MANUAL DE USUARIO

Aplicable para el ajuste del menisco en la calibración de matraces de 50 mL a 500 mL en el Laboratorio de V0 del CENAMEP AIP

MeniscoApp

Versión 1.1/2026

SENACYT
Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

CENAMEP AIP
Centro Nacional de Metrología de Panamá AIP

Citar este manual como:

M. Núñez, E. Espinosa, J. Espinosa y B. Moreno, Manual de Usuario de la Aplicación MeniscoApp, Ciudad de Panamá, 2026, 42 páginas.

Autores:

Srta. Marta Núñez, Pasante del CENAMEP AIP

Ing. Eyleen Espinosa, Metróloga III

Lic. Johanna Espinosa, Metróloga II

Ing. Brayan Moreno, Metrólogo III

Revisión Técnica:

Dr. Jaime Estrella, Coordinador de I+D+i

Diseño:

Srta. Marta Núñez

Impresión:

NOVAPRINT, S.A.

Este manual está bajo una licencia de *Creative Commons*.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

Núñez, Marta

Manual de Usuario de la Aplicación MeniscoApp. / Eyleen Espinosa; Johanna Espinosa; Brayan Moreno. – Ciudad de Panamá, 2026, 42 páginas.

ISBN: 978-9962-8557-1-2

MeniscoApp
Versión 1.1/2026

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) por su Convocatoria de Estancias Académicas 2024, mediante la cual se pudo ejecutar el proyecto de Pasantía 1 del "*Programa de Pasantías Metrológicas en CENAMEP AIP- Ciclo 2025 a 2026*", bajo el **Contrato de Subsidio Económico DDCTT No. 144-2024** entre la SENACYT y el Centro Nacional de Metrología de Panamá AIP (CENAMEP AIP).

También se agradece al personal técnico del Laboratorio Secundario de Volumen en Cristalería (Laboratorio V0) y al personal en general del CENAMEP AIP. Además, se reconoce a la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) por el apoyo técnico en el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

Página

ÍNDICE DE FIGURAS ii
ÍNDICE DE TABLAS iii
PREFACIO iv
INTRODUCCIÓN 1
DESARROLLO DE ESTE MANUAL DE USUARIO 2
1.DEFINICIONES 2
2.DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INTERFAZ 3
3.REQUISITOS DE EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN 3
4.INTERFAZ 4
4.1.DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE LA INTERFAZ 5
4.2.USO DE LA APLICACIÓN 9
5.NOTA TÉCNICA – ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA 22
6.NOTAS DE SEGURIDAD 23
7.EJEMPLO PRÁCTICO DE MEDICIÓN 24
REFERENCIAS 32
ANEXO 33

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Estación de prueba de ajuste del menisco. 1
Figura 2. Operaciones que realiza la aplicación MeniscoApp. 3
Figura 3. Ventana principal de la aplicación MeniscoApp. 4
Figura 4. Configuración de la pestaña de Ajuste del menisco. 5
Figura 5. Configuración de la pestaña de Calibración. 6
Figura 6. Visualización de la pestaña de Registro de Mediciones. 8
Figura 7. Diagrama de conexiones para Raspberry Pi 4 y L298N. 9
Figura 8. Diagrama de conexión de alimentación a Raspberry Pi 4 con adaptador 5V. .. 10
Figura 9. Diagrama de conexión para la alimentación del circuito integrado L298N. 10
Figura 10. Diagrama electrónico completo de las conexiones a verificar. 11
Figura 11. Referencia de Raspberry Pi encendido. 12
Figura 12. Referencia del módulo L298N encendido. 12
Figura 13. Interfaz inicial de MobaXterm. 13
Figura 14. Pestaña de preparación del sistema. 14
Figura 15. Interfaz principal en estado de Pre-llenando. 15
Figura 16. Interfaz de la aplicación una vez completada la preparación. 15
Figura 17. Interfaz principal sin estado actual. 16
Figura 18. Interfaz al usar el botón de Vista Previa. 17
Figura 19. Pestaña de Calibración. 18
Figura 20. Opciones de volúmenes nominales para la calibración. 19
Figura 21. Visualización de la pestaña de Registro de Mediciones. 21
Figura 22. Visualización de la alerta "Sin detección" activa de segmentaciones. 25
Figura 23. Posicionamiento correcto del matraz. 26
Figura 24. Marcador ArUco para la calibración de un matraz de 500 mL. 27
Figura 25. Video en tiempo real con escala de calibración y detecciones activas. 27
Figura 26. Posicionamiento de la aguja dentro del matraz para el llenado y vaciado. 28
Figura 27. Registro automático de las detecciones durante el ciclo de ajuste. 29
Figura 28. Pérdida de detección de la línea de aforo. 30
Figura 29. Ajuste exacto del sistema. 30

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Elementos que conforman la aplicación. 5
Tabla 2. Descripción de componentes en la pestaña de Calibración. 7
Tabla 3. Descripción de componentes en la pestaña de Registro de Mediciones. 8
Tabla 4. Distancias sugeridas para la visualización de la línea de aforo y el menisco. 19
Tabla 5. Descripción del botón para ejecutar el ajuste del menisco. 20

PREFACIO

La calibración de matraces aforados constituye un procedimiento de alto nivel de exactitud, repetibilidad y control de variables que influyen en la determinación del volumen que contiene o entrega el instrumento, particularmente durante el ajuste del menisco. Tradicionalmente, este proceso depende en gran medida de la experiencia del operador, lo que puede introducir variabilidad en la medición y limitar la estandarización de la calibración.

En coherencia con la visión del Centro Nacional de Metrología de Panamá AIP (CENAMEP AIP), orientada al fortalecimiento de la trazabilidad, la confiabilidad de las mediciones y la mejora continua de los procesos de calibración surgió la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas que apoyen y modernicen las prácticas tradicionales del laboratorio. En este contexto, como respuesta a esta necesidad se diseñó *MeniscoApp*, una aplicación que integra sistemas de visión artificial y mecanismos de control de llenado y vaciado. Esta herramienta tiene la intención de optimizar el proceso del ajuste del menisco durante la calibración de matraces volumétricos.

Este manual se ha elaborado con el propósito de servir como guía clara y estructurada para el uso adecuado de la aplicación *MeniscoApp*. Con el propósito de brindarle mayor comprensión al usuario, se distribuye el contenido del manual en siete temas principales: definiciones que serán útiles para conocer a detalle a lo que se refieren con algunos conceptos, descripción general de la aplicación, requisitos del sistema que debe tomar en consideración el usuario al momento de ejecutar la aplicación, una descripción de los elementos de la interfaz, algunas notas técnicas para la actualización y mantenimiento del sistema, notas de seguridad, y, por último, se incluye un ejemplo práctico de medición para describir paso a paso la forma de encender, accionar y pausar el proceso de ajuste.

Este manual surgió a partir del proyecto "*Alineamiento automático de bajo costo para la calibración de recipientes volumétricos de vidrio*", ejecutado en el marco del Programa de Pasantías Metrológicas en el CENAMEP AIP. El desarrollo de este tipo de proyectos permite no solo la colaboración interinstitucional sino también, el fortalecimiento de competencias profesionales de estudiantes universitarios. En este sentido, se extiende un agradecimiento al personal técnico que brindó orientación y apoyo durante la pasantía, así como a las instituciones que hicieron posible su financiamiento, la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y el CENAMEP AIP. Su colaboración resultó fundamental para consolidar una solución orientada a la mejora continua de los procesos de calibración en volúmenes y, por ende, al fortalecimiento de la infraestructura metrológica nacional.

INTRODUCCIÓN

Este manual contiene la información necesaria para comprender de manera unificada cómo se debe utilizar la aplicación ***MeniscoApp***. Esta aplicación fue desarrollada con el propósito de optimizar el proceso para el ajuste del menisco durante la calibración de matraces volumétricos de vidrio de 50 mL a 500 mL, en concordancia con el procedimiento empleado en el **Laboratorio Secundario de Volumen del CENAMEP AIP**, en Panamá.

MeniscoApp ha sido implementada mediante una interfaz gráfica desarrollada en **PySide6**, lo que ofrece una plataforma intuitiva, moderna y compatible con distintos sistemas operativos. El diseño de la interfaz facilita la interacción entre el usuario y las herramientas de la aplicación, permitiendo una ejecución eficiente de las tareas requeridas en el proceso de calibración. En la **Figura 1** se muestra todo el sistema automático el cual será activado desde la aplicación.

La aplicación permite realizar diferentes tareas en tiempo real, entre ellas la detección automática de objetos, específicamente de la **línea de aforo** y del **menisco**. Por otra parte, proporciona funcionalidades avanzadas para segmentar ambos elementos, mostrando en pantalla las dimensiones correspondientes de las cajas delimitadoras obtenidas durante el procesamiento de imagen.

El usuario objetivo de esta aplicación será principalmente el personal técnico del Laboratorio de V0; sin embargo, se espera que pueda ser replicado en otras instituciones y laboratorios cuya actividad que realicen implique la utilización de matraces volumétricos. En las siguientes secciones, el usuario encontrará instrucciones detalladas sobre la instalación de la aplicación, la descripción de cada componente de la interfaz, y los pasos necesarios para ejecutar correctamente cada una de las funciones que ofrece *MeniscoApp*.



Figura 1. *Estación de prueba de ajuste del menisco.*

DESARROLLO DE ESTE MANUAL DE USUARIO

1. DEFINICIONES

A continuación, se definen algunos conceptos más utilizados en este manual. Para efectos de este manual se utilizaron las definiciones según la VIM [1].

Bomba peristáltica: elemento tipo hidráulico que permite el desplazamiento de distintos tipos de fluidos. Estos fluidos son contenidos en un tubo flexible en forma de "C" en el interior de la cubierta.

Calibración: operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Interfaz: también conocida como **GUI**, por sus siglas en inglés: *graphical user interface*; es una forma de presentar la información en una computadora mediante el uso de imágenes, íconos y otros elementos visuales.

Línea de aforo: marca grabada sobre el vidrio (o material que corresponda) del material volumétrico para indicar que ese es el volumen determinado.

Matraz: recipiente de laboratorio fabricado de vidrio y que posee una estructura de cuello largo y fondo plano que se utiliza para medir el volumen de las mezclas.

Menisco: es la curvatura que forma la superficie de un líquido cuando entra en contacto con las paredes de un recipiente transparente.

Microprocesador: circuito electrónico que procesa la energía necesaria para que funcione el dispositivo electrónico del que forma parte, ejecutando los comandos y los programas adecuadamente.

Programación: acción de programar que implica ordenar, estructurar o componer una serie de acciones cronológicas para cumplir un objetivo. Corresponde con el uso de lenguajes informáticos para imprimir en un sistema computacional funciones y procesos deseados.

PySide6: es una biblioteca de interfaz gráfica de usuario de Python que se basa en **Qt**; permite a los desarrolladores crear aplicaciones de escritorio con una interfaz gráfica de usuario moderna y potente.

Raspberry Pi: es una computadora de bajo costo y con un tamaño compacto, del porte de una tarjeta de crédito, puede ser conectada a un monitor de computador o un televisor, y usarse con un *mouse* y teclado estándar.

YOLO: que por sus siglas en inglés significa: *you only look once*; es un modelo de detección de objetos desarrollados por **Ultralytics** que incorpora técnicas avanzadas de aprendizaje automático para mejorar la precisión como la velocidad de las tareas de reconocimiento de imágenes.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INTERFAZ

La aplicación *MeniscoApp* es una interfaz desarrollada en **Python** con **PySide6 (Qt)** para controlar y monitorear el sistema automatizado de calibración de matraces aforados. Esta aplicación permite realizar las operaciones mostradas en la **Figura 2**.

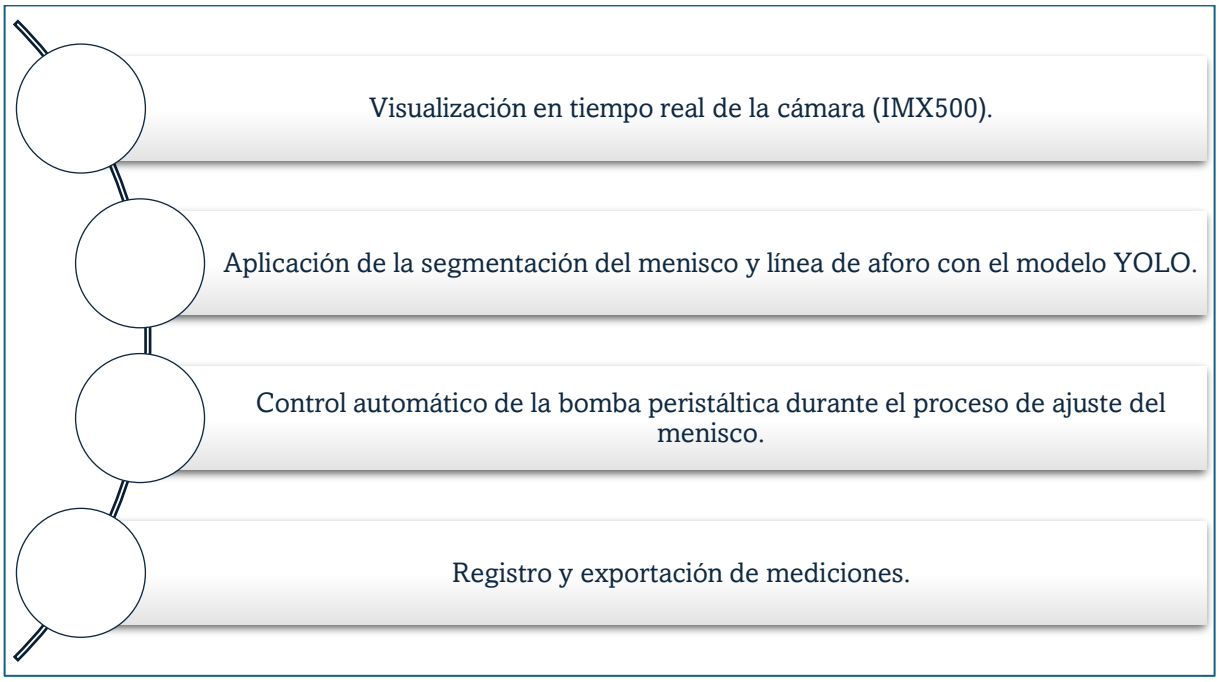


Figura 2. *Operaciones que realiza la aplicación MeniscoApp.*

3. REQUISITOS DE EJECUCIÓN DE LA APLICACIÓN

Para garantizar el correcto funcionamiento de la aplicación *MeniscoApp* y asegurar un desempeño adecuado del sistema de visión y control automático, es necesario que la computadora utilizada cumpla con los requisitos mínimos descritos en esta sección. El cumplimiento de estas especificaciones permite una ejecución estable de la aplicación y una correcta visualización de la interfaz.

Requisitos mínimos de *hardware*

- Computadora portátil o de escritorio.
- Procesador multinúcleo (equivalente o superior a Intel i5 o AMD Ryzen 5).

- Memoria RAM mínima de 8 GB.
- Al menos 5 GB de espacio libre en disco.
- Puerto USB disponible o conexión de red para comunicación con la Raspberry Pi.
- Pantalla con resolución mínima de 1920 × 1080 píxeles (Full HD).

Requisitos de *software*

- Sistema operativo Windows 10 o superior, o distribuciones Linux compatibles.
- Cliente de acceso remoto (MobaXterm).
- Conexión de red estable para la comunicación con la Raspberry Pi.
- Permisos de ejecución para aplicaciones Python.

Nota: el uso de configuraciones superiores a las especificadas puede mejorar el rendimiento del sistema, especialmente en términos de velocidad de procesamiento y estabilidad visual.

4. INTERFAZ

Para la ejecución de todo el sistema integrado para el ajuste del menisco se desarrolló esta interfaz con la posibilidad de realizar diferentes acciones y a su vez, obtener valores de las delimitaciones de la línea de aforo y del menisco. Esta interfaz está compuesta por tres pestañas denominadas **Ajuste del Menisco**, **Calibración** y **Registro de Mediciones**. En las siguientes páginas, se verá la descripción y la manera adecuada de ejecución de cada una de las pestañas.

En la **Figura 3** se muestra la ventana principal de la aplicación.

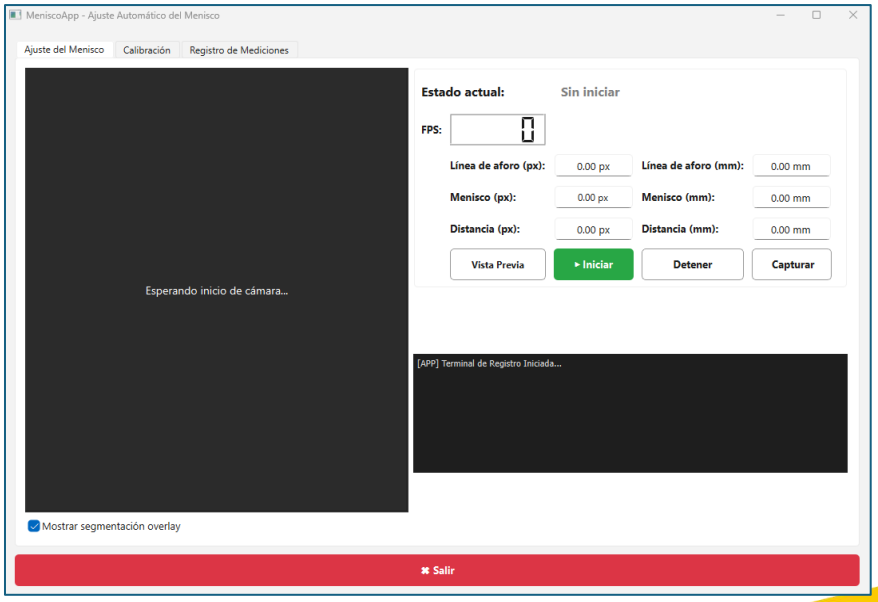


Figura 3. *Ventana principal de la aplicación MeniscoApp.*

4.1. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE LA INTERFAZ

Pestaña “Ajuste del Menisco”

En la **Figura 4** se muestra cómo está dispuesta la pestaña de **Ajuste del Menisco**. En términos generales, esta pestaña contiene un visor que presenta el video en tiempo real capturado por la cámara, así como los diferentes botones para ejecutar la aplicación.

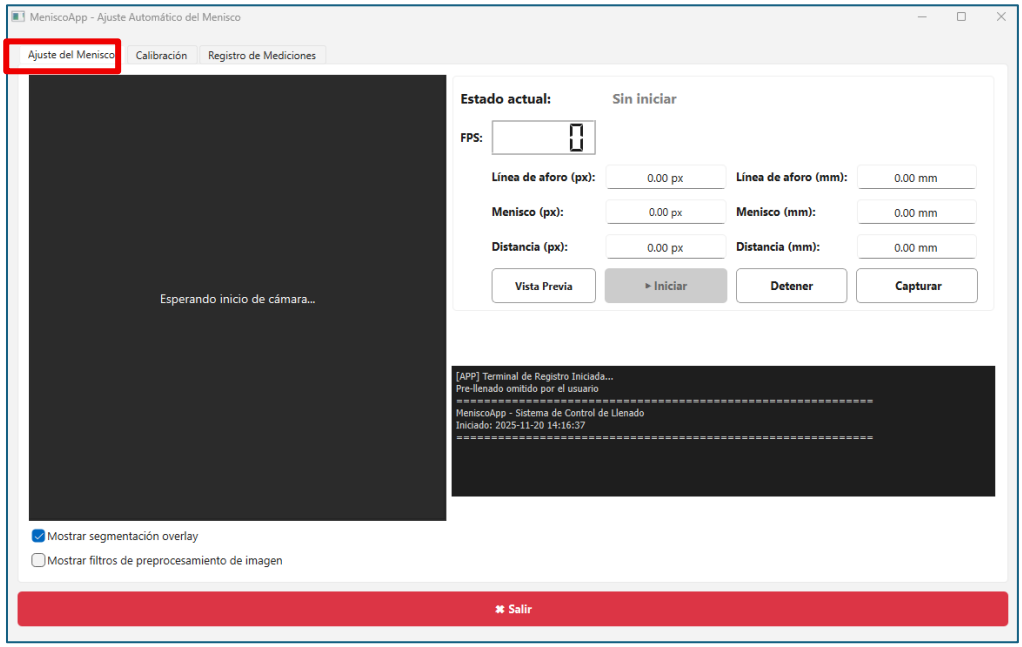


***Figura 4**. Configuración de la pestaña de Ajuste del Menisco.*

En la **Tabla 1** se muestran los elementos que conforman la pestaña de **Ajuste del Menisco**.

***Tabla 1**. Elementos que conforman la aplicación.*

Elemento	Descripción
Vista del video	Muestra la imagen en vivo de la cámara (IMX500 o USB). Si el modelo está activo, se visualizan los contornos del menisco y la línea de aforo.
Estado actual	Muestra el estado actual del sistema: *Llenado, Vaciando, Contacto exacto*, *Sin detección*, *Pausa de seguridad*.
FPS	Muestra la frecuencia de procesamiento (*frames per second*) del sistema.
Línea de aforo	Indica la dimensión de la altura de la línea de aforo detectada en píxeles (px) y su conversión en milímetros (mm).
Menisco	Indica la dimensión de la altura del menisco detectada en píxeles (px) y su conversión en milímetros (mm).
Distancia	Indica la distancia entre el punto más bajo del menisco y el punto más alto de la línea de aforo en unidades de píxeles (px) y milímetros (mm).

Vista Previa	Muestra el comportamiento del sistema sin activar la bomba; su fin es situar el matraz en una posición donde la cámara detecte la segmentación.
▶ Iniciar	Activa el control automático de la bomba.
Detener	Detiene temporalmente la inferencia y apaga la bomba sin cerrar la aplicación.
Capturar	Guarda una imagen del video actual con la segmentación en la carpeta de capturas definida el código (/Capturas interfaz).
(Casilla) Mostrar segmentación *overlay*	Permite activar o desactivar la visualización de la segmentación sobre el video.
X Salir	Cierra la aplicación y libera la cámara y los pines GPIO.

Pestaña "Calibración"

La pestaña Calibración tiene como propósito establecer la referencia espacial necesaria entre la imagen capturada por la cámara y las dimensiones reales del sistema de medición, permitiendo la conversión de unidades de píxeles a milímetros. Esta etapa es fundamental para garantizar la exactitud del sistema de visión y la correcta interpretación geométrica del menisco y línea de aforo durante el proceso automatizado de ajuste.

En la **Figura 5** se muestra cómo luce la pestaña Calibración.

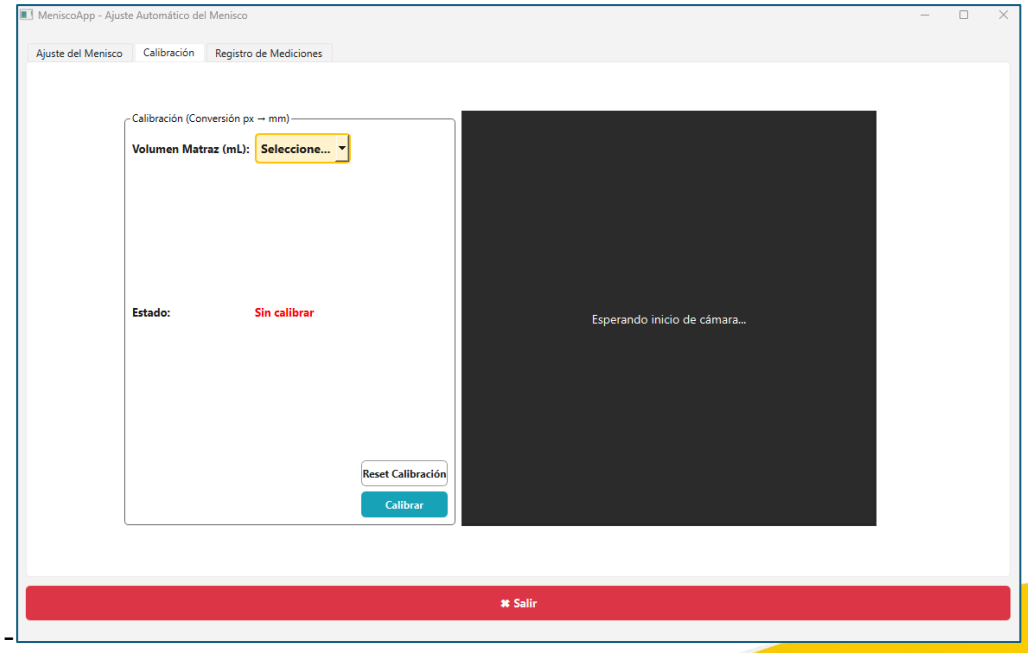


***Figura 5**. Configuración de la pestaña de Calibración.*

La **Tabla 2** describe los componentes de la pestaña Calibración.

Tabla 2. *Descripción de componentes en la pestaña Calibración.*

Elemento	Descripción
Vista del video	Muestra la imagen en vivo de la cámara para permitir la calibración con una imagen ArUco. Si el modelo está activo, se visualizan los contornos del menisco y la línea de aforo.
Volumen Matraz (mL)	Permite seleccionar el volumen del matraz al cual se le realizará el ajuste del menisco.
Estado	Muestra el estado actual de la calibración: Sin Calibrar, Buscando referencia ArUco, Calibrado.
Reset Calibración	Elimina la referencia ArUco anterior permitiendo una nueva referencia.
Calibrar	Detecta el marcador ArUco en la cámara y almacena la información de referencia en un archivo de extensión.json.
X Salir	Cierra la aplicación y libera la cámara y los pines GPIO.

Para calibrar la cámara se requerirá utilizar la figura mostrada en el **Anexo**. Para ello se deberá hacer clic en el botón Calibrar una vez se haya colocado en frente la figura mencionada. Las instrucciones detalladas de calibración se encuentran en el apartado Uso de la aplicación, **Paso 6**.

Pestaña "Registro de Mediciones"

En esta pestaña se registrarán las mediciones realizadas en el momento. Se indicará la hora y fecha, el volumen nominal del matraz (previamente seleccionado en la pestaña de Ajuste del Menisco y, las dimensiones de las cajas delimitadoras del aforo y el menisco.

Adicional a ello, se registrará la distancia entre el punto más bajo del borde del menisco y el punto más alto de la línea de aforo. Por último, se registrará el tiempo (expresado en segundos) que se demora en ajustar el menisco.

En la **Figura 6** se muestra la visualización de la pestaña de Registro de Mediciones.

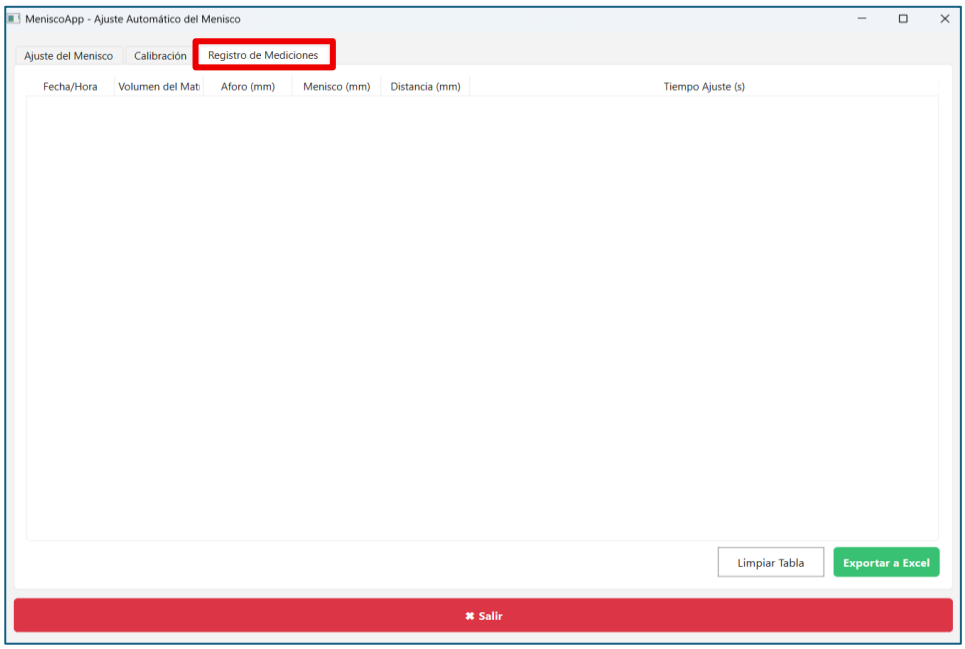


Figura 6. *Visualización de la pestaña de Registro de Mediciones.*

En la **Tabla 3** se describen los componentes que conforman la pestaña de **Registro de Mediciones**.

Tabla 3*. Descripción de componentes en la pestaña de Registro de Mediciones.*

Elemento	Descripción
Tabla de registro	Muestra de manera automática todas las mediciones generadas durante el proceso de ajuste. La tabla de registro se actualiza en tiempo real cada vez que se completa una medición, incluso si solo se detecta una de las clases.
Limpiar Tabla	Elimina todo el contenido de la tabla de mediciones, dejándola vacía para iniciar un nuevo registro.
Exportar a Excel	Genera un archivo Excel o CSV con todas las mediciones registradas en la tabla.
X Salir	Cierra la aplicación y libera la cámara y los pines GPIO.

4.2. USO DE LA APLICACIÓN

En esta sección se establecerán las acciones que se deben seguir paso a paso para realizar un adecuado uso de la aplicación.

Paso 1 **Verificación de conexiones**

Antes de energizar el sistema será necesario realizar lo siguiente:

- Asegurarse de que la Raspberry Pi y el módulo de control de la bomba (L298N) estén correctamente conectados.
- Revisar que no existan cables sueltos o flojos, especialmente en los pines GPIO:

  GPIO17 → IN1 (dirección hacia adelante)
  GPIO27 → IN2 (dirección en reversa)
  GPIO18 → ENA (control PWM de velocidad)
  GND común entre la Raspberry y la fuente de la bomba.

Las conexiones deben cumplir con el diagrama electrónico mostrado en la **Figura 7**.

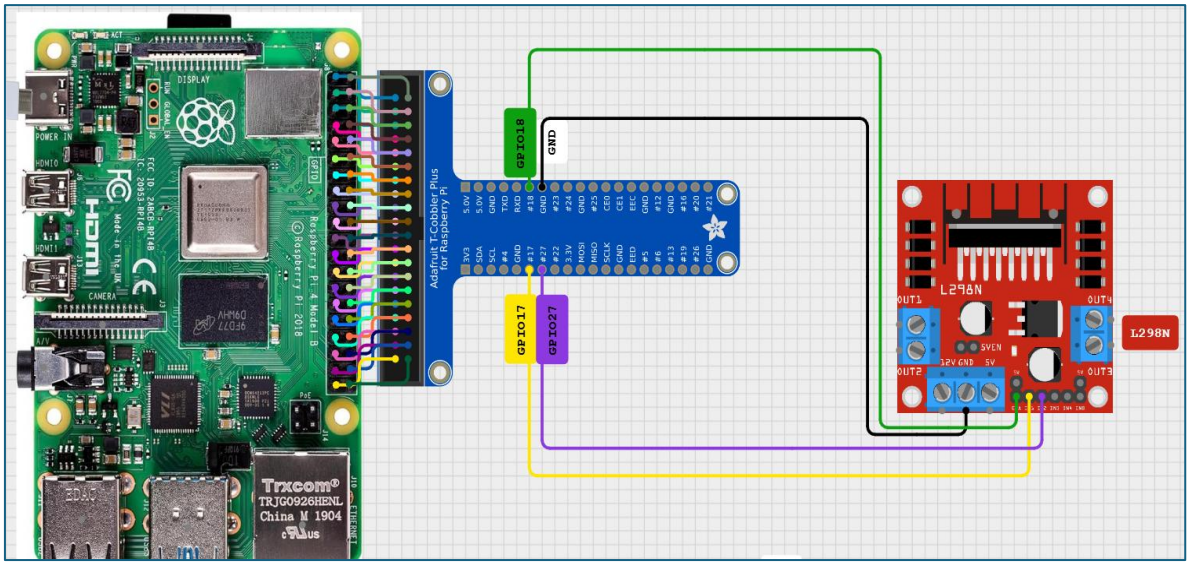


***Figura 7**. Diagrama de conexiones para Raspberry Pi 4 y L298N.*

Es importante confirmar que el circuito está correctamente alimentado por la fuente de 12 V para el circuito integrado L298N y el adaptador de 5 V para la Raspberry. Para tener una referencia de lo anterior, se muestran las **Figuras 8**, **9** y **10**.

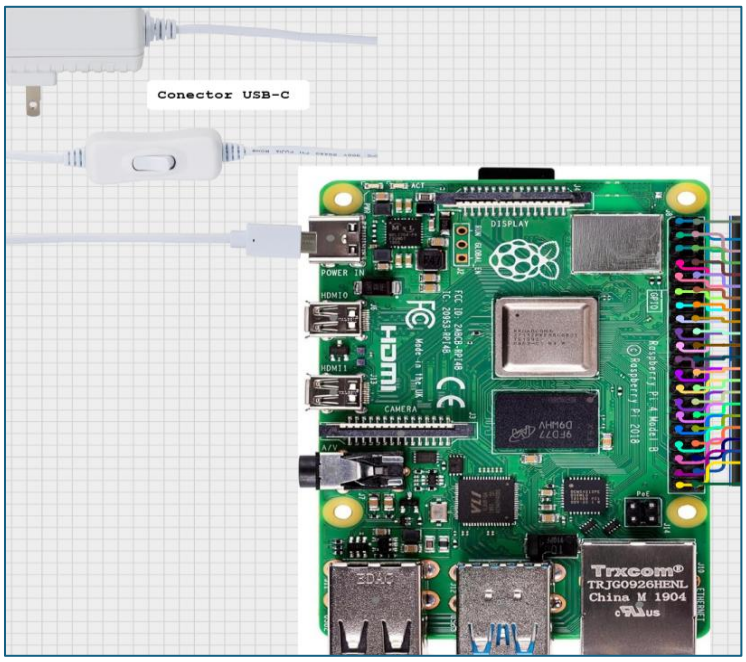


Figura 8. *Diagrama de conexión de alimentación a Raspberry Pi 4 con adaptador 5V.*

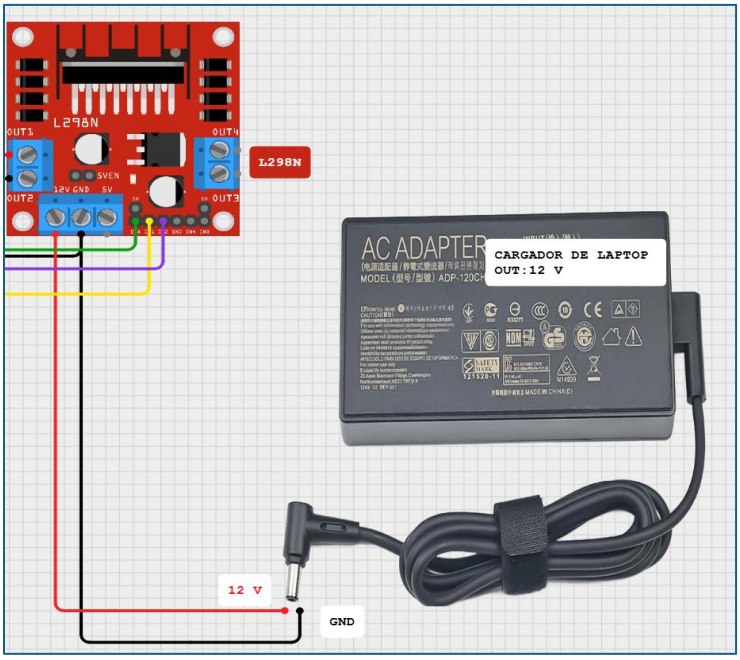


Figura 9. *Diagrama de conexión para la alimentación del circuito integrado L298N.*

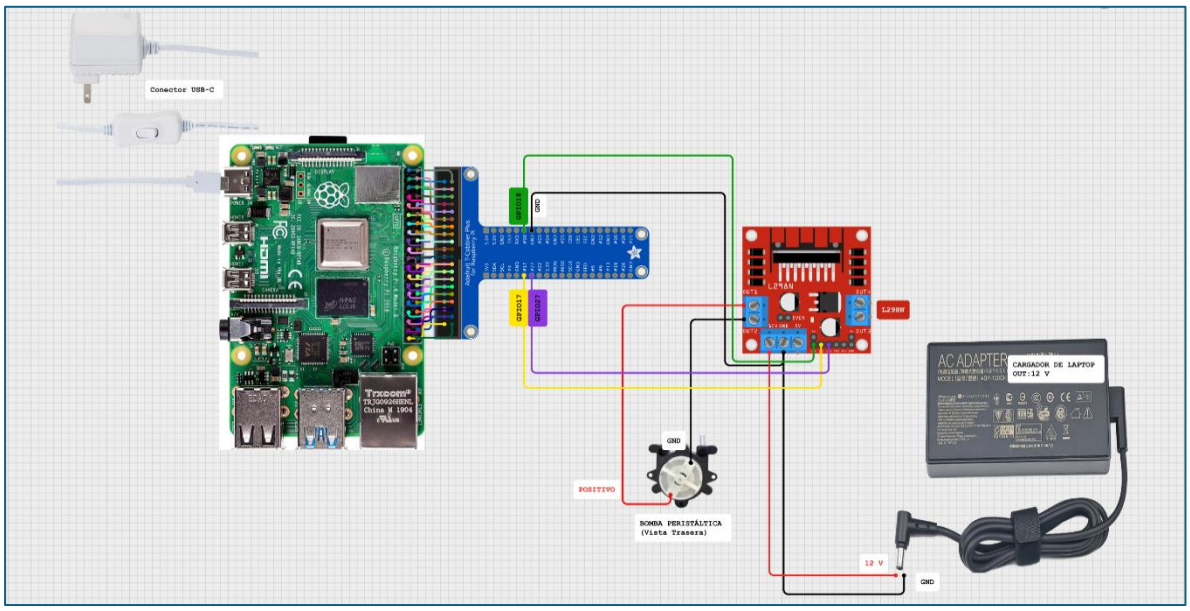


Figura 10. *Diagrama electrónico completo de las conexiones a verificar.*

Paso 2 Encendido del sistema

Conectar ambos enchufes a una regleta de alimentación común (uno para la Raspberry y otro para la bomba).

Al energizar el sistema:

- La Raspberry Pi se encenderá automáticamente; se deben encender dos luces (verde y rojo) (ver **Figura 11**). Es importante mencionar que ambas luces deben permanecer encendidas. La luz verde estará parpadeando.
- El módulo de la bomba debe encender un LED rojo.
- Esperar alrededor de 45 s hasta que la Raspberry cargue el sistema operativo.



Figura 11. *Referencia de Raspberry Pi encendido.*

En la **Figura 12** se visualiza cuándo el módulo L298N está encendido.

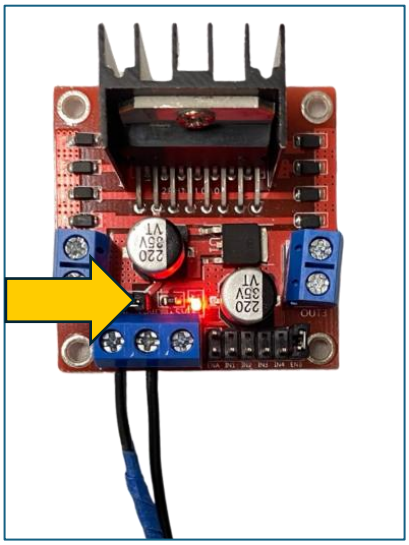


Figura 12. *Referencia del módulo L298N encendido.*

Paso 3 **Acceso y visualización de la interfaz desde la laptop**

En la laptop, abra la aplicación **MobaXterm** y asegúrese que esté conectado tanto a la laptop como a la ***Raspberry Pi*** mediante ***Tailscale*** (conexión privada).

En sesiones de usuario, seleccione la dirección **RASPBERRY PI** haciendo doble clic. Este paso se realiza para iniciar la terminal de la Raspberry pi como se muestra en la **Figura 13**.

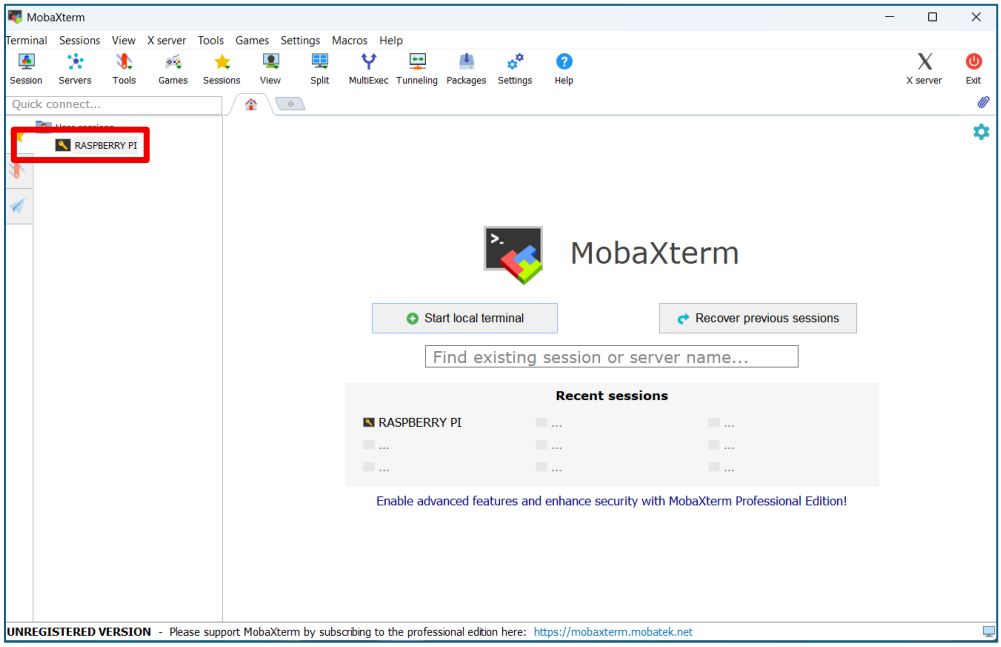


Figura 13. *Interfaz inicial de MobaXterm.*

Una vez abierta la terminal de la Raspberry en **MobaXterm**, copie la siguiente línea:

source /home/pruebas/venapp/bin/activate && python /home/pruebas/Desktop/menisco app/widget.py

En caso de que el usuario desee pegar esta línea en la terminal, haga clic derecho sobre la última línea. Para ejecutar el comando presione la tecla *enter*.

Con esto, lo que sucede es que:

- Se activa automáticamente el entorno virtual de la aplicación (venapp).
- Se ejecuta el programa ubicado en la dirección del comando (widget.py).

Paso 4 Preparación inicial

Antes de cargar la interfaz principal, aparecerá un cuadro de diálogo preguntando:

> **"¿Desea realizar una preparación del sistema antes de iniciar la medición?"**

Esta preparación es opcional pero recomendada cuando el sistema automático se usa por primera vez en el día.

En la **Figura 14** se muestra cómo se prepara el sistema automático.

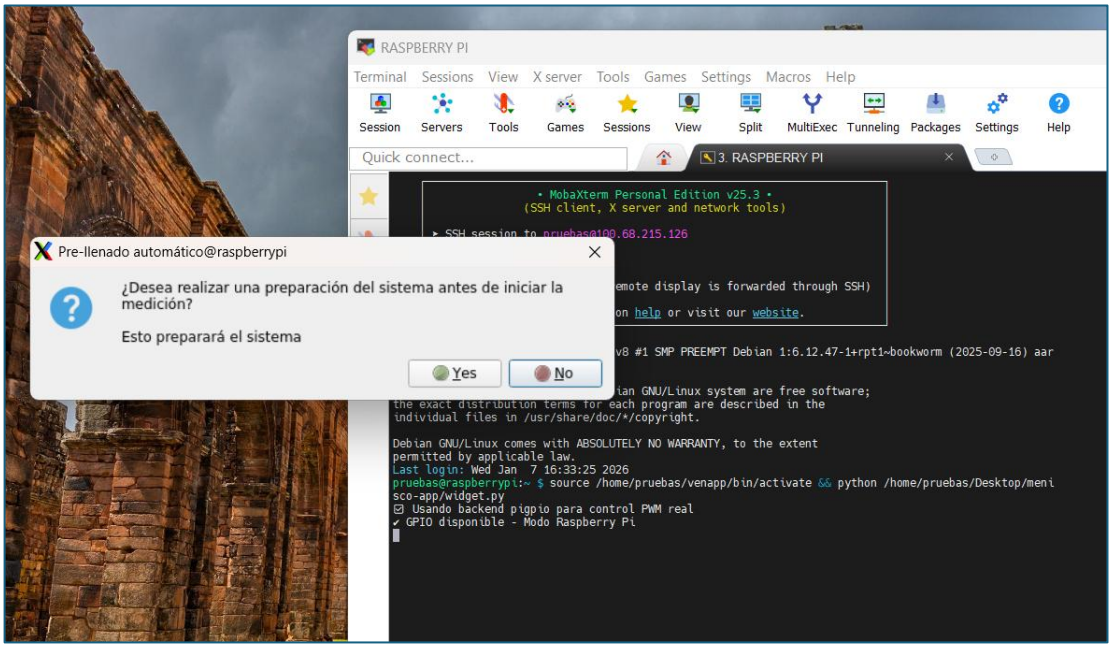


Figura 14. *Pestaña de preparación del sistema.*

En el cuadro de diálogo, si se selecciona "**Sí**":

La bomba realiza un bombeado de agua a alta velocidad durante unos segundos, hasta llenar el tramo de mangueras. Durante este proceso, el campo "**Estado actual:**" de la aplicación mostrará el estado "**Pre-llenando**", acompañado del tiempo estimado restante para la finalización de esta etapa tal como se muestra en la **Figura 15**.

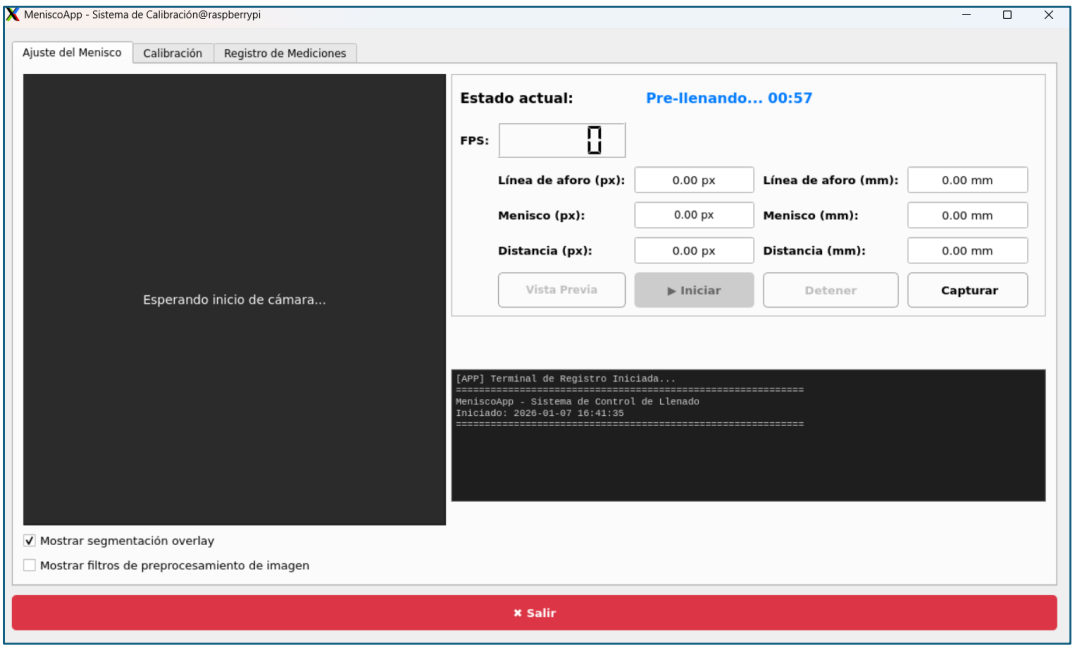


Figura 15. *Interfaz principal en estado de Pre-llenando.*

Una vez completado el pre-llenado, el sistema despliega en pantalla un cuadro de diálogo que confirma la correcta finalización de la preparación inicial y presenta recomendaciones sobre las funciones que pueden ejecutarse a continuación dentro de la aplicación (ver **Figura 16**).

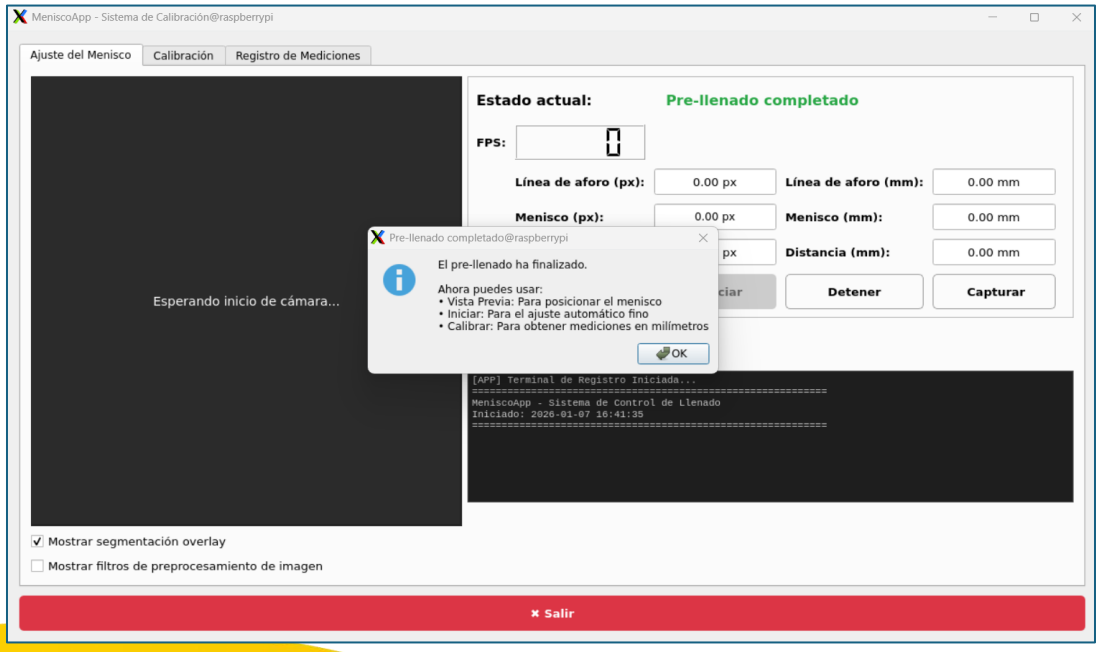


Figura 16. *Interfaz de la aplicación una vez completada la preparación.*

Si se selecciona “**No**” en el cuadro de diálogo:
El sistema pasa directamente a la interfaz principal para iniciar el proceso de ajuste del menisco.

Paso 5 Previsualización del modelo

Una vez que el cuadro de preparación haya sido completado (o saltado), se mostrará la interfaz principal de *MeniscoApp* como se muestra en la **Figura 17**.

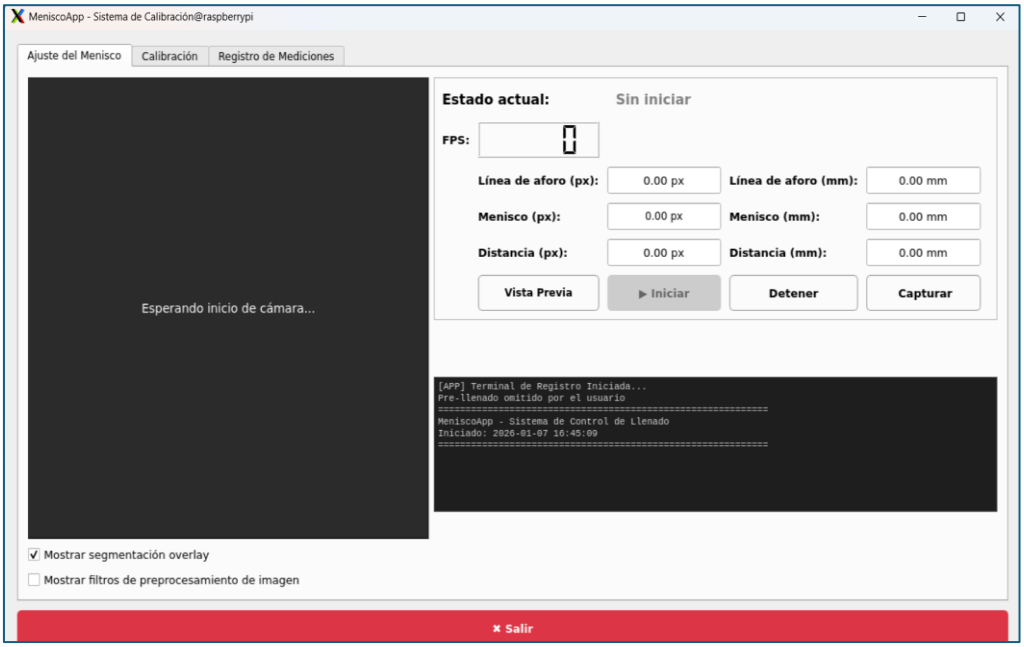


Figura 17. *Interfaz principal sin estado actual.*

Para el control de la cámara y visualización se requerirá realizar las siguientes acciones:

- Al iniciar la aplicación, la cámara no se activa automáticamente. Por lo que es necesario presionar el botón de [Vista Previa] como se muestra en la **Figura 18**.

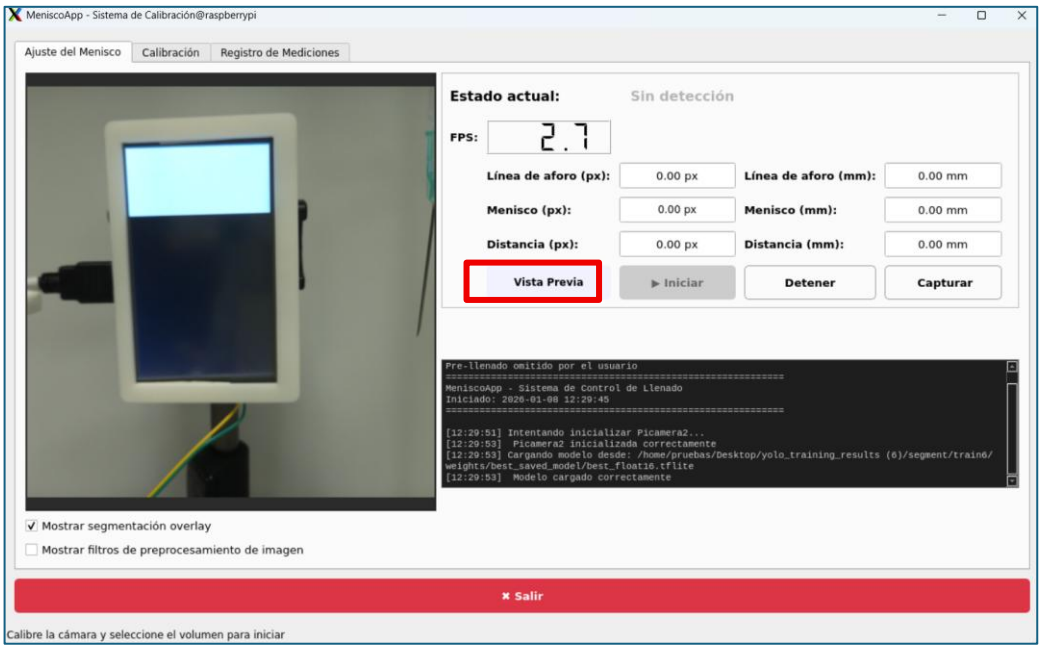


Figura 18. *Interfaz al usar el botón de Vista Previa.*

Al presionar Vista Previa, la aplicación ejecuta la siguiente secuencia:

- Inicializa la cámara y carga el modelo YOLO.
- Comienza la detección del menisco y la línea de aforo en cada cuadro.
- Indica los estados en los que debería trabajar la bomba.

Este botón busca facilitar el ajuste del enfoque del lente de la cámara, verificar iluminación, o centrar el matraz aforado antes de comenzar. El objetivo es confirmar que el modelo detecte la línea de aforo y el menisco.

Nota: el proceso de iniciar la cámara y el modelo suele tomar unos minutos en mostrar la imagen debido a la carga de archivos necesarios para funcionar debidamente. Siempre se debe comenzar con el botón de vista previa; **sin activarlo y sin calibración no se habilitará el botón para iniciar el ajuste del menisco.**

Paso 6 Calibración

Para iniciar el proceso de calibración, presione la pestaña Calibración ubicada en la parte superior de la interfaz principal de la aplicación (ver **Figura 19**).

Antes de continuar, tenga en cuenta lo siguiente:

- Se debe colocar el matraz en la posición óptima para su detección (ver **Tabla 4**).
- La calibración debe ejecutarse primero cuando la aplicación lo indique, ya que este proceso permite que el sistema ajuste correctamente sus parámetros internos de medición.
- Si la calibración no se ha realizado o es inválida, el sistema bloqueará los pasos posteriores.

Una vez dentro de la pestaña, siga este procedimiento para completar la calibración correctamente.

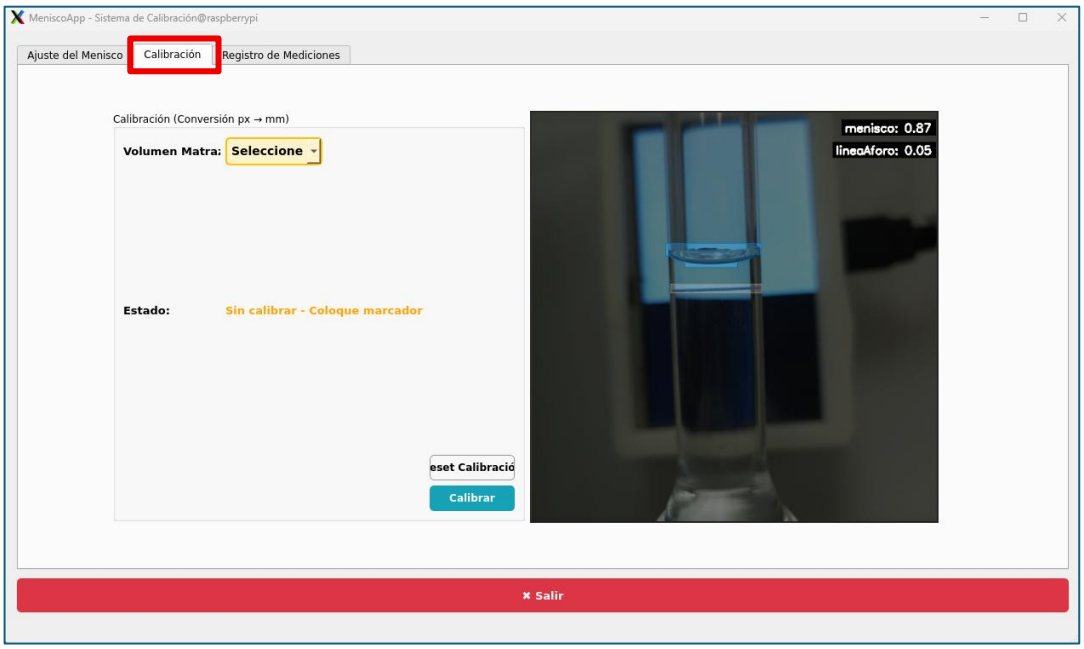


Figura 19. *Pestaña de Calibración.*

Nota: este proceso solo es necesario cuando el sistema lo solicita (por ejemplo, al primer uso o al usar diferentes matraces).

Tabla 4. *Distancias sugeridas para la visualización de la línea de aforo y el menisco.*

Capacidad del matraz	Distancia cámara–soporte de pantalla
mL	**cm**
50.0	28.0
100.0	31.0
250.0	29.0
500.0	20.7

Las distancias mostradas en la **Tabla 4** pueden variar dependiendo de la forma en que se ajuste el soporte de la cámara. Lo principal es procurar que durante la vista previa el modelo sea capaz de segmentar la línea de aforo y el menisco del matraz.

Nota: recuerde que el matraz ya debe contar con un llenado inicial donde se aprecie la formación del menisco aproximadamente 1 centímetro por debajo de la línea de aforo. Este llenado se debe realizar manualmente.

Con la distancia previamente establecida, seleccione en la interfaz el volumen del matraz que se va a ajustar (ver **Figura 20**).

Los volúmenes disponibles en el menú desplegable corresponden exclusivamente a aquellos para los cuales la aplicación ha sido calibrada y funciona correctamente.

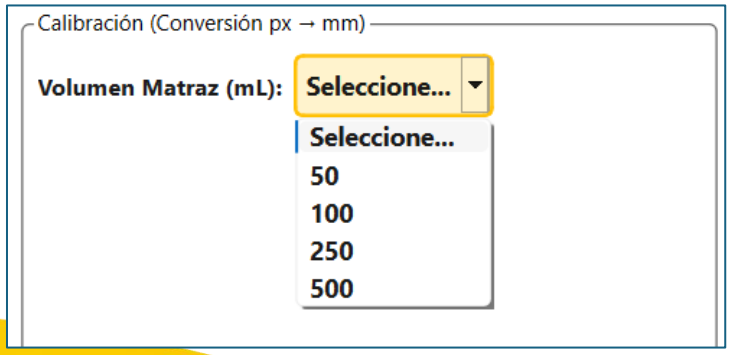


Figura 20. *Opciones de volúmenes nominales para la calibración.*

A continuación, la pantalla debe proyectar el marcador **ArUco** (ver **Anexo**). Verifique que la imagen se visualice completa, sin modificar la distancia establecida en el paso anterior.

Si la visualización es correcta, presione el botón Calibración. El sistema mostrará un cuadro de diálogo indicando la escala con la que trabajará el modelo durante las mediciones. En caso de que la pantalla no proyecte la imagen, puede utilizar el marcador **ArUco** anexado como apoyo. Colóquelo en la misma posición y orientación donde normalmente se ubica la pantalla, de manera que el sistema pueda realizar correctamente la calibración. Una vez completada la calibración correctamente, y verificado que el sistema reconoce la escala de trabajo, se puede proceder con la **ejecución del proceso principal**.

Paso 7 Ejecución del proceso principal

En la **Tabla 5** se muestra la descripción del botón que sirve para ejecutar el proceso principal.

Tabla 5. *Descripción del botón para ejecutar el ajuste del menisco.*

Botón	Función	Descripción
▶ Iniciar	Proceso automático (Cámara y llenado)	Este modo solo debe usarse cuando el sistema ya esté correctamente enfocado y listo para realizar la calibración.

Al presionar ▶ Iniciar, la aplicación ejecuta la siguiente secuencia:

- Controla la bomba de forma automática según la distancia detectada entre ambos. Se mostrará alguno de los siguientes estados:

  Llenado: la bomba opera hasta llevar el menisco por encima de la línea de aforo.
  Vaciado: la bomba gira en sentido contrario para extraer agua del matraz hasta ajustar el menisco.
  Contacto exacto: la bomba se detiene y realiza una pequeña reversa para evitar goteo luego de detectar una diferencia de centésimas de milímetro.

Durante el funcionamiento:

- Se puede presionar Capturar en cualquier momento para guardar una imagen de la vista actual (con o sin segmentación, según la casilla *Overlay*).
- Si se desea pausar temporalmente el sistema, presionar Detener.
- Para finalizar el proceso por completo, presionar X Salir; esto detiene la cámara, el modelo y la bomba.

Paso 8 Exportación

Para realizar la exportación de las detecciones diríjase a la pestaña **Registro de Mediciones** (ver **Figura 20**). En esta pestaña, las mediciones se guardan con el objetivo de permitir su posterior exportación en formato Excel.

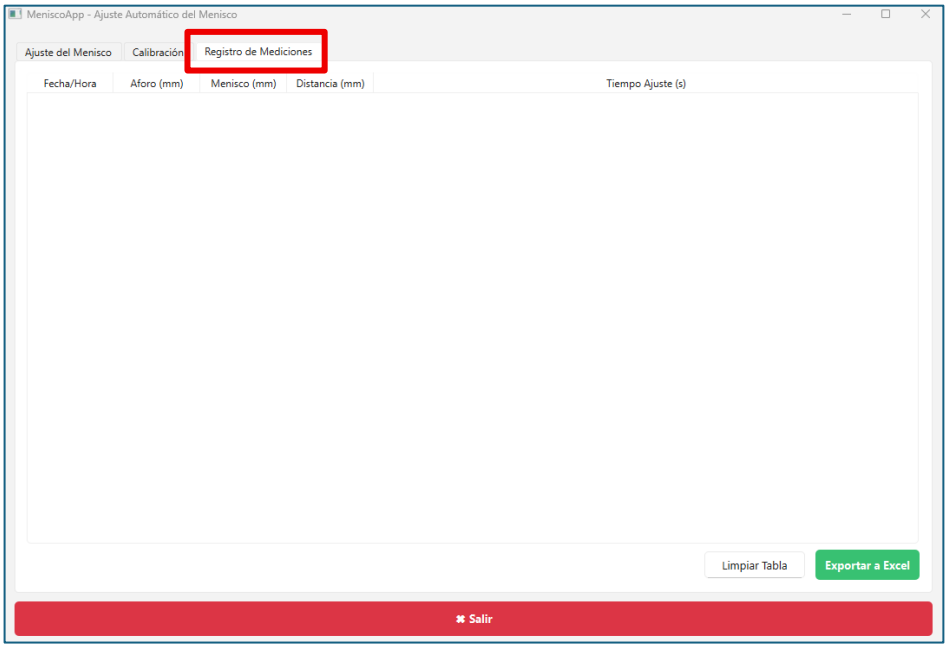


Figura 21. *Visualización de la pestaña de Registro de Mediciones.*

Tenga en cuenta las siguientes consideraciones importantes:

- El sistema **solo registra mediciones cuando se presiona el botón** ▶ Iniciar en el proceso principal. Si no se ejecuta el proceso mediante el botón ▶ Iniciar, no se almacenará información en el registro.
- Cada registro incluye los datos detectados durante el ciclo automático de ajuste del menisco.

Una vez finalizado el ciclo de medición:

1. Acceda a la pestaña **Registro de Mediciones**.
2. Verifique que los datos se visualicen correctamente en la tabla.
3. Presione el botón Exportar a Excel para descargar un archivo con todas las mediciones registradas.

El archivo generado contendrá el historial del ciclo de mediciones realizado, permitiendo su análisis, respaldo o trazabilidad posterior.

Paso 9 **Finalización**

1. Para detener la rutina, presionar X Salir .
   - La bomba se detiene automáticamente.
   - Los hilos de la cámara y detección se cierran.
2. Si se desea apagar todo el sistema, primero se debe apagar la Raspberry pegando el siguiente comando en la consola de **MobaXterm**:

```
sudo shutdown
```

3. Apagar la regleta de alimentación.
4. Esperar unos segundos hasta que el indicador LED del L298N y la Raspberry se apaguen por completo antes de desconectarlos físicamente.

5. NOTA TÉCNICA – ACTUALIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Para mantener un funcionamiento estable y seguro del sistema basado en Raspberry Pi, se recomienda realizar actualizaciones periódicas del sistema operativo y los paquetes instalados. Estas actualizaciones contribuyen a mejorar la seguridad, compatibilidad y estabilidad general del equipo.

Las actualizaciones se deben realizar antes de iniciar el uso del sistema. No se recomienda actualizarlo durante una calibración, ni inmediatamente antes de iniciar una medición, ya que esta sección podría modificar dependencias del sistema o requerir reinicios inesperados.

Se recomienda efectuar las actualizaciones con una **frecuencia mensual**, siempre que el sistema no se encuentre en operación metrológica activa.

Para actualizar el sistema, ejecutar los siguientes comandos en la terminal de la Raspberry Pi:

```
sudo apt update && sudo apt full-upgrade
sudo reboot
```

Antes de realizar la actualización:

- Asegurarse de que no haya procesos de medición en ejecución.
- Verificar que la aplicación *MeniscoApp* esté completamente cerrada.

Después de la actualización:

- Confirmar el correcto encendido del sistema.
- Verificar la comunicación con la cámara y los módulos de control antes de retomar el uso normal.

6. NOTAS DE SEGURIDAD

Ubicación y gestión del programa

- El programa debe mantenerse en su ubicación original dentro de la Raspberry Pi. La carpeta principal de la aplicación se encuentra en el Escritorio (Desktop) y se denomina **menisco-app**. En esta carpeta se alojan los archivos necesarios para la ejecución de la aplicación.
- La Raspberry Pi cuenta con un entorno virtual que contiene las librerías requeridas por el sistema. Dicho entorno se encuentra en la carpeta principal de la Raspberry Pi, denominada **pruebas**, donde también se almacena el modelo de inteligencia artificial de segmentación.
- No modifique, renombre ni elimine archivos o carpetas dentro de estas ubicaciones, ya que esto puede impedir la correcta ejecución del programa.
- Se recomienda mantener el sistema actualizado y con la menor carga posible de archivos innecesarios, con el fin de asegurar un funcionamiento fluido y estable.

Apagado y manipulación del sistema

- Nunca apague la Raspberry Pi desconectándola directamente de la alimentación. Siempre debe realizarse un apagado seguro del sistema operativo, ya que un corte abrupto de energía puede dañar la tarjeta microSD que contiene el sistema y la aplicación.

Conexiones eléctricas y hardware

- Verifique siempre que exista un ***ground*** común entre la Raspberry Pi y el módulo L298N, ya que una referencia de tierra incorrecta puede provocar fallos de funcionamiento.
- No conecte nunca el módulo L298N directamente a los pines de alimentación de la Raspberry Pi, ya que este se alimenta con 12 V, lo que puede provocar daños permanentes en la Raspberry.
- Revise que la pantalla *display* esté correctamente conectada:
    - Alimentación desde un puerto de 5 V de la Raspberry Pi.
    - Conexión adecuada a ***ground (GND)***. Una conexión incorrecta puede causar fallos de visualización o dañar el *display*.

Software y operación

- No ejecute la aplicación con otros programas de alto consumo abiertos simultáneamente, ya que puede afectar el rendimiento de la detección y el control del llenado.
- No cierre la aplicación de forma forzada durante un ciclo de medición en ejecución.

Protección del *hardware*

- Evite la presencia de líquidos cerca de la Raspberry Pi, la pantalla y el L298N, ya que cualquier derrame puede ocasionar cortocircuitos.
- No conecte ni desconecte cables con el sistema energizado.

7. EJEMPLO PRÁCTICO DE MEDICIÓN

Matraz aforado de 500 mL

El siguiente ejemplo describe el procedimiento completo para la toma de datos y ajuste automático del menisco utilizando un matraz aforado de 500 mL mediante la aplicación *MeniscoApp*. Este ejemplo tiene fines ilustrativos del funcionamiento del sistema.

Preparación inicial

Antes del encendido del equipo, se debe preparar la calibración siguiendo el método gravimétrico [2]. El matraz se llena manualmente utilizando un embudo y un vaso de ensayo con agua desionizada, hasta aproximarse al nivel requerido para el ajuste posterior.

Una vez preparado el sistema (**Paso 1**), se procede al encendido del equipo (**Paso 2**) y se accede a la computadora donde se ejecutará la aplicación *MeniscoApp*.

A continuación, se siguen los **Pasos 3** y **4** del manual, correspondientes a la preparación inicial de las tuberías del sistema.

Ajuste de visualización y posicionamiento

Se presiona el botón Vista Previa y se coloca el matraz frente a la cámara. Se recomienda utilizar un elevador para mejorar la visibilidad y facilitar el ajuste de posición.

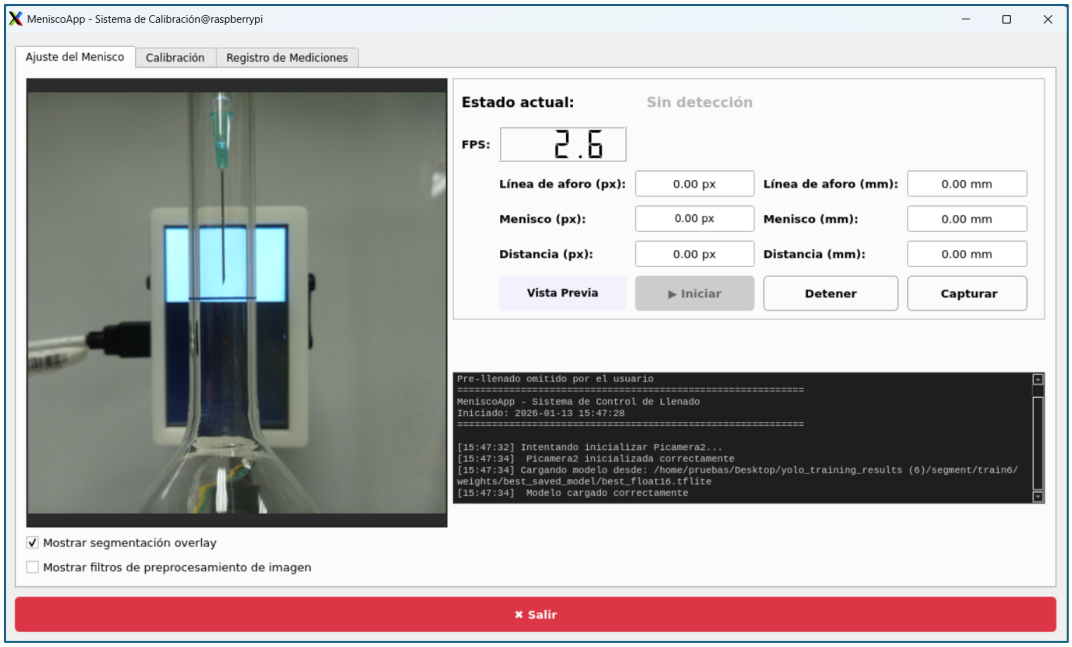


Figura 22. *Visualización de la alerta "Sin detección" activa de segmentaciones.*

El matraz se desplaza cuidadosamente hasta lograr la detección simultánea del menisco y la línea de aforo. En las **Figuras 22** y **23** se muestra cómo debe acercarse la cámara al matraz hasta que ambas segmentaciones sean detectadas correctamente.

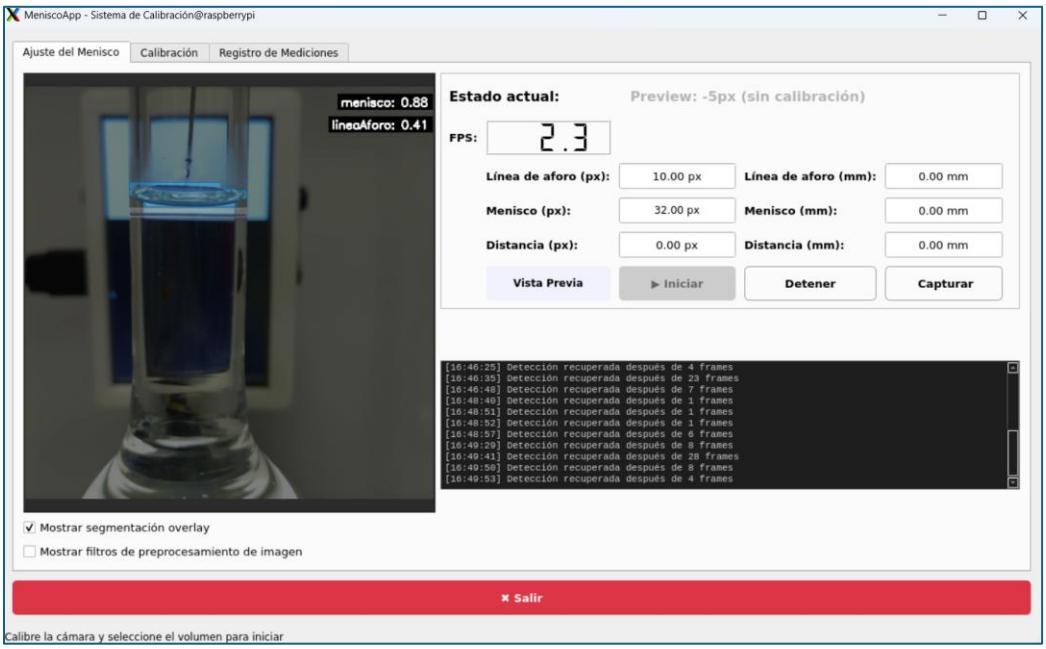


Figura 23. *Posicionamiento correcto del matraz.*

Una vez lograda la detección, se fija la distancia entre la cámara y el soporte de la pantalla. Durante este proceso, la pantalla proyecta una imagen de alto contraste, la cual se ajusta automáticamente mediante comunicación UDP, posicionándose algunos píxeles por debajo de la línea de aforo detectada para mejorar la identificación del menisco.

Calibración del sistema

Con la distancia establecida, se accede a la pestaña **Calibración**, se selecciona el volumen correspondiente a 500 mL y se proyecta el marcador **ArUco**.

Posteriormente, se presiona el botón **Calibrar**, y el sistema muestra un cuadro de diálogo indicando la escala de calibración detectada, como se observa en la **Figura 24**.

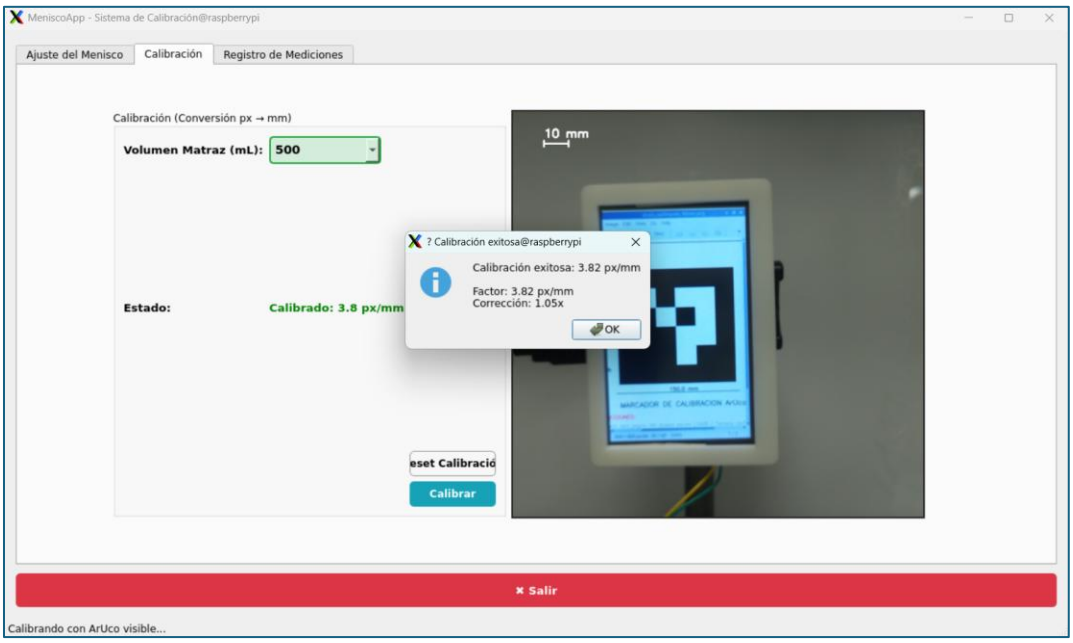


Figura 24. *Marcador ArUco para la calibración de un matraz de 500 mL.*

Ejecución del ajuste automático

Una vez completada la calibración, se regresa a la pestaña principal (Ajuste del menisco) y se habilita el botón ▶ Iniciar, tal como se muestra en la **Figura 25**.

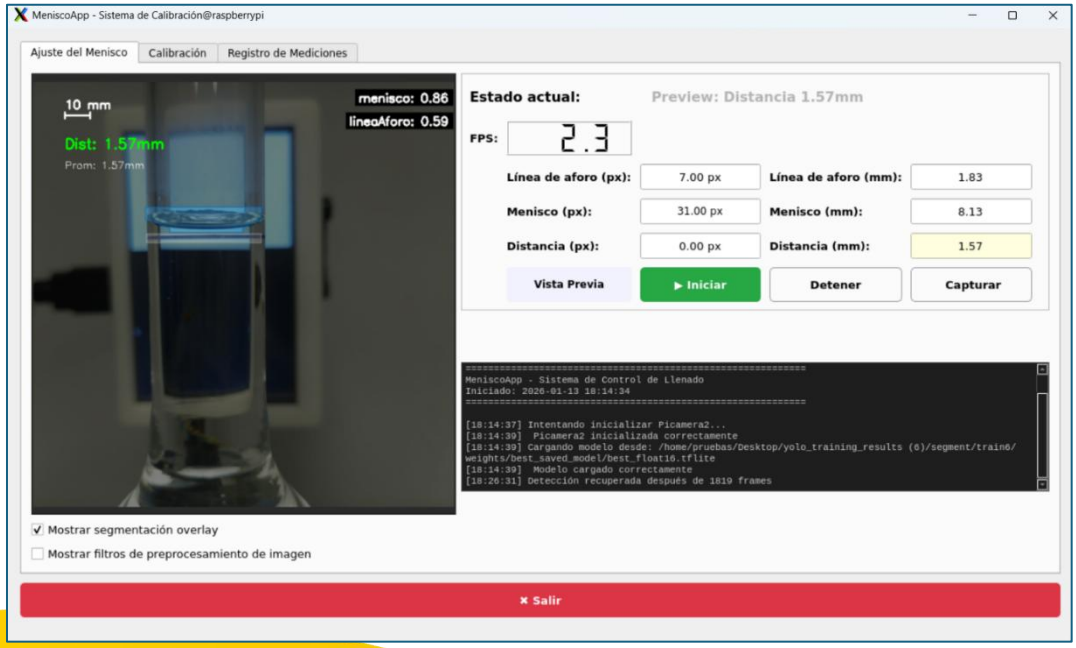


Figura 25. *Video en tiempo real con escala de calibración y detecciones activas.*

En esta etapa, se inserta la aguja de una jeringa conectada adentro del matraz (ver **Figura 26**), cuidando que no bloquee completamente la visibilidad de la línea de aforo. A continuación, se presiona el botón ▶ Iniciar para comenzar el proceso de ajuste automático.

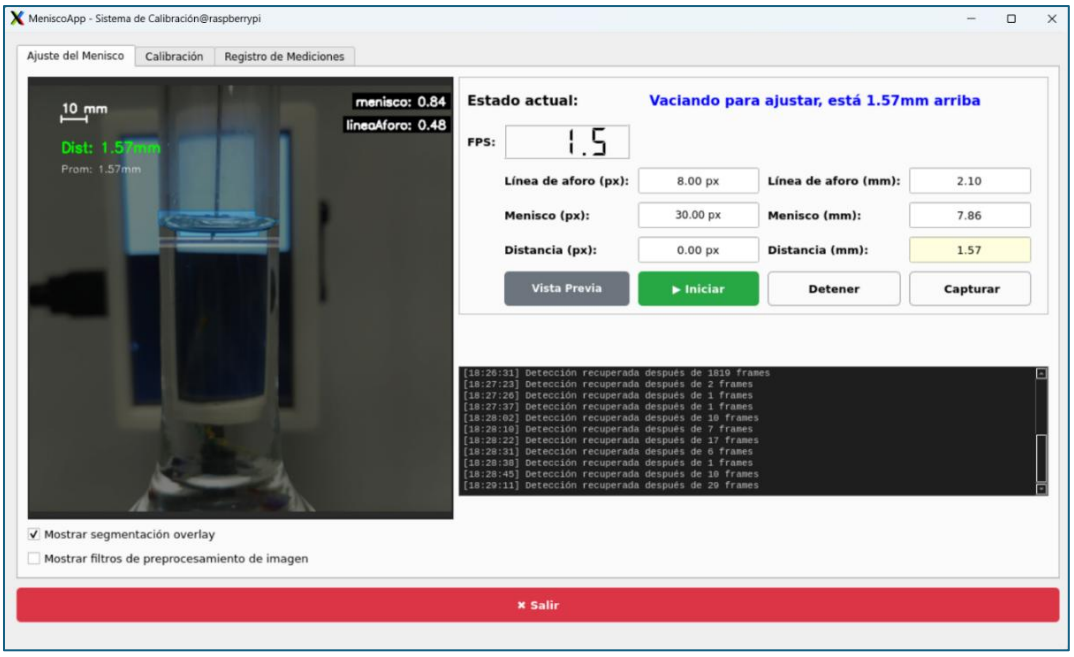


Figura 26. *Posicionamiento de la aguja dentro del matraz para el llenado y vaciado.*

Al iniciar el proceso:

- Se ejecuta el ajuste automático del menisco.
- Se visualizan en pantalla las mediciones leídas según la escala obtenida en la calibración.
- Se inicia automáticamente la toma de datos en la pestaña **Registro de Mediciones** (ver **Figura 27**).

La casilla **Tiempo de ajuste (s)** permanece vacía hasta que el ciclo de ajuste del menisco se completa.

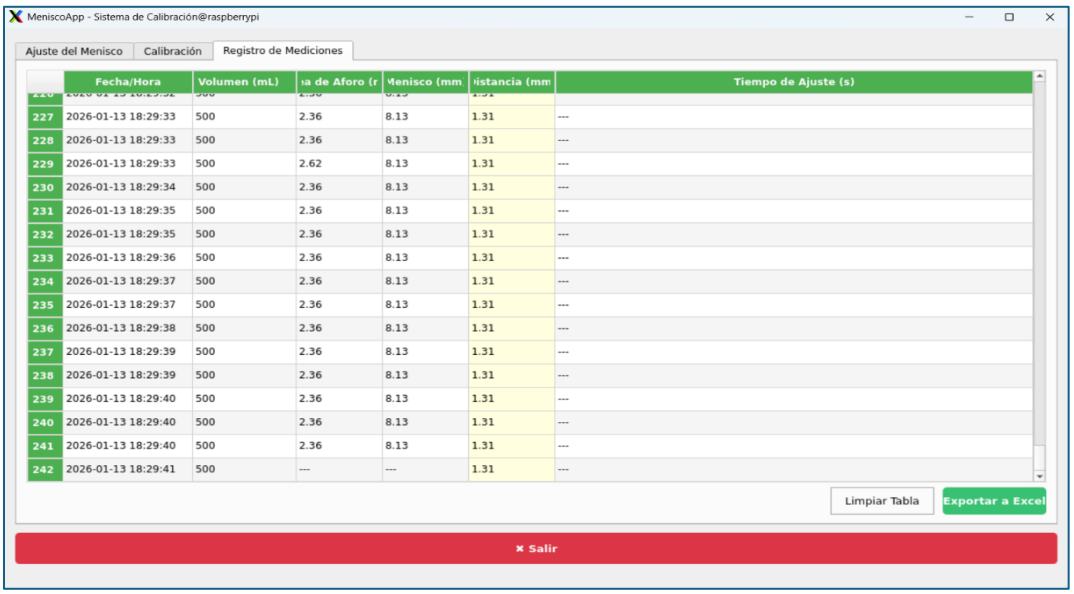


Figura 27. *Registro automático de las detecciones durante el ciclo de ajuste.*

Detecciones y condiciones especiales

En la **Figura 28** se muestra un caso en el que puede perderse la detección del menisco o de la línea de aforo. Ante esta situación, el sistema realiza una detención preventiva en el que detiene la bomba y muestra el estado *Sin detección*.

Si esto ocurre, se recomienda ajustar nuevamente la posición de la cámara. En caso de ser necesario modificar la distancia cámara–matraz, se debe repetir el proceso de calibración antes de continuar.

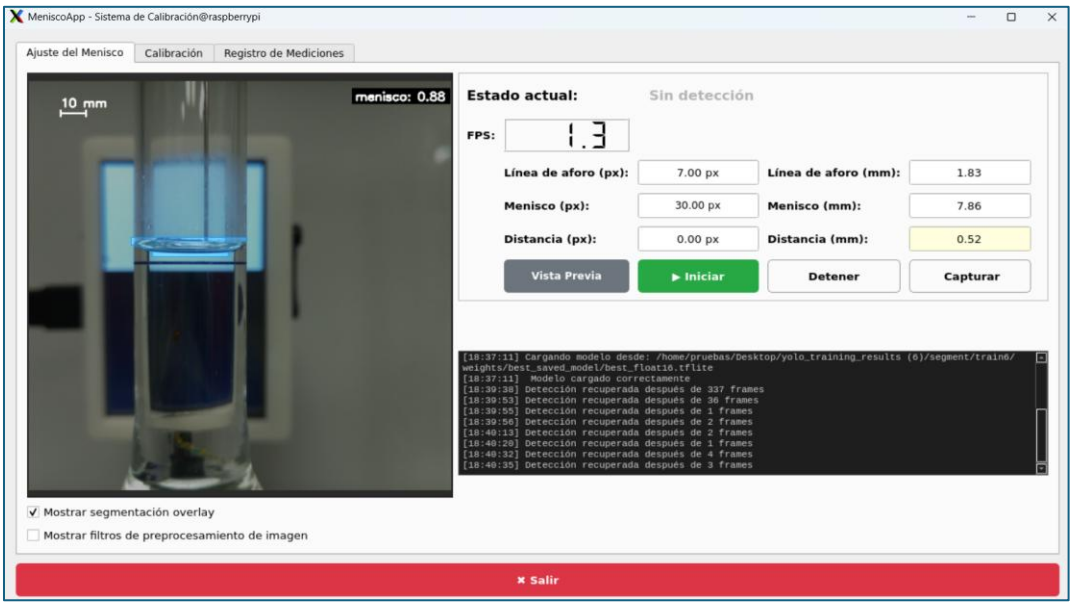


Figura 28. *Pérdida de detección de la línea de aforo.*

Finalización del proceso

Cuando el sistema detecta el punto exacto de ajuste, el proceso se detiene automáticamente y se muestra el estado "**Contacto exacto**" (ver **Figura 29**). En este punto, se puede retirar la aguja y continuar con el pesaje del matraz ajustado, siguiendo los pasos habituales de una calibración volumétrica en matraces de vidrio.

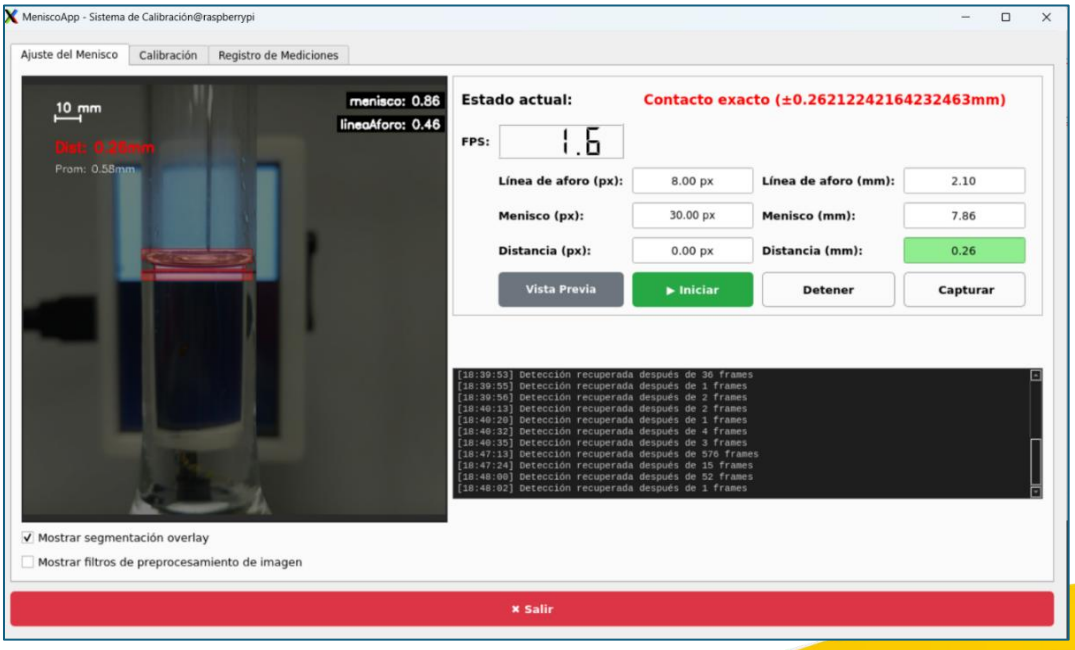


Figura 29. *Ajuste exacto del sistema.*

Una vez completado el ajuste del menisco, es posible acceder a la pestaña **Registro de Mediciones** y exportar el archivo Excel que contiene los datos recopilados durante el proceso automatizado. Esta información permite analizar en detalle el desempeño del sistema, así como evaluar y optimizar su rendimiento a partir de los resultados obtenidos.

Nota: este ejemplo es únicamente **representativo del funcionamiento del sistema**. Los datos obtenidos no deben considerarse como una validación metrológica de la aplicación.

REFERENCIAS

[1] JCGM 200:2008. *International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms* (VIM).

[2] ISO 4787:2021. *Laboratory glass and plastic ware - Volumetric instruments - Methods for testing of capacity and for use.*

Páginas web consultadas

1. ¿Qué es una bomba peristáltica?: https://fluideco.com/que-es-una-bomba-peristaltica/.
2. ¿Qué es una interfaz gráfica de usuario y cómo funciona?: https://informatecdigital.com/que-es-una-interfaz-grafica-de-usuario-y-como-funciona/.
3. Qué es menisco en laboratorio de química, ¿Para qué Sirve?: https://dcinl.com/que-es-menisco-en-laboratorio-de-quimica/.
4. Desarrollando con PySide6 en Python: https://codigospython.com/desarrollando-con-pyside6-en-python/.
5. Explore Ultralytics YOLOv8: https://docs.ultralytics.com/es/models/yolov8/.
6. Línea de aforo y técnicas de enrasar en química: https://www.studocu.com/ec/document/universidad-nacional-de-chimborazo/laboratorio-clinico/linea-de-aforo/41358881.
7. Matraz Volumétrico: https://materialeslaboratorio.com/matraz-volumetrico/.
8. Microprocesador: https://www.significados.com/microprocesador/.
9. Programación: qué es, concepto y definición: https://www.significados.com/programacion/.
10. ¿Qué es Raspberry Pi?: https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/.

ANEXO

A continuación, se presenta el marcador ArUco necesario para ejecutar la acción de Calibración.



Instrucciones:

1. Imprimir esta página SIN ajustar escala (100 % /tamaño real).
2. Verificar que el cuadrado mida exactamente 150.0 x 150.0 mm.
3. Recortar y pegar en superficie plana cerca del matraz.
4. En la aplicación *MeniscoApp*, presionar el botón “Calibrar”.
5. El sistema detectará automáticamente el marcador.

Centro Nacional de Metrología de Panamá AIP
Coordinación de Magnitudes Mecánicas
Laboratorio Secundario de Volumen en Cristalería

Ciudad del Saber, Edificio 206
Teléfono: +507 517-3100
www.cenamep.org.pa

ISBN: 978-9962-8557-1-2