



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

Implementación de una estación de control de fugas de
Microondas

Trabajo Fin de Grado

Grado en Tecnologías Interactivas

AUTOR/A: Villanueva Villalon, Ivan

Tutor/a: Pérez Pascual, M^a Asunción

Cotutor/a externo: García García, Marcial

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen

La estación de control de fugas de microondas tiene como finalidad controlar la radiación que se produce al utilizar un microondas debido a las fugas que emite, y evitar que sobrepase el máximo nivel permitido. Este proceso se realiza antes de poner a la venta el electrodoméstico y, para ello, será necesario comprobar las emisiones mediante unas pruebas específicas del electrodoméstico. Dichas pruebas se realizarán a través de una aplicación llamada *TestPlan CORE*, que permite controlar los diferentes dispositivos que componen la estación, como motores, pistones, plataformas en movimiento, dispensadores de agua, el propio microondas, etc.

El proceso que sigue la estación consiste en cargar un microondas dentro de la estación con la ayuda de unos rodillos mecánicos, después de eso se comprueba el tipo de horno que es, ya que, dependiendo del tipo, sus dimensiones varían y, por tanto, los métodos de sujeción para fijar la posición del horno e impedir que ocurran daños en la estación también. A continuación, se enciende eléctricamente el horno y se conecta un canal de datos de tipo *D-BUS* que posteriormente se utilizará para mandar comandos al horno y poder controlarlo de manera remota. A continuación, se mueve el horno a una posición específica dentro de la estación en la que se encuentran varias sondas que se encargarán de leer los valores emitidos de microondas, tanto en la parte trasera y lateral del aparato, como en la puerta de este. Es en esta última parte donde se hace especial énfasis en la lectura de valores, a partir de los cuales se generará un mapa de calor que permitirá a la persona que esté trabajando en la estación conocer la posición de las fugas de microondas para posteriormente poder realizar ajustes mecánicos manuales en la puerta del electrodoméstico para tratar de evitar que no se produzcan de nuevo.

Abstract

The purpose of the microwave leakage control station is to control the radiation produced when using a microwave oven due to the leakage that it emits, and to prevent it from exceeding the maximum permitted level. This process is carried out before the appliance is put on sale and, for this purpose, it will be necessary to check the emissions by means of specific tests of the appliance. These tests will be carried out through an application called *TestPlan CORE*, which allows to control the different devices that make up the station, such as motors, pistons, moving platforms, water dispensers, the microwave itself, etc.

The process that the station follows consists of loading a microwave oven into the station with the help of mechanical rollers, after which the type of oven is checked, as, depending on the type, its dimensions vary and, therefore, the clamping methods for fixing the position of the oven and preventing damage to

the station also vary. The furnace is then electrically switched on and a D-BUS type data channel is connected which will later be used to send commands to the furnace to control it remotely. The oven is then moved to a specific position within the station where several probes are located to read the microwave emitted values, both on the rear and side of the appliance, as well as on its door. It is in this last part where special emphasis is placed on the reading of values, from which a heat map will be generated that will allow the person working in the station to know the position of the microwave leaks in order to subsequently be able to make manual mechanical adjustments to the door of the appliance to try to prevent them from occurring again.

Palabras clave/keywords

Español: Automatización; Labview; microondas

English: *Automation; Labview; microwave*

Contenido

1. Introducción.....	1
1.1. Objetivos Principales.....	1
1.2. Estructura	1
1.3. Objetivos de Desarrollo Sostenible	2
ODS 3: Salud y Bienestar	2
ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico.....	2
ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura	2
ODS 12: Producción y Consumo Responsables.....	3
ODS 13: Acción por el Clima	3
ODS 14: Vida Submarina y ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres	3
ODS 17: Alianzas para Lograr los Objetivos.....	3
2. Descripción de la estación de pruebas.....	4
3. Diseño de la aplicación: TestPlan CORE.....	6
3.1. Estructura de la aplicación	6
Árbol del proyecto	6
Carpeta del código	9
Lanzador del proyecto	11
3.2. Diagrama de flujo general de la aplicación.....	15
4. Implementación de la aplicación	16
5. Implantación de la estación	28
6. Pruebas de la aplicación	41
7. Conclusiones.....	44
Relación del trabajo desarrollado con los estudios cursados	44
8. Referencias	45
9. Glosario	46

Tabla de ilustraciones

Figura 1. Diagrama general de la estación.....	4
Figura 2. Estructura de carpetas del proyecto.....	7
Figura 3. Carpetas importantes dentro de LVClasses	7
Figura 4. Contenido de la carpeta device	8
Figura 5. Contenido de la carpeta testPlan	8
Figura 6. Tipos de acciones.....	8
Figura 7. Subdivisiones de acciones	9
Figura 8. Estructura de carpetas del proyecto desde el explorador de archivos de Windows.....	10
Figura 9. Contenido de la carpeta LVApp_CORE.....	10
Figura 10. Contenido de la carpeta LVClasses	11
Figura 11. Launcher del proyecto (parte superior).....	12
Figura 12. Launcher del proyecto (parte inferior)	12
Figura 13. Diagrama general del funcionamiento de la aplicación	15
Figura 14. Contenido del test de la estación (parte 1).....	17
Figura 15. Contenido del test de la estación (parte 2).....	18
Figura 16. Contenido del test de la estación (parte 3).....	19
Figura 17. Contenido del test de la estación (parte 4).....	20
Figura 18. Contenido del test de la estación (parte 5).....	20
Figura 19. Contenido del test de la estación (parte 6).....	21
Figura 20. Contenido del test de la estación (parte 7).....	22
Figura 21. Contenido del test de la estación (parte 8).....	23
Figura 22. Contenido del test de la estación (parte 9).....	24
Figura 23. Contenido del test de la estación (parte 10).....	24
Figura 24. Contenido del test de la estación (parte 11)	25
Figura 25. Contenido del test de la estación (parte 12).....	25
Figura 26. Contenido del test de la estación (parte 13).....	25
Figura 27. Contenido del test de la estación (parte 14).....	26
Figura 28. Contenido del test de la estación (parte 15).....	26
Figura 29. Contenido del test de la estación (parte 16).....	27
Figura 30. Contenido del test de la estación (parte 17).....	28
Figura 31. Vista desde la zona inicial de la estación	29
Figura 32. Vista desde la zona final de la estación	29
Figura 33. Ordenador Industrial (IPC)	30
Figura 34. Fuente de alimentación programable IT7800	30
Figura 35. Vista del microondas antes de empezar un test.....	31
Figura 36. Pantalla táctil	32
Figura 37. Sistema de raíles y pistones de fijación del carro.....	32
Figura 38. Fococélula de detección de orientación del microondas.....	33
Figura 39. Fococélulas de detección de anchura del microondas.....	33
Figura 40. Fococélula de detección de apertura de puerta del microondas	34
Figura 41. Enchufe para microondas europeos.....	35

Figura 42. Conector para microondas no europeos	36
Figura 43. Conectores para buses de comunicación	37
Figura 44. Vista de los pistones de fijación y las sondas de la zona de lecturas	38
Figura 45. Zona de dispensación de agua	38
Figura 46. Controladoras de las sondas.....	39
Figura 47. Caja de las plantillas	40
Figura 48. Mapa de calor generado con las fugas del microondas	41
Figura 49. Vista general de resultados de lectura de microondas.....	42
Figura 50. Gráfica de lectura de sondas traseras.....	42
Figura 51. Gráfica de lectura de barrido de sondas frontales.....	43
Figura 52. Gráfica de consumo de potencia.....	43
Figura 53. Gráfica de lectura de fuga máxima.....	43

1. Introducción

La tecnología de microondas, un elemento esencial en nuestras cocinas, es un fascinante campo de estudio. En el corazón de cada microondas se encuentra un componente vital conocido como magnetrón, encargado de generar ondas de alta densidad que son luego distribuidas por un ventilador a lo largo de la superficie de cocción.

Estas ondas, al encontrarse con las paredes metálicas del microondas, rebotan y penetran en los alimentos. Al hacerlo, provocan la vibración de las moléculas de agua presentes en los alimentos, generando calor y, por ende, cocinando los alimentos [1]. Un montaje incorrecto del microondas puede dar lugar a la filtración de estas ondas al exterior del aparato, un escenario que se busca evitar a toda costa. Por ello, se está desarrollando una estación de control de fugas de microondas. Esta estación tiene como objetivo asegurar que cada microondas esté en perfecto estado para su venta y que no existan fugas de ondas.

La estación está siendo desarrollada por la empresa Autis Ingenieros SL como parte del proyecto LEAKAGE a petición de la empresa BSH (empresa multinacional alemana especializada en la fabricación de electrodomésticos), más específicamente, a petición de una de sus fábricas llamada Gaggenau, situada en Francia.

1.1. Objetivos Principales

Los objetivos de este trabajo fin de grado son:

- Analizar el sistema base de testeo que posee la empresa, con la finalidad de entender en profundidad su funcionamiento.
- Implementar un nuevo sistema de testeo que permita detectar donde se encuentran las fugas de microondas y, dependiendo de su intensidad, ser capaz de eliminarlas con unos arreglos en la carcasa del microondas y para ello será necesario mantener la comunicación con los técnicos de Gaggenau (Francia) tanto en el desarrollo como la implementación de este proyecto.
- Integrar el nuevo sistema de testeo en una aplicación funcional, la cual ya posee otros sistemas integrados.

1.2. Estructura

En la sección 1 (Introducción) se habla del problema existente por el que se está desarrollando la estación de control de fugas de microondas, quien la está desarrollando y quien solicitó su desarrollo. En la sección 2 (Descripción de la estación de pruebas) se muestra un diagrama general de los elementos,

dispositivos electrónicos y protocolos de comunicación utilizados en la estación, con una breve explicación de cada uno de ellos. En la sección 3 (Diseño de la aplicación: TestPlan CORE) se explica brevemente la estructura y contenido de la aplicación utilizada para llevar a cabo las pruebas en la estación, así como otro diagrama para explicar su funcionamiento desde el punto de vista de los módulos de ejecución principales. En la sección 4 (Implementación de la aplicación) se explica el contenido del test que se realiza en la estación paso por paso. En la sección 5 (Implantación de la estación) se muestran los diferentes elementos que conforman la estación y el uso de cada uno. En la sección 6 (Pruebas de la aplicación) se presenta como se pueden visualizar los resultados de las lecturas de fugas de microondas durante y al finalizar la prueba. En la sección 7 (Conclusiones) se explica y justifica si se han cumplido los objetivos propuestos en el trabajo y, además, se relaciona el trabajo realizado con los estudios cursados.

1.3. Objetivos de Desarrollo Sostenible

La creación de la estación de control de fugas de microondas puede contribuir significativamente a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Aquí se detallan algunas formas en las que tu trabajo puede alinearse con estos objetivos:

ODS 3: Salud y Bienestar

Las microondas emitidas en niveles superiores a los permitidos pueden tener efectos adversos en la salud humana, incluyendo el riesgo de quemaduras, cataratas o efectos térmicos en los tejidos. Garantizar que los microondas domésticos no emiten niveles peligrosos contribuye a la protección de la salud pública.

ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico

El desarrollo y la implementación de tecnología avanzada para controlar y reducir las fugas de microondas promueve la innovación en el sector de electrodomésticos y puede estimular la economía a través de la creación de empleos en la manufactura y el mantenimiento de estos dispositivos.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura

Al incorporar tecnologías de control de emisiones en la producción de microondas, las empresas están contribuyendo a la modernización de la infraestructura industrial y promoviendo prácticas sostenibles.

ODS 12: Producción y Consumo Responsables

Asegurarse de que los microondas cumplan con los límites de emisión legal ayuda a prevenir la contaminación y el daño ambiental, promoviendo un consumo responsable.

ODS 13: Acción por el Clima

La investigación y el desarrollo en tecnologías de control de emisiones pueden contribuir a la educación y concienciación sobre la importancia de controlar y reducir la contaminación electromagnética, una parte del espectro de preocupaciones ambientales.

ODS 14: Vida Submarina y ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres

Aunque las microondas no afectan directamente los ecosistemas marinos o terrestres, el control de emisiones y la promoción de tecnologías seguras y responsables pueden tener un impacto positivo en la reducción de la contaminación general.

ODS 17: Alianzas para Lograr los Objetivos

La colaboración entre fabricantes de electrodomésticos, reguladores, y organismos de certificación en el desarrollo y la implementación de estaciones de control de fugas de microondas puede servir como un ejemplo de cooperación internacional y multisectorial para alcanzar metas comunes de desarrollo sostenible.

2. Descripción de la estación de pruebas

En la Figura 1 se muestra un esquema general de los diversos elementos que componen la estación de control.

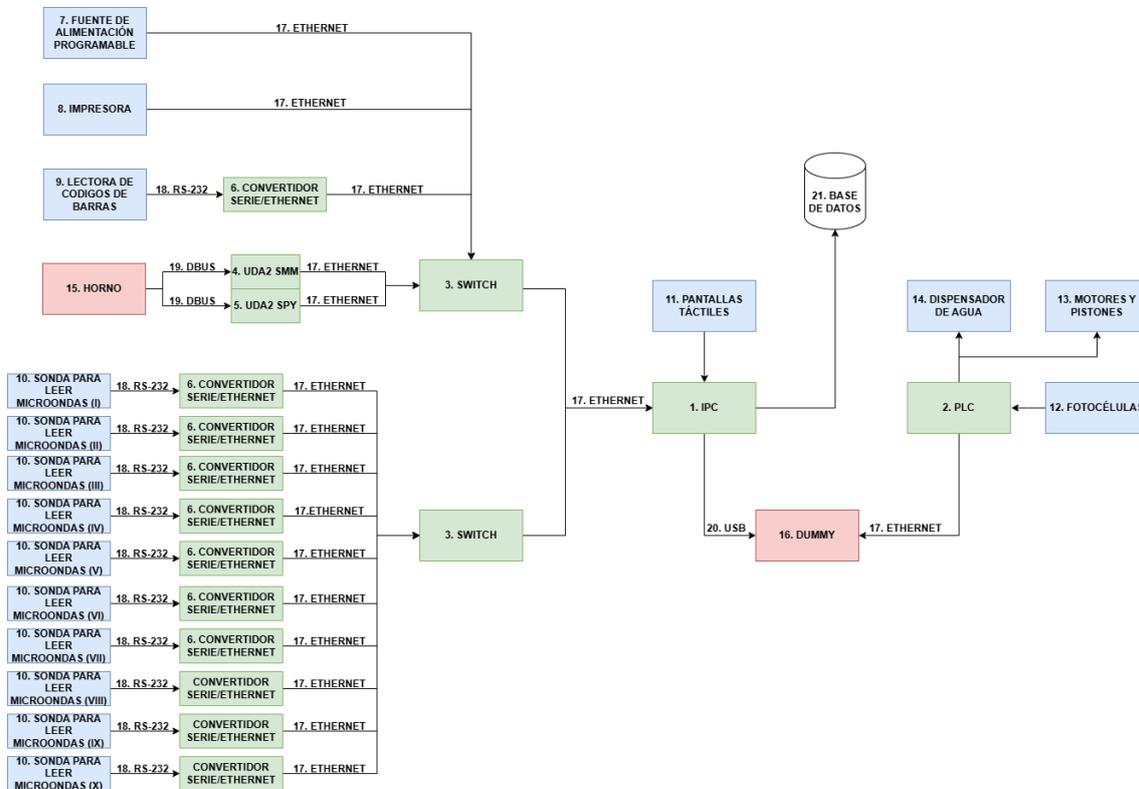


Figura 1. Diagrama general de la estación

A continuación, se van a describir los elementos del diagrama.

- 1. Ordenador industrial (IPC):** Los ordenadores industriales son dispositivos diseñados para operar en entornos industriales exigentes y realizar tareas específicas de control, automatización, y monitoreo en diversas aplicaciones industriales.
- 2. Controlador Lógico Programable (PLC):** computadora robusta programable que se utiliza para la automatización industrial. Estos controladores pueden automatizar un proceso específico, una función de la máquina o incluso una línea de producción completa [2].
- 3. Switch:** dispositivo de red que se utiliza para conectar múltiples dispositivos dentro de una misma red local (LAN) y permite dirigir el tráfico de datos específicamente hacia el dispositivo de destino adecuado.
- 4. UDA System Master (SMM):** sirve como intermediario entre el IPC y el microondas. Es necesario para poder enviar los comandos *DBUS* durante el test para configurar el horno de manera remota.
- 5. UDA SPY:** es el mismo tipo de dispositivo que el anterior, pero este se utiliza para espiar los comandos que se generan y que recibe el propio horno.

6. **Convertidor serie/ethernet:** dispositivo que permite la comunicación entre dispositivos que utilizan interfaces de comunicación serie (como *RS-232*, *RS-485*, *RS-422*) y redes *Ethernet*.
7. **Fuente de alimentación programable:** dispositivo que suministra el voltaje necesario para alimentar los microondas y demás aparatos que se quieran probar en la estación.
8. **Impresora:** cuando algún paso del test falla, imprime una etiqueta roja con la información del horno junto con la de la acción que ha fallado.
9. **Lectora de códigos de barras:** es necesaria para iniciar los tests. Antes de iniciar un test, hay que escanear el código de barras de los microondas, ya que contiene un número de serie (*SNR*) para identificarlo.
10. **Sondas para leer microondas:** dispositivos utilizados para detectar las fugas de microondas.
11. **Pantallas táctiles:** en lugar de utilizar ratón y teclado para controlar el *IPC*, se utilizan dos pantallas táctiles con la pantalla duplicada (ambas muestran la misma vista del ordenador).
12. **Fotocélulas:** dispositivo sensor que detecta la presencia, intensidad, o variación de luz en su entorno. Son necesarias para comprobar el estado y/o posición de diferentes elementos de la estación.
13. **Motores y pistones:** permiten mover y bloquear la posición del carro que carga el microondas y el propio microondas.
14. **Dispensador de agua:** suministra agua con una temperatura y volumen específico para uno de los varios test que se realizan en la estación.
15. **Horno (Microondas):** electrodoméstico que se prueba en la estación (los hornos que se prueban en la estación también funcionan como microondas, por lo que se utilizarán ambos términos para referirse al mismo electrodoméstico).
16. **Dummy:** es un aparato que forma parte de otro de los test de la estación y cuya función es simular la emisión de microondas desde unas antenas especialmente instaladas para ello.
17. **Ethernet:** protocolo que sirve para conectar dispositivos en una red local (*LAN*) y permitir la comunicación y el intercambio de datos entre ellos.
18. **RS-232:** protocolo estándar para la transmisión de datos en serie utilizado principalmente para la comunicación entre computadoras y dispositivos periféricos.
19. **Desktop Bus (DBUS):** sistema de comunicación entre procesos que permite que las aplicaciones de software y los componentes del sistema operativo se comuniquen entre sí.
20. **Universal Serial Bus (USB):** estándar de comunicación que define los cables, conectores y protocolos utilizados para la conexión, comunicación y suministro de energía entre computadoras y dispositivos electrónicos.

21. Base de datos: permiten almacenar, recuperar, manipular y gestionar los datos de la estación de control y de los electrodomésticos que pasan por ella de manera eficiente.

3. Diseño de la aplicación: TestPlan CORE

El objetivo de esta aplicación es el de automatizar procesos de ensamblado o test de calidad en un entorno de producción industrial. La operativa real de la aplicación se basa en identificar el *UUT (Unit under test)*, y en función del tipo ejecutar un test u otro. Los test se componen de acciones individuales de distinta índole que, en su conjunto, forman una secuencia completa. Una vez identificado el test que ha de ejecutar, la herramienta procesa cada una de las acciones individualmente para ejecutarlas y guardar los correspondientes resultados. Cada uno de los pasos del test es una acción individual que permite ejecutar un proceso aislado e independiente a los demás, como por ejemplo comunicar con un autómeta, abrir un bus de comunicación con la electrónica del *UUT*, adquirir una imagen con una cámara, o realizar un movimiento con un robot industrial. Cuando se ejecutan todas las acciones del test, la aplicación compone un resultado global de la prueba y lo registra de la manera que se precise. Además, puede compartir los resultados con la plataforma del cliente, mediante llamadas a una Interfaz de programación de aplicaciones (*API Rest*).

Para crear esta aplicación, se utilizó LabVIEW, un entorno de programación gráfica que proporciona aceleradores de productividad únicos para el desarrollo de sistemas de pruebas, con un enfoque intuitivo para programación, conectividad con cualquier instrumento e interfaces de usuario completamente integradas [3].

3.1. Estructura de la aplicación

El proyecto sigue una serie de pautas para mantener la organización y facilitar la búsqueda y acceso de los archivos. En los siguientes subapartados, se explica esta organización.

Árbol del proyecto

Se refiere a como se ven y estructuran las archivos y carpetas dentro del entorno de Labview. A continuación, se va a describir la estructura del árbol del proyecto, indicando el contenido de cada carpeta. Dicha estructura se puede observar en la Figura 2.

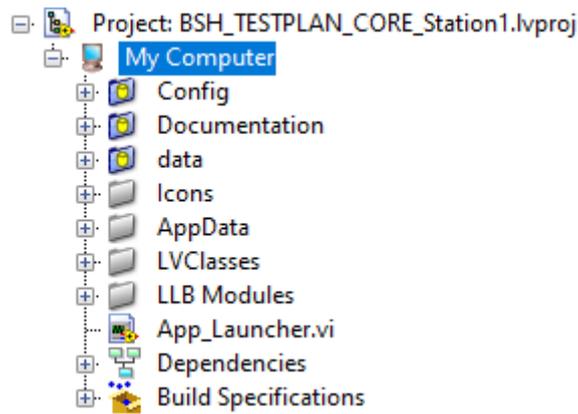


Figura 2. Estructura de carpetas del proyecto

La raíz del proyecto contiene 7 carpetas y el Lanzador del proyecto:

- Carpeta *Config*: contiene los ficheros de configuración de las máquinas de las estaciones.
- Carpeta *Documentation*: contiene un fichero de texto generado automáticamente con el historial de versiones del proyecto.
- Carpeta *data*: contiene librerías *DLL* para el funcionamiento del proyecto.
- Carpeta *Icons*: contiene los iconos utilizados por algunos archivos del proyecto.
- Carpeta *AppData*: contiene archivos varios, como un fichero de configuración con las credenciales de la base de datos y con los parámetros para conectarse a un *bróker Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)*.
- Carpeta *LVClasses*: contiene las clases (Programación orientada a Objetos) utilizadas en el proyecto.
- Carpeta *LLB Modules*: contiene las librerías utilizadas en el proyecto.
- *VI App_Launcher*: lanza todos los módulos de la aplicación.

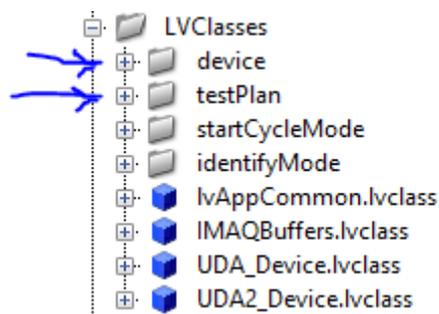


Figura 3. Carpetas importantes dentro de *LVClasses*

Como se puede observar en la Figura 3, dentro de la carpeta *LVClasses* hay varias carpetas, pero las 2 más importantes son:

- *device*: contiene todo lo relacionado con los dispositivos sobre los que realizar las pruebas.

- *testPlan*: contiene todo lo relacionado con los tests a realizar.

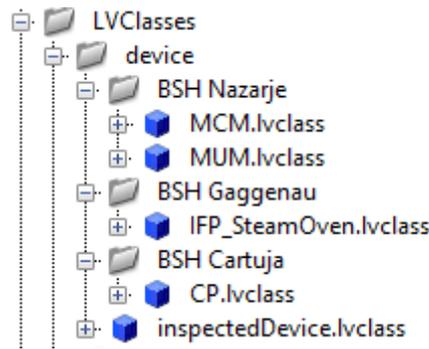


Figura 4. Contenido de la carpeta device

En el interior de la carpeta *device*, visto en la Figura 4, los dispositivos se encuentran agrupados en carpetas en función de la fábrica (lugar físico donde la empresa cliente quiere que instalemos las estaciones) donde son utilizados, y dentro de cada carpeta se encuentran las clases que representan a esos aparatos. Es decir, dentro del proyecto hay una clase específica que representa cada electrodoméstico o dispositivo a testear que tenga unas características distintivas del resto.

A la misma altura que esas carpetas está la clase padre *inspectedDevice*, de la que heredan las clases mencionadas previamente.

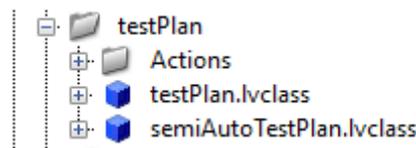


Figura 5. Contenido de la carpeta testPlan

Como se observa en la Figura 5, dentro de la carpeta *testPlan* está la clase padre *testPlan* y sus hijos, además de la carpeta *Actions*, que contiene las clases que componen los diferentes tipos de acciones a realizar durante los tests.

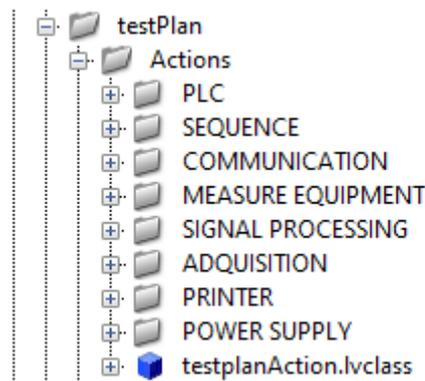


Figura 6. Tipos de acciones

En la Figura 6 se muestra que las acciones son clasificadas en función del ámbito de las mismas: si se encargan de procesos de comunicación, realizar mediciones, etc.

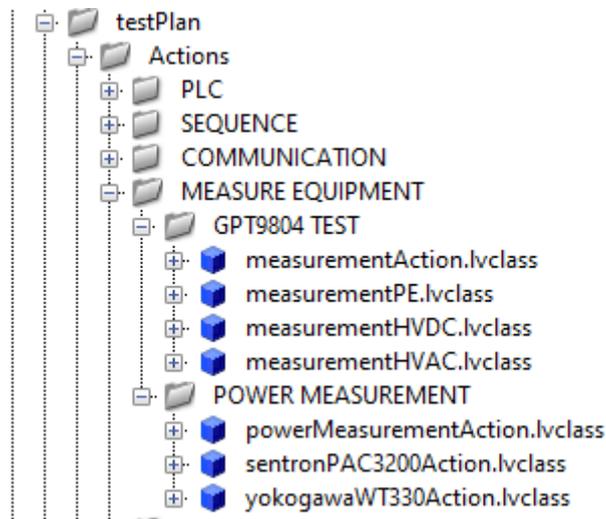


Figura 7. Subdivisiones de acciones

Adicionalmente habrá una nueva segmentación de carpetas, mostrada en la Figura 7, si se considera necesario debido a que el ámbito de las acciones es demasiado abstracto y se puede especificar más; como en este caso, en el que a partir de la categoría de *MEASURE EQUIPMENT*, se realizan 2 nuevas particiones: *GPT9804TEST* y *POWER MEASUREMENT*, con sus respectivas clases para realizar las acciones correspondientes.

Carpeta del código

Se refiere a como se ven y estructuran las archivos y carpetas desde el explorador de archivos de Windows.

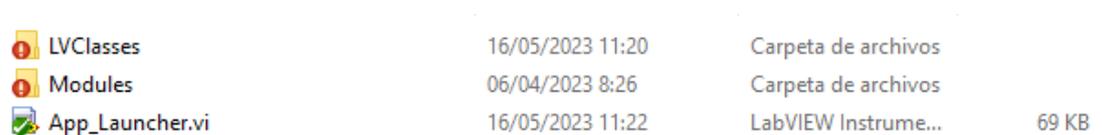
.svn	06/04/2023 8:25	Carpeta de archivos	
AppData	03/05/2023 11:11	Carpeta de archivos	
Builds	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos	
Config	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos	
data	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos	
Documentation	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos	
Icons	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos	
LogsError	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos	
LVApp_CORE	16/05/2023 11:22	Carpeta de archivos	
LVApp_Vision	10/05/2023 17:02	Carpeta de archivos	
Toolkits	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos	
Utilities	18/04/2023 15:26	Carpeta de archivos	
BSH_TESTPLAN_CORE_Station1.aliases	18/05/2023 8:39	Archivo ALIASES	1 KB
BSH_TESTPLAN_CORE_Station1.lvps	17/05/2023 13:28	Archivo LVLPS	1 KB
BSH_TESTPLAN_CORE_Station1.lvproj	17/05/2023 13:28	LabVIEW Project	165 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_01.aliases	06/04/2023 8:26	Archivo ALIASES	1 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_01.exe	06/04/2023 8:26	Aplicación	29.029 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_01.ini	06/04/2023 8:26	Opciones de confi...	1 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_02.aliases	06/04/2023 8:26	Archivo ALIASES	1 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_02.exe	06/04/2023 8:26	Aplicación	29.029 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_02.ini	06/04/2023 8:26	Opciones de confi...	1 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_03.aliases	06/04/2023 8:26	Archivo ALIASES	1 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_03.exe	06/04/2023 8:26	Aplicación	29.029 KB
CONTROL_TEST_BENCH_CORE_STATION_03.ini	06/04/2023 8:26	Opciones de confi...	1 KB

Figura 8. Estructura de carpetas del proyecto desde el explorador de archivos de Windows

Como se puede observar en la Figura 8, además de lo mencionado anteriormente, existen varios archivos y carpetas que no son visibles desde el proyecto.

- carpeta *Builds*: contiene el ejecutable de la aplicación y archivos relacionados con éste.
- carpeta *LogsError*: contiene los registros de los errores que han sucedido durante la ejecución de la aplicación separados por el número de la estación en la que ocurrieron.
- carpeta *LVApp_Vision*: contiene el código de la librería de procesado de Visión.
- carpeta *Toolkits*: contiene todo lo necesario a instalar para poder ejecutar la aplicación en Labview.
- carpeta *Utilities*: contiene extras, como un programa que es necesario instalar para poder modificar archivos multimedia desde línea de comandos. El resto de los archivos que quedan en el directorio son los archivos de la aplicación de Labview, así como varias copias de su ejecutable para cada estación.

Ahora analizaremos la estructura de la carpeta *LVApp_CORE* desde el explorador de archivos de Windows (Figura 9):



 LVClasses	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos	
 Modules	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos	
 App_Launcher.vi	16/05/2023 11:22	LabVIEW Instrume...	69 KB

Figura 9. Contenido de la carpeta *LVApp_CORE*

- carpeta *LVCclasses*: contiene las clases del proyecto
- carpeta *Modules*: contiene las librerías del proyecto
- *VI App_Launcher*: es el lanzador que contiene los módulos a ejecutar de la aplicación

Dentro de la carpeta *LVCclasses* se utiliza la siguiente distribución (ver Figura 10):

	abortAction	08/05/2023 15:41	Carpeta de archivos
	blenderMCM3	08/05/2023 15:41	Carpeta de archivos
	bypassAction	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos
	cameraAcquisitionAction	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	controlPanel	20/04/2023 17:06	Carpeta de archivos
	dbus2Action	25/04/2023 16:18	Carpeta de archivos
	dbus2CalibrationAction	11/04/2023 9:20	Carpeta de archivos
	dbus2CheckHWVariantAction	11/04/2023 9:28	Carpeta de archivos
	dbus2FactoryInventoryAction	11/04/2023 9:28	Carpeta de archivos
	dbus2IDStringAction	25/04/2023 16:18	Carpeta de archivos
	goToAction	10/05/2023 17:02	Carpeta de archivos
	httpRequest	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos
	identifyMode	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	IMAQBuffers	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	inspectedDevice	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	IT7800	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	lvAppCommon	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	measurementAction	08/05/2023 15:41	Carpeta de archivos
	mixerMUM	08/05/2023 15:41	Carpeta de archivos
	moveHomeElementsAction	08/05/2023 15:41	Carpeta de archivos
	ovenGOX	10/05/2023 17:02	Carpeta de archivos
	plcAction	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	plcLaserMarkAction	08/05/2023 15:41	Carpeta de archivos
	plcMeasurementAction	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	plcMeasurementToucherScrews	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	plcVariableAction	15/05/2023 12:14	Carpeta de archivos
	powerSupplyAction	16/05/2023 11:24	Carpeta de archivos
	printerAction	16/05/2023 16:01	Carpeta de archivos
	programmingAction	08/05/2023 15:42	Carpeta de archivos
	rendezvousAction	06/04/2023 8:26	Carpeta de archivos
	robotAction	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	signalProcessingAction	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	soundRecordAction	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	startCycle&IdentifyMode	20/04/2023 17:06	Carpeta de archivos
	testPlan	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	testPlanAction	16/05/2023 11:20	Carpeta de archivos
	uartAction	16/05/2023 16:01	Carpeta de archivos
	userInterAction	15/05/2023 12:14	Carpeta de archivos
	validationAction	08/05/2023 15:41	Carpeta de archivos
	waitAction	08/05/2023 15:41	Carpeta de archivos

Figura 10. Contenido de la carpeta LVClasses

Como norma general, cada clase tendrá su propia carpeta con todos los elementos dentro, pero hay algunas que se han creada para la clase padre y se han añadido subcarpetas dentro con el contenido de las clases hijas.

Lanzador del proyecto

El Lanzador es el VI que se encarga de lanzar todos los módulos de las clases y bibliotecas del proyecto (Figura 11 y Figura 12).

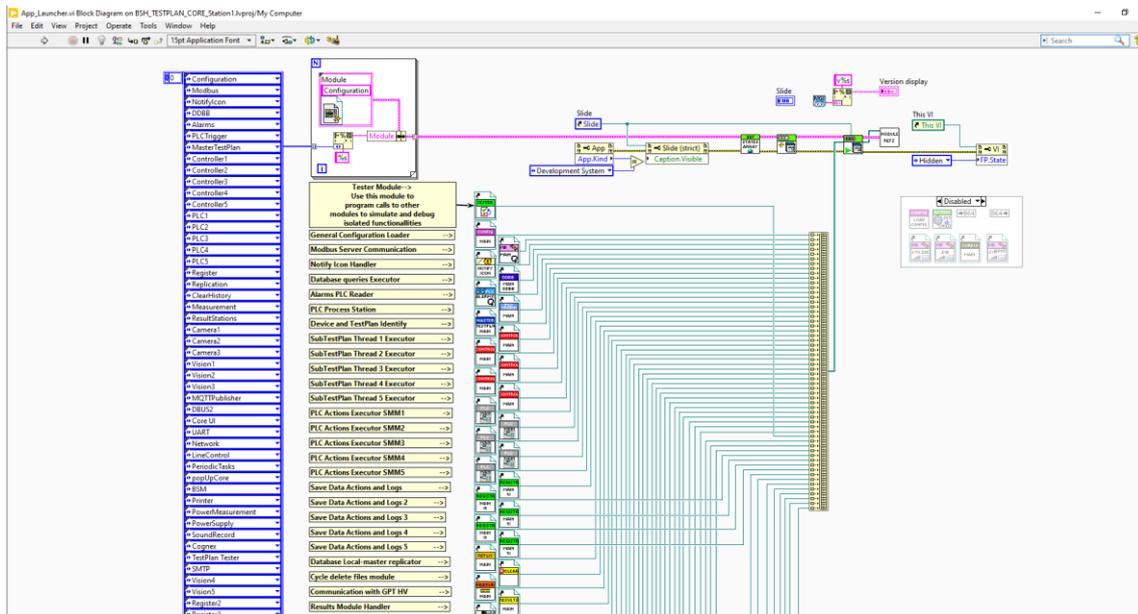


Figura 11. Launcher del proyecto (parte superior)

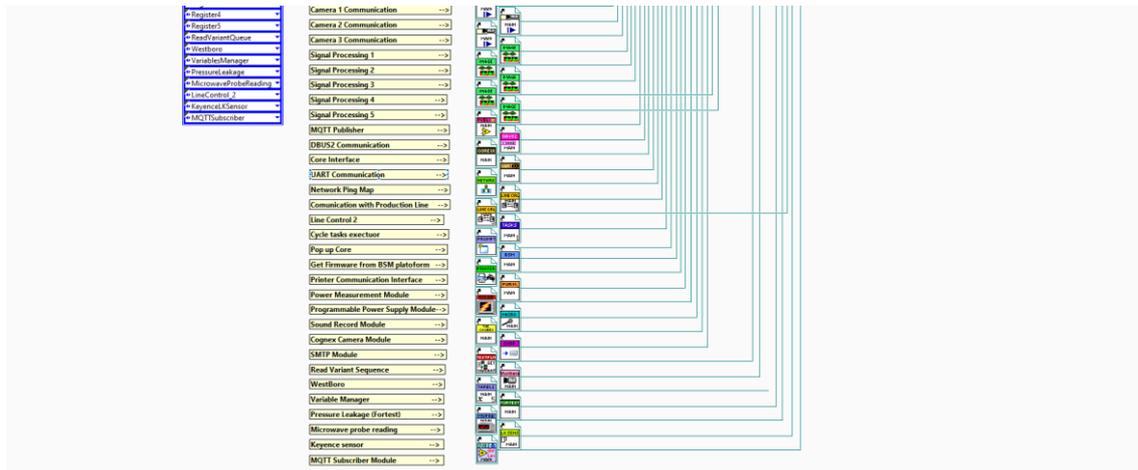


Figura 12. Launcher del proyecto (parte inferior)

A continuación, se explicará de manera breve cual es la función de cada módulo presente en el Lanzador:

- **Main_Configuration**: lee el *JSON* de la base de datos y le envía a cada módulo la configuración necesaria para su funcionamiento.
- **Main_MB_Server**: lanza el servidor *ModBus*.
- **Main_NotifIcon**: genera un icono de la aplicación.
- **Main_DDBB**: se encarga de la conexión y comunicación con la base de datos.
- **AlarmsPLC_Module**: lee las alarmas de los *PLCs*.
- **Main_PLCTrigger**: se encarga de gestionar la comunicación con el *PLC* a nivel de proceso, se monitorizan distintas variables que nos dan el inicio del test. Es el punto de partida del inicio del test.

- *MasterTestPlan_Main*: se encarga de identificar el aparato a testear y descarga el test necesario para ello.
- *ControllerTestPlan_Main*: recibe un objeto con el test a realizar por parte de *MasterTestplan* y se encarga de ejecutar acción tras acción hasta finalizarlo. Para ello se comunica con el módulo específico para que realice la acción del test. Una vez finalizado, devuelve todos los resultados al *MasterTestplan*.
- *Main_PLC*: comunica con el PLC para mandarle los programas de trabajo. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *PLC*.
- *Main_Register*: crea rutas para almacenar los datos en disco y los almacena. También se encarga de guardar *logs* de procesos de la aplicación.
- *Main_Replication*: crea una copia de seguridad de la base de datos.
- *Main_ClearHistory*: borra los registros de la aplicación y los datos guardados a partir de un intervalo temporal.
- *Main_Read_HVTest*: configura el dispositivo *GPT-9804* que se encarga de realizar tests de alto voltaje y medidas de aislamiento eléctrico. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *HV TEST AC*, *HV TEST DC* y *PE TEST*.
- *Main ResultStations*: genera un estado global con la información de los tests.
- *Main Camera Actor_SNAP*: controla las cámaras. Se encarga de comunicar con las cámaras y realizar varias acciones. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *CAMERA_ACQUISITION*.
- *Main_SignalProcessing*: se encarga de ejecutar algoritmos de procesamiento de imagen y devuelve un resultado. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *IMAGE_PROCESSING*.
- *Main_Publisher*: se encarga de comunicar con el *broker* y publicar información para que sea utilizado por el *frontend*. Es el principal flujo de comunicación entre *backend* y el *frontend*.
- *DBUS2_Module*: se encarga de gestionar todo el intercambio de tramas *DBUS*. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *DBUS2*.
- *CoreUI_Main*: es la principal interfaz de control de la aplicación *backend*.
- *mainUART*: se encarga de gestionar todo el intercambio de tramas *UART*. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *UART*.
- *Main_Network_Module*: comprueba la comunicación de red con todos los equipos de la máquina.
- *LineControl_Module_MainServerOrClient*: se utiliza como cliente/servidor *TCP*. Normalmente utilizado para comunicar con la línea de producción.
- *Main_PeriodicTasks*: se encarga de ejecutar tareas periódicas.
- *Main_userInterAction*: se utiliza como ventana de notificación para el usuario. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *PROMPT USER*.

- *Main_BSM*: descomprime el *firmware*. Comunica con la plataforma *BSM* para descargar el *firmware* que utilizamos en los procesos de programación de placas electrónicas.
- *printerAction~main*: comunica con una impresora industrial para imprimir etiquetas. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *PRINTER*.
- *powerMeasurementAction~Main*: controla los equipos de medida y realiza mediciones de las magnitudes eléctricas de los aparatos. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *POWER MEASUREMENT*.
- *PowerSupplyAction~Main*: controla y configura las fuentes de alimentación programables. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *POWER SUPPLY*.
- *soundRecordAction~main*: graba sonido para posteriormente ser procesados. Es el módulo ejecutor de las acciones de tipo *SOUND_RECORD*.
- *Validation Cognex Main*: Se encarga de validar los marcajes realizados por las acciones de laser. Toma una fotografía y a partir de ella, obtiene la información principal del marcaje, para compararla contra lo que se ha marcado. Adicionalmente comprueba la calidad del QR y la imagen posteriormente se sube a un servidor de guardado.
- *Main_SMTP*: utiliza un servidor SMTP para enviar mensajes por correo electrónico.
- *controllerTestPlan~mainReadVariantProcess*: equivalente al módulo Controller que lanza un TestPlan con unas acciones preestablecidas. Su fin es ejecutar una secuencia de identificación de un QR, que nos proporciona el modelo de molinillo de café a trabajar. Únicamente se utiliza en el proyecto de Grinder (otro proyecto de la Autis ajeno a este).
- *westboroAction~Main*: utiliza una cámara y junto con un programa externo llamado photometrica, aplica tratamiento de imagen.
- *variable~MainVariableManager*: gestiona las diferentes variables para almacenar datos usadas durante los tests.
- *pressureLeakage~Main*: se comunica vía TCP y envía comandos para controlar remotamente un comprobador de fugas por caída de presión.
- *microwaveProbesReading~Main*: se comunica vía TCP con varias controladoras para poder leer las fugas de microondas.
- *keyenceLKSensor~Main*: comunica con una lectora de códigos QR para leer el contenido de estos.
- *Main_Subscriber_MQTT*: se encarga de comunicar con el *broker* y obtener información de los topics que estén publicando otras aplicaciones de *TestPlan CORE*.

3.2. Diagrama de flujo general de la aplicación

En el siguiente diagrama de la Figura 13 se puede observar de manera resumida cómo funciona el comportamiento básico de la aplicación desde el punto de vista de los módulos principales, *MainTestPlan* y los módulos *Controller*.

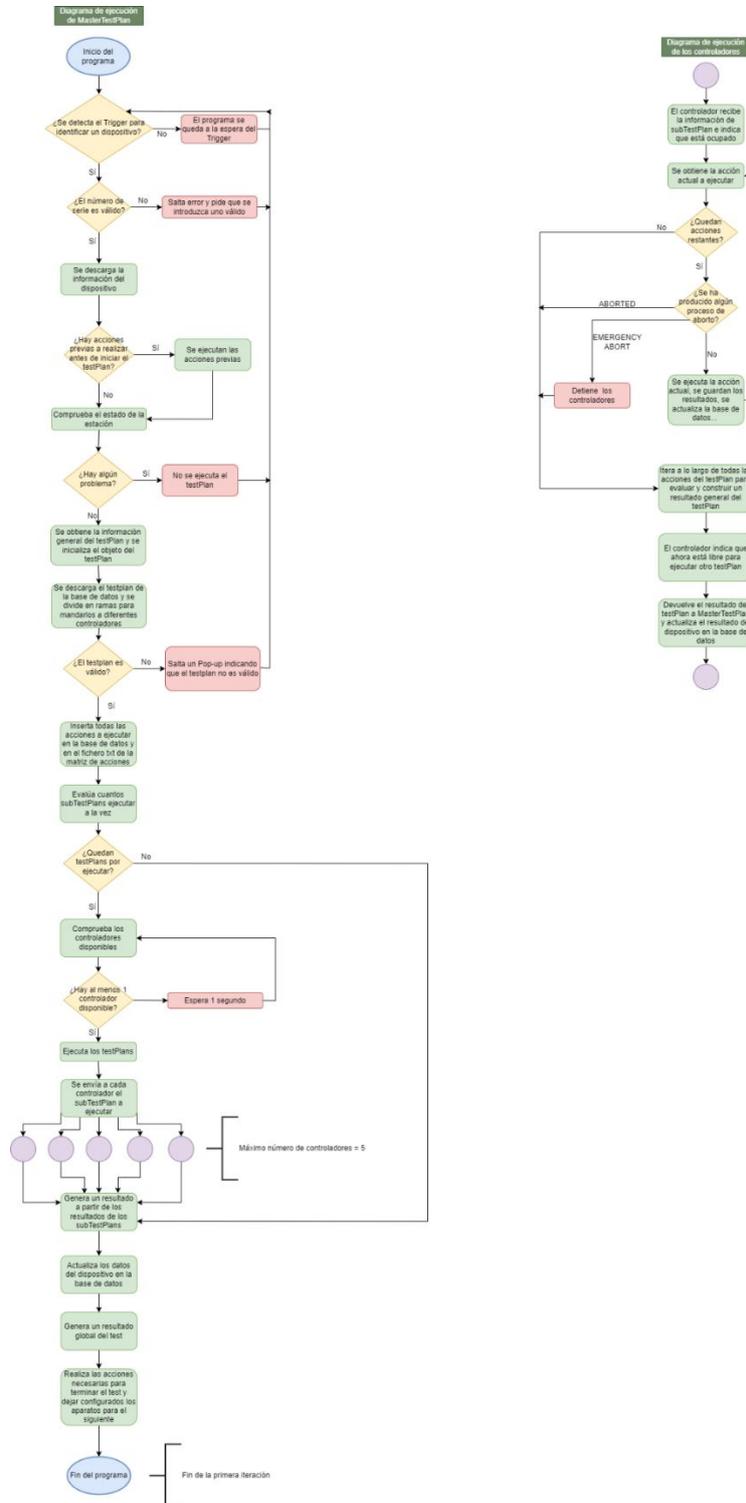


Figura 13. Diagrama general del funcionamiento de la aplicación

Antes de iniciar un test es necesario conocer el número de serie del electrodoméstico que se va a testear. Esto es necesario porque a partir del número de serie se obtiene la orden de producción a la que pertenece el electrodoméstico, y conociendo la orden de producción se puede saber las características del aparato, como por ejemplo el tamaño, como se ha de alimentar eléctricamente, el color, etc.

Hay varias formas de obtener el número de serie al inicio de un test, lo que se ha referido anteriormente como “*Trigger*”. Por ejemplo, escaneando un código de barras, un código *QR*, recibiendo el *SNR* directamente del *PLC*...

Una vez se obtenga el *SNR*, se comprueba si es válido. Debe tener una longitud específica y pertenecer a alguna de las órdenes de producción almacenadas en la base de datos.

Después de eso se comprueba si hay acciones previas al test, y de haberlas, es lo primero que se ejecuta. A continuación, se obtiene el contenido principal del *Testplan* y se divide en diferentes ramas para mandarlo a diferentes controladores. Para referirse a dicho contenido fragmentado se utilizará el término “*SubTestplan*”.

Cada controlador recibe la información del *Subtestplan* y obtiene la acción actual a ejecutar. Mientras queden acciones restantes dentro del *Subtestplan*, se ejecutarán, se guardarán sus resultados en la base de datos, etc. Cuando se hayan ejecutado todas las acciones, se construirá un resultado general del *Testplan* que será enviado al módulo de *MasterTestPlan* y actualizado en la base de datos.

Cuando la ejecución de todos los *SubTestplans* haya terminado, se generará un resultado global y se actualizarán los datos del electrodoméstico en la base de datos.

Por último, se ejecutarán las acciones *postTestPlan*, las cuales normalmente tienen como finalidad dejar los dispositivos utilizados durante las pruebas listos para la siguiente iteración.

4. Implementación de la aplicación

A partir de la aplicación de *TestPlan* (parte *frontend*), se puede crear una secuencia de acciones para llevar a cabo todos los procesos necesarios dentro de la estación.

Como se puede observar en la Figura 14, esta es la vista que se tiene dentro de la aplicación web de *TestPlan*. Aquí se pueden observar 2 hilos de ejecución,

Thread 1 y *Thread 2*, cuyas acciones se ejecutarían en paralelo entre ambos hilos.

Dentro de cada hilo se pueden observar 3 columnas llamadas *Name*, *Result OK* y *Result NOT OK*. La primera columna es la principal, donde siempre debe haber acciones para ejecutar. Las columnas de *Result OK* y *Result NOT OK* solo se ejecutarán si la acción principal de su respectiva fila termina como *OK* (todo ha terminado correctamente) o *NOT OK* (algo ha fallado).

A continuación, se explicará qué hace cada acción de las columnas principales del hilo 1, aunque también se mencionará las acciones del hilo 2 cuando sea necesario.

Thread 1			Thread 2			
	Name	Result OK	Result NOT OK	Name	Result OK	Result NOT OK
1	Start_Test		GoTo Validate TestPlan			
2	Reset UDAs		GoTo Validate TestPlan			
3	Validate Previous Station		GoTo Validate TestPlan			
4	Detect_Trolley_In_Position		POP-UP Detect Trolley Error			
			GoTo Validate TestPlan			
5	Unlock_Station_Doors		GoTo Validate TestPlan			
6	POP-UP Push_MW_Into_Chamber		GoTo Validate TestPlan			
7	Send_MW_To_Station		POP-UP Oven Load Error			
			GoTo AbortActions			

Figura 14. Contenido del test de la estación (parte 1)

1. *Start_Test*: acción que se utiliza para indicarle al *PLC* que el test ha empezado. A partir del momento en el que la acción se ejecuta, el *PLC* publica lo que está durando el test.
2. *Reset_UDA*: acción que reinicia eléctricamente unos dispositivos llamados UDA. Son los que permiten que haya comunicación *DBUS* entre los electrodomésticos y el ordenador.
3. *Validate Previous Station*: Comprueba que el resultado del test de la estación anterior ha terminado correctamente. Esta estación de control de fugas de microondas forma parte de un conjunto de 3 estaciones, siendo la última de la secuencia.
4. *Detect_Trolley_In_Position*: acción que detecta si los pistones para fijar la posición del carrito están activados. Si lo están se contará como que el carro está en posición.
5. *Unlock_Station_Doors*: desbloquea las puertas y ventanas de la estación para poder abrirlas. **Nota:** Para poder realizar ciertas acciones,

como mover el horno dentro de la estación, es necesario que las puertas estén cerradas.

6. *POP-UP Push_MW_Into_Chamber*: muestra un mensaje en la pantalla indicándole al operario que debe abrir la ventana de la estación e introducir el horno dentro.
7. *Send_MW_To_Station*: activa los rodillos de la entrada de la zona 1 de la estación para poder poner encima el microondas y que se desplace hasta la posición final. Cuando se detecte que el microondas está posicionado correctamente, se activará un pistón que bloqueará el posible movimiento del microondas, para evitar que se pueda caer durante las pruebas.

8	Check Microwave Orientation	POP-UP Oven Orientation Error	GoTo AbortActions		
9	Check_Microwave_Model	POP-UP Oven Model Error	GoTo AbortActions		
10	Disable_Pistons	GoTo AbortActions			
11	POP-UP Connect_Cables	GoTo AbortActions			
12	POP-UP First_Test_of_Day	GoTo AbortActions			
13	Block_Station_Doors	POP-UP Close Doors	GoTo CheckDoor_1		

Figura 15. Contenido del test de la estación (parte 2)

En la Figura 15 se muestra la segunda parte del test:

8. *Check Microwave Orientation*: acción que se basa en una fotocélula para detectar el marco de la puerta del horno. Dicho marco es un poco más alto que el resto del horno, por tanto, si la fotocélula detecta algo, se trata del marco, y el marco indica la parte frontal del microondas.
9. *Check_Microwave_Model*: acción que se basa en la detección de 2 fotocélulas para saber las dimensiones del microondas y, por ende, su modelo. Si se detecta una fotocélula, es que se trata del horno pequeño y si se detectan dos, es que se trata del grande.
10. *Disable_Pistons*: retrae los pistones que se utilizan para bloquear la posición del carro que transporta el microondas fuera de la estación y los deshabilita para que no puedan volver a activarse.
11. *POP-UP Connect_Cables*: muestra un mensaje por pantalla indicándole al operario que conecte los cables de alimentación y *DBUS* del microondas.
12. *POP-UP First_Test_of_Day*: muestra un mensaje informándole al operario que este test se trata del primero del día. **Nota:** esta información es importante ya que el contenido del test (las acciones) varía dependiendo de si es el primero del día o no.

13. *Block_Station_Doors*: bloquea las puertas y ventanas de la estación para que no puedan abrirse y después comprueba que se han cerrado.

14	Init Microwave Probes	POP-UP Probes Error GoTo AbortActions
15	PowerSupply_ON	POP-UP Power Supply Error GoTo AbortActions
16	Select_Power_Socket	GoTo AbortActions
17	MoveToZone2	GoTo AbortActions
18	Fix_MW_Zone2	GoTo AbortActions
19	Unfix_MW_Zone2	GoTo AbortActions
20	MoveToZone3	GoTo AbortActions
21	Fix_MW_Zone3	GoTo AbortActions

Figura 16. Contenido del test de la estación (parte 3)

En la Figura 16 se muestra la tercera parte del test:

14. *Init Microwave Probes*: inicializa los valores que leen las sondas al inicio del test. Es posible que, al encender las sondas, se estén leyendo valores diferentes de cero, ya sea por ruido, interferencias o algún otro motivo. Por eso se reinicia a cero el valor actual medido por las sondas.
15. *PowerSupply_ON*: enciende y configura la salida de la fuente de alimentación.
16. *Select_Power_Socket*: activa el contactor específico para que el voltaje de la fuente de alimentación llegue a la toma de corriente necesaria.
Nota: hay 2 tomas de corriente en función del tipo de horno, una para hornos europeos y otra para el resto de los hornos que vienen con los cables separados (fase 1, fase 2, fase 3, neutro y tierra).
17. *MoveToZone2*: mueve el microondas a la zona 2 de la estación.
18. *Fix_MW_Zone2*: fija la posición del microondas usando varios servos en la zona 2.
19. *Unfix_MW_Zone2*: libera el microondas de su fijación.
20. *MoveToZone3*: mueve el microondas a la zona 3 de la estación.
21. *Fix_MW_Zone3*: fija la posición del microondas usando varios servos en la zona 3.

22	Unlock_Station_Doors		GoTo AbortActions
23	POP-UP Insert_Glass		GoTo AbortActions
24	POP-UP Security		GoTo RemoveObject
25	Block_Station_Doors		GoTo RemoveObject
26	Unfix_MW_Zone3		GoTo AlarmJigs
27	MoveToZone2		GoTo AlarmJigs
28	Fix_MW_Zone2		GoTo AlarmJigs
29	DBUS_Open_Connection_19200		POP-UP UDA Connection Error GoTo AlarmJigs

Figura 17. Contenido del test de la estación (parte 4)

En la Figura 17 se muestra la cuarta parte del test:

- 22. [Unlock Station Doors](#): Véase la explicación de la acción 5.
- 23. [POP-UP Insert_Glass](#): muestra un mensaje que le indica al operario que inserte un vaso con agua dentro del microondas.
- 24. [POP-UP Security](#): muestra un mensaje que le indica al operario que se asegure que no haya nadie dentro de la estación y que las puertas y ventanas están cerradas antes de continuar con el test.
- 25. [Block Station Doors](#): Véase la explicación de la acción 13.
- 26. [Unfix_MW_Zone3](#): libera el microondas de su fijación en la zona 3.
- 27. [MoveToZone2](#): mueve el microondas a la zona 2 de la estación.
- 28. [Fix_MW_Zone2](#): fija la posición del microondas usando varios servos en la zona 2.
- 29. [DBUS_Open_Connection_19200](#): abre la comunicación con el UDA de la estación.

30	DBUS Check_BootMode_Recovery	Wait 25s	GROUP Reset Oven Mode Init
31	DBUS_SMM_Set_Boot_Mode_Request		GoTo AlarmJigs
32	DBUS_Reset_Execute		GoTo AlarmJigs
33	DBUS_Simulate_CFM_COMPLET_TRANSITION_REQ...		GoTo AlarmJigs
34	DBUS_Simulate_CFM_COMPLET_SYSTEM_STATE_E...		GoTo AlarmJigs
35	DBUS_Heating_Mode_MW_600W		POP-UP DBUS Command Error GoTo AlarmJigs
36	Check_MW_Consumption_Stability		POP-UP Oven Consumption Stabilisation Error GoTo AlarmJigs

Figura 18. Contenido del test de la estación (parte 5)

En la Figura 18 se muestra la quinta parte del test:

- 30. [DBUS Check_Recovery_Mode](#): ejecuta un comando *DBUS* para comprobar en qué modo está el horno. Hay 2 modos se pueden

observar durante el test: el modo por defecto (*Default*) que es el que tiene normalmente el horno y el modo *Recovery*, que es necesario activar para poder calentar el horno durante la prueba.

31. *DBUS_SMM_Set_Boot_Mode_Request*: cambia el modo del microondas a *Recovery*.
32. *DBUS_Reset_Execute*: reinicia eléctricamente el microondas para aplicar el cambio de modo.
33. *DBUS_Simulate_CPM_COMPLETE_TRANSITION_REQUEST*: se prepara para simular el toque de una persona en la pantalla del microondas
34. *DBUS_Simulate_CPM_COMPLETE_SYSTEM_STATE_ELEMENT*: realiza la simulación del toque. Estos 2 comandos son necesarios para poder calentar el horno de manera remota a partir de comandos *DBUS*.
35. *DBUS_Heating_Mode_MW_600W*: el microondas empieza a calentarse con una potencia de 600W.
36. *Check_MW_Consumption_Stability*: comprueba si el consumo de potencia del horno se ha estabilizado durante el arranque inicial.

37	Move_Back_Probes_Read	GoTo AlarmJigs
38	Read Back Microwave Probes	GoTo AlarmJigs
39	Move_Home_Back_Probes	GoTo AlarmJigs
40	Move_Front_Probes_Antenna	GoTo AlarmJigs
41	Read Antenna	GoTo AlarmJigs
42	Move_Front_Probes_Init_Sweep	GoTo AlarmJigs
43	Rendezvous1	Rendezvous1
44	Rendezvous2	Rendezvous2

Figura 19. Contenido del test de la estación (parte 6)

En la Figura 19 se muestra la sexta parte del test:

37. *Move_Back_Probes_Read*: activar un motor para sacar las sondas traseras y laterales para poder leer las fugas de microondas en esos puntos.
38. *Read Back Microwave Probes*: realiza la lectura de las sondas traseras y laterales. Si la lectura es superior al límite legal, el test termina por motivos de seguridad.
39. *Move_Home_Back_Probes*: vuelve a colocar las sondas traseras y laterales en su posición inicial.
40. *Move_Front_Probes_Antenna*: mueve las sondas frontales a la apertura de la puerta del microondas.

41. *Read Antenna*: realiza la lectura de las sondas frontales y a partir de los valores obtenidos, calcula la frecuencia de rotación de la antena de las microondas.
42. *Move_Front_Probes_Init_Sweep*: mueve las sondas frontales a la posición inicial previa al barrido.
43. *Rendezvous1*: es una acción especial que se encarga de enlazar acciones de diferentes hilos del test. Las acciones de los diferentes hilos se ejecutan a su propio tiempo, pero cuando se requiere que acciones de diferentes hilos empiecen a ejecutarse a la vez, o no se quiere ejecutar una acción de un hilo sin antes haber terminado otra de otro hilo, es necesario usar este tipo de acciones. En este caso, hasta que no termine de ejecutarse la acción 42 (*Move_Front_Probes_Init_Sweep*), no empezará a ejecutarse la acción 2 del segundo hilo (*Validate TestPlan*).
44. [Rendezvous2](#): Véase la explicación de la acción 43.

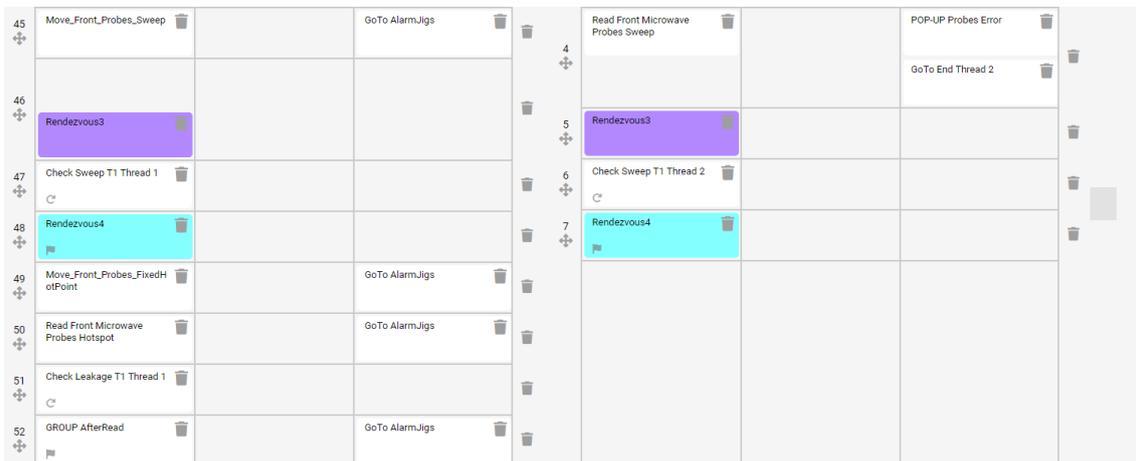


Figura 20. Contenido del test de la estación (parte 7)

En la Figura 20 se muestra la séptima parte del test:

45. *Move_Front_Probes_Sweep*: esta acción se ejecuta en paralelo con la acción 4 del hilo 2 (*Read Front Microwave Probes Sweep*). Se encargan de ir desplazando lentamente las sondas por delante de la puerta de las microondas y tomar las medidas de las fugas durante el movimiento respectivamente.
46. [Rendezvous3](#): Véase la explicación de la acción 43.
47. *Check Sweep T1 Thread 1*: comprueba los resultados del barrido anterior y si alguna medida es superior al límite legal, el test termina por motivos de seguridad.
48. [Rendezvous4](#): Véase la explicación de la acción 43.
49. *Move_Front_Probes_FixedHotPoint*: mueve las sondas a la posición donde se haya detectado la fuga más alta durante el barrido.
50. *Read Front Microwave Probes Hotspot*: realiza la lectura de las sondas frontales y a partir de los valores obtenidos.

51. *Check Leakage T1 Thread 1*: comprueba si las lecturas de la fuga más grande han superado cierto límite. Si lo han hecho, se ejecuta una secuencia de acciones para ajustar el microondas [paso 52]. Si los valores están por debajo de ese límite, se continúa el test de manera normal [paso 71].
52. *GROUP AfterRead*: es un conjunto de acciones que se encarga de apagar el modo de calentamiento del horno, llevar las sondas frontales a su posición inicial, liberar el microondas de la zona 2, llevarlo a la zona 3 y bloquear su posición en la zona 3.

53	Unlock_Station_Doors		GoTo RemoveObject				
54	POP-UP Vacuum Generator activation		GoTo RemoveObject				
55	Activate_Vacuum_Generator		GoTo RemoveObject				
56	ShowResults_Popup_Test						
57	Deactivate_Vacuum_Generator		GoTo RemoveObject				
58	POP-UP Insert_Glass		GoTo RemoveObject				
59	Check_Jigs_In_Platform		POP-UP Jigs in wrong position				
			GoTo Check Jigs in Box				
60	POP-UP Security		GoTo RemoveObject				
61	Unfix_MW_Zone3		GoTo AlarmJigs				

Figura 21. Contenido del test de la estación (parte 8)

En la Figura 21 se muestra la séptima parte del test:

53. [Unlock Station Doors](#): Véase la explicación de la acción 5.
54. *POP-UP Vacuum Generator activation*: Muestra un mensaje para avisar de que el generador de vacío va a activarse y que se debe abrir la puerta del microondas hasta hacer contacto con la ventosa correspondiente conectada al generador de vacío.
55. *Activate_Vacuum_Generator*: activa el generador de vacío para producir una succión lo bastante fuerte como para mantener la puerta del microondas abierta.
56. *ShowResults_Popup_Test*: Muestra el mapa de calor indicando la posición de la fuga de microondas más grande.
57. *Deactivate_Vacuum_Generator*: desactiva el generador de vacío.

62	MoveToZone2		GoTo AlarmJigs				
63	Fix_MW_Zone2		GoTo AlarmJigs				
64	DBUS_Heating_Mode_MW_6 OOV		GoTo AlarmJigs				
65	Check_MW_Consumption_S tability		POP-UP Oven Consumption Stabilisation Error				
66	Move_Back_Probes_Read		GoTo AlarmJigs				
67	Read Back Microwave Probes		GoTo AlarmJigs				
68	Move_Home_Back_Probes		GoTo AlarmJigs				
69	Rendezvous5				Rendezvous5		

Figura 22. Contenido del test de la estación (parte 9)

70	GoTo Test1			9	Validate TestPlan		
71	GROUP AfterRead		GoTo AlarmJigs	10	Check Leakage T1 Thread 2		
72	ShowResults_Popup_Test						
73	Unlock_Station_Doors		GoTo RemoveObject				
74	POP-UP Insert_Glass_and_Jiggs		GoTo RemoveObject				
75	Check_Jigs_In_MW		POP-UP Jigs in wrong position				
76	POP-UP Security		GoTo Check Jigs in Oven				
			GoTo RemoveObject				

Figura 23. Contenido del test de la estación (parte 10)

El resto de las acciones de la 58 a la 70 (Figura 22 y Figura 23) son para repetir el mismo test de lecturas de microondas que se ha realizado anteriormente. La única diferencia es que la lectura de la antena del microondas solo se realiza una vez, por tanto, en esta secuencia no se realiza. La acción 70, *GoTo Test1*, salta en la secuencia de acciones hasta el paso 42, *Move_Front_Probes_Init_Sweep*, para repetir el resto de las acciones.

71. *GROUP AfterRead*: Véase la explicación de la acción 52.

72. *ShowResults Popup Test*: Véase la explicación de la acción 56.

77	Block_Station_Doors		POP-UP Close Doors				
			GoTo CheckDoor_3				
78	Unfix_MW_Zone3		GoTo AlarmJigs				
79	MoveToZone2		GoTo AlarmJigs				
80	Fix_MW_Zone2		GoTo AlarmJigs				
81	DBUS_Heating_Mode_MW_6 00W		GoTo AlarmJigs				
82	Check_MW_Consumption_S tability		POP-UP MW Consumption Stabilisation Error				
			GoTo AlarmJigs				

Figura 24. Contenido del test de la estación (parte 11)

83	Move_Back_Probes_Read		GoTo AlarmJigs				
84	Read Back Microwave Probes		GoTo AlarmJigs				
85	Move_Home_Back_Probes		GoTo AlarmJigs				
86	Move_Front_Probes_Init_Sw esp		GoTo AlarmJigs				
87	Rendezvous6				Rendezvous6		
88	Rendezvous7				Rendezvous7		
89	Move_Front_Probes_Sweep		GoTo AlarmJigs		Read Front Microwave Probes Sweep		POP-UP Probes Error
90	Check Sweep T2 Thread 1						GoTo End Thread 2

Figura 25. Contenido del test de la estación (parte 12)

91	Rendezvous8				Check Sweep T2 Thread 2		
92	Move_Front_Probes_FixedH otPoint		GoTo AlarmJigs				
93	Read Front Microwave Probes Hotspot		GoTo AlarmJigs				
94	Check Leakage T2 Thread 1						
95	GROUP AfterRead		GoTo AlarmJigs				
96	Unlock_Station_Doors		GoTo RemoveObject				
97	POP-UP Vacuum Generator activation		GoTo RemoveObject				
98	Activate_Vacuum_Generator		GoTo RemoveObject				
99	ShowResults_Popup_Test						

Figura 26. Contenido del test de la estación (parte 13)

100	Deactivate_Vacuum_Generator		GoTo RemoveObject				
101	Rendezvous9						
102	GoTo Test2			18	Validate TestPlan		
103	GROUP AfterRead		GoTo AlarmJigs	19	Check Leakage T2 Thread 2		
104	ShowResults_Popup_Test			20	Wait 0,5s		
105	GROUP Reset MW Mode			ADD ROW			
106	GoTo RemoveObject						
107	GROUP LeakJigs						
108	Unlock_Station_Doors						

Figura 27. Contenido del test de la estación (parte 14)

Para las acciones que van de la 73 a la 104 (Figura 23, Figura 24, Figura 25, Figura 26 y Figura 27), la secuencia es la misma que las acciones que van de la 22 a la 72. Las únicas diferencias son que las acciones de tipo *DBUS* de la 29 a la 34 no se ejecutan porque la configuración del microondas solo necesita cambiarse una vez por test. Como se ha mencionado anteriormente, la lectura de la antena solo se realiza una vez también. Esto permite que si se detectan fugas de microondas en esta segunda parte del test y hay que repetirlo.

- 105. *GROUP Reset MW Mode*: conjunto de acciones de tipo *DBUS* que se encarga de volver a cambiar el modo del horno a Default.
- 106. *GoTo RemoveObject*: un salto en la secuencia para no ejecutar la acción 107 y ejecutar la acción 108
- 107. *GROUP LeakJigs*: conjunto de acciones que sirven para mandar el horno de la zona 2 a la zona 3 cuando alguna acción falla. Esto se hace para retirar cualquier elemento dentro del microondas.
- 108. [Unlock Station Doors](#): Véase la explicación de la acción 5.

109	POP-UP Remove_Jigs_and_Glass						
110	Check_Jigs_In_Platform		POP-UP Jigs in wrong position				
			GoTo Check Jigs in Box 2				
111	Block_Station_Doors		POP-UP Close Doors				
			GoTo CheckDoor_4				
112	PLC_All_Home		GoTo Validate TestPlan				
113	DBUS_Close_Connection						
114	PowerSupply_OFF						
115	Unlock_Station_Doors						

Figura 28. Contenido del test de la estación (parte 15)

En la Figura 28 se muestra la décimo quinta parte del test:

- 109. *POP-UP Remove_Jigs_and_Glass*: informa al operario de que debe sacar el vaso de agua y las plantillas del interior del microondas.
- 110. *Check_Jigs_In_Platform*: comprueba que las plantillas han sido colocadas en su posición original (dentro de la caja con las fotocélulas que detectan su posición).
- 111. [Block Station Doors](#): Véase la explicación de la acción 13.
- 112. *PLC_All_Home*: manda todos los elementos de la estación controlados por el PLC a su posición original. Si no ha habido ningún fallo, en este punto del programa solo manda la plataforma con el microondas a la zona 1.
- 113. *DBUS_Close_Connection*: cierra la comunicación DBUS con el UDA.
- 114. *PowerSupply_OFF*: desactiva la salida de voltage de la fuente de alimentación, por lo que el horno se apaga eléctricamente.
- 115. [Unlock Station Doors](#): Véase la explicación de la acción 5.

116	POP-UP Disconnect_Cables		GoTo Validate TestPlan
117	Enable_Pistons		GoTo Validate TestPlan
118	POP-UP Place Trolley		GoTo Validate TestPlan
119	Detect_Trolley_In_Position		POP-UP Detect Trolley Error GoTo Validate TestPlan
120	POP-UP Remove MW		GoTo Validate TestPlan
121	Remove_MW_From_Station		GoTo Validate TestPlan
122	Disable_Pistons		GoTo Validate TestPlan
123	Validate TestPlan		

Figura 29. Contenido del test de la estación (parte 16)

En la Figura 29 se muestra la décimo sexta parte del test:

- 116. *POP-UP Disconnect_Cables*: mensaje que le indica al operario que desconecte los cables de alimentación y de comunicación DBUS del horno.
- 117. *Enable_Pistons*: Vuelve a habilitar los pistones de los raíles para poder fijar el carrito.
- 118. *POP-UP Place Trolley*: indica al operario que mueva el carrito para fijar su posición con los pistones.
- 119. [Detect Trolley In Position](#): Véase la explicación de la acción 4.
- 120. *POP-UP Remove MW*: indica al operario que pulse el botón que de la ventana emergente para empezar el proceso de extracción del microondas de la estación.
- 121. *Remove_MW_From_Station*: activa los rodillos de la plataforma para sacar el microondas.

122. [Disable Pistons](#): Véase la explicación de la acción 10.
123. *Validate TestPlan*: comprueba el resultado global del test. Si alguna acción ha fallado, se da el test por malo.

124	Check Print Condition			
125	Print Red Label		POP-UP Printer Error	
126	End_Test		POP-UP PLC Action Error	
ADD ROW				

Figura 30. Contenido del test de la estación (parte 17)

En la Figura 30 se muestra la décimo séptima parte del test:

124. *Check Print Condition*: comprueba si se cumplen las condiciones necesarias para imprimir una etiqueta roja que se debe colocar en el microondas indicando porque ha fallado el test.
125. *Print Red Label*: imprime en una etiqueta roja la información del microondas que se ha probado junto con la acción del test que ha fallado.
126. *End_Test*: acción que se utiliza para indicarle al *PLC* que el test ha finalizado. Una vez ejecutada la acción, los tiempos que publica el *PLC* dejan de incrementar. Posteriormente la aplicación almacenará esos tiempos para poder consultarlos.

5. Implantación de la estación

Actualmente la estación aún se encuentra en producción dentro de la empresa y todavía está sujeta a posibles cambios electromecánicos.

La estación está dividida en 3 zonas en función de donde se encuentre el microondas dentro de la estación:

- Zona 1: lugar donde se carga y descarga el microondas de la estación. También es la zona donde se conectan y desconectan los cables del electrodoméstico.
- Zona 2: lugar donde se realizan las lecturas de fugas de microondas.
- Zona 3: lugar donde se insertan y retiran los elementos que se colocan dentro del microondas y donde se realiza el ajuste de las puertas del microondas de ser necesario.

A continuación, se mostrarán varias imágenes del montaje de la estación.



Figura 31. Vista desde la zona inicial de la estación

En la Figura 31 se muestra la vista de la estación desde la zona 1. Como se puede observar, el microondas se encuentra de espaldas sobre una plataforma con unos rodillos que son los encargados de sacarlo y meterlo dentro de la estación. Además, el horno se coloca encima de una base de corcho para facilitar su transporte y aislar eléctricamente el horno de los rodillos que tiene debajo.



Figura 32. Vista desde la zona final de la estación

En la Figura 32 se muestra la vista del microondas desde la zona 3, aunque en la imagen se encuentra en la zona 2. Desde la zona 3, la parte delantera del

En la Figura 34 se muestra la fuente de alimentación programable usada para dar voltaje a los diferentes microondas que pueden pasar por la estación, independientemente de su origen (la configuración eléctrica que requiere un microondas europeo y uno americano, por ejemplo, son totalmente diferentes).



Figura 35. Vista del microondas antes de empezar un test

En la Figura 35 se muestra cómo se transportan los microondas antes de llegar a la estación. Se cargan sobre un carro mecanizado que cuenta con un motor para poder elevar la posición del microondas para poder ser introducido fácilmente dentro de la estación.



Figura 36. Pantalla táctil

Para poder controlar el ordenador de la estación, en lugar de utilizar monitor, ratón y teclado como los ordenadores de sobremesa, hay instalados dos pantallas táctiles. La apariencia de estas se puede observar en la Figura 36.



Figura 37. Sistema de raíles y pistones de fijación del carro

En la Figura 37 se puede observar el sistema de raíles y fijación del carro. Estos raíles son los que guían el movimiento del carro que carga el microondas. También tienen incrustados varios pistones con fotocélulas que se utilizan para

fijar la posición del carro cuando se detecta su posición entre ambos pares de pistones.



Figura 38. Fotocélula de detección de orientación del microondas

Como se puede observar en la Figura 38, a un lado del microondas se encuentra una fotocélula utilizada para detectar el marco del electrodoméstico, ya que este es un poco más alto que el resto del microondas. Al detectar el marco, se puede saber la orientación en la que se ha colocado el microondas.

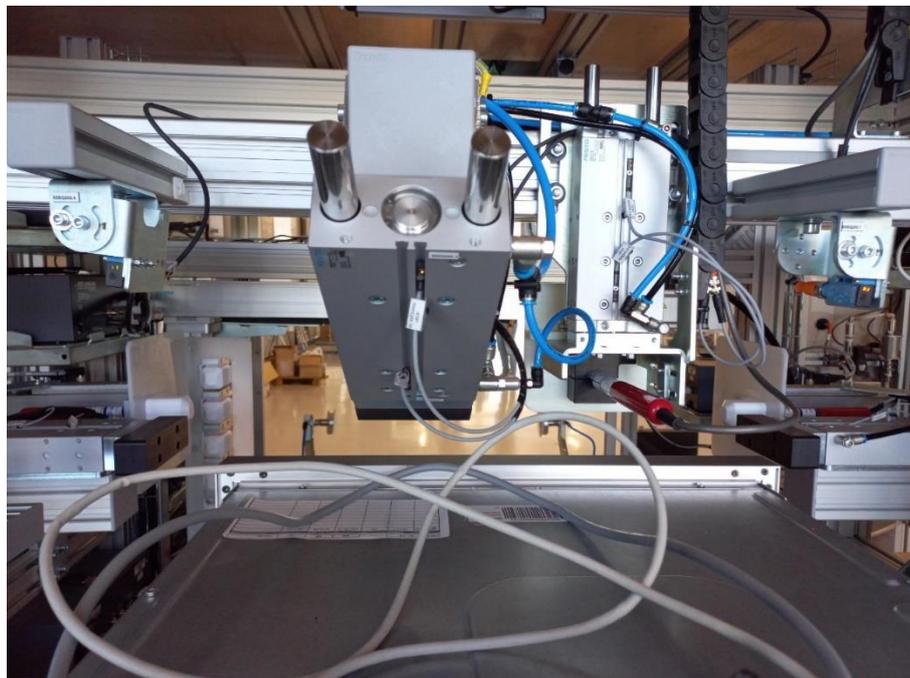


Figura 39. Fotocélulas de detección de anchura del microondas

Encima del microondas se encuentran, entre otras cosas, un par de fotocélulas utilizadas para determinar el tamaño del microondas (Figura 39). Si hay una única fotocélula detectando al microondas, significa que es uno de pequeña anchura, y si ambas fotocélulas se activan a la vez, significa que es un microondas más grande.



Figura 40. Fotocélula de detección de apertura de puerta del microondas

Esta fotocélula (Figura 40) se asegura de detectar si por algún motivo, la puerta del microondas se ha abierto, ya que las sondas frontales colisionarían con la puerta si está abierta.



Figura 41. Enchufe para microondas europeos

Este es el enchufe para microondas europeos (Figura 41). Se encuentra integrado en la plataforma roja sobre la que se coloca el microondas y que se desplaza de una zona a otra del interior de la estación junto con el microondas.



Figura 42. Conector para microondas no europeos

Este conector (Figura 42) se utiliza para alimentar el resto de los microondas que no son europeos, como los americanos, los chinos, etc.



Figura 43. Conectores para buses de comunicación

Como se puede observar en la Figura 43, a la izquierda de los conectores de alimentación hay varios pasamuros para conectar cables *Ethernet* y *USB* utilizados para comunicarse con algunos aparatos que se encuentran dentro de la estación. Estos serían, de arriba abajo, el microondas, el *Dummy*, que es un dispositivo utilizado en un test especial que intenta recrear las emisiones de microondas con unos valores de emisión conocidos, y el ordenador de la estación.

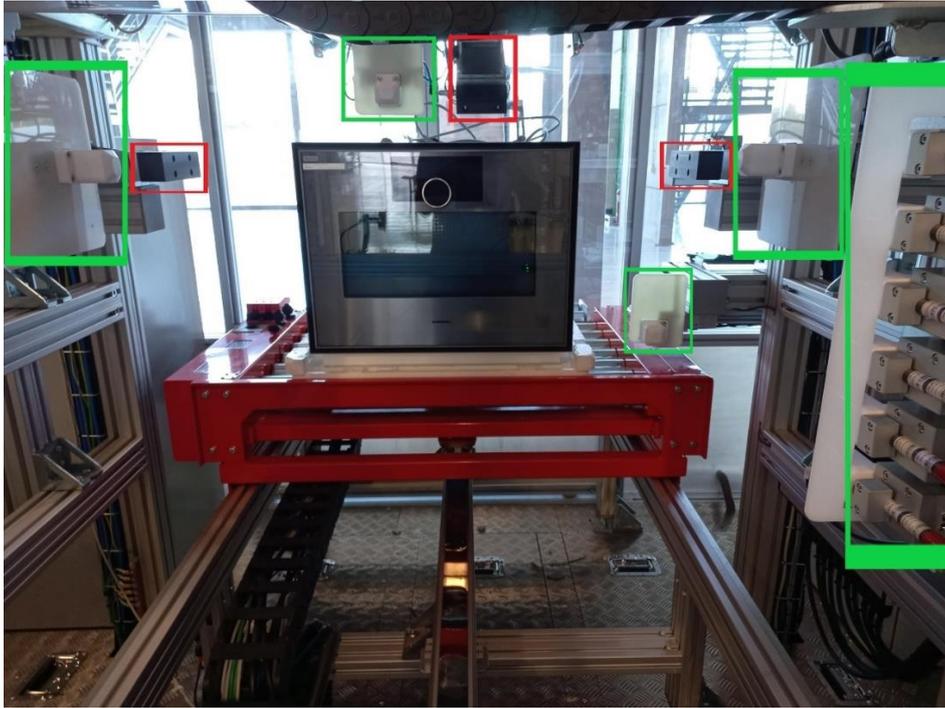


Figura 44. Vista de los pistones de fijación y las sondas de la zona de lecturas

En la figura Figura 44 resaltado en rojo se pueden observar los pistones que se utilizan para fijar el horno y evitar que pueda moverse y evitar que pueda colisionar con las sondas. Resaltado en verde se pueden observar las diferentes sondas usadas para detectar las fugas desde diferentes partes del microondas.



Figura 45. Zona de dispensación de agua

En la Figura 45 se observa la zona de dispensación de agua. Debajo del dispensador hay un vaso de vidrio para almacenar el agua.

Además, hay un botón en la parte superior con un código de colores para indicar el estado del aparato. El rojo es para indicar que hay algún problema con el dispensador, el verde es para indicar que no hay ningún problema con el dispensador y que está listo para verter agua, el blanco es para indicar que la temperatura del agua se está regulando y el azul es para indicar que se está vertiendo el agua.



Figura 46. Controladoras de las sondas

En la Figura 46 se ven las controladoras de las sondas. Son los dispositivos que se encargan de hacer funcionar las sondas y muestran los valores de las lecturas.



Figura 47. Caja de las plantillas

En la Figura 47 se ve la caja de las plantillas. Estas plantillas se colocan en las cuñas de la puerta del microondas y sirven para hacer que las puertas estén más abiertas, haciendo que haya más fugas en la parte delantera del microondas. La caja tiene sensores en su interior para detectar la presencia de las plantillas.

6. Pruebas de la aplicación

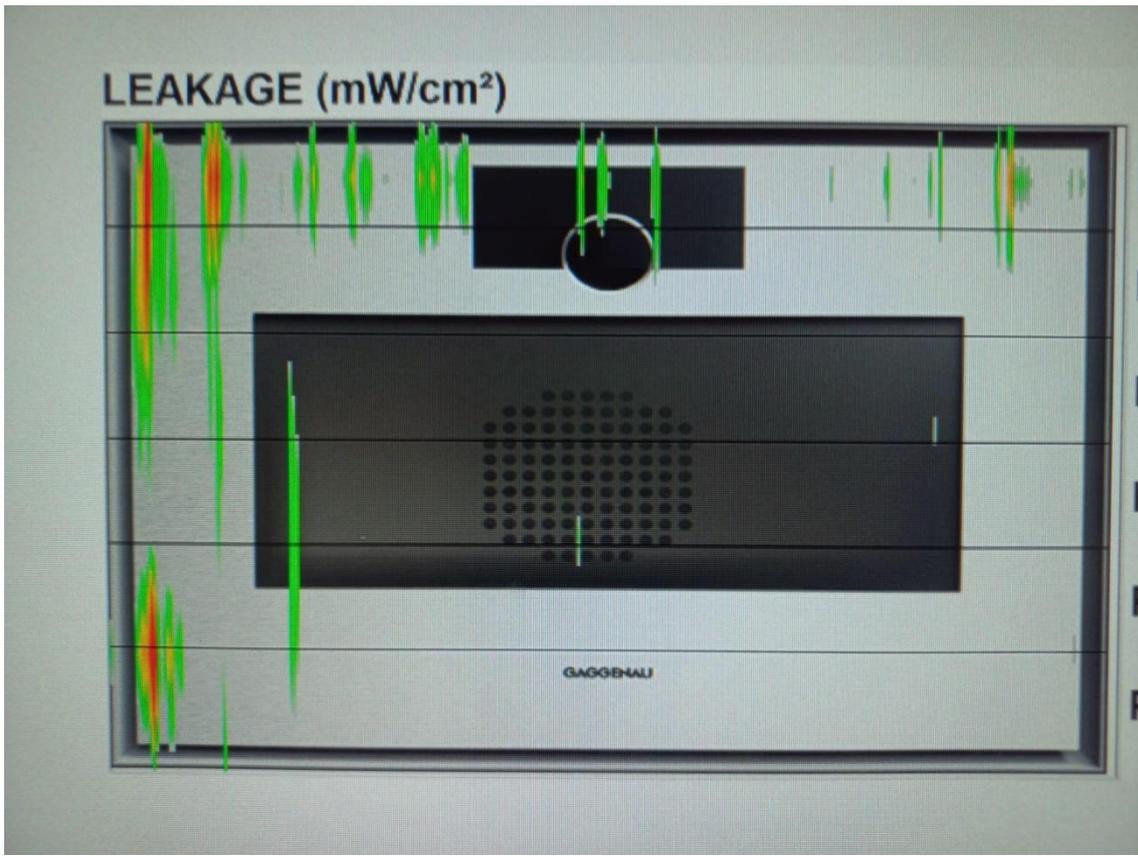


Figura 48. Mapa de calor generado con las fugas del microondas

En la Figura 48 se puede observar el resultado de la lectura de las fugas de la parte frontal del microondas durante el test. Las fugas detectadas a partir de cierto valor empiezan a aparecer con un color verde y cuando llegan a un valor alto se colorean de rojo, por supuesto, con las tonalidades intermedias para los valores detectados entre el máximo y el mínimo. Si no superan el valor mínimo, no aparecen representadas, pero eso no significa que el valor que estén leyendo las sondas sea cero, simplemente no llegan al valor necesario para suponer un problema.

Otra aplicación utilizada en la estación durante las pruebas es el HMI, una interfaz gráfica que permite a los técnicos, operarios, etc. Poder visualizar la información referente a la estación, como el estado de los dispositivos conectados, las conexiones de internet de los mismos; así como permite visualizar en tiempo real las acciones que se ejecutan durante el test.

Una vez finalizado el test, también se pueden observar varias gráficas con los resultados de las diferentes lecturas de microondas.

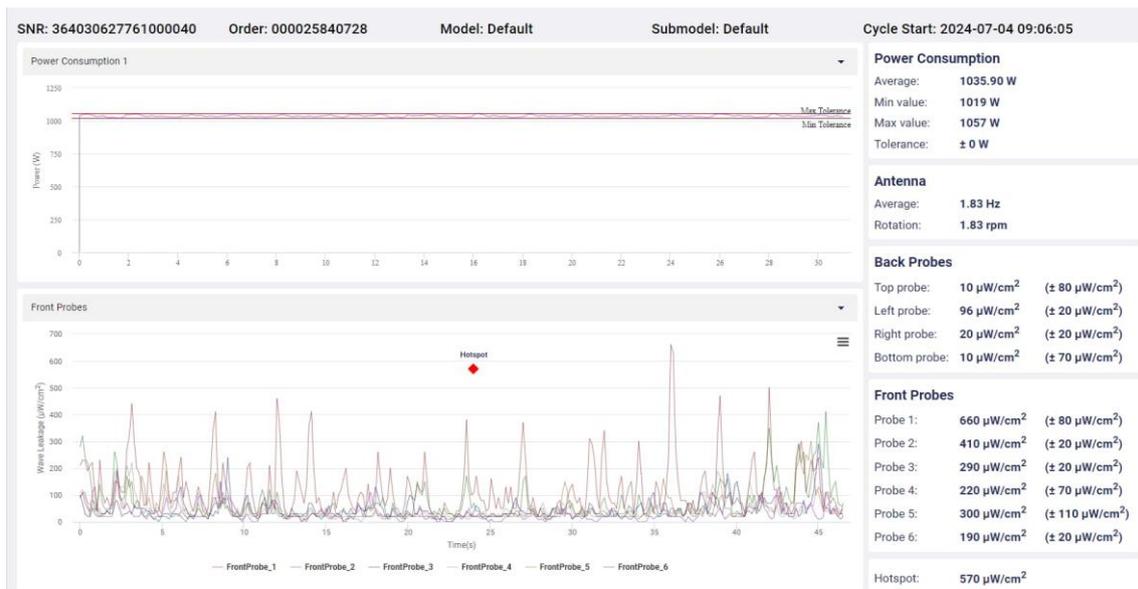


Figura 49. Vista general de resultados de lectura de microondas

En la Figura 49 está contenida toda la información disponible de las acciones de lectura de microondas. En la parte superior se muestra información general del test: el SNR leído, la orden de producción a la que pertenece ese SNR, el nombre del modelo y del submodelo del electrodoméstico, y, por último, la fecha y hora en la que se inició el test. En la parte izquierda hay 2 gráficas con menús desplegables para seleccionar el contenido a mostrar: en la gráfica superior se muestran las gráficas de las sondas traseras, de la antena, del punto caliente y del consumo de potencia; y en la gráfica inferior se muestran las gráficas del barrido de las sondas traseras. En la parte derecha hay varias secciones con la información global de todas las lecturas.

A continuación, se mostrarán algunos ejemplos de las distintas gráficas:

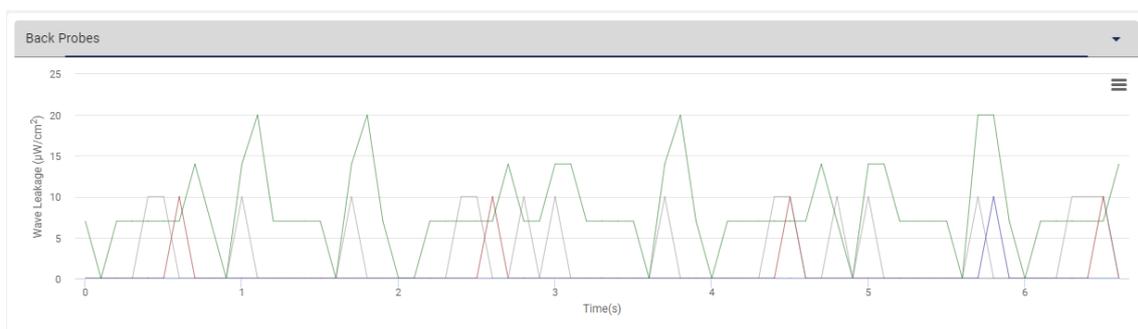


Figura 50. Gráfica de lectura de sondas traseras

En la Figura 50 se observa un ejemplo de gráfica de lectura de las sondas traseras.

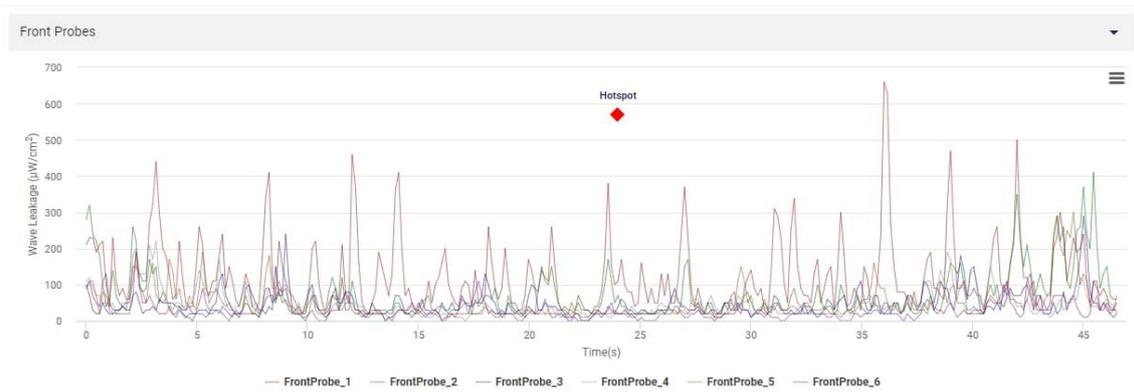


Figura 51. Gráfica de lectura de barrido de sondas frontales

En la Figura 51 se muestra un ejemplo de gráfica de lectura del barrido de las sondas frontales.

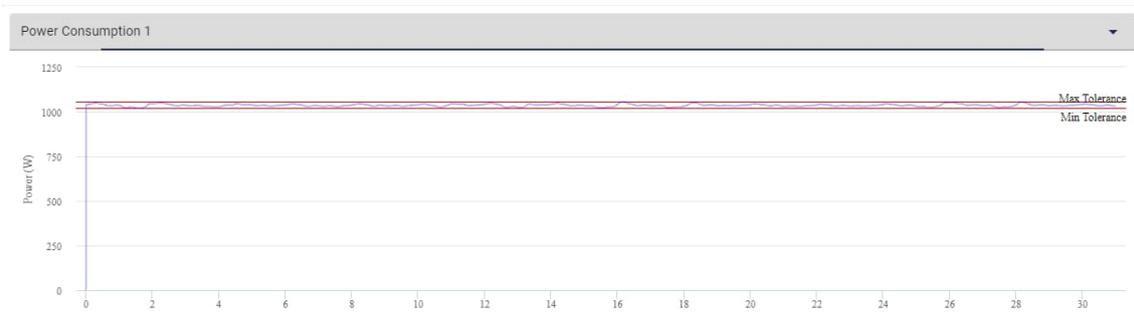


Figura 52. Gráfica de consumo de potencia

En la Figura 52 se muestra un ejemplo de gráfica de consumo de potencia del microondas durante el barrido de las sondas frontales.

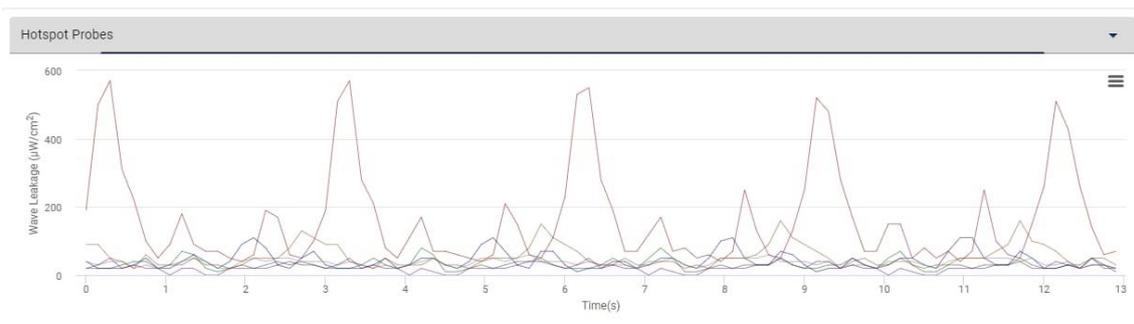


Figura 53. Gráfica de lectura de punto de fuga máxima

En la Figura 53 se ve un ejemplo de gráfica de lectura del punto de fuga máxima.

7. Conclusiones

A continuación, se explicará cómo ha ido avanzando el cumplimiento de los objetivos establecidos al inicio del documento durante el desarrollo de la estación de control.

El primer objetivo era “Analizar el sistema base de testeo que posee la empresa, con la finalidad de entender en profundidad su funcionamiento”. Llevo más de un año familiarizándome con la aplicación de *TestPlan CORE*. He revisado el código para aprender cómo funcionaba, he tenido que depurar fallos, he desarrollado nuevas funcionalidades, como el módulo para controlar la fuente de alimentación, que fue creado enteramente por mi partiendo de una plantilla de Autis y de la librería con los comandos para poder configurar la máquina, etc. Si bien considero que soy capaz de entender la mayoría del código, aún hay algunas partes que no domino o que ni siquiera he empezado a entender, pero viendo que es una aplicación con muchísimo contenido, ya que la empresa ha querido crear una aplicación común para muchos de los proyectos que se le han encargado, estoy satisfecho con el nivel de entendimiento que tengo ahora mismo.

El segundo objetivo era “Implementar un nuevo sistema de testeo que permita detectar donde se encuentran las fugas de microondas y dependiendo de su intensidad, ser capaz de eliminarlas con unos arreglos en la carcasa del microondas y para ello será necesario mantener la comunicación con los técnicos de Gaggenau (Francia) tanto en el desarrollo como la implementación de este proyecto.” Como se ha visto en la sección 3, es el módulo de *MicrowaveProbesReading* el que se encarga de realizar la lectura de microondas y determinar si superan los límites establecidos. El resto de la secuencia lo realizar varias acciones del *TestPlan*. Por parte de los técnicos de Gaggenau, a día de hoy falta que nos manden información específica de cómo ha de realizar el operario el ajuste de la carcasa del microondas.

El tercer objetivo era “Integrar el nuevo sistema de testeo en una aplicación funcional, la cual ya poseen otros sistemas integrados”. La culminación de este trabajo se puede ver reflejado en la sección 4 de este trabajo. Lo único que falta para finalizar este desarrollo es que los técnicos de Gaggenau vengan en persona a validar si la secuencia de acciones que componen el *TestPlan* de la estación son los adecuados o si habrá que realizar alguna modificación.

Relación del trabajo desarrollado con los estudios cursados

Ha sido gracias a los conocimientos aprendidos durante la carrera de Tecnologías Interactivas que me ha sido fácil poder adaptarme rápidamente al lenguaje empleado por la empresa, Labview.

Aunque se trata de un entorno gráfico, cosa que no se ha dado en la carrera, el resto de programación ha servido para entender el funcionamiento del código de Labview. Por ejemplo, los bucles, los condicionales, los cursores, etc.

Otro ámbito que vi en la universidad que también he tocado en la empresa son las bases de datos. Aunque en los proyectos en los que estoy parten siempre de un base de datos base y los cambios en esta están muy acotados salvo si es realmente necesario, el conocimiento de las sentencias SQL es necesario ya que tanto para poder llevar a cabo los test en las estaciones de control como para poder visualizar los datos en el HMI y como para poder modificar las acciones que se ejecutan en los tests desde la aplicación de *TestPlan CORE* es necesario tener grandes conocimientos en bases de datos y SQL.

Otro aspecto que me resultó muy útil de la carrera que pude aplicar aquí fue la versatilidad necesaria para poder ser autodidacta en algunos aspectos del aprendizaje. El código de *TestPlan CORE* es muy complejo y extenso. Se tardaría mucho tiempo en explicarle a alguien como funciona, por lo que ser capaz de entender el panorama general y poder identificar rápidamente los fallos en el código que van saliendo de vez en cuando es realmente importante para no tener que depender de programadores más experimentados todo el tiempo.

8. Referencias

- [1] Teka. (2021, 9 de febrero). Como funciona el microondas. Teka. <https://www.teka.com/es-es/inspiracion/electrodomesticos-e-innovacion/como-funciona-el-microondas>
- [2] MasterPLC. (s.f.). ¿Qué es un PLC y cómo funciona? MasterPLC. <https://masterplc.com/automatizacion/controlador-logico-programable/>
- [3] National Instruments. (s.f.). ¿Qué es NI Labview? National Instruments. <https://www.ni.com/es/shop/labview.html>

9. Glosario

IPC: ordenador diseñado específicamente para operar en entornos industriales. Estos equipos se caracterizan por su alta durabilidad, robustez y capacidad para funcionar en condiciones adversas

PLC: dispositivo electrónico utilizado en la automatización industrial para controlar máquinas y procesos.

SMM: una de las placas que componen la electrónica de microondas.

LAN: red de computadoras que conecta dispositivos dentro de una área limitada, como una oficina, un edificio o un campus.

SNR: número de serie que identifica al electrodoméstico.

USB: estándar de conexión para permitir la comunicación entre dispositivos y un ordenador.

UUT: término utilizado en pruebas y diagnósticos para referirse al dispositivo o componente específico que está siendo evaluado.

API: conjunto de definiciones y protocolos que permiten que diferentes aplicaciones de software se comuniquen entre sí.

DLL: archivo que contiene código, datos y recursos que pueden ser utilizados por múltiples programas simultáneamente en un sistema operativo.

MQTT: protocolo de comunicación ligero y eficiente diseñado para la transmisión de mensajes en redes con recursos limitados y alta latencia.

VI: componente de software que representa un instrumento virtual dentro del entorno de desarrollo LabVIEW de National Instruments.

JSON: formato de texto ligero y fácil de leer para el intercambio de datos.

UART: hardware de comunicación serial que transmite y recibe datos de forma asíncrona, es decir, sin necesidad de una señal de reloj sincronizada entre los dispositivos.

QR: tipo de código de barras bidimensional que puede almacenar información de manera rápida y eficiente, como textos, enlaces a sitios web, datos de contacto, entre otros.

TCP: protocolo de comunicación en redes de computadoras que garantiza la entrega fiable y ordenada de un flujo de datos entre aplicaciones que se comunican a través de una red IP, como Internet.

MW: microondas.

HMI: interfaz que permite la interacción entre un ser humano y una máquina, sistema o dispositivo.

SQL: lenguaje de programación utilizado para gestionar y manipular bases de datos relacionales.