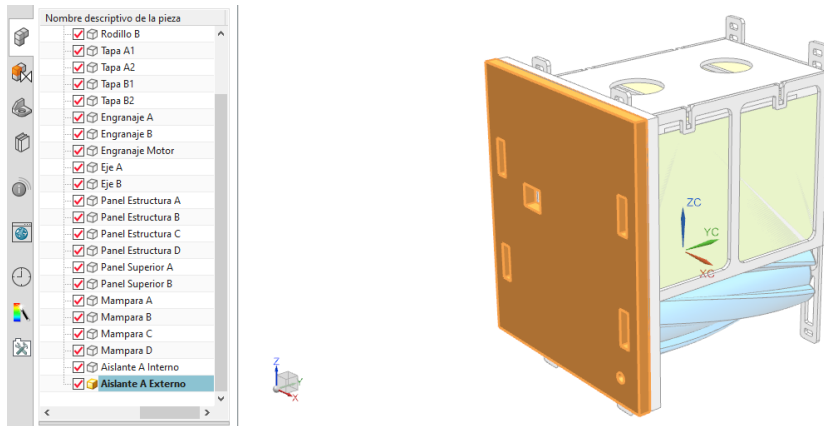


Fig. 43 – Aislante A Externo / Fuente: Propia

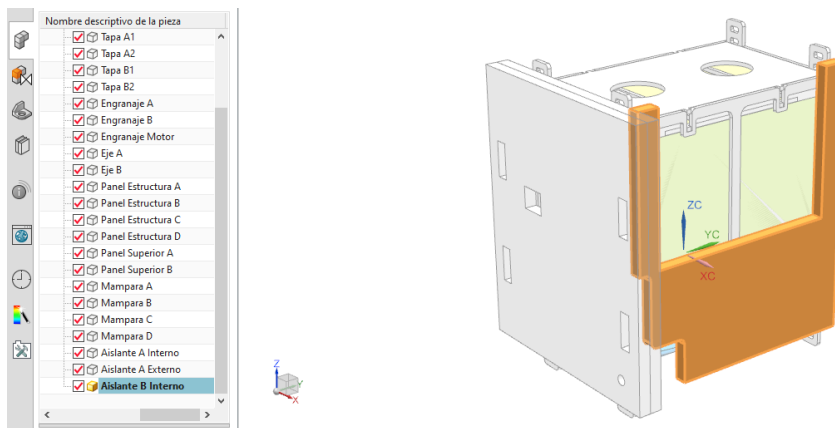


Fig. 44 – Aislante B Interno / Fuente: Propia

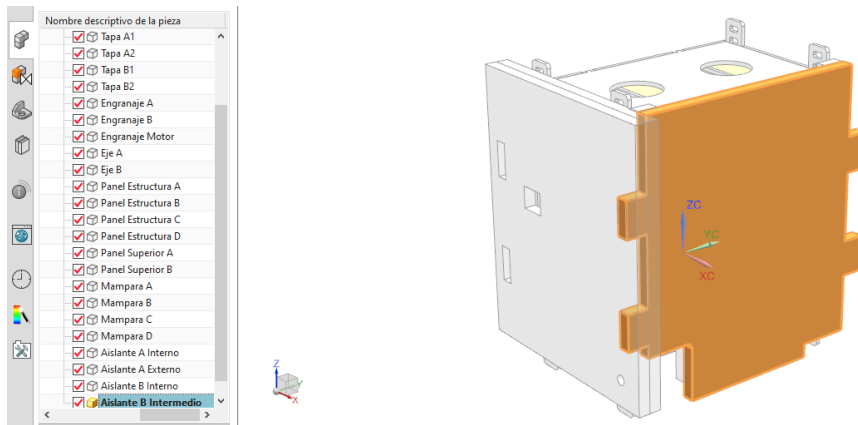


Fig. 45 – Aislante B Intermedio / Fuente: Propia



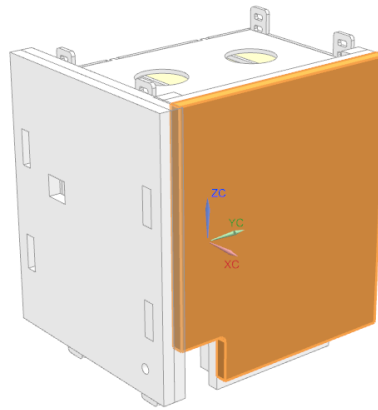
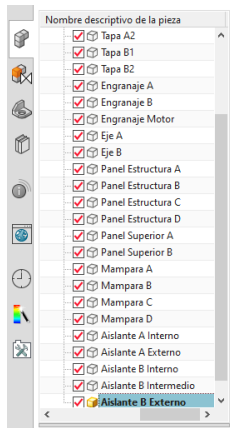


Fig. 46 – Aislante B Externo / Fuente: Propia

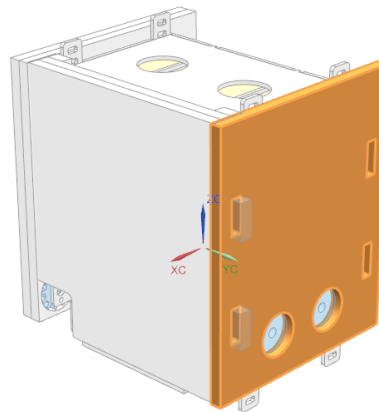
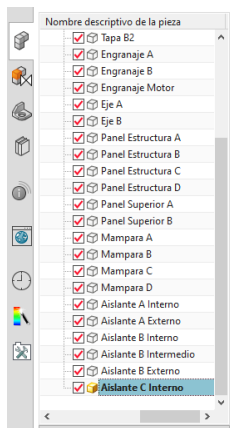


Fig. 47 – Aislante C Interno / Fuente: Propia

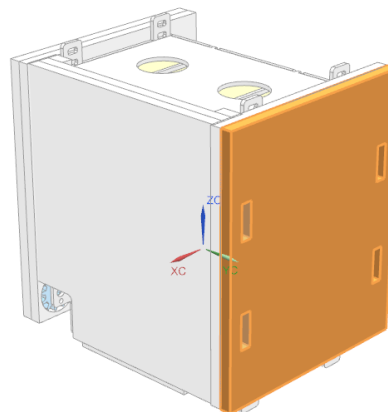
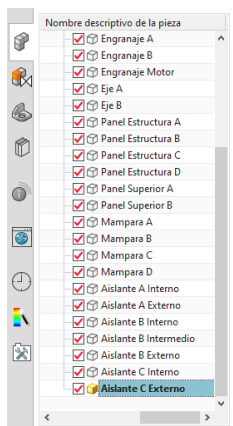


Fig. 48 – Aislante B Externo / Fuente: Propia

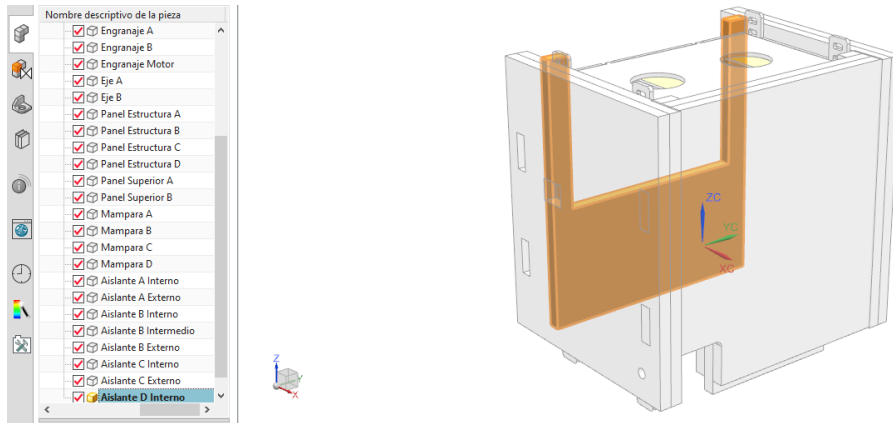


Fig. 49 – Aislante D Interno / Fuente: Propia

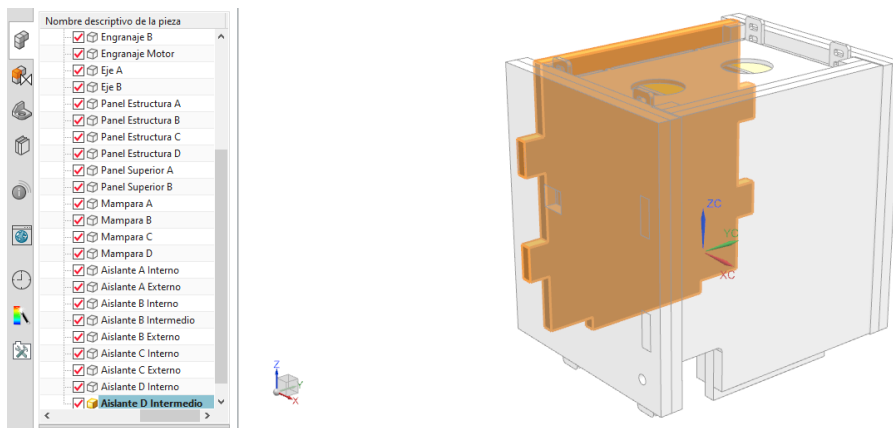


Fig. 50 – Aislante D Intermedio / Fuente: Propia

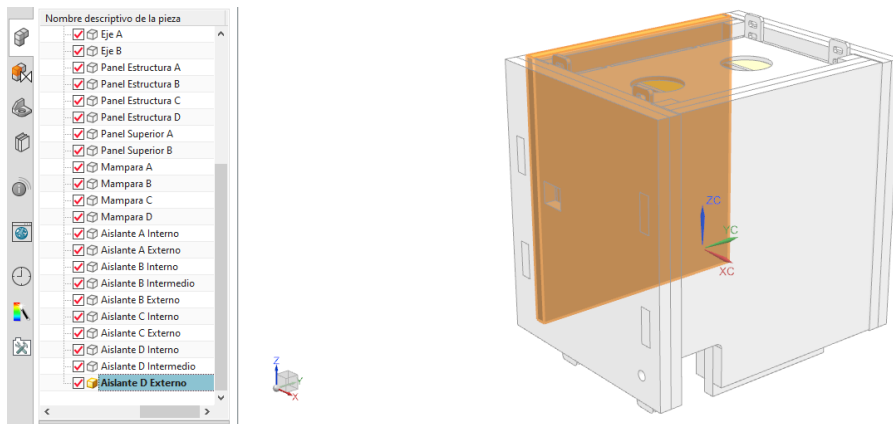


Fig. 51 – Aislante D Externo / Fuente: Propia

A modo de tapa se diseñan dos piezas denominadas “Aislante Superior A” y “Aislante Superior B”. Estas poseen unas ranuras por las que asomarán los soportes en caso de que la elección de estos sea superior.

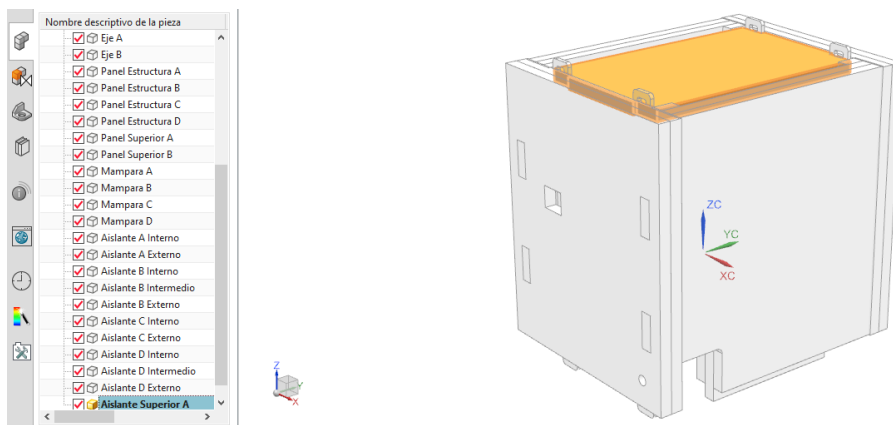


Fig. 52 – Aislante Superior A / Fuente: Propia

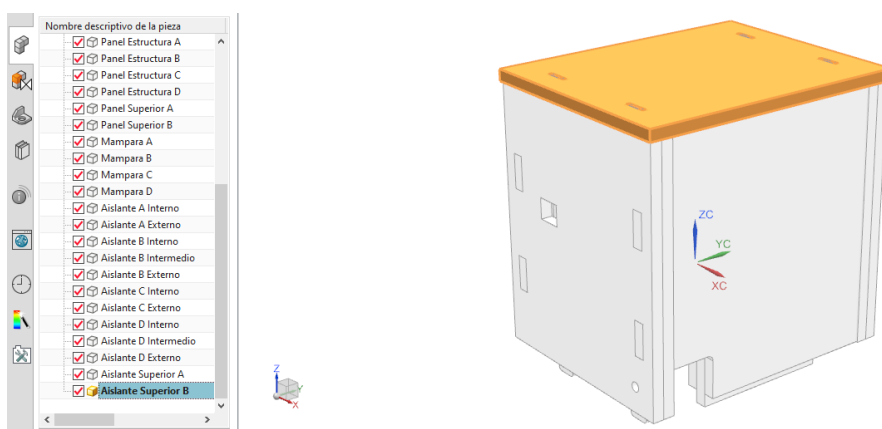


Fig. 53 – Aislante Superior B / Fuente: Propia

De la misma manera, se diseña el modelado “Aislante Inferior” por el que asomarán los soportes en caso de ser inferiores y tendrá una ranura por la que se liberarán los insectos.

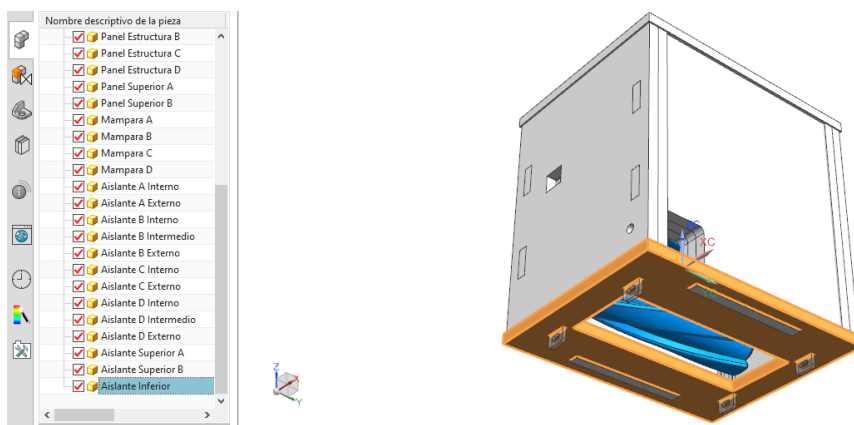


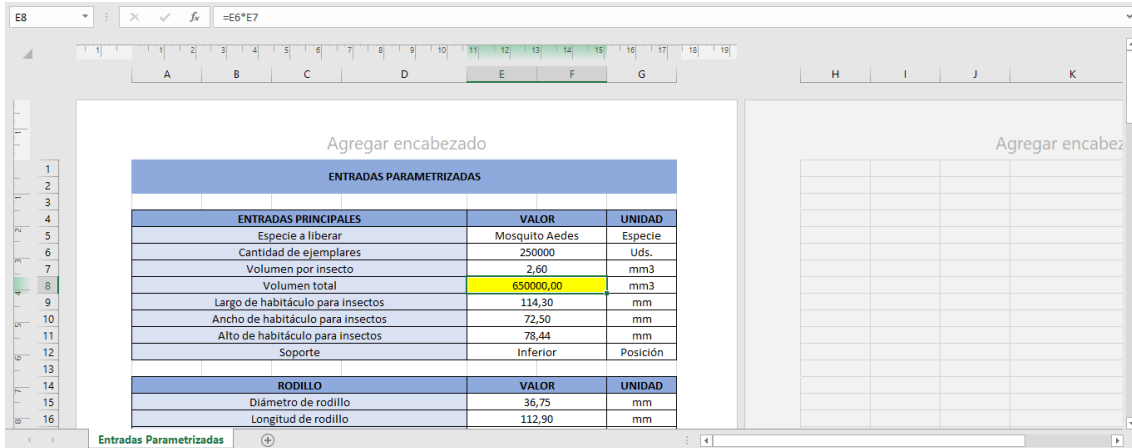
Fig. 54 – Aislante Inferior / Fuente: Propia

#### 4.2. Hoja de cálculo de Microsoft Excel

Una vez diseñado el modelo, se procede a la parametrización de este. Esto se realiza mediante una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Para ello se crea un documento y se introducen los valores que se proponen para el parametrizado. Las celdas que componen el archivo se rellenan con

operaciones y los resultados de estas se vinculan a ciertas cotas del modelado. Para entender mejor esta dinámica se procede a desarrollar un ejemplo a continuación.

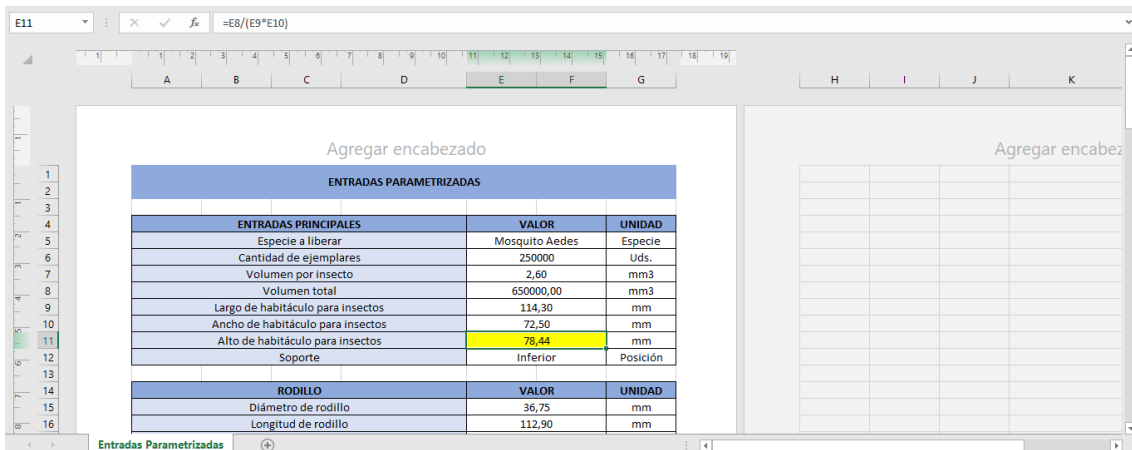
EL volumen total de insectos se encuentra en la casilla E8 y su resultado se obtiene del producto de las casillas E6 y E7, correspondientes a la cantidad de ejemplares a liberar y el volumen individual por insecto. En este caso, 250.000 mosquitos a  $2,6 \text{ mm}^3$  por insecto resultan en un volumen total de  $650.000 \text{ mm}^3$



ENTRADAS PARAMETRIZADAS		
ENTRADAS PRINCIPALES	VALOR	UNIDAD
Especie a liberar	Mosquito Aedes	Especie
Cantidad de ejemplares	250000	Uds.
Volumen por insecto	2,60	mm <sup>3</sup>
Volumen total	650000,00	mm <sup>3</sup>
Largo de habitáculo para insectos	114,30	mm
Ancho de habitáculo para insectos	72,50	mm
Alto de habitáculo para insectos	78,44	mm
Soporte	Inferior	Posición
RODILLO		
	VALOR	UNIDAD
Diámetro de rodillo	36,75	mm
Longitud de rodillo	112,90	mm

Fig. 55 – Ejemplo Excel de volumen total / Fuente: Propia

Con el resultado anterior se procede a acotar manualmente el largo y el ancho de este volumen para ajustarse a las necesidades dimensionales de los drones. Seguidamente, se calcula automáticamente la altura del volumen en función de los valores introducidos. Se aprecia que se introduce el largo en la casilla E9 y el ancho en la E10. Sabiendo el volumen total, se aplica la operación  $E8/(E9*E10)$  para obtener la dimensión del alto, resultando en 78,44 mm



ENTRADAS PARAMETRIZADAS		
ENTRADAS PRINCIPALES	VALOR	UNIDAD
Especie a liberar	Mosquito Aedes	Especie
Cantidad de ejemplares	250000	Uds.
Volumen por insecto	2,60	mm <sup>3</sup>
Volumen total	650000,00	mm <sup>3</sup>
Largo de habitáculo para insectos	114,30	mm
Ancho de habitáculo para insectos	72,50	mm
Alto de habitáculo para insectos	78,44	mm
Soporte	Inferior	Posición
RODILLO		
	VALOR	UNIDAD
Diámetro de rodillo	36,75	mm
Longitud de rodillo	112,90	mm

Fig. 56 – Ejemplo Excel de alto de habitáculo para insectos / Fuente: Propia

Una vez confeccionado el documento siguiendo los procesos descritos anteriormente, se vinculan las cotas del modelado con las casillas de la hoja de cálculos. En este caso, se edita el croquis del volumen de insectos y se hace clic en la cota que representa el largo. Luego se abre el desplegable de la ventana correspondiente al valor de la cota y se selecciona la opción “Insertar función”.

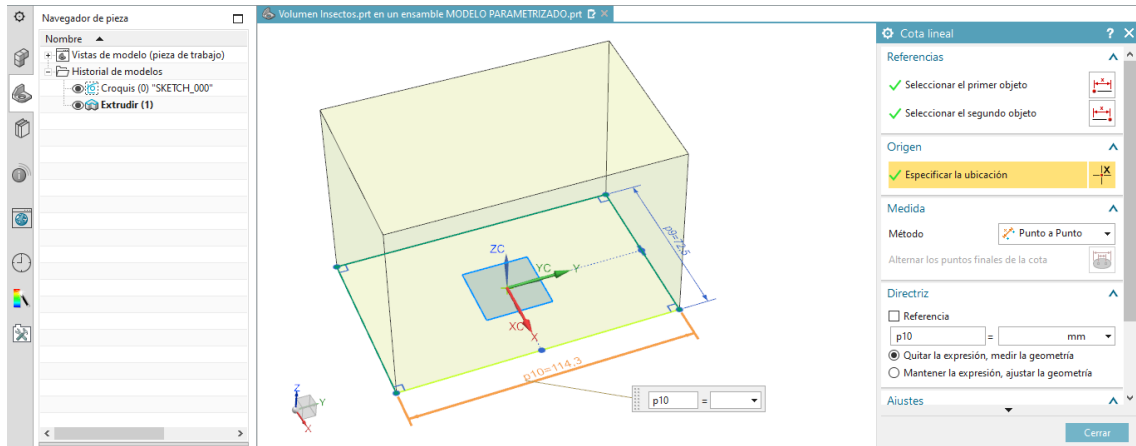


Fig. 57 – Ejemplo Excel de parametrizado de cotas / Fuente: Propia

Dentro de esta opción se selecciona “ug\_excel\_read” y luego en “spreadsheet” para que el modelado se prepare para leer una celda del documento Excel que se le indique en pasos posteriores.

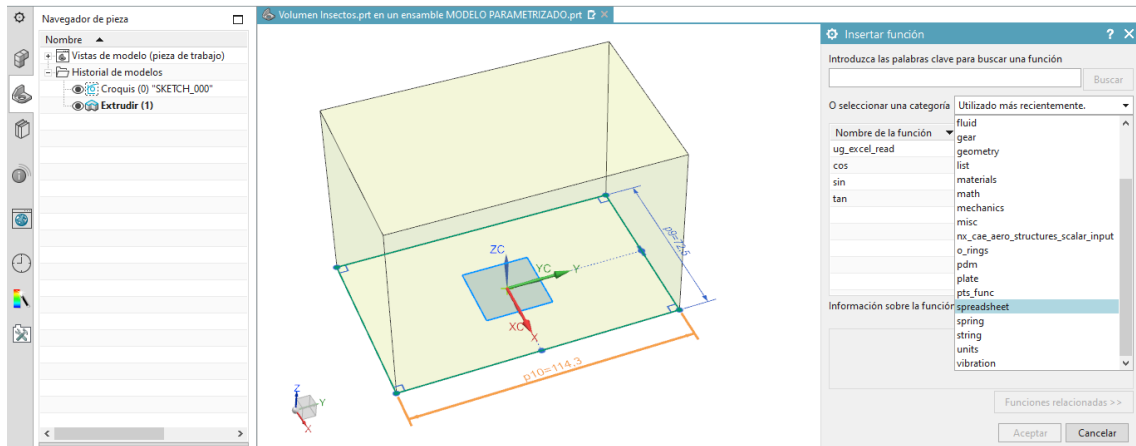


Fig. 58 – Ejemplo Excel para inserción de función / Fuente: Propia

En este punto se crean los argumentos de la función que permitirá el vínculo entre los dos softwares. Para ello se crea una llamada para vincular el archivo y a continuación leer la celda especificada.

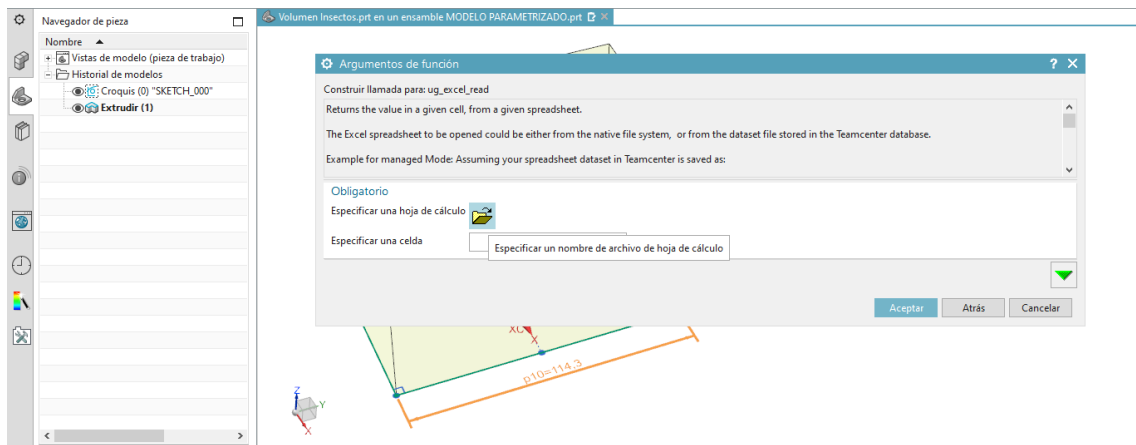


Fig. 59 – Ejemplo Excel de argumentos de función / Fuente: Propia

Introducidos estos datos se observa que la llamada de función resultante respeta la ruta del directorio en el que se encuentra el archivo y es correcta. Así mismo, antes de aceptar la operación se puede comprobar que el valor de la función resultante es 114,3 mm, correspondiendo con el valor de la celda E9 como era de esperar.

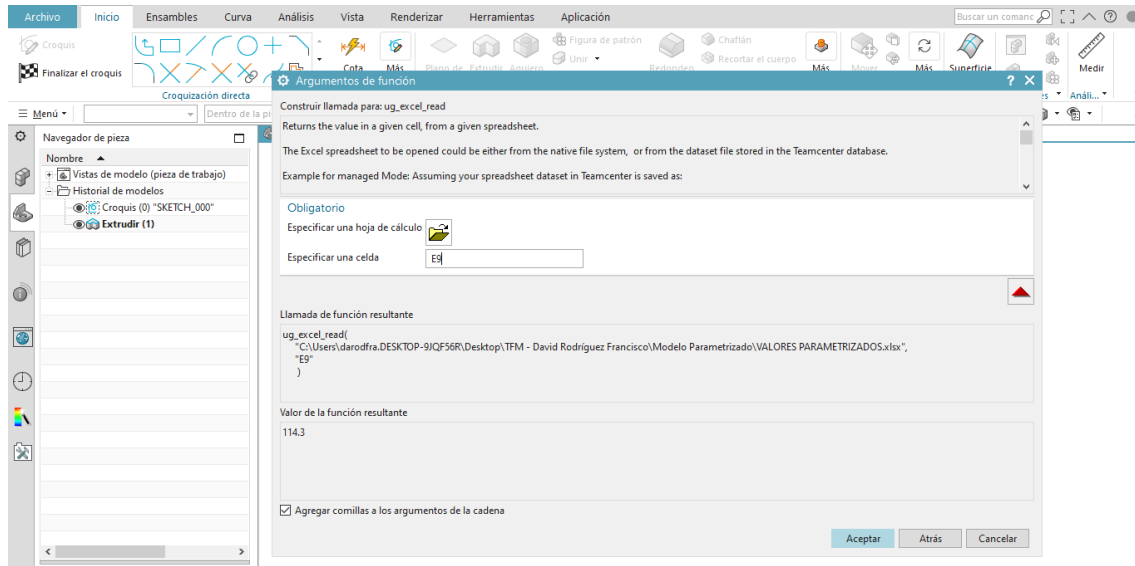


Fig. 60 – Ejemplo Excel de resultados de argumento de función / Fuente: Propia

En el menú “Expresiones” podemos encontrar los parámetros p7, p9 y p10 siendo el alto, ancho y largo del volumen de insectos y representa los resultados de las celdas de la hoja de cálculos.

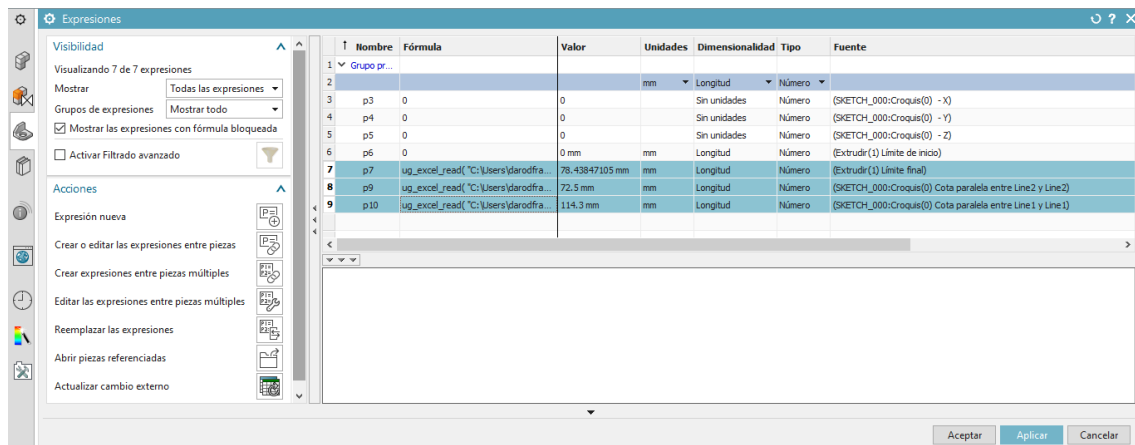


Fig. 61 – Ejemplo Excel de ecuaciones totales en la pieza / Fuente: Propia

De esta manera se parametrizan las cotas más relevantes del modelado. Los rodillos y sus acanaladuras son de las partes más importantes ya que de estas dependerá que el insecto sobreviva y se libere correctamente. Se pueden apreciar los valores parametrizados en el apartado anexos, en el punto “9.1. Tabla Excel con valores”.

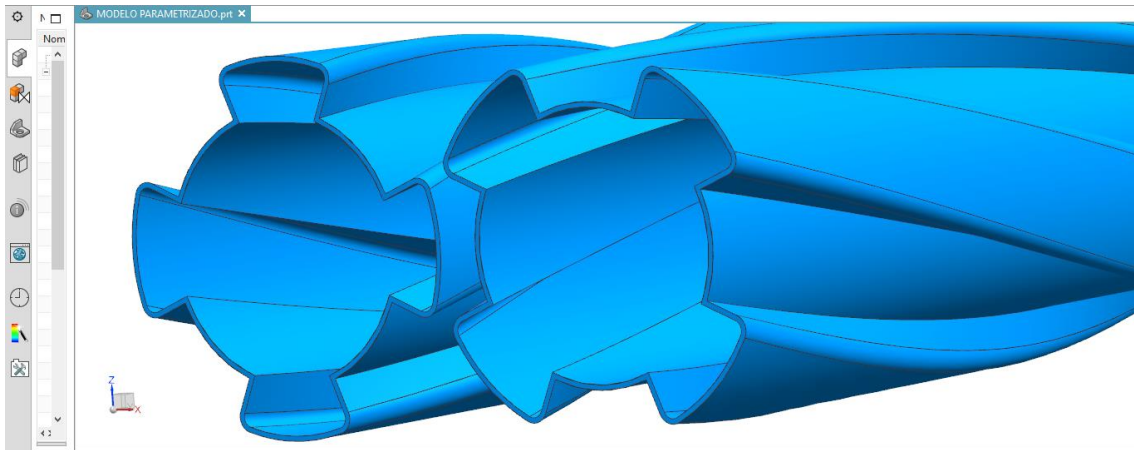


Fig. 62 – Plano detalle de rodillos parametrizados / Fuente: Propia

Durante el diseño se aborda la problemática de su anclaje al dron, ya que el diseño original sugiere unos soportes que sobresalen por la parte inferior, siendo estos el punto de anclaje con el dron.

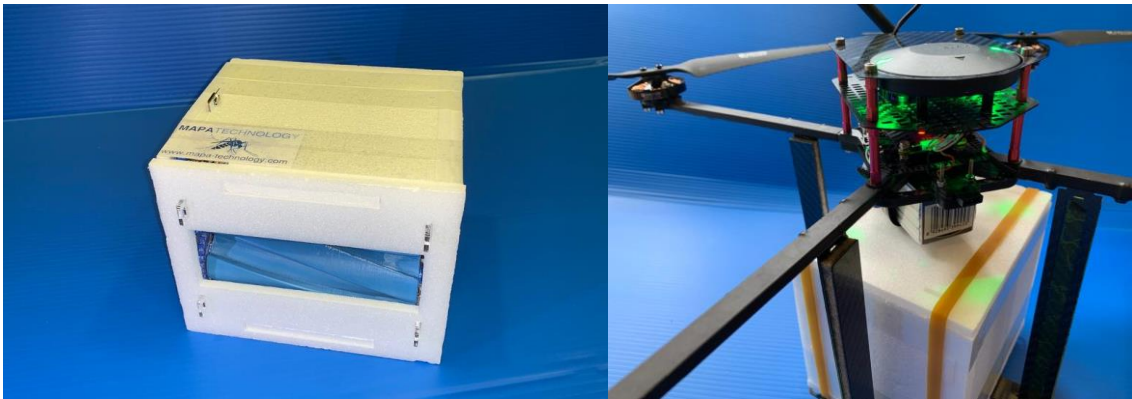


Fig. 63 – Modelado original con soportes inferiores fijos / Fuente: Mapa Technology S.L.

También se incluye un nuevo sistema que permite seleccionar si el soporte se encontrará en la parte superior o inferior del modelado mediante un desplegable en la hoja de cálculos. A continuación, se muestra los dos resultados posibles de este sistema.

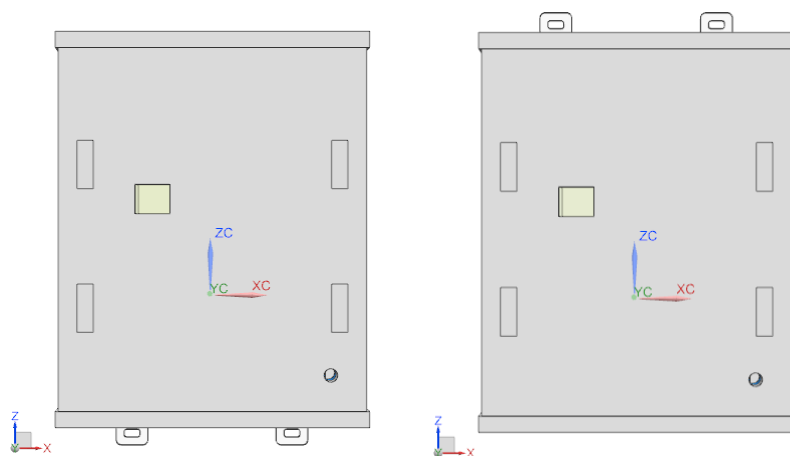


Fig. 64 – Modelado parametrizado con soportes inferiores y superiores / Fuente: Propia

## 5. Asistencia en la fabricación

Una vez finalizado el rediseño se necesita parametrizar la fabricación del dispositivo para continuar con la reducción del tiempo de producción. Actualmente se emplean dos métodos de fabricación: La impresión 3D y corte láser. A continuación, se explican detalladamente estos procesos y sus características.

### 5.1. FDM

Las piezas impresas en 3D se solicitan a una empresa especializada en este proceso. Dicha empresa proporciona las piezas solicitadas con gran precisión y fabricadas en ácido poliláctico (PLA), un polímero termoplástico ligero y biodegradable. Para ello se emplea una impresora Ultimaker S5. Dicha impresora posee un volumen de impresión de 330 x 240 x 300 mm, una resolución de capa de 20  $\mu\text{m}$  y 500 W de potencia. Sus especificaciones técnicas de alto nivel garantizan la fabricación de las piezas diseñadas para el dispositivo. Así mismo, la empresa Mapa Technology S.L. puede fabricar sus propios componentes si fuera necesario, siendo en este caso el material utilizado tereftalato de polietileno con glicol modificado (PETG). El conjunto de piezas que se fabrican con este tipo de tecnología son los rodillos acanalados, las tapas de estos, los engranajes y los ejes.

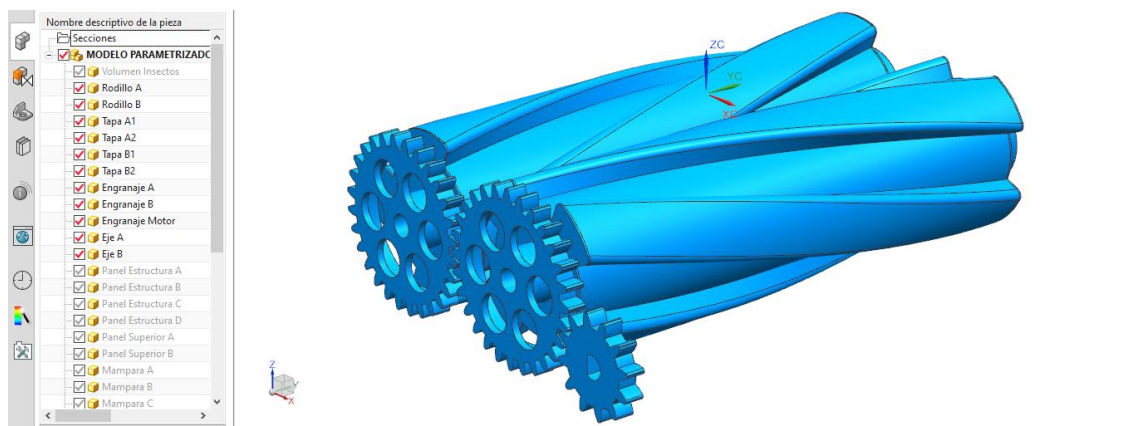


Fig. 65 – Componentes impresos en 3D / Fuente: Propia

Tras introducir los valores de un nuevo dispositivo en la hoja de cálculo y actualizarse el modelo, se procede a la exportación de los componentes en STL, un formato de archivo que permite definir geometrías en 3D. Este proceso se realiza solamente en las piezas que vayan a ser fabricadas por impresión 3D.

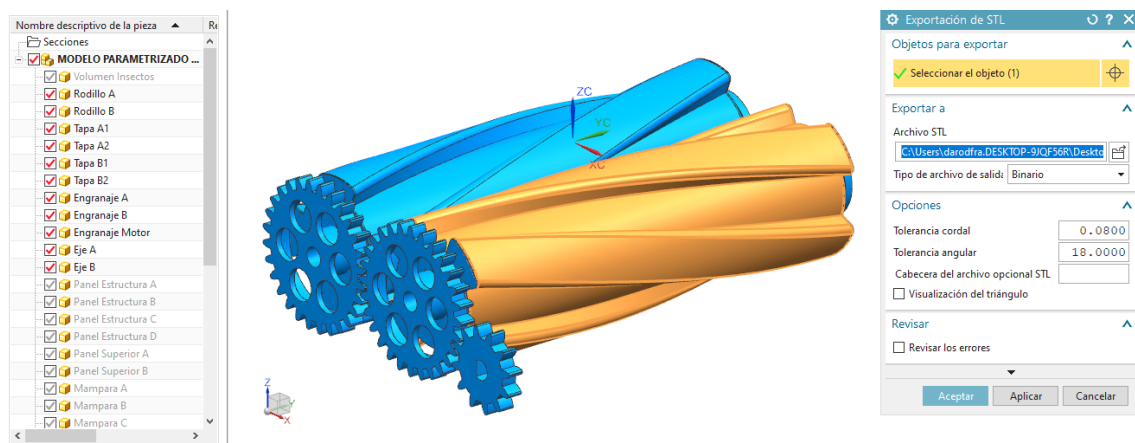


Fig. 66 – Exportación de las piezas a formato STL / Fuente: Propia



Una vez generados estos archivos se introducen en un slicer. Un programa que lamina el objeto para poder transformarlo en un formato legible para la impresora y controlar los parámetros de impresión. Estamos hablando del código máquina, el G-Code. Una vez obtenido este último formato, se introduce en la impresora y se inicia la impresión. En este caso de ejemplo se aprecia que estas piezas tardarán 4 h en fabricarse y tendrán un peso total de 35 gr en el conjunto final.

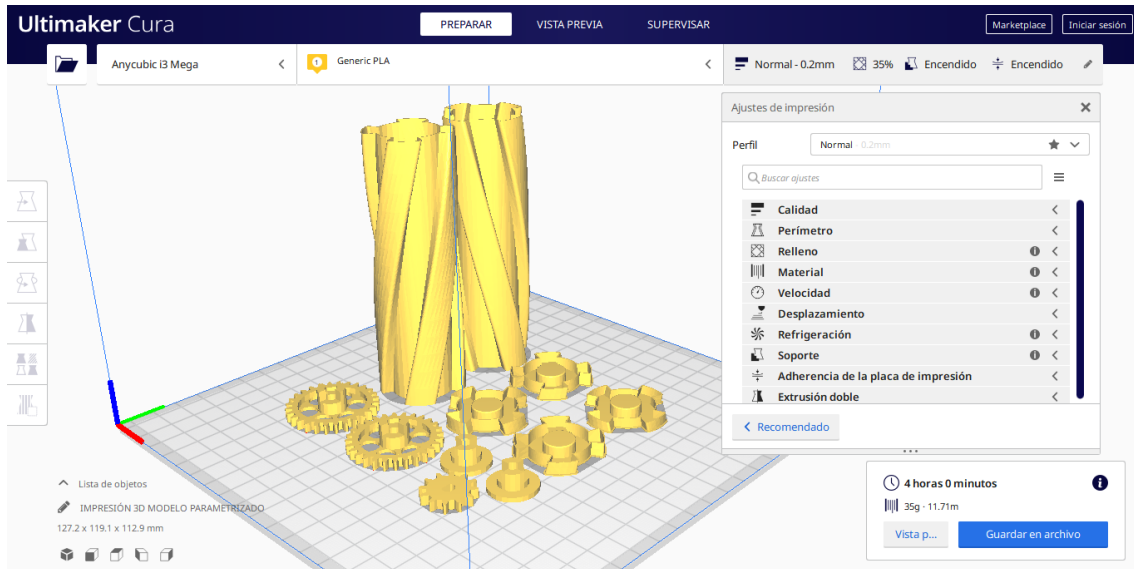


Fig. 67 – Piezas en slicer de ejemplo / Fuente: Propia

## 5.2. LBC

El resto de las piezas son fabricadas por Mapa Technology S.L. mediante una cortadora láser de corte XY de CO<sub>2</sub>. Esta máquina posee una superficie de trabajo de 1700 x 1200 mm y 140 W de potencia. Sus prestaciones permiten trabajar fácilmente las planchas de metacrilato de 2 mm, las hojas de acetato de 0,3 mm y las planchas de poliestireno expandido de alta densidad de 6 mm.

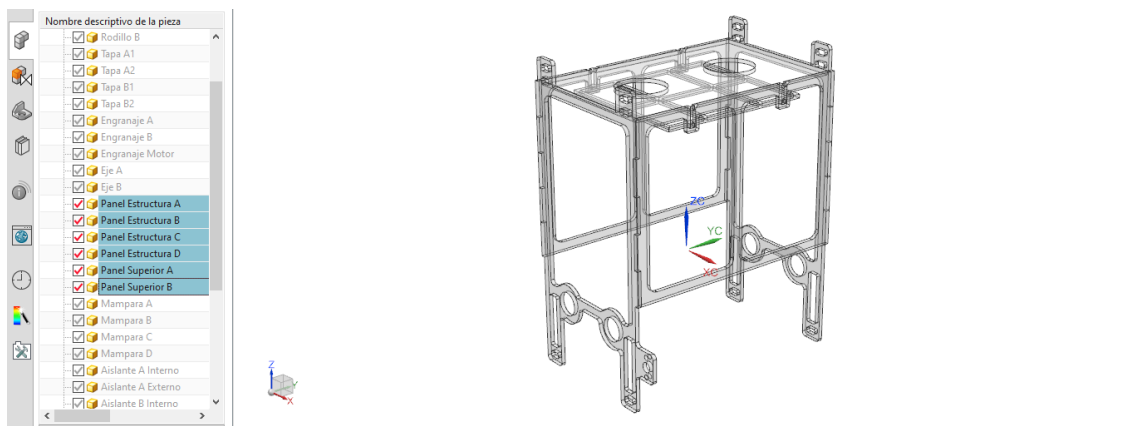


Fig. 68 – Componentes en metacrilato fabricados por corte láser / Fuente: Propia

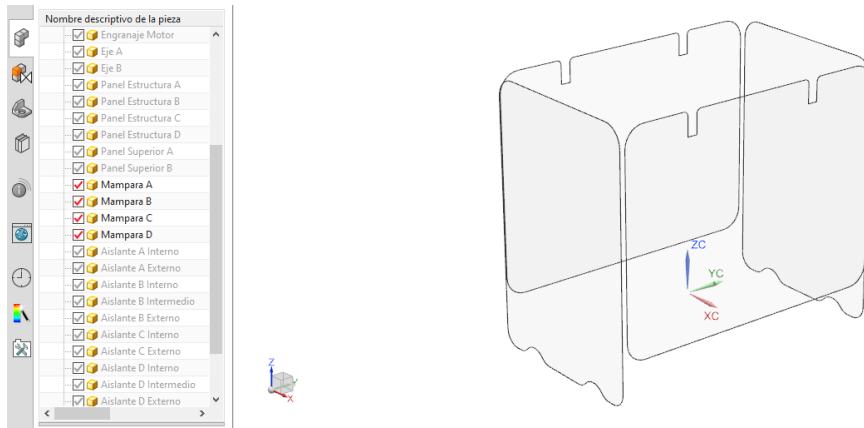


Fig. 69 – Componentes en acetato fabricados por corte láser / Fuente: Propia

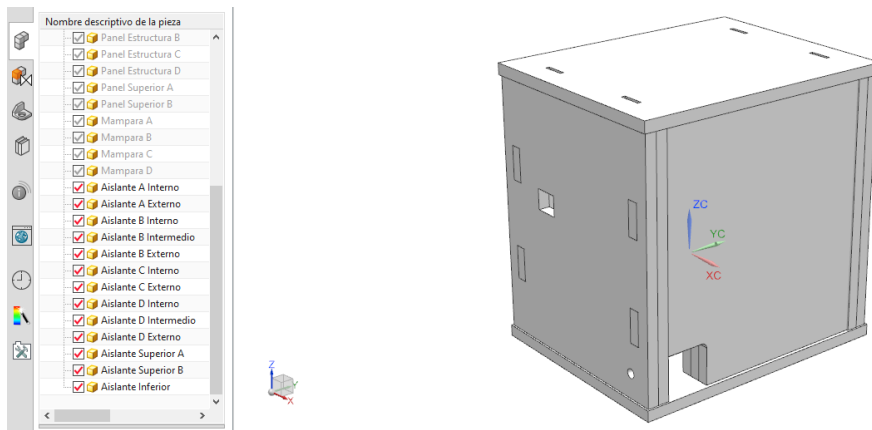


Fig. 70 – Componentes en poliestireno expandido fabricados por corte láser / Fuente: Propia

Para que la cortadora láser pueda fabricar este conjunto de piezas se crea un archivo de planos en el que colocar todas las piezas y parametrizarlas de manera que al variar sus dimensiones se actualicen y sigan manteniendo la misma distancia entre ellas. Tras actualizar el modelado parametrizado se abren los archivos de ensamblajes que contienen los conjuntos a fabricar, separados por materiales. Es decir, existe un conjunto para las piezas en metacrilato, en acetato y en poliestireno en el cual dichas piezas distan paramétricamente 3 mm entre ellas, manteniéndose esta distancia, aunque varíen las dimensiones de los componentes.

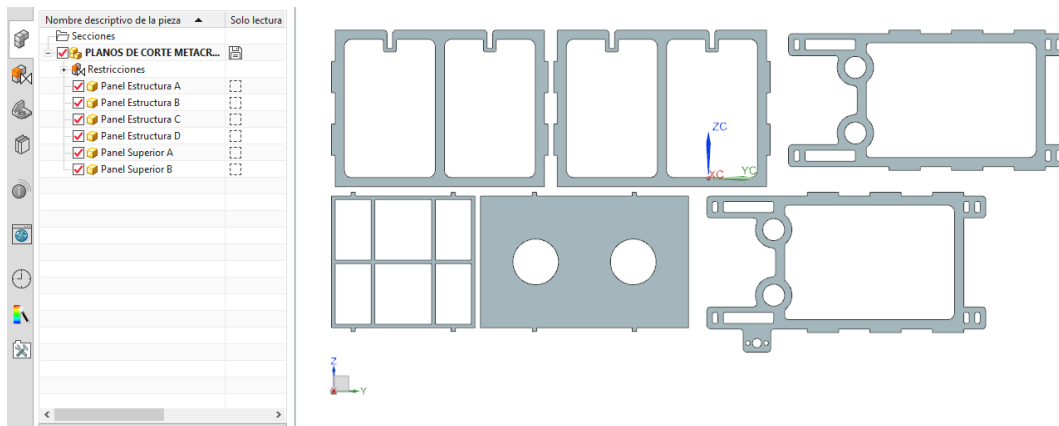


Fig. 71 – Disposición de las piezas para corte láser en metacrilato / Fuente: Propia

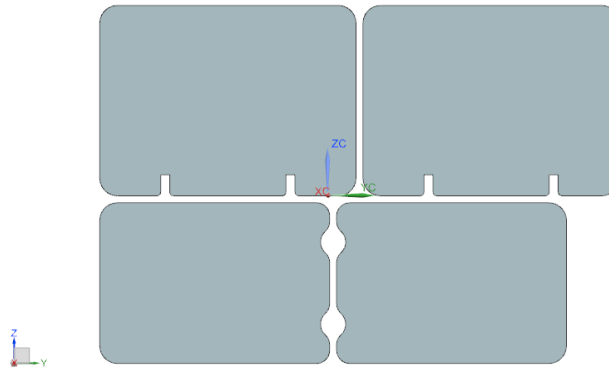
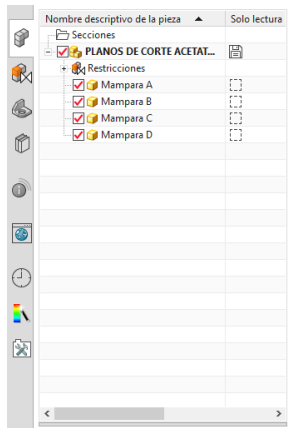


Fig. 72 – Disposición de las piezas para corte láser en acetato / Fuente: Propia

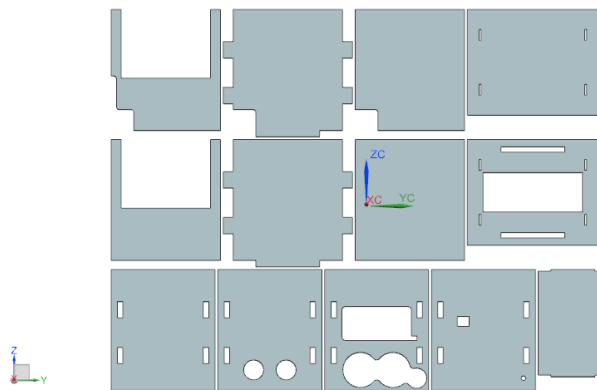
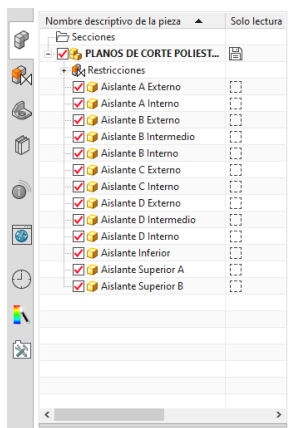


Fig. 73 – Disposición de las piezas para corte láser en poliestireno / Fuente: Propia

Una vez creado el archivo se exporta el conjunto en formato DXF. Este formato está compuesto por líneas y arcos y permite al láser detectar las geometrías y las trayectorias a seguir.

A continuación, se aprecia una vista previa a la exportación de los planos de corte para poder tener una referencia.

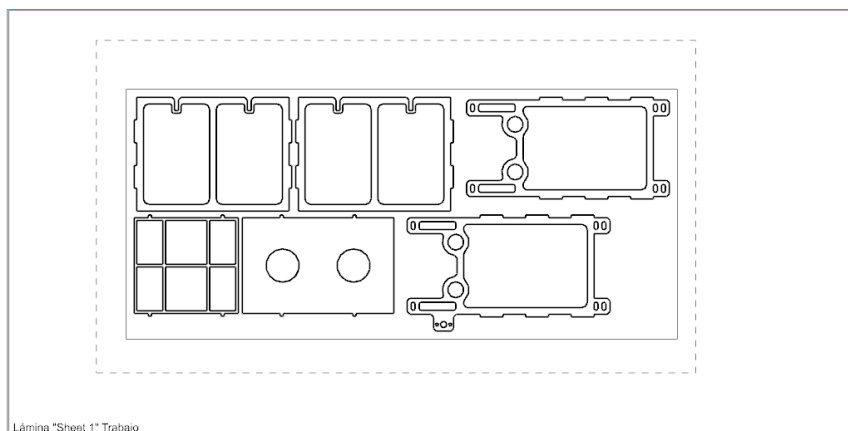
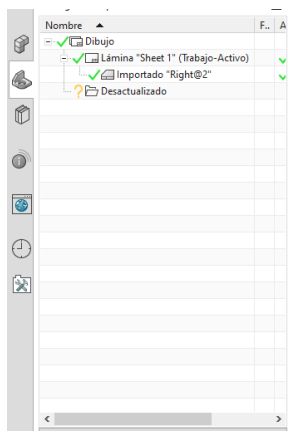


Fig. 74 – Plano de corte de ejemplo para piezas en metacrilato / Fuente: Propia

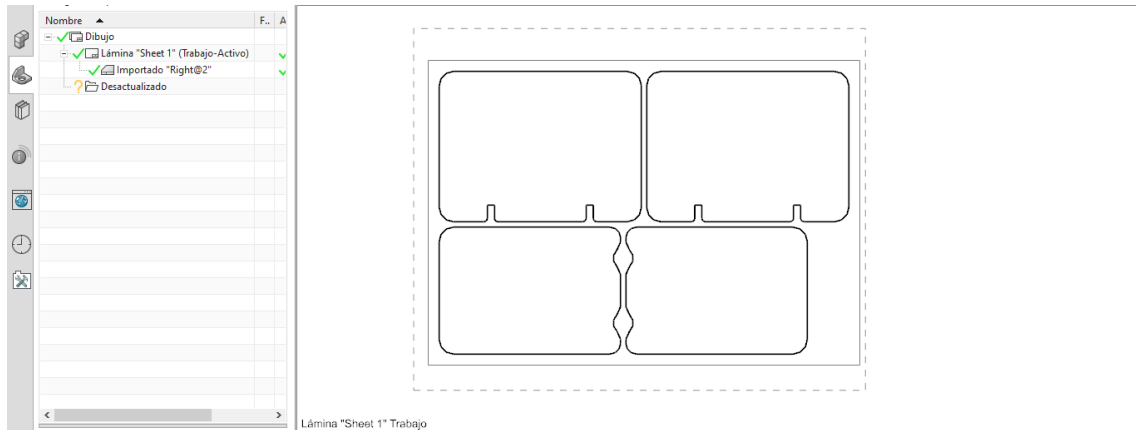


Fig. 75 – Plano de corte de ejemplo para piezas en acetato / Fuente: Propia

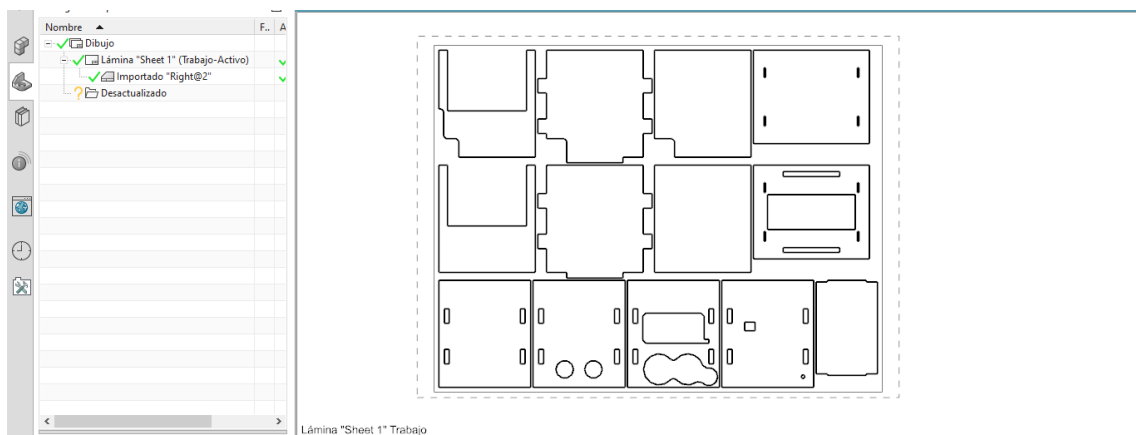


Fig. 76 – Plano de corte de ejemplo para piezas en poliestireno / Fuente: Propia

## 6. Evaluación de costes

Este trabajo de fin de máster evita que se tenga que realizar un modelado desde cero o adaptar uno existente para ajustarse a las necesidades de cada liberación de insectos. Actualmente se dedican 2 jornadas laborales a este tipo de adaptaciones. Un total de 16 horas que suponen un esfuerzo y gasto económico importante para la empresa y sus clientes. Sin embargo, adaptar el modelado parametrizado permite reducir ese tiempo empleando a menos de 1 hora como se puede apreciar en el siguiente gráfico comparativo.

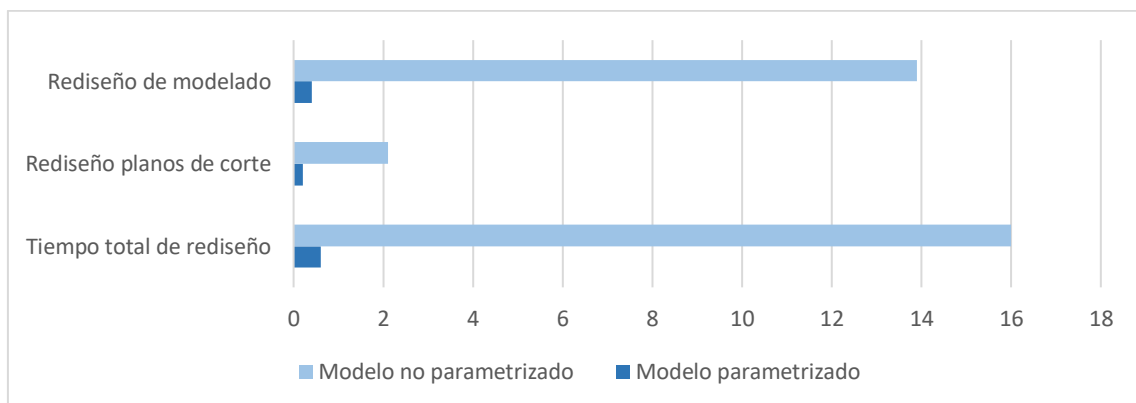


Fig. 77 – Tiempo de rediseño entre modelo parametrizado y sin parametrizar / Fuente: Propia

Para aproximar el ahorro que supone esta propuesta se toma el salario mínimo de un ingeniero según el BOE, resultando en un precio base por modelado sin parametrizar de 188,64€ al necesitar 16 horas de rediseño. Siendo este parametrizado resultaría en un precio base de 7,07€ al necesitar sólo 36 minutos.

## 7. Conclusiones

Finalmente, todo este proceso se podrá actualizar siguiendo los pasos descritos en la infografía, adjunta en el apartado “9.3 Infografía con instrucciones” en anexos, diseñada específicamente para los usuarios que quieran hacer cambios en este dispositivo parametrizado.

Los resultados del proyecto demuestran que se cumple con los objetivos marcados al comienzo de este documento, logrando así un dispositivo parametrizado capaz de reducir los tiempos de rediseño en un 96,75% del tiempo total empleado en la actualidad. Esto aporta a la empresa una liberación laboral y económica, pudiendo emplear ese tiempo y dinero en otros proyectos y seguir progresando.

El peso final del producto, calculado mediante los softwares empleados en su diseño y fabricación, es inferior al estimado. Se establecía inicialmente al comienzo del proyecto un límite de 150 gr para el dispositivo y el peso final simulado es de 92,31 gr (35 gr de PLA, 28,06 gr de metacrilato, 2,99 gr de acetato y 26,26 gr de poliestireno expandido de alta densidad).

También hay que remarcar la capacidad del diseño para adaptarse a cambios futuros, como pudiera ser la modificación de materiales empleados en su fabricación debido a decisiones personales o a la de las empresas proveedoras de las materias primas. Al parametrizar las tolerancias de los procesos de impresión 3D y corte láser, el usuario puede adaptarse fácilmente a estos cambios sin necesidad de invertir tiempo en readaptar y calcular los nuevos valores de las casillas de la hoja de cálculo.

	Diseño sin parametrizar	Diseño parametrizado
Tiempo de rediseño	16 h	0,6 h
Coste de rediseño	188,64 €	7,07 €

Tabla 8 – Tabla de conclusiones / Fuente: Propia

## 8. Trabajo futuro

Para reducir aún más los tiempos relacionados con la producción de este dispositivo en un futuro se deberán abordar los tiempos de fabricación, ya que estos siguen siendo los mismos. En este proyecto se propone exportar los archivos STL y DXF del dispositivo de manera manual. Sin embargo, un sistema que genere automáticamente estos archivos sería idóneo para disminuir aún más el tiempo invertido a rediseñar el producto. Con esta mejora se pueden reducir los 36 minutos actuales a 5 minutos, lo que tardaría el usuario en abrir la tabla Excel y actualizar sus valores.

Otra propuesta de trabajo futuro podría ser la fabricación del conjunto completo mediante impresión 3D, reduciendo el peso del producto parametrizando valores como el relleno de los componentes. Se mantendría al 0% el relleno en piezas que no sean sometidas a grandes esfuerzos y de un poco más del 25% de este en piezas que sí lo estén. Esta propuesta beneficiará a los destinatarios del dispositivo que no dispongan de maquinaria de corte por láser ya que, tanto en países desarrollados como subdesarrollados, es más probable disponer de impresoras 3D a una cortadora láser industrial.

## 9. Anexos

A continuación, se adjuntan los documentos que complementan la información del proyecto.

### 9.1. Tabla Excel con valores

<b>ENTRADAS PARAMETRIZADAS</b>		
<b>ENTRADAS PRINCIPALES</b>		
Especie a liberar	Mosquito Aedes	Especie
Cantidad de ejemplares	250000	Uds.
Volumen por insecto	2,60	mm <sup>3</sup>
Volumen total	650000,00	mm <sup>3</sup>
Largo de habitáculo para insectos	114,30	mm
Ancho de habitáculo para insectos	72,50	mm
Alto de habitáculo para insectos	78,44	mm
Soporte	Inferior	Posición
<b>RODILLO</b>		
Diámetro de rodillo	36,75	mm
Longitud de rodillo	112,90	mm
Espesor de pared de rodillo	0,50	mm
Número de acanaladuras en rodillo	4	Uds.
Apertura de acanaladura en rodillo	45,00	°
Torsión de acanaladura en rodillo	90,00	°
Profundidad de acanaladura en rodillo	5,00	mm
Redondeos de acanaladuras en rodillo	1,50	mm
Distancia entre superficies de rodillos	-1,00	mm
<b>ENGRANAJES</b>		
Espesor de engranaje	4,00	mm
<b>METACRILATO</b>		
Espesor de metacrilato	2,00	mm
<b>POLIESTIRENO EXPANDIDO</b>		
Espesor de poliestireno expandido	6,00	mm
<b>MATERIAL CAMBIO DE FASE</b>		
Largo de compartimento para cambio de fase	98,30	mm
Alto de compartimento para cambio de fase	75,75	mm
<b>TOLERANCIAS EN IMPRESIÓN 3D</b>		
Tolerancia entre piezas fijas	0,15	mm
Tolerancia entre piezas móviles	0,30	mm
<b>TOLERANCIAS EN CORTE LÁSER</b>		
Tolerancia de corte en metacrilato	0,05	mm
Tolerancia de corte en poliestireno	1,00	mm
Tolerancia de corte en acetato	0,75	mm



## 9.2. Infografía con instrucciones

Infografía con instrucciones: Lista de procesos. El fondo es azul oscuro con una patrón de líneas diagonales. En la parte superior izquierda hay un icono de una casilla con una marca de verificación roja. A la derecha del icono, el título "Lista de procesos" está escrito en blanco. Debajo del título, hay una lista de 16 ítems, cada uno con una casilla de verificación blanca y un texto descriptivo. Los ítems 10 y 16 están en negrita.

- Obtener valores a introducir
- Abrir hoja de cálculo en Microsoft Excel
- Modificar los valores deseados
- Guardar archivo Microsoft Excel
- Abrir ensamblaje en Siemens NX
- Habilitar las piezas en modo escritura
- Menú > Herramientas > Expresiones
- Actualizar cambio externo
- Guardar archivo de Siemens NX
- Archivo > Exportar > STL**
- Seleccionar una pieza y aceptar
- Repetir proceso con todas las piezas
- Abrir planos de corte en Siemens NX
- Aplicaciones > Dibujo en plano
- Archivo > Exportar > AutoCAD DXF**



### 9.3. Reglamento Delegado (UE) 2019/945 (Página 23 a 31)

11.6.2019

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

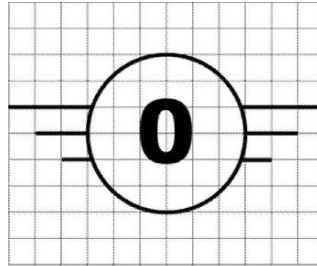
L 152/23

ANEXO

PARTE 1

#### Requisitos para un sistema de aeronaves no tripuladas de clase C0

Un SANT de clase C0 lleva la siguiente etiqueta de identificación de clase en la ANT:



Un SANT de clase C0 deberá cumplir lo siguiente:

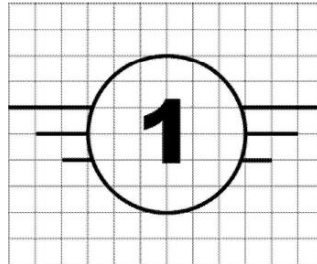
- 1) Tener una MMD inferior a 250 g, incluida la carga útil.
- 2) Tener una velocidad máxima en vuelo horizontal de 19 m/s.
- 3) Tener una altura máxima alcanzable por encima del punto de despegue limitada a 120 m.
- 4) Ser controlable de manera segura por lo que respecta a la estabilidad, la maniobrabilidad y el rendimiento del enlace de datos, por un piloto a distancia siguiendo las instrucciones del fabricante, en caso necesario en todas las condiciones de funcionamiento previsibles, incluso tras una avería en uno o, en su caso, varios sistemas.
- 5) Estar diseñado y fabricado de manera que se reduzcan al mínimo las lesiones a las personas durante el funcionamiento; deberán evitarse los bordes cortantes, a menos que sea técnicamente inevitable con buenas prácticas de diseño y de fabricación. Si está equipado con hélices, deberá estar diseñado de manera que se limite cualquier lesión que puedan provocar las palas de hélices.
- 6) Estar alimentado con electricidad y tener una tensión nominal que no supere los 24 V de corriente continua (CC) o la tensión de corriente alterna (CA) equivalente. Sus partes accesibles no deberán superar los 24 V de CC o la tensión de CA equivalente. Las tensiones internas no superarán los 24 V de CC o la tensión de CA equivalente, salvo que se garantice que la combinación generada de tensión y corriente no da lugar a ningún riesgo ni a un choque eléctrico nocivo, incluso si el SANT está dañado.
- 7) Si está equipado con un modo sígueme y cuando esta función esté en marcha, encontrarse en un radio que no supere los 50 m desde el piloto a distancia, y permitir que el piloto a distancia recupere el control de la ANT.
- 8) Haber sido comercializado con un manual del usuario en el que figure lo siguiente:
  - a) las características de la ANT, entre las que se encontrará, aunque no solamente, lo siguiente:
    - la clase de ANT;
    - la masa de la ANT (con una descripción de la configuración de referencia) y la masa máxima de despegue (MMD);
    - las características generales de las cargas útiles permitidas en términos de dimensiones de masas, interfaces con la ANT y otras posibles restricciones;
    - el equipo y el software para controlar la ANT de forma remota;
    - y una descripción del comportamiento de la ANT en caso de pérdida del enlace de datos;
  - b) unas instrucciones de funcionamiento claras;
  - c) las limitaciones de funcionamiento (entre las que se incluyen, aunque no exclusivamente, las condiciones meteorológicas y las operaciones de día/noche); y
  - d) una descripción apropiada de todos los riesgos relacionados con las operaciones del SANT adaptadas a la edad del usuario.

- 9) Incluir una nota informativa publicada por la Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea (AESAs) en la que figuren las limitaciones y obligaciones aplicables, de conformidad con el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947.
- 10) Los puntos 4, 5 y 6 no se aplican a los SANT que son juguetes en el sentido de la Directiva 2009/48/CE, sobre la seguridad de los juguetes.

## PARTE 2

**Requisitos para un sistema de aeronaves no tripuladas de clase C1**

Un SANT de clase C1 lleva la siguiente etiqueta de identificación de clase en la ANT:



Un SANT de clase C1 deberá cumplir lo siguiente:

- 1) Estar fabricado con materiales y tener un rendimiento y unas características físicas de manera que se garantice que, en caso de un impacto a velocidad terminal con una cabeza humana, la energía transmitida a la cabeza humana sea inferior a 80 J o, como alternativa, deberá tener una MMD de menos de 900 g, incluida la carga útil.
- 2) Tener una velocidad máxima en vuelo horizontal de 19 m/s.
- 3) Tener una altura máxima alcanzable por encima del punto de despegue limitada a 120 m o estar equipado con un sistema que limita a 120 m la altura por encima de la superficie o por encima del punto de despegue, o a un valor seleccionable por el piloto a distancia. Si el valor es seleccionable, deberá facilitarse al piloto a distancia una información clara sobre la altura de la ANT por encima de la superficie o el punto de despegue durante el vuelo.
- 4) Ser controlable de manera segura por lo que respecta a la estabilidad, la maniobrabilidad y el rendimiento del enlace de datos, por un piloto a distancia siguiendo las instrucciones del fabricante, en caso necesario en todas las condiciones de funcionamiento previsible, incluso tras una avería en uno o, en su caso, varios sistemas.
- 5) Tener la resistencia mecánica exigida, incluido cualquier factor de seguridad necesario y, cuando proceda, la estabilidad para resistir toda tensión a la que esté sometido durante su uso sin ninguna rotura o deformación que pudieran interferir con un vuelo seguro.
- 6) Estar diseñado y fabricado de manera que se reduzcan al mínimo las lesiones a las personas durante el funcionamiento; deberán evitarse los bordes cortantes, a menos que sea técnicamente inevitable con buenas prácticas de diseño y de fabricación. Si está equipado con hélices, deberá estar diseñado de manera que se limite cualquier lesión que puedan provocar las palas de hélices.
- 7) En caso de pérdida de un enlace de datos, disponer de un método fiable y predecible para que la ANT recupere el enlace de datos o finalice el vuelo de manera que se reduzca el efecto en terceros en el aire o en tierra.
- 8) Salvo que se trate de una ANT de ala fija, tener un nivel de potencia sonora ponderado A garantizado  $L_{WA}$  determinado según la parte 13 que no supere los niveles establecidos en la parte 15.
- 9) Salvo que se trate de una ANT de ala fija, tener la indicación del nivel de potencia sonora ponderado A garantizado fijada en la ANT y/o en su embalaje según la parte 14.
- 10) Estar alimentado con electricidad y tener una tensión nominal que no supere los 24 V de CC o la tensión de CA equivalente. Sus partes accesibles no deberán superar los 24 V de CC o la tensión de CA equivalente. Las tensiones internas no superarán los 24 V de CC o la tensión de CA equivalente, salvo que se garantice que la combinación generada de tensión y corriente no da lugar a ningún riesgo ni a un choque eléctrico nocivo, incluso si el SANT está dañado.
- 11) Tener un número de serie físico único que cumpla la norma ANSI/CTA-2063 *Small Unmanned Aerial Systems Serial Numbers*.

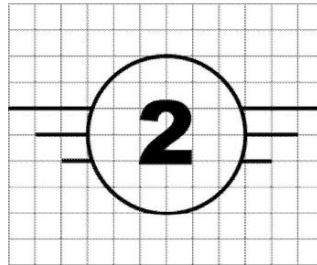
- 12) Tener una identificación a distancia directa que:
  - a) permita cargar el número de registro del operador del SANT de conformidad con el artículo 14 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y únicamente aplicando el proceso proporcionado por el sistema de registro;
  - b) garantice, en tiempo real durante toda la duración del vuelo, la difusión periódica directa desde la ANT utilizando un protocolo de transmisión abierto y documentado de los datos siguientes, de manera que puedan ser directamente recibidos por dispositivos móviles existentes dentro de la gama de difusión:
    - i. el número de registro del operador del SANT;
    - ii. el número de serie físico único de la ANT que cumpla la norma ANSI/CTA-2063;
    - iii. la posición geográfica de la ANT y su altura por encima de la superficie o el punto de despegue;
    - iv. la trayectoria medida en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico y la velocidad de la ANT respecto al suelo; y
    - v. la posición geográfica del piloto a distancia o, si no se dispone de ella, el punto de despegue.
  - c) garantice que el usuario no pueda modificar los datos mencionados en el apartado b), incisos ii, iii, iv y v.
- 13) Estar equipado con un sistema de geoconsciencia que proporcione:
  - a) una interfaz para cargar y actualizar datos que contienen información sobre los límites del espacio aéreo relacionados con la posición y la altitud de la ANT impuestos por las zonas geográficas, tal como se definen en el artículo 15 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947, lo que garantiza que el proceso de carga o actualización de estos datos no degrade su integridad ni su validez;
  - b) un mensaje de alerta para el piloto a distancia cuando se detecte una posible violación de los límites del espacio aéreo; e
  - c) información dirigida al piloto a distancia sobre la situación de la ANT así como un mensaje de alerta cuando sus sistemas de posicionamiento o de navegación no puedan garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de geoconsciencia.
- 14) Si la ANT dispone de una función que limita su acceso a determinadas zonas o volúmenes del espacio aéreo, esta función deberá funcionar de manera que interactúe fluidamente con el sistema de control del vuelo de la ANT, sin que esto afecte negativamente a la seguridad del vuelo; además, deberá facilitarse una información clara al piloto a distancia cuando esta función impida que la ANT entre en estas zonas o volúmenes del espacio aéreo.
- 15) Transmitir al piloto a distancia una señal de alerta clara cuando la batería de la ANT o su puesto de control alcance un nivel bajo de manera que el piloto a distancia tenga tiempo suficiente para hacer aterrizar de forma segura la ANT.
- 16) Estar equipado con luces con los siguientes fines:
  - a) la controlabilidad de la ANT,
  - b) la visibilidad de la ANT de noche; el diseño de las luces deberá permitir que una persona que se encuentre en tierra distinga la ANT de una aeronave tripulada.
- 17) Si está equipado con un modo sígueme y cuando esta función esté en marcha, encontrarse en un radio que no supere los 50 m desde el piloto a distancia, y permitir que el piloto a distancia recupere el control de la ANT.
- 18) Haber sido comercializado con un manual del usuario en el que figure lo siguiente:
  - a) las características de la ANT, entre las que se encontrará, aunque no solamente, lo siguiente:
    - la clase de ANT;
    - la masa de la ANT (con una descripción de la configuración de referencia) y la masa máxima de despegue (MMD);
    - las características generales de las cargas útiles permitidas en términos de dimensiones de masas, interfaces con la ANT y otras posibles restricciones;
    - el equipo y el *software* para controlar la ANT de forma remota;
    - la referencia del protocolo de transmisión utilizado para las emisiones de identificación a distancia directa;
    - el nivel de potencia sonora;
    - y una descripción del comportamiento de la ANT en caso de pérdida del enlace de datos;

- b) unas instrucciones de funcionamiento claras;
  - c) el procedimiento para cargar los límites del espacio aéreo;
  - d) las instrucciones de mantenimiento;
  - e) los procedimientos de resolución de problemas;
  - f) las limitaciones de funcionamiento (entre las que se incluyen, aunque no exclusivamente, las condiciones meteorológicas y las operaciones de día/noche); y
  - g) una descripción apropiada de todos los riesgos relacionados con las operaciones de los SANT.
- 19) Incluir una nota informativa publicada por la AESA en la que figuren las limitaciones y las obligaciones aplicables en virtud del Derecho de la UE.

PARTE 3

**Requisitos para un sistema de aeronaves no tripuladas de clase C2**

Un SANT de clase C2 lleva la siguiente etiqueta de identificación de clase en la ANT:



Un SANT de clase C2 deberá cumplir lo siguiente:

- 1) Tener una MMD inferior a 4 kg, incluida la carga útil.
- 2) Tener una altura máxima alcanzable por encima del punto de despegue limitada a 120 m o estar equipado con un sistema que limita a 120 m la altura por encima de la superficie o por encima del punto de despegue, o a un valor seleccionable por el piloto a distancia. Si el valor es seleccionable, deberá facilitarse al piloto a distancia una información clara sobre la altura de la ANT por encima de la superficie o el punto de despegue durante el vuelo.
- 3) Ser controlable de manera segura por lo que respecta a la estabilidad, la maniobrabilidad y el rendimiento del enlace de datos, por un piloto a distancia con las competencias adecuadas tal como se define en el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y siguiendo las instrucciones del fabricante, en caso necesario en todas las condiciones de funcionamiento previsibles, incluso tras una avería en uno o, en su caso, varios sistemas.
- 4) Tener la resistencia mecánica exigida, incluido cualquier factor de seguridad necesario y, cuando proceda, la estabilidad para resistir toda tensión a la que esté sometido durante su uso sin ninguna rotura o deformación que pudieran interferir con un vuelo seguro.
- 5) En caso de una ANT cautiva, tener un anclaje con una longitud de tracción inferior a 50 m y una resistencia mecánica que no sea inferior:
  - a) para las aeronaves más pesadas que el aire, a diez veces el peso del aerodino con una masa máxima;
  - b) para las aeronaves más ligeras que el aire, a cuatro veces la fuerza ejercida por la combinación del empuje estático máximo y la fuerza aerodinámica de la velocidad máxima del viento permitida en vuelo.
- 6) Estar diseñado y fabricado de manera que se reduzcan al mínimo las lesiones a las personas durante el funcionamiento; deberán evitarse los bordes cortantes, a menos que sea técnicamente inevitable con buenas prácticas de diseño y de fabricación. Si está equipado con hélices, deberá estar diseñado de manera que se limite cualquier lesión que puedan provocar las palas de hélices.
- 7) Salvo que la aeronave esté cautiva, en caso de pérdida de un enlace de datos, disponer de un método fiable y predecible para que la ANT recupere el enlace de datos o finalice el vuelo de manera que se reduzca el efecto en terceros en el aire o en tierra.
- 8) Salvo que la aeronave esté cautiva, estar equipado con un enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control.

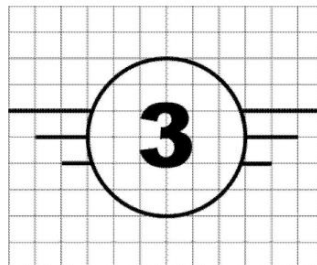
- 9) Salvo que se trate de una ANT de ala fija, estar equipado con un modo de baja velocidad seleccionable por el piloto a distancia y que limite la velocidad máxima de crucero a no más de 3 m/s.
- 10) Salvo que se trate de una ANT de ala fija, tener un nivel de potencia sonora ponderado A garantizado  $L_{WA}$  determinado según la parte 13 que no supere los niveles establecidos en la parte 15.
- 11) Salvo que se trate de una ANT de ala fija, tener la indicación del nivel de potencia sonora ponderado A garantizado fijada en la ANT y/o en su embalaje según la parte 14.
- 12) Estar alimentado con electricidad y tener una tensión nominal que no supere los 48 V de CC o la tensión de CA equivalente. Sus partes accesibles no deberán superar los 48 V de CC o la tensión de CA equivalente. Las tensiones internas no superarán los 48 V de CC o la tensión de CA equivalente, salvo que se garantice que la combinación generada de tensión y corriente no da lugar a ningún riesgo ni a un choque eléctrico nocivo, incluso si el SANT está dañado.
- 13) Tener un número de serie físico único que cumpla la norma ANSI/CTA-2063 *Small Unmanned Aerial Systems Serial Numbers*.
- 14) Salvo que la aeronave esté cautiva, tener una identificación a distancia directa que:
  - a) permita cargar el número de registro del operador del SANT de conformidad con el artículo 14 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y únicamente aplicando el proceso proporcionado por el sistema de registro;
  - b) garantice, en tiempo real durante toda la duración del vuelo, la difusión periódica directa desde la ANT utilizando un protocolo de transmisión abierto y documentado de los datos siguientes, de manera que puedan ser directamente recibidos por dispositivos móviles existentes dentro de la gama de difusión:
    - i. el número de registro del operador del SANT;
    - ii. el número de serie físico único de la ANT que cumpla la norma ANSI/CTA-2063;
    - iii. la posición geográfica de la ANT y su altura por encima de la superficie o el punto de despegue;
    - iv. la trayectoria medida en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico y la velocidad de la ANT respecto al suelo; y
    - v. la posición geográfica del piloto a distancia;
  - c) garantice que el usuario no pueda modificar los datos mencionados en el apartado b), incisos ii, iii, iv y v.
- 15) Estar equipado con una función de geoconsciencia que proporcione:
  - a) una interfaz para cargar y actualizar datos que contienen información sobre los límites del espacio aéreo relacionados con la posición y la altitud de la ANT impuestos por las zonas geográficas, tal como se definen en el artículo 15 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947, lo que garantiza que el proceso de carga o actualización de estos datos no degrade su integridad ni su validez;
  - b) un mensaje de alerta para el piloto a distancia cuando se detecte una posible violación de los límites del espacio aéreo; e
  - c) información dirigida al piloto a distancia sobre la situación de la ANT así como un mensaje de alerta cuando su posicionamiento o navegación no puedan garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de geoconsciencia.
- 16) Si la ANT dispone de una función que limita su acceso a determinadas zonas o volúmenes del espacio aéreo, esta función deberá funcionar de manera que interactúe fluidamente con el sistema de control del vuelo de la ANT, sin que esto afecte negativamente a la seguridad del vuelo; además, deberá facilitarse una información clara al piloto a distancia cuando esta función impida que la ANT entre en estas zonas o volúmenes del espacio aéreo.
- 17) Transmitir al piloto a distancia una señal de alerta clara cuando la batería de la ANT o su puesto de control alcance un nivel bajo de manera que el piloto a distancia tenga tiempo suficiente para hacer aterrizar de forma segura la ANT.
- 18) Estar equipado con luces con los siguientes fines:
  - 1) la controlabilidad de la ANT;
  - 2) la visibilidad de la ANT de noche; el diseño de las luces deberá permitir que una persona que se encuentre en tierra distinga la ANT de una aeronave tripulada.

- 19) Haber sido comercializado con un manual del usuario en el que figure lo siguiente:
- a) las características de la ANT, entre las que se encontrará, aunque no solamente, lo siguiente:
    - la clase de ANT;
    - la masa de la ANT (con una descripción de la configuración de referencia) y la masa máxima de despegue (MMD);
    - las características generales de las cargas útiles permitidas en términos de dimensiones de masas, interfaces con la ANT y otras posibles restricciones;
    - el equipo y el *software* para controlar la ANT de forma remota;
    - la referencia del protocolo de transmisión utilizado para las emisiones de identificación a distancia directa;
    - el nivel de potencia sonora;
    - y una descripción del comportamiento de la ANT en caso de pérdida del enlace de datos;
  - b) unas instrucciones de funcionamiento claras;
  - c) el procedimiento para cargar los límites del espacio aéreo;
  - d) las instrucciones de mantenimiento;
  - e) los procedimientos de resolución de problemas;
  - f) las limitaciones de funcionamiento (entre las que se incluyen, aunque no exclusivamente, las condiciones meteorológicas y las operaciones de día/noche); y
  - g) una descripción apropiada de todos los riesgos relacionados con las operaciones de los SANT.
- 20) Incluir una nota informativa publicada por la AESA con las limitaciones y las obligaciones aplicables en virtud del Derecho de la UE.

#### PARTE 4

#### **Requisitos para un sistema de aeronaves no tripuladas de clase C3**

Un SANT de clase C3 lleva la siguiente etiqueta de identificación de clase en la ANT:



Un SANT de clase C3 deberá cumplir lo siguiente:

- 1) Tener una MMD inferior a 25 kg, incluida la carga útil, y tener una dimensión característica máxima inferior a 3 m.
- 2) Tener una altura máxima alcanzable por encima del punto de despegue limitada a 120 m o estar equipado con un sistema que limita a 120 m la altura por encima de la superficie o por encima del punto de despegue, o a un valor seleccionable por el piloto a distancia. Si el valor es seleccionable, deberá facilitarse al piloto a distancia una información clara sobre la altura de la ANT por encima de la superficie o el punto de despegue durante el vuelo.
- 3) Ser controlable de manera segura por lo que respecta a la estabilidad, la maniobrabilidad y el rendimiento del enlace de datos, por un piloto con las competencias adecuadas tal como se define en el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y siguiendo las instrucciones del fabricante, en caso necesario en todas las condiciones de funcionamiento previsibles, incluso tras una avería en uno o, en su caso, varios sistemas.

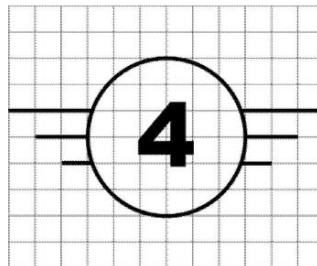
- 4) En caso de una ANT cautiva, tener un anclaje con una longitud de tracción inferior a 50 m y una resistencia mecánica que no sea inferior:
  - a) para las aeronaves más pesadas que el aire, a diez veces el peso del aerodino con una masa máxima;
  - b) para las aeronaves más ligeras que el aire, a cuatro veces la fuerza ejercida por la combinación del empuje estático máximo y la fuerza aerodinámica de la velocidad máxima del viento permitida en vuelo.
- 5) Salvo que la aeronave esté cautiva, en caso de pérdida de un enlace de datos, disponer de un método fiable y predecible para que la ANT recupere el enlace de datos o finalice el vuelo de manera que se reduzca el efecto en terceros en el aire o en tierra.
- 6) Salvo que se trate de una ANT de ala fija, tener la indicación del nivel de potencia sonora ponderado A garantizado  $L_{WA}$  determinado según la parte 13 fijada en la ANT y/o en su embalaje según la parte 14.
- 7) Estar alimentado con electricidad y tener una tensión nominal que no supere los 48 V de CC o la tensión de CA equivalente. Sus partes accesibles no deberán superar los 48 V de CC o la tensión de CA equivalente. Las tensiones internas no superarán los 48 V de CC o la tensión de CA equivalente, salvo que se garantice que la combinación generada de tensión y corriente no da lugar a ningún riesgo ni a un choque eléctrico nocivo, incluso si el SANT está dañado.
- 8) Tener un número de serie físico único que cumpla la norma ANSI/CTA-2063 *Small Unmanned Aerial Systems Serial Numbers*.
- 9) Salvo que la aeronave esté cautiva, tener una identificación a distancia directa que:
  - a) permita cargar el número de registro del operador del SANT de conformidad con el artículo 14 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y únicamente aplicando el proceso proporcionado por el sistema de registro;
  - b) garantice, en tiempo real durante toda la duración del vuelo, la difusión periódica directa desde la ANT utilizando un protocolo de transmisión abierto y documentado de los datos siguientes, de manera que puedan ser directamente recibidos por dispositivos móviles existentes dentro de la gama de difusión:
    - i. el número de registro del operador del SANT;
    - ii. el número de serie físico único de la ANT que cumpla la norma ANSI/CTA-2063;
    - iii. la posición geográfica de la ANT y su altura por encima de la superficie o el punto de despegue;
    - iv. la trayectoria medida en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico y la velocidad de la ANT respecto al suelo; y
    - v. la posición geográfica del piloto a distancia;
  - c) garantice que el usuario no pueda modificar los datos mencionados en el apartado b), incisos ii, iii, iv y v.
- 10) Estar equipado con una función de geoconsciencia que proporcione:
  - a) una interfaz para cargar y actualizar datos que contienen información sobre los límites del espacio aéreo relacionados con la posición y la altitud de la ANT impuestos por las zonas geográficas, tal como se definen en el artículo 15 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947, lo que garantiza que el proceso de carga o actualización de estos datos no degrade su integridad ni su validez;
  - b) un mensaje de alerta para el piloto a distancia cuando se detecte una posible violación de los límites del espacio aéreo; e
  - c) información dirigida al piloto a distancia sobre la situación de la ANT así como un mensaje de alerta cuando su posicionamiento o navegación no puedan garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de geoconsciencia.
- 11) Si la ANT dispone de una función que limita su acceso a determinadas zonas o volúmenes del espacio aéreo, esta función deberá funcionar de manera que interactúe fluidamente con el sistema de control del vuelo de la ANT, sin que esto afecte negativamente a la seguridad del vuelo; además, deberá facilitarse una información clara al piloto a distancia cuando esta función impida que la ANT entre en estas zonas o volúmenes del espacio aéreo.
- 12) Salvo que la aeronave esté cautiva, estar equipado con un enlace de datos protegido contra el acceso no autorizado a las funciones de mando y control.
- 13) Transmitir al piloto a distancia una señal de alerta clara cuando la batería de la ANT o su puesto de control alcance un nivel bajo de manera que el piloto a distancia tenga tiempo suficiente para hacer aterrizar de forma segura la ANT.

- 14) Estar equipado con luces con los siguientes fines:
- 1) la controlabilidad de la ANT;
  - 2) la visibilidad de la ANT de noche; el diseño de las luces deberá permitir que una persona que se encuentre en tierra distinga la ANT de una aeronave tripulada.
- 15) Haber sido comercializado con un manual del usuario en el que figure lo siguiente:
- a) las características de la ANT, entre las que se encontrará, aunque no solamente, lo siguiente:
    - la clase de ANT;
    - la masa de la ANT (con una descripción de la configuración de referencia) y la masa máxima de despegue (MMD);
    - las características generales de las cargas útiles permitidas en términos de dimensiones de masas, interfaces con la ANT y otras posibles restricciones;
    - el equipo y el *software* para controlar la ANT de forma remota;
    - la referencia del protocolo de transmisión utilizado para las emisiones de identificación a distancia directa;
    - el nivel de potencia sonora;
    - y una descripción del comportamiento de la ANT en caso de pérdida del enlace de datos;
  - b) unas instrucciones de funcionamiento claras;
  - c) el procedimiento para cargar los límites del espacio aéreo;
  - d) las instrucciones de mantenimiento;
  - e) los procedimientos de resolución de problemas;
  - f) las limitaciones de funcionamiento (entre las que se incluyen, aunque no exclusivamente, las condiciones meteorológicas y las operaciones de día/noche); y
  - g) una descripción apropiada de todos los riesgos relacionados con las operaciones de los SANT.
- 16) Incluir una nota informativa publicada por la AESA en la que figuren las limitaciones y las obligaciones aplicables en virtud del Derecho de la UE.

#### PARTE 5

#### Requisitos para un sistema de aeronaves no tripuladas de clase C4

Un SANT de clase C4 lleva la siguiente etiqueta en la ANT de manera visible:



Un SANT de clase C4 deberá cumplir lo siguiente:

- 1) Tener una MMD inferior a 25 kg, incluida la carga útil.
- 2) Ser controlable y maniobrable de manera segura por un piloto a distancia siguiendo las instrucciones del fabricante, en caso necesario en todas las condiciones de funcionamiento previsibles, incluso tras una avería en uno o, en su caso, varios sistemas.



- 3) No disponer de modos de control automático, excepto para la asistencia a la estabilización del vuelo sin ningún efecto directo en la trayectoria y para la asistencia en caso de pérdida de la conexión, siempre que se disponga de una posición fija predeterminada de los mandos de vuelo en caso de pérdida de la conexión.
- 4) Haber sido comercializado con un manual del usuario en el que figure lo siguiente:
  - a) las características de la ANT, entre las que se encontrará, aunque no solamente, lo siguiente:
    - la clase de ANT;
    - la masa de la ANT (con una descripción de la configuración de referencia) y la masa máxima de despegue (MMD);
    - las características generales de las cargas útiles permitidas en términos de dimensiones de masas, interfaces con la ANT y otras posibles restricciones;
    - el equipo y el *software* para controlar la ANT de forma remota;
    - y una descripción del comportamiento de la ANT en caso de pérdida del enlace de datos;
  - b) unas instrucciones de funcionamiento claras;
  - c) las instrucciones de mantenimiento;
  - d) los procedimientos de resolución de problemas;
  - e) las limitaciones de funcionamiento (entre las que se incluyen, aunque no exclusivamente, las condiciones meteorológicas y las operaciones de día/noche); y
  - f) una descripción apropiada de todos los riesgos relacionados con las operaciones de los SANT.
- 5) Incluir una nota informativa publicada por la AESA en la que figuren las limitaciones y las obligaciones aplicables en virtud del Derecho de la UE.

PARTE 6

**Requisitos para un accesorio de identificación a distancia directa**

Un accesorio de identificación a distancia directa deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Permitir la carga del número de registro del operador del SANT de conformidad con el artículo 14 del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 y únicamente aplicando el proceso proporcionado por el sistema de registro.
- 2) Tener un número de serie físico único que cumpla la norma ANSI/CTA-2063 *Small Unmanned Aerial Systems Serial Numbers* fijado en el accesorio y su embalaje o en su manual del usuario de manera legible.
- 3) Garantizar, en tiempo real durante toda la duración del vuelo, la difusión periódica directa desde la ANT utilizando un protocolo de transmisión abierto y documentado de los datos siguientes, de manera que puedan ser directamente recibidos por dispositivos móviles existentes dentro de la gama de difusión:
  - i. el número de registro del operador del SANT;
  - ii. el número de serie físico único del accesorio que cumpla la norma ANSI/CTA-2063;
  - iii. la posición geográfica de la ANT y su altura por encima de la superficie o el punto de despegue;
  - iv. la trayectoria medida en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico y la velocidad de la ANT respecto al suelo; y
  - v. la posición geográfica del piloto a distancia o, si no se dispone de ella, el punto de despegue.
- 4) Garantizar que el usuario no pueda modificar los datos mencionados en el apartado 3, incisos ii, iii, iv y v.
- 5) Haber sido comercializado con un manual del usuario en el que figure la referencia del protocolo de transmisión utilizado para las emisiones de identificación a distancia directa así como instrucciones para:
  - a) instalar el módulo en la ANT;
  - b) cargar el número de registro del operador del SANT.

## 9.4. Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 (Página 45 a 50)

11.6.2019

EN

Official Journal of the European Union

L 152/45

**COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2019/947**  
**of 24 May 2019**  
**on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft**  
**(Text with EEA relevance)**

THE EUROPEAN COMMISSION,

Having regard to the Treaty on the Functioning of the European Union,

Having regard to Regulation (EU) 2018/1139 of the European Parliament and of the Council of 4 July 2018 on common rules in the field of civil aviation and establishing a European Union Aviation Safety Agency, and amending Regulations (EC) No 2111/2005, (EC) No 1008/2008, (EU) No 996/2010, (EU) No 376/2014 and Directives 2014/30/EU and 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council, and repealing Regulations (EC) No 216/2008 and (EC) No 552/2004 of the European Parliament and of the Council and Council Regulation (EEC) No 3922/91 <sup>(1)</sup>, and in particular Article 57 thereof,

Whereas:

- (1) Unmanned aircraft, irrespective of their mass, can operate within the same Single European Sky airspace, alongside manned aircraft, whether airplanes or helicopters.
- (2) As for manned aviation, a uniform implementation of and compliance with rules and procedures should apply to operators, including remote pilots, of unmanned aircraft and unmanned aircraft system ('UAS'), as well as for the operations of such unmanned aircraft and unmanned aircraft system.
- (3) Considering the specific characteristics of UAS operations, they should be as safe as those in manned aviation.
- (4) Technologies for unmanned aircraft allow a wide range of possible operations. Requirements related to the airworthiness, the organisations, the persons involved in the operation of UAS and unmanned aircraft operations should be set out in order to ensure safety for people on the ground and other airspace users during the operations of unmanned aircraft.
- (5) The rules and procedures applicable to UAS operations should be proportionate to the nature and risk of the operation or activity and adapted to the operational characteristics of the unmanned aircraft concerned and the characteristics of the area of operations, such as the population density, surface characteristics, and the presence of buildings.
- (6) The risk level criteria as well as other criteria should be used to establish three categories of operations: the 'open', 'specific' and 'certified' categories.
- (7) Proportionate risks mitigation requirements should be applicable to UAS operations according to the level of risk involved, the operational characteristics of the unmanned aircraft concerned and the characteristics of the area of operation.
- (8) Operations in the 'open' category, which should cover operations that present the lowest risks, should not require UAS that are subject to standard aeronautical compliance procedures, but should be conducted using the UAS classes that are defined in Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 <sup>(2)</sup>.
- (9) Operations in the 'specific' category should cover other types of operations presenting a higher risk and for which a thorough risk assessment should be conducted to indicate which requirements are necessary to keep the operation safe.

<sup>(1)</sup> OJL 212, 22.8.2018, p. 1.

<sup>(2)</sup> Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft systems (see page 1 of this Official Journal).



- (10) A system of declaration by an operator should facilitate the enforcement of this Regulation in case of low risk operations conducted in the 'specific' category for which a standard scenario has been defined with detailed mitigation measures.
- (11) Operations in the 'certified' category should, as a principle, be subject to rules on certification of the operator, and the licensing of remote pilots, in addition to the certification of the aircraft pursuant to Delegated Regulation (EU) 2019/945.
- (12) Whilst mandatory for the 'certified category', for the 'specific' category a certificate delivered by the competent authorities for the operation of an unmanned aircraft, as well as for the personnel, including remote pilots and organisations involved in those activities, or for the aircraft pursuant to Delegated Regulation (EU) 2019/945 could also be required.
- (13) Rules and procedures should be established for the marking and identification of unmanned aircraft and for the registration of operators of unmanned aircraft or certified unmanned aircraft.
- (14) Operators of unmanned aircraft should be registered where they operate an unmanned aircraft which, in case of impact, can transfer, to a human, a kinetic energy above 80 Joules or the operation of which presents risks to privacy, protection of personal data, security or the environment.
- (15) Studies have demonstrated that unmanned aircraft with a take-off mass of 250 g or more would present risks to security and therefore UAS operators of such unmanned aircraft should be required to register themselves when operating such aircraft in the 'open' category.
- (16) Considering the risks to privacy and protection of personal data, operators of unmanned aircraft should be registered if they operate an unmanned aircraft which is equipped with a sensor able to capture personal data. However, this should not be the case when the unmanned aircraft is considered to be a toy within the meaning of Directive 2009/48/EC of the European Parliament and of the Council on the safety of toys <sup>(3)</sup>.
- (17) The information about registration of certified unmanned aircraft and of operators of unmanned aircraft that are subject to a registration requirement should be stored in digital, harmonised, interoperable national registration systems, allowing competent authorities to access and exchange that information. The mechanisms to ensure the interoperability of the national registers in this Regulation should be without prejudice to the rules applicable to the future repository referred to in Article 74 of Regulation (EU) 2018/1139.
- (18) In accordance with paragraph 8 of Article 56 of Regulation (EU) 2018/1139, this Regulation is without prejudice to the possibility for Member States to lay down national rules to make subject to certain conditions the operations of unmanned aircraft for reasons falling outside the scope of Regulation (EU) 2018/1139, including public security or protection of privacy and personal data in accordance with the Union law.
- (19) National registration systems should comply with the applicable Union and national law on privacy and processing of personal data and the information stored in those registrations systems should be easily accessible <sup>(4)</sup>.
- (20) UAS operators and remote pilots should ensure that they are adequately informed about applicable Union and national rules relating to the intended operations, in particular with regard to safety, privacy, data protection, liability, insurance, security and environmental protection.
- (21) Some areas, such as hospitals, gatherings of people, installations and facilities like penal institutions or industrial plants, top-level and higher-level government authorities, nature conservation areas or certain items of transport infrastructure, can be particularly sensitive to some or all types of UAS operations. This should be without prejudice to the possibility for Member States to lay down national rules to make subject to certain conditions the operations of unmanned aircraft for reasons falling outside the scope of this Regulation, including environmental protection, public security or protection of privacy and personal data in accordance with the Union law.

<sup>(3)</sup> Directive 2009/48/EC of the European Parliament and of the Council of 18 June 2009 on the safety of toys (OJ L 170, 30.6.2009, p. 1).

<sup>(4)</sup> Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) (OJ L 119, 4.5.2016, p. 1).

- (22) Unmanned aircraft noise and emissions should be minimised as far as possible taking into account the operating conditions and various specific characteristics of individual Member States, such as the population density, where noise and emissions are of concern. In order to facilitate the societal acceptance of UAS operations, Delegated Regulation (EU) 2019/945 includes maximum level of noise for unmanned aircraft operated close to people in the 'open' category. In the 'specific' category there is a requirement for the operator to develop guidelines for its remote pilots so that all operations are flown in a manner that minimises nuisances to people and animals.
- (23) Current national certificates should be adapted to certificates complying with the requirements of this Regulation.
- (24) In order to ensure the proper implementation of this Regulation, appropriate transitional measures should be established. In particular, Member States and stakeholders should have sufficient time to adapt their procedures to the new regulatory framework before this Regulation applies.
- (25) The new regulatory framework for UAS operations should be without prejudice to the applicable environmental and nature protection obligations otherwise stemming from national or Union law.
- (26) While the 'U-space' system including the infrastructure, services and procedures to guarantee safe UAS operations and supporting their integration into the aviation system is in development, this Regulation should already include requirements for the implementation of three foundations of the U-space system, namely registration, geo-awareness and remote identification, which will need to be further completed.
- (27) Since model aircraft are considered as UAS and given the good safety level demonstrated by model aircraft operations in clubs and associations, there should be a seamless transition from the different national systems to the new Union regulatory framework, so that model aircraft clubs and associations can continue to operate as they do today, as well as taking into account existing best practices in the Member States.
- (28) In addition, considering the good level of safety achieved by aircraft of class C4 as provided in Annex to this Regulation, low risk operations of such aircraft should be allowed to be conducted in the 'open' category. Such aircraft, often used by model aircraft operators, are comparatively simpler than other classes of unmanned aircraft and should therefore not be subject to disproportionate technical requirements.
- (29) The measures provided for in this Regulation are in accordance with the opinion of the committee established in accordance with Article 127 of Regulation (EU) 2018/1139,

HAS ADOPTED THIS REGULATION:

*Article 1*

**Subject matter**

This Regulation lays down detailed provisions for the operation of unmanned aircraft systems as well as for personnel, including remote pilots and organisations involved in those operations.

*Article 2*

**Definitions**

For the purposes of this Regulation, the definitions in Regulation (EU) 2018/1139 apply.

The following definitions also apply:

- (1) 'unmanned aircraft system' ('UAS') means an unmanned aircraft and the equipment to control it remotely;
- (2) 'unmanned aircraft system operator' ('UAS operator') means any legal or natural person operating or intending to operate one or more UAS;
- (3) 'assemblies of people' means gatherings where persons are unable to move away due to the density of the people present;

- (4) 'UAS geographical zone' means a portion of airspace established by the competent authority that facilitates, restricts or excludes UAS operations in order to address risks pertaining to safety, privacy, protection of personal data, security or the environment, arising from UAS operations;
- (5) 'robustness' means the property of mitigation measures resulting from combining the safety gain provided by the mitigation measures and the level of assurance and integrity that the safety gain has been achieved;
- (6) 'standard scenario' means a type of UAS operation in the 'specific' category, as defined in Appendix 1 of the Annex, for which a precise list of mitigating measures has been identified in such a way that the competent authority can be satisfied with declarations in which operators declare that they will apply the mitigating measures when executing this type of operation;
- (7) 'visual line of sight operation' ('VLOS') means a type of UAS operation in which, the remote pilot is able to maintain continuous unaided visual contact with the unmanned aircraft, allowing the remote pilot to control the flight path of the unmanned aircraft in relation to other aircraft, people and obstacles for the purpose of avoiding collisions;
- (8) 'beyond visual line of sight operation' ('BVLOS') means a type of UAS operation which is not conducted in VLOS;
- (9) 'light UAS operator certificate' ('LUC') means a certificate issued to a UAS operator by a competent authority as set out in part C of the Annex;
- (10) 'model aircraft club or association' means an organisation legally established in a Member State for the purpose of conducting leisure flights, air displays, sporting activities or competition activities using UAS;
- (11) 'dangerous goods' means articles or substances, which are capable of posing a hazard to health, safety, property or the environment in the case of an incident or accident, that the unmanned aircraft is carrying as its payload, including in particular:
  - (a) explosives (mass explosion hazard, blast projection hazard, minor blast hazard, major fire hazard, blasting agents, extremely insensitive explosives);
  - (b) gases (flammable gas, non-flammable gas, poisonous gas, oxygen, inhalation hazard);
  - (c) flammable liquids (flammable liquids; combustible, fuel oil, gasoline);
  - (d) flammable solids (flammable solids, spontaneously combustible solids, dangerous when wet);
  - (e) oxidising agents and organic peroxides;
  - (f) toxic and infectious substances (poison, biohazard);
  - (g) radioactive substances;
  - (h) corrosive substances;
- (12) 'payload' means instrument, mechanism, equipment, part, apparatus, appurtenance, or accessory, including communications equipment, that is installed in or attached to the aircraft and is not used or intended to be used in operating or controlling an aircraft in flight, and is not part of an airframe, engine, or propeller;
- (13) 'direct remote identification' means a system that ensures the local broadcast of information about a unmanned aircraft in operation, including the marking of the unmanned aircraft, so that this information can be obtained without physical access to the unmanned aircraft;
- (14) 'follow-me mode' means a mode of operation of a UAS where the unmanned aircraft constantly follows the remote pilot within a predetermined radius;
- (15) 'geo-awareness' means a function that, based on the data provided by Member States, detects a potential breach of airspace limitations and alerts the remote pilots so that they can take immediate and effective action to prevent that breach;
- (16) 'privately built UAS' means a UAS assembled or manufactured for the builder's own use, not including UAS assembled from sets of parts placed on the market as a single ready-to-assemble kit;
- (17) 'autonomous operation' means an operation during which an unmanned aircraft operates without the remote pilot being able to intervene;
- (18) 'uninvolved persons' means persons who are not participating in the UAS operation or who are not aware of the instructions and safety precautions given by the UAS operator;
- (19) 'making available on the market' means any supply of a product for distribution, consumption or use on the Union market in the course of a commercial activity, whether in exchange of payment or free of charge;

- (20) 'placing on the market' means the first making available of a product on the Union market;
- (21) 'controlled ground area' means the ground area where the UAS is operated and within which the UAS operator can ensure that only involved persons are present;
- (22) 'maximum take-off mass' (MTOM) means the maximum Unmanned Aircraft mass, including payload and fuel, as defined by the manufacturer or the builder, at which the Unmanned Aircraft can be operated;
- (23) 'unmanned sailplane' means an unmanned aircraft that is supported in flight by the dynamic reaction of the air against its fixed lifting surfaces, the free flight of which does not depend on an engine. It may be equipped with an engine to be used in case of emergency.

#### Article 3

#### Categories of UAS operations

UAS operations shall be performed in the 'open', 'specific' or 'certified' category defined respectively in Articles 4, 5 and 6, subject to the following conditions:

- (a) UAS operations in the 'open' category shall not be subject to any prior operational authorisation, nor to an operational declaration by the UAS operator before the operation takes place;
- (b) UAS operations in the 'specific' category shall require an operational authorisation issued by the competent authority pursuant to Article 12 or an authorisation received in accordance with Article 16, or, under circumstances defined in Article 5(5), a declaration to be made by a UAS operator;
- (c) UAS operations in the 'certified' category shall require the certification of the UAS pursuant to Delegated Regulation (EU) 2019/945 and the certification of the operator and, where applicable, the licensing of the remote pilot.

#### Article 4

#### 'Open' category of UAS operations

1. Operations shall be classified as UAS operations in the 'open' category only where the following requirements are met:
  - (a) the UAS belongs to one of the classes set out in Delegated Regulation (EU) 2019/945 or is privately built or meets the conditions defined in Article 20;
  - (b) the unmanned aircraft has a maximum take-off mass of less than 25 kg;
  - (c) the remote pilot ensures that the unmanned aircraft is kept at a safe distance from people and that it is not flown over assemblies of people;
  - (d) the remote pilot keeps the unmanned aircraft in VLOS at all times except when flying in follow-me mode or when using an unmanned aircraft observer as specified in Part A of the Annex;
  - (e) during flight, the unmanned aircraft is maintained within 120 metres from the closest point of the surface of the earth, except when overflying an obstacle, as specified in Part A of the Annex;
  - (f) during flight, the unmanned aircraft does not carry dangerous goods and does not drop any material;
2. UAS operations in the 'open' category shall be divided in three sub-categories in accordance with the requirements set out in Part A of the Annex.

#### Article 5

#### 'Specific' category of UAS operations

1. Where one of the requirements laid down in Article 4 or in Part A of the Annex is not met, a UAS operator shall be required to obtain an operational authorisation pursuant to Article 12 from the competent authority in the Member State where it is registered.
2. When applying to a competent authority for an operational authorisation pursuant Article 12, the operator shall perform a risk assessment in accordance with Article 11 and submit it together with the application, including adequate mitigating measures.
3. In accordance with point UAS.SPEC.040 laid down in Part B of the Annex, the competent authority shall issue an operational authorisation, if it considers that the operational risks are adequately mitigated in accordance with Article 12.

4. The competent authority shall specify whether the operational authorisation concerns:
- (a) the approval of a single operation or a number of operations specified in time or location(s) or both. The operational authorisation shall include the associated precise list of mitigating measures;
  - (b) the approval of an LUC, in accordance with part C of the Annex.
5. Where the UAS operator submits a declaration to the competent authority of the Member State of registration in accordance with point UAS.SPEC.020 laid down in Part B of the Annex for an operation complying with a standard scenario as defined in Appendix 1 to that Annex, the UAS operator shall not be required to obtain an operational authorisation in accordance with paragraphs 1 to 4 of this Article and the procedure laid down in paragraph 5 of Article 12 shall apply.
6. An operational authorisation or a declaration shall not be required for:
- (a) UAS operators holding an LUC with appropriate privileges in accordance with point UAS.LUC.060 of the Annex;
  - (b) operations conducted in the framework of model aircraft clubs and associations that have received an authorisation in accordance with Article 16.

#### Article 6

#### 'Certified' category of UAS operations

1. Operations shall be classified as UAS operations in the 'certified' category only where the following requirements are met:
- (a) the UAS is certified pursuant to points (a), (b) and (c) of paragraph 1 of Article 40 of Delegated Regulation (EU) 2019/945; and
  - (b) the operation is conducted in any of the following conditions:
    - i. over assemblies of people;
    - ii. involves the transport of people;
    - iii. involves the carriage of dangerous goods, that may result in high risk for third parties in case of accident.
2. In addition, UAS operations shall be classified as UAS operations in the 'certified' category where the competent authority, based on the risk assessment provided for in Article 11, considers that the risk of the operation cannot be adequately mitigated without the certification of the UAS and of the UAS operator and, where applicable, without the licensing of the remote pilot.

#### Article 7

#### Rules and procedures for the operation of UAS

1. UAS operations in the 'open' category shall comply with the operational limitations set out in Part A of the Annex.
2. UAS operations in the 'specific' category shall comply with the operational limitations set out in the operational authorisation as referred to in Article 12 or the authorisation as referred to in Article 16, or in a standard scenario defined in Appendix 1 to the Annex as declared by the UAS operator.

This paragraph shall not apply where the UAS operator holds an LUC with appropriate privileges.

UAS operations in the 'specific' category shall be subject to the applicable operational requirements laid down in Commission Implementing Regulation (EU) No 923/2012 <sup>(3)</sup>.

<sup>(3)</sup> Commission Implementing Regulation (EU) No 923/2012 of 26 September 2012 laying down the common rules of the air and operational provisions regarding services and procedures in air navigation and amending Implementing Regulation (EU) No 1035/2011 and Regulations (EC) No 1265/2007, (EC) No 1794/2006, (EC) No 730/2006, (EC) No 1033/2006 and (EU) No 255/2010 (OJ L 281, 13.10.2012, p. 1).

## 9.5. Reglamento de Ejecución (UE) 2020/746

5.6.2020

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 176/13

### REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2020/746 DE LA COMISIÓN

de 4 de junio de 2020

por el que se modifica el Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 en lo que respecta al aplazamiento de las fechas de aplicación de determinadas medidas en el contexto de la pandemia de COVID-19

(Texto pertinente a efectos del EEE)

LA COMISIÓN EUROPEA,

Visto el Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea,

Visto el Reglamento (UE) 2018/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2018, sobre normas comunes en el ámbito de la aviación civil y por el que se crea una Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 2111/2005, (CE) n.º 1008/2008, (UE) n.º 996/2010, (CE) n.º 376/2014 y las Directivas 2014/30/UE y 2014/53/UE del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan los Reglamentos (CE) n.º 552/2004 y (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CEE) n.º 3922/91 del Consejo (<sup>1</sup>), y en particular su artículo 57,

Considerando lo siguiente:

- (1) Las medidas introducidas para contener la pandemia de COVID-19 perjudican gravemente la capacidad de los Estados miembros y del sector de la aviación para prepararse para la aplicación de una serie de Reglamentos de Ejecución adoptados recientemente en el ámbito de la seguridad operacional de la aviación.
- (2) El confinamiento y los cambios en las condiciones de trabajo y en la disponibilidad de personal, junto con la carga de trabajo adicional necesaria para gestionar las importantes consecuencias negativas de la pandemia de COVID-19 para todas las partes interesadas, están afectando negativamente a los preparativos para la aplicación de dichos Reglamentos de Ejecución.
- (3) A consecuencia de la pandemia de COVID-19, es inevitable que se produzcan retrasos en la ejecución de las diferentes tareas necesarias para la aplicación correcta y oportuna del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión (<sup>2</sup>), en particular el establecimiento de sistemas de registro digitales e interoperables, así como la adaptación de las autorizaciones, las declaraciones y los certificados expedidos sobre la base del Derecho nacional.
- (4) Se han registrado retrasos en el proceso de normalización y otras actividades afines llevadas a cabo por el sector y los organismos de normalización, como la preparación de metodologías de ensayo o el ensayo de características técnicas, como la identificación a distancia. Esto, a su vez, repercutirá negativamente en la capacidad de los fabricantes de introducir en el mercado sistemas de aeronaves no tripuladas («UAS») que cumplan los nuevos requisitos normalizados establecidos en el Reglamento Delegado (UE) 2019/945 de la Comisión (<sup>3</sup>).
- (5) Por lo tanto, todos los tipos de UAS deben poder seguir operando en las condiciones actuales durante seis meses adicionales. Por consiguiente, las fechas de aplicación del Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 deben aplazarse en consecuencia, a fin de que los operadores de UAS puedan utilizar esas aeronaves sin cumplir lo dispuesto en el Reglamento Delegado (UE) 2019/945 durante seis meses adicionales.
- (6) La Agencia de la Unión Europea para la Seguridad Aérea ha confirmado a la Comisión que es posible aplazar la aplicación de las disposiciones a las que se refiere el considerando 3 sin que esto tenga un efecto perjudicial en la seguridad operacional de la aviación, ya que se trata de un período muy breve, es probable que el tráfico aéreo se reanude lentamente durante el proceso de recuperación de la pandemia de COVID-19 (lo que supone una menor exposición a los riesgos) y el Derecho nacional seguirá aplicándose en los Estados miembros en que las operaciones de los UAS están autorizadas.
- (7) A fin de proporcionar una ayuda inmediata a las autoridades nacionales y a todas las partes interesadas durante la pandemia de COVID-19 y permitirles adaptar sus planes y prepararse para la aplicación aplazada de las disposiciones en cuestión, el presente Reglamento debe entrar en vigor el día siguiente al de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.
- (8) Las medidas previstas en el presente Reglamento se ajustan al dictamen del Comité establecido en el artículo 127 del Reglamento (UE) 2018/1139.

(<sup>1</sup>) DO L 212 de 22.8.2018, p. 1.

(<sup>2</sup>) Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 de la Comisión, de 24 de mayo de 2019, relativo a las normas y los procedimientos aplicables a la utilización de aeronaves no tripuladas (DO L 152 de 11.6.2019, p. 45).

(<sup>3</sup>) Reglamento Delegado (UE) 2019/945 de la Comisión, de 12 de marzo de 2019, sobre los sistemas de aeronaves no tripuladas y los operadores de terceros países de sistemas de aeronaves no tripuladas (DO L 152 de 11.6.2019, p. 1).





HA ADOPTADO EL PRESENTE REGLAMENTO:

*Artículo 1*

El Reglamento de Ejecución (UE) 2019/947 se modifica como sigue:

- 1) En el artículo 20, «1 de julio de 2022» se sustituye por «1 de enero de 2023».
- 2) El artículo 21 se modifica como sigue:
  - a) en el apartado 1, «1 de julio de 2021» se sustituye por «1 de enero de 2022»;
  - b) en el apartado 2, «1 de julio de 2021» se sustituye por «1 de enero de 2022»;
  - c) en el apartado 3, «1 de julio de 2022» se sustituye por «1 de enero de 2023».
- 3) En el artículo 22, «dos años» se sustituye por «treinta meses».
- 4) El artículo 23 se modifica como sigue:
  - a) en el apartado 1, el párrafo segundo se sustituye por el texto siguiente:  
«Será aplicable a partir del 31 de diciembre de 2020.»;
  - b) el apartado 5 se sustituye por el texto siguiente:  
«5. El apartado 3 del artículo 15 será aplicable a partir del 1 de enero de 2022.».

*Artículo 2*

El presente Reglamento entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el *Diario Oficial de la Unión Europea*.

El presente Reglamento será obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro.

Hecho en Bruselas, el 4 de junio de 2020.

Por la Comisión  
La Presidenta  
Ursula VON DER LEYEN

## 9.6. Bibliografía

- BOE. (24 de mayo de 2019). *REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) 2019/947*. Obtenido de <https://www.boe.es/doue/2019/152/L00045-00071.pdf>
- EUROALERT. (12 de marzo de 2019). *Reglamento Delegado (UE) 2019/946*. Obtenido de <https://euroalert.net/oj/79715/reglamento-delegado-ue-2019-946-de-la-comision-de-12-de-marzo-de-2019-por-el-que-se-completa-el-reglamento-ue-n-deg-515-2014-del-parlamento-europeo-y-del-consejo-por-lo-que-respecta-a-la-asignacion-de-financiacion-con-cargo->
- FAO. (1998). *Técnica de los insectos estériles*. Recuperado el 07 de Junio de 2020, de <http://www.fao.org/Noticias/1998/sit-s.htm>
- IAEA. (16 de noviembre de 2009). *Mosquitos*. Recuperado el 07 de Junio de 2020, de <https://www.iaea.org/topics/sterile-insect-technique/mosquitoes>
- ISGLOBAL. (19 de agosto de 2017). *Mosquito: el animal más letal del mundo*. Obtenido de <https://www.isglobal.org/-/mosquito-el-animal-mas-letal-del-mundo>
- N+1. (25 de enero de 2020). *Cambio Climático*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <https://nmas1.org/news/2020/01/25/consecuencias-cambio-clima>
- National Geographic. (04 de septiembre de 2018). *Cómo el cambio climático multiplicará las plagas de insectos*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/como-cambio-climatico-multiplicara-plagas-insectos\\_13127](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/como-cambio-climatico-multiplicara-plagas-insectos_13127)
- OMS. (11 de junio de 2018). *Paludismo*. Recuperado el 07 de Junio de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
- OMS. (02 de marzo de 2020). *Dengue y dengue grave*. Recuperado el 07 de junio de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
- ONEAIR. (junio de 2020). *NUEVO REGLAMENTO EUROPEO DE DRONES 2020*. Obtenido de <https://www.oneair.es/nuevo-reglamento-europeo-drones/>
- WHO. (14 de Noviembre de 2019). *Mosquito sterilization offers new opportunity to control dengue, Zika and chikungunya*. Obtenido de <https://www.who.int/tdr/news/2019/mosquito-sterilization-new-opportunities-to-control-diseases/en/>
- WHO. (02 de marzo de 2020). *Enfermedades transmitidas por vectores*. Recuperado el 10 de julio de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- WHO. (2020). *Guidance Framework for Testing the Sterile Insect Technique as a Vector Control Tool against Aedes-Borne Diseases*. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331679/9789240002371-eng.pdf>
- WHO. (s.f.). *Testing the Sterile Insect Technique (SIT)*. Recuperado el 22 de julio de 2020, de <https://www.who.int/tdr/news/2019/Sterile-Insect-Technique-FAQ.PDF?ua=1>