



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
MENCIÓN REDES INDUSTRIALES

TEMA:

DESARROLLO DE UN ENTORNO VIRTUAL 3D QUE SIMULE UNA ESTACIÓN DE CONTROL DE TEMPERATURA, MEDIANTE LA TÉCNICA DE “HARDWARE IN THE LOOP”, ORIENTADO AL ENTRENAMIENTO DE CONTROL AUTOMÁTICO, EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

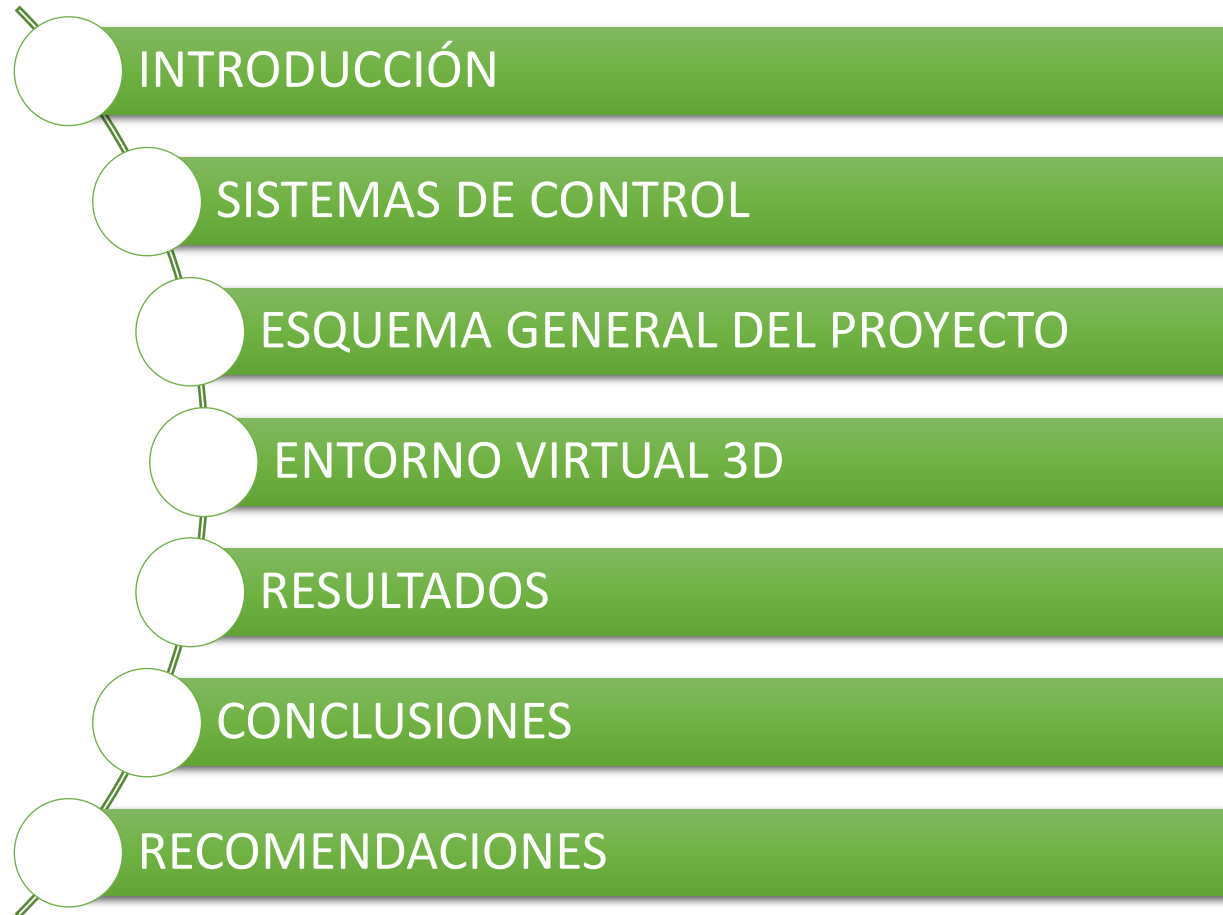
AUTOR: Corrales Bastidas, Byron Paúl

TUTORA: Ing. Escobar Anchaguano, Ivón Patricia Mgs.

Latacunga, febrero 2022



AGENDA



AGENDA

- INTRODUCCIÓN
- SISTEMAS DE CONTROL
- ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO
- ENTORNO VIRTUAL 3D
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES

ANTECEDENTES

El avance de la tecnología ha provocado que el análisis de los sistemas de control se los pueda llevar a cabo de una manera distinta a la convencional, al poder disponer de modelamientos matemáticos y mediante ello virtualizar los procesos a fin de que cumplan con los requerimientos del real.

En la actualidad, la difusión y empleo de realidad virtual en el estudio de ingeniería es algo que ha tomado gran importancia debido a su versatilidad y a la posibilidad de incursionar en diversas aplicaciones, las mismas que pueden ser simulaciones imitando el mundo real o por simulaciones de escenarios 3D en entornos interactivos.

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un entorno virtual 3D que simule una estación de control de temperatura, mediante la técnica de “Hardware in the Loop”, orientado al entrenamiento de control automático, en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

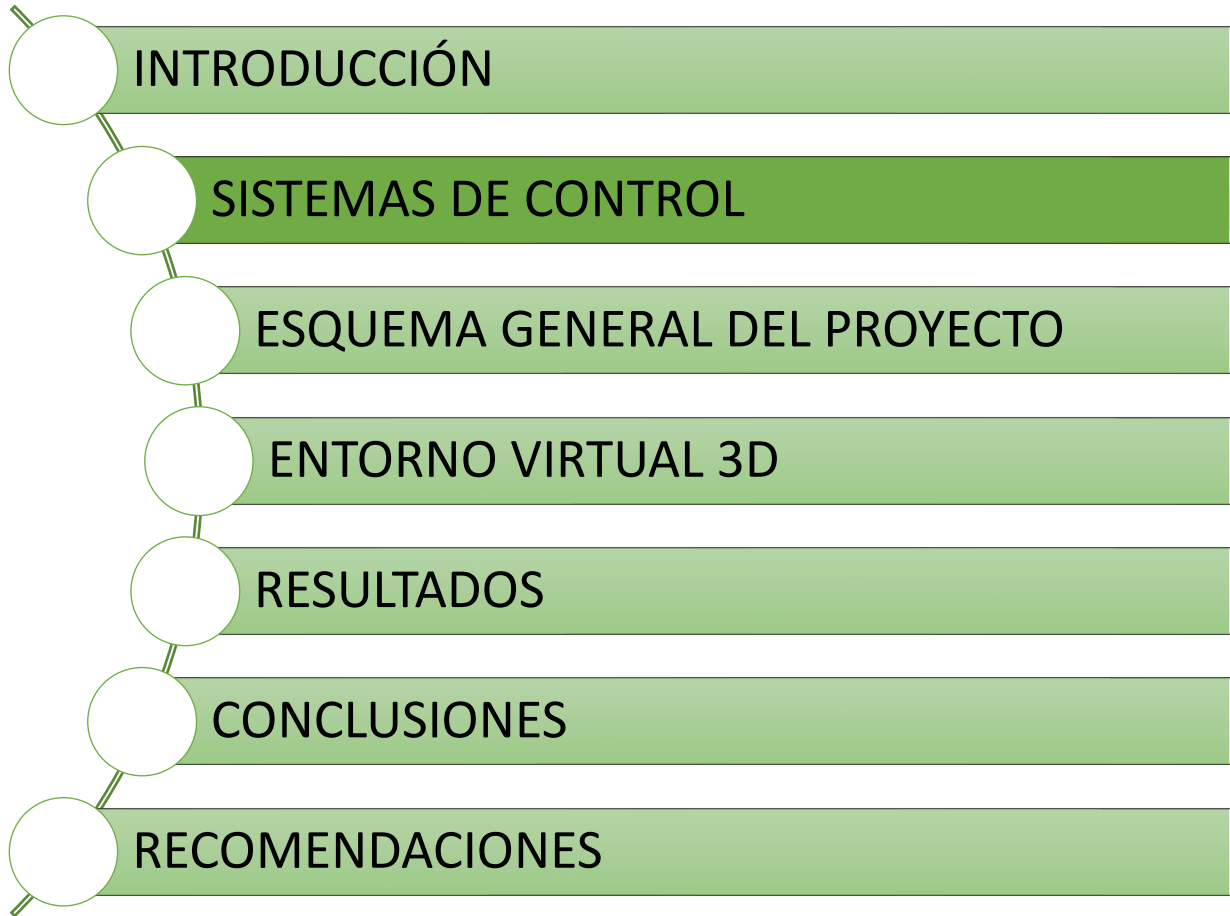
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar modelos matemáticos que describen el comportamiento dinámico de los procesos de temperatura.
- Realizar el entorno virtual 3D de simulación de un proceso de temperatura para el control en tiempo real.
- Implementar algoritmos de control para el entorno virtual de un proceso de temperatura.
- Validar el correcto funcionamiento del simulador HIL mediante técnicas de control convencional.

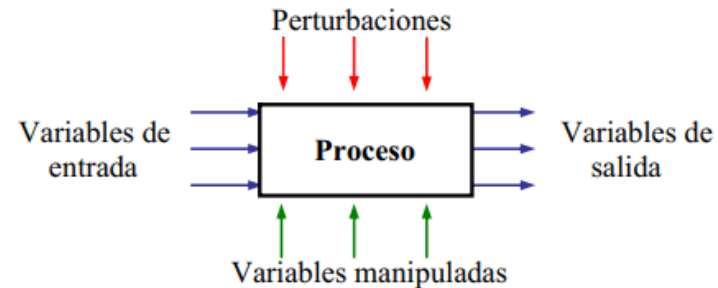
HIPÓTESIS

Un entorno de simulación virtual 3D de un proceso de temperatura empleando “Hardware in the Loop” permitirá el entrenamiento de Control Automático.

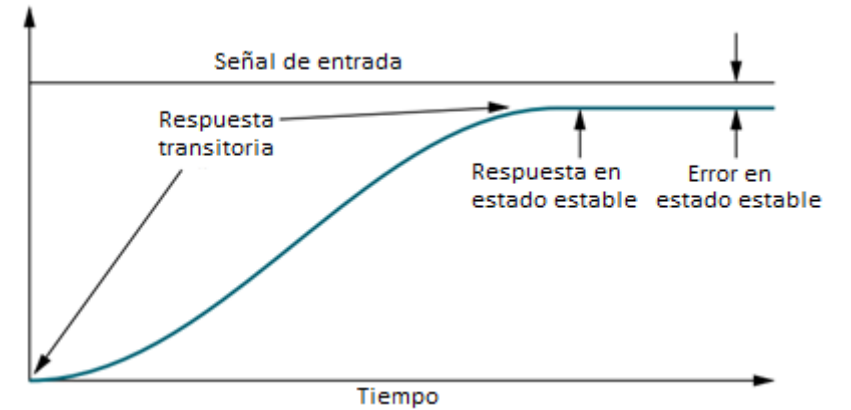
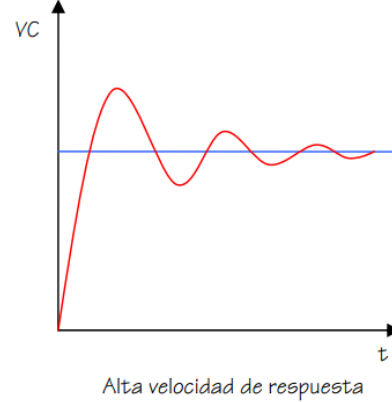
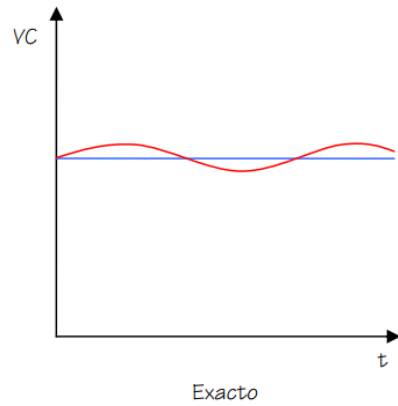
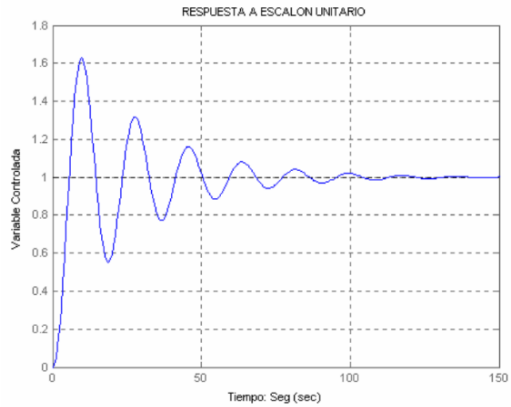
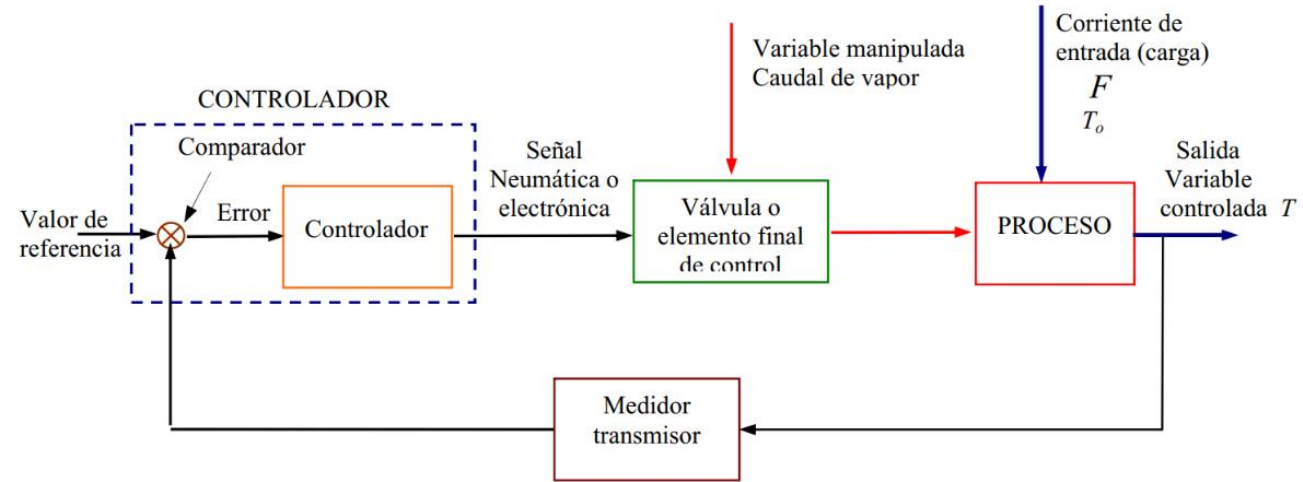
AGENDA



Se define a un sistema de control como un conjunto de elementos los mismos que se encuentran interconectados entre sí, constan de variables de entrada, así como también de variables de salida siendo estas la respuesta del sistema. Dicha conexión es capaz de comandar, dirigir o regular al propio sistema o en su defecto a otro sistema.



SISTEMAS DE CONTROL



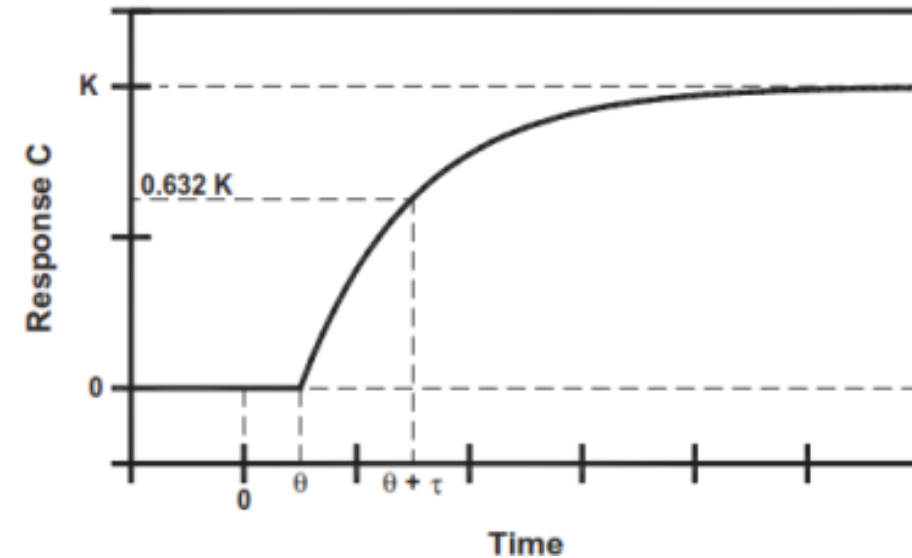
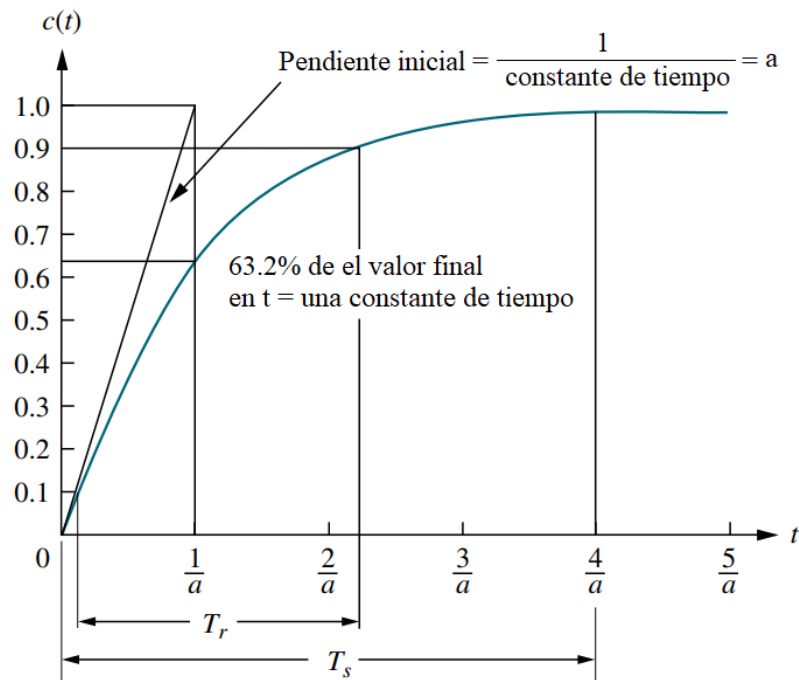
Dentro de los aspectos primordiales de un sistema de control está el obtener un modelo matemático que se ajuste a la dinámica de los procesos que pueden ser electromecánicos, hidráulicos, neumáticos, electrónicos, etc. Para la obtención de este modelo matemático se puede emplear técnicas que utilicen procedimientos simples o complicados, de acuerdo a ello la estimación será mejor o no, lo que se debe garantizar es que las predicciones del comportamiento del sistema tengan una precisión elevada.



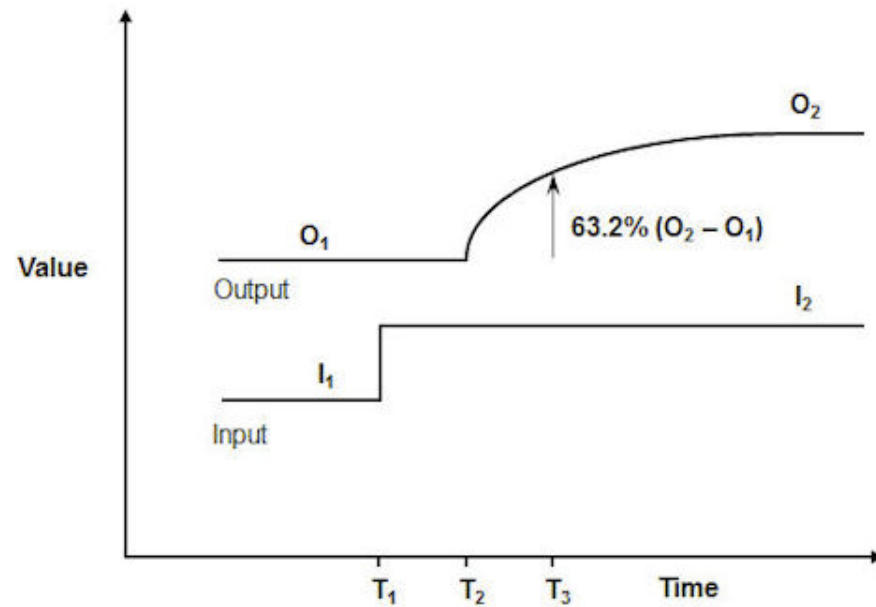
SISTEMA DE PRIMER ORDEN

$$G(s) = \frac{a}{a + s}$$

$$c(t) = c_f(t) - c_n(t) = (1 - e^{-at}) U(t)$$

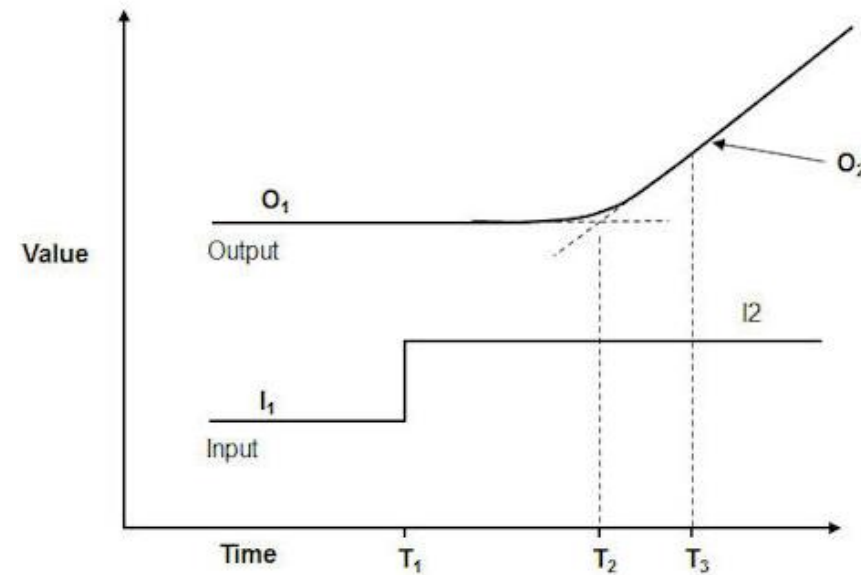


Procesos Autorregulados



$$G(s) = \frac{K}{1 + \tau s} e^{-Ls}$$

Procesos Integrantes

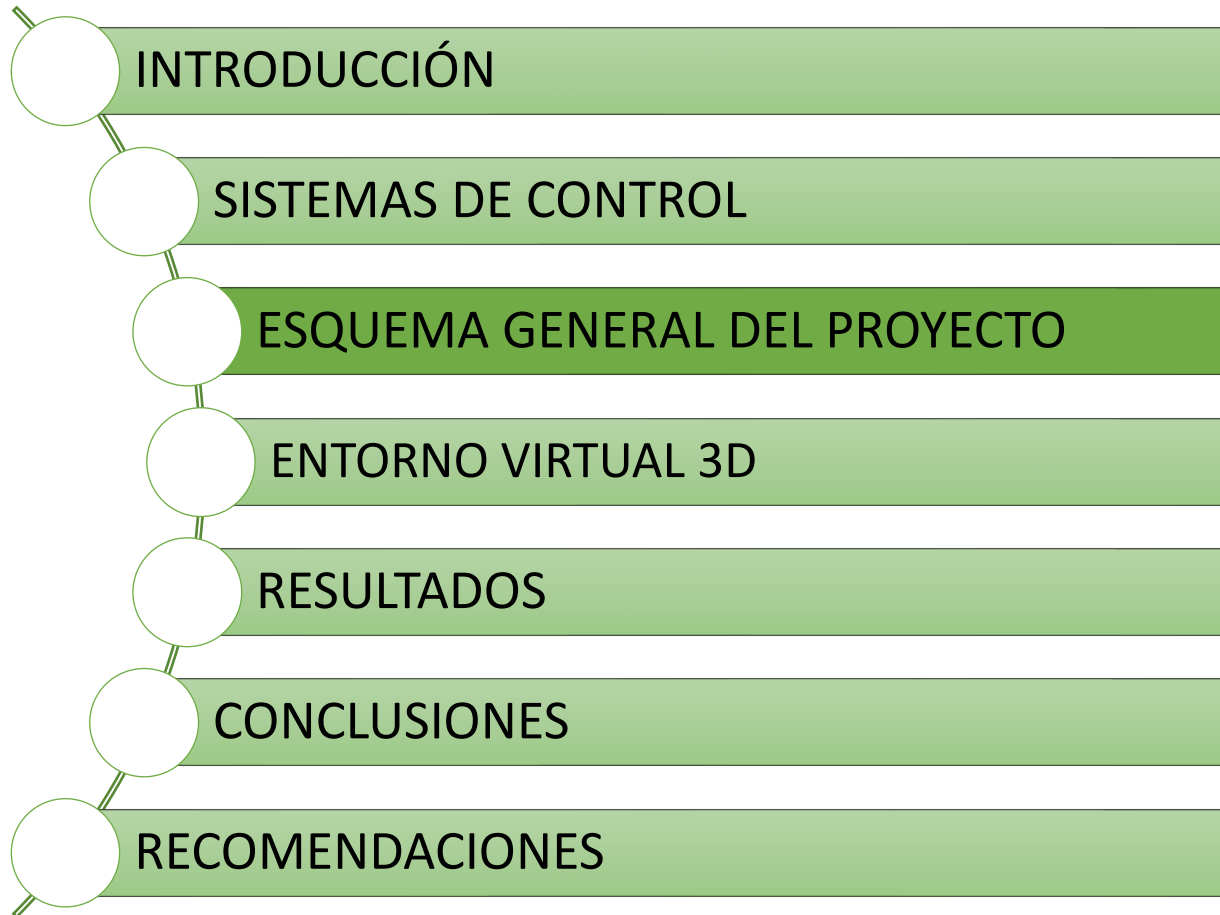


$$G(s) = \frac{K}{s} e^{-Ls}$$

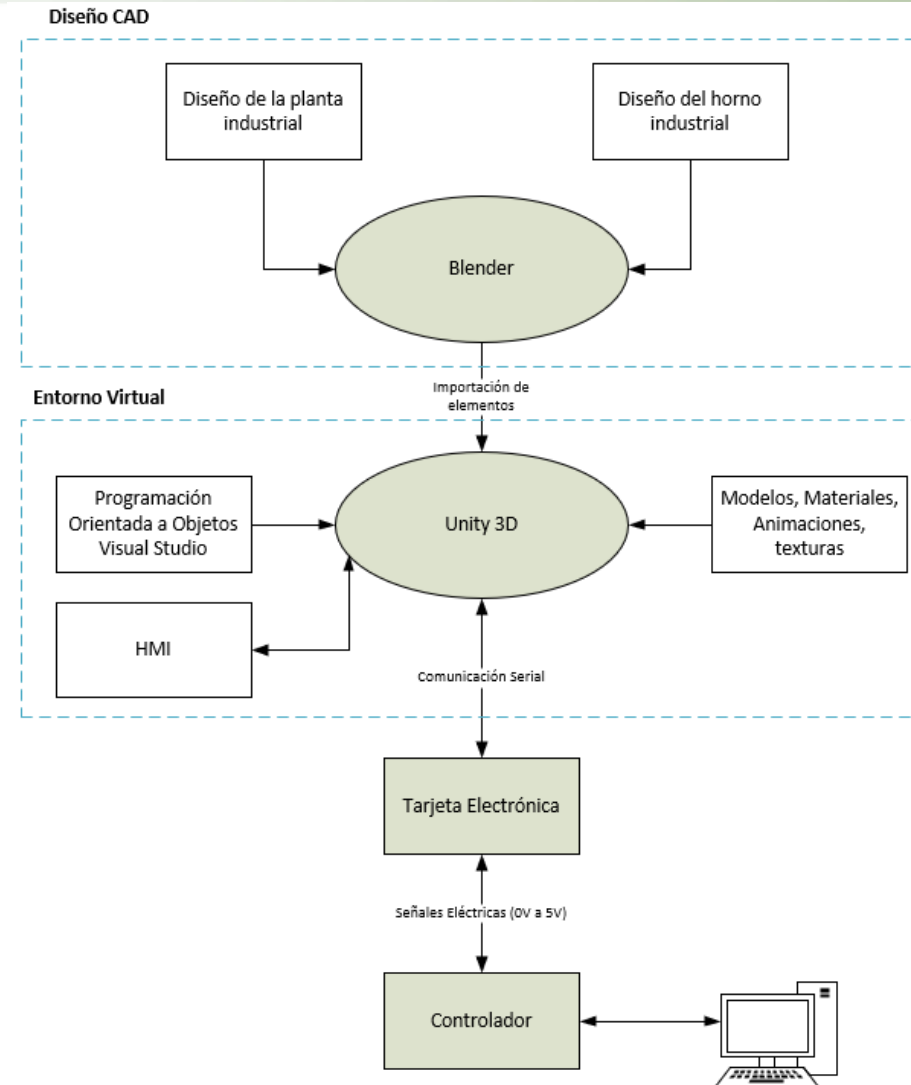


AGENDA

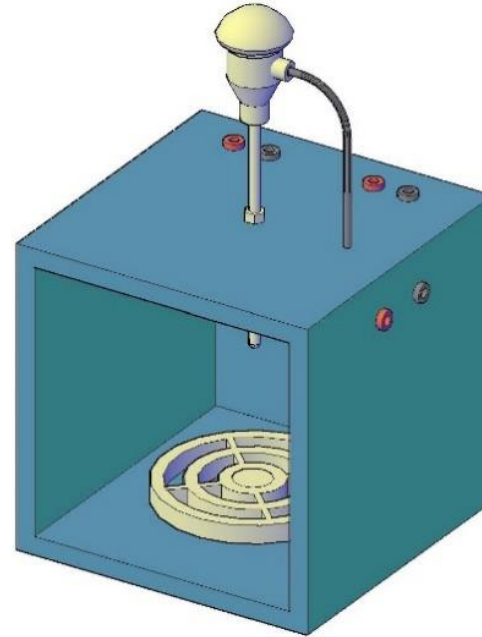
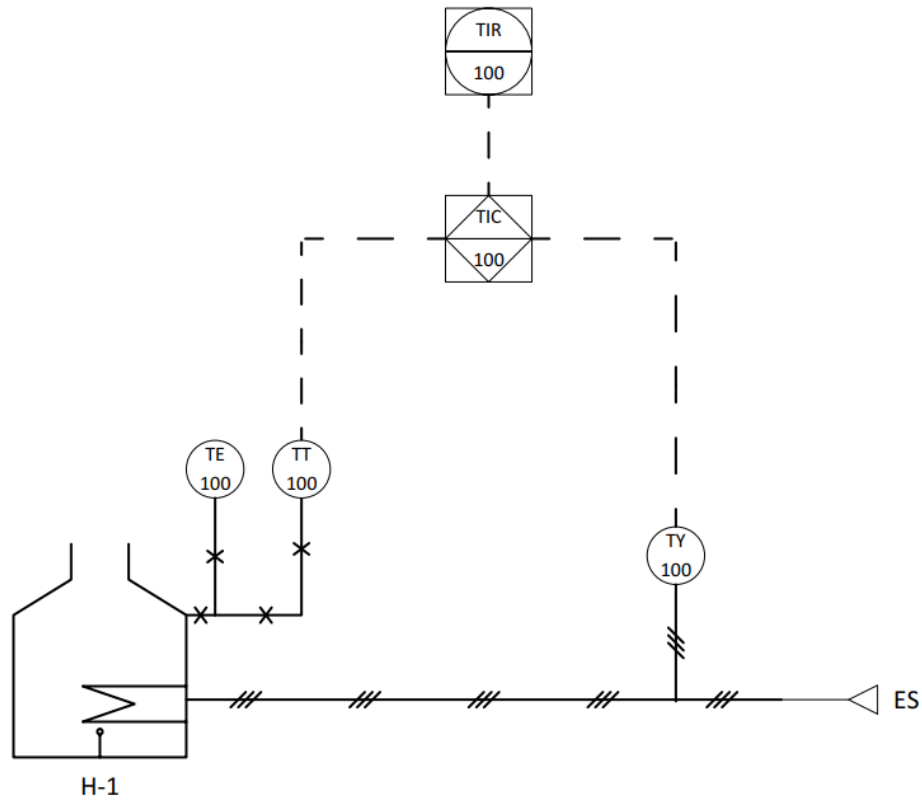
14



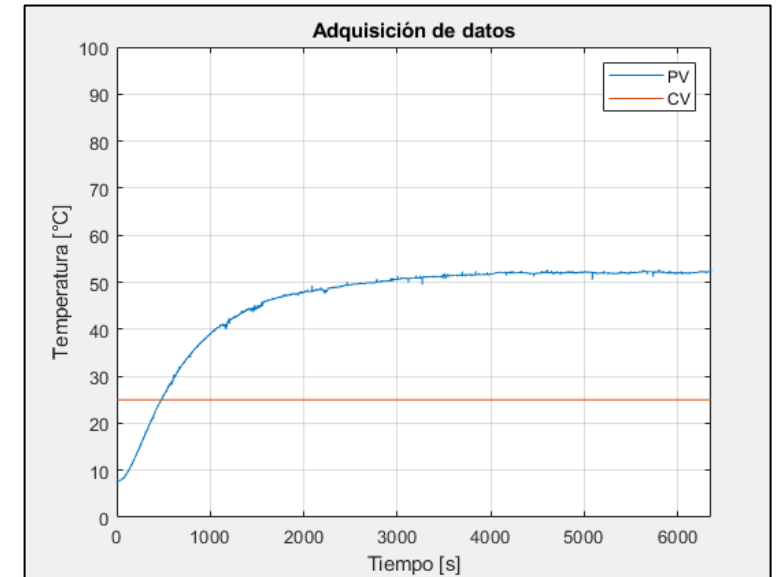
ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO



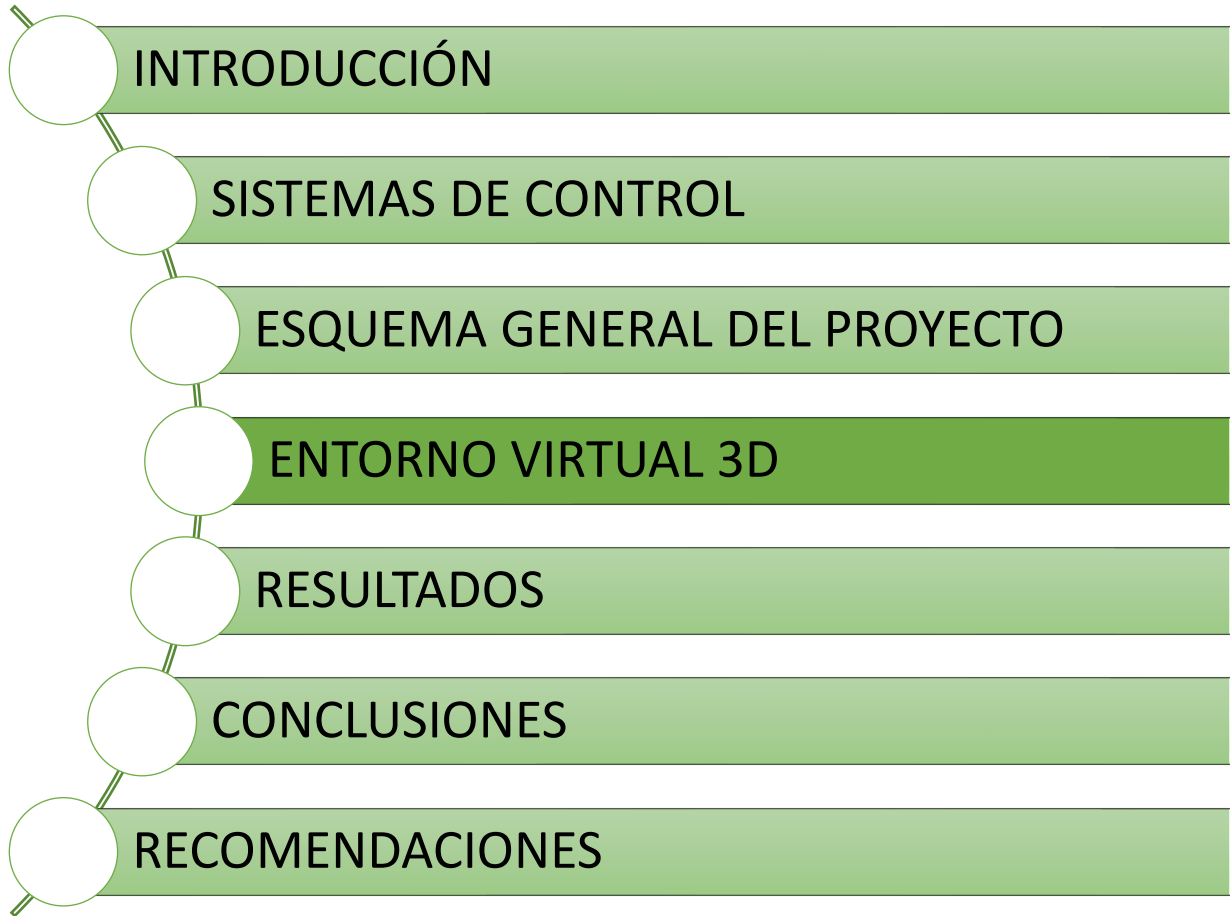
ESQUEMA GENERAL DEL PROYECTO



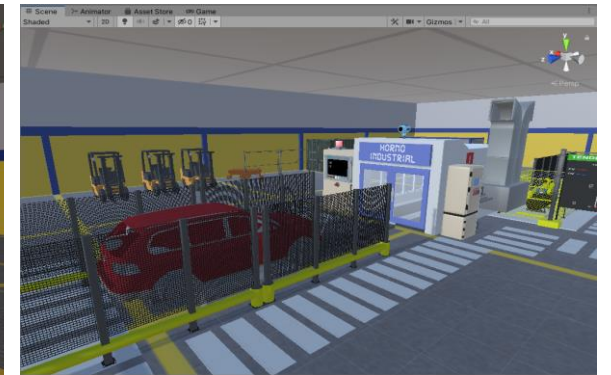
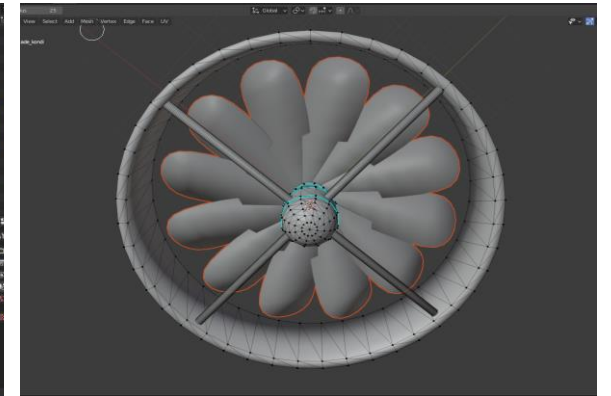
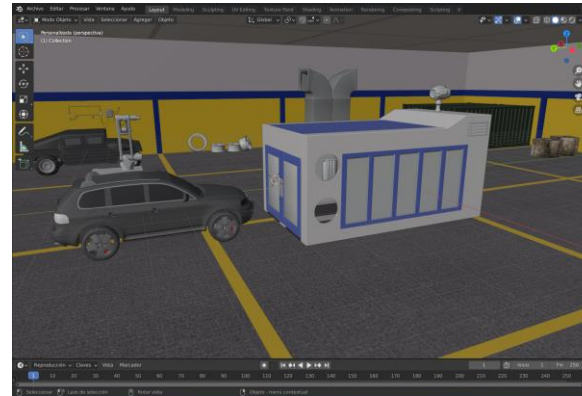
$$P(s) = \frac{1.3359}{1 + 761.83s} e^{-102.3s}$$



AGENDA



ENTORNO VIRTUAL 3D



HORNO INDUSTRIAL

COMENZAR

CONTROLES

SALIR



Seleccione el color del vehículo

Green circle, Yellow circle, Red circle, Pink circle, Blue circle, Purple circle

Continuar

COMUNICACION

Seleccione el puerto Serial:

COM3

COM3

COM5

Conectar

Proceso

Regresar

Mensajes de conexion

CONTROLES

Enciende el horno con la tecla P. repite desde el menu de pausa

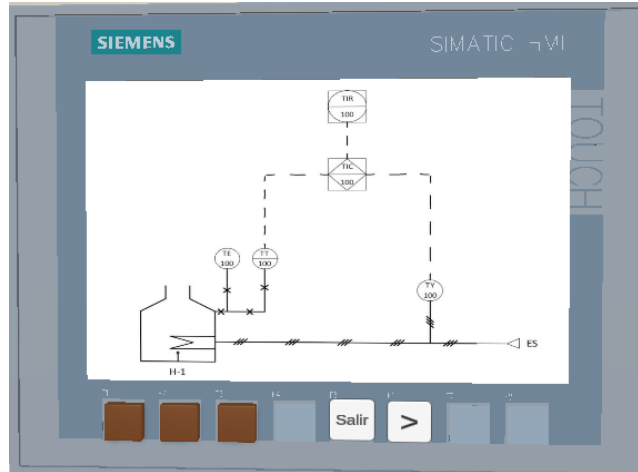
Una vez terminado el proceso, el auto saldra automaticamente.

Detiene el horno clickeando el boton de parada de emergencia situado arriba de la consola.

Haz Click Izquierdo en el pad numerico y digita el tiempo que desees mantener encendido el horno. Con el tiempo y la temperatura seteado, el horno comenzara a funcionar.

CONTINUAR

ENTORNO VIRTUAL 3D



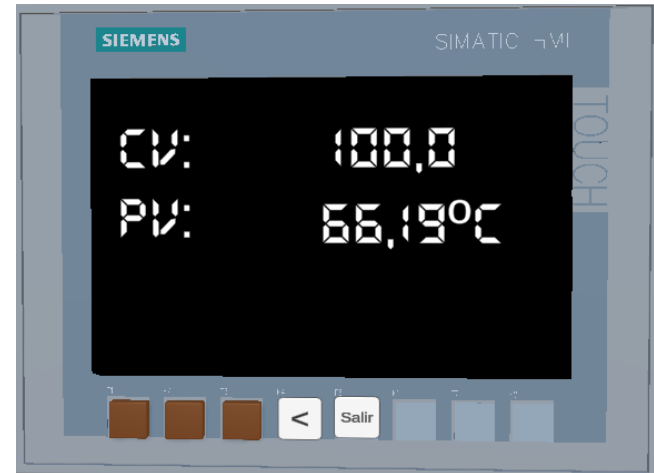
Controles

Enciende el horno con la tecla P. repite desde el menu de pausa

Una vez terminado el proceso, el auto saldra automaticamente.

Detiene el horno clickeando el boton de parada de emergencia situado arriba de la consola.

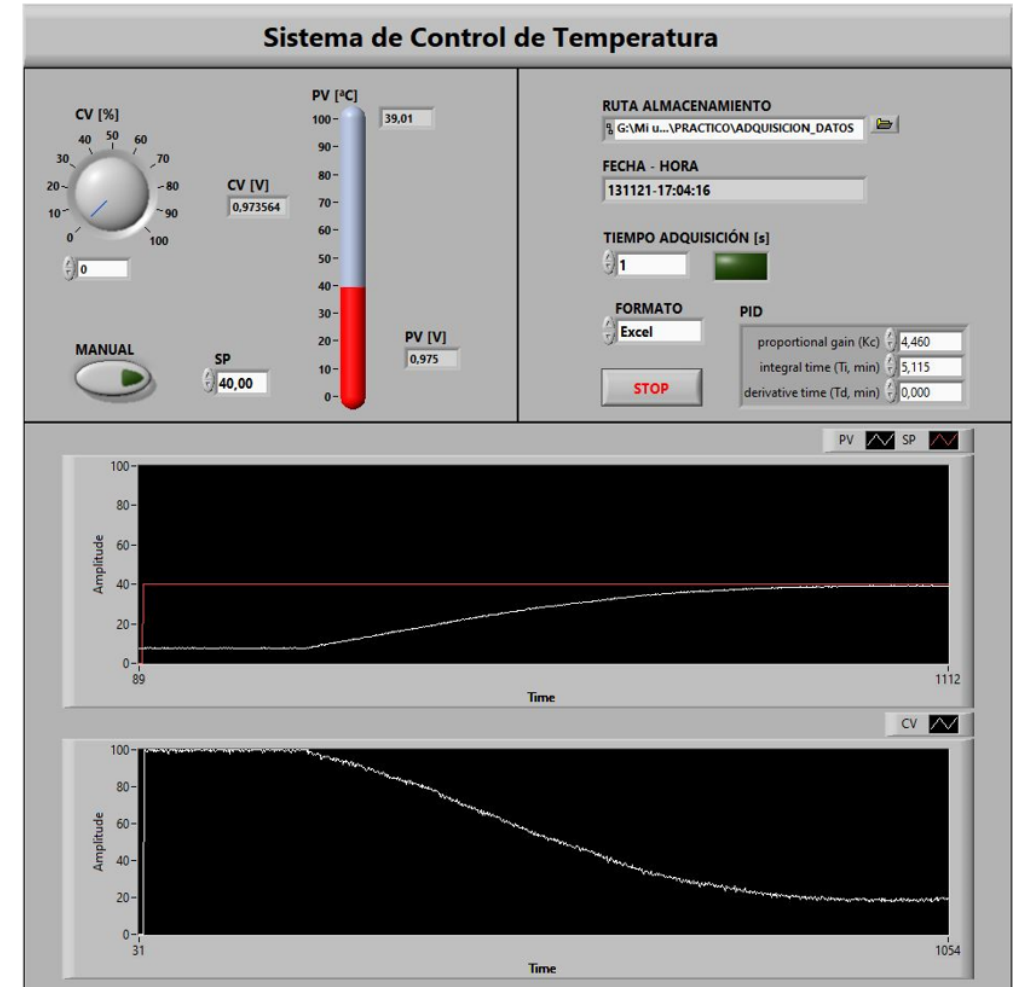
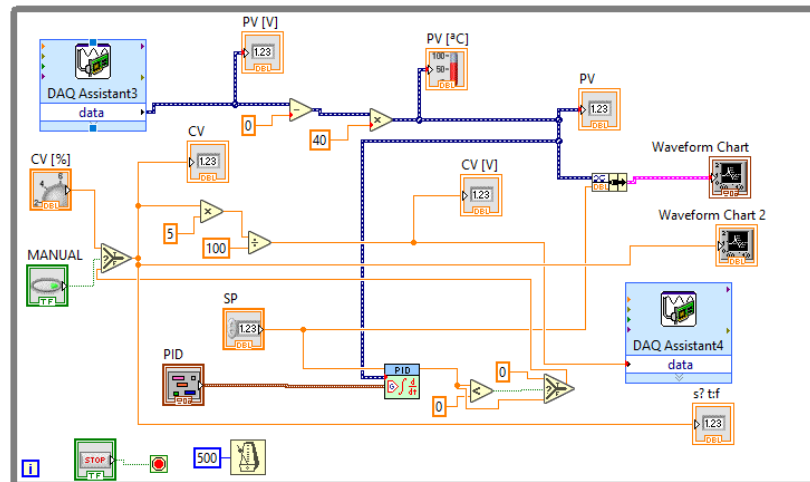
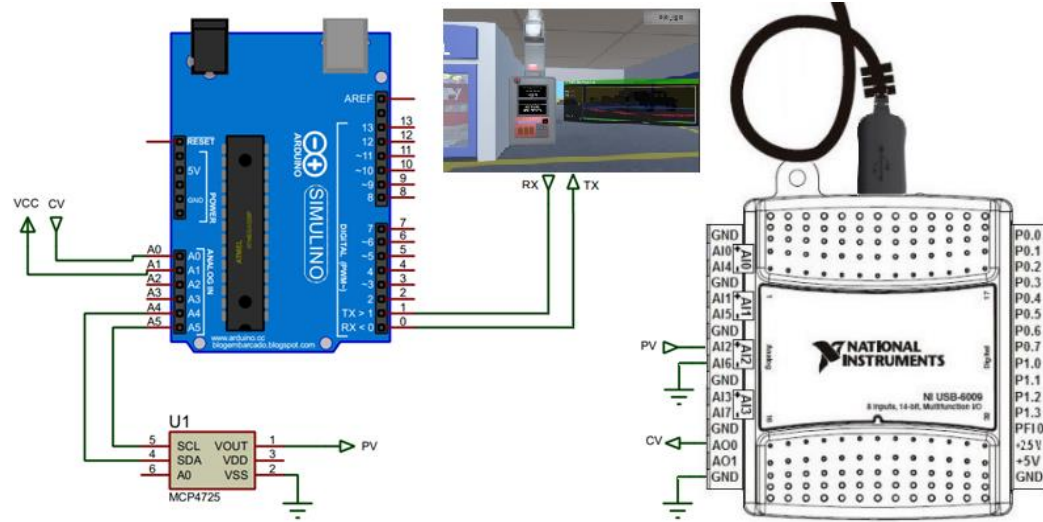
Haz Click Izquierdo en el pad numerico y digita el tiempo que desees mantener encendido el horno. Con el tiempo y la temperatura seteado, el horno comenzara a funcionar.

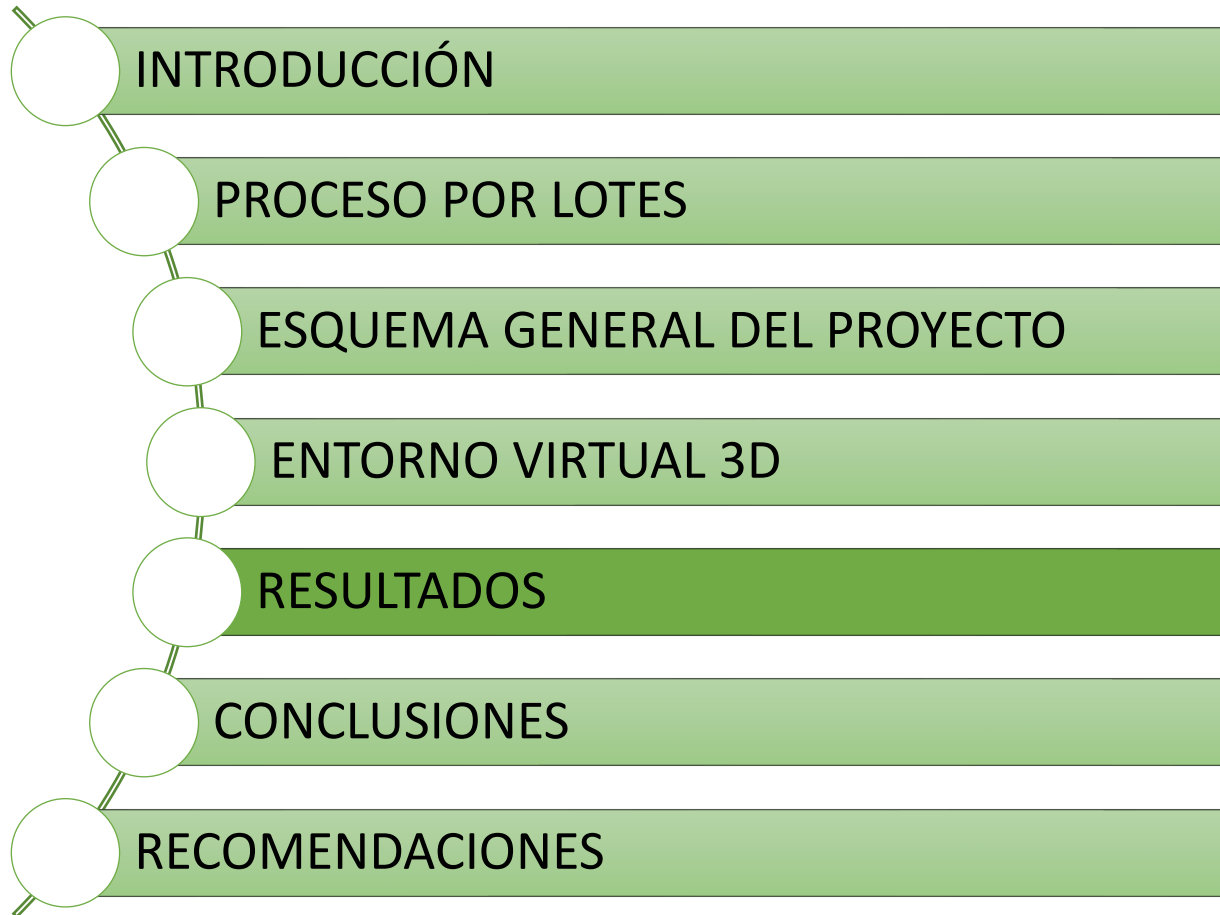


CV: 100,0

PV: 66,19°C

ENTORNO VIRTUAL 3D





$$K = \frac{\Delta PV}{\Delta CV}$$

$$\Delta PV = \frac{PV_{final} - PV_{inicial}}{Span PV}$$

$$\Delta CV = \frac{CV_{final} - CV_{inicial}}{Span CV}$$

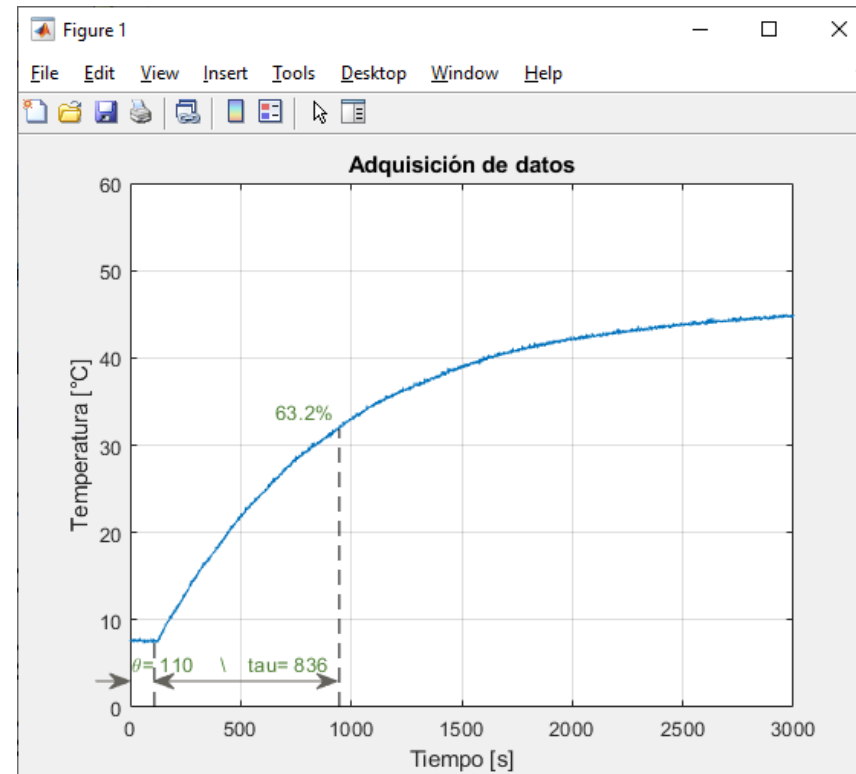
$$\tau = t_{63.2\%} - L$$

K : 1.58

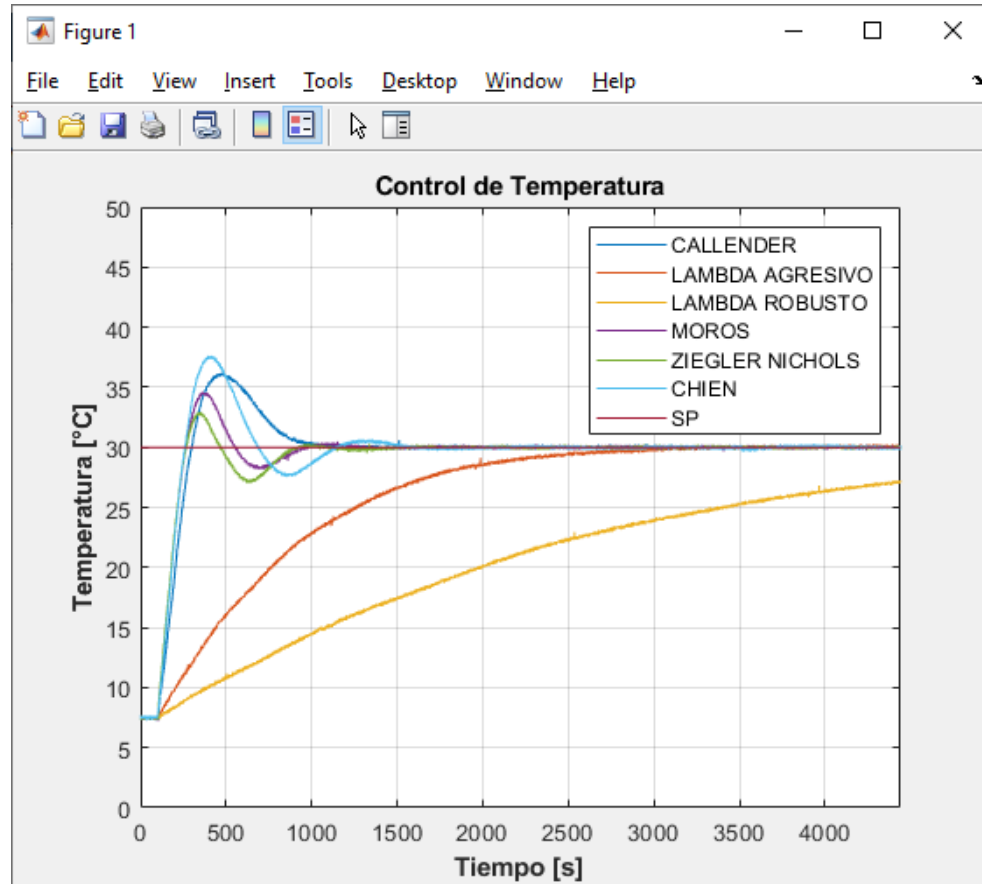
τ : 836

L : 110

$$P(s) = \frac{1.58}{1 + 836s} e^{-110s}$$

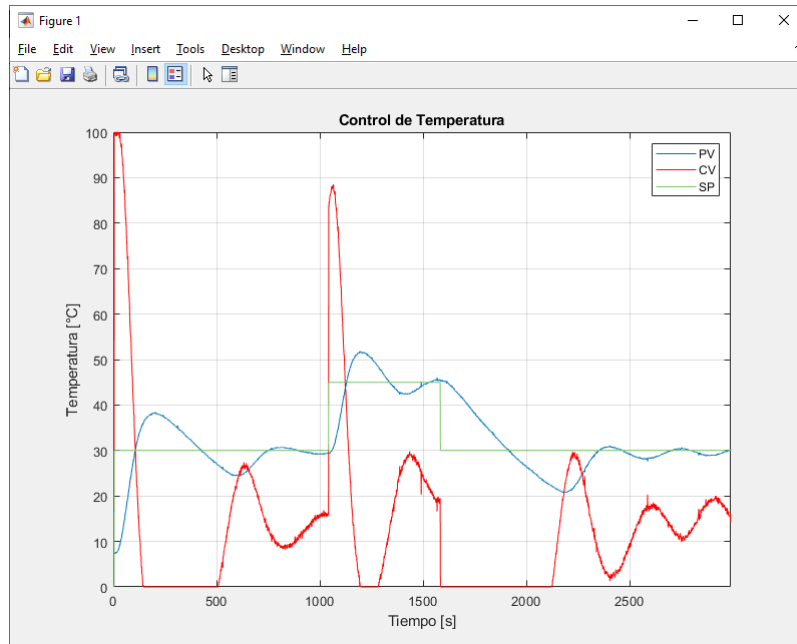


RESULTADOS

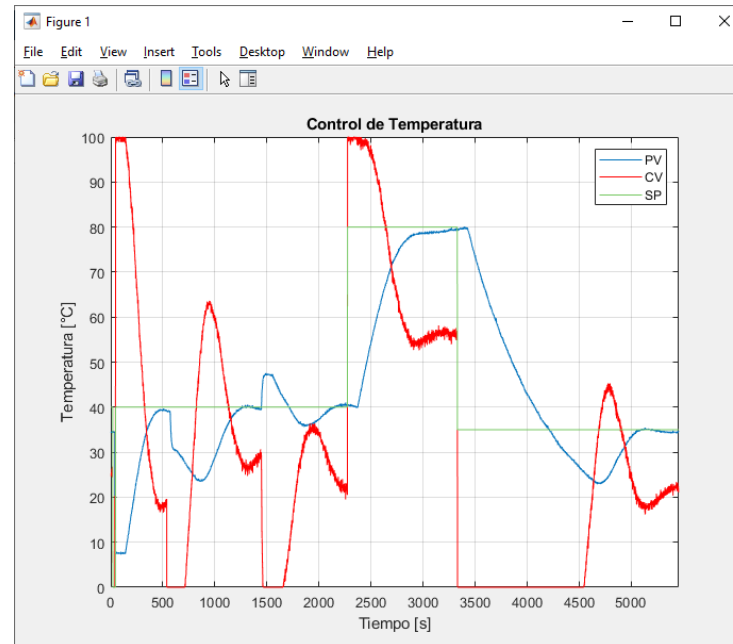


MÉTODO	SP	T_{max} [°C]	K_c	T_i [min]	PEM [%]	T_s [s]
Ziegler Nichols	30,00	32,93	5,017	5,627	9,77%	1407
Lambda Agresivo	30,00	30,28	0,660	12,697	0,93%	3422
Lambda Robusto	30,00	27,33	0,239	12,697	-	>5000
Callender	30,00	36,24	3,166	6,206	20,80%	1300
Chien	30,00	37,62	3,902	3,973	25,40%	1591
Moros	30,00	34,61	4,460	5,115	15,37%	1263

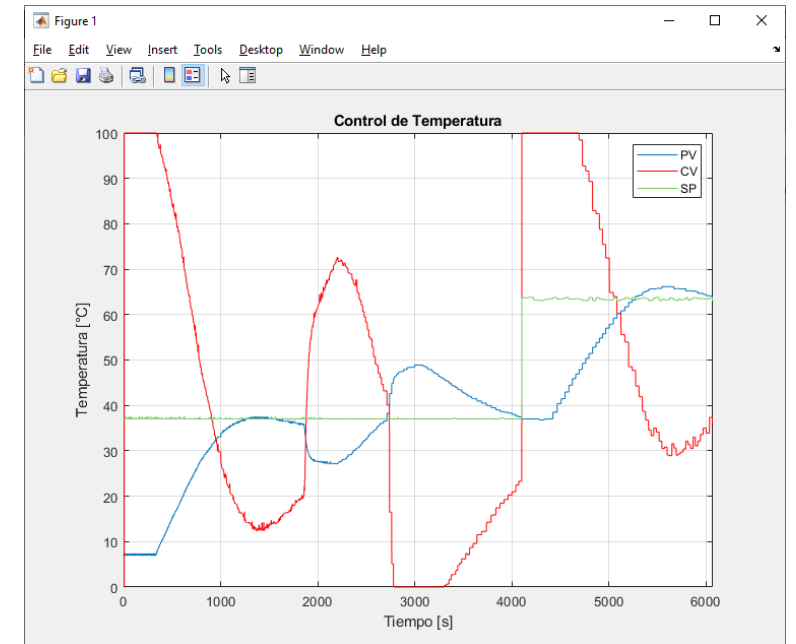
Control del proceso real en LabVIEW



Control del proceso virtual en LabVIEW



Control del proceso virtual con PLC S7-1200



Calculadora

Calculadora Parámetros Controlador PI

$$G(s) = \frac{K}{1 + \tau s} e^{-Ls}$$

Ingrese los siguientes campos:

K

τ

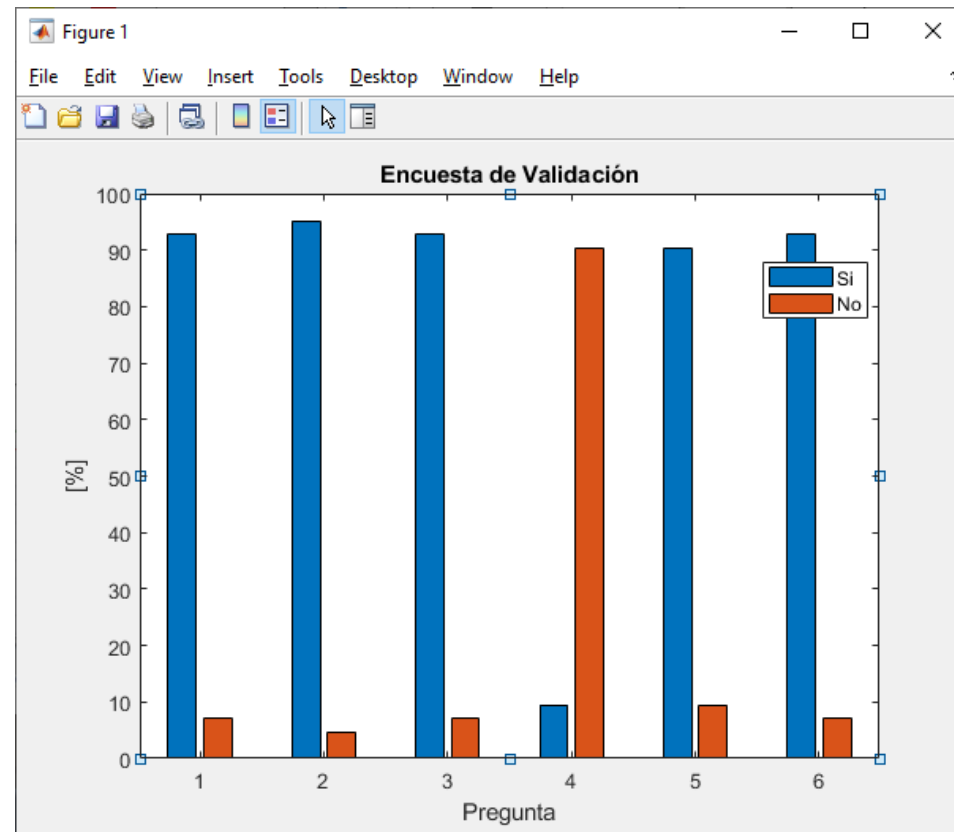
L

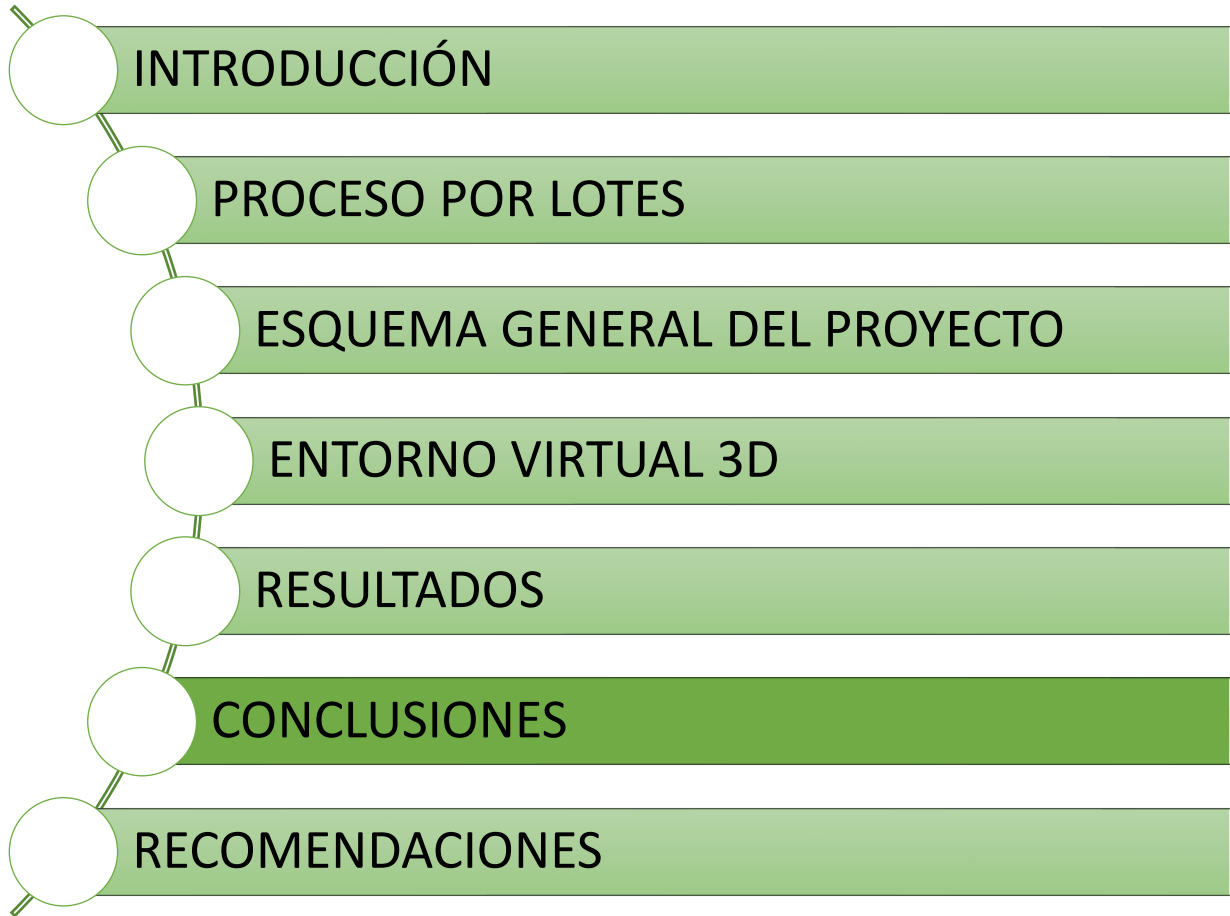
Método de Sintonización

- Lambda Agresivo
- Ziegler Nichols
- Lambda Agresivo
- Lambda Robusto
- Callender
- Chien
- Moros

RESULTADOS

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS



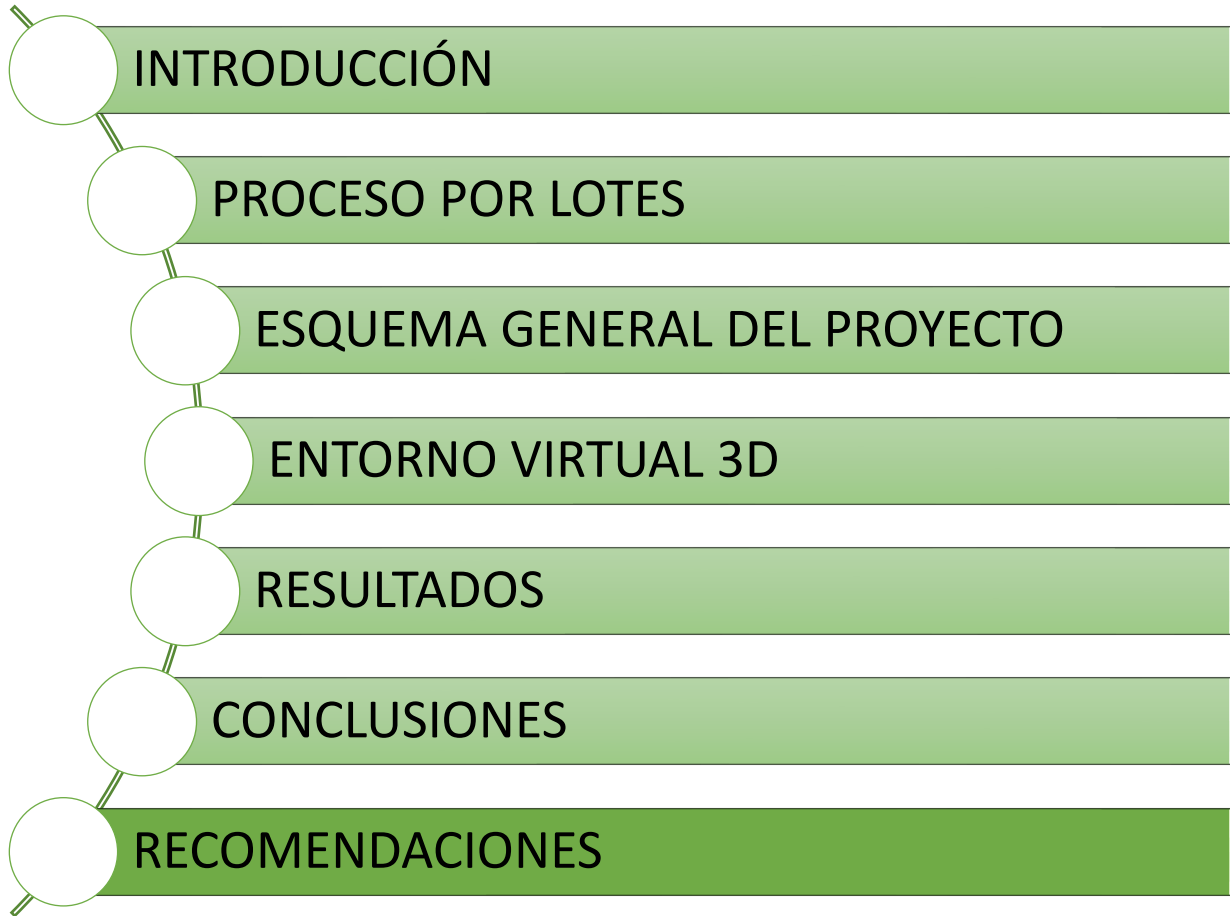


- La virtualización de un proceso real es factible para ello es importante la obtención de su función de transferencia, mediante el desarrollo del presente proyecto se pudo comprobar que su funcionamiento llega a ser similar al de un sistema real.
- Mediante la técnica Hardware in the Loop se puede interactuar adecuadamente entre un sistema implementado en un sistema computacional con el hardware de control (PLC, controlador, etc.).

- La implementación de los modelos matemáticos en los lenguajes computacionales como es el caso del lenguaje C# es posible siempre y cuando se lo analice adecuadamente tomando en cuenta que se lo debe hacer en el dominio del tiempo.
- El desarrollo de entornos virtuales es una gran alternativa al entrenamiento en el Control Automático ofreciendo ventajas como tiempo de funcionamiento y en el caso de procesos reales de temperatura se evita la innecesaria espera a que el proceso se enfríe para volver a trabajar con el sistema.

- El mejor controlador para el proceso de temperatura es el Control PI método Lambda Agresivo ya que no presenta sobre impulso y tiene un tiempo de establecimiento de 3422 segundos.
- El sistema virtual del control de temperatura de un horno cuenta con los instrumentos industriales (transmisores, control de fase, PLC, HMI, etc.), que presentan un funcionamiento similar a los equipos industriales físicos, proporcionando a los usuarios un entrenamiento cercano a la realidad.

AGENDA



- En el desarrollo de los procesos virtuales es necesario establecer los rangos de operación tanto en el software como en el acondicionamiento de las señales.
- Los procesos de temperatura presentan un tiempo muerto elevado por lo que es importante tomarlo en cuenta para que los resultados sean los esperados.
- Considerar para futuros proyectos el análisis de la comunicación entre Unity y la tarjeta electrónica a fin de que no se convierta en una limitante en la transmisión de datos.

¡Gracias!

