



**CEA**  
comité  
español de  
automática

# Concurso en Ingeniería de Control 2020

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. Ingeniería Eléctrica*

*Universidad de la Rioja*

---

**Patrocinan**



Sección  
**Española**



## 1. Introducción.

El presente documento contiene información sobre el desarrollo de la fase final del Concurso de Ingeniería de Control CIC2020. 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

Tras la suspensión de las *Jornadas de Automática 2020* debido a la pandemia por coronavirus, se decide que la fase final del concurso se realice de forma no presencial. El nuevo formato es el siguiente:

- Fin de la fase clasificatoria: 10/07/2020. 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 (ver sección 3). Los controladores facilitados por los concursantes en la fase 1 **han sido adaptados para su implementación en la plataforma real<sup>1</sup>**. Así cada equipo recibirá los resultados generados por su sistema de control en dos experimentos reales, un archivo con las modificaciones llevadas a cabo para implementar los controladores, la descripción de dichas modificaciones, un simulador que permite comparar los resultados obtenidos en el sistema real con los resultados del sistema simulado, y un video del desempeño de la ley de control en el sistema real.
- 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 22/07/2020. Posteriormente, la organización implementará las soluciones de control propuestas en el sistema real, y hará públicos los resultados de los equipos participantes.
- 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 el 29/07/2020. La organización evaluará los resultados generados por las soluciones propuestas en el sistema real, y publicará los resultados con la clasificación final del concurso. 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. Posteriormente, los resultados obtenidos serán evaluados por la función de evaluación propuesta en el CIC2020. El caso más favorable de ambos, es decir, el del experimento que arroje el menor índice de

---

<sup>1</sup> En el desarrollo de las modificaciones se ha intentado respetar la esencia de las leyes de control propuestas. Los cambios incorporados buscan limitar problemas derivados del empleo de integradores y facilitar la implementación de la ley de control en un sistema discreto.

desempeño, es el que se utilizará para la clasificación del equipo. El equipo ganador será el que obtenga el menor índice de desempeño.

### 3. Resultados facilitados a los concursantes

Finalizada la primera fase de concurso, cada equipo recibirá un archivo *zip* que contiene los siguientes archivos:

- *Equipo10X\_Fase1.mp4*. Video en el que se muestra el comportamiento de la ley de control propuesta en la Fase 1 sobre el sistema real.
- *MODIFICACIONES.txt*. Archivo que describe las modificaciones realizadas por la organización para implementar el controlador en la plataforma real.
- *CIC2020\_F1\_10XImplementado.slx*. Archivo Simulink® con el controlador modificado para la implementación en la plataforma real (solo controlador).
- *Datos10XFase1.mat*. Archivo que contiene los resultados obtenidos por el controlador propuesto en Fase 1 en dos pruebas reales.
- *Simulador\_C1\_10X.slx*. Simulador modificado con el que pueden compararse los resultados obtenidos por el controlador en el sistema real con los resultados arrojados por el simulador. Para realizar este simulador se ha partido del simulador facilitado para la Fase 1, y se han modificado los elementos de visualización de resultados. Los concursantes pueden modificar los datos empleados en la comparativa accediendo a la ruta:

*VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS/DATOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE REFERENCIA*

y modificando el nombre del conjunto de datos de salida: Resultados10XExp1 o Resultados10XExp2. La Figura 1 muestra el bloque Simulink® que debe ser editado.

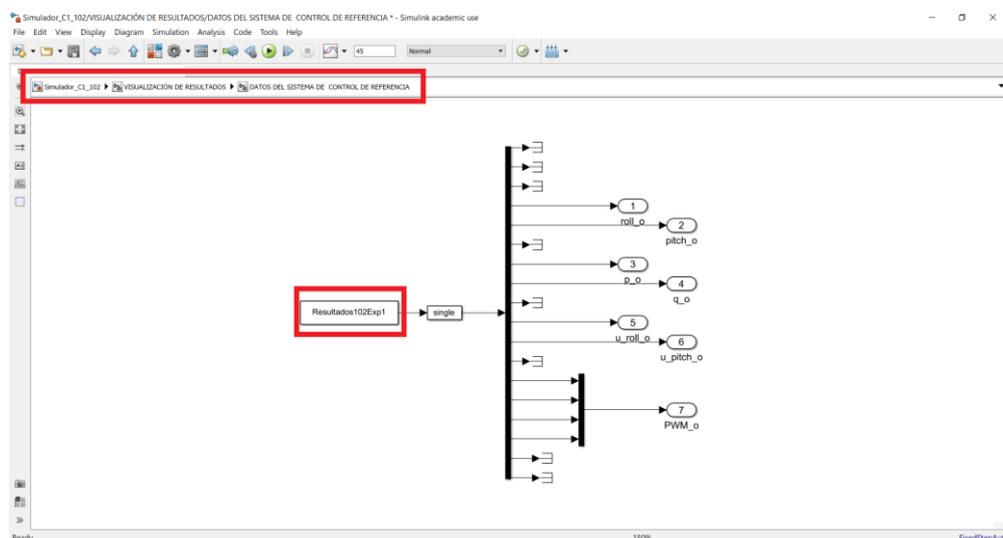


Figura 1: Ruta para modificar los resultados reales a emplear en el simulador

#### 4. 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 esta 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 este 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>2</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 puede producir problemas importantes si los integradores no son reseteados de forma adecuada empleando la señal *On\_off*<sup>3</sup>.

Los experimentos consistirán en cambios en las referencias de *roll* y *pitch*, la señal de *offset* de los ESC será de 1500  $\mu$ s, y la tensión de alimentación se fijará a un valor comprendido entre 9 y 12 V. 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>2</sup> Se recomienda indicar esta particularidad a la organización añadiendo una nota de texto en el archivo *Simulink* enviado a concurso.

<sup>3</sup> En caso de duda, se recomienda leer el documento con la descripción del concurso.

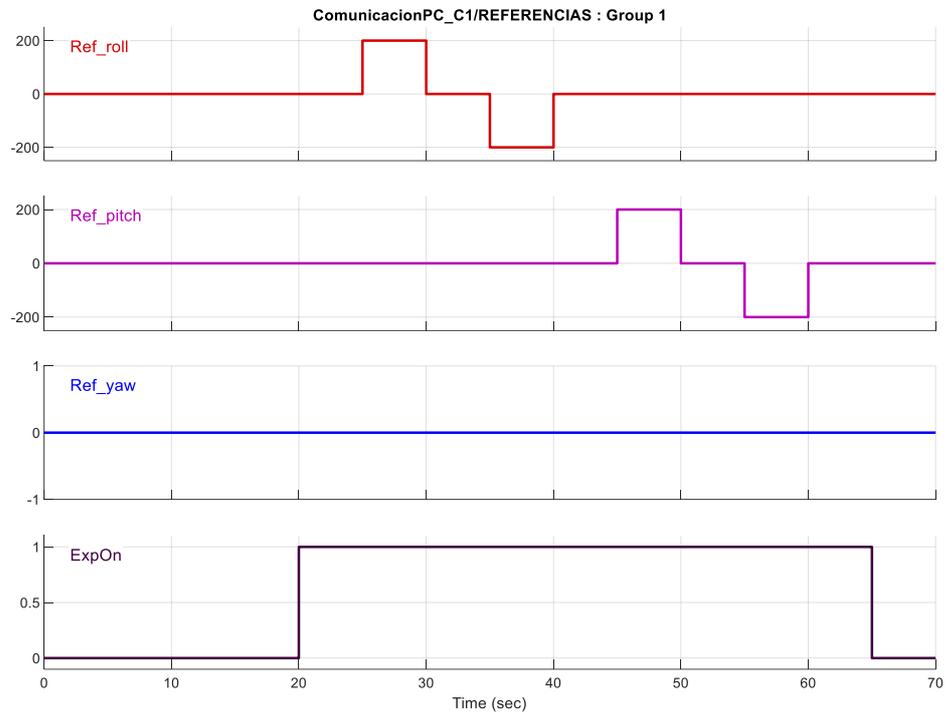


Figura 2. Señales empleadas en una prueba experimental

La Figura 2 muestra un ejemplo del procedimiento llevado a cabo para realizar un experimento de evaluación como el propuesto en la primera fase del concurso. 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: `CIC2020_###_F2_R1.zip` (primera ronda) y `CIC2020_###_F2_R2.zip` (segunda ronda, archivo definitivo), siendo `###` el identificador del equipo. En ellos, se encontrarán comprimidos los ficheros Simulink v9.2 (MATLAB R2018b): `CIC2020_F2_R1_###.slx` (primera ronda) y `CIC2020_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/cic2020/>.