

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN A TECNOLOGÍAS PARA CONTROL

 <https://doi.org/10.25100/peu.1416.cap1>

Las herramientas tecnológicas permiten al profesor y al estudiante realizar experimentos en SAC de forma sistemática y estructurada, lo que facilita la apropiación de los conceptos y el desarrollo de las habilidades prácticas necesarias para el futuro ingeniero.

Objetivos y resultados de aprendizaje

Objetivos de la práctica

Objetivo general

Manejar herramientas de *hardware* y *software*, empleadas para realizar experimentación en SAC; cómo, por ejemplo: sistemas de adquisición de datos, procesadores de señales, sistemas de procesamiento de datos (como MyDAQ), entre otros.

Objetivos específicos

- Distinguir los equipos disponibles en el Laboratorio de Automática de la Universidad del Valle, para experimentación en SAC.
- Distinguir las herramientas de software disponibles en el Laboratorio de Automática de la Universidad del Valle, para experimentación en SAC.

Resultados de aprendizaje

Al finalizar la práctica, el estudiante:

- Identifica las herramientas hardware y software, necesarias para experimentación de SAC.
- Utiliza la Plataforma de Experimentación Remota (PERI) para experimentación de SAC.
- Realiza la reserva en PERI para el uso de los equipos de laboratorio.
- Utiliza los equipos de laboratorio, manipulándolos y recopilando los datos resultantes de la experimentación para experimentación de SAC.

Marco teórico

A continuación se desarrolla la explicación de las herramientas disponibles, clasificadas como *hardware* y *software*, además de las herramientas informáticas para la experimentación remota.

Herramientas *hardware*

En el caso de los laboratorios para experimentación en SAC SISO, se dispone de maquetas o plantas a escala usadas para replicar los fenómenos dinámicos y estáticos que se encuentran en sistemas industriales, Wang *et al.*, (2020). Existen en el mercado empresas dedicadas a su diseño, construcción y venta. Entre ellas se reconocen en el mercado de Colombia los equipos de "Edibom[®]", "Festo[®]", "Feedback[®]" y "Quanser[®]".

Para aprender los conceptos de SAC, se dispone en el Laboratorio de Automática de un área con servomecanismos y otra con emuladores de procesos industriales comerciales de la marca Feedback[®], donde se pueden identificar (entre otros) dispositivos como los que se relacionan en la Tabla 1.1. Igualmente, se cuenta con equipos desarrollados por los investigadores del Grupo de Investigación en Control Industrial (GICI), que en esta etapa de formación básica no son considerados.

Servomecanismos modulares

Los módulos de experimentación para control de servomecanismos de la empresa Feedback permiten formación amplia usando motores de DC y AC; igualmente, hacen posible la experimentación con sistemas de control en tiempo continuo y discreto. En la Figura 1.1 se ilustran los equipos del servomecanismo instruccional modular; en él se observa cada componente del servo, con lo que cada estudiante interioriza de forma didáctica los diferentes componentes constitutivos de un servomecanismo.

En la Figura 1.2 se presenta la vista de componentes empleados para el control de velocidad y posición con servomecanismos DC.

Los diagramas conceptuales de la solución para el control de velocidad y de posición se aprecian en las Figuras 1.3 y 1.4, respectivamente. Para detalles de conexión se remite al estudiante a la lectura de los manuales que se encuentran en el laboratorio.

Tabla 1.1: Equipos disponibles en el laboratorio de Automática de la Universidad del Valle.

| Marca | Modelo | Descripción | VARIABLES A CONTROLAR |
|----------|---------|------------------------|---|
| Feedback | ES 151 | Servosistema | Velocidad (RPM) y posición angular (grados) |
| Feedback | ESP 721 | Servosistema | Posición angular (grados) |
| Feedback | MS 150 | Servosistema | Velocidad (RPM) |
| Feedback | PE 483 | Servosistema | Velocidad (RPM) |
| Quanser | SRV02 | Servosistema | Posición angular (grados) |
| Feedback | PCT-9 | Proceso de flujo | Flujo (cm ³ /min) |
| Feedback | PCT-13 | Proceso de temperatura | Temperatura (°C) |
| Feedback | PCT-14 | Proceso de presión | Presión (PSI) |

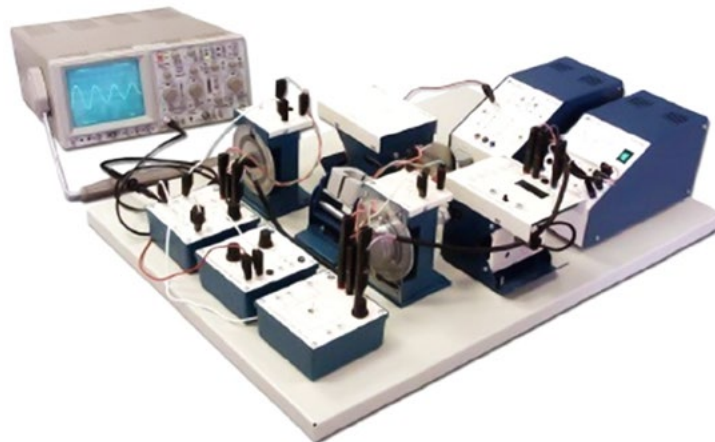


Figura 1.1: Servomecanismo instruccional modular.
 Fuente: Feedback[®] (2013).

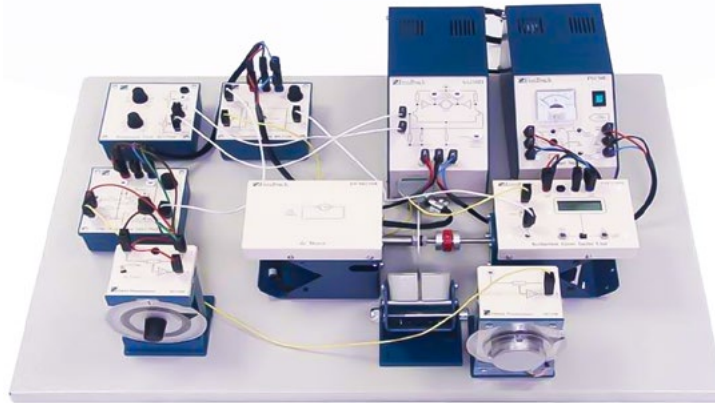


Figura 1.2: Módulo de servomecanismo modular en DC.
Fuente: Feedback® (2013).

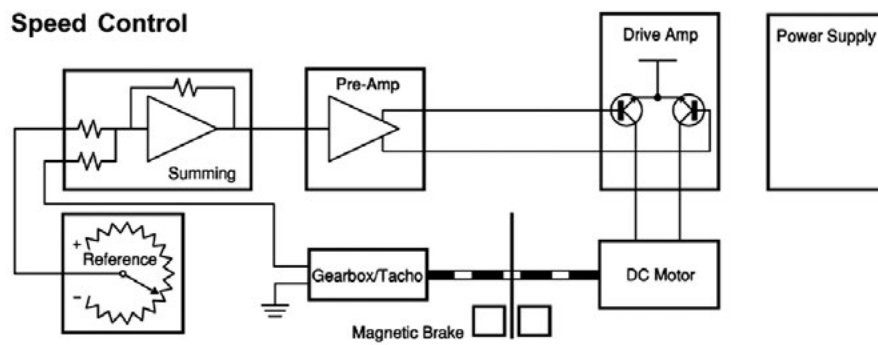


Figura 1.3: Esquema conceptual de control de velocidad.
Fuente: Feedback® (2013).

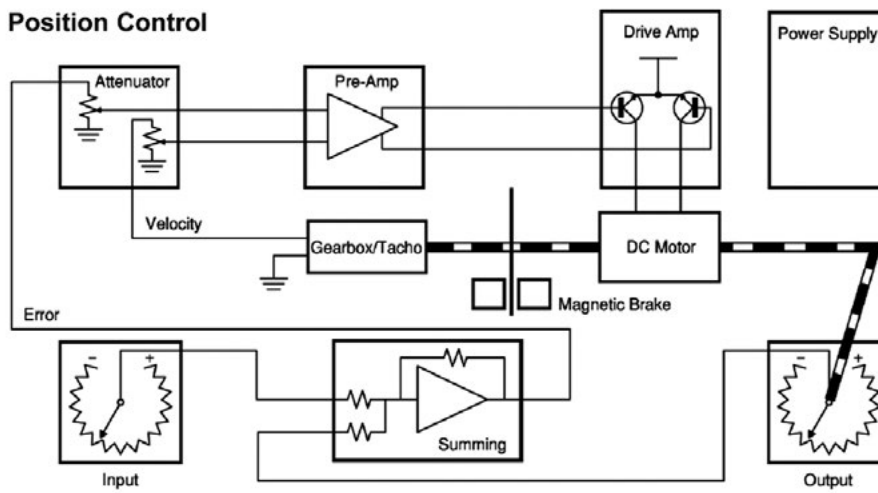


Figura 1.4: Esquema conceptual de control de posición.
Fuente: Feedback® (2013).

Procesos modulares

Para experimentación de control de las variables típicas de procesos industriales (Ph, flujo, nivel, temperatura, presión) se cuenta con simuladores de procesos (Tabla 1.1).

El módulo PCT-9 se usa para experimentación con variable de control flujo, el PCT-13 para experimentación con variable de control temperatura y el PCT-14 para experimentación con variable de control presión.

Sistema de adquisición de datos

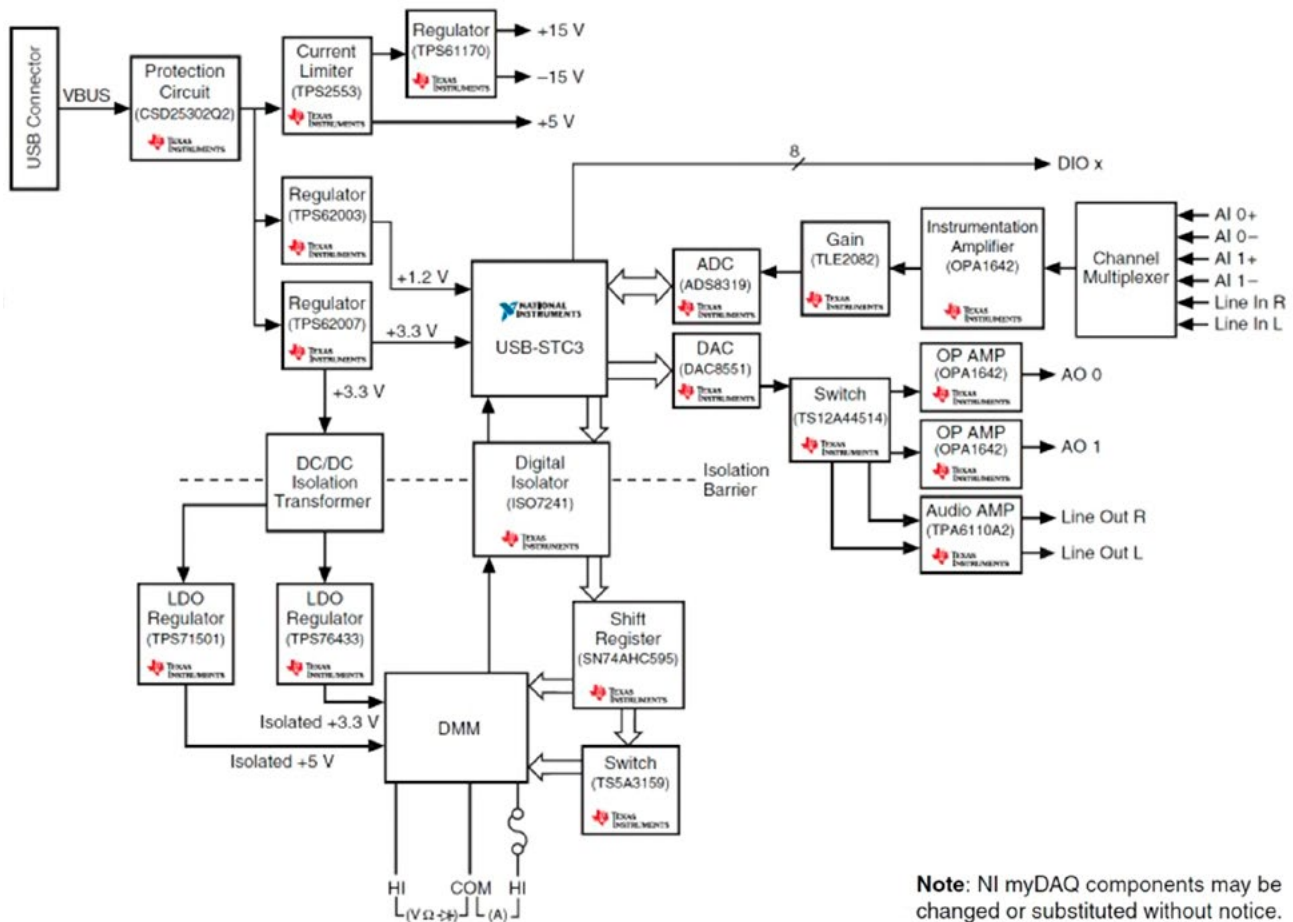
Para el intercambio de datos (información) entre el PC y el proceso o planta que se va a controlar, se tiene como interfaz el sistema de adquisición de datos MyDAQ® (ver Figura 1.5) fabricado por la empresa National Instruments®.



Figura 1.5: Fotografías de la tarjeta MyDAQ®.
 Fuente: National Instruments® (2020).

Esta tarjeta se configuró para trabajar con MATLAB® o con LabVIEW®, herramientas que serán introducidas a continuación.

Los diagramas que componen el MyDAQ se presentan en la Figura 1.6. Es importante que al diseñar el experimento se conozcan con claridad los niveles de tensión que se van a manejar, y los pines de conexión, National Instruments® (2020).



Note: NI myDAQ components may be changed or substituted without notice.

Figura 1.6: Componentes de la tarjeta MyDAQ.
 Fuente: National Instruments® (2020).

Herramientas software

MATLAB®

Tomando la definición de Wikipedia, "MATLAB (abreviatura de MATrix LABoratory [laboratorio de matrices]) es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, macOS y GNU/Linux.

Entre sus prestaciones básicas se hallan la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos *hardware*. El paquete MATLAB® dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber: Simulink® (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB® con las cajas de herramientas (*toolboxes*); y las de Simulink® con los paquetes de bloques (*blocksets* o *Apps*).

Es un *software muy* usado en universidades y centros de investigación y desarrollo. En los últimos años, ha aumentado el número de prestaciones, como la de programar directamente procesadores digitales de señal o crear código de Lenguaje de Descripción de Circuitos Digitales (VHDL)."

El Simulink® trae consigo librerías para instrumentación y control de sistemas que permiten intercambio de datos. Empresas como National Instruments® y Texas Instruments® proporcionan librerías para que sus desarrollos se conecten con MATLAB®-Simulink®. Haciendo uso de esas herramientas se dispone una simple interfaz para comunicación que se ilustra en la Figura 1.7.

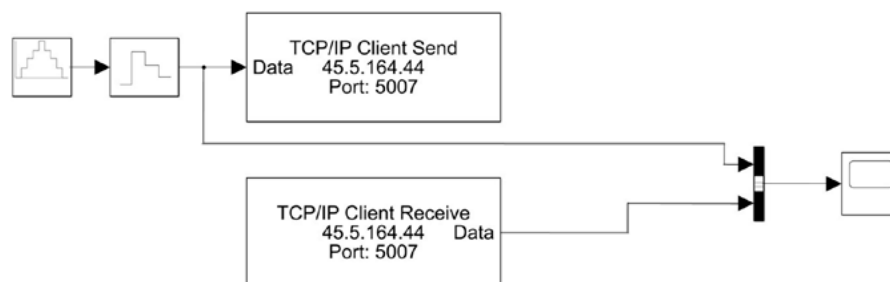


Figura 1.7: Diagrama Simulink® para la interfaz de datos.

A partir de esta interfaz, los profesores y estudiantes pueden montar los desarrollos de control para sus procesos en función de sus necesidades particulares. Para detalles que permitan aprender a usar el MATLAB®, se recomienda consultar a Pinto y Matía (2010).

En la Figura 1.7 se observa que para el intercambio de datos se usan los bloques de comunicación "TCP/IP client Send" y "TCP/IP client Receive". En ellos se requiere especificar la dirección IP y el puerto del elemento que entrega y del que recibe los datos; los bloques son independientes y es necesario configurarlos por separado. El resto de bloques son los comunes del Simulink®.

LabVIEW®

Los equipos de la National Instruments vienen desarrollados para trabajar con el *software LabVIEW®*. El laboratorio de Automática dispone del LabVIEW® para sus procesos de experimentación.

El LabVIEW® ofrece a los usuarios (tecnólogos e ingenieros) un entorno de programación gráfica. Cuando el usuario abre el LabVIEW® trabaja con dos interfaces: una gráfica, donde encuentra botones y subventanas de visualización (ver Figura 1.8), y la otra ventana conocida como instrumento virtual o "VI", donde encuentra el código fuente de la aplicación en formato gráfico (ver Figura 1.9).

En los servidores de servomecanismos, el estudiante dispone de tres herramientas "VI", que puede tomar como base para su experimentación: en lazo abierto, en lazo cerrado y con controlador PID ISA¹; los códigos son abiertos y pueden ser modificados en función de las necesidades de estudiantes y profesores.

¹ El estándar de la "International Society of Automation" (ISA).

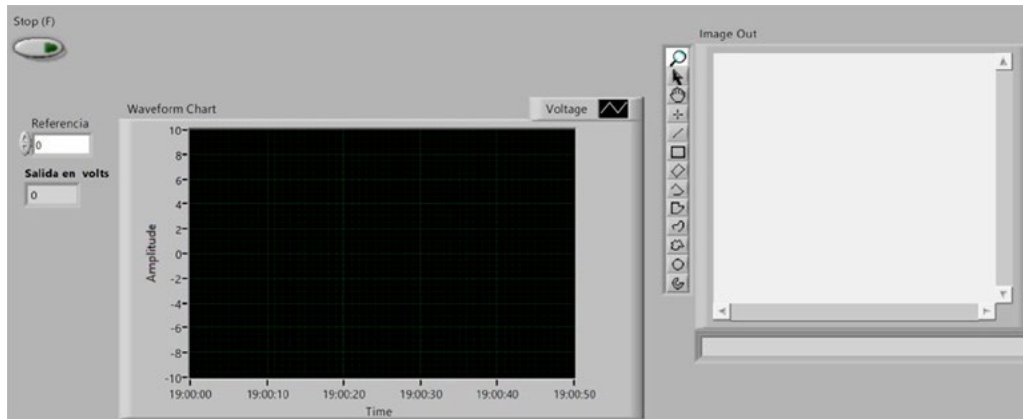


Figura 1.8: Pantalla de visualización VI lazo abierto con MyDAQ®.

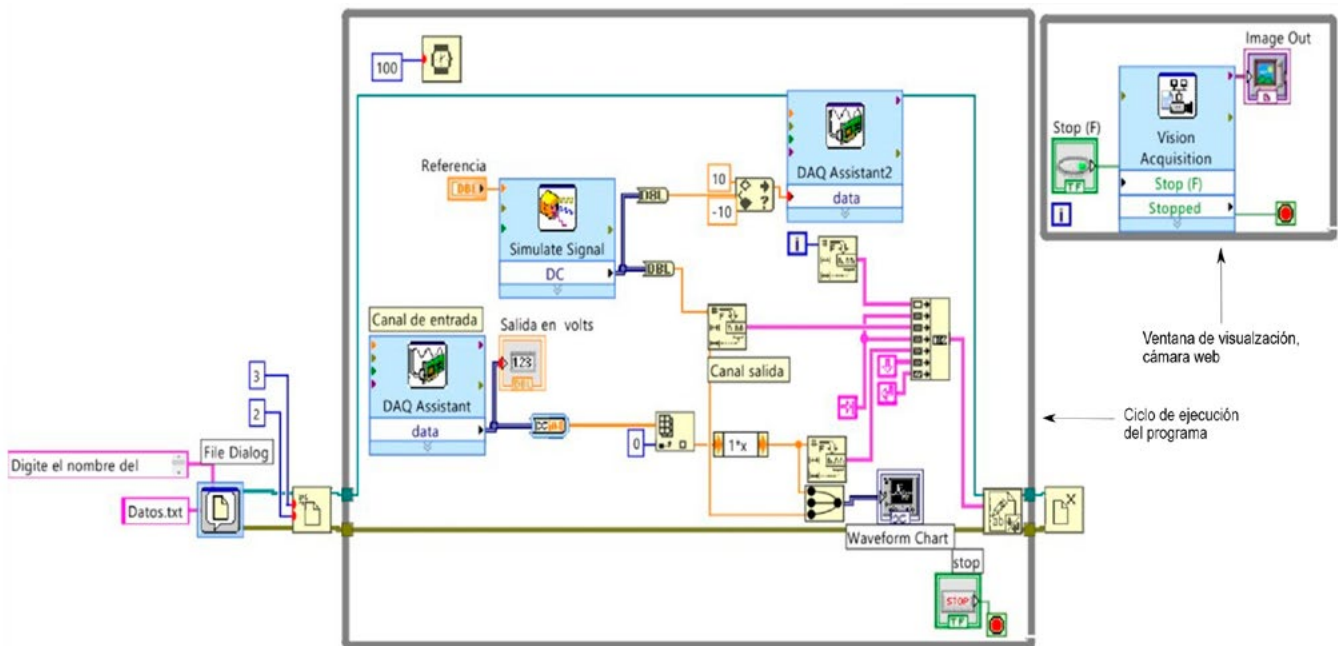


Figura 1.9: Ventana con código gráfico del VI para control lazo abierto con MyDAQ®.

Plataforma para experimentación local y remota

En la Figura 1.10 se muestra la arquitectura informática para la experimentación local o remota². El estudiante o aprendiz puede experimentar localmente o de forma remota.

Lo ideal es que al menos uno de los estudiantes esté realizando la práctica localmente –presencial, en

el laboratorio– e interactúe con sus pares que se encuentran trabajando remotamente. Para la experimentación, en este caso se pueden usar las aplicaciones sobre LabVIEW® o sobre el MATLAB®; el profesor deberá decidir con cuál de las dos trabajar. En la sección del procedimiento se indicarán los pasos para ingresar a la plataforma y realizar la experimentación.

² Se encuentra en ajuste permanente al entrar en funcionamiento nuevos procesos.

Para el ingreso a PERI, el estudiante deberá estar matriculado formalmente a una de las asignaturas programadas. Para ingresar, el estudiante o funcionario –si tiene correo institucional– puede hacerlo³ con su cuenta de Google, ver las instrucciones en la sección “Procedimiento”, (Urbano-López *et al.*, 2021).

Materiales y equipos

La práctica puede ser realizada con todas las tecnologías disponibles en el laboratorio para experimentación; dependiendo del *software* con el que se desee experimentar, se podrán seleccionar las herramientas de *software* listadas en la Tabla 1.2.

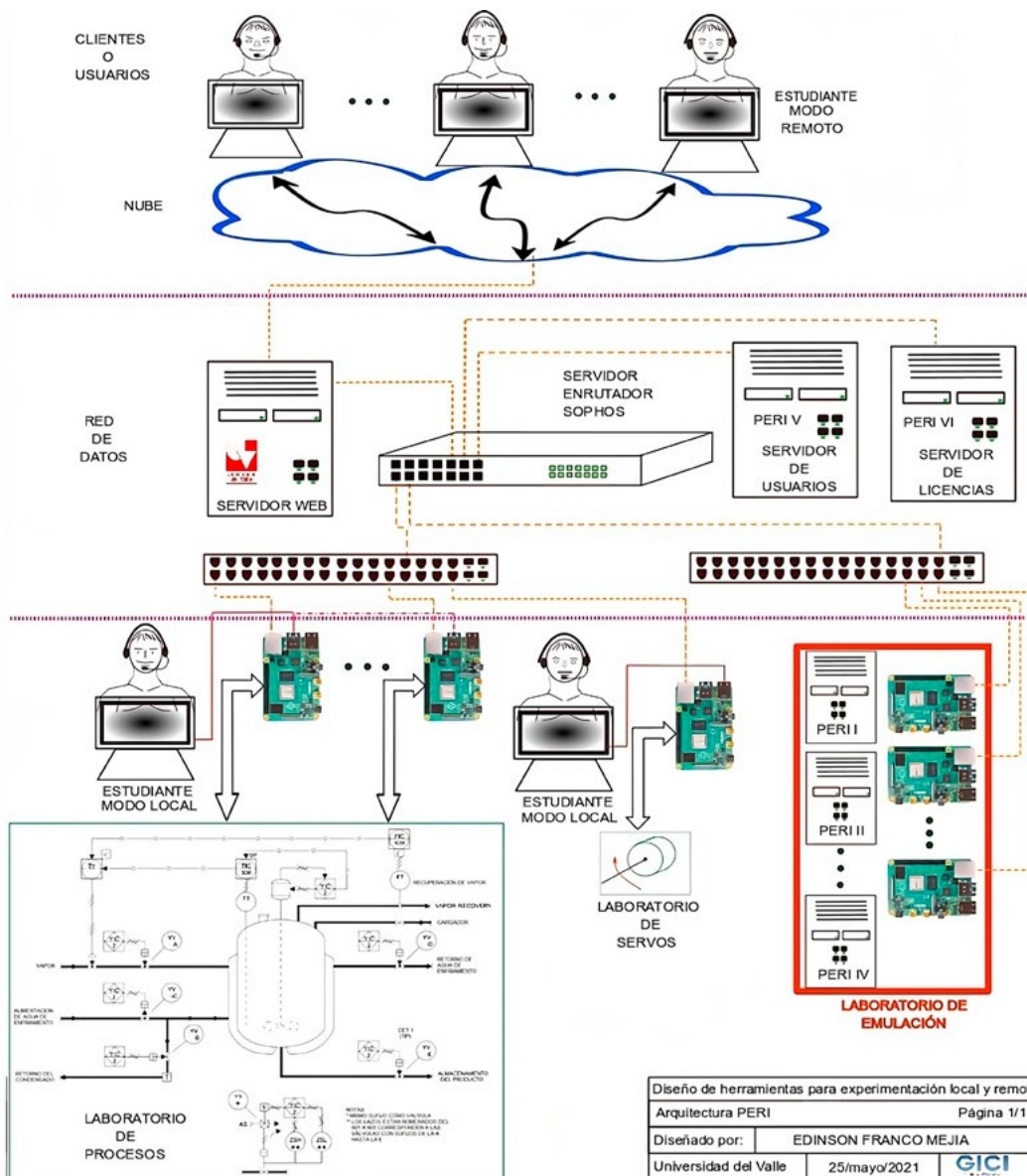


Figura 1.10: Arquitectura plataforma para experimentación remota, PERI.

³ “Loguearse.”

Tabla 1.2: Materiales y equipos.

| Equipos | | | |
|----------|----------|--------------|--|
| Cantidad | Nombre | Marca/modelo | Especificaciones |
| 1 | PC | Intel/AMD | Procesador: para trabajar con MATLAB® deberá contar con un PC con características mínimas definidas así, trabajo en modo local: Intel I5 o Ryzen 5, trabajo en modo "online": Intel I3 o Ryzen 3. Memoria RAM: 8 GB. Espacio en disco duro: 20 GB. |
| Software | | | |
| 1 | Software | MATLAB® | Versión 2019 o superior. |
| 1 | Software | LabVIEW® | Versión 2020 o superior. |

Procedimiento

1. Lea y ejecute las actividades del documento "Guía Básica MATLAB.pdf" que encuentra en el repositorio virtual entregado por su profesor.

2. Ingreso a la plataforma PERI. Este modo de ingreso se modifica periódicamente, por lo que puede variar de forma leve, se recomienda revisar en la pestaña de inicio o en la de ayuda para instrucciones detalladas de la forma de registro o de ingreso a las aplicaciones.

2.1. En un navegador, escriba la dirección de enlace URL⁴: "eieela.univalle.edu.co", observará la ventana que se ilustra en la Figura 1.11, donde deberá seleccionar "Iniciar sesión" y dar clic con el "ratón".

2.2. Posteriormente, aparecerá la ventana que se muestra en la Figura 1.12; al ser un usuario (profesor o estudiante) con correo institucional, pulse en el campo indicado por la flecha, y luego elija la cuenta (Figura 1.13).

Universidad del Valle

Inicio **Iniciar sesión** Búsqueda

Sobre la plataforma
 Descripción PERI
 Créditos
 Información

Inicio

Plataforma PERI

La Plataforma de Procesamiento Distribuido para Emulación de Procesos en Ingeniería (PERI)

La Plataforma de Procesamiento Distribuido para Emulación de Procesos en Ingeniería (PERI), fue desarrollada a través de dos proyectos de investigación financiados por Colciencias.

Sensor Vapo PERI
 Foghorn
 Internet
 Logon ADSL/WIFI
 PCs Laptops
 Usuarios
 Sensores de Acleración PERI LHM
 Lab. Sensoriador
 PC

Figura 1.11: Inicio de sesión en PERI.

⁴ URL: "Uniform Resource Locator" (Localizador de recursos uniforme).

Figura 1.12: Página para iniciar sesión en PERI.

2.3. Para ingresar a PERI, elija una cuenta (ver Figura 1.13).

Figura 1.13: Ventana para ingreso a PERI.

2.4. Una vez hecho esto debe aparecer la siguiente pantalla (Figura 1.14).

Podrá ver su rol de estudiante y su nombre. La reserva se realiza en el botón “Realizar reserva” (2), pero antes de esto deberá dirigirse al botón del menú con número (1), que corresponde a “Horarios”; aquí el sistema le mostrará los equipos reservados y los disponibles; una vez que tenga claro la disponibilidad del equipo que necesita, podrá realizar la reserva para agendar una práctica libre.

Por seguridad, siempre que necesite ingresar al laboratorio virtual, debe hacerlo desde el botón “Iniciar sesión con correounivalle”; recuerde que el sistema le está permitiendo acceder a la red del laboratorio de Automática de la Universidad del Valle.

2.5. Ahora podrá ver la ventana “Realizar reserva” (Ver Figura 1.15). Tiene cuatro campos: Herramienta, Fecha, Hora inicio y Tiempo de la reserva. En la opción “Herramienta”, el sistema le indica las herramientas que usted puede seleccionar; en la opción “Fecha” usted podrá seleccionar el día; y en las opciones “Hora” y “Tiempo”, la hora de inicio y si la reserva es para una, dos o tres horas. Tenga en cuenta que el sistema le permite seleccionar máximo tres horas por día y por grupo de práctica, el cual será definido previamente con su profesor.



Figura 1.14: Reserva de horario y equipo para trabajo remoto o local.

The image shows the 'Reserva' page. The navigation bar is the same as in Figure 1.14. The main heading is 'Reserva'. Below it is a form titled 'Solicitud de Horarios' and 'Sistema de reservas'. The form has the following fields:

- Herramienta: Raspberry I (dropdown)
- Fecha (Año-Mes-Día): 2022, 03, 06 (dropdowns)
- Hora Inicio: 15:00 (dropdown)
- Tiempo de la reserva: 1 (dropdown)

 There are 'Aceptar' and 'Limpiar' buttons at the bottom of the form. Below the form is a section titled 'Datos importantes' with the following text:

- Podrá realizarse solo dos reservas diarias por estudiante en toda la plataforma
- La reserva dura 1 hora, debe tener los pasos a realizar especificados para optimizar el tiempo
- La reserva debe realizarse dentro del mismo día
- Recuerde dejar las simulaciones pagadas para conservar los equipos

Figura 1.15: Página de reservas de equipos PERI.

Una vez realizado el agendamiento, el sistema enviará a su correo institucional el usuario y la clave que le permitirán el ingreso.

3. Si ya tiene un usuario y una contraseña generados por el sistema para acceder a un recurso, diríjase a la sección del recurso (Servos, Procesos, Raspberrys PI, entre otros) e inicie sesión con las credenciales. Las credenciales de acceso a los recursos son diferentes al login del acceso a PERI del ítem 2.

- En este punto, el usuario está listo para iniciar su trabajo de experimentación; los procesos cambian en función de su trabajo con MATLAB®/Simulink® o con LabVIEW®.
- Si va a trabajar con LabVIEW® debe abrir desde el escritorio remoto el instrumento virtual para su práctica (si es su primera vez, se recomienda abrir el VI para lazo abierto). El LabVIEW® le pedirá un nombre para el archivo de texto donde guardará la información; por defecto está el nombre "Datos.txt"; se recomienda cambiarlo y si va a tener gran cantidad de datos para experimentar, abrir una carpeta.
- Una vez finalizado el experimento, una forma sencilla y práctica de descargar los datos en su escritorio es abrir el navegador del escritorio remoto y enviar los datos a través de su correo electrónico o a alguno de sus pares.
- Si va a trabajar con MATLAB® tiene tres opciones:

- Si el usuario está físicamente en el laboratorio o si está remoto –desea trabajar con el MATLAB® en el PC (servidor) que está conectado físicamente a la tarjeta MyDAQ y que sirve de interface con el servomecanismo o el proceso– abra el MATLAB® y Simulink® del equipo.
- Si el usuario va a trabajar en modo remoto –usará el MATLAB® que se encuentra en el PC de su escritorio– deberá usar la interfaz de datos (herramienta "Diagrama Simulink®" presentada en la Figura 1.7) y pedir al profesor claridad sobre la IP y el puerto que debe configurar para el acceso remoto.
- Si el usuario va a trabajar remotamente, pero con el MATLAB® online (desde la página de Matworks®), este caso es similar al anterior ítem.

En cualquiera de los casos anteriores, si los datos de la experimentación los almacena en el servidor conectado al proceso o servomecanismo, el usuario podrá descargar los datos a través de su correo electrónico.

Informe

Se recomienda al profesor o instructor la evaluación oral durante el desarrollo de la misma; no obstante, puede requerir un informe escrito, si lo considera necesario. Una guía de los ítems que debe tener el informe se presenta en el Anexo II.