



**CEA**  
comité  
español de  
automática

# Concurso en Ingeniería de Control 2021

Control de la orientación de un  
multirrotor

Indicaciones para la fase final

Organiza el Grupo Temático de  
ingeniería de control de CEA

<https://www.ceautomatica.es/ingenieria-de-control/>



**Organiza:**

Grupo Temático en Ingeniería de Control de CEA

---



*Javier Rico Azagra*

*Montserrat Gil Martínez*

*Silvano Nájera Canal*

*Carlos Elvira Izurategui*

*Ramón Rico Azagra*

*Grupo de Ingeniería de Control – Dpto. de Ingeniería Eléctrica*

*Universidad de la Rioja*

<https://www.unirioja.es/dptos/die/cic2021/>

---

**Patrocinan**



Sección  
**Española**



## 1. Introducción.

El presente documento contiene información sobre el desarrollo de la fase final del Concurso de Ingeniería de Control CIC2021. Se describen los hitos de la fase final, las fechas asociadas a cada hito, el procedimiento empleado para evaluar los controladores, así como la descripción de la documentación facilitada a los participantes.

## 2. Modificaciones en la organización del concurso

Las restricciones para la contención de la pandemia por coronavirus han obligado a que solo se permita el acceso de vacunados a la sede de las *Jornadas de Automática 2021* que, no obstante, admitirán el formato virtual. Ante la imposibilidad de poder garantizar que los estudiantes puedan asistir, se ha decidido que la fase final del concurso se realice de forma no presencial, lo cual también conlleva adelantar su celebración al mes de julio. El nuevo formato es el siguiente:

- Fin de la fase clasificatoria: 14/07/2021. Evaluada la fase 1, se establece una primera clasificación de los equipos, y se facilita el material necesario para el desarrollo de la fase final.
- Fase final, primera ronda. Los equipos modificarán las leyes de control con el fin de mejorar los resultados obtenidos. Los sistemas de control actualizados deberán enviarse a la organización para su evaluación. Debe tenerse en cuenta que en esta segunda fase la organización no realizará modificaciones sobre las leyes de control propuestas por los equipos. Por tanto, éstas deberán estar listas para su implementación en el sistema real. El plazo de entrega de los nuevos desarrollos finaliza el 25/07/2021. Posteriormente, la organización implementará las soluciones de control propuestas en el sistema real y realizará un experimento, que podrá ser diferente al de la fase 1; pueden cambiar tanto las *referencias* como *otras entradas*. El comportamiento será evaluado mediante los índices indicados en el documento de descripción del concurso (Sección 3.3). Los resultados de evaluación de los equipos serán públicos.
- Fase final, segunda ronda. Una vez analizados los resultados, los equipos aplicarán las modificaciones que consideren oportunas y enviarán el sistema de control final. El plazo de entrega finaliza dos días después de la publicación de los resultados de la ronda 1. La organización evaluará los resultados generados por las soluciones propuestas en el sistema real, y hará públicos los resultados con la clasificación final del concurso durante las Jornadas de Automática. La clasificación final se obtendrá del siguiente modo. El último sistema de control enviado a concurso será puesto a prueba en dos experimentos de evaluación idénticos en el sistema real; dicho experimento podrá ser diferente al de la ronda 1 y al de la fase 1. A continuación se evaluará el comportamiento mediante los índices indicados en el documento de descripción del concurso (Sección 3.3). El caso más favorable de ambos, es decir, el del experimento que arroje el menor índice de desempeño, es el que se utilizará para la clasificación del equipo. El equipo ganador será el que obtenga el menor índice de desempeño.

### 3. Información sobre el desarrollo de las pruebas en el UAV real

A continuación, se indica el procedimiento empleado para evaluar los controladores en el sistema real. Esta información debe de ser tenida en cuenta en el diseño de la ley de control para que ésta trabaje de forma adecuada en la plataforma real.

Las leyes de control propuestas por cada uno de los equipos serán incorporadas al *firmware* del UAV y éste será programado en la aeronave. En este proceso, la organización se limitará a copiar y pegar el bloque facilitado por los concursantes. Es decir, no se realizarán modificaciones ni adaptaciones para facilitar la integración del controlador (tal como se ha realizado en le primera fase del concurso). Por defecto, el *solver* empleado en el *firmware* se encuentra configurado como:

- *Type: Fixed-Step*
- *Solver: Discrete(no continuous states)*

Se emplea esta configuración por reportar un mayor control sobre el proceso de implementación. Si alguno de los equipos emplea una ley de control que emplee estados continuos<sup>1</sup>, el *solver* será configurado del siguiente modo:

- *Type: Fixed-Step*
- *Solver: Auto (automatic solver selection)*

Debe tenerse en cuenta que, una vez programado el UAV, el sistema de control trabaja siempre que el UAV se encuentre encendido, a pesar de que éste se encuentre en modo reposo (motores apagados). Esta particularidad da **lugar a un comportamiento inestable si los integradores no son reseteados** de forma adecuada empleando la señal `On_off`<sup>2</sup>.

De cara a la implementación final de los controladores, los participantes deben tener en cuenta que el experimento evaluado se encuentra precedido de un tiempo de inicialización, empleado para garantizar que la ley de control propuesta da lugar a un comportamiento estable. Durante este tiempo (20 segundos) la organización inicializará el UAV y evaluará su comportamiento de forma visual. En caso de detectar anomalías en el comportamiento se abortará la prueba para salvaguardar la integridad del equipo.

---

<sup>1</sup> Se recomienda indicar esta particularidad a la organización añadiendo una nota de texto en el archivo *Simulink* enviado a concurso.

<sup>2</sup> En caso de duda, se recomienda leer el documento con la descripción del concurso.

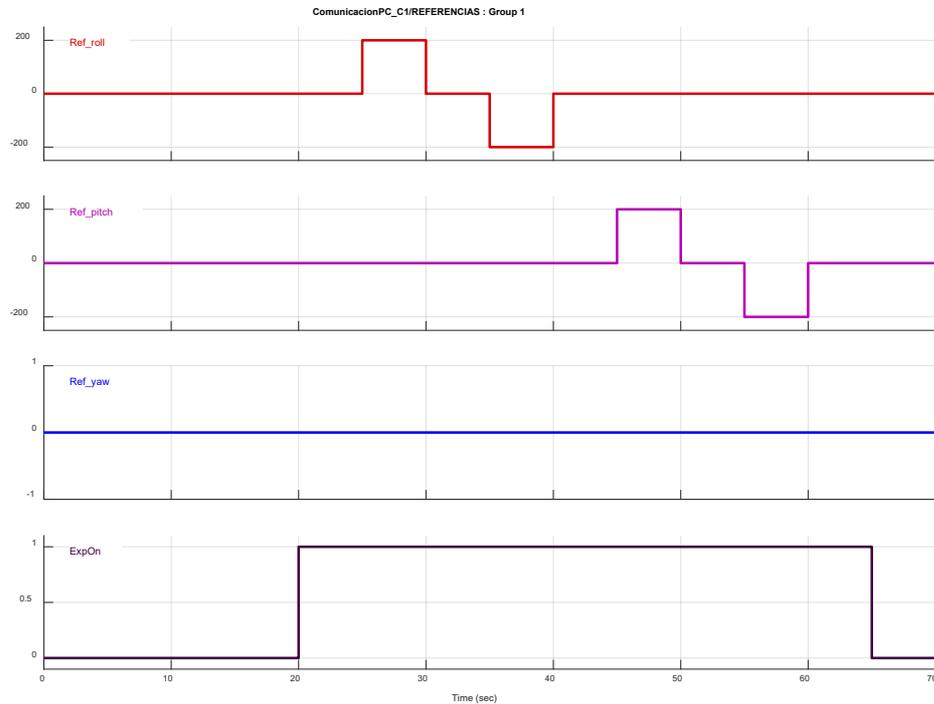


Figura 2. Señales empleadas en una prueba experimental

La Figura 2 muestra un ejemplo del procedimiento llevado a cabo para realizar un experimento de evaluación para la categoría 1. Véase como la señal `ExpOn` marca el inicio y el final del tramo en el que se evalúa el comportamiento.

Durante el tiempo que la señal `ExpOn` se encuentra a nivel bajo (de 0 a 20 segundos y a partir de 65), el UAV opera en modo RPAS. Es decir, las referencias son enviadas desde la emisora RC permitiendo aplicar cambios de referencia de forma manual para garantizar el correcto funcionamiento. En el momento en el que la señal `ExpOn` se encuentra a nivel alto, se da por iniciado el experimento de evaluación y se recolectan los datos a evaluar. Los participantes deben tener en cuenta este modo de operación en todos los elementos de la ley de control que se encuentren **asociados a tiempos de ejecución**.

## 5. Modo y formato de entregas

Los tutores de los equipos recibirán por correo electrónico solicitudes de envío de información con un enlace al repositorio/carpeta donde deberán subir los archivos: `CIC2021_###_F2_R1.zip` (primera ronda) y `CIC2021_###_F2_R2.zip` (segunda ronda, archivo definitivo), siendo `###` el identificador del equipo. En ellos, se encontrarán comprimidos los ficheros Simulink v9.2 (MATLAB R2018b): `CIC2021_F2_R1_###.slx` (primera ronda) y `CIC2021_F2_R2_###.slx` (segunda ronda), y éstos deben contener sólo el bloque SISTEMA DE CONTROL sometido a concurso. Los resultados se publicarán en la página web del concurso <https://www.unirioja.es/dptos/die/cic2021/>.