



Proyecto Colaborativo

Informe 1.0

Acrónimo del proyecto: *EP*
Título del proyecto: *EasyPour*
Número de referencia: *PI-GRUPO 01*

<i>Fecha límite de entrega:</i> 21-05-2024	<i>Fecha de envío:</i> 27-04-2024
<i>Fecha de comienzo del proyecto:</i> 01-04-2024	<i>Duración:</i> 2 months
<i>Beneficiario:</i> USE-PI	<i>Revisión:</i> 1.0

<i>Naturaleza:</i> R	<i>Nivel de publicidad:</i> PU
R = Informe P = Prototipo D = Demostrador O = Otro	PU = Público PP = Restringido a otros participantes (especificar) RE = Restringido a un grupo específico (especificar) CO = Confidencial, solo para miembros del grupo

Revisión histórica

<i>Versión</i>	<i>Fecha</i>	<i>Nuevo Documento</i>	<i>Autor</i>
1.0	27/04/2024	Informe 1	Jose Francisco López Ruiz

1. Introducción

1.1. Modo de evaluación del estado del proyecto

Para la evaluación del estado del proyecto se utilizarán las tareas descritas en el diagrama de Gantt (figura 1) desarrollado para el Statement of Work (SoW). Dicho diagrama se compone de las siguientes tareas:

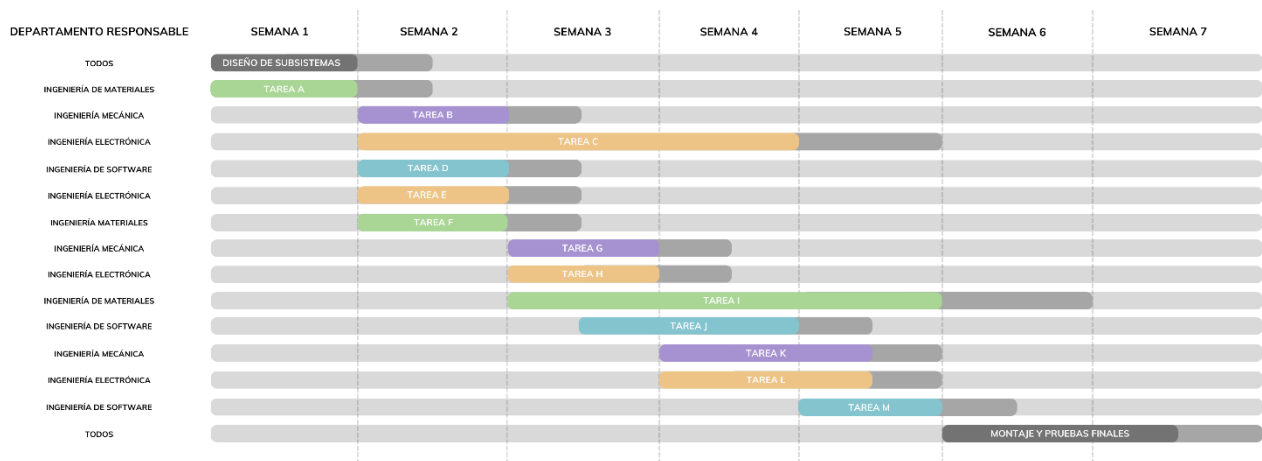


Figura 1: diagrama de Gantt extraído del SoW.

Tareas activas:

- **TAREA A:** investigación de materiales de impresión 3D. Departamento: Ingeniería de materiales.
- **TAREA B:** montaje y prueba del subsistema hidráulico. Departamento: Ingeniería Mecánica.
- **TAREA C:** programación de los microcontroladores. Departamento: Ingeniería Electrónica.
- **TAREA D:** desarrollo de funcionalidad básica de la aplicación móvil. Departamento: Ingeniería de Software.
- **TAREA E:** montaje y pruebas del sistema de distribución de energía. Departamento: Ingeniería Electrónica.
- **TAREA F:** fabricación 3D de tanque y palas mezcladoras. Departamento: Ingeniería de materiales.
- **TAREA G:** montaje y prueba del subsistema mezclador y dispensador. Departamento: Ingeniería Mecánica.
- **TAREA H:** montaje de circuitos disparadores para los actuadores. Departamento: Ingeniería Electrónica.

- **TAREA I:** modelado y fabricación 3D de la carcasa. Departamento: Ingeniería de materiales.
- **TAREA J:** desarrollo de interfaz para la aplicación móvil. Departamento: Ingeniería de Software.
- **TAREA K:** montaje y pruebas del subsistema calentador. Departamento: Ingeniería Mecánica.
- **TAREA L:** organización de cableado. Departamento: Ingeniería Electrónica.

Tareas no activas:

- **TAREA M:** pruebas de operación remota. Departamento: Ingeniería de Software.

Actualmente el proyecto se encuentra finalizando la *semana 4*, por lo que para este documento se tendrán en cuenta las tareas referentes a las cuatro primeras semanas de desarrollo. Estas tareas son las que van de la *Tarea A* a la *Tarea L*.

Por otro lado, se utilizará la división por departamentos tal como se describe en el SoW y se desglosará cada tarea asociada a estos. De esta manera, será posible observar en que apartados flaquea el proyecto y se podrán tomar medidas correctivas de forma simple y efectiva.

Una vez evaluadas las tareas, se procederá a calcular los costes totales y los indicadores, los cuales permitirán conocer de manera rápida el estado general del proyecto.

1.2. Visión general del estado del proyecto

Las tres primeras semanas del proyecto han sido invertidas principalmente en el diseño de cada subsistema, ya que era esencial saber que componentes se necesitarían para la construcción del sistema en conjunto. En la semana 3 se obtuvieron la mayoría de los elementos electrónicos, electromagnéticos e hidráulicos necesarios para los primeros montajes. Esta tardía adquisición de los materiales supuso un severo retraso en tareas que los requerían.

En la última semana, el proyecto obtuvo un gran impulso, ya que se realizaron múltiples montajes y comprobaciones con un alto grado de satisfacción. Ello, unido a avances en la programación tanto de los microcontroladores como en la

aplicación móvil, ha mejorado en gran medida la situación del proyecto, aunque aún se encuentran retrasos en algunas tareas.

Se destaca, además, la adaptación de Microsoft Teams como principal medio de comunicación y almacenaje de archivos (.docx, .pdf...). También se ha hecho uso de GitLab para la creación de un repositorio donde guardar los archivos asociados a la programación de los microcontroladores y de la aplicación móvil.

2. Estado del proyecto

Como se ha comentado previamente, se dividirá la evaluación de las tareas en departamentos. Se comentarán los avances en cada tarea de manera breve y se presentarán los siguientes indicadores: *Budget Cost of Work Performed (BCWP)*, *Budget Cost of Work Scheduled (BCWS)* y *Actual Cost of Work Performed (ACWP)*.

2.1. Departamento de ingeniería mecánica

Este departamento se ha visto limitado por el problema comentado en el apartado 1.2 del retraso en la adquisición del material. Aun así, se destaca el volumen de esquemáticos y diseños 3D desarrollados, con los que se han facilitado pasados y futuros montajes. A continuación, se exponen las tareas que ha trabajado este departamento:

- **Tarea B:**
 - Descripción: Montaje y prueba del subsistema hidráulico.
 - Porcentaje realizado: 80%.
 - Trabajo realizado: pruebas de funcionamiento de la bomba y el caudalímetro. Diseño del esquemático del sistema final (figura 2), donde el color rojo es el subsistema mezclador, el color azul es el subsistema hidráulico y el color verde el compartimento donde se instalará el subsistema de distribución de potencia. Además, se han programado los códigos básicos para la prueba del sistema hidráulico.
 - Trabajo restante: prueba de correcto funcionamiento de las válvulas (figura 3), para lo cual se necesitará un suministro de 12 V (coordinación con el departamento de electrónica). Diseño 3D del soporte del tanque de agua y montaje final teniendo en cuenta unas medidas adecuadas.
 - Indicadores:
 - BCWP: 1.9 días/persona.
 - BCWS: 2.33 días/persona.

- ACWP: 1.9 días/persona.

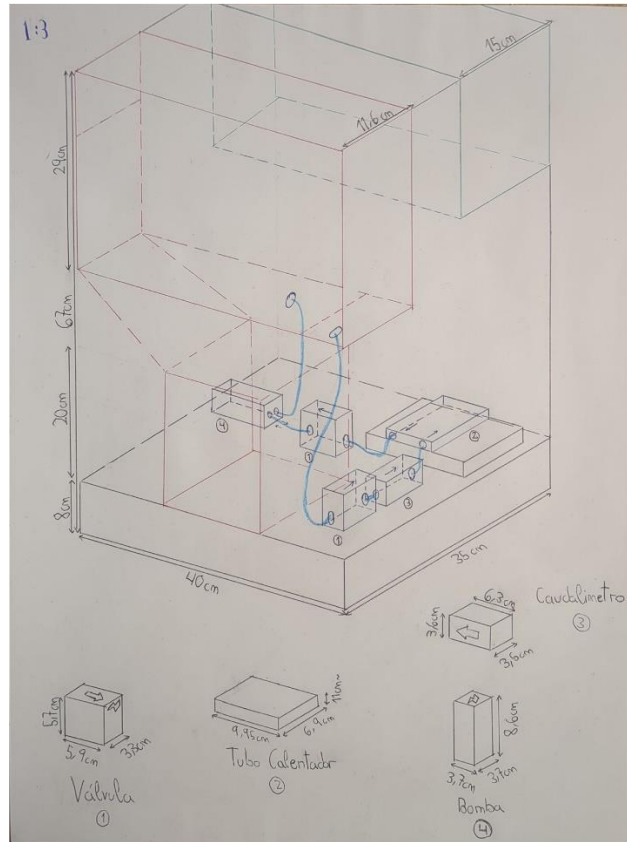


Figura 2: esquema dibujado a mano de la máquina completa con los componentes de los departamentos de mecánica y electrónica.

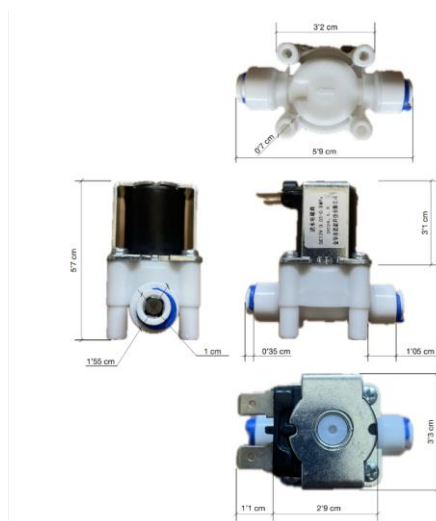


Figura 3: vistas y medidas de las válvulas adquiridas [1].

- **Tarea G:**

- Descripción: Montaje y pruebas de los subsistemas mezclador y dispensador.
- Porcentaje realizado: 40%.
- Trabajo realizado: se ha realizado el diseño 3D del depósito del depósito de la mezcladora (figura 4), de las palas mezcladoras (figura 5) y de las tolvas para el sistema dispensador (figura 6), así como la programación básica de los servos que controlarán que las sustancias se dispensen. Además, se ha diseñado el esquemático del conjunto del subsistema mezclador y dispensador (figura 7).
- Trabajo restante: diseño 3D de las aspas que llevarán los servos para controlar la dispensación, de la tapa de la mezcladora y del soporte del depósito de los polvos, así como el diseño de cómo se dispensará el azúcar. Por último, la impresión 3D de todo lo anteriormente mencionado.
- Indicadores:
 - BCWP: 0.93 días/persona.
 - BCWS: 2.33 días/persona.
 - ACWP: 0.93 días/persona.

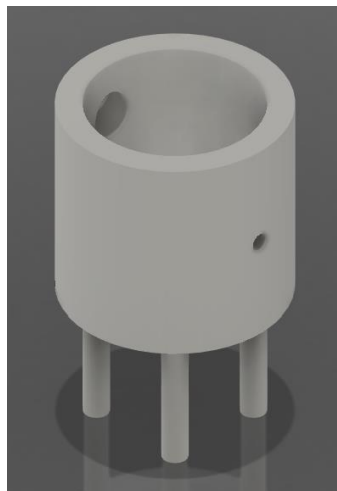


Figura 4: modelo 3D del tanque mezclador desarrollado en el programa Fusion 360.

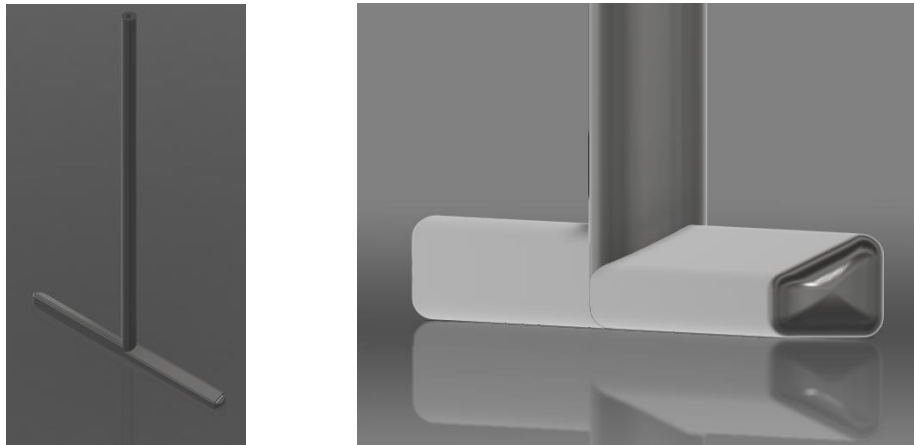


Figura 5: modelo 3D de las palas mezcladoras desarrollado en el programa Fusion 360.

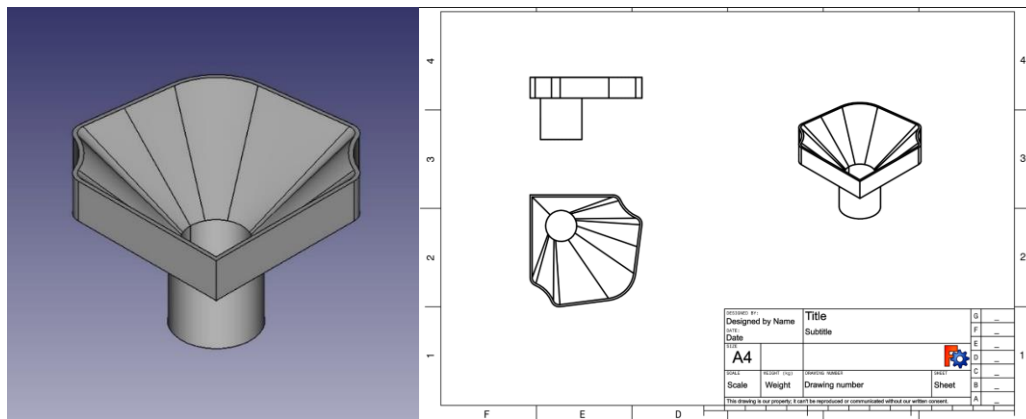


Figura 6: modelo 3D de las tolvas del subsistema dispensador desarrollado en el programa FreeCAD.

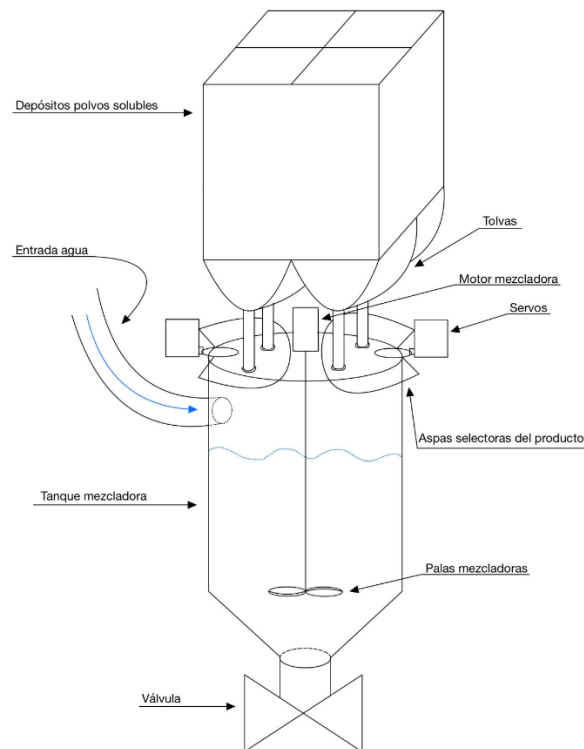


Figura 7: esquema del subsistema dispensador conectado al subsistema mezclador.

- **Tarea K:**

- Descripción: Montaje y prueba del subsistema calentador.
- Porcentaje realizado: 10%.
- Trabajo realizado: comprobación teórica del volumen del calentador (figura 8), con lo que se ha terminado de diseñar esquemáticamente cómo será el sistema hidráulico (figura 2) e investigación sobre el funcionamiento de este.
- Trabajo restante: pruebas de funcionamiento al darle la energía necesaria y montaje de este junto con el sistema hidráulico.
- Indicadores:
 - BCWP: 0.35 días/persona.
 - BCWS: 3.5 días/persona.

- ACWP: 0.35 días/persona.

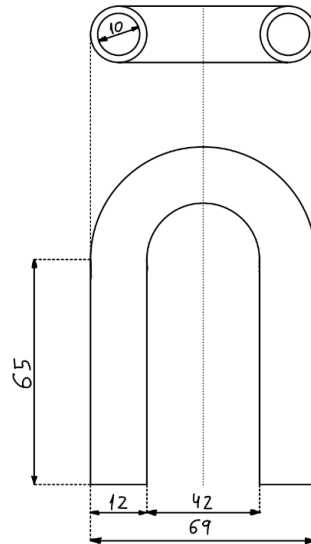


Figura 8: dimensiones de la resistencia calentadora que conforma el subsistema calentador.

2.2. Departamento de ingeniería electrónica

Este departamento se ha encontrado con problemas similares al departamento anterior, ya que hasta la cuarta semana no se ha podido comprobar el funcionamiento de los elementos electrónicos. Los subsistemas trabajados han sido el subsistema de control y el subsistema de distribución de potencia. A continuación, se explicará cada tarea asociada a estos subsistemas:

- **Tarea C:**
 - Descripción: Programación de los microcontroladores.
 - Porcentaje realizado: 50%.
 - Trabajo realizado: creación de tabla (figura 9) con el funcionamiento y distribución de todos los pines del ESP32 de 38 pines destinado al control del sistema y otra tabla (figura 10) para el ESP32 de 38 pines destinado a la recepción Wi-Fi. Diseño de diagrama de estados (figura 11) de ambos microcontroladores. Programación y prueba de comunicación por puerto serie entre los dos ESP32. Conexión exitosa

de las dos placas (figura 12) con envío de información relevante para el proyecto.

- **Trabajo restante:** programación de la activación del subsistema mezclador en base al diagrama de la figura 11. Recepción de la información introducida en la aplicación móvil a través de Wi-Fi. Programación del ciclo de limpieza.
- **Indicadores:**
 - BCWP: 10.5 días/persona.
 - BCWS: 21 días/persona.
 - ACWP: 10.5 días/persona.

NUMERO PIN	GPIO	INPUT	OUTPUT	CONVERTIDOR AD	CONVERTIDOR DA	SAID CONSUMO	TOUCH	TRANSMISION	AVISOS	ASIGNACION
1										
2										
3										
4	36	INPUT ONLY		ADC1_CH0			RTC_GPIO0			
5	39	INPUT ONLY		ADC1_CH3			RTC_GPIO3			
6	34	INPUT ONLY		ADC1_CH5			RTC_GPIO4			Caudalímetro
7	35	INPUT ONLY		ADC1_CH7			RTC_GPIO5			
8	32	OK	OK	ADC1_CH4			RTC_GPIO9	TOUCH9		
9	33	OK	OK	ADC1_CH5			RTC_GPIO8	TOUCH8		
10	25	OK	OK	ADC2_CH8		DAC_1	RTC_GPIO6			Boton apagado
11	26	OK	OK	ADC2_CH9		DAC_2	RTC_GPIO7			Temperatura
12	27	OK	OK	ADC2_CH7			RTC_GPIO17			Motor mezcladora
13	14	OK	OK	ADC2_CH5			RTC_GPIO16	TOUCH6		Bomba agua
14	12	OK	OK	ADC2_CH5			RTC_GPIO15	TOUCH5		
15										
16	13	OK	OK	ADC2_CH4			RTC_GPIO14	TOUCH4		Boton personalizable
17	9									
18	10									
19	11									
20	6									
21	7									
22	8									
23	15	OK	OK	ADC2_CH3			RTC_GPIO13	TOUCH3		Valvula 2
24	2	OK	OK	ADC2_CH2			RTC_GPIO12	TOUCH2		Valvula 3
25	0	OK	OK	ADC2_CH1			RTC_GPIO11	TOUCH1		
26	4	OK	OK	ADC2_CH0			RTC_GPIO10	TOUCH0		Valvula 1
27	16	OK	OK							
28	17	OK	OK							Comunicación placa
29	5	OK	OK							UART (RX)
30	18	OK	OK							UART (TX)
31	19	OK	OK							VSPIC5
32										VSPIC4
33	21	OK	OK							VSPIC3
34	3	OK	OK							VSPIC2
35	1	TX PIN	OK							VSPIC1
36	22	OK	OK							VSPIC0
37	23	OK	OK							VSPIMISO
38										

Figura 9: tabla con el funcionamiento y distribución de los pines del ESP32 de 38 pines usado como controlador.

NUMERO PIN	GPIO	INPUT	OUTPUT	CONVERTIDOR AD	CONVERTIDOR DA	SAID CONSUMO	TOUCH	TRANSMISION	AVISOS	ASIGNACION
3										
4	36	INPUT ONLY		ADC1_CH0			RTC_GPIO0			Entrada ultra azucar
5	39	INPUT ONLY		ADC1_CH3			RTC_GPIO3			Entrada ultra tanque 1
6	34	INPUT ONLY		ADC1_CH5			RTC_GPIO4			Entrada ultra tanque 2
7	35	INPUT ONLY		ADC1_CH7			RTC_GPIO5			Entrada ultra tanque 3
8	32	OK	OK	ADC1_CH4			RTC_GPIO9	TOUCH9		Aviso ultra azucar
9	33	OK	OK	ADC1_CH5			RTC_GPIO8	TOUCH8		Aviso ultra tanque 1
10	25	OK	OK	ADC2_CH8		DAC_1	RTC_GPIO6			
11	26	OK	OK	ADC2_CH9		DAC_2	RTC_GPIO7			
12	27	OK	OK	ADC2_CH7			RTC_GPIO17			
13	14	OK	OK	ADC2_CH5			RTC_GPIO16	TOUCH6		
14	12	OK	OK	ADC2_CH5			RTC_GPIO15	TOUCH5		
15										
16	13	OK	OK	ADC2_CH4			RTC_GPIO14	TOUCH4		
17	9									
18	10									
19	11									
20	6									
21	7									
22	8									
23	15	OK	OK	ADC2_CH3			RTC_GPIO13	TOUCH3		
24	2	OK	OK	ADC2_CH2			RTC_GPIO12	TOUCH2		
25	0	OK	OK	ADC2_CH1			RTC_GPIO11	TOUCH1		
26	4	OK	OK	ADC2_CH0			RTC_GPIO10	TOUCH0		
27	16	OK	OK							
28	17	OK	OK							Comunicaciones placa
29	5	OK	OK							UART (RX)
30	18	OK	OK							UART (TX)
31	19	OK	OK							VSPIC5
32										VSPIC4
33	21	OK	OK							VSPIC3
34	3	OK	OK							VSPIC2
35	1	TX PIN	OK							VSPIC1
36	22	OK	OK							VSPIC0
37	23	OK	OK							VSPIMISO
38										

Figura 10: tabla con el funcionamiento y distribución de los pines del ESP32 de 38 pines usado como receptor de Wi-Fi.

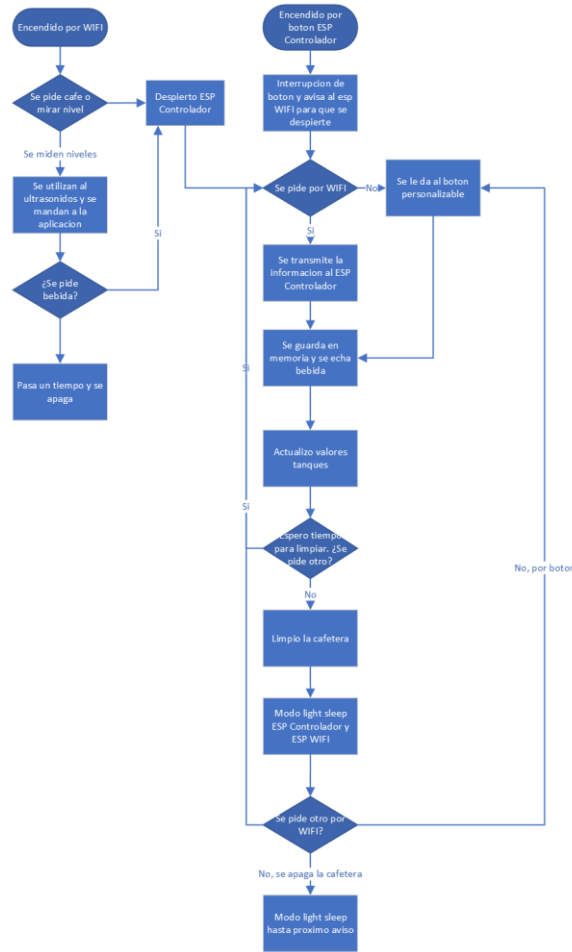


Figura 11: diagrama de bloques del funcionamiento de los dos microcontroladores del subsistema de control.

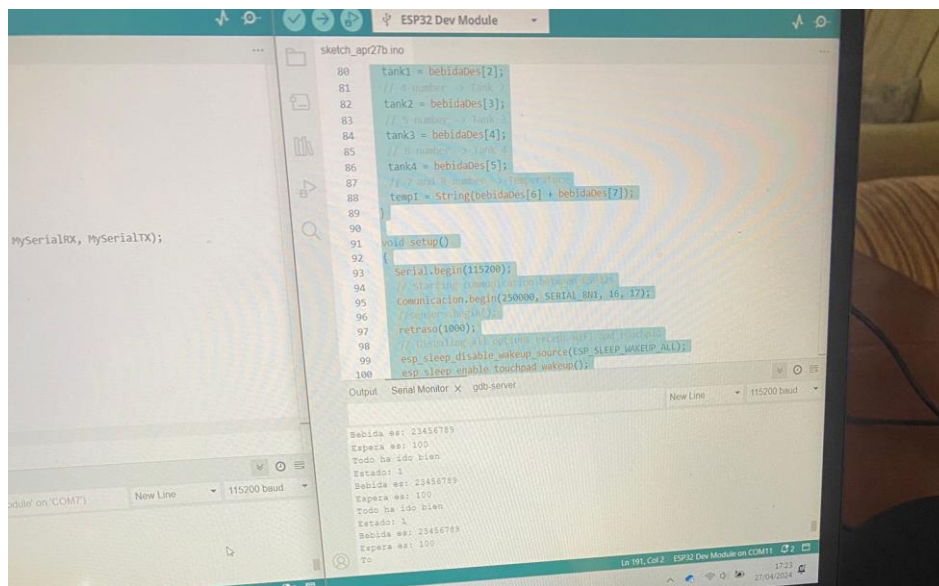


Figura 12: prueba exitosa de conexión por puerto serie entre los dos ESP32.

- **Tarea E:**

- Descripción: Montaje y pruebas del sistema de distribución de energía.
- Porcentaje realizado: 80%.
- Trabajo realizado: realización de pruebas en el transformador de 230V AC a 12 V DC. Comprobación de voltaje de salida correcto en los convertidores DC-DC de 7.5 V, 5 V y 3.3 V usando como entrada la salida del transformador. Montaje temporal del subsistema de distribución de potencia consistente en el transformador y los tres convertidores DC-DC.
- Trabajo restante: montaje definitivo del transformador junto a los convertidores incluyendo soldadura de componentes. Instalación de divisor de fase en el cable de alimentación del transformador para la alimentación de la resistencia calentadora (230 V AC).
- Indicadores:
 - BCWP: 2.8 días/persona.
 - BCWS: 3.5 días/persona.
 - ACWP: 2.8 días/persona.

- **Tarea H:**

- Descripción: Montaje de circuitos disparadores.
- Porcentaje realizado: 50%.
- Trabajo realizado: estudio de alternativas (relés, mosfet...), concluyendo en el uso de mosfet (figura 13) para la activación de componentes como válvulas (12 V), servos (12 V) o el motor mezclador (7.5 V).
- Trabajo restante: montaje y soldadura a placa perforada de los circuitos disparadores.
- Indicadores:

- BCWP: 1.75 días/persona.
- BCWS: 3.5 días/persona.
- ACWP: 1.75 días/persona.

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	9.7	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	6.8	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	38	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	48	W
	Linear Derating Factor	0.32	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ②	91	mJ
I_{AR}	Avalanche Current ③	5.7	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ④	4.8	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ⑤	5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to + 175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lb•in (1.1N•m)	

Figura 13: datasheet del mosfet TO-220AB [2].

- **Tarea L:**

- Descripción: Organización del cableado.
- Porcentaje realizado: 40%.
- Trabajo realizado: diseño de esquema (figura 14) para montaje en placa perforada, de manera que se disminuya el volumen del cableado utilizado.
- Trabajo restante: montaje y soldadura de todos los componentes en la placa perforada. Montaje del cableado usado para distribuir electricidad a todos los componentes del subsistema hidráulico, mezclador y dispensador.
- Indicadores:
 - BCWP: 2.1 días/persona.
 - BCWS: 5.25 días/persona.
 - ACWP: 2.1 días/persona.

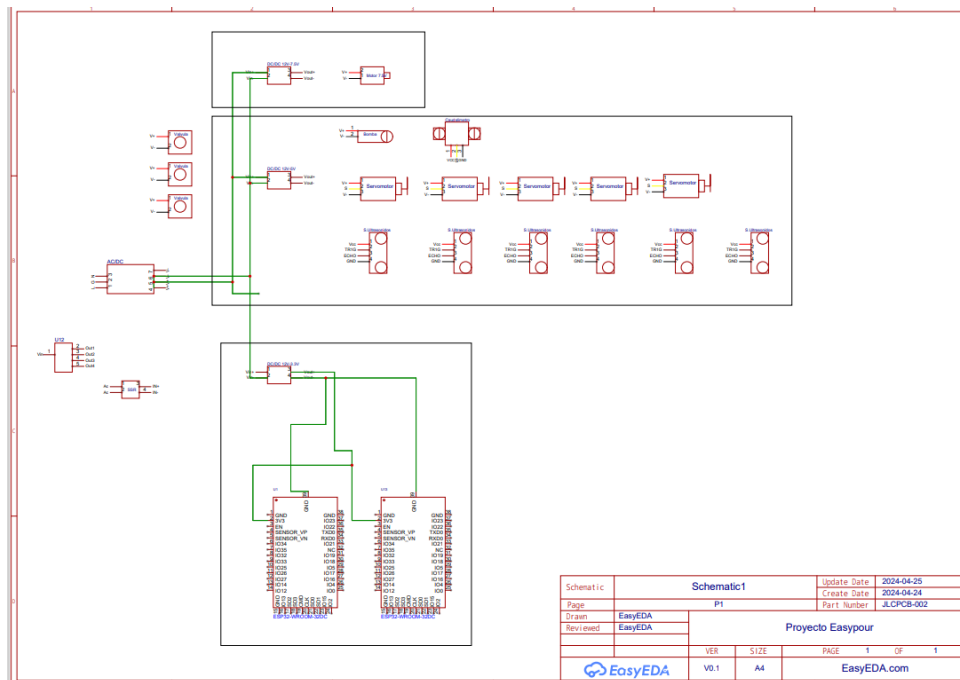


Figura 14: esquema electrónico del subsistema de potencia realizado en el programa EasyEDA.

2.3. Departamento de ingeniería de software

Este departamento ha mantenido un trabajo constante a lo largo de las cuatro semanas. Por un lado, se ha trabajado en la investigación de alternativas para el desarrollo de la aplicación móvil y la conexión con la placa ESP32 encargada del Wi-Fi. Por otro, se diseñó una primera versión de la interfaz gráfica con un menú consistente en varios subapartados. Después de una serie de recomendaciones por parte de una empresa que se ofreció a ayudar a este departamento, se decidió hacer uso del framework Xamarin.Forms para el desarrollo de la aplicación móvil. Las tareas trabajadas en este período han sido las siguientes:

- **Tarea D:**
 - Descripción: Desarrollo de funcionalidad básica de la aplicación móvil.
 - Porcentaje realizado: 80%.
 - Trabajo realizado: investigación sobre la programación en Xamarin.Forms (existen múltiples tutoriales de funcionalidades básicas en Internet). Creación de interfaz básica para la prueba de

funcionalidades (figura 15). Conexión entre la aplicación y Postman, la cual es una plataforma API que recibe endpoints de la aplicación y envía la información pertinente al microcontrolador ESP32.

- Trabajo restante: conexión entre Postman y el microcontrolador ESP32 encargado de la recepción Wi-Fi.
- Indicadores:
 - BCWP: 5.6 días/persona.
 - BCWS: 7 días/persona.
 - ACWP: 5.6 días/persona.

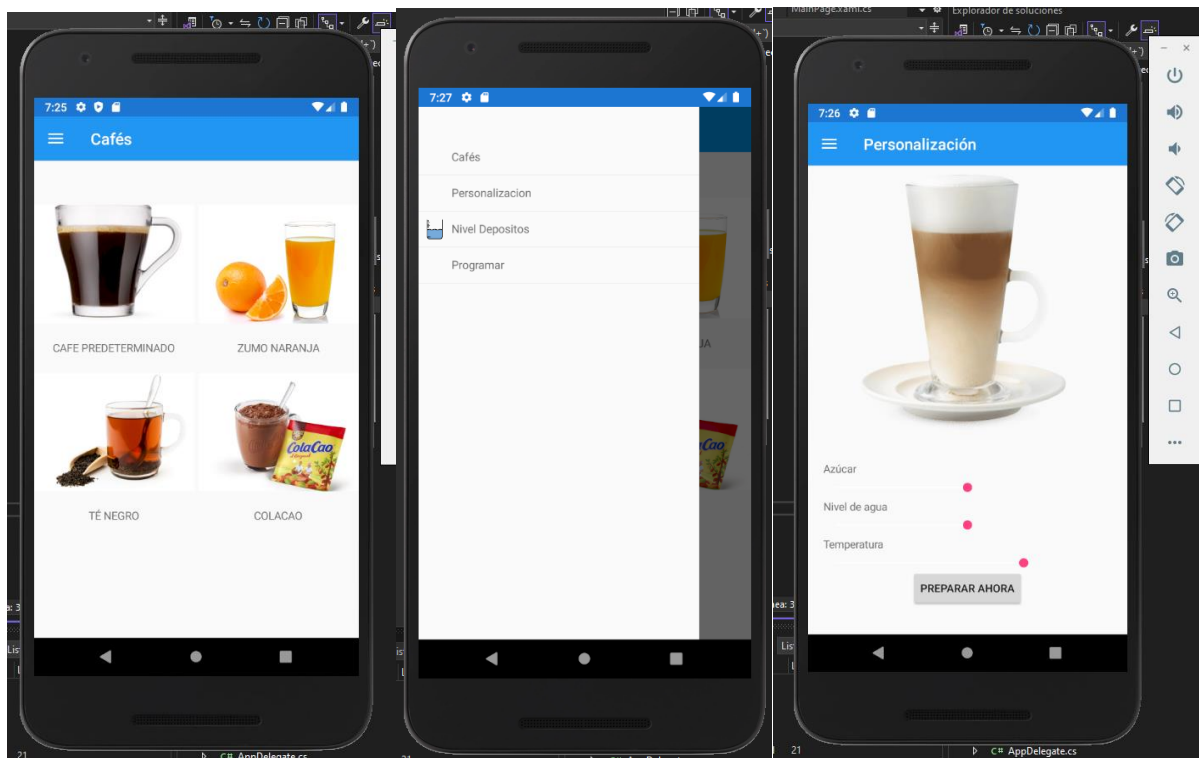
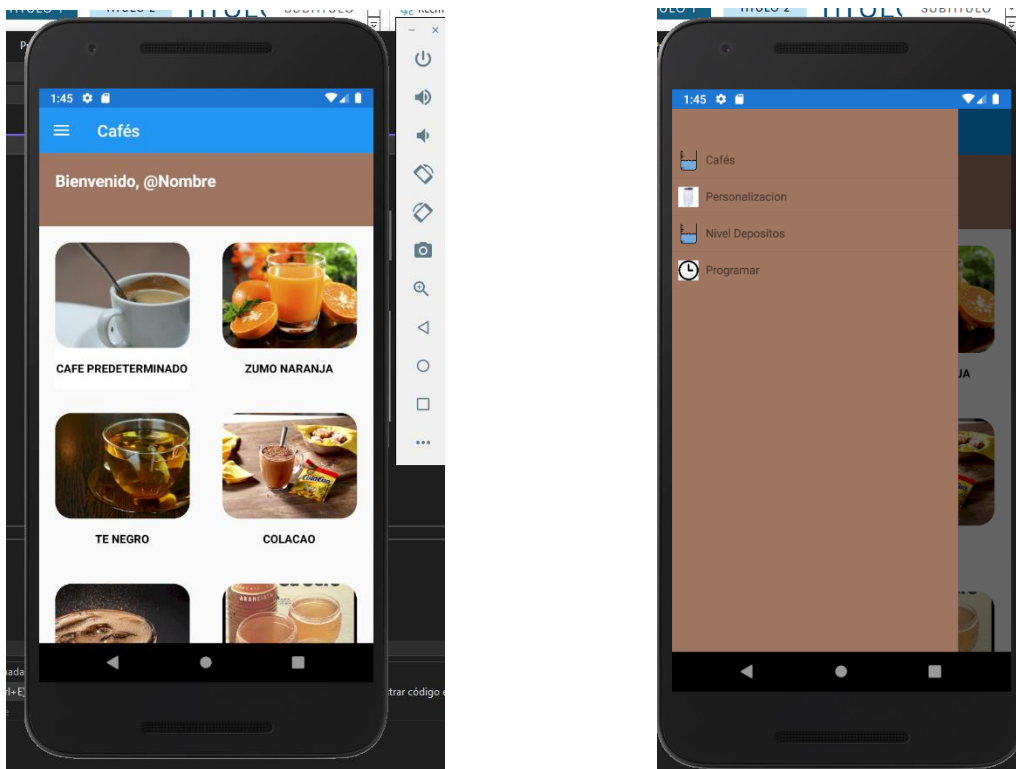


Figura 15: interfaz de prueba para la comprobación de funcionalidades.

- **Tarea J:**

- Descripción: desarrollo de interfaz para la aplicación móvil.
- Porcentaje realizado: 40%.

- Trabajo realizado: mejoras visuales (figura 16) a la interfaz de prueba. Mejoras menores a la interfaz del menú principal (figura 17).
- Trabajo restante: refinamiento de la interfaz para un aspecto más agradable y profesional.
- Indicadores:
 - BCWP: 4.2 días/persona.
 - BCWS: 10.5 días/persona.
 - ACWP: 4.2 días/persona.



Izquierda. figura 16: primera versión de la interfaz final.

Derecha. figura 17: interfaz del menú principal de la aplicación.

2.4. Departamento de ingeniería de materiales

Este departamento ha trabajado en conjunto con el departamento de mecánica para la construcción del subsistema mezclador. Además, se han investigado múltiples materiales para la impresión 3D. Las tareas desarrolladas son las siguientes:

- **Tarea A:**

- Descripción: investigación de materiales de impresión 3D.
- Porcentaje realizado: 100%.
- Trabajo realizado: búsqueda de alternativas para impresión 3D (polipropileno, PETG, PLA...). Se ha concluido en el uso de PLA a pesar de no ser apta para el contacto con comida, ya que el presupuesto y el tiempo son insuficientes.
- Indicadores:
 - BCWP: 7 días/persona.
 - BCWS: 7 días/persona.
 - ACWP: 7 días/persona.

- **Tarea F:**

- Descripción: fabricación 3D de tanque y palas mezcladoras.
- Porcentaje realizado: 80%.
- Trabajo realizado: construcción del tanque y las palas usadas en el subsistema mezclador según el modelo 3D proporcionado por el departamento de mecánica.
- Trabajo restante: pruebas de resistencia con líquidos.
- Indicadores:
 - BCWP: 5.6 días/persona.
 - BCWS: 7 días/persona.
 - ACWP: 5.6 días/persona.

- **Tarea I:**

- Descripción: modelado y fabricación 3D de la carcasa.

- Porcentaje realizado: 20%.
- Trabajo realizado: desarrollo de boceto de la máquina completa con distintas vistas y medidas de cada componente.
- Trabajo restante: modelado 3D de la carcasa y fabricación en impresión 3D de esta.
- Indicadores:
 - BCWP: 4.2 días/persona.
 - BCWS: 21 días/persona.
 - ACWP: 4.2 días/persona.

3. Conclusiones

A continuación, se calcularán los costes totales y los indicadores pertinentes para observar el estado general del proyecto:

Costes totales:

- BCWP total: 46.93 días/persona.
- BCWS total: 93.91 días/persona.
- ACWP total: 46.93 días/persona.

Indicadores:

- Cost Performance Index CPI: $BCWP / ACWP = 1.00$.
- Schedule Performance Index SPI: $BCWP / BCWS = 0.49973$.
- Cost Schedule Index CSI: $CPI \cdot SPI = 0.49973$.

Se observa que el CSI dista mucho del índice ideal, el cual sería 1.0. Como se ha comentado previamente, la tardía adquisición del material ha afectado fuertemente a tareas esenciales para el proyecto. Afortunadamente, se ha visto una rápida recuperación del tiempo perdido en esta última semana, por lo que se espera que en las posteriores dos últimas semanas haya un desarrollo acelerado de las tareas que aún no se han terminado.

Como acción correctora se propone el enfoque en el cumplimiento de los requisitos fundamentales para el desarrollo del proyecto (los requisitos catalogados como **debe** en el Statement of Work).

4. Bibliografía

[1] “Válvula Solenoide eléctrica normalmente cerrada de 1/4 pulgadas”, AliExpress, [Válvula Solenoide eléctrica normalmente cerrada de 1/4 pulgadas, interruptor magnético de flujo de entrada de aire y agua, dispensador de lavadora, cc 12V, 24V, CA 220V - AliExpress](#)

[2] “IRF520NPbF”, widen, [IRSDS09858-1.pdf \(widen.net\)](#)