

Aarón Lozano Villanova

**Aplicación e implementación de aula invertida,
gamificación y aprendizaje basado en proyectos en
la asignatura de Periféricos en Instalaciones de
Automatización.**

**Trabajo de Final de Grado
Dirigido por Joan Pere Fibla Biosca**

Grado en Ingeniería Electrónica, Industrial y Automática



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2022

Índices

Contenido

1. Introducción.....	12
2. Objetivos	13
Memoria	14
3. Descripción de la asignatura "Periféricos en instalaciones de automatización"	15
3.1. Descripción de la maqueta de prácticas.....	16
3.2. Contenidos clave de la asignatura.....	19
3.2.1. Motor y variador	19
3.2.2. PLC	20
3.2.3. HMI.....	21
3.2.4. Comunicaciones	22
4. Marco teórico	24
4.1. Motor asíncrono trifásico con rotor en jaula de ardilla.....	25
4.1.1. Estructura	25
4.1.2. Principio de funcionamiento.....	26
4.1.3. Velocidad de sincronismo y deslizamiento	27
4.2. Variador de velocidad	28
4.2.1. Funcionamiento de las etapas de un variador de frecuencia	28
4.2.2. Características principales	29
4.2.3. Usos del variador de frecuencia	29
4.2.4. Criterios para la elección de un variador de frecuencia.....	30
4.3. PLC.....	30
4.4. HMI	31
4.5. Comunicaciones	32
4.5.1. Clasificación de redes de comunicaciones	32
4.5.2. Funcionamiento de una red de comunicaciones.....	33
4.5.3. Las capas OSI	33
4.6. Ethernet.....	35
4.6.1. Capas OSI de una red Ethernet.....	35
4.6.2. Direccionamiento IP.....	35
4.6.3. Colisiones	37
4.7. Software	38
4.7.1. SoMove	38

4.7.2. SoMachine – Logic Builder y Vijeo Designer	41
5. Distribución actualizada de la asignatura.....	50
5.1. Cronología.....	50
5.2. Sesión 1: Variador.....	52
5.3. Sesiones 2 y 3: PLC, HMI y comunicaciones.....	53
5.4. Sesiones 4, 5 y 6: Proyectos.....	57
6. Selección de las metodologías o modelos pedagógicos.....	60
6.1. Aula invertida o “Flipped Classroom”.....	60
6.2. Gamificación	61
6.3. Aprendizaje basado en proyectos.....	62
7. Herramientas utilizadas para la aplicación de las metodologías y modelos pedagógicos	64
7.1. Aula invertida.....	64
7.2. Gamificación	68
8. Implementación de las metodologías y modelos pedagógicos	73
8.1. Aula invertida.....	74
8.1.1. Introducción a la asignatura.	74
8.1.2. Principios de la variación de velocidad.	77
8.1.3. Introducción al PLC y lenguaje ladder.....	80
8.1.4. Introducción a las comunicaciones	82
8.2. Gamificación	83
8.3. Aprendizaje basado en proyectos.....	88
9. Evaluación	92
9.1. Estudios previos.....	92
9.2. Trabajo en el laboratorio.....	92
9.3. Proyecto.....	93
10. Atención a la diversidad	95
11. Resultados	96
11.1. Opinión de los estudiantes.	96
11.1.1. Respecto a la planificación de la asignatura,.....	96
11.1.2. Respecto a las metodologías y modelos pedagógicos	97
11.1.3. Respecto al proyecto.....	98
11.1.4. Otras cuestiones.....	99
11.2. Opinión del profesor habitual	100
11.2.1. Sesión 1.....	100
11.2.2. Sesiones 2 y 3.....	101
11.2.3. Proyecto	101
11.3. Visión personal: éxitos y áreas de mejora.....	102

11.4. Aprendizaje técnico	105
12. Conclusiones	106
Referencias	107

Ilustraciones

Ilustración 1. Distribución del laboratorio 107.....	15
Ilustración 2. Equipos de prácticas.	16
Ilustración 3 Botonera de mandos y conexionado del variador Altivar320.....	18
Ilustración 4. Arquitectura de comunicaciones.....	18
Ilustración 5. Variador en la maqueta de prácticas.....	20
Ilustración 6. PLC en la maqueta de prácticas.	21
Ilustración 7. HMI en la maqueta de prácticas.....	22
Ilustración 8. Switch Ethernet en la maqueta de prácticas.	23
Ilustración 9. Motor asíncrono trifásico con rotor de jaula de ardilla y partes que lo conforman. Fuente: ver referencia bibliográfica [6].....	25
Ilustración 10. Representación de como una corriente inducida es generada en una espira. Fuente: ver referencia bibliográfica [6].	26
Ilustración 11. Representación de la regla de la mano derecha. El dedo pulgar señala la dirección del campo inductor, el dedo índice la dirección de la fuerza y el dedo medio la dirección de la corriente inducida. Fuente: ver referencia bibliográfica [6].....	27
Ilustración 12. Circuito electrónico de un variador trifásico. Fuente: ver referencia bibliográfica [7].....	28
Ilustración 13. Aspecto de un antiguo armario de relés. Fuente: ver referencia bibliográfica [8].....	31
Ilustración 14. Los 7 niveles del modelo OSI por el que viajan los datos para la comunicación. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].	33
Ilustración 15. Correspondencia de Ethernet con las capas del modelo OSI. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].....	35
Ilustración 16. Las tres clases de direcciones IP. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].....	36
Ilustración 17. Interpretación de redes, subredes y estaciones. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].	36
Ilustración 18. Diagrama de flujo de CSMA-CD. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].....	37
Ilustración 19. Pantalla de inicio del software SoMove.....	38
Ilustración 20. Configuración de parámetros de SoMove con conexión con el variador.	39

Ilustración 21. ATVLogic, interfaz de usuario. Fuente: ver referencia bibliográfica [11].	40
Ilustración 22. Validación completada. Fuente: ver referencia bibliográfica [11].	40
Ilustración 23. Creación de proyecto en SoMachine	41
Ilustración 24. Somachine Central	42
Ilustración 25. Logic Builder, programación	42
Ilustración 26. Entradas y salidas físicas en SoMachine Logic Builder.	43
Ilustración 27. Asignación IP al controlador.	43
Ilustración 28. Somachine, variables globales.	44
Ilustración 29. Agregar un dispositivo, pantalla HMI.	45
Ilustración 30. Software Vijeo Designer.	45
Ilustración 31. Elementos disponibles para dibujo en Vijeo Designer.	46
Ilustración 32. Gráfico de tanque en Vijeo Designer.	47
Ilustración 33. Dibujo del gráfico de tanque según el valor de la variable dwTanque.	47
Ilustración 34. Configuración de pantalla HMI: Sistema.	48
Ilustración 35. Configuración de la pantalla HMI: fuera de línea.	48
Ilustración 36. Configuración de la HMI: Cambio de IP.	48
Ilustración 37. Establecer IP descarga por Ethernet	49
Ilustración 38 Calendario académico del curso 2021-2022 publicado en la página web de la ETSE etse.urv.cat.	50
Ilustración 39. División en capítulos del videotutorial de SoMachine.	54
Ilustración 40. Especificaciones de la práctica de selector de velocidades.	56
Ilustración 41. Especificaciones de la práctica de simulación de proceso.	57
Ilustración 42. Disposición del laboratorio 107.	58
Ilustración 43. Disposición del aula durante la exposición de proyectos.	59
Ilustración 44: Panel de administrador de la clase de periféricos 2022 en edpuzzle.com.	64
Ilustración 45 Panel de administrador para un estudiante en edpuzzle.com	65
Ilustración 46 Ejemplo de los dos tipos de preguntas, junto a las respuestas de un estudiante.	65
Ilustración 47. GeForce Experience.	66
Ilustración 48. DaVinci Resolve: ventana de corte.	67
Ilustración 49. DaVinci Resolve: Cortes en un vídeo.	67
Ilustración 50. DaVinci Resolve: Edición de audio.	68

Ilustración 51. Ejemplo de una clase virtual dentro de la herramienta @MyClassGame.	69
Ilustración 52. Vista del perfil de un estudiante en @MyClassGame.....	69
Ilustración 53. Apartado de creación de misiones dentro de la herramienta @MyClassGame.	70
Ilustración 54. Panel de administrador de una misión.....	70
Ilustración 55. Creación de preguntas mediante la herramienta "Kahoot!"	71
Ilustración 56. Pregunta de Kahoot con cuatro respuestas posibles.	72
Ilustración 57. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del primer video para comprobar si saben distinguir un PLC de otros elementos.....	75
Ilustración 58. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del primer video para comprobar si han entendido el cableado de la maqueta de prácticas.	75
Ilustración 59. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del primer video para comprobar si los estudiantes han retenido el concepto de protección y seguridad del motor.	76
Ilustración 60. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del primer video para comprobar si los estudiantes han retenido el concepto de un diagrama de contactos.	76
Ilustración 61. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del segundo video para comprobar si los estudiantes diferencian las partes del motor.....	77
Ilustración 62. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del segundo video para comprobar si los estudiantes son capaces de leer una placa de características de un motor.	78
Ilustración 63. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del segundo video para comprobar si los estudiantes son capaces de elegir la gama de variadores adecuada para una aplicación dada.	78
Ilustración 64. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del segundo video para comprobar si los estudiantes son capaces de elegir un variador de velocidad según el parámetro más limitante.	79
Ilustración 65. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si los estudiantes comprenden el funcionamiento de una detección de flancos y son capaces de nombrar una aplicación donde sea útil.	80
Ilustración 66. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si estos han entendido los conceptos de dicho video.	81

Ilustración 67. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si estos han entendido los conceptos de dicho video.	81
Ilustración 68. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si estos han entendido los conceptos de dicho video.	81
Ilustración 69. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si estos han entendido los conceptos de dicho video.	82
Ilustración 70. Pregunta planteada al estudiante durante el visionado del cuarto video para determinar si es capaz de distinguir entre los tres tipos de redes.	82
Ilustración 71. Mapamundi del videojuego New Super Mario Bros (DS). Fuente: ver referencia bibliográfica [24].....	84
Ilustración 72. Ejemplo del mundo 7 del videojuego Super Mario Bros (DS). Fuente: ver referencia bibliográfica [25].....	84
Ilustración 73. Tienda virtual dónde los estudiantes pueden adquirir ventajas u otras recompensas.	87
Ilustración 74. Imagen del perfil del alumno que se encontraba en primera posición.....	88
Ilustración 75. Proyecto de ejemplo, sensores, actuadores y esquema de funcionamiento	90
Ilustración 76. Proyecto de ejemplo, paneles de la pantalla HMI.	91
Ilustración 77. Nota media de los proyectos de la clase valorada por los propios estudiantes.....	99

Tablas y gráficos

Tabla 1. Equipos de control y comunicaciones entre dispositivos.....	16
Tabla 2. Partes de la bancada motor.	17
Tabla 3. Elementos que permiten una interacción física con el equipo.	17
Tabla 4. Funciones y elementos de la botonera de mando.....	17
Tabla 5. Notación húngara, ejemplos.....	42
Tabla 6. Cronología desde la asignación del TFG hasta presentación de proyectos	51
Tabla 7. Resumen de las sesiones	73
Tabla 8. Elementos del juego en el videojuego de referencia, la herramienta @MyClassGame y analogía con la realidad.	85
Tabla 9. Prácticas, grupos de prácticas, requisitos y recompensas.	86
Tabla 10. Evaluación de los estudios previos	92
Tabla 11. Evaluación del trabajo en el laboratorio.....	93
Tabla 12. Evaluación del proyecto	93
Gráfico 1. Respuestas de los alumnos respecto a la planificación de la asignatura. 96	
Gráfico 2. Respuestas de los alumnos respecto a la planificación de la asignatura.	97
Gráfico 3. Respuestas de los alumnos respecto a la realización del proyecto.	98
Gráfico 4. Valoración de los estudiantes respecto su aprendizaje	99
Gráfico 5. Opinión de los estudiantes respecto a las metodologías.	100

Introducción

1. Introducción

El presente TFG tiene como principal finalidad la aplicación de nuevas metodologías pedagógicas y modelos pedagógicos en la asignatura de Periféricos en Instalaciones de Automatización.

Periféricos en instalaciones de automatización es una asignatura optativa de 3 créditos impartida en la Universitat Rovira y Virgili, ofertada para los estudiantes de ingeniería electrónica industrial y automática así como para ingeniería eléctrica. Al ser una asignatura optativa es difícil saber en qué momento de sus estudios los estudiantes elegirán cursarla ya que normalmente estas asignaturas se toman en tercero o cuarto curso, y en este caso esta distinción es importante.

En la guía docente se recomienda haber cursado automatización previamente a esta asignatura, pero al ser automatización una asignatura de cuarto curso es muy habitual encontrarse a alumnos sin los conocimientos adquiridos en esta enseñanza ya que deciden cursar esta optativa en tercer curso, es por eso que se debe tener en cuenta la diferencia de conocimiento de los alumnos en el tema de automatización y programación en contactos, sensores, grafcet, binodal, GEMMA...

Se han aplicado estas metodologías y modelos pedagógicos durante la realización de la asignatura en el curso 2021-2022 para poder contrastar los resultados de aprendizaje antes y después de su aplicación. De este modo se podrán tomar en consideración sus ventajas y así poder realizar las mejoras oportunas en la asignatura.

Con tal de poder transmitir los conocimientos de esta asignatura a los alumnos primero se deben de poder adquirir, cosa que supondrá un reto y una parte importante del trabajo ya que el autor de este trabajo no la eligió como optativa en su debido momento.

2. Objetivos

Con tal de manejar el proyecto se propusieron unos objetivos SMART [1] que permitieran definir una ruta clara en proceso de trabajo.

Estos objetivos son:

- Extracción de los **conocimientos clave de la asignatura periféricos en instalaciones de automatización** que se debería de transmitir a los alumnos y de los periféricos y **elementos que incorpora la maqueta de prácticas**.
- **Elección las metodologías y/o modelos pedagógicos** que más aporten para la transmisión de dichos conocimientos. Analizar las ventajas que ofrecen.
- Estudio y análisis de las **herramientas que permitan incorporar dichas metodologías y/o modelos pedagógicos a la asignatura** y elección de las más adecuadas.
- **Incorporación de dichas metodologías y/o modelos pedagógicos** a la asignatura mediante la elaboración del material nuevo necesario.
- **Puesta en práctica las metodologías y/o modelos pedagógicos durante el desarrollo de la asignatura** en el curso 2021-2022
- **Valoración de los resultados obtenidos y propuesta de cambios y mejoras** necesarios a través de la experiencia adquirida en la implementación, la opinión de los alumnos y del profesor habitual.
- **Análisis de aspectos positivos y negativos de la incorporación de estas metodologías y/o modelos pedagógicos** en un entorno real.

Memoria

3. Descripción de la asignatura “Periféricos en instalaciones de automatización”

Antes de seleccionar las metodologías y/o modelos pedagógicos que se iban a aplicar era necesario entender cuál era el objetivo de la asignatura, al igual que los conocimientos que se deseaba transmitir a los alumnos.

Según la guía docente de la asignatura: “El objetivo de esta asignatura es poner en práctica los conocimientos adquiridos en la asignatura de automatización, así como ampliar los conocimientos del mundo de la automatización industrial, con el arranque de sistemas que utilizan herramientas o periféricos para el funcionamiento de las instalaciones del mundo real”

La asignatura se realiza en seis sesiones de 3 h cada una, más una sesión final dónde los estudiantes deben de presentar el trabajo en el que han estado trabajando. Según la misma guía docente los porcentajes de cada apartado en el total de la asignatura son:

- 10 % estudios previos: entendiendo como estudios previos el trabajo que deben de realizar los alumnos, fuera del laboratorio, antes de cada sesión.
- 60 % trabajo en el laboratorio: entendiendo como tal el trabajo de los alumnos en las prácticas, las respuestas a las preguntas del profesor durante el desarrollo de las prácticas y el trabajo autónomo.
- 30 % relacionado con el proyecto final: los alumnos deberán de desarrollar un proyecto dónde intervengan los elementos con los que han trabajado en las prácticas, así como entregar una memoria y realizar una presentación defendiendo su trabajo

Existe un límite de 16 alumnos matriculados en la asignatura, puesto que hay 8 equipos de trabajo, y cada equipo es utilizado por un grupo formado por dos alumnos.

La distribución del aula es la siguiente:



Ilustración 1. Distribución del laboratorio 107.

3.1. Descripción de la maqueta de prácticas

Para el desarrollo de esta asignatura se dispone de una maqueta de prácticas compuesta por una serie de equipos industriales, todos ellos de la marca Schneider Electric.

Dichos equipos de control están montados sobre una rejilla (1) y junto a esta se dispone de otra bancada (2) con un motor asíncrono trifásico de 0,18 kW provisto con un sistema de frenado de accionamiento manual con protección (S).

Para realizar la conexión entre las dos bancadas se utilizan cuatro bananas de seguridad, correspondientes a las tres fases del motor y tierra. (P)

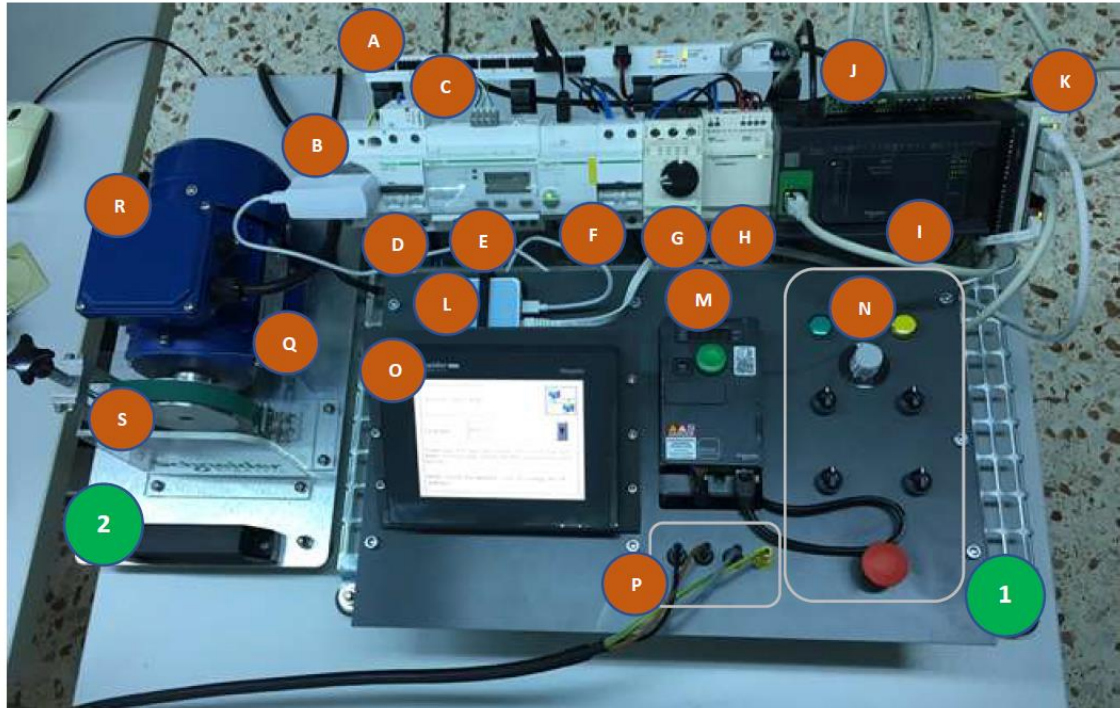


Ilustración 2. Equipos de prácticas.

En la bancada de equipos de control (1) se encuentran los elementos recogidos en la siguiente tabla.

Tabla 1. Equipos de control y comunicaciones entre dispositivos.

		Comunicaciones y enlace con otro equipo				
1.- Equipos de control		Ethernet	Modbus serie	Modbus serie punto a punto	RFID	Cableado
A.	SMARTLINK	Equipo de monitorización y control de aparamenta eléctrica	SI. K	SI. F	SI. E	SI. C
B.	TOMA DE CORRIENTE	Toma de corriente sistema alemán para 230 Vca				
C.	POWER TAG	Potenciometro RFID para un circuito eléctrico				SI. A
D.	MAGNETOTÉRMICO	Protección magnetotérmica general. Alimenta todo el conjunto				
E.	POWER METER	Central de medida de energía			SI. A	
F.	REFLEX	Interruptor automático magnetotérmico con mando motorizado		SI. A		
G.	DISYUNTOR	Disyuntor magnético				
H.	FUENTE de ALIMENTACIÓN	Fuente de alimentación de 24 Vcc				
I.	PLC	PLC Modicon M241	SI. K	SI. M		
J.	SIMULADOR ENTRADAS DIGITALES	Simulador de 14 entradas digitales para el PLC				
K.	SWITCH ETHERNET	Switch Ethernet de 5 puertos	SI. A, I, L, O			
L.	ACCESS POINT WIFI	Punto de acceso wifi	SI. K			
M.	VARIADOR de FRECUENCIA	Variador de velocidad Altivar 320		SI. I		SI. M, P
N.	BOTONERA de MANDO	Botonera de control del variador de velocidad				SI. M
O.	PANTALLA HMI	Pantalla HMI	SI. K			
P.	BORNES CONEXIÓN MOTOR	Bornes de conexión del motor				SI. M

En la bancada del motor asíncrono trifásico (2) se encuentran los siguientes elementos:

Tabla 2. Partes de la bancada motor.

2.- Bancada motor asíncrono trifásico con sistema de frenado por accionamiento manual		Ethernet	Modbus serie	Modbus serie punto a punto	RFID	Cableado
Q.	PLACA MOTOR	Placa de características del motor				
R.	BORNERO de CONEXIONES	Bornero de conexiones del motor				SI. P
S.	SISTEMA de FRENADO	Sistema de frenado manual con protección				

Para programar los equipos anteriores se deberán de utilizar los medios que disponen dichos equipos para conectarse mediante el PC con el software correspondiente. Además también puede haber una interacción física con los equipos mediante los elementos siguientes:

Tabla 3. Elementos que permiten una interacción física con el equipo.

INTERACCIÓN FÍSICA CON LOS EQUIPOS			
J.	SIMULADOR ENTRADAS DIGITALES	Simulador de 14 entradas digitales para el PLC	Al accionar los interruptores, proporcionaremos tensión a las entradas digitales. "0" a "1" o viceversa
N.	BOTONERA de MANDO	Botonera de control del variador de velocidad	Mediante las tres posiciones de los selectores podremos, accionar mando manual, "0" ó mando automático
O.	PANTALLA HMI	Pantalla HMI	Con los diferentes botones y visa
P.	BORNES CONEXIÓN MOTOR	Bornes de conexión del motor	Simularemos que una entrada digital del PLC se activa o desactiva

En la botonera de mandos del variador se encuentran dos pilotos: uno verde (R1B) conectado a la salida digital normalmente cerrada del relé R1 del variador y uno amarillo (R2A) conectado a la salida digital R2A del variador.

Además se utiliza un potenciómetro el cual está cableado con la entrada AI1 del variador para poder darle una consigna analógica al variador.

También se dispone de cuatro selectores (1,2,3,4) de tres posiciones ("1", "0", "2") de forma que se pueda dar una señal digital al variador.

La posición "0" del selector x pone en reposo (0 V) la entrada DIx del variador. La posición "1" del selector x pone a nivel alto (24 Vcc) la entrada DIx del variador. Finalmente, la posición "2" del selector x cortocircuita la salida Q(x+4) del PLC con la entrada DIx del variador.

La siguiente tabla e ilustración recoge la información anterior:

Tabla 4. Funciones y elementos de la botonera de mando.

N. BOTONERA de MANDO	FUNCIÓN 1	FUNCIÓN 2	FUNCIÓN 3
PILOTO VERDE	R1B - Salida digital NC del relé R1 del variador		
PILOTO AMARILLO	R2A - Salida digital NA del relé R2 del variador		
POTENCIÓMETRO	AI1 - Consigna analógica del variador		
SELECTOR 1 (superior izquierda)	Posición izquierda - DI1 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo	Posición derecha - Q4 del PLC directo con DI1 "2"
SELECTOR 2 (superior derecha)	Posición izquierda - DI2 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo	Posición derecha - Q5 del PLC directo con DI2 "2"
SELECTOR 3 (inferior izquierda)	Posición izquierda - DI3 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo	Posición derecha - Q6 del PLC directo con DI3 "2"
SELECTOR 4 (inferior derecha)	Posición izquierda - DI4 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo	Posición derecha - Q7 del PLC directo con DI4 "2"
PULSADOR DE EMERGENCIA	STO variador		

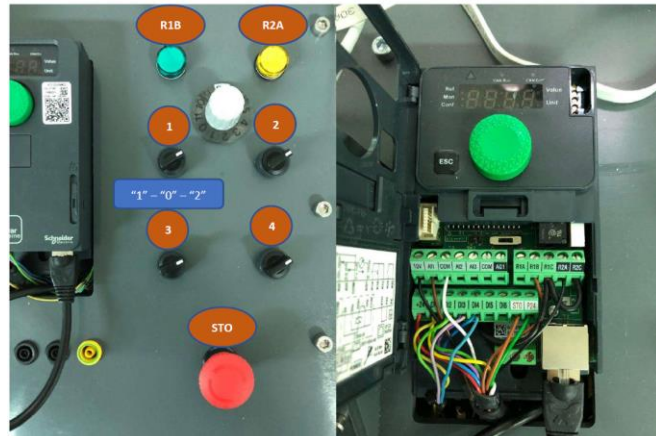


Ilustración 3 Botonera de mandos y conexionado del variador Altivar320

La interconexión de los elementos de la maqueta se hace mediante Ethernet y un Ethernet switch, de forma que puedan estar conectados en la misma red PC, HMI y PLC. La conexión entre motor y variador se realiza físicamente mediante 4 bananas de seguridad mientras que la conexión entre variador y PLC se realiza mediante un conector RJ-45 pero con 3 hilos, para la comunicación Modbus serie.

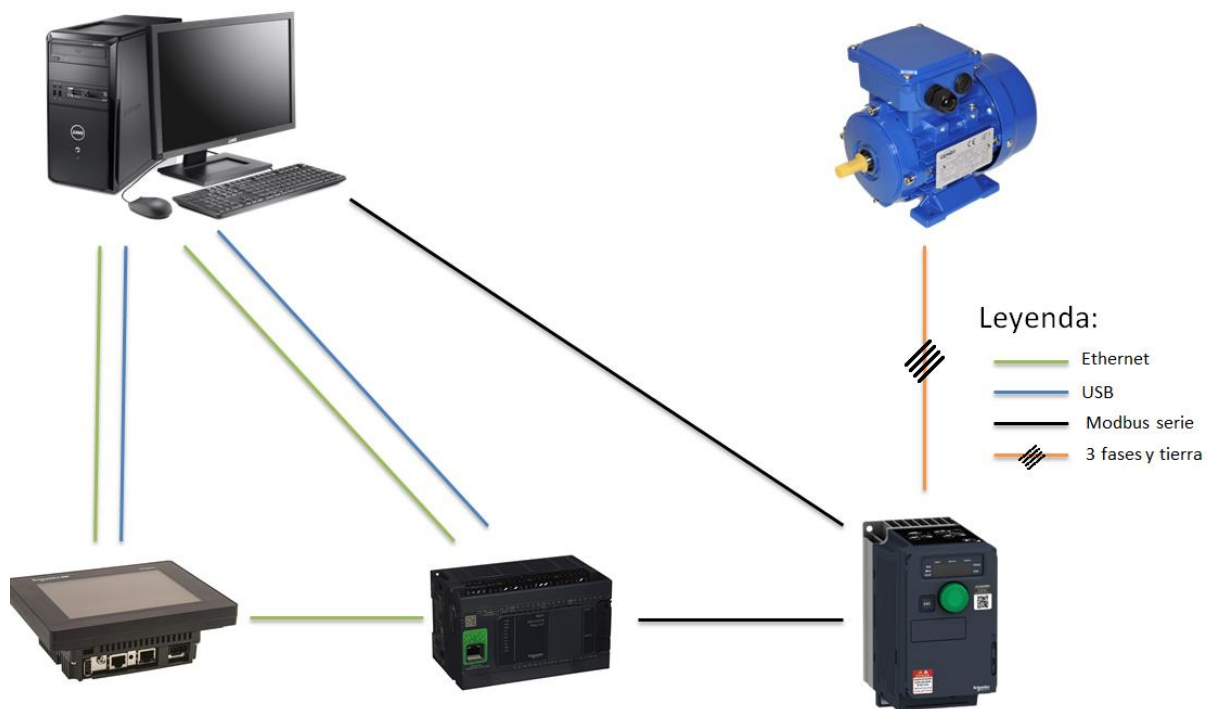


Ilustración 4. Arquitectura de comunicaciones.

3.2. Contenidos clave de la asignatura.

Con el propósito de tener claro el conocimiento clave que tienen que adquirir los alumnos se realizó un análisis exhaustivo de la maqueta de prácticas así como de la organización de la asignatura previa al remodelaje.

Además, con tal de intentar maximizar el efecto de la comparativa se decidió mantener la misma estructura de la asignatura, actualizando los contenidos, que se pueden dividir en tres grandes bloques:

3.2.1. Motor y variador

En serie a la maqueta de prácticas se conecta un motor asíncrono trifásico de 0,18 kW con un sistema de frenado manual.

Para arrancar u hacer funcionar el motor se utiliza un variador de frecuencia trifásico con entrada monofásica. El motor está conectado al variador mediante cuatro bananas de seguridad (3 fases y tierra). Además el variador tiene cableadas 4 entradas digitales, una entrada analógica, dos salidas de relé y la seta de emergencia conectada a la entrada STO del variador.

La interacción física con las entradas digitales del variador se realiza mediante 4 selectores de la botonera de mando de la maqueta de prácticas, mientras que la entrada analógica está conectada a un potenciómetro.

Además, con tal de proteger magnéticamente el motor se encuentra conectado un disyuntor. La protección térmica la hace el propio variador si se configuran los parámetros correctamente.

De este bloque, los conocimientos más importantes que se extraen son:

- Lectura e interpretación de la placa de características de un motor
- Diferencia entre par constante y par variable
- Retornar a los valores de fábrica del variador
- Autoajustar la ley de control del variador a un motor en concreto.
- Realizar el ajuste de la protección térmica mediante la intensidad térmica
- Entender que se consigue una protección magnetotérmica mediante el uso combinado del variador, que proporciona la protección térmica, y el disyuntor, que protege magnéticamente.
- Rampas de aceleración y deceleración. Tipos de rampa y utilidad.
- Límites superiores e inferiores de velocidad del motor y frecuencias ocultas.
- Tipos de control 2 hilos / 3 hilos. Diferencias, configuración y utilidad.
- Control por nivel o por transición. Diferencias, configuración y utilidad.
- Conexión del variador al ordenador para su programación mediante el software SoMove.
- Parametrización del motor mediante el software SoMove.
- Modificación de parámetros relevantes, tales como las curvas de aceleración/deceleración o el tipo de control mediante el software SoMove.

También se extraen los siguientes conocimientos que se intentarán transmitir durante las sesiones pero con una prioridad secundaria.

- Ajustar una frecuencia de corte que permita reducir el ruido del motor.
- Poder dar la referencia de velocidad al variador desde la misma ruleta del variador, con tal de no necesitar utilizar una entrada analógica para ello.
- Creación de un programa en ATVLogic a partir de unas especificaciones dadas.
- Utilizar las salidas de relé cuando se cumplen ciertas condiciones.



Ilustración 5. Variador en la maqueta de prácticas

3.2.2. PLC

Un PLC o Programable Logic Controller es un controlador utilizado en la automatización industrial para la automatización de procesos.

En la maqueta de prácticas se encuentra conectado un PLC de Schneider modelo modicon M241, el cual se puede programar mediante USB o Ethernet.

La interacción física con el PLC se realiza mediante interruptores conectados individualmente a cada una de las entradas.

Por el contrario, cuatro de las salidas del PLC están conectadas a las entradas digitales DI1, DI2, DI3 y DI4 del variador, por lo que utilizando el PLC se podrá interactuar directamente con el motor.

La asignatura de periféricos en instalaciones de automatización se debería cursar después de automatización, pero no todos los estudiantes la han cursado previamente, es por esta razón que los conocimientos clave que se extraen de este bloque son completamente nuevos para los alumnos que no hayan cursado automatización pero redundantes para los que sí la han cursado.

Los conocimientos clave de este bloque son:

- Entender cómo funciona un PLC.
- Programación mediante lenguaje de diagrama de contactos.
- Utilización de contactos normalmente abiertos, contactos normalmente cerrados, bobinas normalmente abiertas, bobinas normalmente cerradas, detectores de flancos, bobinas set/reset y temporizadores.
- Incorporación y utilidad de las paradas de seguridad.
- Poder realizar un programa, a partir de unas especificaciones dadas, que permita gobernar el motor mediante las entradas digitales del PLC

Mientras que los conocimientos secundarios de este bloque serían:

- Pausar y reanudar temporizadores.
- Tipos de sensores y su utilización
- Teoría binodal para la programación por contactos.
- Monitorización/Supervisión de variables
- Notación húngara y otras buenas prácticas de programación



Ilustración 6. PLC en la maqueta de prácticas.

3.2.3. HMI

Las siglas HMI significan "Human Machine Interface".

Mediante el uso de la pantalla HMI se podrán programar acciones para poder interactuar con el programa cargado en el PLC, de forma que no sea necesario utilizar el simulador de entradas digitales para simular el panel de operario, puesto que este puede ser la propia pantalla.

Además, dada la naturaleza de la propia pantalla, se puede utilizar para mostrar datos relevantes del proceso.

La programación de la pantalla se puede realizar mediante un cable miniUSB o mediante Ethernet.

Los conocimientos más importantes que se extraen de este bloque son:

- Diferencia entre variables locales y variables globales.
- Utilización de elementos táctiles y pilotos en la pantalla.
- Mostrar datos numéricos en la pantalla
- Creación de diversos paneles y navegación
- Mostrar gráficos en pantalla.
- Mostrar hora y día por pantalla. Gestión de alarmas

Otros conocimientos que se pueden adquirir en este bloque, pero con menor prioridad son:

- Gestión de eventos en paneles.
- Creación de paneles base para utilizarlos como plantilla.
- Paneles emergentes.
- Recursos de color o texto.



Ilustración 7. HMI en la maqueta de prácticas.

3.2.4. Comunicaciones

Con tal de realizar la comunicación de la pantalla con el PLC, así como la programación de estos elementos mediante el ordenador, se deberá crear una red local mediante Ethernet.

Además, el variador permite la conexión con el PLC mediante modbus serie, de forma que se pueda controlar el motor y los parámetros del variador desde el mismo PLC.

Por estas razones los estudiantes deben de adquirir los siguientes conocimientos clave en este bloque:

- Entender cómo funciona una red de comunicaciones.
- Capas de una red de comunicación.
- Cómo crear una red LAN Ethernet.
- Nodename, IP y máscara de subred.
- Comunicar PLC, HMI y ordenador mediante Ethernet

Y los conocimientos con una prioridad secundaria de este bloque serían:

- Comunicación de variador y PLC mediante modbus serie.



Ilustración 8. Switch Ethernet en la maqueta de prácticas.

4. Marco teórico

Viviendo en una sociedad cada vez más interconectada es imposible obviar que esta interconexión también llega a la industria debido a la evolución tecnológica de los últimos años.

A esta cuarta revolución industrial se la conoce como "Industria 4.0", puesto que representa una nueva etapa tanto en la organización y control de la cadena de valor industrial.

Este término hace referencia a la interconexión inteligente de máquinas y procesos para la industria, con la ayuda de la tecnología de la información y la comunicación [2].

Esta cuarta revolución industrial se caracteriza, entre otros, por:

- Más automatización de procesos que en la tercera revolución industrial.
- Un puente entre el mundo físico y el mundo digital a través de sistemas ciberfísicos, permitidos por el IoT Industrial (Internet of Things Industrial).
- Un cambio entre un sistema de control central a uno donde los productos inteligentes son los que controlan los pasos de la producción.
- Personalización de los productos.

El internet de las cosas (IoT) se define como la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red donde todos ellos podrían ser visibles e interactuar. Estos dispositivos y objetos pueden ser tales como sensores, dispositivos mecánicos u objetos cotidianos como un frigorífico, el calzado o la ropa.

Cualquier cosa imaginable puede ser conectada a internet u otra red e interactuar sin necesidad de la intervención humana. El objetivo, por tanto, es una interacción de máquina a máquina, o lo que se conoce como una interacción M2M (machine to machine) de dispositivos M2M [3].

Otra de las ventajas de la interconexión de dispositivos de IoT es la relativa a la ciberseguridad. Mediante la estrategia de microsegmentación de red se pueden aislar y proteger individualmente tareas, funciones y dispositivos. De esta forma se puede evitar la extensión de los malware por todo el sistema manteniendo blindado el núcleo de los datos [4].

La estrategia de microsegmentación de red consiste en separar en varias redes los dispositivos según los datos que manejan, por ejemplo, conectando en una red los dispositivos IoT y utilizar una red diferente para los dispositivos corporativos tales como ordenadores, móviles... Aunque cabe recalcar que los dispositivos IoT trabajar con más información de la que parece, puesto que por el hecho de estar conectados a internet pueden enviar automáticamente información a sus fabricantes tales como hora de conexión y desconexión, tiempo de uso y más [5].

Para el desarrollo de este trabajo se ha trabajado con la interconexión de diferentes equipos. A continuación se detalla el funcionamiento de estos, así como del software y protocolo de comunicaciones utilizado.

4.1. Motor asíncrono trifásico con rotor en jaula de ardilla

Los motores trifásicos asíncronos son los más usados en maquinaria dado a sus ventajas tales como su estandarización, su facilidad de operación y rentabilidad.

4.1.1. Estructura

En la siguiente imagen se muestran las partes de un motor con rotor de jaula de ardilla.

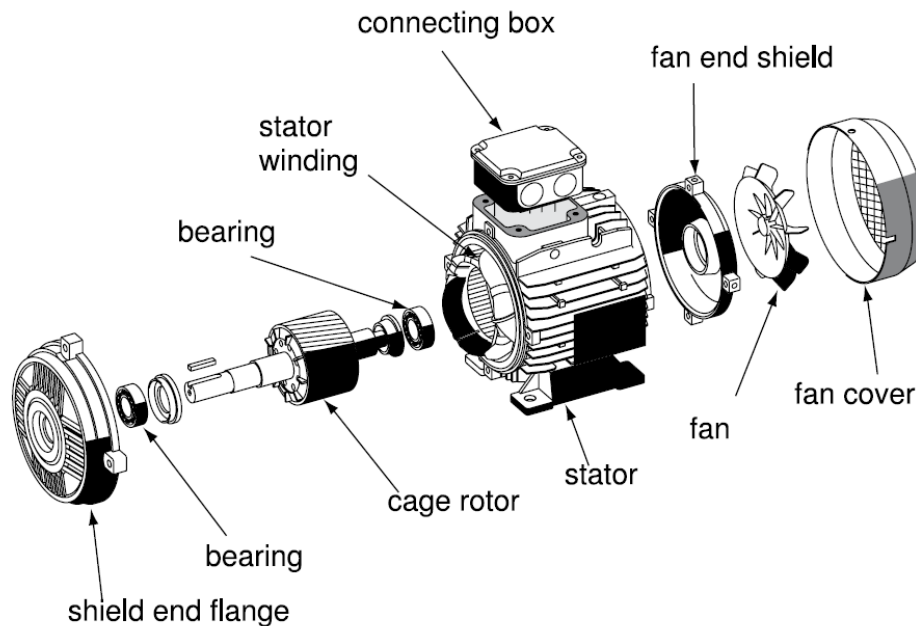


Ilustración 9. Motor asíncrono trifásico con rotor de jaula de ardilla y partes que lo conforman. Fuente: ver referencia bibliográfica [6].

Un motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla consta de dos partes principales:

- El estator: Es la parte inmóvil del motor. Normalmente fabricado en acero o en aleación ligera que alberga un anillo de chapas finas de acero al silicio de aproximadamente medio milímetro de grosor.

Estas chapas están aisladas eléctricamente las unas de las otras ya sea por oxidación o mediante un barniz aislante. Esta laminación del circuito magnético reduce tanto las pérdidas por histéresis como las pérdidas por corrientes de Foucault.

Las chapas tienen muescas para el devanado estatórico, que producirá el campo rotativo, en este caso tres devanados, puesto que es un motor trifásico. Además cada devanado se compone de varias bobinas, y es la manera de juntar estas lo que determina el número de pares de polos del motor y, por tanto, su velocidad de rotación.

- El rotor: Es la parte móvil del motor. Al igual que el circuito magnético del estator consiste en chapas apiladas aisladas las unas de las otras, formando un eje solidario al eje del motor

El motor del que se dispone en el laboratorio tiene el rotor de jaula de ardilla, lo que significa que en la parte del cilindro formado por las chapas apiladas hay una serie de conductores unidos en cada extremo por un anillo

metálico, de forma que el par generado por el campo rotativo se ejerce en estos conductores, los cuales están ligeramente inclinados respecto al eje del motor, con tal de obtener un par regular.

La jaula de ardilla es, habitualmente, una única pieza. Estos motores se caracterizan por tener un bajo par de arrancada y además la corriente absorbida en este proceso es mucho mayor a la corriente nominal.

Por otro lado, cuando el par es nominal el deslizamiento es mínimo, por esta razón al usarlos en combinación con variadores de frecuencia para controlar la velocidad se pueden solventar los problemas con el par y la corriente de arranque.

4.1.2. Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento del motor asíncrono se basa en la inducción de una corriente en un conductor cuando este corta las líneas de fuerza en un campo magnético. Es la acción combinada de la corriente inducida y campo magnético la que crea una fuerza que mueve el rotor del motor

Para ejemplificar este fenómeno se supone una espira de sombra ABDC en un campo magnético B rotando alrededor del eje xy, tal y como se muestra en la siguiente imagen:

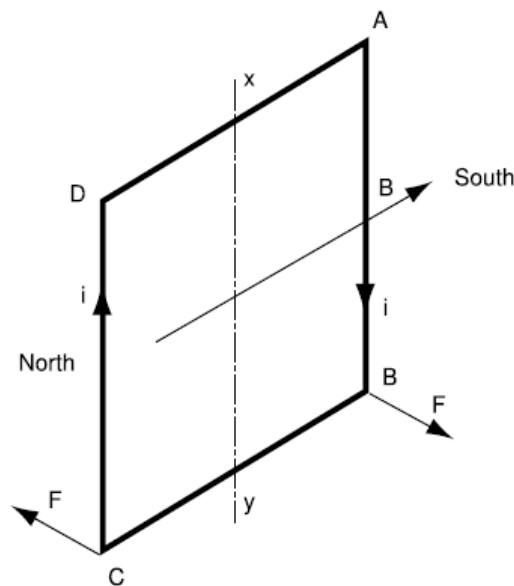


Ilustración 10. Representación de como una corriente inducida es generada en una espira. Fuente: ver referencia bibliográfica [6].

Si se genera un campo magnético en sentido horario la espira se ve por tanto sometida a un flujo variable y se produce una fuerza electromotriz, lo cual genera una corriente inducida debido a la ley de Faraday.

Además, debido a la Ley de Lenz, el sentido de la corriente es tal que la acción electromagnética contrarresta la causa que la generó y, por tanto, cada conductor está sujeto a una fuerza de Lorentz F en sentido opuesto a su propio movimiento, en relación al campo de inducción.

Siguiendo la regla de la mano derecha se demuestra que la espira está sujeta a un par que causa su rotación en el mismo campo rotativo, por lo que la espira rota y el par electromotriz resultante equilibra el par de la carga.

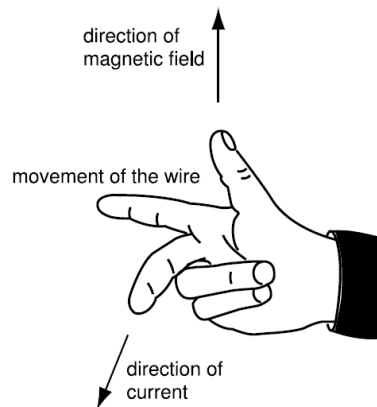


Ilustración 11. Representación de la regla de la mano derecha. El dedo pulgar señala la dirección del campo inductor, el dedo índice la dirección de la fuerza y el dedo medio la dirección de la corriente inducida. Fuente: ver referencia bibliográfica [6].

4.1.3. Velocidad de sincronismo y deslizamiento

Para que el par pueda existir debe de haber una corriente inducida en la espira. El valor del par, por tanto, depende de la corriente de dicha espira y existe siempre que haya una variación de flujo en esta. Por estas razones la velocidad de la espira y del campo rotativo deben de ser distintas, de ahí el nombre de motores asíncronos.

La diferencia existente entre la velocidad de sincronismo (N_s) y la velocidad de la espira (N) se denomina "deslizamiento" (s) y se expresa como un porcentaje de la velocidad de sincronismo.

$$s = \frac{N_s - N}{N_s} * 100 \quad (1)$$

Cuando el motor está en funcionamiento la frecuencia de la corriente del rotor se obtiene al multiplicar la frecuencia de alimentación por el deslizamiento. Al arrancar la frecuencia de la corriente del rotor se encuentra en su máximo y es igual a la del estator pero, a medida que el motor coge velocidad, la corriente del estator ve reducida su frecuencia.

El deslizamiento en estado estacionario varía acorde a la carga del motor. Dependiendo de la tensión de alimentación, será menor si la carga baja y mayor si el motor es alimentado a una tensión inferior a la nominal.

En los motores trifásicos asíncronos la velocidad de sincronismo (N_s) es proporcional a la frecuencia de alimentación (f) e inversamente proporcional número de pares de polos (p) en el estator.

$$N_s = 60 * \frac{f}{p} \quad (2)$$

A la práctica no siempre es posible incrementar la velocidad de un motor asíncrono al alimentarlo a una frecuencia superior a la que fue su diseñado, aunque se haga a una tensión adecuada, puesto que se deben de garantizar siempre las capacidades mecánicas y eléctricas.

4.2. Variador de velocidad

Un variador de velocidad o variador de frecuencia es un dispositivo electrónico de alta precisión diseñado especialmente para controlar la velocidad de los motores de inducción tanto monofásicos o trifásicos de corriente alterna sin afectar ni al consumo eléctrico, ni al par del motor, ni a la impedancia ni al flujo magnético.

El variador tiene también la capacidad de controlar otros parámetros tales como la aceleración y deceleración del motor durante los tiempos de arranque y parada respectivamente.

La velocidad de un motor asíncrono en revoluciones por minuto (N) se obtiene a partir de (1) y (2). Depende de la frecuencia (f), el número de pares de polos (p) y del deslizamiento (s).

$$N = \frac{f}{p} * 60 * (1 - s) \quad (3)$$

Puesto que el par de polos del motor es constante ya que viene dado por el diseño, al variar la frecuencia de alimentación del motor asíncrono trifásico se puede variar la velocidad de giro de este.

El circuito electrónico de un variador de velocidad se divide discretamente en tres etapas principales: un convertidor de entrada o etapa rectificadora de puente, un bus de corriente continua o etapa de filtro y un inversor de salida o etapa de ondulación que utiliza microcontroladores y transistores bipolares IGBT.

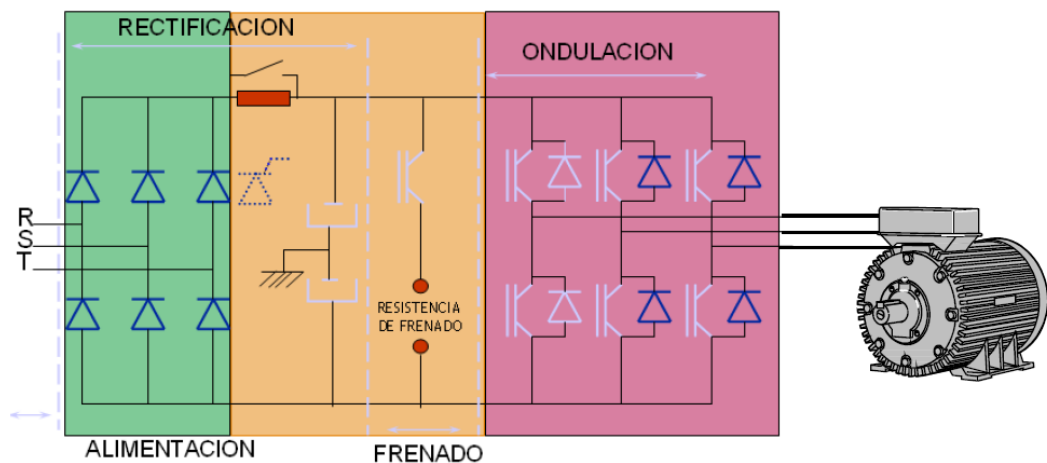


Ilustración 12. Circuito electrónico de un variador trifásico. Fuente: ver referencia bibliográfica [7].

4.2.1. Funcionamiento de las etapas de un variador de frecuencia

La primera etapa es un convertidor de entrada, esta etapa consiste en diodos de alta potencia (dos si se trata de un variador con entrada monofásica o seis si se trata de un variador con entrada trifásica) dispuestos en una configuración de puente regular de forma que la red de corriente alterna que se aplica a la entrada se rectifica y se convierte en corriente continua. Pero esta no está exenta de componentes de corriente alterna y armónicos residuales, por lo que requiere de un filtrado mayor en la siguiente etapa.

La siguiente etapa es el bus de continua. Aquí la corriente continua rectificada se extrae y se filtra de los armónicos sobrantes y de los residuos de corriente alterna mediante la utilización de inductores y condensadores.

El inversor convierte, tal y como indica su propio nombre, la corriente continua del bus de continua, de vuelta a corriente alterna, pero mediante el uso de los microcontroladores esta corriente alterna es regulada tanto en frecuencia como en tensión de forma que se puede crear una salida trifásica a partir de una entrada monofásica.

Este paso a alterna se realiza mediante circuitos integrados que emplean tecnología PWM (Pulse Width Modulator) para convertir la corriente continua en ondas sinusoidales. Cuanto mayor sea el tiempo de conmutación de estas ondas mayor será la tensión de salida hacia el motor y, al contrario, si el tiempo de conmutación es bajo, la tensión también será baja. De esta forma se puede cambiar la tensión de salida sin fugas de corriente y, lo que es más importante, poder cambiar la frecuencia simultáneamente a una velocidad determinada para mantener constante tanto el par del motor como el flujo magnético.

4.2.2. Características principales

Las principales características de un variador de frecuencia y las razones por las que su uso es tan extendido en la industria actualmente son las siguientes:

- Protección contra sobrecargas, lo cual es especialmente útil en el control de motores de alta inercia.
- El par constante asegura una gama más amplia del control de la velocidad, lo que a su vez permite un control más eficiente de la energía.
- Actúa como una barrera entre todas las perturbaciones de voltaje de entrada, tales como armónicos, ondulaciones, caídas, sobretensiones etc., y las obstruye para que no entren al motor

4.2.3. Usos del variador de frecuencia

Los usos más comunes de los variadores de frecuencia son para el control de ventiladores, bombas y compresores. Estas aplicaciones representan el 75 % de todos los accionamientos que operan globalmente.

Los variadores se utilizan para reducir el consumo de energía y, por tanto, los costes energéticos. Si se tiene una aplicación que no necesita trabajar a velocidad máxima se pueden reducir en gran medida los costos de energía mediante la utilización de un variador de frecuencia para controlar el motor. Este, a su vez, permite ajustar la velocidad del equipo motorizado según los requisitos de la carga.

Los sistemas de motores eléctricos son los responsables de más del 65 % del consumo energético en la industria actual [7], por lo que la optimización de los sistemas de control de motores mediante la instalación o actualización de los variadores de frecuencia puede llegar a reducir el consumo de energía en las instalaciones industriales hasta en un 30 % o 40 % [6].

La utilización de variadores también puede aumentar la producción a través de un control más estricto del proceso ya que al permitir a los motores trabajar a una velocidad más eficiente para su aplicación se reduce el número de errores y, por tanto, los niveles de producción aumentarán en consecuencia.

Finalmente, los variadores de velocidad pueden prolongar tanto la vida útil de los equipos como reducir su mantenimiento. El motor tendrá una mayor protección frente

a problemas tales como sobrecargas eléctricas, protección de fase, bajo voltaje y demás.

Al iniciarse una carga con un variador el motor o la carga accionada no se verá sometido al “choque instantáneo” del otro lado de la línea de arranque, sino que este podrá arrancar suavemente eliminando de esta forma el desgaste de las correas, los engranajes y los cojinetes.

4.2.4. Criterios para la elección de un variador de frecuencia

La elección de un motor depende de la aplicación para la cual sea requerido y, dependiendo del motor y la aplicación se elige el variador de frecuencia o velocidad acorde.

Del motor se conoce la potencia, la tensión y la intensidad nominal a partir de su conexionado y de la lectura de la placa de características. El variador de velocidad seleccionado también dependerá de si la aplicación del motor es de par constante o de par variable.

Al seleccionar un variador para motores asíncronos se partirá de los datos anteriores, es decir, potencia, tensión e intensidad nominal. Pero de estos parámetros el decisivo y limitante será la corriente nominal del motor, o la suma de corrientes nominales si se trata de una aplicación multimotor.

En el laboratorio se trabajará con el variador de Schneider de referencia ATV320U04M2C para motores asíncronos trifásicos de 0,18 kW a 0,37 kW.

Los variadores, aun así, funcionan para valores de potencia estandarizados y pueden funcionar tanto para su potencia o para un valor inferior. Este criterio depende de la aplicación del motor, es decir, si es de uso intensivo o no.

Si es intensivo es mejor sobredimensionar el variador para que trabaje más desahogado, aunque esto, lógicamente, tiene un coste de instalación mayor, pero se traduce en un menor desgaste del equipo y, por tanto, durará más y el coste de mantenimiento será menor.

4.3. PLC

Las siglas PLC significan “Programmable Logic Controller” o, “Controlador Lógico Programable”.

Se trata de una computadora, utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Sin embargo, la definición más precisa sería la dada por la NEMA (National Electrical Manufacturers Association o Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) que dice que un PLC es un instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de entrada y salida analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos.

Antes de que los PLC’s existieran, cuándo se necesitaba automatizar una máquina se usaba un control convencional. El control convencional es básicamente el

control de una máquina a partir de cables y relés, tal y como se muestra a continuación

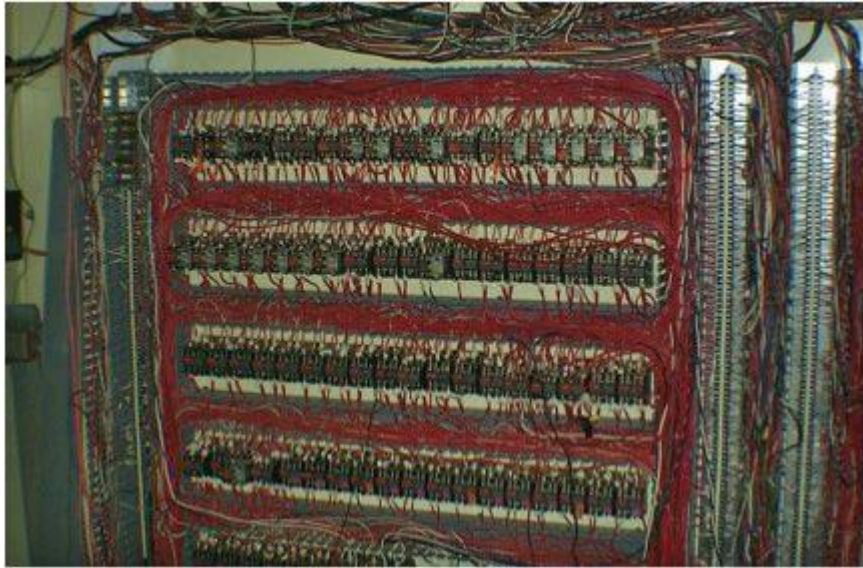


Ilustración 13. Aspecto de un antiguo armario de relés. Fuente: ver referencia bibliográfica [8].

Pero esto era un problema, ya que cuánto más compleja era la máquina y cuántas más condiciones tenía, mayor cantidad de cables y relés eran necesarios para controlarla. Esta forma de control suponía un enorme engorro para las empresas: los relés tenían una vida útil limitada (los contactos se desgastan con cada actuación, lo que origina chisporroteos y malas actuaciones), resolver cualquier avería llevaba demasiado tiempo y cualquier modificación en el proceso que obligara a modificar la lógica implicaba que la producción debía detenerse mientras se recableaban los relés. Además la depuración de la lógica cableada tampoco era tarea sencilla.

Al cargar un programa en el PLC este se ejecuta de forma secuencial.

Es decir, primero lee el estado de todas las entradas y las guarda en una "imagen", de forma que, por mucho que se modifiquen las entradas durante la ejecución de ese ciclo, el PLC recordará el estado de estas justo antes de la ejecución del programa.

Tras ello ejecuta el programa, escribiendo en otra imagen el estado de las diferentes salidas y, una vez ha terminado la ejecución del ciclo escribe desde la imagen el estado de las salidas.

En el laboratorio se trabajará con el PLC de Schneider de referencia TM241CE24R.

4.4. HMI

Las siglas HMI corresponden a Human Machine Interface o Interfaz Hombre Máquina en castellano, es decir, es la interfaz que existe entre los seres humanos y las máquinas.

Una pantalla HMI es una pantalla digital en la que se muestra información proveniente del sistema automatizado y sobre la que se puede maniobrar e indicar acciones a llevar a cabo sobre el sistema automatizado.

La utilización de un sistema HMI tiene varias ventajas tales como [9]:

- El sistema automatizado puede estar en un entorno industrial adverso al operario o peligroso para él (temperaturas extremas, radiaciones, polvo...) mientras que la pantalla HMI puede estar ubicada en una zona alejada y ambos conectados mediante un bus de campo.
- La pantalla HMI permite al operario contar con distintas visualizaciones donde se puede presentar gran cantidad de información para tener un control adecuado del sistema sin tener que realizar desplazamientos.
- El sistema HMI permite la gestión del proceso a distintos usuarios mediante identificación para que cada uno solo pueda observar e interactuar con la información y controles que tenga permiso.
- El diseño de la interfaz de la pantalla puede hacerse ameno y amigable para el usuario mediante el uso pictogramas similares al automatismo que gestiona mostrando animaciones del estado actual, uso de colores, y mostrando información relevante sobre cada parte del sistema.
- El sistema HMI permite una gestión adecuada de estados de alarmas de modo que ante un evento peligroso se puede presentar de forma instantánea la información en pantalla para poner en conocimiento a los operarios que puedan gestionar dicha alarma.

En el laboratorio se trabajará con la pantalla de Schneider magelis HMISTU855.

4.5. Comunicaciones

Una red de comunicaciones es un sistema de interconexión de equipos tales como ordenadores, PLC... que permite compartir tanto recursos como información.

Toda red de equipos debe estar formada por diferentes elementos:

- Adaptadores o tarjetas de red que capaciten a un equipo determinado de conexión a dicha red.
- Un cable u otro medio entre los adaptadores a través del cual viajen los datos de las comunicaciones.
- Una topología o estructura de red determinada.

4.5.1. Clasificación de redes de comunicaciones

Las redes de comunicaciones se pueden clasificar según su radio de acción en:

- Redes LAN (Local Area Network): Una red de área local es la interconexión de varios ordenadores y periféricos cuya extensión se limita físicamente a un edificio o un entorno de unos pocos kilómetros.
Su aplicación más extendida es la interconexión de ordenadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas y demás con tal de compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones.
- Redes MAN (Metropolitan Area Network): Una red de área metropolitana es una red de alta velocidad, es decir, banda ancha, que da cobertura en un área geográfica extensa. Proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y video. Los medios de transmisión más habituales son la fibra óptica y el par trenzado de cobre, cuya velocidad de transmisión va desde los 2 Mbit/s hasta los 155 Mbit/s.

La red de área metropolitana es, por tanto, una evolución del concepto de área local aplicado sobre un ámbito más amplio, cubriendo áreas de una cobertura superior que, en ocasiones, no solo se limita a un entorno metropolitano, sino que puede llegar a una cobertura regional o nacional mediante la interconexión de diferentes redes de área metropolitana.

- Redes WAN (Wide Area Network): Una red de área amplia es un tipo de red capaz de cubrir distancias desde unos 100 km hasta 1000 km, la cual puede proveer de servicios a un país entero o hasta un continente.

4.5.2. Funcionamiento de una red de comunicaciones

La información que se quiere transmitir se debe dividir en paquetes siguiendo el formato que dicta el protocolo de comunicaciones que se esté utilizando para la transmisión.

La información viaja desde un puesto o nodo a otro, pudiendo pasar a través de uno o varios de estos.

Cada puesto o nodo tiene una dirección asociada, y la información irá desde origen a destino a través del medio de transmisión correspondiente (cable de par trenzado, fibra óptica, aire...)

Toda la información pasa a través de unos niveles, que dependerán del protocolo de comunicaciones utilizado, y cada uno de estos niveles añade información de control de forma que el mismo nivel en el nodo destino eliminará. Esta información se utiliza para el control de errores, fragmentación de un mensaje en tramas, etc.

Normalmente, el nodo destino examina todas las tramas que circulan por la red y la dirección de destino. Si la información es para él la recoge. Además, dependiendo del protocolo utilizado, el nodo destino puede mandar un mensaje diciendo que se ha recibido la información completa o no.

4.5.3. Las capas OSI

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) desarrolló en 1984 un modelo llamado OSI (Interconexión de sistemas abiertos) por sus siglas en inglés "Open Systems Interconnection".

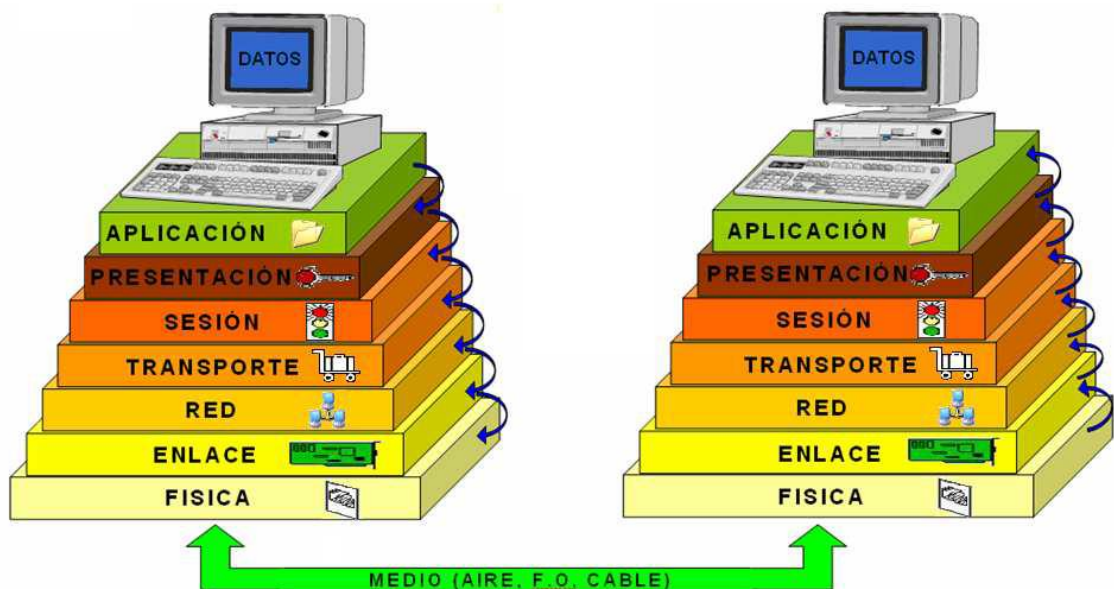


Ilustración 14. Los 7 niveles del modelo OSI por el que viajan los datos para la comunicación. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].

Este modelo es utilizado para describir el uso de datos entra la conexión física de la red con la aplicación del usuario final. Además es el modelo más conocido y más utilizado para describir los entornos de red.

Las capas OSI están numeradas de abajo hacia arriba. Las funciones más básicas tales como poner los bits de datos en el cable de la red están en la parte de abajo, mientras que las funciones que atienden los detalles de las aplicaciones de usuario están arriba.

La primera capa es la capa física. Este nivel define las características físicas de la interfaz, así como los componentes mecánicos y conectores y aspectos eléctricos tales como los niveles de voltaje que representan cada nivel binario.

La segunda capa es la capa de enlace. Este nivel define las reglas de envío y recepción de información a través de la conexión física entre dos sistemas. Esta capa codifica y descompone los datos para su transmisión, además de proporcionar detección y control de errores.

La tercera capa o nivel es el nivel de red. Este nivel define los protocolos para abrir y mantener un camino en la red entre los sistemas. Está relacionado con los procedimientos de conmutación y transmisión de datos y vela que los paquetes sean dirigidos a su destino en la red. En resumen, la capa de red identifica los equipos que hay conectados a la red y determina como dirigir la transferencia de información por la misma.

La cuarta es la de transporte. Esta capa proporciona un control de alto nivel para la transferencia de datos entre sistemas, incluyendo funcionalidades de manejo de errores más sofisticados, niveles de prioridad y seguridad. Controla la secuencia de paquetes, regula el flujo de tráfico y reconoce paquetes duplicados. Este nivel asigna al paquete un número de secuencia el cual es comprobado en su destino. Si se pierden datos del paquete, el protocolo del nivel de transporte de destino se coordina con el nivel de transporte de origen para la retransmisión del paquete. Este nivel asegura que se reciban los datos en el orden apropiado y de forma fiable.

El quinto nivel es de sesión. Este nivel coordina el intercambio de información entre sistemas utilizando técnicas conversacionales o diálogos. No siempre se requiere el diálogo, pero algunas aplicaciones pueden precisar una forma de saber dónde volver a comenzar la transmisión de datos si se pierde temporalmente la conexión o pueden necesitar un diálogo periódico para indicar el final de un conjunto de datos y el comienzo de uno nuevo. En definitiva, esta capa determina como dos dispositivos se comunican, además de establecer y diagnosticar las conexiones entre ellos.

La sexta es la capa de presentación. Los protocolos del nivel de presentación son parte del sistema operativo y de las aplicaciones utilizadas por el usuario en una estación de trabajo. Se le da formato a la información en este nivel para ser visualizada e impresa. También son interpretados los códigos dentro de los datos, como tabuladores y caracteres especiales. Asimismo es en este nivel donde se lleva a cabo la encriptación de datos.

La séptima y última capa es la capa de aplicación. Esta capa es responsable de intercambiar la información entre los programas que corren en el PC y otros servicios de red, tales como base de datos o un servicio de impresión.

4.6. Ethernet

El reconocimiento de Ethernet TCP/IP tanto en las organizaciones como en internet lo han convertido en el estándar de la comunicación actual. Por ello y por su uso extendido supone una multitud de ventajas tales como una reducción en los gastos de conexión, un rendimiento mayor y la incorporación de nuevas funciones. Debido a estos elementos se garantiza la durabilidad a largo plazo de esta red de comunicaciones.

Además, gracias a su elevada velocidad las comunicaciones ya no limitan el rendimiento de la aplicación y la arquitectura puede seguir evolucionando sin ninguna dificultad.

4.6.1. Capas OSI de una red Ethernet

Ethernet opera en dos de las siete capas del modelo OSI descrito anteriormente, concretamente en la mitad inferior de la capa de enlace de datos, también conocida como subcapa MAC, y en la capa inferior, la capa física.

En la capa 1 se incluyen las interfaces con los medios, señales, corrientes de bits que se transportan en los medios, componentes que transmitan la señal a los medios y las distintas tipologías. La capa física de Ethernet juega un papel clave en la comunicación que se produce entre los dispositivos, pero cada una de estas funciones tiene sus limitaciones que la capa 2 solventa.

Las subcapas de la capa de enlace de datos contribuyen a la compatibilidad de tecnología y de comunicación. La subcapa MAC trata los componentes físicos que se utilizarán para comunicar la información mientras que la subcapa de control de enlace lógico (LLC) sigue siendo relativamente independiente del equipo físico que se utiliza en el proceso de comunicación.

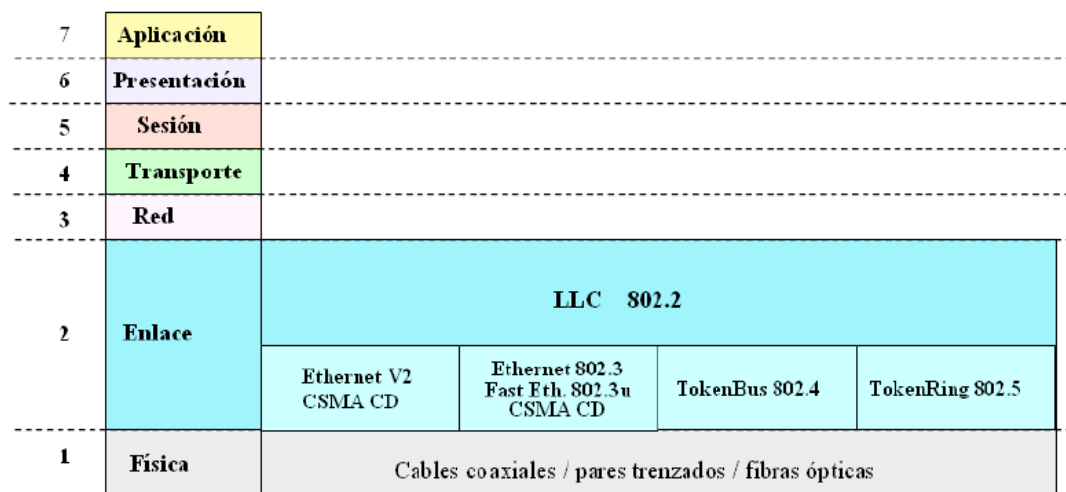


Ilustración 15. Correspondencia de Ethernet con las capas del modelo OSI. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].

4.6.2. Direccionamiento IP

Las direcciones de Internet pueden ser de dos tipos: simbólicas o numéricas.

La forma simbólica es la más habitual para los usuarios puesto que es más sencilla de leer, por ejemplo: <https://youtu.be/LkuyO0cU3tQ>.

La forma numérica es un valor binario sin signo de 32 que habitualmente se expresa en un formato decimal punteado, como representación decimal de cuatro valores de 8 bits concatenados con puntos. Por ejemplo: 113.66.13.2.

En una red Ethernet, con tal de poder distinguir las estaciones, se asigna a cada estación una dirección IP que consiste en un par de conjuntos de números: el número de red y el número de estación.

Por ejemplo en la dirección IP 120.1.15.10 el número de red sería 120.1 mientras que el número de estación es 15.10.

Existen tres clases de direcciones IP:

- Las direcciones de clase A utilizan 7 bits para el número de red (el primer bit del conjunto de 8 bits es 0), lo que da 126 redes posibles. Los 24 bits restantes se utilizan para el número de estación, así que cada red puede tener un máximo de $2^{24}-2$ estaciones,
- Las direcciones de clase B utilizan 14 bits para el número de red y 16 bits para el número de estación, dando un total de 16382 redes con un máximo de 65534 estaciones por red.
- Las direcciones de clase C usan 21 bits para el número de red y 8 para el número de estación, dando un total de 2097150 redes de hasta 254 estaciones.

Clase A	0	Id red	Id estación 3 bytes	126 redes
Clase B	1 0	Id red	Id estación 2 bytes	+ 16 382 redes
Clase C	1 1 0	Id red	Id estación 1 bytes	+ 2 097 150 redes

Ilustración 16. Las tres clases de direcciones IP. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].

Debido al brutal y masivo crecimiento de Internet, el uso de las direcciones IP asignadas empieza a ser demasiado inflexible como para permitir cambios sencillos en las configuraciones de redes locales.

Por ello, y con tal de evitar tener que solicitar direcciones IP de redes adicionales en estos casos se introduce un nuevo concepto, el concepto de subredes.

La parte del número de estación de una dirección IP se divide ahora en un número de red (llamado subred) y un número de estación, por lo que la red principal pasa a consistir de un número de subredes, y la dirección IP se interpreta como:

@ IP	Dirección de red	Dirección Estación
Ejemplo Mascara de Subred: 255.255.255.0	Bits a 1	Bits a 0
Resultado con mascara	Dirección de red	Número de subred Dirección Estación

Ilustración 17. Interpretación de redes, subredes y estaciones. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].

Por ello, se debe acompañar cada red de una máscara de red o máscara de dirección, tal y como se observa en la ilustración anterior.

Antes de realizar la comunicación la dirección de destino sufre una operación AND bit a bit con la máscara de subred y esta se compara con la dirección fuente. Si el resultado de la operación es igual a la dirección de red fuente la destinación es local y la comunicación puede producirse. De lo contrario, si el resultado de dicha operación AND no coincide con la dirección de red fuente el destino no se encuentra en la misma red y por lo tanto la comunicación no es posible.

Como la operación AND se realiza bit a bit hay dos números que conceden cualidades especiales a la máscara de subred. Estos números son el 0 y el 255 (en decimal).

Si uno de los 4 bytes de la máscara de subred es 255, al realizar la operación AND bit a bit de la máscara con la dirección de destino el resultado será igual a la dirección de destino (no variará) y por tanto ese byte de la dirección de destino y de la dirección de red fuente han de ser iguales.

Por el contrario, si uno de los bytes de la máscara de subred es "0" la operación AND resultará en el byte 0 y por tanto sea cual sea ese byte en la dirección fuente y la dirección destino la comunicación podrá realizarse.

Es por estas razones que la máscara debe ser seleccionada en coherencia con la clase de la dirección IP tal que:

- 255.XXX.XXX.XXX si se trata de una dirección de clase A.
- 255.255.XXX.XXX si se trata de una dirección de clase B.
- 255.255.255.XXX si se trata de una dirección de clase C.

4.6.3. Colisiones

Ethernet utiliza un mecanismo denominado Call Sense Multiple Access-Collision Detect, o CSMA-CD para abreviar.

Esto significa que, al haber un único cable, un equipo conectado solo puede utilizar el cable cuando no hay ningún otro equipo utilizándolo.

En el caso que haya algún conflicto, el equipo que esté intentando establecer la conexión debe abortar, anulándola y efectuando un nuevo intento más adelante en un intervalo de tiempo aleatorio.

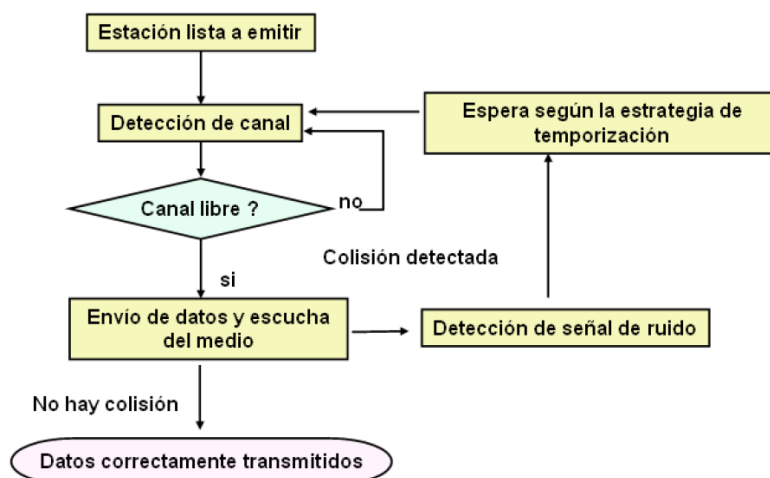


Ilustración 18. Diagrama de flujo de CSMA-CD. Fuente: ver referencia bibliográfica [10].

En resumen, la estación que desea emitir un mensaje “escucha” la red para conocer si hay otras estaciones emitiendo un mensaje en ese momento. Si la red está disponible, entonces la estación empieza a emitir.

Tras ello la estación “escucha” su propio mensaje para ver si ha habido colisión y si no ha habido ninguna colisión se acaba el proceso. De lo contrario, es decir, ha habido colisión, se espera un tiempo aleatorio e intenta transmitir el mismo mensaje nuevamente.

4.7. Software

Se utilizarán tres softwares diferentes con tal de realizar la carga de parámetros en el variador así como la implementación del programa en PLC y de la interfaz gráfica en la HMI.

4.7.1. SoMove

SoMove es un software de configuración de variadores de frecuencia de uso industrial creado y distribuido por Schneider Electric.

Mediante el uso de este software se puede trabajar directamente en conexión con el variador mediante un cable de programación TCSMCNAM3M002P el cuál se conecta al ordenador mediante USB y al variador por el mismo puerto que se utiliza para las comunicaciones (conector RJ45). La comunicación se hace mediante el bus de campo serie modbus.

Mediante la utilización de este programa se puede realizar un arranque rápido o parametrización del motor mediante los datos leídos en la placa de características sin necesidad de realizar el ajuste manualmente mediante la ruleta del propio variador de velocidad.

La pantalla de inicio del software tiene el siguiente aspecto:

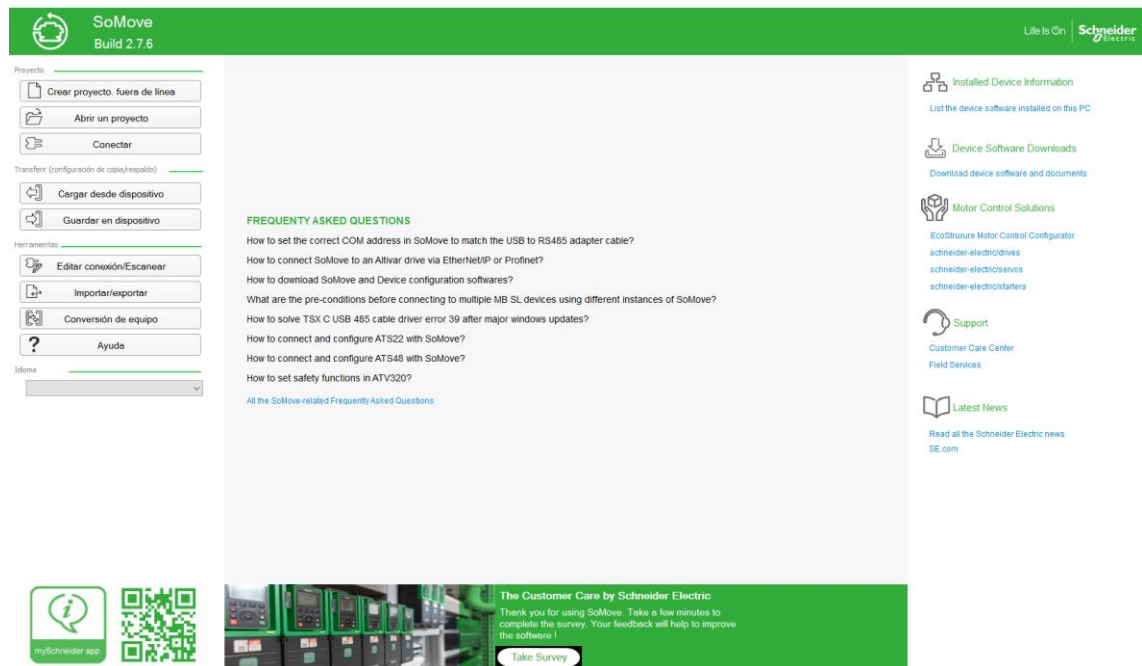


Ilustración 19. Pantalla de inicio del software SoMove.

Desde el menú de la izquierda se pueden realizar varias acciones, pero las más interesantes para la aplicación que se ocupa son las siguientes:

- Conectar: Establece una conexión entre el variador y el ordenador, permitiendo editar los parámetros de los registros internos mediante una interfaz de usuario sencilla. Cualquier cambio realizado se verá reflejado directamente en la realidad.
- Cargar desde dispositivo: Permite guardar en el PC todos los parámetros del variador en un archivo de extensión .psx (SoMove Project) con tal de poder editar los parámetros sin necesidad de estar conectado físicamente al variador. Evidentemente, los cambios realizados en este archivo no se verán reflejados sobre la configuración del motor, puesto que no existe conexión.
- Cargar a dispositivo: Permite cargar sobre el variador un fichero de extensión .psx (SoMove Project) con todos los parámetros de los registros internos del variador. Al realizar esta carga los registros del variador se actualizarán y por tanto los cambios se producirán inmediatamente en la realidad.

La interfaz de usuario del programa SoMove luce tal que así:

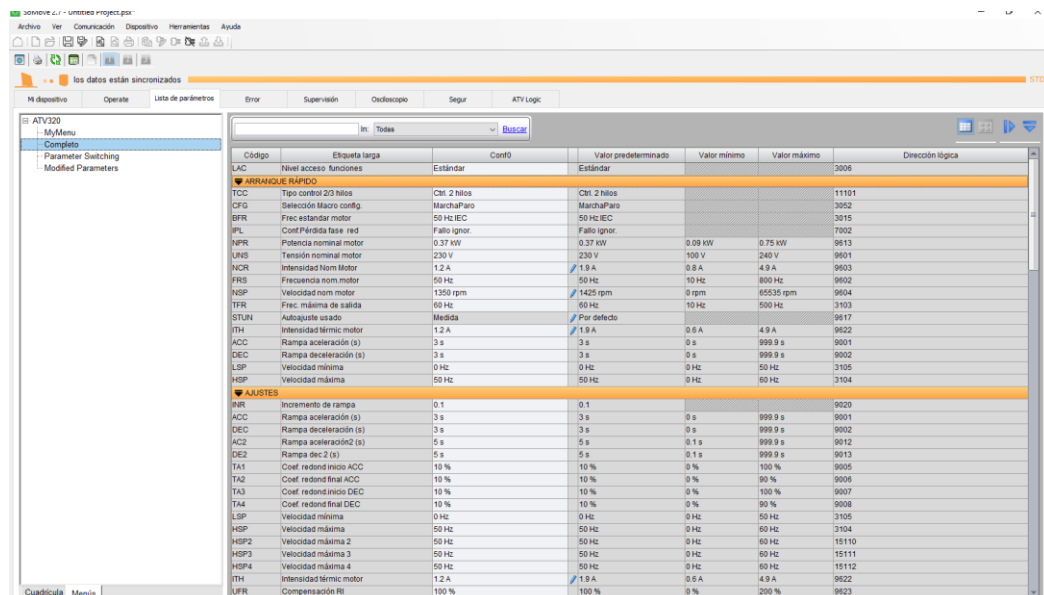


Ilustración 20. Configuración de parámetros de SoMove con conexión con el variador.

En la aplicación se muestran los valores cargados en el variador los cuales pueden ser modificados por el usuario, así como el valor por defecto que tiene ese parámetro (valor de fábrica), el intervalo mínimo y máximo de dichos valores y la dirección lógica del parámetro.

El color de la interfaz, además, indica si se está trabajando con conexión con el variador, es decir, si los cambios que se realicen en los parámetros mediante el uso de este software se verán reflejados directamente o no.

El color naranja indica que existe conexión mientras que el azul, no.

Mediante el mismo software SoMove también se puede realizar una programación al variador mediante ATVLogic.

ATVLogic es un interficie de programación que permite crear pequeñas aplicaciones de control dentro del propio variador ATV320. Esto permite una mayor personalización de las capacidades del ATV320 por parte del usuario.

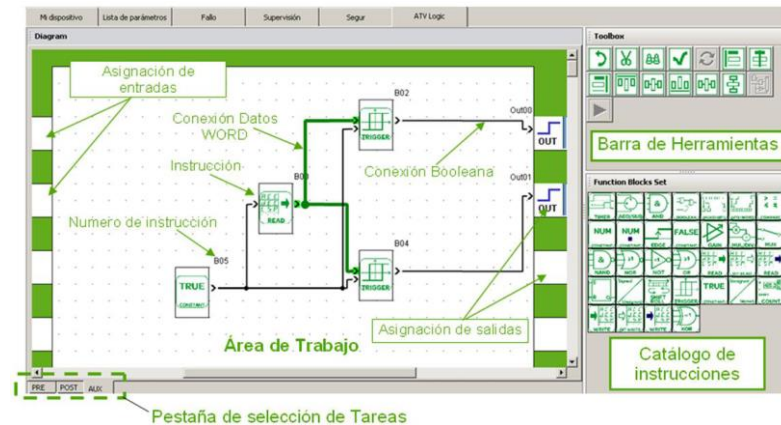


Ilustración 21. ATVLogic, interfaz de usuario. Fuente: ver referencia bibliográfica [11].

Las instrucciones que se pueden utilizar para la implementación de programas en ATVLogic son principalmente operaciones booleanas (tales como Not, And, Or, Xor, set, reset, multiplexores...) u operaciones con enteros (tales como contadores ascendentes y descendentes, temporizadores a la conexión y la desconexión, suma, resata, multiplicación, detección...).

También existen operaciones de escritura y lectura de los registros internos del variador.

Para poder realizar la programación en ATVLogic es necesario que el PC y el variador estén desconectados.

En la parte izquierda se encuentra la asignación de entradas, mientras que en la parte derecha la asignación de salidas. Ambas pueden ser discretas (binarias) o analógicas.

Siempre que se realiza una programación se debe realizar una verificación del programa. Para ello se debe clicar en el botón de validar (1). Si la validación es correcta se puede cargar en el variador. De lo contrario se mostrará una lista de errores que deben solventarse.

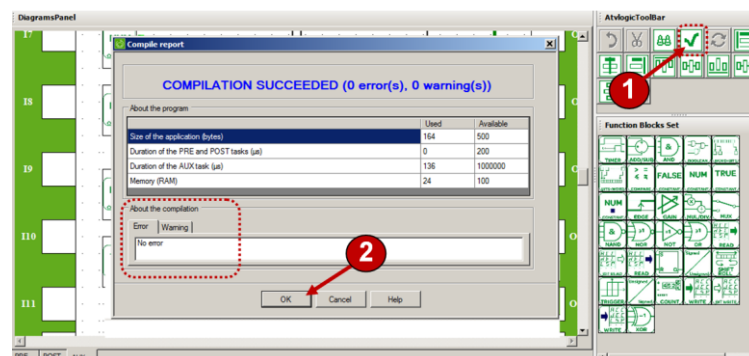


Ilustración 22. Validación completada. Fuente: ver referencia bibliográfica [11].

4.7.2. SoMachine – Logic Builder y Vijeo Designer

El software SoMachine permite la programación de PLC mediante el uso del programario “Logic Builder” y de la pantalla HMI mediante el uso del programario “Vijeo Designer”.

La unión de ambos programarios se realiza mediante el software de SoMachine 4.3.

En el momento de crear un proyecto se debe elegir el controlador lógico para el que se está realizando la aplicación así como el lenguaje de programación que se utilizará para el bloque de programa principal.

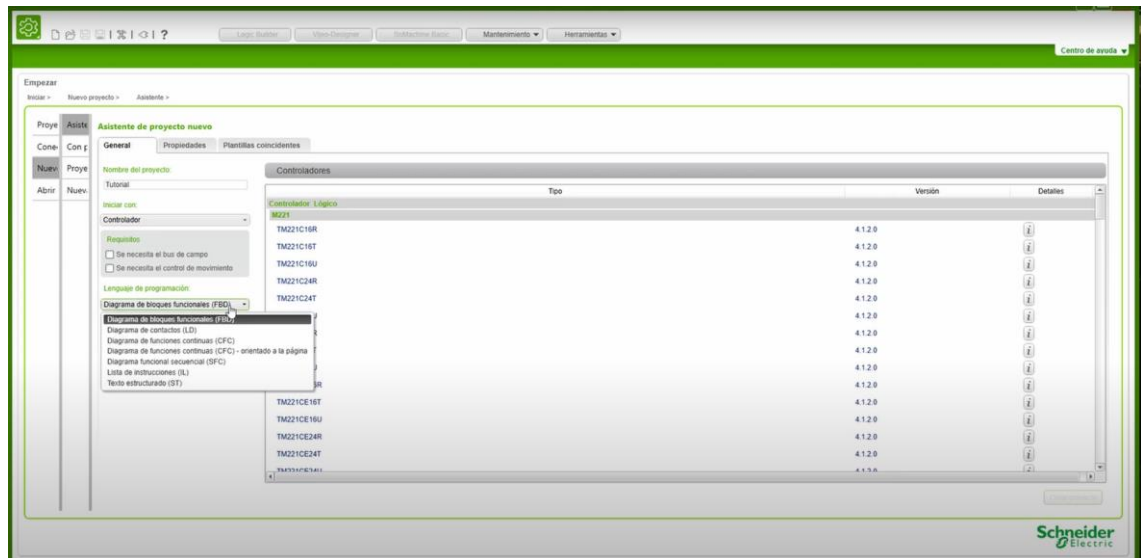


Ilustración 23. Creación de proyecto en SoMachine

Los lenguajes de implementación que soporta SoMachine son los regulados por el IEC 61131-3 y se detallan en la siguiente lista:

- Diagrama de bloques funcionales (FBD)
- Diagrama de contactos (LD)
- Diagrama de funciones continuas (CFC)
- Diagrama de funciones continuas (CFC) – orientado a la página
- Diagrama funcional secuencial (SFC)
- Lista de instrucciones (IL)
- Texto estructurado (ST).

Al crear el proyecto aparece la siguiente ventana, dónde se puede acceder a la programación del controlador (PLC) mediante Logic Builder, clicando en el botón de “Controlador” o en el de “Logic Builder” indistintamente.

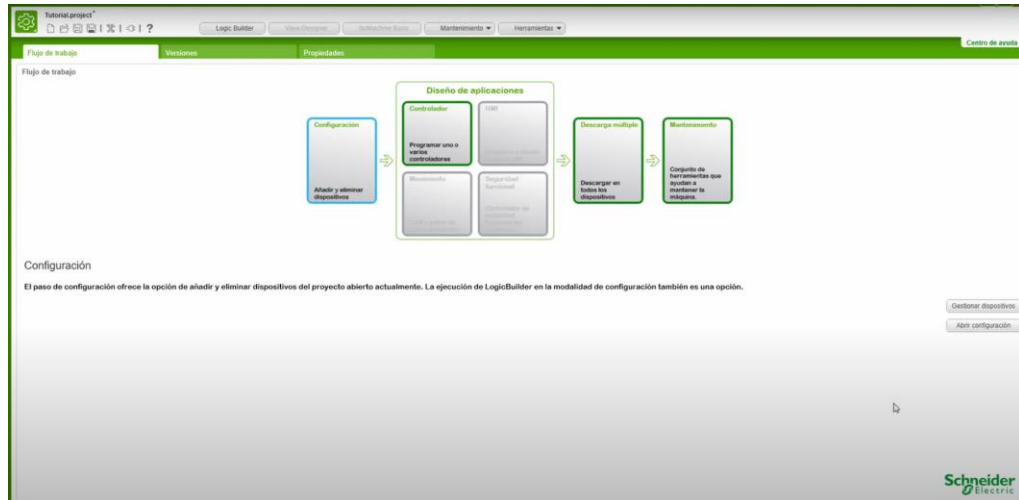


Ilustración 24. Somachine Central

La programación en Logic Builder es extremadamente similar a otros softwares del estilo.

Obsérvese la siguiente imagen con un ejemplo de programa muy sencillo.

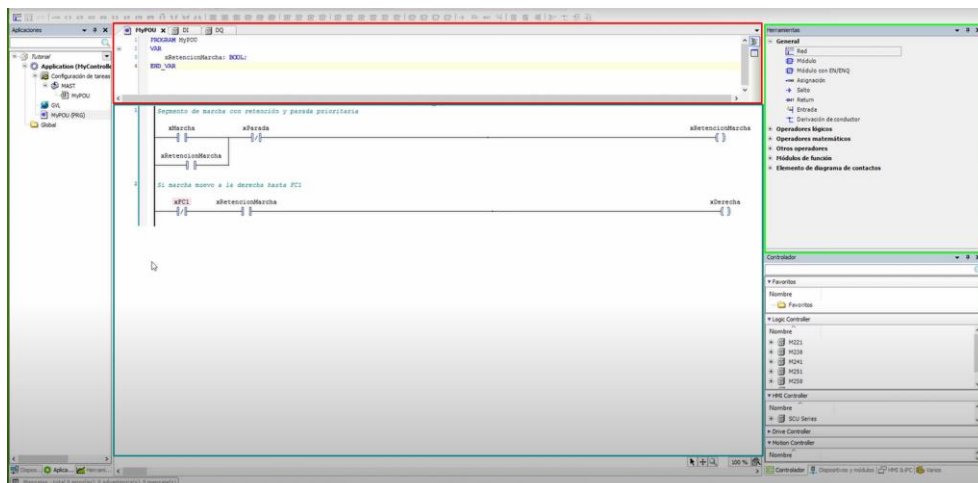


Ilustración 25. Logic Builder, programación

En la zona de declaración de variables (marcado en rojo) se listan las variables y su tipo, en este ejemplo la única variable local es `xRetenciónMarcha` y es de tipo booleano. Esta notación se conoce como notación húngara y es muy útil para poder conocer el tipo de una variable con solo leer su nombre.

La notación húngara consiste en asignar un prefijo a cada nombre de variable que indique su tipo, en la siguiente tabla se muestra un ejemplo:

Tabla 5. Notación húngara, ejemplos

Prefijo	Significado
x	Booleano
c	Carácter (1 byte)
dw	Double Word (4 bytes)
h	Handle

Bajo la declaración de las variables está la zona de programación en sí (marcado en turquesa), dónde se crea el programa, en este caso en lenguaje ladder, mediante el uso de redes, contactos normalmente abiertos y cerrados al igual que bobinas normalmente abiertas y normalmente cerradas.

Estos no son los únicos elementos disponibles, puesto que en la ventana de herramientas (marcada en verde lima) se puede acceder a distintos operadores lógicos, operadores matemáticos, otros operadores o módulos de función, tales como contadores ascendentes y descendentes, temporizadores a la conexión y a la desconexión, etc.

Para la asignación de entradas y salidas se procede, igualmente, de forma idéntica a otros softwares similares.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo. Se accede a la configuración de entradas y salidas del controlador (marcado en púrpura) y tras ello se asignan las entradas o salidas correspondientes en la ventana que aparecerá (marcada en naranja).

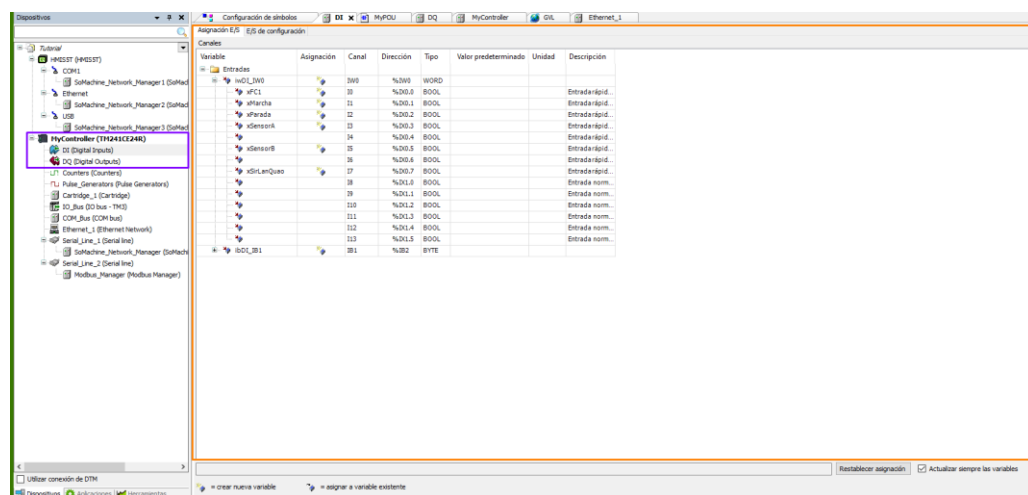


Ilustración 26. Entradas y salidas físicas en SoMachine Logic Builder.

Somachine Logic Builder permite la carga de programas al PLC mediante USB y mediante Ethernet. Con tal de poder realizar la carga mediante Ethernet primero se debe asignar una IP y una máscara de subred al PLC mediante un cable USB.

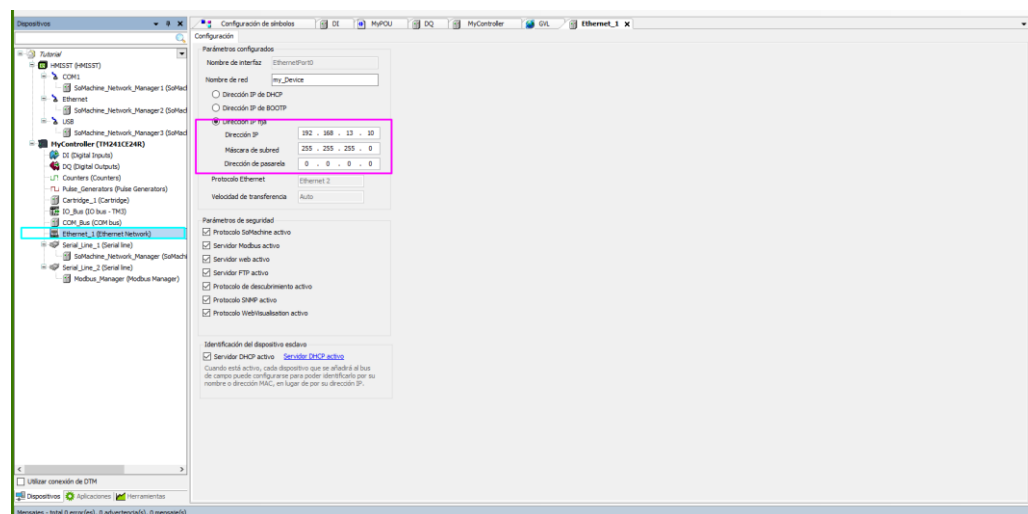


Ilustración 27. Asignación IP al controlador.

Para la asignación de la IP se debe ir a la ventana Dispositivos – Ethernet_1 (marcada en azul claro en la ilustración anterior) y tras ello seleccionar IP fija y escribir la dirección IP y la máscara de subred que se desea asignar al PLC (marcado en rosa en la ilustración anterior).

Con tal de poder utilizar una misma variable en varios bloques de función dentro de SoMachine logic builder o de utilizar una variable también en SoMachine Vijeo Designer esta variable debe de ser global.

La creación de variables globales se hace de forma similar a la creación de variables locales, pero se debe ir a la ventana Aplicaciones – GVL (marcada en amarillo) y a continuación declarar y definir las variables (marcado en negro).

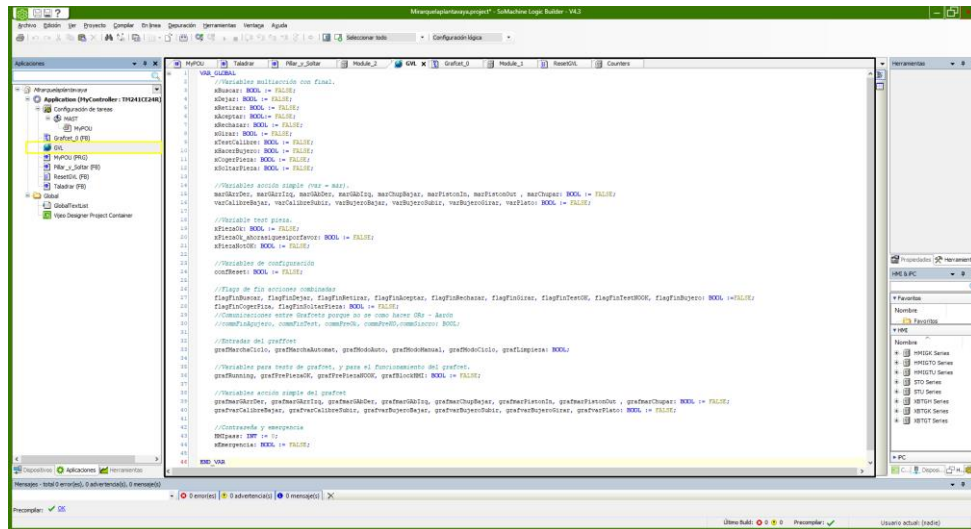


Ilustración 28. Somachine, variables globales.

Para realizar la programación de la pantalla HMI primero se debe añadir, con tal de poder trabajar con único proyecto y compartir datos tales como las variables globales.

Para ello se debe volver a la ventana inicial de SoMachine Central, con el proyecto abierto y clicar en "Configuración" para añadir el dispositivo.

Tras ello se selecciona el tipo de controlador que se desea añadir, en este caso una pantalla HMI de la serie HMISTU.

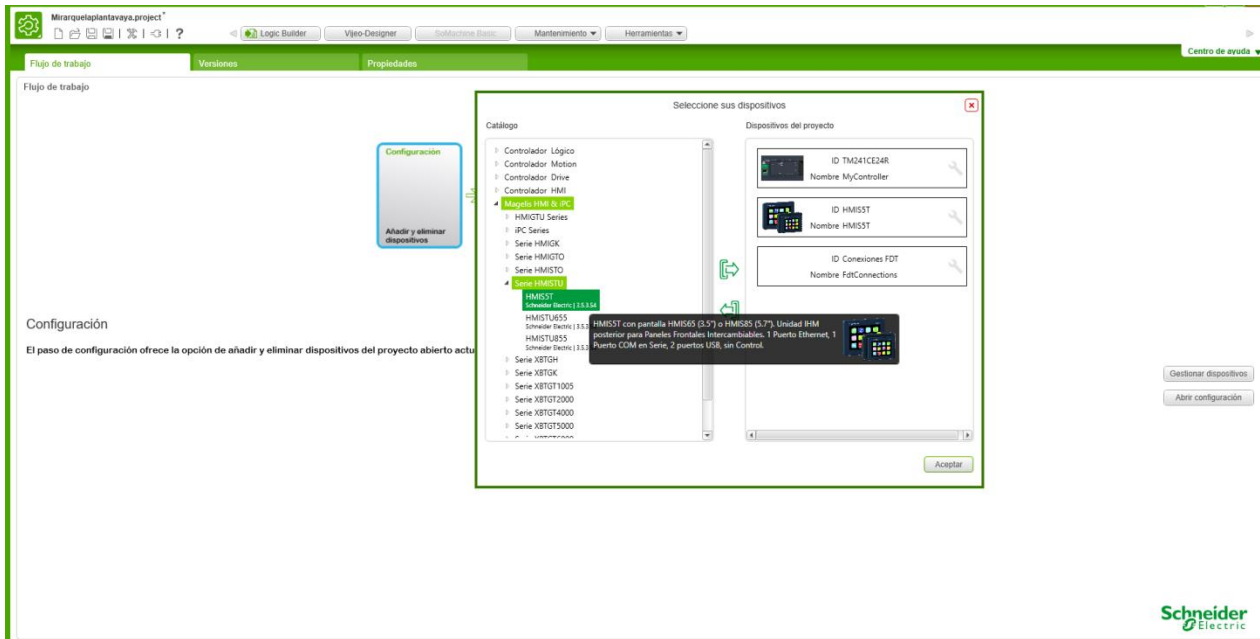


Ilustración 29. Agregar un dispositivo, pantalla HMI.

Para acceder al software Vijeo Designer se debe clicar en su nombre en la parte superior de la ventana principal de SoMachine Central o sobre el icono "HMI" y luce tal que así:

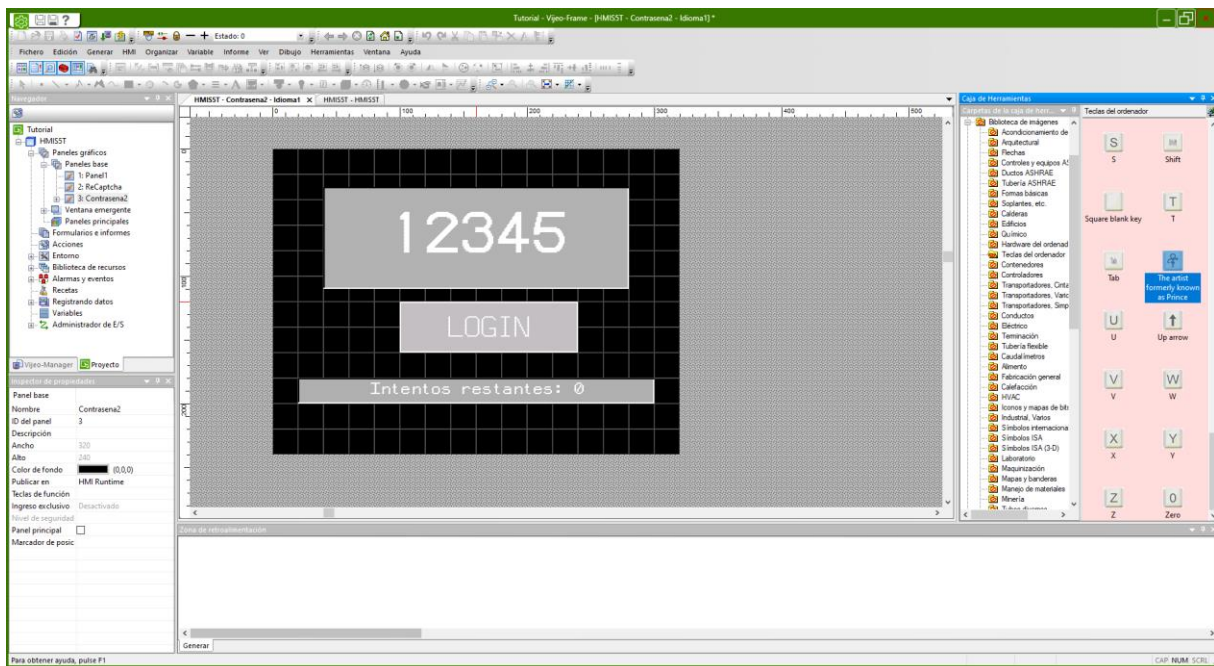


Ilustración 30. Software Vijeo Designer.

En la parte izquierda de la pantalla se observa el menú de proyecto, desde este menú se pueden crear y administrar paneles (base, emergentes y principales), acciones y acciones de panel, recursos, alarmas y eventos, recetas...

En el centro se observa el panel que se está editando en ese momento, para agregar elementos a dicho panel se puede proceder de dos maneras diferentes: mediante el dibujo de elementos o mediante la biblioteca de imágenes.

Para dibujar un elemento se debe seleccionar el elemento a dibujar desde la barra superior:



Ilustración 31. Elementos disponibles para dibujo en Vijeo Designer.

Estos elementos son, sin contar el cursor (no dibujar), y de izquierda a derecha:

- Punto.
- Línea recta o flecha unidireccional o bidireccional.
- Contorno de polígono (dibujo libre) o línea poligonal (dibujo libre) con punta de flecha en una o ambas direcciones.
- Polígono cerrado (dibujo libre).
- Curva de Bezier.
- Rectángulo, rectángulo redondeado o rectángulo con esquinas cortadas.
- Elipse.
- Arco.
- Torta.
- Escala vertical, horizontal o circular.
- Texto.
- Imagen personalizada.
- Interruptor o botón de opción
- Visualizador numérico, de cadena, de fecha o de hora.
- Visualizador de mensaje o de imagen.
- Contómetro.
- Gráfico de barras verticales u horizontales.
- Selector circular, vertical u horizontal.
- Vídeo.
- Resumen de alarma, aviso de alarma o resumen de eventos.
- Tendencia.

Por otra parte se pueden añadir objetos prefabricados disponibles en la biblioteca de SoMachine, en la ventana que aparece a la izquierda.

Estos objetos prefabricados tienen opciones especiales en la ventana de propiedades, tales como por ejemplo cambiar su dibujo dependiendo de una variable y su rango si se trata de un gráfico.

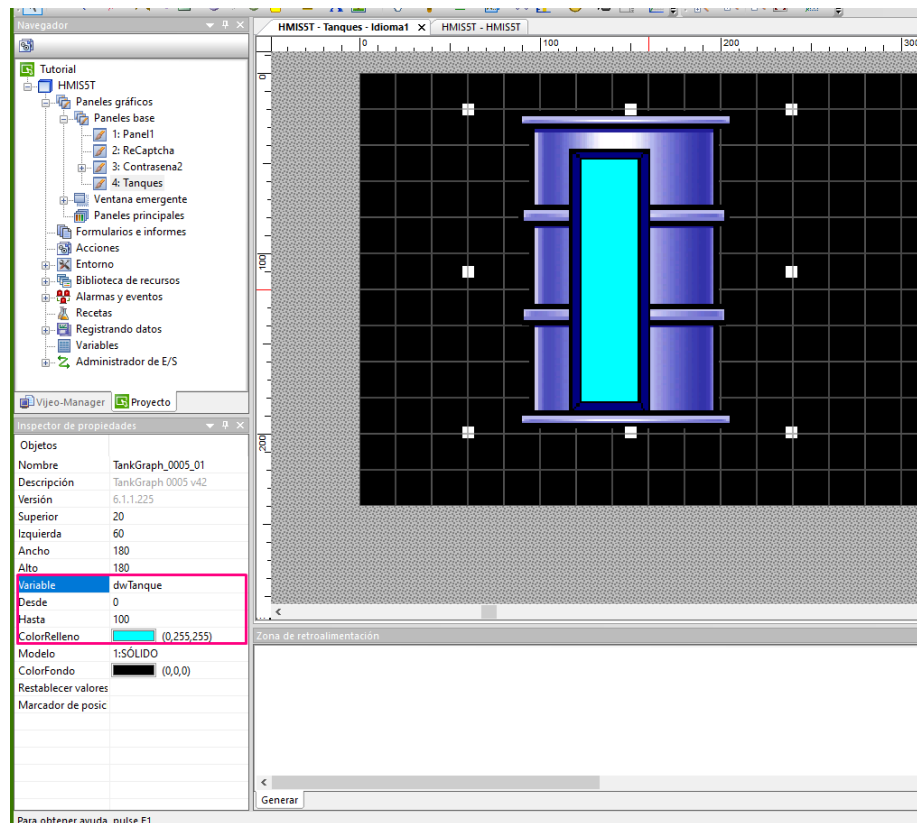


Ilustración 32. Gráfico de tanque en Vijeo Designer.

El ejemplo anterior muestra las propiedades de un gráfico de tanque. El llenado de este tanque (Color relleno azul cielo) variará según lo haga la variable `dwTanque` siendo 0 el valor mínimo (tanque vacío) y 100 el valor máximo (tanque lleno).

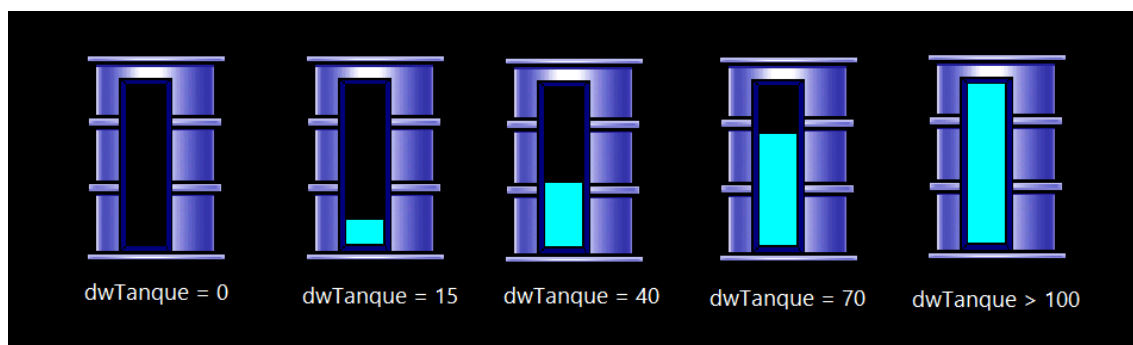


Ilustración 33. Dibujo del gráfico de tanque según el valor de la variable `dwTanque`.

Con tal de cargar la programación de la pantalla mediante Ethernet y de realizar la comunicación entre PLC y HMI se debe de crear una red Ethernet que comunique estos tres dispositivos (PC, PLC y HMI).

Para asignar una IP a la pantalla se debe de acceder al menú de configuración, para ello se debe clicar en dos esquinas opuestas de la HMI simultáneamente. Entonces aparecerá el siguiente menú:

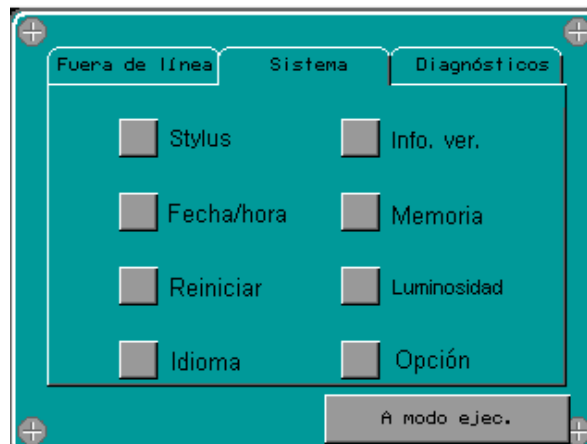


Ilustración 34. Configuración de pantalla HMI: Sistema.

Tras ello se debe cambiar de la pestaña "Sistema" a la pestaña "Fuera de línea", clicando en el botón correspondiente, y dirigirse al botón "Red".

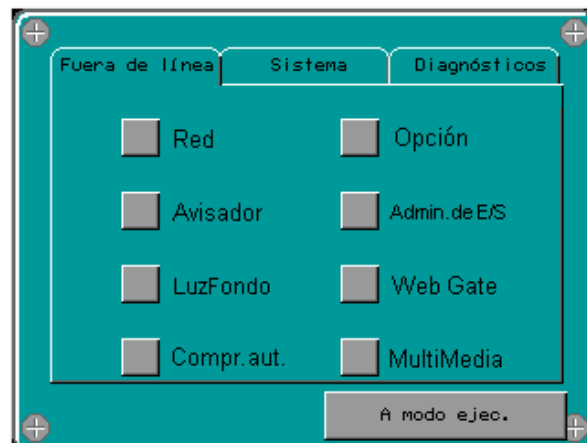


Ilustración 35. Configuración de la pantalla HMI: fuera de línea.

En este menú ya se puede configurar la dirección IP y la máscara de subred.

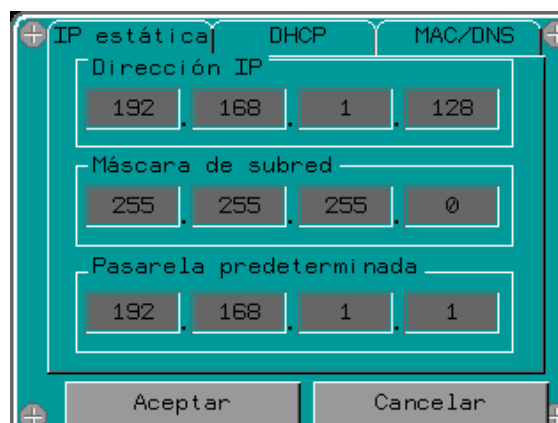


Ilustración 36. Configuración de la HMI: Cambio de IP

Una vez se ha establecido la IP y la máscara de subred se vuelve al modo ejecución para poder seguir utilizando el programa cargado, o cargar uno nuevo,

Para ello se debe acceder al menú de configuración de la pantalla, desde el PC, ir a configuración general y seleccionar que la descarga se haga por Ethernet definiendo la IP que se ha dado a la pantalla.

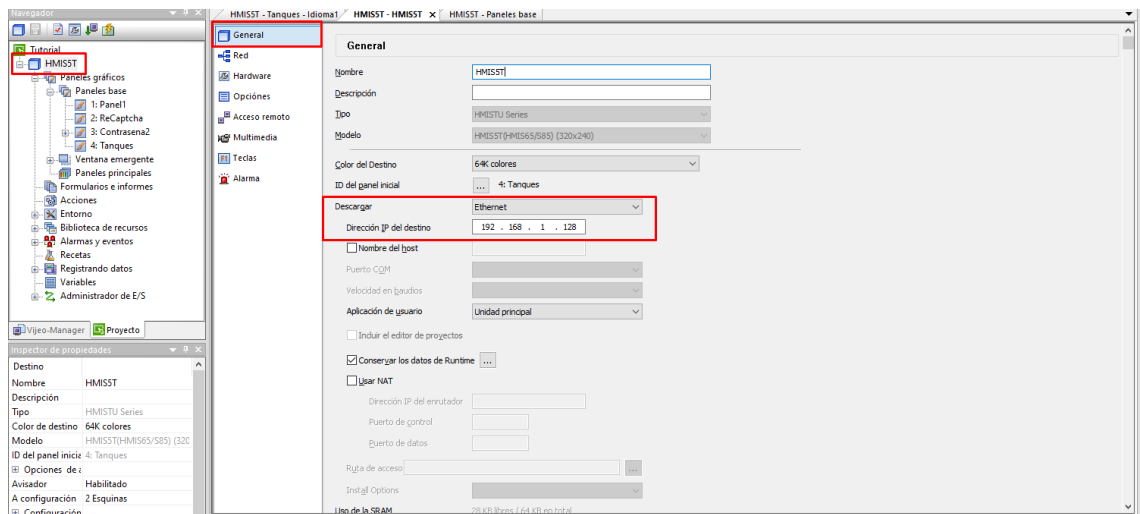


Ilustración 37. Establecer IP descarga por Ethernet

Y con tal de poder establecer las comunicaciones mediante PLC y HMI se debe definir la IP del destino y la máscara de subred, las cuáles deben de coincidir con las de la pantalla.

Finalmente, se debe especificar el nombre el nodo (PLC) con el que se desea realizar las comunicaciones.

5. Distribución actualizada de la asignatura

Al ser una asignatura de 3 créditos esta tiene una duración de 18 horas lectivas. El espacio reservado según el horario académico de la ETSE para el curso 2021-2022 es en el segundo cuatrimestre, viernes por la tarde de 15:00 h a 18:00 h.

Optatives GEEIIA: 2n semestre Curs 2021-22
Curso / Year

	DILLUNS Lunes Monday	DIMARTS Martes Tuesday	DIMECRES Miércoles Wednesday	DIJOUS Jueves Thursday	DIVENDRES Viernes Friday
8.00 8.50					
9.00 9.50					
15.00 15.50				Gestió de Potència del Vehicle Elèctric M1 A. 207	Perifèrics en Instal·lacions d'Automatització * L1 L. 107/ A. 210
16.00 16.50				Gestió de Potència * del Vehicle Elèctric P1 A. 207	
17.10 18.00	Introducció als Robots Mòbils * M1 L. 101				
18.10 19.00	Introducció als Robots Mòbils * L1 L. 101				
19.10 20.00				Gestió i Direcció de Projectes M1 A. 207	
20.10 21.00				Gestió i Direcció * de Projectes P2 A. 207	

Ilustración 38 Calendario académico del curso 2021-2022 publicado en la página web de la ETSE etse.urv.cat

Por estas razones se distribuiría la asignatura en seis sesiones, focalizando las primeras sesiones en transmitir el conocimiento a los alumnos sobre los diferentes elementos de la maqueta de prácticas, así como comprobar su nivel de entendimiento de cada uno de los conceptos, y las tres últimas sesiones en preparar un proyecto donde puedan demostrar lo aprendido y pongan en práctica con mayor libertad los conocimientos obtenidos.

Esta asignatura habitualmente se cursa en el mismo horario que la asignatura de Sistemas Embedded, pero este curso 2022 no se pudo realizar esta asignatura debido al bajo número de matriculados.

5.1. Cronología

El trabajo no requería solo de la preparación del contenido a explicar y de los documentos necesarios, sino que al no haber cursado la asignatura, también requería de todo ese trabajo previo de obtención de unos conocimientos con los que no se partía.

Puesto que la decisión del tema del TFG se realizó la primera semana de diciembre se tuvo tiempo de trabajar junto al tutor del TFG para obtener todos esos conocimientos que eran imprescindibles para transmitir a los estudiantes, además, se partía con una buena base de programación en PLC gracias a la asignatura de automatización que se estaba cursando.

En la siguiente tabla se muestra en tres columnas (preparación de las clases, sesiones de laboratorio y tareas evaluativas) el trabajo realizado semanalmente desde que se eligió tutor y tema hasta que se realizaron las presentaciones de los proyectos por parte del alumnado, por lo que se excluye la redacción de la presente memoria.

Tabla 6. Cronología desde la asignación del TFG hasta presentación de proyectos

	Preparación	Sesiones de laboratorio	Evaluación	
Semana del...	03-dic-21	Elección del tutor y del trabajo		
	10-dic-21			
	17-dic-21	Realización de la asignatura tal y como era en el curso anterior, documentación sobre la maqueta de prácticas y familiarización con los periféricos y el software a utilizar		
	24-dic-21			
	31-dic-21	Documentación sobre las metodologías y/o modelos pedagógicos a implementar y las herramientas a utilizar.		
	07-ene-22			
	14-ene-22	Extracción de los conocimientos a transmitir a los alumnos. Práctica en el laboratorio con el Software y la maqueta de prácticas		
	21-ene-22			
	28-ene-22	Preparación de vídeos de aula invertida de la primera sesión		
	04-feb-22			Definición de los criterios de evaluación
	11-feb-22	Elaboración del guion de prácticas de la primera sesión y pruebas en el laboratorio junto al tutor del TFG. Vídeos segunda sesión.		
	18-feb-22	Creación de los elementos necesarios para la gamificación en @MyClassGame y Kahoot!. Elaboración guion prácticas segunda sesión.	Sesión 1: Variador. Metodologías y/o modelos didácticos aplicadas/os: Aula invertida	
	25-feb-22	Pruebas en el laboratorio respecto a las prácticas de la sesión 2	Sesión de recuperación de sesión 1 para alumnos nuevos matriculados.	
	04-mar-22	Elaboración del documento informativo del proyecto a realizar	Sesión 2: PLC, HMI, Ethernet. Metodologías y/o modelos didácticos aplicadas/os: Aula invertida y Gamificación	Corrección de los estudios previos anteriores: Vídeos sesiones 1 y 2.
	11-mar-22	Recopilación de todo el material que los estudiantes pudieran necesitar consultar para el proyecto	Sesión 3: PLC, HMI, Ethernet. Metodologías y/o modelos didácticos aplicadas/os: Gamificación	Definición de los criterios de evaluación del proyecto
	18-mar-22		Sesiones 4, 5 y 6: Proyecto. Metodologías y/o modelos didácticos aplicadas/os: Aprendizaje basado en proyecto	
	25-mar-22			Definición de los criterios de evaluación de la presentación oral del proyecto, así como de la coevaluación por parte de los estudiantes.
01-abr-22				
08-abr-22	Adecuación del aula para las presentaciones	Sesión de presentación de proyectos	Evaluación de las presentaciones de los proyectos	
15-abr-22			Corrección de las memorias de proyecto	

Véase que la aplicación de estas metodologías y modelos didácticos en clase corresponde únicamente a una pequeña porción (18 h) de todo el trabajo necesario previa y posteriormente a las sesiones.

Durante 7 semanas y con una media de 8 horas por semanas se iba al laboratorio a trabajar sobre la maqueta de prácticas, con el soporte del tutor, para comprender el funcionamiento de los elementos que la integran y del software utilizado. Además se debía seleccionar y cribar los conocimientos clave que se pretendía transmitir a los alumnos.

Durante estas semanas también se realizó una investigación y selección de las metodologías y modelos pedagógicos a utilizar, así como de las herramientas que se utilizarían para dicha implementación. Finalmente se tuvo que decidir cómo estas metodologías y modelos pedagógicos encajaban con los conocimientos que se pretendía transmitir.

Los vídeos de aula invertida era otro elemento que se debía tener listo antes de comenzar las sesiones, estos requerían de: escritura del guion, elaboración del soporte visual, grabación, edición y selección de las preguntas a hacer. Por estas razones un vídeo de aula invertida que no supera los quince minutos llevaba más de 5 horas de trabajo.

La elaboración de los guiones de prácticas también llevaba de media unas 5 horas por guion, puesto que se debía tener en cuenta que se quería pedir a los alumnos y tras su elaboración era necesaria la realización de pruebas y reajustes en el laboratorio en cuanto a la dificultad y la duración.

5.2. Sesión 1: Variador

Para esta primera sesión se prepararán tres materiales obligatorios para los estudiantes.

Un guion de prácticas a realizar en el laboratorio y dos videos aplicando el modelo pedagógico de flipped classroom para que los estudiantes entren al laboratorio conociendo cómo funciona la asignatura, qué elementos componen la maqueta de prácticas, qué es un variador de velocidad y cómo funciona, cómo funciona un motor trifásico, leyes de control y características de las aplicaciones a par constante y par variable.

Al iniciar esta primera sesión se reservarán 20 minutos para poder realizar una introducción y para que alumnos y profesores se presenten.

Tras ello, y para poder aplicar el modelo pedagógico de aula invertida se reservarán 20 minutos para que los alumnos puedan plantear las dudas surgidas durante el visionado de los videos.

En caso de que no se animen a hacer preguntas se utilizará este tiempo para repasar los conceptos en los que los alumnos hayan tenido más dificultades, puesto que durante el visionado de los videos y utilizando la herramienta edPuzzle se podrá obtener las respuestas de los alumnos y, por tanto, el conocimiento en cada uno de los temas planteados.

Tras ello los estudiantes se pondrán a trabajar en grupos de dos personas, siguiendo un guion de prácticas elaborado dónde puedan poner en práctica los conocimientos teóricos obtenidos en los videos.

En el anexo 1 se puede encontrar el documento de prácticas del variador utilizado en esta sesión.

Este documento de prácticas cuenta de nueve prácticas que corresponden con los conocimientos clave y secundarios extraídos de este bloque cuando se realizó el análisis de la asignatura.

El índice de prácticas es el siguiente:

- Práctica 1: Retorno a los valores de fábrica
- Práctica 2: Datos del motor y autoajuste.
- Práctica 3: Rampas de aceleración y deceleración.
- Práctica 4: Límites de velocidad y frecuencias ocultas
- Práctica 5: Tipo de control 2 hilos / 3 hilos.
- Práctica 6: Frecuencia de corte.
- Práctica 7: Referencia de frecuencia desde el propio variador.
- Práctica 8: Conexión con el ordenador y parametrización del motor.
- Práctica 9: Introducción a la programación ATVLogic.

Las cinco primeras prácticas son de carácter obligatorio y son necesarias para que el alumnado ponga en práctica los conocimientos clave que deben de obtener de esta sesión.

Tras cada práctica se les planteará de forma individual una pregunta relacionada con el trabajo que acaban de hacer y no podrán continuar con las prácticas hasta que

no hayan contestado. En caso de fallar la pregunta se les dará más intentos, dependiendo del ritmo de la clase, para intentar que todos avancen a la vez.

Con tal de atender a la diversidad y para que todo el mundo llegue a la práctica de programación al mismo tiempo, ya que esta puede necesitar de una explicación magistral del profesor, se crean dos prácticas opcionales.

Las prácticas 6 y 7 no responden a los conocimientos clave extraídos de la asignatura, sino a los conocimientos con una prioridad secundaria, por lo que se utilizarán como recurso para igualar el ritmo de trabajo de cada grupo con el ritmo de trabajo de la clase.

Estas siete primeras prácticas están muy guiadas ya que se muestra utilizando los dibujos del manual de prácticas oficial de Schneider como realizar la configuración del motor. Aun así, puesto que en los ejemplos los parámetros del motor son diferentes del motor del que se dispone en el laboratorio, se puede comprobar si los alumnos realmente entienden lo que están haciendo y están leyendo la placa de características del motor, o se están limitando a copiar el ejemplo sin tener ni idea.

La práctica 8 consiste en aplicar los conocimientos de las prácticas anteriores, pero en vez de realizarlo de forma manual mediante la rueda del variador se realizará mediante el software SoMove, puesto que el variador utilizado se puede programar utilizando un ordenador.

Finalmente la práctica 9 propone a los estudiantes un reto, la programación de un programa en ATVLogic siguiendo unas especificaciones dadas. Esta práctica está diseñada para que los alumnos puedan trabajar de forma autónoma y para introducirles a superar retos, puesto que será clave para el resto de sesiones el ser capaces de cumplir especificaciones a través de su conocimiento, ideas e información recopilada.

Debido a la naturaleza de la práctica 9 también se utilizará para poder igualar el tiempo empleado entre los grupos ya que por su dificultad no se puede realizar rápidamente como las anteriores dónde el factor limitante para pasar a la siguiente práctica es contestar a la pregunta planteada por el docente.

5.3. Sesiones 2 y 3: PLC, HMI y comunicaciones

Para estas sesiones se prepararán otros tres materiales obligatorios y un tutorial para ser visualizado en clase.

El material obligatorio consiste en un guion de prácticas a realizar en el laboratorio y dos videos aplicando el modelo pedagógico de flipped classroom para que los estudiantes entren al laboratorio conociendo cómo funciona un PLC, los elementos necesarios para la programación en lenguaje de implementación ladder, tipos de redes, comunicaciones, direccionamiento IP, máscara de red y creación de red Ethernet.

Para poder aplicar el modelo pedagógico de aula invertida se reservarán 20 minutos para que los alumnos puedan plantear las dudas surgidas durante el visionado de los videos.

En caso de que no se animen a hacer preguntas se utilizará este tiempo para repasar los conceptos en los que los alumnos hayan tenido más dificultades, puesto que durante el visionado de los videos y utilizando la herramienta edPuzzle se podrá obtener las respuestas de los alumnos y, por tanto, el conocimiento en cada uno de los temas planteados.

Tras ello los estudiantes se pondrán a trabajar en grupos de dos personas, siguiendo un guion de prácticas elaborado dónde puedan poner en práctica los conocimientos teóricos obtenidos en los videos.

En esta sesión se aplica también la metodología de gamificación, es por eso que los estudiantes deben de haberse creado una cuenta en la herramienta de @MyClassGame antes de la sesión y, una vez se encuentran en el laboratorio simplemente tienen que acceder a su cuenta a través de la web.

Con tal de evitar tener que hacer un tutorial del funcionamiento de los programas en el laboratorio y así fomentar que cada grupo pueda trabajar a su ritmo sin que nadie se pierda en las explicaciones o retrase al grupo se prepara un videotutorial que estará a disposición de los alumnos mediante la plataforma YouTube.

El videotutorial tiene una duración de 27 minutos y 35 segundos (disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=MHusUIRRv3w>) y está dividido en capítulos, de forma que los estudiantes pueden clicar directamente en el apartado que les interese ver o repetir, sin necesidad de buscar el momento exacto del video dónde se explica ese contenido.

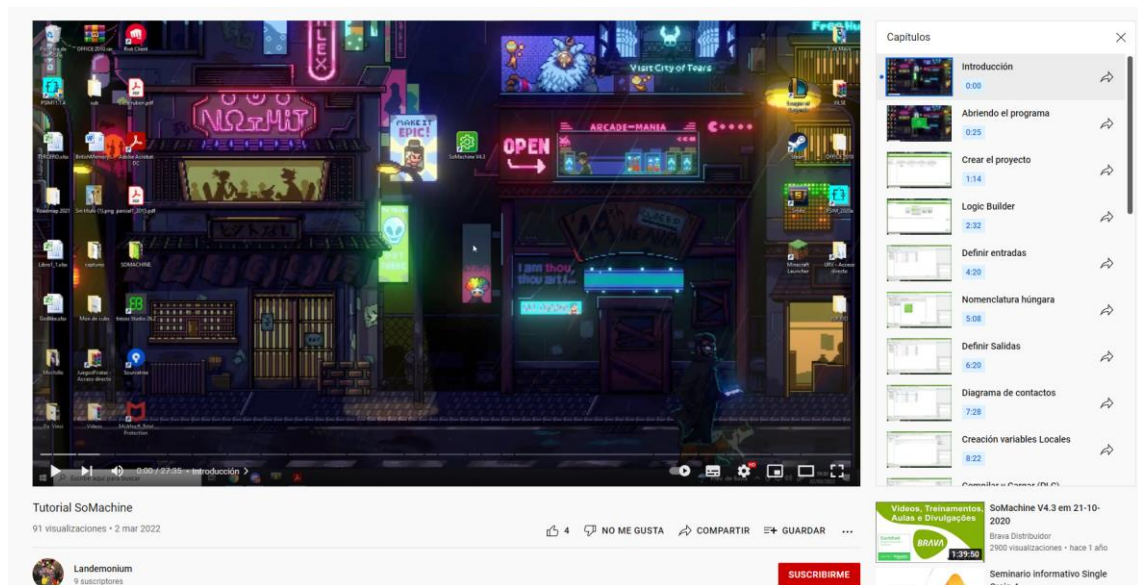


Ilustración 39. División en capítulos del videotutorial de SoMachine.

Los capítulos (conceptos) que se trabajan en este videotutorial son los siguientes:

- Crear un proyecto.
- Introducción al software SoMachine Logic Builder.
- Definir entradas físicas del PLC.
- Nomenclatura húngara y buenas prácticas de programación.
- Definir salidas físicas del PLC.
- Creación de un diagrama de contactos.
- Creación de variables locales.
- Compilar un programa y cargarlo sobre el PLC.
- Asignar una dirección IP al PLC para programación mediante Ethernet.
- Añadir un dispositivo, en este caso la pantalla HMI.
- Introducción al software SoMachine Vijeo Dessigner.
- Añadir objetos a un panel.
- Añadir funcionalidad a los objetos.

- Creación de variables globales en Logic Builder.
- Compartir variables globales entre Logic Builder y Vijeo Dessigner.
- Personalizar los objetos y ordenarlos.
- Recursos de la biblioteca de recursos de SoMachine.
- Añadir gráficos que cambian según las variables asignadas, tales como la fecha y la hora.
- Otras funciones de pulsación para los objetos
- Creación de varios paneles y sistema de navegación entre ellos.
- Configuración de Ethernet para la pantalla HMI.
- Cargar un programa en la pantalla HMI mediante Ethernet.

De esta forma los estudiantes pueden trabajar a su ritmo viendo el video en el laboratorio utilizando auriculares, los cuales se les pidió traer para esta sesión. Si existen dudas de los alumnos el profesor puede referenciar el video para solucionarlas, en caso de que haya varias manos levantadas esto permite atender a más alumnos en menos tiempo.

Tal y como se detalla en el apartado 7.2 las prácticas de esta sesión están agrupadas en seis grupos y en nivel ascendente de dificultad.

Las prácticas están diseñadas de forma que la recompensa sea proporcional al tiempo invertido estimado, por lo que cada ★ equivale a diez minutos de tiempo invertido.

El primer grupo de prácticas "Prácticas 0★" consiste en dar la orden de giro al motor utilizando el PLC, es decir, mediante el simulador de entradas digitales se simula un panel de operario desde el cual un operario puede decidir el sentido de giro del motor y un pulsador de marcha.

Se les ofrece cuatro formas de realizar esta práctica: control 2 hilos sin paro de emergencia, control 3 hilos sin paro de emergencia, control 2 hilos con paro de emergencia y control 3 hilos con paro de emergencia. Por cada una los estudiantes reciben 1★ lo que implica que en este primer grupo de prácticas se pueden obtener hasta 4★.

El segundo grupo de prácticas "Prácticas 3★" propone a los estudiantes realizar la programación de un ascensor industrial, de esta manera se introduce el concepto de sensores y temporizadores a los estudiantes que no han cursado automatización previamente. Este grupo de prácticas requiere de una explicación magistral del docente sobre sensores, así como la resolución de un ejemplo de binodal en la pizarra.

Las prácticas que componen este grupo son dos: la realización de un ascensor con un botón con dos plantas y un sensor de final de carrera en cada planta y un único botón de marcha (Otorga 2★ si se realiza sin paro de emergencia y otras 2★ adicionales si se añade la parada de emergencia) y la simulación de un ascensor sin sensores de finales de carrera, mediante la utilización de temporizadores y un único botón de marcha. Esta segunda práctica introduce a los estudiantes el concepto de temporizadores así como la utilización de variables para poder guardar el valor de la planta dónde se encuentra el ascensor (Otorga 2★ si se realiza sin paro de emergencia y otras 3★ adicionales si se añade la parada de emergencia).

El tercer grupo de prácticas "Prácticas 10★" introduce la programación de la pantalla HMI de una forma muy sencilla, se pide realizar un panel de operario para mover el motor similar al de las primeras prácticas, pero utilizando la pantalla en vez del simulador de entradas digitales (2★), realizar un ascensor con finales de carrera como el apartado anterior pero utilizando la pantalla HMI como entrada en vez del

simulador de entradas digitales (2★) y visualizar y modificar una variable numérica por pantalla (2★). La programación del PLC en estos casos es sencilla, puesto que los estudiantes ya han tenido que realizarla en los apartados anteriores, este grupo de prácticas se centra únicamente en la programación de la pantalla y en la creación de una red Ethernet.

Este grupo de prácticas es el que más tiempo toma, no por la dificultad del bloque sino porque la creación de la red Ethernet y los problemas causados por la realidad industrial afloran en este momento.

El penúltimo grupo de prácticas "Prácticas 15★" consiste en realizar conjuntamente la programación del PLC y de la pantalla HMI. El principal objetivo de estas prácticas es que los alumnos piensen en formas de añadir protecciones para evitar que el programa actúe incorrectamente cuando se pulsan botones de la pantalla mientras está ejecutando.

Las prácticas de este grupo consisten en añadir una tercera planta al ascensor de dos plantas con finales de carrera (3★ de recompensa), y realizar una puerta de seguridad automática que pare de cerrarse si se detecta un cuerpo en el camino y vuelva a abrirse completamente (3★ de recompensa).

El último grupo de prácticas "Prácticas 20★" propone un reto a los alumnos tanto en la programación de la pantalla HMI como en la implementación del programa en lenguaje ladder del PLC.

Consiste de dos prácticas, cada una con una duración estimada de 50 minutos, es decir, una recompensa de 5★.

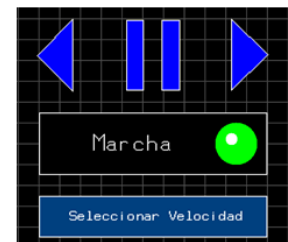
La primera de estas prácticas consiste en crear un panel de operario para el motor que permita decidir no solo el sentido de giro sino también la velocidad a la que gira.

En la siguiente imagen se muestran las especificaciones de esta práctica tal y como se le dieron a los alumnos:

Crea una interfaz sencilla que permita configurar el sentido de giro del motor y la velocidad de este. Además consistirá de dos paneles separados.

-Panel 1:

- Tendrá el selector de la dirección de giro del motor, al igual que un botón para pararlo, similar al panel de control creado en el apartado "Panel de control mediante HMI".
- Un indicador (verde/rojo) que indicará si el motor está en marcha o no.
- Un botón para cambiar al panel del selector de velocidades.



-Panel 2:

- Tendrá tres botones con velocidades preestablecidas.
- Un botón para elegir la velocidad que llega por la referencia de la entrada AI1 del variador.
- Un botón para cambiar al panel de mandos.



Ilustración 40. Especificaciones de la práctica de selector de velocidades.

Esta práctica propone tres grandes retos a los estudiantes: en primer lugar la creación de varios paneles y un menú de navegación propios, en segundo lugar el

hecho de mostrar el estado de una variable en pantalla mediante un código de colores (piloto de marcha) y, en tercer lugar, la reconfiguración del variador para cambiar las frecuencias de las velocidades preseleccionadas, de forma que utilizando las entradas del variador DI3 y DI4 (salidas Q6 y Q7 del PLC) y un control 2 hilos se puedan cumplir las especificaciones de velocidad.

La siguiente práctica de este grupo de prácticas consiste en la simulación de un proceso, en este caso el estado de un tanque de agua que se llena mediante una bomba y se vacía por el consumo.

Las especificaciones de esta práctica tales como se le dieron a los estudiantes son las siguientes:

Crea una interfaz sencilla que permita visualizar el estado de un tanque de agua.

El tanque dispone de 4 sensores (S0, S1, S2 y S3) que permiten conocer el llenado del tanque.

Nota: Si el tanque está lleno a la mitad de su capacidad estarán activos S0 y S1 simultáneamente y no estarán activos S2 y S3.

Al pulsar el botón de llenar el motor bombeará agua hasta que haya un nivel alto en el sensor S3, en ese instante parará. El operario también puede parar el bombeo en cualquier momento pulsando el botón "Parar".

Cuando se detecte un nivel bajo en S0 el motor bombeará agua automáticamente hasta llenarse o una pulsación de "Parar".

En el gráfico del tanque se verá a tiempo real el nivel de agua según el nivel de los sensores.

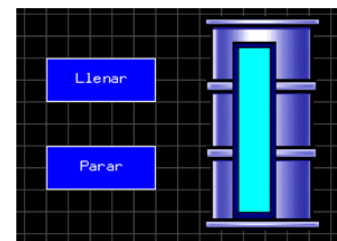
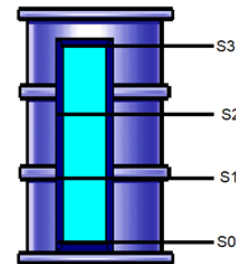


Ilustración 41. Especificaciones de la práctica de simulación de proceso.

El objetivo de esta práctica es introducir la biblioteca de recursos que incorpora el software de SoMachine Vijeo Dessigner, en este caso, el gráfico de un tanque de agua que permite visualizar el llenado de este al asociarle una variable numérica.

El principal reto de esta práctica es modificar una variable entera, y no booleana, a través de los cuatro sensores conectados al PLC y poder observar el estado de esta variable de forma gráfica.

5.4. Sesiones 4, 5 y 6: Proyectos.

En estas sesiones se desarrolla el aprendizaje basado en proyectos, de forma que el docente queda descargado de trabajo ya que actúa como un mentor o facilitador de la información, mientras los alumnos son los que ponen solución a un problema o reto planteado a partir de la documentación facilitada por el docente y de sus búsquedas en la red.

Los requisitos mínimos del proyecto eran lo suficientemente permisivos como para facilitar la variedad en los proyectos.

Con tal de llevar el seguimiento de los alumnos el docente se reunirá un mínimo de dos veces por sesión (al inicio y al final) para valorar cuales son los objetivos de los alumnos para esa sesión y su nivel de cumplimiento de estos, así como el porcentaje de proyecto realizado.

Los alumnos deben de poder demostrar el trabajo realizado en el laboratorio durante las 9 horas de proyecto y las 9 horas de introducción mediante la entrega de una memoria de proyecto y una presentación pública y demostración del funcionamiento ante sus compañeros.

En la memoria se debe incluir una descripción de las especificaciones del proyecto, la implementación del programa con explicaciones y la forma en la que han resuelto los fallos y también una explicación de los paneles gráficos y otras parafernalias incorporadas.

También se debe incluir un apartado dónde se introduzcan los elementos de la maqueta de prácticas utilizados, así como la conexión y comunicaciones de los equipos. En este apartado se pretende que los alumnos demuestren lo aprendido teóricamente en los estudios previos y ampliado durante las sesiones de laboratorio y la realización del proyecto.

Tras la realización del proyecto los estudiantes debían realizar una exposición de su trabajo antes los compañeros, así como una demostración de su proyecto. Los compañeros debían a su vez coevaluar el trabajo de los compañeros mediante la rúbrica del anexo 4.

Para la realización de estas presentaciones se debía desplazar el puesto de trabajo más cercano a la pizarra y rotarlo 90 ° en sentido antihorario, de forma que se colocara de cara a los alumnos (a su izquierda), es decir, en la zona roja de la imagen.



Ilustración 42. Disposición del laboratorio 107.

De esta forma los alumnos podían girar sus sillas de cara a la pizarra para observar a los compañeros y es el grupo que presenta el que debe desplazarse al puesto de trabajo habilitado para las presentaciones y cargar su programa y configuración del variador de frecuencia mediante el software utilizado durante la asignatura.

La disposición esquemática del aula, por tanto, sería la siguiente:

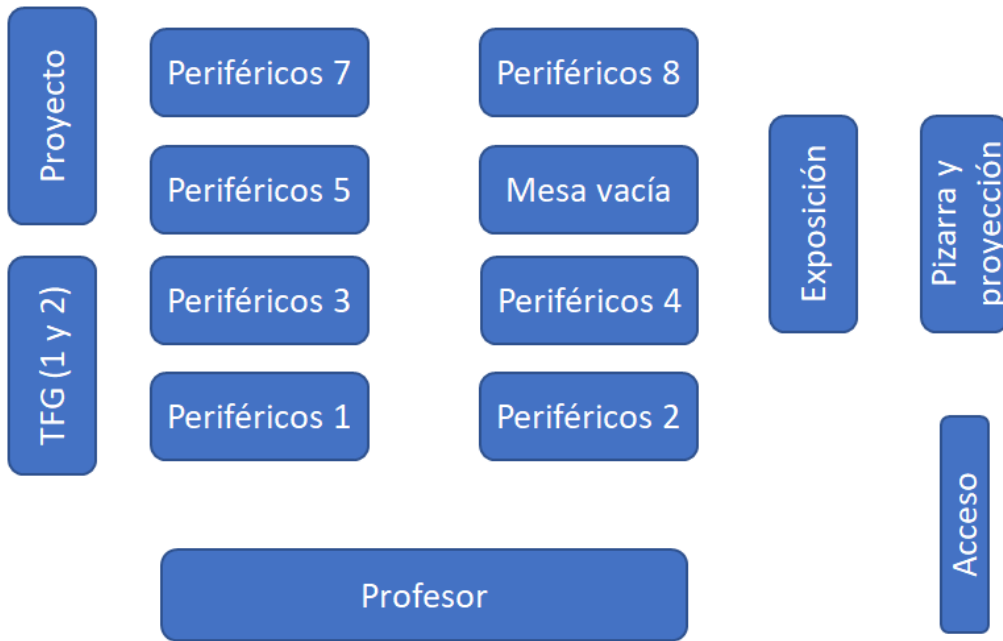


Ilustración 43. Disposición del aula durante la exposición de proyectos.

6. Selección de las metodologías o modelos pedagógicos.

En el siguiente apartado se detallarán las metodologías o modelos pedagógicos que se pretenden aplicar junto a su descripción y justificación.

6.1. Aula invertida o “Flipped Classroom”

El aula invertida es un modelo pedagógico ideado por Aaron Sams y Jonathan Bergmann en el año 2007 (ver referencia bibliográfica [12]) y consiste en enviar fuera del aula algunos contenidos, de forma que al llegar al aula se aclaran las dudas, se realizan ejercicios prácticos para relacionar y reforzar conceptos.

Probablemente el mayor aporte de esta innovación pedagógica es que permite dar una educación personalizada y diseñada a medida para cada estudiante, pudiendo atender a sus necesidades individuales (ver referencia bibliográfica [13]).

Según los creadores de este modelo: “en el enfoque tradicional se da por hecho que los alumnos y las alumnas vienen a clase preparados para aprender y a algunos les falta toda la formación previa adecuada para comprender el material”.

Por otra parte, Salman Khan (ver referencia bibliográfica [14]), el fundador de Khan Academy (una organización educativa sin ánimo de lucro que da acceso a más de decenas de miles de videos de lecciones a través de sus canales de YouTube en diversos idiomas) apuesta también por un cambio de modelo tanto para escuelas y universidades, basándose en el éxito de sus videos en línea.

Khan propone que los alumnos aprendan la teoría de forma individual en casa, con la ayuda de vídeos cortos, de, aproximadamente, diez minutos de duración, ya sean grabados por el profesor o de su academia online.

De esta forma en cada video se va exponiendo pequeñas porciones del temario curricular, así el estudiante puede seguir su propio ritmo de aprendizaje, retrocediendo o pausando el video

La principal ventaja de este modelo pedagógico es el hecho que permite ahorrar tiempo de las sesiones con conocimientos teóricos y pasar directamente a la práctica, puesto que la teoría la pueden adquirir en casa (ver referencia bibliográfica [15]).

El punto más débil es la falta de feedback directo por parte de los alumnos al recibir la teoría, al igual que un retraso entre el momento en el que al estudiante se le plantea una duda hasta que recibe la respuesta del profesor. También está el hecho de que se tiene que garantizar que el estudiante ha visualizado el video en su totalidad antes de la clase práctica.

Debido a estas razones es importante utilizar este modelo pedagógico junto a un tiempo reservado para dudas al principio de cada sesión, de la misma forma que el contenido de los videos con los que se realizará el aula invertida deben de ser suficientemente independientes el uno del otro, de forma que si el alumno no acaba de entender algún concepto no pierda por completo el hilo del resto del temario.

Este modelo pedagógico se utilizará con los siguientes objetivos:

- Conocer la maqueta de prácticas
- Explicar los conceptos básicos de la asignatura de automatización, que se deberían tener previos a la asignatura.
- Explicación de funcionamiento del variador y del motor.
- Explicación del funcionamiento del PLC así como estrategias de programación.
- Introducción a las comunicaciones y las redes Ethernet.

6.2. Gamificación

La gamificación o ludificación es la aplicación de los elementos del diseño de un juego y los principios propios de los juegos en un contexto diferente al de los juegos.

También puede ser definido como un conjunto de actividades y procesos para solucionar problemas utilizando o aplicando las características de los elementos del juego.

Los elementos de juego más comunes según la web Gamify (ver referencia bibliográfica [16]) son:

- Puntos: El sistema de puntos es un identificador visual de progreso Se utiliza en deportes, tarjetas de fidelidad, videojuegos...
- Medallas: Representan logros conseguidos, se utiliza normalmente combinado con el sistema de puntos para demostrar que se han superado ciertas metas.
- Tabla de clasificación: Fomenta la competitividad entre los participantes. Se utiliza en deportes, equipos de ventas... y en la vida en general para fomentar una sana rivalidad que pueda hacer mejorar y motivar a todas las partes.+
- Misiones o retos: Los elementos anteriores no podrían existir sin una razón de ser otorgados. Una misión o reto es una dificultad a ser superada, en solitario o en grupo, a cambio de una recompensa.

Aunque la gamificación lleva presente en la sociedad desde tiempo atrás es en estos últimos años cuándo se ha visto una aplicación más directa mediante tarjetas de fidelidad, obtención de logros al completar acciones en una web tales como introducir tu correo, número de teléfono... o en la educación.

La gamificación aplicada al ámbito educativo-profesional se utiliza para conseguir mejores resultados de los alumnos, ya que pretende que estos puedan absorber conocimientos, mejorar alguna habilidad y obtener recompensas (ver referencia bibliográfica [17]).

Según el blog y podcast "Educación 3.0" (ver referencia bibliográfica [18]) una de las claves principales para aplicar la gamificación es que los alumnos tengan completamente asimiladas las dinámicas de juego que se llevarán a cabo, ya que todas ellas tienen por objeto implicar al alumno a jugar y seguir adelante en la consecución de sus objetivos.

En función de la dinámica que se persiga el profesor deberá explotar más unas u otras. Por ejemplo si el docente busca despertar el interés en el alumno por el contenido del juego se debe de focalizar en el elemento de juego de las recompensas. Si por la contra se busca atraer el interés sobre la actividad se debe potenciar la mecánica de la competición que, aunque a veces esta no sea vista como una cualidad positiva, es sin duda un buen instrumento en el ámbito educativo.

Según explica el docente Ismael Gómez Gutiérrez en su blog (ver referencia bibliográfica [19]), él combina la competitividad con el trabajo en grupo, para que a la vez que fomenta el interés por la actividad debido al competitivismo también fomenta el cooperativismo al hacer trabajar a los alumnos en grupos.

6.3. Aprendizaje basado en proyectos

El aprendizaje basado en proyectos, o ABP para abreviar, es un modelo de aprendizaje que se fundamenta en la creación de un proyecto que ponga solución a un problema de la vida real o en algo cotidiano y se elabora por grupos de alumnos.

Según Ingrid Mosquera, profesora en la Universidad Internacional de la Rioja (ver referencia bibliográfica [20]), el tema a investigar por los estudiantes puede ser escogido por el docente, pero lo más recomendable es dejar varias opciones planteadas o establecer unos requisitos mínimos y que sean los propios alumnos los que elijan según sus intereses.

En esta metodología el docente asume un rol de guía y observador, dando espacio a los alumnos para que de forma autónoma encuentren las soluciones al reto planteado, ya sea gracias a la documentación facilitada por el docente, utilizando internet o mediante la combinación de ambas.

Generalmente, los alumnos trabajan de forma grupal, de esta forma pueden integrar otras metodologías complementarias y competencias, tales como el aprendizaje colaborativo o cooperativo y el soporte tecnológico como acceso a la información.

Mosquera destaca una amplia diversidad de ventajas en el aprendizaje basado en proyectos tales como la capacidad de trabajo en grupo, la capacidad organizativa y la gestión del tiempo, competencia digital, autonomía, atención a la diversidad, capacidad de reflexión, etcétera.

Según Fernando Trujillo (ver referencia bibliográfica [21]), la evaluación juega un papel extremadamente fundamental en un aprendizaje basado en proyectos. Según él hay que replantearse los mecanismos de evaluación tradicionales y adoptar estrategias de evaluación alternativas para poder diseñar una estrategia de evaluación global para el proyecto de aprendizaje.

Si lo que se desea valorar es únicamente los conceptos teóricos que han podido obtener durante el desarrollo del proyecto o mediante una instrucción directa por parte del docente mientras lo desarrollaban la evaluación mediante un examen escrito clásico es lo más común, pero de esta forma solo se valora la capacidad del estudiante para memorizar los contenidos y ninguna otra de las competencias obtenidas durante un ABP.

Trujillo expone que si se tiene intención de valorar cómo se aprende y qué se aprende durante el desarrollo del proyecto y al finalizar el proyecto se deben buscar mecanismos de evaluación alternativos, más allá de las herramientas convencionales, puesto que una enseñanza alternativa requiere de una evaluación alternativa.

Para un aprendizaje basado en proyectos se necesita una evaluación que se centre tanto en el proceso como en el resultado del aprendizaje, es decir una evaluación continua. Además de una evaluación variada que recoja una variedad de datos y opiniones, no solo cuantitativa y cualitativa.

Por estas razones se recomienda observar y valorar el proceso de aprendizaje del alumno, así como el trabajo autónomo durante el desarrollo del proceso y también valorar el resultado final mediante, por ejemplo, una presentación del proyecto en frente del resto de la clase.

La puesta en común de los proyectos, cuando estos son variados, es una forma positiva de poner en común lo trabajado y que los alumnos puedan extraer conocimiento del trabajo de sus compañeros, aprendiendo de temas que quizás desconocían y pudiendo plantear sus preguntas y dudas a los compañeros, los cuales deberían de ser capaces de contestar después de haber trabajado en el proyecto.

Al poner en común los proyectos también es posible realizar una coevaluación de este, de forma que los compañeros sean los que valoren el proyecto y la presentación de sus compañeros a través de unas rúbricas facilitadas por el docente.

7. Herramientas utilizadas para la aplicación de las metodologías y modelos pedagógicos

Para poder implementar las diferentes metodologías y los modelos pedagógicos en el aula fue indispensable la selección de las herramientas adecuadas.

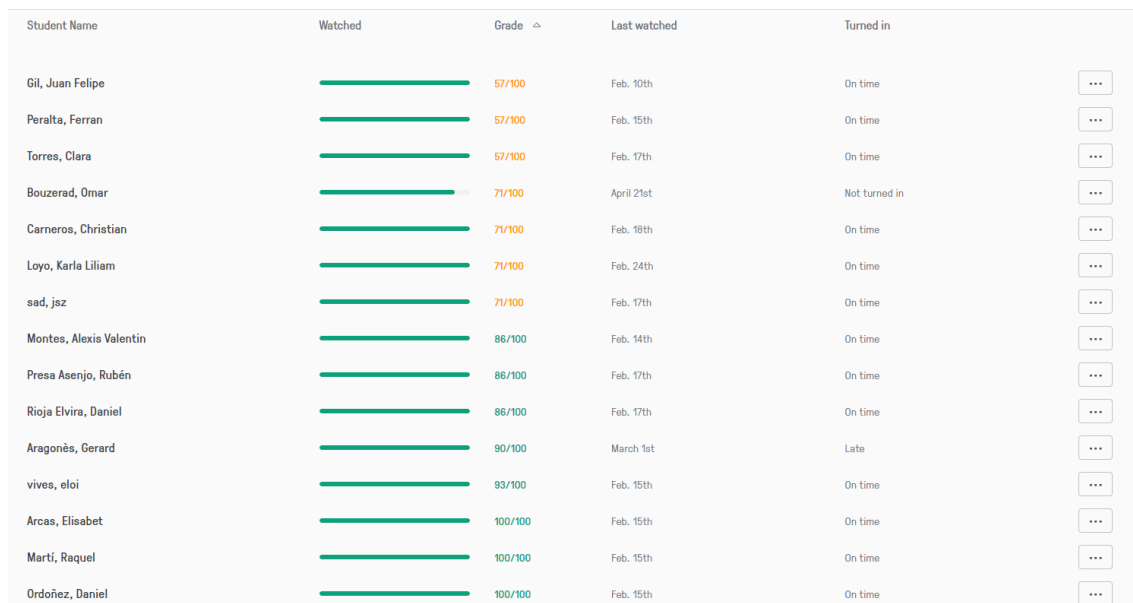
Se optó por utilizar herramientas que fueran intuitivas, gratuitas (o con versión gratuita) y que pudieran ser utilizadas sin la necesidad de más elementos que de los disponibles en clase.

7.1. Aula invertida

Para la aplicación de este modelo pedagógico se utilizó la herramienta en línea gratuita "edPuzzle" la cual permite aplicar este modelo pedagógico con facilidad.

Esta herramienta permite alojar videos en sus servidores y añadirles preguntas que aparecerán como ventanas emergentes mientras se reproduce el video, de esta forma se puede evaluar si los estudiantes están comprendiendo el contenido mostrado.

También permite asignar los videos por clase o a alumnos específicos, en el panel de profesor, además, se muestra cuánto porcentaje del video ha visionado cada alumno, de forma que se puede llevar un control individualizado y, a través del porcentaje de visionado y las respuestas a las preguntas observar si cada alumno parte con el conocimiento necesario y/o lo ha podido adquirir durante el video.



Student Name	Watched	Grade	Last watched	Turned in
Gil, Juan Felipe	<div style="width: 57%;"></div>	57/100	Feb. 10th	On time
Peralta, Ferran	<div style="width: 57%;"></div>	57/100	Feb. 15th	On time
Torres, Clara	<div style="width: 57%;"></div>	57/100	Feb. 17th	On time
Bouzerad, Omar	<div style="width: 71%;"></div>	71/100	April 21st	Not turned in
Carneros, Christian	<div style="width: 71%;"></div>	71/100	Feb. 18th	On time
Loyo, Karla Liliam	<div style="width: 71%;"></div>	71/100	Feb. 24th	On time
sad, jsz	<div style="width: 71%;"></div>	71/100	Feb. 17th	On time
Montes, Alexis Valentin	<div style="width: 86%;"></div>	86/100	Feb. 14th	On time
Presa Asenjo, Rubén	<div style="width: 86%;"></div>	86/100	Feb. 17th	On time
Rioja Elvira, Daniel	<div style="width: 86%;"></div>	86/100	Feb. 17th	On time
Aragonès, Gerard	<div style="width: 90%;"></div>	90/100	March 1st	Late
vives, eloi	<div style="width: 93%;"></div>	93/100	Feb. 15th	On time
Arcas, Elisabet	<div style="width: 100%;"></div>	100/100	Feb. 15th	On time
Martí, Raquel	<div style="width: 100%;"></div>	100/100	Feb. 15th	On time
Ordoñez, Daniel	<div style="width: 100%;"></div>	100/100	Feb. 15th	On time

Ilustración 44: Panel de administrador de la clase de periféricos 2022 en edpuzzle.com

En la imagen anterior se muestra cómo es el panel de administrador de la página web de edPuzzle, en esta se puede observar también la nota (sin ponderar) que obtienen los alumnos a las preguntas, y la fecha de visionado. Además, asignándole una fecha de fin se puede ver si han visionado el video a tiempo o tarde.

Adicionalmente, también existe un panel de administrador individual para visualizar la respuesta al video de cada estudiante.

En este no sólo se puede observar las respuestas a las preguntas sino también que partes del video que ha tenido que repetir (retrocediendo el video) porque no ha entendido suficientemente bien.

En la siguiente imagen se ve un ejemplo:

TFG1_Motores_Y_Variacion

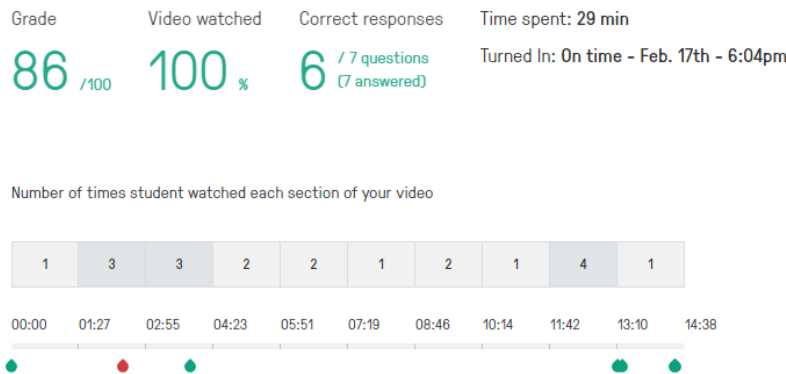


Ilustración 45 Panel de administrador para un estudiante en edpuzzle.com

En la imagen anterior se puede observar que el estudiante requirió de 29 minutos para desarrollar esta actividad (la duración del video era de 14 minutos y 28 segundos).

Este tiempo extra se debe a tener el video pausado mientras el estudiante realiza otra acción o al repetir partes del video.

Por ejemplo, se ve como el estudiante necesitó repetir dos veces (en total visualizar tres veces) el segmento comprendido entre el minuto 1:27 del video y el minuto 2:55, lo que significa que este alumno no comprendió rápidamente el principio de funcionamiento de un motor asíncrono, pero gracias a la tercera pregunta del vídeo (gota verde comprendida entre 2:55 y 4:23) se comprueba que tras revisualizar el fragmento lo ha logrado comprender, puesto que ha contestado correctamente a dicha pregunta.

Existen dos tipos de pregunta que se pueden asignar:

- Tipo test (ya sea selección simple o selección múltiple)
- Respuesta abierta (ya sea mediante texto o grabación de audio).

¿A qué expresión hace referencia el siguiente diagrama de contactos?

Ordoñez, Daniel

A

B

C

D

100 of 100

Comment

Escribe **TODAS** las combinaciones de "a" "b" "c" y "d" que garantizan un nivel bajo en la salida Q4

Ordoñez, Daniel

tenemos tres posibilidades, siguiendo el orden ABCD serian las siguientes: - 0110, para activar la parte superior de la línea. - 0000, para activar la parte inferior de la línea. - 1000, para activar la parte inferior de la línea. Tenemos dos casos para activar la parte inferior de la línea ya que la entrada A es indiferente, puede ser 0 o 1. Además, D debe ser siempre 0 para poder activar la línea y que Q4 reciba corriente y así al ser una bobina regada, Q4 tener una salida de nivel bajo.

100 of 100

Comment

Ilustración 46 Ejemplo de los dos tipos de preguntas, junto a las respuestas de un estudiante.

En la imagen anterior se observan los dos tipos de preguntas que existen en esta herramienta.

Las preguntas tipo test se corrigen automáticamente, pero el profesor puede cambiar la nota si así lo desea.

Por el contrario, las preguntas de respuesta abierta o libre deben de ser revisadas manualmente antes de asignar una nota.

Con tal de grabar los videos que después serían alojados se utilizó la herramienta disponible en las tarjetas gráficas de NVIDIA de "GeForce Experience". Esta herramienta permite acceder en cualquier momento a la siguiente pantalla pulsando "alt + Z"



Ilustración 47. GeForce Experience.

Mediante el uso de esta herramienta se podía iniciar o finalizar una grabación a voluntad de vídeo y audio del micrófono seleccionado, en este caso el micrófono de los auriculares Logitech G432.

Además, esta herramienta permite también realizar lo que se conoce como una repetición instantánea, es decir, grabar lo que ha pasado en los anteriores X minutos (tanto vídeo como audio captado, donde X es configurable entre 15 segundos y 20 minutos). Aunque esta herramienta está pensada para grabar un "mejor momento" o una "buena jugada" en un videojuego, fue de gran utilidad para evitar tener que grabar muchas tomas y luego eliminarlas puesto que se procedía de la siguiente manera:

Se realizaba una toma sin grabar con lo que se quisiera explicar y si, al terminar, el resultado había sido satisfactorio se grababan los últimos 5 minutos de lo acontecido mediante la "repetición instantánea" (atajo de teclado: alt + f10). Si el resultado era malo se volvía a empezar, sin necesidad de parar la grabación y borrar el archivo, puesto que no se estaba guardando nada. A veces no era necesario llegar al final de la toma para dar el resultado como insatisfactorio, lo que hacía que aún se ahorrara más tiempo y memoria.

Para la edición de vídeo se utilizó el software "DaVinci Resolve 16" el cual permitía cortar, editar y unir las diferentes tomas buenas (generalmente entre 5 y 10 por vídeo).

La ventana de corte de clips del programa tiene el siguiente aspecto:

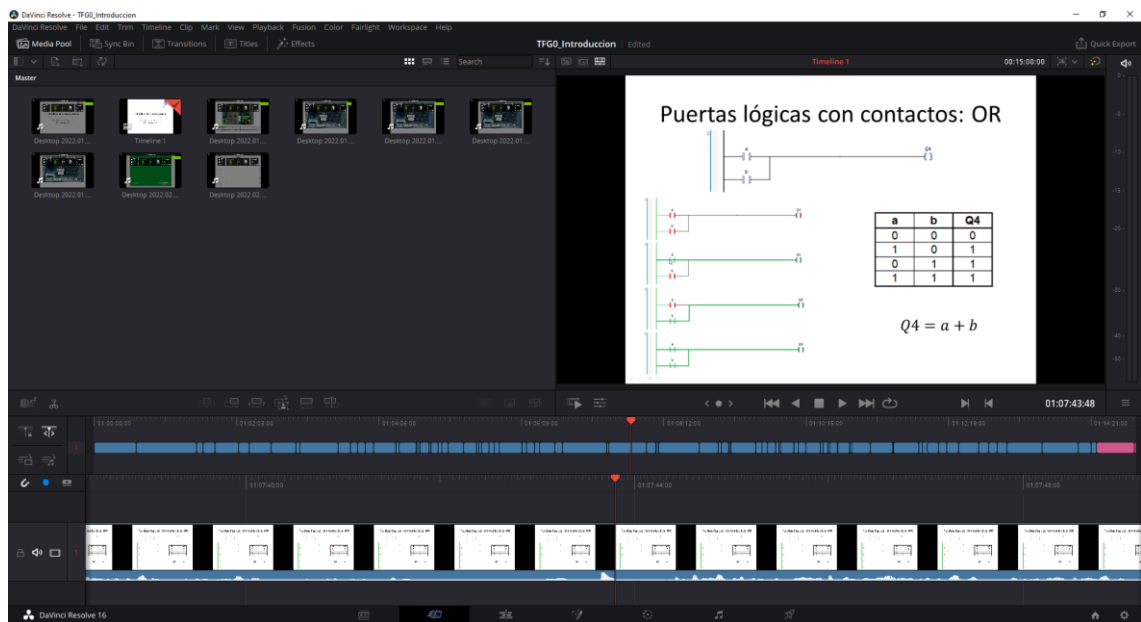


Ilustración 48. DaVinci Resolve: ventana de corte.

En la ventana superior izquierda se ven los clips de vídeo que se están editando y que unidos formaran el vídeo final, en este caso eran 9 tomas buenas diferentes. En la parte derecha la previsualización y en la parte inferior, un azul, un resumen de los cortes realizados y debajo del todo la línea de tiempo tanto del clip de vídeo como de audio con más detalle.

Nótese también que aunque el resultado final fuera la combinación de 9 tomas buenas (e incontables tomas falsas) cada vídeo contenía hasta 50 cortes en 15 minutos, tal y como se muestra en la siguiente imagen:

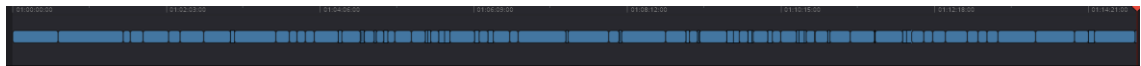


Ilustración 49. DaVinci Resolve: Cortes en un vídeo.

Estos cortes eran debidos a momentos de silencio, de beber agua, de tragar saliva, etc.

Se decidió eliminar estos momentos con tal de dejar un resultado más condensado y limpio para los estudiantes, ya que se podía permitir este lujo puesto que era una clase en diferido y no en directo.

Este software, por otra parte, también permite editar las pistas de audio, tal y como se enseña en la siguiente imagen:

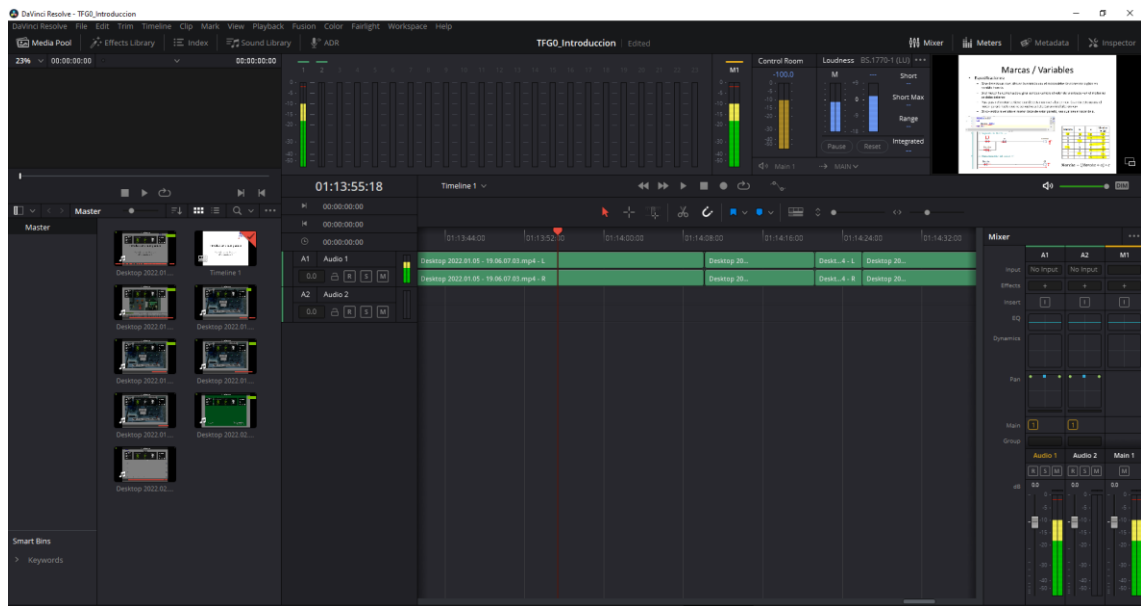


Ilustración 50. DaVinci Resolve: Edición de audio.

Se utilizó la función de edición de audio para editar las pistas de audio, ya que se pretendía en todo momento que los vídeos se pudieran escuchar y ver bien, así que se trabajó en estos dos aspectos.

El programa de grabación grababa a full HD (1080p 60 fps) pero el micrófono utilizado no era profesional, sino el integrado en unos auriculares de gama media. Bajando la ganancia del micrófono al máximo se consiguió un efecto parecido al de un estudio de grabación, pero el volumen variaba demasiado de un segundo a otro debido a ese factor.

Mediante una normalización de la onda de audio y la aplicación de un filtro antipop se solventó este problema y se consiguió un resultado más que satisfactorio.

7.2. Gamificación

Para la aplicación de esta estrategia se utilizarán dos herramientas: @MyClassGame y Kahoot!

@MyClassGame es una herramienta creada por Juan Torres Mancheño (ver referencia bibliográfica [22]), un ingeniero de telecomunicaciones y profesor técnico de FP de la especialidad de Sistemas y Aplicaciones Informáticas.

En 2017 este ingeniero creó la herramienta digital @MyClassGame ya que el resto de herramientas online que encontraba para aplicar la gamificación tales como ClassCraft eran muy limitadas.

Esta herramienta permite a los alumnos crearse un perfil dentro de la clase con sus nombres y avatares distintivos, así como la introducción de mecánicas tales como la experiencia (XP), la vida (HP) y el dinero.

La experiencia se utiliza para demostrar el nivel (progreso) del alumno o grupo frente a los demás. Es la recompensa que se otorga por superar misiones o retos.

La vida o puntos de salud se pierden al cometer errores, tener una salud baja puede llevar a consecuencias desastrosas por lo que los alumnos deben de esforzarse con sus respuestas y desempeño para poder mantenerla a un nivel alto.

El dinero también se otorga como recompensa, junto con la experiencia, pero la diferencia es que este no es únicamente acumulativo como la XP ya que puede utilizarse para intercambiarse por artículos, productos o mejoras que puedan otorgar ventajas en el desarrollo de la actividad.

El nivel está asociado a la experiencia, se utiliza para poder ver una clasificación más sencilla del puntaje. Se obtiene un nivel al acumular cierta cantidad de puntos de experiencia y subir de nivel siempre va asociado a alguna ventaja, recompensa o cambio.



Ilustración 51. Ejemplo de una clase virtual dentro de la herramienta @MyClassGame.

En la imagen anterior se ilustra un ejemplo de clase tal y como la ve un docente.

Los estudiantes eligen no sólo un avatar sino también un nombre para el equipo o pseudónimo si trabajan de forma individual (ambos deben de ser aprobados previamente por el docente).

El docente puede acceder al perfil de cada estudiante tal y como se observa en la siguiente ilustración

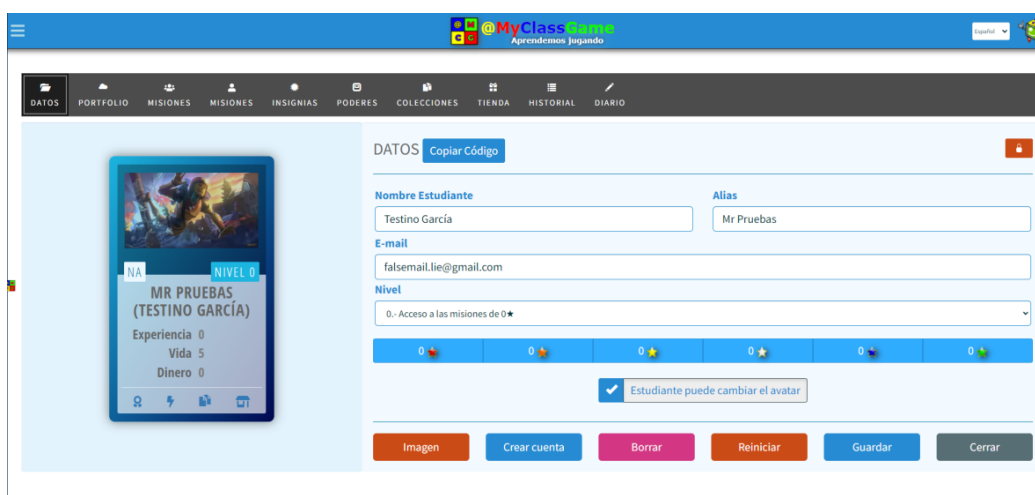


Ilustración 52. Vista del perfil de un estudiante en @MyClassGame

Dentro de este panel se puede editar el nombre y pseudónimo del estudiante, así como su avatar. También se puede consultar y editar la experiencia, vida, dinero, nivel... así como ver y puntuar las misiones completadas, consultar los objetos coleccionables, poderes y objetos comprados, y las insignias obtenidas.

Con tal de presentar retos a los alumnos el docente puede crear misiones desde el panel de administrador, en el apartado "aventura":



Ilustración 53. Apartado de creación de misiones dentro de la herramienta @MyClassGame.

Cada misión tiene limitado su acceso dependiendo de ciertas condiciones, por ejemplo el nivel del estudiante o una llave que se puede comprar para permitir el acceso a esta.

Además una misión está formada por un conjunto de tareas individuales, que pueden ser completadas en cualquier orden y total o parcialmente.



Ilustración 54. Panel de administrador de una misión.

En este ejemplo se muestra una misión de dos tareas: para poder acceder a esta misión no es necesaria ninguna condición previa y está compuesta de dos tareas, cada una otorga 2 puntos de experiencia (XP).

En el apartado "elementos del juego" se pueden configurar eventos, comportamientos, penalizaciones, insignias, poderes, colecciones, tienda, frases, niveles y villanos. De estos se utilizará el elemento de niveles, para limitar el acceso de los estudiantes a misiones cuando no dispongan de conocimiento básico suficiente y de tienda, dónde los estudiantes pueden obtener mejoras que les facilite el trabajo.

Otra herramienta utilizada para implementar la gamificación en la asignatura es "Kahoot!". Esta herramienta permite al docente plantear preguntas que los alumnos tienen que contestar al más puro estilo de un concurso de televisión (ver referencia bibliográfica [23]).

Kahoot! Fue diseñada con fines educativos en mente, aunque también se utiliza para entretenimiento, fiestas, y hasta en programas de televisión.

La versión gratuita permite crear preguntas de hasta cuatro respuestas y de verdadero o falso.

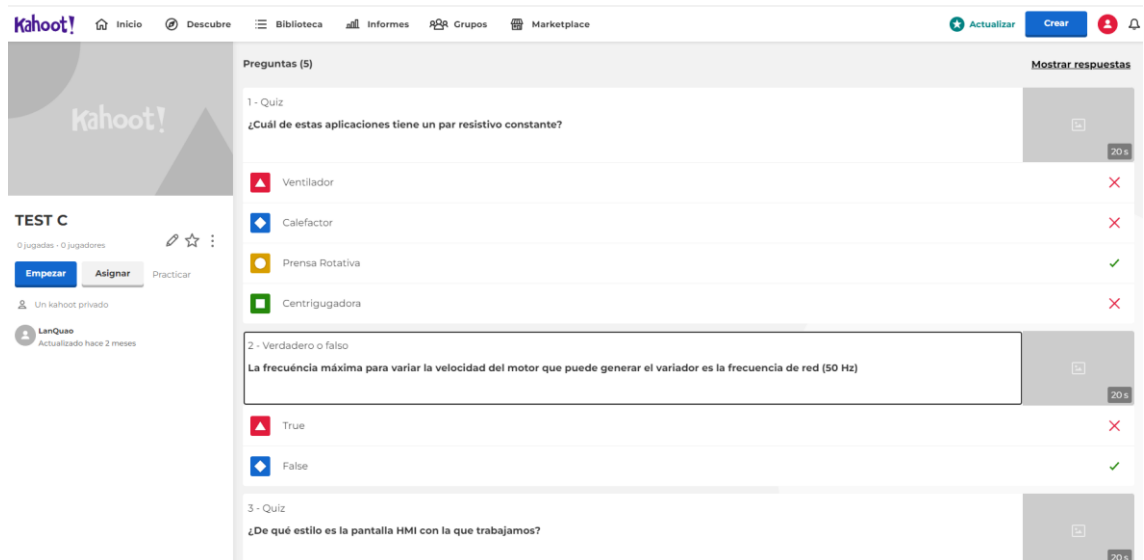


Ilustración 55. Creación de preguntas mediante la herramienta "Kahoot!"

Se entiende como un Kahoot a un conjunto de preguntas que los estudiantes tendrán que responder. Para cada pregunta el docente puede establecer el tipo, el valor de la pregunta (normal o puntos dobles) así como el tiempo para dar una respuesta.

La pregunta se proyectará en pantalla y los estudiantes utilizarán sus teléfonos móviles u ordenadores para responder. Obtendrán puntos, si la respuesta es correcta, en función de su rapidez al contestar.

¿Cuál de estas aplicaciones tiene un par resistivo constante?

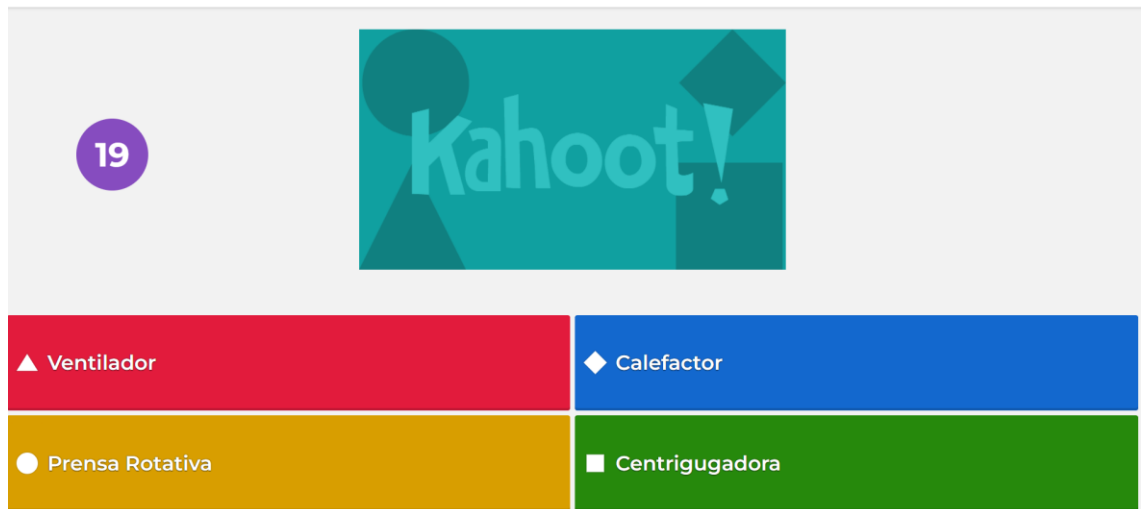


Ilustración 56. Pregunta de Kahoot con cuatro respuestas posibles.

Al terminar la partida los estudiantes ven en pantalla un podio dependiendo de los puntos conseguidos, de forma que se puede premiar a los ganadores y mostrar su resultado en frente de la clase.

8. Implementación de las metodologías y modelos pedagógicos

La siguiente tabla recoge un resumen de los objetivos de cada sesión, así como la metodología o modelo pedagógico utilizado, la herramienta seleccionada y la duración aproximada.

Tabla 7. Resumen de las sesiones

Sesión	Objetivos	Metodología/Modelo pedagógico	Herramienta	Duración
1 - Variador	Conocer la maqueta de prácticas y los contenidos de la asignatura	Aula invertida	EdPuzzle (Apartado 8.1)	7'
	Repaso a los contactos y bobinas	Aula invertida	EdPuzzle (Apartado 8.1)	8'
	Aprender teoría sobre motores y funcionamiento de un variador de velocidad	Aula invertida	EdPuzzle (Apartado 8.1)	15'
	Configuración manual del variador		Guion de prácticas (Anexo 1)	1 h 30'
	Configuración mediante software del variador		Guion de prácticas (Anexo 1)	20'
	Realizar una programación con ATVLogic		Guion de prácticas (Anexo 1)	Tiempo restante
2 y 3 - PLC, HMI y Ethernet	Conocer qué es y cómo funciona un PLC	Aula invertida	EdPuzzle (Apartado 8.1)	7'
	Introducción a las redes de comunicaciones, capas OSI y protocolo Ethernet	Aula invertida	EdPuzzle (Apartado 8.1)	8'
	Programación del PLC mediante USB	Gamificación	@MyClassGame (Anexo 2)	1 h 30'
	Creación de red Ethernet para la comunicación de PC, PLC y HMI		Tutorial en formato escrito (Anexo 6)	30'
	Programación de PLC y HMI mediante Ethernet	Gamificación	@MyClassGame (Anexo 2)	2 h
	Repasar los conocimientos de teoría adquiridos en la asignatura hasta el momento	Gamificación	Kahoot! (Anexo 5)	30'
	Monitorizar mediante un gráfico la evolución de una variable en la HMI	Gamificación	@MyClassGame (Anexo 2)	Tiempo restante
	Modificar la velocidad del motor mediante el uso del PLC y las entradas digitales del variador	Gamificación	@MyClassGame (Anexo 2)	Tiempo restante
4, 5 y 6 - Proyecto	Realizar un proyecto, con unas especificaciones mínimas dadas, a partir de la consulta de manuales de usuario y de forma autónoma	Aprendizaje basado en proyectos	Guion de prácticas (Anexo 3)	9 h
	Elaboración de una memoria técnica que recoja los detalles del proyecto realizado con una expresión escrita adecuada y formal.	Aprendizaje basado en proyectos	Guion de prácticas (Anexo 3)	2 h
	Demostración de todos los conocimientos teóricos adquiridos durante todas las sesiones de laboratorio		Guion de prácticas (Anexo 3)	1 h
	Elaboración y exposición oral de una presentación sobre el proyecto realizado	Aprendizaje basado en proyectos	Guion de prácticas (Anexos 3 y 4)	1 h

Con tal de poder realizar la implementación de estas metodologías y modelos pedagógicos ha sido necesaria la elaboración de una gran cantidad de material nuevo para los alumnos.

8.1. Aula invertida

La implementación del aula invertida se decidió aplicar en los cinco puntos clave anteriormente comentados:

- Conocer la maqueta de prácticas
- Explicar los conceptos básicos de la asignatura de automatización, que se deberían tener previos a la asignatura.
- Explicación de funcionamiento del variador y del motor.
- Explicación del funcionamiento del PLC así como estrategias de programación.
- Introducción a las comunicaciones y las redes Ethernet.

Además se decide que la duración de los videos no sea superior a los quince minutos y asignar, como máximo, dos videos por sesión.

Este modelo pedagógico se utilizará en las dos primeras sesiones, es decir, en la sesión del variador y en la sesión del PLC.

Para la primera sesión se realizarán dos videos. El primero contendrá una introducción a la asignatura y una descripción de la maqueta de prácticas con la que se trabajará, además se utilizará para repasar o introducir los conceptos de la asignatura de automatización más importantes.

En el segundo video se hablará de los motores trifásicos, su principio de funcionamiento, leyes de control, cargas y aplicaciones.

Para la segunda sesión, la del PLC, se deberán de visionar otros dos videos. Un primer video dónde se haga una introducción al funcionamiento de un PLC y al lenguaje ladder, pues este es el que se utilizará para implementar las prácticas, y otro segundo video donde se explica el funcionamiento de las comunicaciones Ethernet, pues serán claves para crear una red que interconexione los elementos de la maqueta de prácticas con el ordenador.

Para la elaboración de dichos videos se ha consultado la bibliografía y documentación empleada en la asignatura los años anteriores, pero seleccionando los elementos indispensables y necesarios para facilitar la comprensión por los estudiantes.

Al inicio de cada sesión presencial se dejará un espacio para que los estudiantes puedan plantear sus dudas respecto a los videos visionados o para que el docente pueda explicar los conceptos que, a través de la respuesta de los alumnos a las preguntas planteadas durante el visionado del video.

8.1.1. Introducción a la asignatura.

Este primer video tiene una duración de 15:00 minutos y está disponible en el siguiente enlace: <https://edpuzzle.com/media/620153e11da84742703cfeae>.

Los primeros 40 segundos se utilizan para dar la bienvenida a los estudiantes y para explicar que aparecerán preguntas en pantalla que deberán contestar obligatoriamente para poder proseguir con el video.

Tras ello, durante el siguiente minuto se les explica que es un PLC, sin entrar en detalle de cuál es su funcionamiento, así como su importancia y aplicaciones. Tras la explicación se les pide a los estudiantes ubicar el PLC sobre la maqueta de prácticas.

TF60_Introduccion
Aarón Lozano

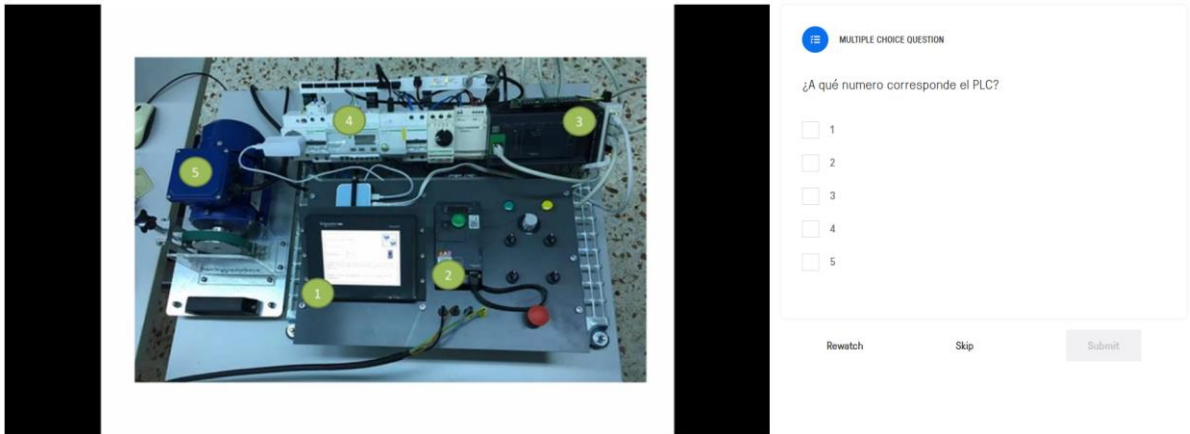


Ilustración 57. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del primer video para comprobar si saben distinguir un PLC de otros elementos.

En los siguientes tres minutos se detalla qué es un variador y para que se utiliza y también como está cableada la maqueta de prácticas y la conexión entre fuente de 24 Vcc, PLC y variador.

Nuevamente se realiza una pregunta para comprobar que los estudiantes han entendido el cableado y la conexión entre los aparatos de la maqueta de prácticas.

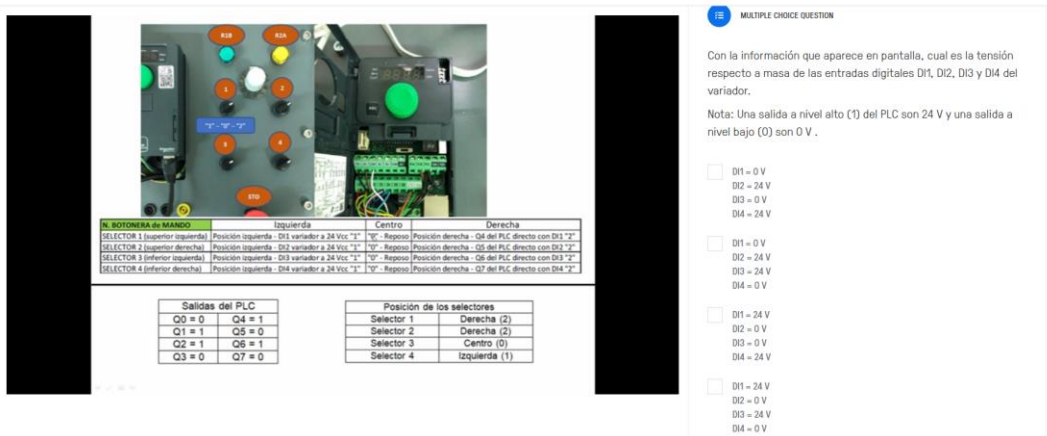


Ilustración 58. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del primer video para comprobar si han entendido el cableado de la maqueta de prácticas.

Comprobado que han entendido cómo funcionan los cuatro selectores de la maqueta se utiliza el siguiente minuto para nombrar y explicar en una o dos frases el funcionamiento y utilidad del resto de elementos de la maqueta sin entrar en muchos detalles, incluso de los elementos que no se utilizan en esta asignatura.

Un aspecto muy importante a trabajar en la asignatura es la protección y seguridad. Al hablar del variador se les explicó que este solo puede dar una protección térmica al motor y por lo tanto se necesita un elemento externo llamado disyuntor que de una protección magnética y se poder proteger así el motor magnetotérmicamente.

Es por esta razón que una vez se han nombrado todos los elementos de la maqueta no se explica cuál es la función del disyuntor sino que se les pide a los estudiantes que elijan la respuesta correcta a la pregunta "¿Cuál es la función del disyuntor?" para comprobar si han retenido la información sobre la protección del motor.

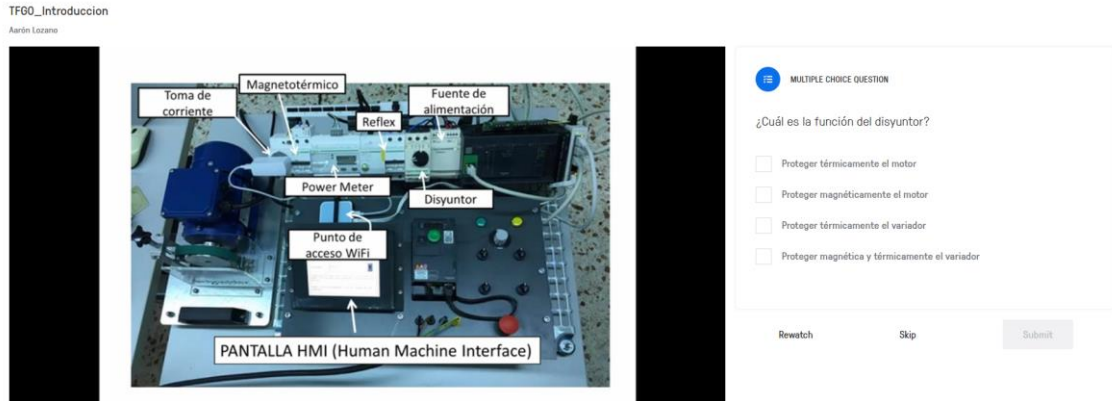


Ilustración 59. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del primer video para comprobar si los estudiantes han retenido el concepto de protección y seguridad del motor.

Tras haber introducido la maqueta de prácticas y durante los últimos diez minutos de video se realiza una introducción a la programación en lenguaje ladder para los estudiantes que no han cursado programación.

En este apartado se explica que es un diagrama de contactos, que es un contacto normalmente abierto y uno normalmente cerrado, así como una bobina normalmente abierta y una bobina normalmente cerrada.

También se les explica cómo crear condiciones "AND" y "OR" mediante la utilización de contactos, se les introduce el concepto de variables y se les muestra mediante una aplicación real para que se utilizan y cómo se utilizan.

Con tal de comprobar si los estudiantes han entendido como funciona un diagrama de contactos se les muestran algunos ejemplos por pantalla junto a varias opciones y deben de ser capaces de elegir la expresión booleana que haga referencia al diagrama de contactos mostrado.

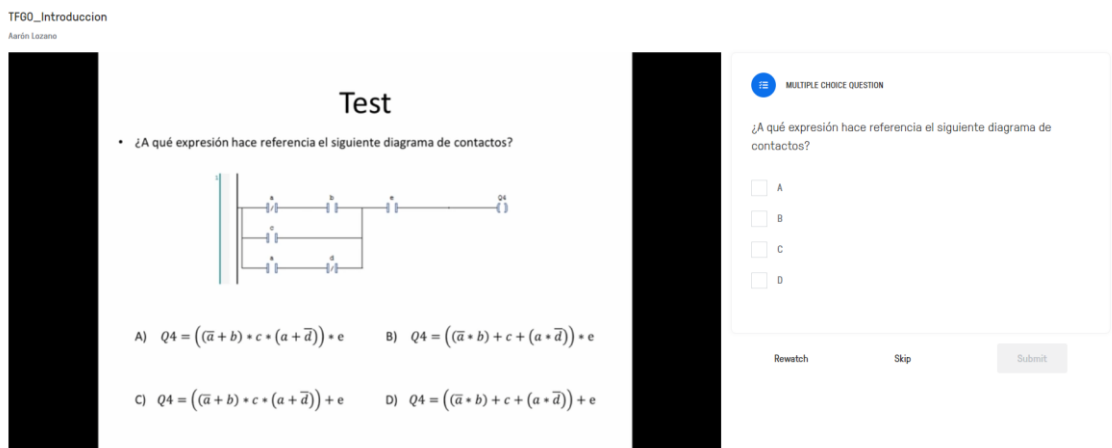


Ilustración 60. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del primer video para comprobar si los estudiantes han retenido el concepto de un diagrama de contactos.

8.1.2. Principios de la variación de velocidad.

Este segundo video deberá ser visionado antes de la primera sesión, la del variador de velocidad, tiene una duración de 14 minutos y 38 segundos y está disponible en: <https://edpuzzle.com/media/6200275b28964f42e8f87103>.

Durante los primeros dos minutos y medio de video se explican las partes de un motor asíncrono tales como el estator, el rotor y la caja de conexiones, así como el funcionamiento de un motor asíncrono de jaula de ardilla, ley de Lenz, inducción de las corrientes y movimiento.

Tras ello se le plantea al estudiante que responda a dónde se genera el campo magnético en un motor, para comprobar que recuerda la diferencia entre el rotor y el estator.

The screenshot shows a video player interface. On the left, a slide titled 'MOTOR ASÍNCRONO' explains that a rotating magnetic field induces currents in the rotor bars (squirrel-cage), and these induced currents create a torque that causes rotation according to Lenz's law. It includes a diagram of a hand with fingers pointing to illustrate the relationship between magnetic field, current, and motion. On the right, a 'MULTIPLE CHOICE QUESTION' asks '¿Dónde se genera el campo rotativo?' (Where is the rotating field generated?). The options are: 'En el estator', 'En el rotor', 'En el variador', and 'En la ardilla'. The 'Submit' button is visible at the bottom right.

Ilustración 61. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del segundo video para comprobar si los estudiantes diferencian las partes del motor.

Durante el siguiente minuto y medio se detalla cómo se genera el campo magnético a partir de una tensión trifásica y cómo leer una placa de características del motor.

Puesto que para la primera sesión deberán de poder parametrizar el variador a partir de los datos leídos en la placa de características del motor la siguiente pregunta es una de respuesta abierta para que cada alumno detalle que parámetros destacaría para la conexión y frecuencia especificadas.

TFG1_Motores_Y_Variacion
Aarón Lozano

MOTOR CA **CARACTERISTICAS**



Potencia nominal P _N [kW]	Tipo	Velocidad nominal n _n [rpm]	Poleos	En condiciones de servicio estándar						En condiciones de servicio especiales				Factor de potencia		
				Velocidad nominal n _n [rpm]	Velocidad de arranque n _a [rpm]	Velocidad de frenado n _f [rpm]	Velocidad de parada n _p [rpm]	Velocidad de arranque n _a [rpm]	Velocidad de frenado n _f [rpm]	Velocidad de parada n _p [rpm]	Velocidad de arranque n _a [rpm]	Velocidad de frenado n _f [rpm]	Velocidad de parada n _p [rpm]			
0,37	AM71N4	4	1370	5,8	1,20	0,7	2,15	2,0	2,25					0,000802	87	0,72
1,1	AM90L4	4	1300	15,2	2,8	4,8	2,1	2,0	2,2	1,4	0,8	0,000916	74	0,80		
4	AM112M2	4	1420	28	5,2	5,8	2,3	2,2	2,5	1,8	0,00095	80	0,80			
5,5	AM132S0	4	1440	40	12	7,2	2,8	2,5	3,3	2,1	0,7	0,0009	86	0,82		
30	AM200L8	4	1465	230	59	6,7	2,3	1,9	2,7	1,8	0,05	0,206	82	0,84		
630	AM400LM	4	1495	4200	640 ³	6,5	0,8	0,75	2,4	1,7	0,25	32,0	87	0,88		

OPEN ENDED QUESTION

Según la placa de la imagen, si conectáramos este motor en estrella a 50 Hz ¿qué parámetros de la placa destacarías?

Rewatch Skip Submit

Ilustración 62. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del segundo video para comprobar si los estudiantes son capaces de leer una placa de características de un motor.

Durante los siguientes tres minutos se les detalla algunos métodos de arranque de un motor tales como el arranque directo, el arranque estrella/triángulo o el arranque mediante variador de velocidad, así como las curvas de arranque para estos casos, ventajas y desventajas. Se detalla también cuales deberían de ser los criterios de elección para un método de arranque u otro.

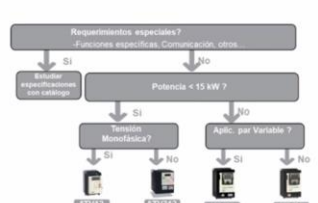
Tras esta explicación y durante los siguientes cinco minutos se detalla cómo funciona un variador, cómo se consigue modificar la velocidad de giro cambiando la frecuencia, tipos de cargas y aplicaciones de cada tipo. También se detallan los tipos de rampa de aceleración y deceleración, trabajo a cuatro cuadrantes y ahorro energético.

Otro concepto importante de la asignatura es la capacidad de saber elegir un variador según las características del motor y la aplicación, por ello durante los siguientes dos minutos se les muestra un árbol de decisiones que seguir para la elección de un variador, explicando cada paso mediante un ejemplo en el video.

TFG1_Motores_Y_Variacion
Aarón Lozano

Ejercicio:

Bomba sumergida de 4 Kw – 400 Vac – 10A



MULTIPLE CHOICE QUESTION

Gama de variadores elegido

ATV12

ATV312

ATV61

ATV71

Otro, estudiar especificaciones según catálogo.

Rewatch Skip Submit

Ilustración 63. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del segundo video para comprobar si los estudiantes son capaces de elegir la gama de variadores adecuada para una aplicación dada.

8.1.3. Introducción al PLC y lenguaje ladder.

Este tercer video está planteado y preparado para ser visualizado previo a la segunda sesión de laboratorio y tiene una duración de 6 minutos y 42 segundos. Se encuentra en <https://edpuzzle.com/media/6212647548e24f42aef37533>.

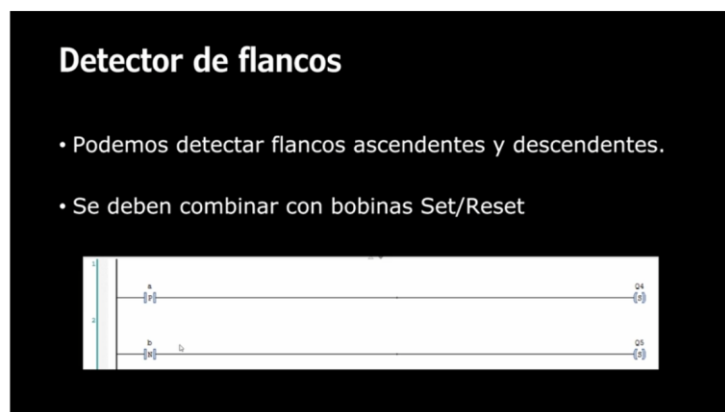
Durante los primeros tres minutos y medio de video se explica y detalla que es un PLC, así como sus aplicaciones más comunes y la razón de su origen. También se explica que un PLC funciona a través de realizar una lectura del estado de las entradas, tras ello decide el estado de las salidas y, una vez ha llegado a la final de su programa, es cuando escribe las salidas.

Durante el siguiente minuto y medio se explica el error típico de utilizar una misma bobina más de una vez y porque esto no funcionaría puesto que se acaba de explicar el funcionamiento de un PLC y cómo se escriben las salidas.

También se aprovecha para introducir las bobinas set y reset, puesto que estas si pueden ser utilizadas más de una vez en un mismo programa y también se introducen los contactos por flancos, puesto que se deben utilizar combinados a bobinas set/reset.

Con tal de fomentar la participación de los alumnos y hacerles pensar se les plantea en este momento que piensen una aplicación en la cual pueda ser útil la detección de flancos.

TF62_PLC
Aarón Lozano



OPEN ENDED QUESTION

¿Se te ocurre alguna aplicación para la cual pueda ser útil la detección de flancos?

Rewatch

Skip

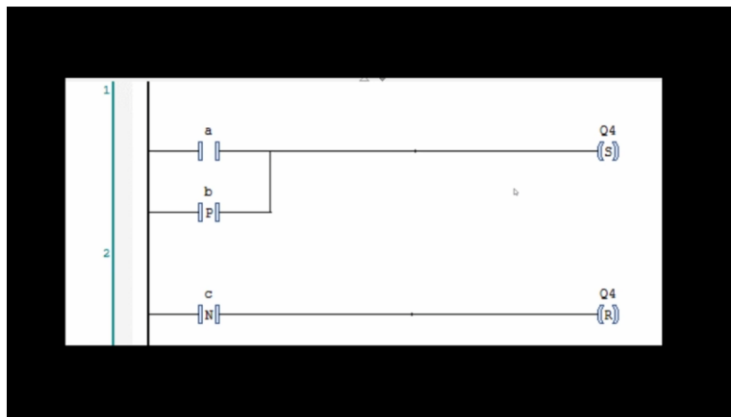
Submit

Ilustración 65. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si los estudiantes comprenden el funcionamiento de una detección de flancos y son capaces de nombrar una aplicación donde sea útil.

Durante el siguiente minuto y medio se detallan otros elementos útiles en la programación de un PLC mediante el lenguaje de implementación ladder tales como temporizadores a la conexión y a la desconexión, selectores, limitadores, contadores, operaciones con enteros...

Antes de acabar el video se muestran por pantalla cuatro ejemplos de implementación en lenguaje ladder correctos e incorrectos con errores comunes para comprobar si los alumnos han entendido estos y así intentar evitar estos errores comunes en el momento de realizar las prácticas en el laboratorio.

TF02_PLC
Aarón Lozano



OPEN ENDED QUESTION

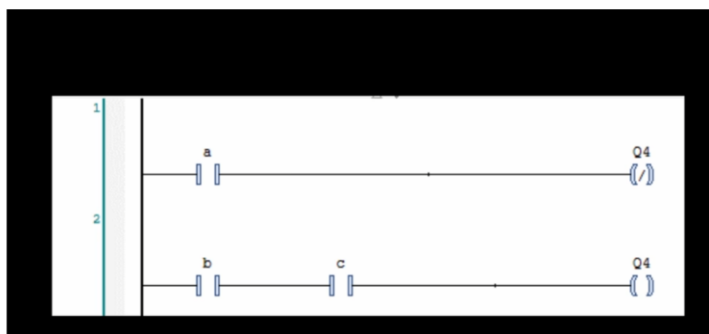
¿Es correcto? En caso negativo describe brevemente que está mal.

Rewatch Skip Submit

Ilustración 66. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si estos han entendido los conceptos de dicho video.

En esta primera pregunta se ve una configuración correcta, donde no importa utilizar una misma bobina dos veces puesto que una es una bobina set y la otra una bobina reset.

TF02_PLC
Aarón Lozano



OPEN ENDED QUESTION

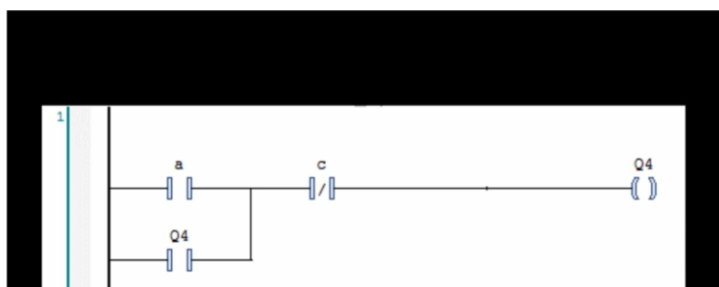
¿Es correcto? En caso negativo describe brevemente que está mal.

Rewatch Skip Submit

Ilustración 67. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si estos han entendido los conceptos de dicho video.

Por el contrario en este caso no se podría utilizar una misma bobina en dos segmentos, aunque esta sea en un segmento una bobina normalmente abierta y en otro una bobina normalmente cerrada.

TF02_PLC
Aarón Lozano



OPEN ENDED QUESTION

¿Es correcto? En caso negativo describe brevemente que está mal.

Rewatch Skip Submit

Ilustración 68. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si estos han entendido los conceptos de dicho video.

Este es un ejemplo típico de circuito de marcha con realimentación y parada prioritaria, sirve para recordar a los estudiantes la importancia de este circuito que vieron en la asignatura de automatización y en el primer video de esta asignatura.

Ilustración 69. Pregunta realizada a los alumnos durante el visionado del tercer video para comprobar si estos han entendido los conceptos de dicho video.

Esta última pregunta sirve para recordar a los estudiantes que al crear un temporizador deben de asignar el tipo de datos de la entrada PT como "time" incluyendo las unidades, además de crear una variable de tipo "time" para la salida ET.

8.1.4. Introducción a las comunicaciones

Este cuarto y último video tiene una duración de siete minutos y treinta y siete segundos y está planteado para ser visualizado antes de la segunda sesión. Disponible en: <https://edpuzzle.com/media/62127c494ae22e431a0490da>.

Durante el primer minuto y medio de video se define que es una red de comunicaciones y se explican los tres tipos de red: LAN, MAN y WAN.

Tras explicar los tres tipos de redes y sus características se plantea a los estudiantes que decidan, conociendo la maqueta de prácticas, que tipo de red se creará en el laboratorio para conectar el ordenador y los distintos periféricos.

	LAN	MAN	WAN
<i>Diámetro:</i>	< 10 km.	10 - 100 km.	< 100,000 km.
<i>Tasa:</i>	4 - 1024 Mbps	50 - 622 Mbps	< 2 Mbps
<i>Información:</i>	Datos, gráficos, voz*, audio*, video*	Datos, gráficos, voz, audio, video	Datos, gráficos, voz, audio, video
<i>Pertenencia:</i>	El usuario	Servicio público	Servicio público

Ilustración 70. Pregunta planteada al estudiante durante el visionado del cuarto video para determinar si es capaz de distinguir entre los tres tipos de redes.

Durante el siguiente minuto y medio de video se detalla el funcionamiento de una red de comunicaciones así como las capas OSI.

Antes de explicar en detalle el funcionamiento de una red Ethernet, puesto que será la que se creará en el laboratorio se plantea a los estudiantes una pregunta de

respuesta libre para comprobar si son capaces de nombrar algún otro protocolo de red o protocolo de comunicaciones tales como el CAN, LIN, http...

Los últimos cuatro minutos y medio del video se utilizan para explicar usos habituales de una red Ethernet, diferencias entre internet e intranet, así como el direccionamiento IP y los conceptos de dirección IP y máscara de red.

También se ponen ejemplos para la comunicación entre pantalla, ordenador y PLC de forma que los estudiantes partan con algo de información para cuando tengan que crear su propia red Ethernet en el laboratorio.

8.2. Gamificación

La implementación de esta metodología tiene como objetivo hacer más llevaderas la segunda y tercera sesión de laboratorio (PLC y HMI), ya que los alumnos que han cursado anteriormente la asignatura de automatización o han cursado un ciclo superior de automatización pueden sentir que las prácticas de PLC son repetitivas y querrán pasar rápidamente a la programación de la pantalla HMI, ya que es la novedad, mientras que los estudiantes que nunca han tenido que trabajar con un PLC pueden sentirse abrumados.

Es por esta razón que se tiene que trabajar con cuidado en el momento de idear las prácticas de este apartado, unas prácticas demasiado complejas pueden dejar fuera a los estudiantes para los que el PLC sea una novedad y nunca llegar a trabajar con la pantalla, mientras que unas prácticas demasiado fáciles con el PLC puede llevar a que los estudiantes acostumbrados a trabajar con el PLC sientan que están perdiendo el tiempo.

Esta dicotomía es muy similar a la que las empresas desarrolladoras de videojuegos tienen que enfrentarse en el momento de crear un videojuego ya que un juego nuevo tiene que poder ser disfrutado tanto por jugadores casuales y expertos, veteranos que han jugado varias veces a los juegos de una saga y jugadores que se enfrentan a un título de esa saga por primera vez.

Son muy comunes los debates en internet de si las secuelas modernas de videojuegos antiguos como la saga Dark Souls dónde la historia es secundaria y su principal atractivo es la dificultad deberían de tener un modo fácil para que la gente pueda disfrutar de la historia sin tener que complicarse con las mecánicas y peleas. Por otra parte videojuegos como Persona 5 Royal, cuyo principal atractivo es la historia incluye un modo "muy fácil" dónde los jugadores no deben preocuparse por la dificultad (la cual es un tercio de la experiencia de juego) y pueden pasar directamente a conocer los personajes y la historia, pero entonces llegan las críticas a que el juego, aun siendo fácil, toma 130 h, y por lo tanto debería tener una versión resumida.

Se descarta por completo seguir los ejemplos de estos juegos para aplicar dinámicas de juegos a la asignatura, pero sí que sirve para tener en perspectiva lo complejo de la situación.

Pero si hay un videojuego cuyos elementos de juego hacen que puedan ser disfrutados por jugadores novatos y veteranos, casuales y completistas son los juegos de la saga principal de Super Mario Bros, de la desarrolladora nipona Nintendo.

Para ilustrar porque este videojuego puede ser disfrutado por igual por todo tipo de personas, con o sin experiencia en el juego, se tomará como ejemplo el juego New Super Mario Bros (DS).

En primer lugar cabe destacar que el mundo de este juego está dividido en 8 mundos pequeños tal y como se ve en la imagen inferior.



Ilustración 71. Mapamundi del videojuego New Super Mario Bros (DS). Fuente: ver referencia bibliográfica [24].

En cada mundo hay una serie de niveles que deben de ser superados antes de poder llegar al castillo que permite el avance al siguiente nivel.



Ilustración 72. Ejemplo del mundo 7 del videojuego Super Mario Bros (DS). Fuente: ver referencia bibliográfica [25].

Las casillas azules muestran un nivel que supone un reto que el jugador debe de completar. En cada nivel el jugador puede obtener entre una y tres estrellas como recompensa por sus acciones. Para poder acceder al castillo (y pasar al siguiente mundo) el jugador necesita una cantidad mínima de estrellas que puede haber obtenido en ese mundo o un mundo anterior.

Mientras completa los niveles el jugador también puede conseguir monedas. Estas monedas se cambian en las casillas rojas (tiendas) por objetos que faciliten el avance a los jugadores más inexpertos.

Los elementos del videojuego que se desea aplicar a la asignatura de periféricos en instalaciones de automatización son los siguientes:

- Sistema de monedas: Con ellas los estudiantes podrán obtener ventajas para poder superar los niveles (prácticas) más difíciles.
- Sistema de mundos: Cada mundo tendrá una serie de niveles (prácticas) de una dificultad similar. Con tal de poder avanzar a un nivel superior se deberán de conseguir una cantidad de estrellas mínima.
- Sistema de niveles: Los niveles se pueden completar en cualquier orden siempre que un jugador este en el mundo correspondiente.
- Sistema de estrellas: Cada nivel (práctica) otorga una cantidad diferente de estrellas, dependiendo de su dificultad.

Todos estos elementos se pueden integrar en la herramienta @MyClassGame puesto que tienen un elemento de juego análogo en esta herramienta tal y como muestra la siguiente tabla:

Tabla 8. Elementos del juego en el videojuego de referencia, la herramienta @MyClassGame y analogía con la realidad.

Elementos del juego		
New Super Mario Bros (DS)	@MyClassGame	Realidad
Monedas	Dinero	-
Mundos	Misiones	Grupo de prácticas
Niveles	Tareas	Prácticas
Estrellas	Experiencia (XP)	★

Se elabora un guion de prácticas con estos conceptos en mente.

Las prácticas están divididas en grupos de prácticas, simulando los mundos, las prácticas dentro de un mismo grupo tienen una dificultad similar o están temáticamente relacionadas.

Cada grupo de prácticas requiere una cantidad de estrellas para poder realizarse.

En la siguiente tabla se muestra un resumen con cada grupo de prácticas así como la cantidad de estrellas necesarias para acceder a este, junto a las prácticas de cada grupo y sus recompensas.

Tabla 9. Prácticas, grupos de prácticas, requisitos y recompensas.

Grupo de prácticas (Misión)	Requisito en estrellas (XP)	Práctica (Tarea)	Recompensa
¡Una nueva forma de hacerlo girar!	0★	Sentido de giro y marcha, control 2 hilos y 3 hilos	1 ★ control 2 hilos
			1 ★ control 3 hilos
		Sentido de giro, marcha y paro, control 2 hilos y 3 hilos	1 ★ control 2 hilos
			1 ★ control 3 hilos
¡Todo lo que sube, baja!	3★	Ascensor con sensores de final de carrera	1 ★ sin paro de emergencia
			1 ★ con paro de emergencia
		Ascensor mediante el uso de temporizadores	1 ★ sin paro de emergencia
			2 ★ con paro de emergencia
Toca, toca. ¡Es táctil!	10★	Panel de control mediante HMI	2 ★
		Visualizador numérico en HMI	2 ★
		Ascensor dos plantas, finales de carrera y HMI	2 ★
Subiendo la dificultad	15 ★	Ascensor tres plantas, finales de carrera y HMI	3 ★
		Puerta de seguridad	3 ★
Clímax Lógico	20 ★	Selector de velocidades	5 ★
		Simulación de proceso	5 ★

Con tal de fomentar la participación y competición en la clase, así como comprobar el nivel de conocimiento de los alumnos respecto a la primera sesión y los estudios previos se crearon varios Kahoot de cinco preguntas para que los estudiantes pudieran ponerse a prueba.

Las preguntas y respuestas a estos Kahoot se pueden encontrar en el anexo 5. Todos los grupos estaban obligados a participar si el Kahoot había sido lanzado por el profesor, la victoria (2 primeros puestos) otorga 2 ★ y 1 moneda a cada grupo, mientras que perder (2 últimos puestos) comportaba perder una vida.

Cada jugador comienza con 5 vidas, en el caso de perderlas todas pierde el derecho de poder participar en los Kahoot y, por tanto, el acceso a las recompensas.

Con tal de poder recuperar vida u obtener otras ventajas los estudiantes también tienen acceso a una tienda virtual dentro de la web de @MyClassGame.

La forma más sencilla de conseguir monedas es mediante la victoria en Kahoot grupales, pero también se consiguen monedas de forma pasiva al completar las prácticas ya que cada ★ obtenida otorga también 0,155 monedas (2 monedas por cada 13 estrellas).

La tienda del juego es la siguiente:



Ilustración 73. Tienda virtual dónde los estudiantes pueden adquirir ventajas u otras recompensas.

Los elementos disponibles están ambientados en personajes de la mitología y son los siguientes:

- **Velocidad de Hermes:** Permite al estudiante saltarse la cola, en caso de que haya varias manos levantadas, y ser el siguiente en ser atendido por el profesor. Si se utilizan varias "Velocidad de Hermes" a la vez se atenderá a los estudiantes en orden de uso.
- **Sabiduría de Atenea:** El docente facilita al estudiante una pista clave para resolver la práctica en la que se encuentre, ya sea verbalmente o realizando el planteamiento para su resolución en papel.
- **Reto de Hipnos:** Permite lanzar un reto a otro equipo para resolver un Kahoot de tres preguntas. El ganador del duelo recibe una estrella y una moneda, mientras que el perdedor pierde 1 vida. Es una forma arriesgada de conseguir estrellas para evitar las prácticas más complicadas. Un mismo grupo no puede ser retado dos veces hasta que no han sido retados todos los grupos. Un mismo grupo puede retar varias veces sin condiciones adicionales.
- **Vara de Asclepio:** Recupera 2 de vida al grupo para poder seguir participando en los Kahoot comunitarios, en caso de haber perdido toda la vida.
- **Heaven's Rave:** Pide una canción para escucharla en clase. No tiene ninguna utilidad adicional.

Cuando un estudiante adquiere un objeto de la tienda llega una notificación al teléfono del docente para que este pueda atenderla cuando ha terminado de atender al grupo que estuviera atendiendo, en caso de que se encontrara ocupado.

Con todas estas mecánicas se pretende que los estudiantes que lo deseen puedan pasar rápidamente de las prácticas del PLC y ponerse a crear la red Ethernet y a programar la pantalla HMI lo más pronto posible o, por el contrario, poder profundizar con la programación del PLC y luego pasar a la pantalla.

El objetivo del juego no es completar todas las prácticas, puesto que no están diseñadas para poder completarse todas en las 6 horas que duran las dos sesiones, sino en ser el jugador con más puntuación cuando estas sesiones terminen.

Por estas razones, y para fomentar la competitividad, los alumnos verán en sus pantallas una clasificación de todos los participantes a tiempo real.



Ilustración 74. Imagen del perfil del alumno que se encontraba en primera posición.

8.3. Aprendizaje basado en proyectos.

Para poder aplicar la metodología del aprendizaje basado en proyectos se planteó a los estudiantes un reto que debían de poder superar en grupo.

Este reto consistía en realizar una aplicación real que integrara los elementos de la maqueta de prácticas con los que se ha trabajado durante las tres primeras sesiones: PLC, HMI y variador. Para comunicar todos los elementos era indispensable la creación de una red Ethernet.

A los estudiantes se les planteó la siguiente serie de requisitos mínimos que debía cumplir el proyecto:

- Utilizar mínimo 3 entradas digitales del PLC.
- Mover el motor en ambos sentidos.
- Crear una red Ethernet para comunicar PLC, pantalla y ordenador.
- Navegación entre paneles en la pantalla (mínimo tres paneles diferente).
- Modificar, mediante pantalla, al menos una variable numérica y que tenga relevancia en el proceso.
- Utilizar contadores o temporizadores.
- Pulsador de parada de emergencia.
- Detección de errores y detención del proceso si se produce un error (por ejemplo se vacía el depósito de un producto necesario para el proceso)

Y también una serie de requisitos adicionales, como recomendación, por si deseaban ampliar el proyecto presentado, puesto que parte de la puntuación venía dada por la incorporación de estos requisitos adicionales.

- Claridad en el programa y buenas prácticas de programación.
- Utilizar recetas e ingredientes mediante la pantalla HMI.
- Proteger el acceso a algunos elementos de la pantalla mediante contraseña para que la interacción con ella sea diferente según si accede un usuario o un operador.
- Informar por pantalla del estado del proceso

- Variar la velocidad del motor en distintos puntos del proceso.
- Comunicarse con el variador mediante el bloque de control ATV320.
- Registrar datos del funcionamiento del sistema.
- Alarmas por pantalla.
- Otros.

Los requisitos obligatorios están planteados para poder ser cumplidos fácilmente con los conocimientos adquiridos en las prácticas, mientras que los requisitos adicionales suponen un reto que deberán de investigar cómo solucionar o mediante la utilización de los manuales de los programas que los alumnos tendrán a su disponibilidad en el campus virtual de la asignatura.

El docente actuará como mentor, guía o facilitador de información a los alumnos que requieran de su atención, pero obligatoriamente hablará con cada grupo individualmente 3 minutos al comenzar la sesión para que los alumnos expongan cuales son sus planes para la sesión y al final volverá a hablar 3 minutos con cada grupo para que los alumnos realicen una autoevaluación de su trabajo en esa sesión, valoren si han cumplido los planes para la sesión y expresen en porcentaje su tasa de finalización del proyecto.

Tras acabar las tres sesiones de proyecto, con una duración total de nueve horas los estudiantes, en grupo, deberán de entregar una memoria en la que manifiesten cómo han desarrollado el proyecto.

Además deberán de defender y demostrar el funcionamiento de su proyecto delante de los compañeros, para que estos puedan aprender de los demás proyectos, así como plantear dudas y preguntas.

Para fomentar la atención de los compañeros estos deberán de coevaluar a los compañeros según una rúbrica facilitada por el docente.

Dicha rúbrica se encuentra en el anexo 4 y tiene en cuenta el contenido expuesto, el vocabulario y habla de los ponientes, la postura y atención de estos y la organización.

Junto a la rúbrica se encuentran las siguientes preguntas de si o no:

- ¿Ambos miembros del grupo han participado, prácticamente, por igual durante la presentación y durante el turno de preguntas?
- ¿Las respuestas que han dado a las dudas de la audiencia han sido satisfactorias y me han ayudado a aprender?
- ¿He aprendido algo, gracias a la exposición, que no supiera antes de empezar la sesión de hoy?
- ¿Ha sido satisfactoria la demostración del proyecto funcionando y me ha ayudado a aprender?

El objetivo de estas preguntas no es la coevaluación, sino recoger la opinión y sensación del alumnado para poder extraer las conclusiones pertinentes.

Además, con tal de facilitar la elección del proyecto, se planteó a los alumnos el siguiente proyecto de ejemplo, el cual era el que se proponía anteriormente en la asignatura, ya que cumple con todos los requisitos mínimos.

El proyecto trata de la automatización de una máquina expendedora de chuches que permite personalizar el tamaño del pedido y la cantidad de cada producto a gusto del cliente, el cual realizará el pedido mediante la pantalla.

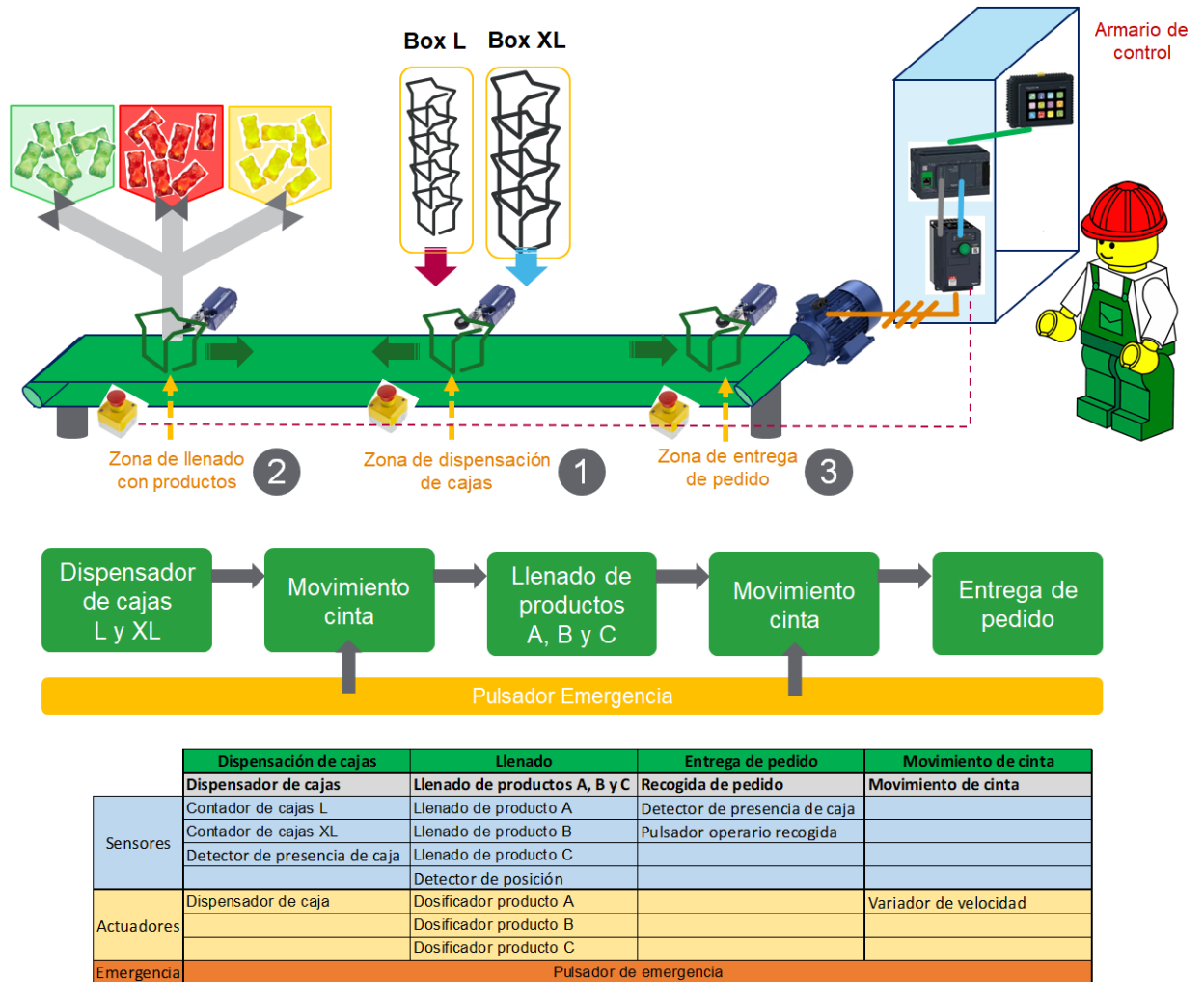


Ilustración 75. Proyecto de ejemplo, sensores, actuadores y esquema de funcionamiento

El cliente seleccionará por pantalla el tipo de caja que quiere y la cantidad de cada producto. Tras ello se dispensará la caja seleccionada y la cinta moverá la caja hasta la zona de llenado, donde un sensor digital detectará la posición de esta.

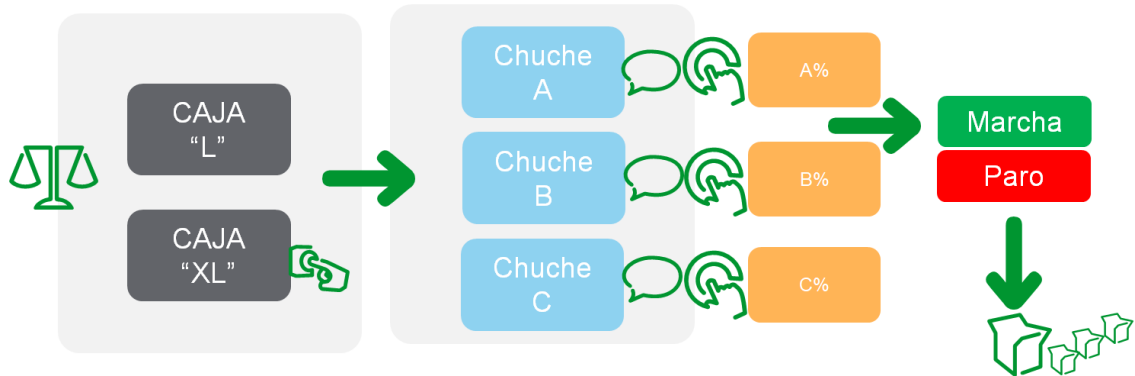


Ilustración 76. Proyecto de ejemplo, paneles de la pantalla HMI.

En la zona de llenado se dispensarán los distintos productos dependiendo de la cantidad solicitada por el cliente. Además se dispondrán de tres sensores digitales que detectarán si uno de los tres productos se ha agotado. Si uno de los productos se agota se deberá detener la producción hasta que se rellene.

Tras haberse llenado la caja, la cinta se desplazará hacia la derecha hasta llegar a la zona de entrega donde otro sensor detectará la posición y se detendrá.

Cuando el cliente pulse "recoger" entregará la caja al cliente. Se contarán las cajas de pedidos que se entregan en cada jornada para llevar un seguimiento.

La parada de emergencia puede llegar en cualquier momento, si esto ocurre el proceso se detendrá hasta que se presione el pulsador de marcha.

9. Evaluación

La remodelación de la asignatura requería también de un reajuste en los criterios de evaluación de la asignatura.

En la guía docente se exponen los siguientes criterios de evaluación, los cuales deben de ser respetados:

- 10 % de estudios previos.
- 60 % de trabajo en el laboratorio.
- 30 % del proyecto.

9.1. Estudios previos

Los estudios previos corresponden al modelo pedagógico de aula invertida, puesto que los alumnos deben de realizar estos antes de acudir al laboratorio.

La nota de cada alumno viene dada a partir de las respuestas que den durante el visionado de los videos, dando el mismo peso a cada pregunta dentro del vídeo.

Hay un total de 4 vídeos, por lo que cada vídeo corresponde a un 2,5 % de la nota final de la asignatura.

Tabla 10. Evaluación de los estudios previos

Estudios previos (10 %)	2,50%	Introducción a la asignatura
	2,50%	Principios de la variación de velocidad
	2,50%	Introducción al PLC y lenguaje ladder
	2,50%	Introducción a las comunicaciones

9.2. Trabajo en el laboratorio

La nota de trabajo en el laboratorio corresponde al trabajo realizado por el alumno durante las sesiones, así como su conocimiento de la maqueta de prácticas.

Con tal de valorar el conocimiento del alumno el docente planteará preguntas mientras se desarrollan las prácticas, pero el alumno debe de entregar al final del curso junto a la memoria del proyecto una descripción de los elementos utilizados de la maqueta de prácticas a partir de lo aprendido en los estudios previos y en el laboratorio al utilizarlos.

Esta entrega tendrá un peso de un 10 % sobre el total de la asignatura.

Por otra parte el trabajo en el laboratorio dependerá de las sesiones.

En la primera sesión la nota sale de la autonomía de los alumnos para realizar las prácticas, al igual que de las respuestas dadas al docente al realizar las preguntas pertinentes, puesto que se pretende que los alumnos se familiaricen con el variador y no solo se limiten a seguir las instrucciones del guion de prácticas sin plantearse que están haciendo.

En la segunda y tercera sesión mediante el sistema de puntos (estrellas) se puede obtener una nota directamente, tomando como un 10 la persona que tiene más estrellas y un 0 el hecho de tener 0 estrellas y escalando el resto de notas acorde a esto.

Finalmente, para las sesiones de proyecto, la nota de trabajo en el laboratorio viene dada por la capacidad de los alumnos a afrontar autónomamente los retos y

dificultades que aparezcan y a no repetir los errores vistos y aprendidos durante las siguientes sesiones.

También se tiene en cuenta la ambición de los estudiantes al proponerse objetivos y el grado de cumplimiento de estos, así como el aprovechamiento de las sesiones de laboratorio e intentar dar el máximo durante las sesiones.

Tabla 11. Evaluación del trabajo en el laboratorio

Trabajo en el laboratorio (60 %)	10,00%	Entrega de documento: conocimiento elementos maqueta
	10,00%	Sesión 1: Variador
	17,50%	Sesiones 2 y 3: PLC, HMI y comunicaciones.
	22,50%	Sesiones de proyecto (Sesiones 4, 5 y 6)

9.3. Proyecto

El peso de la parte de proyecto se dividirá en dos partes iguales para la parte de entrega de documentación y cumplimiento de especificaciones dadas (15 %) y la presentación pública y defensa del proyecto (15 %).

Tabla 12. Evaluación del proyecto

Proyecto (30%)	Cumplimiento de objetivos y documentación (15 %)	1,50%	Expresión y presentación documento
		0,15%	Uso 3 entradas del PLC
		0,15%	Mover motor ambos sentidos
		0,30%	Comunicaciones y red Ethernet
		0,15%	Uso de 3 paneles gráficos
		0,45%	Uso y relevancia variable numérica
		0,75%	Uso de temporizadores o contadores
		1,05%	Parada de emergencia
		1,05%	Detección de errores
		1,50%	Extras y miscelánea
		1,50%	Programación e implementación
		0,75%	Documentación: Planteamiento
		2,10%	Documentación: Desarrollo
		2,10%	Documentación: Resultados
		1,05%	Documentación: Conclusiones
	0,45%	Documentación: Objetivos	
	Presentación y defensa pública del proyecto (15 %)	10,00%	Contenido
		2,00%	Defensa y respuestas a preguntas
		1,00%	Postura y actitud
		1,00%	Organización y duración
1,00%		Vocabulario adecuado	

Se espera que los alumnos demuestren madurez en el aprendizaje, tanto en la memoria escrita como en la presentación oral ante los compañeros, es por eso que se valora más allá del cumplimiento de los objetivos o de si el resultado presentado funciona o no lo hace.

La memoria entregada debe de constar de un mínimo de partes tales como los objetivos planteados al inicio, el planteamiento de la solución elegida, el desarrollo e implementación del programa así como los problemas encontrados y las soluciones dadas, el resultado final del proyecto y las conclusiones que han extraído después de la realización de este.

En cuanto a la presentación oral se espera que los estudiantes sean capaces de extraer el contenido de mayor interés para la defensa de su proyecto, así como el uso de un vocabulario adecuado al contexto y la capacidad de poder responder las preguntas lanzadas por los compañeros.

10. Atención a la diversidad

Se denomina atención a la diversidad el conjunto de actuaciones educativas dirigidas a dar respuestas a las diferentes capacidades, ritmos, estilos de aprendizaje, motivaciones, intereses, situaciones socioeconómicas y culturales, lingüísticas y de salud del alumnado, con la finalidad de facilitar la adquisición de las competencias clave y el logro de los objetivos generales de las etapas [26].

Esta atención a la diversidad incluye la atención a nivel individual del alumnado, en función de sus necesidades específicas.

Tal y como se ha expuesto en los apartados anteriores, cada guion de prácticas contenía varias prácticas adicionales, para aquellos alumnos que las requirieran, algunas de estas prácticas ampliaban el contenido visto y otras proponían un reto a los estudiantes el cual debían resolver.

De la misma forma, los elementos de la maqueta de prácticas permitían una gran ampliación en los requisitos del proyecto, para aquellos alumnos que quisieran trabajar con ellos, tales como comunicación del variador y PLC mediante modbus serie, programación vía un punto de acceso WiFi...

También se permitía el acceso a los alumnos al laboratorio fuera del horario de clase, siempre vigilados por los técnicos de laboratorio, de forma que pudieran utilizar esas horas para trabajar en el proyecto y realizar las ampliaciones necesarias o para cumplir requisitos mínimos si necesitaban de ese apoyo.

Las prácticas de ampliación servían también para igualar el ritmo de la clase para todos los alumnos, de forma que las explicaciones magistrales del docente antes de una práctica que las requiriese llegara en el momento adecuado para la totalidad de la clase.

Finalmente, en el campus virtual, se incluía junto a la documentación de cada sesión, una gran variedad de documentación adicional, usualmente dossieres de formación y manuales de los equipos, para los estudiantes que los requirieran. Toda esta documentación adicional se encuentra referenciada en el anexo 7.

11. Resultados

Los resultados de este trabajo se pueden observar desde tres prismas distintos: la opinión de los alumnos y las alumnas que ha participado en la asignatura, la opinión del profesor habitual Pere Fibla y la del autor de este trabajo, puesto que ha planteado estos cambios y novedades.

11.1. Opinión de los estudiantes.

Con tal de valorar la opinión de los estudiantes y conocer sus sensaciones tras haber terminado la asignatura se preparó un formulario que debían de rellenar voluntariamente.

11 de los 14 estudiantes que cursaron la asignatura completaron dicha encuesta, lo que supone un porcentaje de participación del 78,6 %.

11.1.1. Respecto a la planificación de la asignatura,

En esta sección se pedía a los estudiantes que valoraran del 1 (muy en desacuerdo) al 5 (Muy de acuerdo) diversas afirmaciones sobre la planificación de la asignatura.

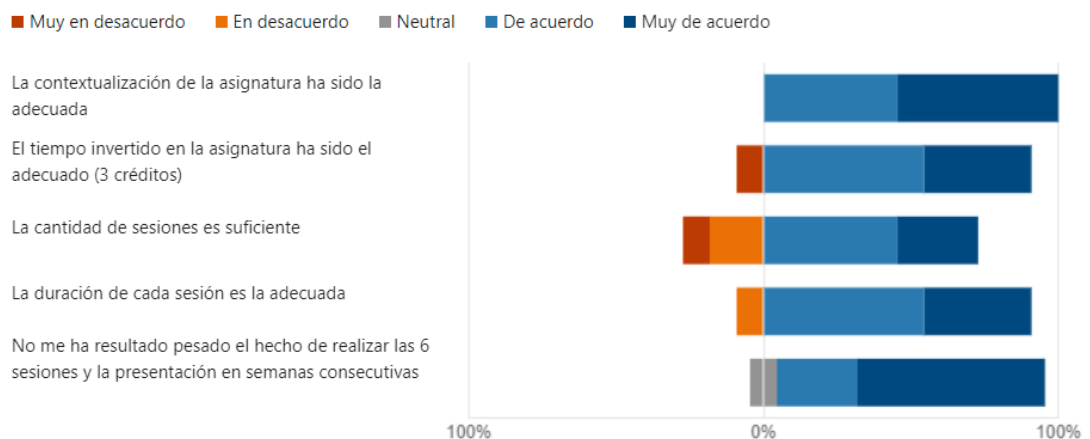


Gráfico 1. Respuestas de los alumnos respecto a la planificación de la asignatura.

Las respuestas recogidas de los alumnos en este bloque han estado mayormente positivas, aunque se puede observar como un tercio de los alumnos que han participado del proceso de encuesta creen que las sesiones son insuficientes para desarrollar la asignatura y requieren de sesiones adicionales.

Por otra parte, se demuestra el hecho de que realizar las sesiones de laboratorio en semanas consecutivas en vez de en semanas alternas (hecho posible puesto que este año no se realizó la asignatura de Sistemas Embedded) ha resultado altamente positivo para los alumnos.

Cómo norma general los alumnos están satisfechos con la planificación temporal de la asignatura.

11.1.2. Respeto a las metodologías y modelos pedagógicos

En esta sección se pedía a los estudiantes que valoraran del 1 (muy en desacuerdo) al 5 (Muy de acuerdo) diversas afirmaciones sobre las metodologías y modelos pedagógicos aplicados.

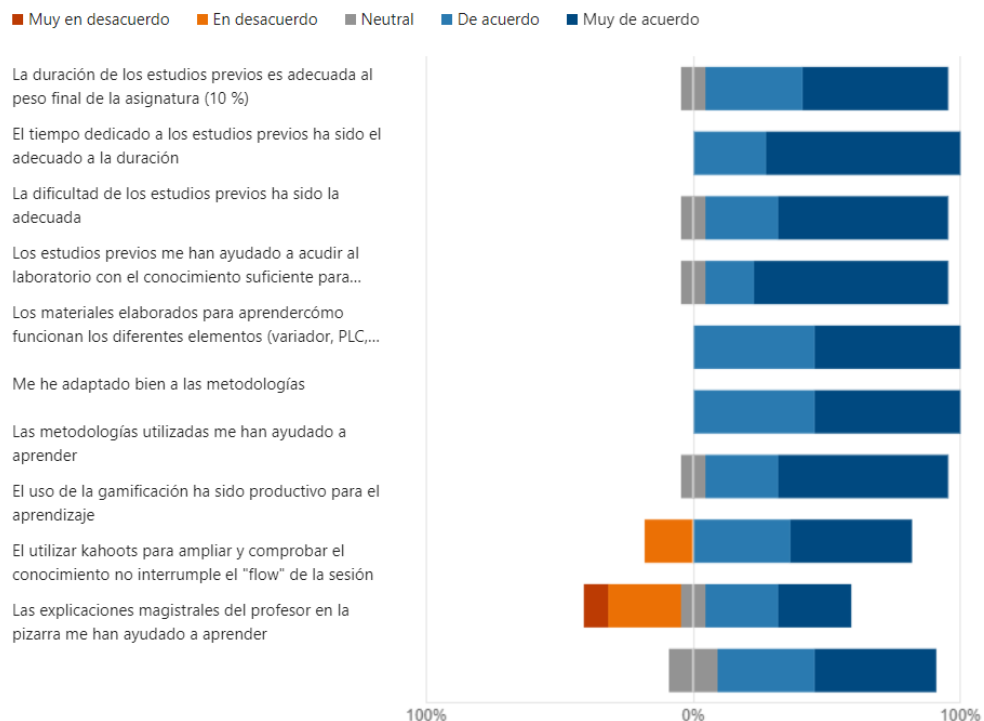


Gráfico 2. Respuestas de los alumnos respecto a la planificación de la asignatura.

Nuevamente se observa una tendencia positiva de los estudiantes hacia la incorporación de estas nuevas metodologías o modelos pedagógicos.

Los estudiantes ven con buenos ojos la aplicación del modelo de aula invertida para los estudios previos, así como su peso del 10 % en la evaluación global de la asignatura. También manifiestan que la duración de los videos, el tiempo invertido y la dificultad han sido adecuadas. En general valoran que se han adaptado bien a este modelo pedagógico, puesto que les ha ayudado a aprender y a acudir al laboratorio con el conocimiento necesario para realizar las prácticas.

Los Kahoot! son sin ninguna duda el punto de la discordia, casi la mitad de los estudiantes valoran que el tener que contestar a estas preguntas mientras realizan las prácticas interrumpe con el ritmo de la sesión y un par de alumnos ha contestado que la gamificación no ha sido productiva para su aprendizaje, aunque la visión global la valora como muy positiva.

11.1.3. Respetto al proyecto.

En esta sección se pedía a los estudiantes que valoraran del 1 (muy en desacuerdo) al 5 (Muy de acuerdo) diversas afirmaciones sobre el proyecto que debían de realizar, así como del trabajo junto al compañero.

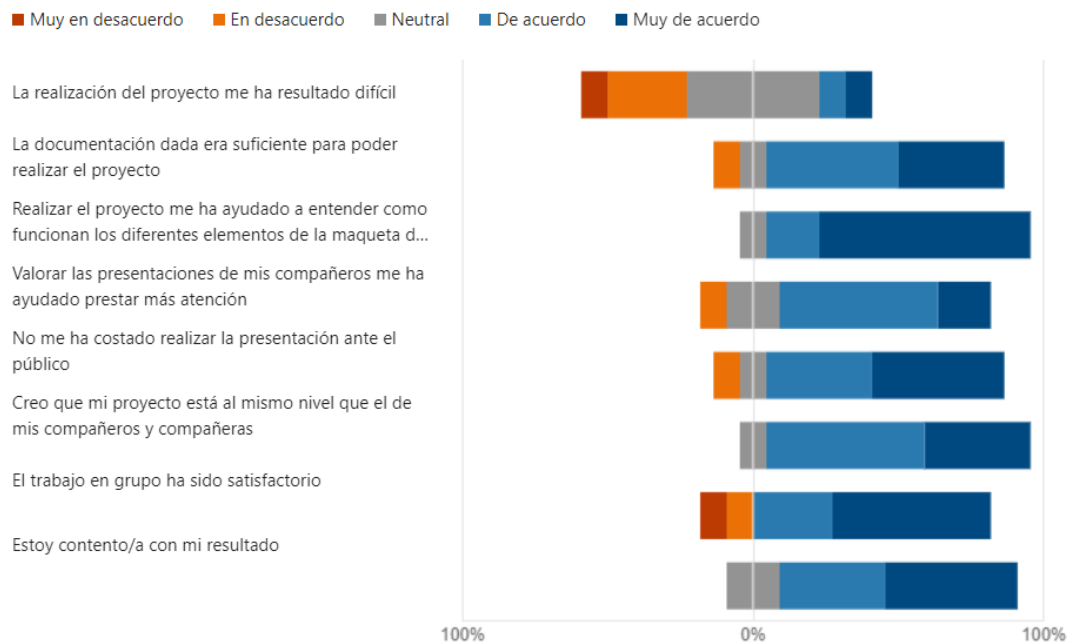


Gráfico 3. Respuestas de los alumnos respecto a la realización del proyecto.

Tres estudiantes valoran que la realización del proyecto les resultó difícil, esto es principalmente debido a que el proyecto era abrumador para ser resuelto por una persona sola, ya que en el laboratorio solo había 13 de los 14 alumnos, uno cursaba la asignatura desde la distancia puesto que estaba de Erasmus.

Cómo norma general los estudiantes han encontrado fácil el proyecto planteado, puesto que tampoco se han atrevido a realizar todos los requisitos extra, aun así, según sus respuestas, tampoco han necesitado de más información adicional y han sido capaces de resolver todos los retos con la mentorización del docente y los manuales de los programas utilizados.

También valoran positivamente el hecho de haber aplicado un aprendizaje basado en proyectos para poder entender con mayor profundidad cómo funcionan los diferentes elementos de la maqueta de prácticas. También ven positivamente el hecho de realizar una coevaluación de los proyectos de los compañeros, al igual que el trabajo en grupo.

En general los alumnos están contentos con el resultado de su proyecto.

También se planteó a los estudiantes que valoraran con una nota del 0 a 10 la nota media de los proyectos de la clase, así como su propio proyecto.

Los resultados son los siguientes:

4. ¿Qué nota media crees que se merecen los proyectos de la clase? (0 punto)

[Más detalles](#)

11
Respuestas

8.36
Promedio

5. ¿Qué nota media crees que se merece tu proyecto? (0 punto)

[Más detalles](#)

11
Respuestas

8.36
Promedio

Ilustración 77. Nota media de los proyectos de la clase valorada por los propios estudiantes.

Aunque no todos los estudiantes valoraron con la misma puntuación su proyecto y la media de la clase al final la puntuación promedia sí que resultó en la misma: 8.36 sobre 10, cuando la realidad es que la nota media de los proyectos, según los criterios del docente era de 6.87 sobre 10, es decir, un punto y medio por debajo de lo esperado por los alumnos.

Aunque el desempeño de los alumnos en el laboratorio fue correcto las memorias entregadas no justificaban ni representaban el trabajo realizado en el laboratorio, la cual cosa hizo bajar la media de desarrollo de proyecto.

Si se tiene en cuenta únicamente la nota dada por el docente al trabajo en el laboratorio, la nota media es de 7,27, solamente un punto inferior de la esperada por los alumnos.

11.1.4. Otras cuestiones

También se plantearon a los estudiantes otras cuestiones para que valoraran otros aspectos de la asignatura.

12. ¿Cuánto consideras que has aprendido? (0 punto)

[Más detalles](#)

● Mucho	4
● Bastante	7
● Algo	0
● Poco	0
● Nada	0



Gráfico 4. Valoración de los estudiantes respecto su aprendizaje

En la gráfica anterior se observa que todos los estudiantes que decidieron participar en el proceso de encuesta consideran que han aprendido mucho o bastante en esta asignatura.

En general este aprendizaje obtenido ha sido gracias a las metodologías y modelos pedagógicos aplicados, puesto que los estudiantes valoran que estos les han ayudado a seguir las sesiones, tal y como se muestra en el gráfico 5.

14. Las metodologías... (0 punto)

[Más detalles](#)

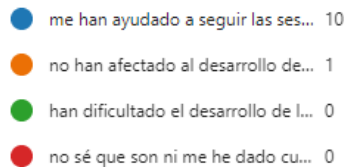


Gráfico 5. Opinión de los estudiantes respecto a las metodologías.

11.2. Opinión del profesor habitual

Con tal de poder valorar las diferencias y la aplicación de las metodologías y modelos pedagógicos en la asignatura, el profesor habitual de la asignatura, Joan Pere Fibla Biosca estuvo presente en todas las sesiones de laboratorio tomando notas sobre el desarrollo de estas y sus opiniones personales.

11.2.1. Sesión 1

El profesor habitual de la asignatura destaca la preparación de los alumnos y el nivel con el que llegan al laboratorio gracias a la aplicación de aula invertida, puesto que los alumnos han tenido que visionar un par de videos con las explicaciones pertinentes antes de acceder al laboratorio. También destaca que el aula invertida requiere de un espacio reservado en clase para repasar los errores de los alumnos o para que estos planteen las preguntas pertinentes.

El docente también apunta que en 35 minutos ya se ha completado la presentación de la asignatura y los alumnos pueden ponerse a trabajar de forma autónoma directamente, por lo que la aplicación del aula invertida reduce el tiempo de presentación y teoría entre dos y tres veces respecto al modelo clásico.

Todas las explicaciones que se debían dar en clase tales como la función del disyuntor, la elección de un variador, la generación del campo magnético, pasar de tensión de línea y frecuencia de red a tensión trifásica y frecuencia variable están en el estudio previo. Durante el visionado de los videos los alumnos tuvieron que responder a preguntas relacionadas y, durante la sesión, los alumnos también tuvieron que contestar a preguntas relacionadas tras la realización de cada práctica.

El hecho de plantear preguntas a los alumnos al finalizar cada práctica también es positivo, ya que favorece un seguimiento del alumnado y una confirmación de la comprensión de los objetivos de la práctica.

Además 45 minutos antes de acabar la sesión el grupo más avanzado terminó las prácticas, pero gracias a la práctica final de ampliación, la de programación del variador en ATVLogic todos los grupos pudieron acabar a la vez. El grupo más rezagado llegó a la práctica final 20 minutos más tarde que el más rápido.

11.2.2. Sesiones 2 y 3

Antes de la segunda sesión, además del estudio previo habitual aplicando el modelo pedagógico de aula invertida se recomendó fuertemente a los alumnos también que visualizaran un video propio sobre el funcionamiento del software a utilizar durante estas sesiones, con tal de que estuvieran familiarizados con estos.

Solamente 4 de los 13 alumnos dicen haber visto aunque sea 5 minutos del vídeo, mientras que 2 de esos 4 afirman haber visionado el vídeo en su totalidad. Aun así podían ir siguiendo el video en el laboratorio con auriculares ya que era un videotutorial a seguir.

Con tal de recordar los conceptos del primer video de aula invertida se hizo un ejemplo en clase de explicación de contactos como expresiones booleanas, tales como AND, OR... Esto fue especialmente útil a los estudiantes que aún no cursaron automatización y a los estudiantes del grado de ingeniería eléctrica, que pudieron resolver sus dudas antes de comenzar a realizar las prácticas propuestas del guion de prácticas.

Sin duda, el hecho de dejar a los alumnos por libre en vez de ir enseñando paso por paso el funcionamiento mediante la proyección de la pantalla del docente tiene sus luces y sus sombras, pero en este caso los alumnos no iban por libre, puesto que en vez de ir siguiendo de la proyección del docente y adaptar el ritmo de la clase al grupo, el seguir de un videotutorial suponía que cada grupo podía trabajar y avanzar a su ritmo, por lo que a los 30 minutos de sesión el docente puede descansar mientras que los estudiantes trabajan.

Aun así el ritmo de la clase era más lento del esperado y a las casi 2 horas de la primera sesión tocaba tomar una decisión: ayudar a los grupos más lentos o quitar contenidos del guion de prácticas. Debido a que en estas sesiones se estaba utilizando la metodología de gamificación se regaló a todos los estudiantes 2 estrellas para que pudieran pasar de las prácticas difíciles de PLC y empezar a programar la pantalla HMI y la creación de la red Ethernet. Además se resolvió en la pizarra una de las prácticas difíciles de PLC, para que los alumnos vieran dónde estaban fallando y preguntaran sus dudas.

Los Kahoot! eran otra novedad de la asignatura, estos se realizaron casi al final de la primera (de las dos) sesiones de gamificación. Aunque el uso de estos rompe bastante el ritmo de trabajo el primero de los Kahoot! les hizo bastante gracia a los estudiantes y lo cogieron con ganas pero el segundo y sobretodo, tras ver los resultados del primer Kahoot, lo pillaron con menos ganas.

Un gran punto negativo de la aplicación de esta metodología es el hecho de que el docente requiera tener las notificaciones activadas en su teléfono, puesto que los alumnos pueden utilizar las monedas para comprar ventajas tales como prioridad en la cola y, cuando esto ocurre, el docente debe de ser avisado inmediatamente. Además, cada vez que un alumno completa una práctica, el docente debe utilizar su teléfono u ordenador para recompensar al grupo con las estrellas pertinentes, cosa que añade todo un trabajo adicional.

11.2.3. Proyecto

Durante las sesiones de proyecto el docente puede quedar descargado de faena, puesto que son los propios alumnos los que, mediante la información disponible en el campus virtual de la asignatura tales como manuales y ejemplos puede realizar su proyecto libremente.

El hecho de que los estudiantes puedan elegir libremente el proyecto a desarrollar a partir de unos requisitos puede dar buenos resultados o resultar en una catástrofe si van demasiado perdidos.

La valoración de los resultados es positiva pero hay que destacar que el nivel de los proyectos es más bajo que el de los años anteriores, debido principalmente a que al ser los propios estudiantes los que establecían el alcance de estos apuntaron bajo para cumplir lo mínimo.

Aun así los estudiantes obtuvieron otras competencias requeridas hoy en día en el mundo habitual y descubrieron los problemas de la realidad industrial, puesto que tuvieron que navegar entre manuales de uso de cientos de páginas para poder encontrar la solución a sus problemas, sin tener del todo claro qué elemento o solución debían aplicar.

El hecho de presentar los proyectos públicamente delante de los alumnos puede resultar beneficioso para aprender de los errores de los otros, pero debido a la infraestructura del laboratorio es difícil poder hacer estas presentaciones sin tener que desplazar a todos los alumnos hacia el puesto de trabajo del grupo que está realizando la presentación.

11.3. Visión personal: éxitos y áreas de mejora

Se debe agradecer a el profesor habitual de la asignatura, el señor Joan Pere Fibla Biosca, su confianza y la oportunidad ofrecida para poder llevar a la práctica todas estas ideas elaboradas, ya que sin su apoyo no hubiera sido posible realizar este apartado.

La elaboración del material ha resultado una gran inversión de tiempo, debido a que no solo se tenía que realizar un análisis de las metodologías y modelos pedagógicos a aplicar, sino que al no haber cursado la asignatura también se ha tenido que dominar los elementos de esta con tal de poder transmitir los conocimientos necesarios y elaborar el material. En resumen se han tomado dos roles para este trabajo en un periodo muy corto de tiempo: el de alumno que cursa la asignatura y el de profesor que la imparte.

Además, también se ha pecado de precavido puesto que no se conocía el ritmo de la asignatura y el ritmo habitual de los alumnos, por lo cual se ha añadido un componente de prácticas extra durante todas las sesiones. Estas prácticas adicionales eran útiles para que los alumnos pudieran trabajar y llegar a los puntos clave de los guiones de prácticas (los cuales necesitan una introducción por parte del docente) al mismo tiempo, cosa que ha sido extremadamente positiva para el desarrollo de las sesiones, además de servir para mejorar la atención a la diversidad.

Por otra parte, la aplicación de estas metodologías y modelos pedagógicos suponen una inversión de tiempo extra por parte del docente, puesto que resultaría más cómodo para él el hecho de explicar estos contenidos en clase, pero se debe admitir que el hecho de llevar parte de los contenidos teóricos para que los alumnos los trabajen en casa (aula invertida) permite aprovechar más el tiempo de las sesiones y que los alumnos puedan trabajar contenidos prácticos que solo pueden realizarse en el laboratorio durante las sesiones.

El tiempo extra que debe invertir el docente en la preparación de los contenidos se gana para los alumnos, además el contenido de aula invertida se puede reaprovechar cada año, lo que hace que esta inversión de tiempo se pueda amortizar si los contenidos de la asignatura no cambian.

La percepción por todas las partes implicadas del modelo pedagógico de aula invertida ha sido muy favorable, los alumnos llegan más preparados y pueden ampliar sus conocimientos, además, el hecho de saltar a la acción más rápidamente a la acción en el laboratorio también resulta en una mejor experiencia para los alumnos que una sesión de teoría.

La herramienta utilizada para la aplicación del modelo didáctico de flipped classroom "EdPuzzle" dio grandes resultados ya que, no solo facilitó la evaluación del trabajo de estudios previo de los alumnos, sino que también permite al docente saber cómo de claros tienen los alumnos los conocimientos transmitidos antes de la sesión de laboratorio, pudiendo dedicar los primeros minutos de sesión a resolver dudas y reforzar estos puntos.

Además mediante las preguntas en el video e impidiendo avanzar el video hacia delante (solo hacia atrás) se puede asegurar que los alumnos han visualizado la totalidad del video.

En cuanto a la aplicación de la gamificación hay que destacar que la principal problemática de estas sesiones es que los alumnos parten de un nivel de conocimiento diferente en cuanto a la implementación de programas en el PLC en lenguaje ladder.

Por otra parte, el hecho de la creación de una red Ethernet que permita comunicar PLC, HMI y ordenador también resulta en un problema para los alumnos, por lo que se debe reservar tiempo de sesión para asegurarse que esta parte se puede realizar satisfactoriamente.

La aplicación de la gamificación supone una carga mayor de trabajo en el docente que, a diferencia de con el aula invertida, no ha supuesto en una mejor experiencia para el alumno.

No solo fue necesario rediseñar todo el guion de prácticas para aplicar esta metodología sino que durante la sesión el profesor debe de estar atento no solo a las manos levantadas y las cuestiones del alumno sino a las notificaciones que llegaban de la herramienta @MyClassGame con las peticiones de los alumnos y el uso de los objetos.

También cabe destacar que los alumnos necesitaron de media tres veces más tiempo en completar la primera tarea de todas (arranque y paro del motor mediante el PLC) del previsto, lo cual fue debido a que los estudiantes no recordaron conceptos de la sesión anterior tales como control 2 hilos / 3 hilos y control por nivel o transición, lo que supuso que tuvieran que realizar una programación mucho más enrevesada en el PLC pero que hubiera resultado en una implementación más sencilla si hubieran configurado el variador acorde a las especificaciones de esta primera práctica.

Una vez se superó este bache y las prácticas ya no requerían de configuración adicional se pudo retomar el ritmo de la clase pero surgió otra problemática, ya que al ser prácticas muy cortas (con tal de intentar dar más libertad en la elección a los alumnos y recompensarlos con estrellas según su dificultad) se acumulaban las manos levantadas tanto como para entregar la práctica como para realizar preguntas. Por otra parte, los alumnos que iban más avanzados y disponían de más monedas del juego podían utilizar estas monedas en la tienda del juego para tener prioridad en el momento de levantar la mano, cosa que les permitía avanzar más rápido, conseguir más monedas y, como si de una bola de nieve se tratase, crecer y avanzar mucho más rápido.

Aun así el hecho de que los alumnos tuvieran un video disponible a modo de tutorial, dividido en capítulos, con los conceptos más importante relativos a la

utilización del software facilitó mucho el flujo de la sesión y permitió que todos pudieran trabajar a su ritmo sin tener que adaptar el trabajo del grupo a una velocidad concreta limitando a los más rápidos o haciendo que pierdan el hilo los que necesitan un ritmo de trabajo más lento.

El punto más discordante fue, sin lugar a duda, el uso de la herramienta "Kahoot!", el hecho de cambiar momentáneamente la dinámica de la sesión y transformarla en un juego de preguntas puede venir bien para despejar la mente de los alumnos en una sesión especialmente larga, pero también puede resultar frustrante para los alumnos que estaban probando esa idea que sabían que les iba a solucionar el problema en el que llevaban atascados.

Además, debido al haber convertido la clase en un juego de obtención de puntos, el hecho de haber asimilado los conceptos de teoría mejor que los compañeros también recompensaría a los ganadores con puntos.

Esto provocaba giros en la clasificación, grupos que no fueron especialmente hábiles al buscar soluciones y programar PLC o HMI podían ganar puntos equivalentes a una práctica en mucho menos tiempo por contestar cinco preguntas, lo que frustraba a los que iban más altos en la clasificación.

Es por esta razón que habían opiniones discordantes cuándo se preguntaba a los alumnos por el Kahoot, algunos destacaron la utilización de esta herramienta como el aspecto más positivo de la asignatura mientras que otros lo marcaron cómo una cosa a eliminar.

A nivel personal, el Kahoot como las preguntas individuales al terminar las prácticas sirven para comprobar el verdadero grado de conocimiento del alumno sobre lo que está trabajando por lo que deberían de prevalecer.

Por otra parte, un área de mejora respecto a estas sesiones sería reducir el número de prácticas a realizar en estas sesiones, ya que debido a la cantidad los alumnos se sentían abrumados y no tenían sensación de progreso y, debido a su brevedad se acumulaban los alumnos que querían presentar una práctica para pasar a la siguiente. Reduciendo el número total de prácticas representará una mejora en ambos aspectos, puesto que las prácticas, con tal de compensar, serían más extensas, por ejemplo, combinando varias de las prácticas propuestas.

Por otra parte los Kahoot son un elemento que realmente funcionó para conocer el grado de adquisición de conocimiento de los alumnos de una manera diferente, puesto que la presión que sentían era diferente a la de una pregunta oral e individual realizada por el docente, ya que no solo competían contra el reloj, sino también contra los otros compañeros y compañeras.

En cuanto a las presentaciones públicas de los proyectos es indiscutible el hecho de que los alumnos pudieron expandir sus conocimientos aprendiendo de las implementaciones, problemas y soluciones expuestas por los compañeros, pero también se debe comentar que la infraestructura de las instalaciones del laboratorio dificultó mucho la realización de estas exposiciones.

Se intentó desplazar un puesto de trabajo frente a la pizarra, de forma que todos los alumnos fueran turnando este lugar para realizar las presentaciones de forma que los compañeros pudieran seguirla y observar el funcionamiento de la maqueta de prácticas, pero se tiene que tener en cuenta que, antes de cada presentación, el grupo a exponer debía:

- Cargar sobre el variador su archivo de SoMove con los parámetros correspondientes.
- Abrir su proyecto mediante el software SoMachine, cosa especialmente lenta en los ordenadores del laboratorio.
- Cargar el programa de SoMachine de logic builder sobre el PLC mediante USB, puesto que la IP del PLC de la maqueta de presentaciones fue modificada por el grupo anterior.
- Cambiar la IP de la pantalla HMI.
- Cambiar la IP del ordenador.
- Cargar el programa sobre la pantalla HMI.
- Conectar su ordenador al proyector, o utilizar un pendrive para abrir la presentación de PowerPoint en el ordenador que estuviera conectado al proyector.

Todos estos llevaban mucho más tiempo que el requerido para las presentaciones de cada grupo, por lo que tras la segunda presentación se optó por que cada grupo presentara la presentación de PowerPoint ante la clase desde el lugar habilitado para las presentaciones pero que, tras ello, todos los estudiantes se desplazaran hasta el puesto habitual de trabajo del grupo que presentara, de forma y manera que estos pudieran realizar la demostración de funcionamiento de su proyecto desde la maqueta y lugar de trabajo habituales.

11.4. Aprendizaje técnico

Este trabajo ha traído con él una gran cantidad de aprendizaje técnico no adquirido en el resto de la carrera, así como ampliación sobre conceptos vistos en otras asignaturas.

En el apartado 4 (Marco teórico) de este mismo trabajo ya se comentan los elementos con los cuáles se ha tenido que trabajar durante el desarrollo de este TFG.

Desde la guía docente se define la asignatura de periféricos en instalaciones de automatización como una ampliación de la asignatura de automatización. La realización de este trabajo y esta asignatura ha permitido la automatización de un proceso mediante el uso de una HMI para recibir los inputs del operario, al igual que para monitorizar diversas variables útiles en el proceso.

Además, mediante la conexión del PLC, HMI y ordenador mediante una red Ethernet ha servido para poner en prácticas los protocolos de comunicaciones de esta tipología de red y ampliar los conocimientos obtenidos en la asignatura de informática industrial II.

Por otra parte, el arranque del motor y control de este mediante el variador de frecuencia ha servido para ampliar los conocimientos obtenidos en la asignatura de sistemas electrónicos de potencia.

El listado completo de aprendizaje técnico obtenido se encuentra en el apartado 3.2, contenidos clave de la asignatura.

12. Conclusiones

El hecho de preparar una asignatura nunca ha sido tarea fácil, y más si se parte sin experiencia, sin haber cursado la asignatura y pretendiendo aplicar metodologías y modelos pedagógicos no habituales en la universidad.

El modelo pedagógico de aula invertida o flipped classroom sin duda ha sido una forma de aumentar el tiempo de las sesiones dedicado a que los alumnos realizaran trabajo práctico, sin recortar el contenido teórico. Pero el tiempo ganado en el laboratorio para los alumnos viene costado por el tiempo invertido por el docente en preparar el contenido que los alumnos deben de trabajar previamente a la sesión de laboratorio. Este modelo pedagógico ha agradado en gran medida a los alumnos y ha sido positivo tanto para los conocimientos adquiridos como para mejorar el ritmo de las clases.

En cuanto a la gamificación, aunque haya habido diversidad de opiniones por parte del alumnado se concluye que su aplicación no ha supuesto una mejora en el ritmo de las clases, ni en los conocimientos de los alumnos, pero aun así ha sido un trabajo de documentación muy enriquecedor. Por otra parte, esta metodología resulta muy ventajosa para la atención a la diversidad, permitiendo ajustar el tamaño de las recompensas (puntuación) de forma individual.

A partir de la metodología del aprendizaje basado en proyectos los alumnos han podido trabajar de forma autónoma solucionando los problemas que van aconteciendo a partir de documentación oficial del hardware y software utilizado, competencias muy requeridas y necesarias en el mundo real, pero, por otra parte, el hecho de dejar libertad en la elección del proyecto ha supuesto que los estudiantes se decantaran por proyectos más sencillos que si hubieran sido proyectos planteados por el docente. Por otra parte, el hecho de presentar ante los compañeros los proyectos realizados ha sido muy positivo para que los alumnos puedan aprender del trabajo de sus compañeros y como complemento formativo a su trabajo, pero hay que destacar que la infraestructura del aula dificultó el hecho de realizar las presentaciones.

Las herramientas que permiten la implementación y aplicación de estas metodologías y modelos pedagógicos son mayormente gratuitas, fáciles de utilizar (para alumnos y docentes) e increíblemente completas, cosa que sin duda facilita en gran medida el avance hacia la incorporación de estas cada vez más.

En definitiva, la aplicación de estas metodologías y modelos pedagógicos resulta en una experiencia positiva para docentes y estudiantes, y por esas razones son cada vez más comunes en más variedades de estudios y en todo el mundo. Además el mismo avance tecnológico que ha hecho que surjan también es el que permite implementarlas con facilidad. Aun así estos modelos pedagógicos y metodologías no son la panacea puesto que requieren de trabajo por parte del docente y ser combinadas con la enseñanza más tradicional.

Referencias

- [1] Knöbl, Esteban (2018). Objetivos SMART: Qué son y cómo utilizarlos. [En línea]. Titular. Consultado el 6 de enero de 2022.
- [2] i-Scoop (2017). Industry 4.0 and the fourth industrial revolution explained. [En línea]. Consultado el 5 de junio de 2022.
- [3] García, María (2019). ¿Qué es IoT? (Internet of things). [En línea]. Deloitte. Consultado el 5 de junio de 2022.
- [4] Agencia B12 (2020). 5 claves del éxito del Internet de las Cosas (IoT). [En línea]. Consultado el 5 de junio de 2022.
- [5] ITHINK UPC (2017). Recomendaciones de seguridad en dispositivos IoT. [En línea]. Consultado el 5 de junio de 2022.
- [6] Schneider. Guía de soluciones de automatización - Capítulo 3: Motores y cargas. Introducción a las tecnologías de motores. Información sobre cargas y comportamientos. [Catálogo].
- [7] Aula 21 (2019). ¿Qué es y que hace un variador de frecuencia? [En línea]. Consultado el 27 de mayo de 2022.
- [8] Parra, Víctor D. (2020). Los orígenes del PLC. [En línea]. My Tips. Consultado el 27 de mayo de 2022.
- [9] Delgado, Rogelio (2020). ¿Qué es un sistema HMI? Aplicaciones del mismo. [En línea]. Inesem. Consultado el 27 de mayo de 2022.
- [10] Schneider. Manual Ethernet: Manual de introducción al uso de las comunicaciones Ethernet en la plataforma Unity. [Catálogo].
- [11] Schneider. Variadores de velocidad, manual de formación. Variadores de frecuencia ATV320. [Manual de prácticas].
- [12] Bergmann, J., Sams, A. (2014). Dale la vuelta a tu clase: Lleva tu clase a cada estudiante, en cualquier momento y cualquier lugar. Ediciones SM España.
- [13] Del piño, B., Prieto, B., Prieto, A. e Illeras, F. (2016). Utilización de la metodología de aula invertida en una asignatura de Fundamentos de la Informática. Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Computadores. Granada: Universidad de Granada.
- [14] Viñas, Meritxell (2012). La clase invertida: Cómo crear tú propia Khan Academy. [En línea]. Totemguard Academy. Consultado el 11 de mayo de 2022.
- [15] Iglesias, Carlos M. (2016). Flipped Classroom en Secundaria. Por qué y cómo he dado la vuelta a mis clases. [En línea]. Centro nacional de desarrollo curricular en sistemas no propietarios, ministerio de educación y formación profesional, gobierno de España. Consultado el 12 de mayo de 2022.
- [16] Fitz Walter, Zachary. Gamification is the addition of game elements to non-game activities. [En línea]. Gamify. Consultado el 10 de mayo de 2022.
- [17] Growth Engineering (2016). 15 ways to gamify your online learning. [En línea]. Consultado el 10 de mayo de 2022.
- [18] Educación 3.0 (2020). ¿Qué es la gamificación y cuáles son sus objetivos?. [En línea]. Consultado el 10 de mayo de 2022.
- [19] Gaitán, Virginia (2022). Gamificación: el aprendizaje divertido. [En línea]. Educativa. Consultado el 10 de mayo de 2022.

[20] Mosquera, Ingrid (2019). El aprendizaje por proyectos: una apuesta de futuro con muchos años de recorrido. [En línea]. UNIR. Consultado el 15 de mayo de 2022.

[21] Trujillo, Fernando (2018). La evaluación en el Aprendizaje basado en Proyectos. [En línea]. Formación en red. Consultado el 15 de mayo de 2022.

[22] Mancheño, Juan Torres (2019). Convierte tu clase en una aventura con @MyClassGame. [En línea]. Centro nacional de desarrollo curricular en sistemas no propietarios, ministerio de educación y formación profesional, gobierno de España. Consultado el 12 de mayo de 2022.

[23] Ramírez, Iván (2018). Kahoot!: qué es, para qué sirve y cómo funciona. [En línea]. Xataka. Consultado el 12 de mayo de 2022.

[24] Super Mario Wiki (2013). Mapa. [En línea]. Consultado el 15 de mayo de 2022.

[25] Guías Nintendo (2011). Mapa del mundo 1. [En línea]. Consultado el 15 de mayo de 2022

[26] Junta de Andalucía (2016). Atención a la diversidad. [En línea]. Consultado el 7 de junio de 2022.

Anexo 1: Guion de prácticas del variador



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



**GRAU D'ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I
AUTOMÀTICA**

PERIFÈRICS EN INSTAL·LACIONS D'AUTOMATITZACIÓ

Curso 2021-2022

[Sesió 1: Variador de frecuencia ATV320](#)

Safety First

Al realizar las prácticas, hay que tener en cuenta el procedimiento de realización de las mismas:

1. Antes de conectar o desconectar ningún elemento, leer detenidamente el enunciado de la práctica, para cerciorarse de cómo realizarla.
2. Una vez realizada la instalación por parte del alumno, llamar al tutor de prácticas para que la verifique y permita proceder a su puesta en marcha.
3. Realizar los ejercicios solicitados en las prácticas paso a paso y en el orden especificado
4. Consultar cualquier duda al respecto al tutor de prácticas y seguir siempre sus instrucciones.

Además durante la realización de las prácticas hay varios riesgos presentes que se deben conocer, puesto que se va a trabajar con **TENSIONES PELIGROSAS Y MOTORES**.

Ten **SIEMPRE** en cuenta las siguientes normas de actuación.

Riesgos mecánicos:

1. Presta especial atención a los ejes de los motores y prevé el arranque (la posible sacudida inicial) colocando la bancada en un lugar estable.
2. Comprueba que la carcasa de protección de la polea del motor, está correctamente colocada y fijada (Que no roce el motor con el plástico o esté rota o rajada).

Riesgos eléctricos:

3. NUNCA toques elementos en tensión, utiliza los cables con bornes de seguridad y protegidas para realizar la conexión entre variador y el motor. NUNCA desconectes los bornes de seguridad con el variador en funcionamiento.
4. Estudia con detenimiento los circuitos. Instala siguiendo un orden. No dejes nunca cables sueltos, ni al instalar o probar el circuito.
5. Sigue siempre las instrucciones del formador.

Índice de las prácticas

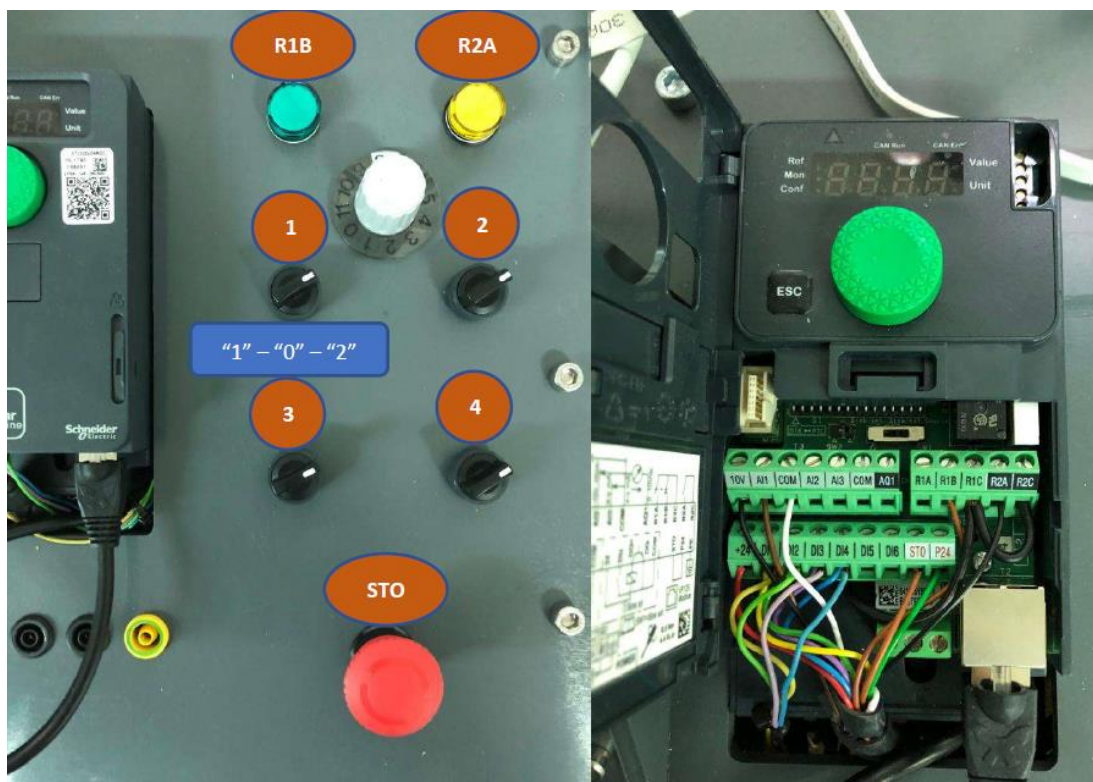
Práctica 1: Retorno a los valores de fábrica	6
Práctica 2: Datos del motor y autoajuste.	9
Práctica 3: Rampas de aceleración y deceleración.	14
Práctica 4: Límites de velocidad y frecuencias ocultas	17
Práctica 5: Tipo de control 2 hilos / 3 hilos.	20
Práctica 6: Frecuencia de corte.	24
Práctica 7: Referencia de frecuencia desde el propio variador.	25
Práctica 8: Conexión con el ordenador y parametrización del motor.	28
Práctica 9: Introducción a la programación ATVLogic	32

Variador en la maqueta de prácticas

Durante todas las sesiones de prácticas se trabajará con la misma maqueta de prácticas.

A modo de recordatorio estas son las entradas y salidas correspondientes al variador disponible en la maqueta.

N. BOTONERA de MANDO	FUNCIÓN 1	FUNCIÓN 2
PILOTO VERDE	R1B - Salida digital NC del relé R1 del variador	
PILOTO AMARILLO	R2A - Salida digital NA del relé R2 del variador	
POTENCIÓMETRO	AI1 - Consigna analógica del variador	
SELECTOR 1 (superior izquierda)	Posición izquierda - DI1 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo
SELECTOR 2 (superior derecha)	Posición izquierda - DI2 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo
SELECTOR 3 (inferior izquierda)	Posición izquierda - DI3 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo
SELECTOR 4 (inferior derecha)	Posición izquierda - DI4 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo
PULSADOR DE EMERGENCIA	STO variador	



Recordad que NA significa "Normalmente Abierto" y NC significa "Normalmente Cerrado" por lo que el relé R1B estará encendido si el relé R1 del variador está a nivel bajo.

Para esta práctica solo se utilizarán las posiciones izquierda (1) y central (0) de los selectores. Nunca colocarlos en posición derecha ya que puede provocar comportamientos imprevistos al desconocer el estado de las salidas del PLC.

Realización de las prácticas

Práctica 1: Retorno a los valores de fábrica

Puesto que se desconocen los valores de la configuración del variador, si se desea parametrizar el motor es mejor comenzar por unos valores conocidos que tener que revisar los múltiples parámetros de configuración individualmente.

El variador Altivar 320 está configurado para permitir una puesta en marcha rápida para la mayor parte de las aplicaciones.

De esta manera cuando realiza los ajustes de fábrica de un variador se parte de unos valores conocidos que facilitan la parametrización de la mayoría de las aplicaciones.

- Frecuencia nominal del motor: 50 Hz,
- Tensión del motor: 230 V (ATV 312H---M2, ATV 312H---M3), 400 V (ATV 312H---N4) y 600 V (ATV 312H---S6).
- Tiempo de las rampas lineales: 3 segundos,
- Velocidad mínima (LSP): 0 Hz.
- Velocidad máxima (HSP): 50 Hz.
- Modo de parada normal: rampa de deceleración.
- Modo de parada por fallo: rueda libre.
- Corriente térmica del motor = corriente nominal del variador.
- Funcionamiento de par constante con control vectorial de flujo sin captador.

Entradas lógicas:

- 2 sentidos de marcha (LI1, LI2), control 2 hilos, por nivel.
- 4 velocidades preseleccionadas (LI3, LI4): velocidad máxima (LSP), 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz.

Entradas analógicas:

- AI1 consigna velocidad 0 + 10 V,
- AI2 (0 a 10 V) sumatoria de AI1,
- AI3 (4-20 mA) no configurada,

Salidas libre de potencia:

- Relé R1: relé de fallo,
- Relé R2: sin asignar,

Salida analógica:

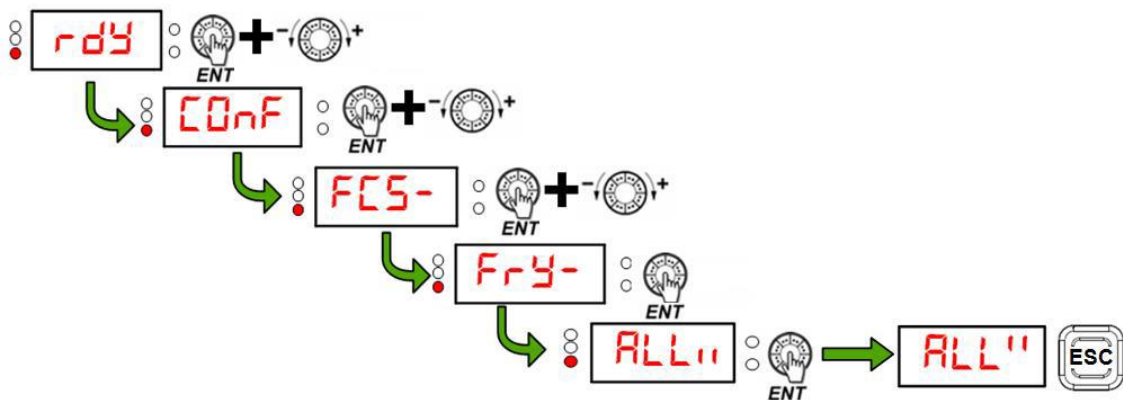
- AOC: 0-20 mA imagen de la frecuencia del motor.
- Adaptación automática de la rampa de deceleración en caso de frenado excesivo,
- Frecuencia de corte de 4 kHz, frecuencia aleatoria.

Todas las configuraciones manuales se realizarán exclusivamente mediante la ruleta verde del variador de frecuencia y el botón “Esc”.

Para navegar a través de los menús se girará la ruleta verde a izquierda o derecha. Para confirmar una selección o entrar dentro del menú se pulsará la ruleta. Para volver al menú anterior se pulsará el botón “Esc”.

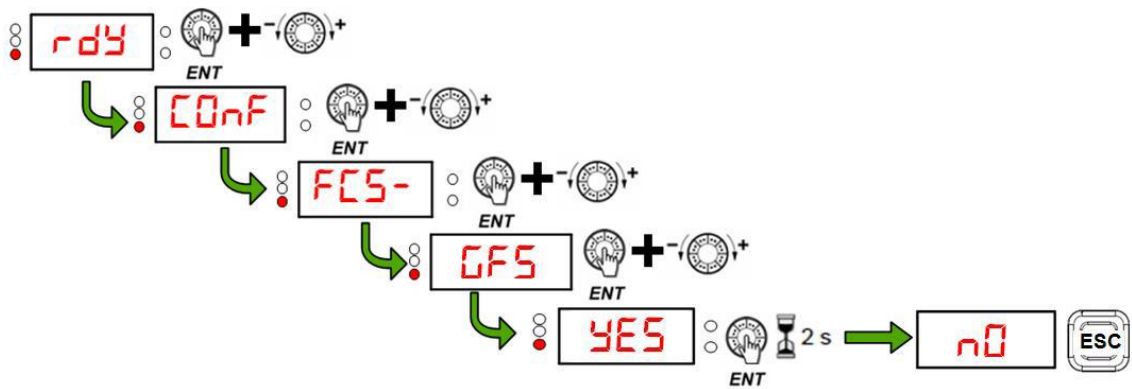
IMPORTANTE: Si en la pantalla del variador no ves escrito “rdY” pulsa botón “Esc” hasta que aparezca. Si tras pulsar dicho botón el mensaje en pantalla no cambia avisa al profesor.

Para volver a los valores de fábrica se parte del modo de configuración “ConF”, para llegar a él desde “rdY” se debe clicar la ruleta verde y luego navegar a través de los menús hasta llegar a él y pulsar nuevamente la ruleta. Dentro del modo configuración seleccionamos el menú de ajustes de fábrica “FCS”. Pulsamos, la ruleta para entrar, y la giramos hasta encontrar el parámetro ‘FrY-’ donde indicamos los parámetros que queremos retornar a fábrica, en este caso todos, seleccionamos ‘ALL,’ y pulsamos en la ruleta para seleccionarlo, veremos que el parámetro cambia a ‘ALL”’ (las comillas pasan de abajo a arriba).



Ahora dentro del mismo menú ‘FCS-’, buscamos el parámetro ‘GFS’ y entramos dentro del pulsando la ruleta, seleccionamos la opción ‘YES’, y pulsamos durante 2 segundos. Al soltar la ruleta el mensaje en pantalla pasará automáticamente a ‘NO’ si todo ha salido correctamente.

(Imagen en la página siguiente)



Comprueba que los ajustes de fábrica se han realizado correctamente, comprobando que los parámetros que se cargan por defecto son los especificados.

Para dicha comprobación utiliza los diferentes selectores y el potenciómetro conectado a la entrada AI1 del variador.

Práctica 2: Datos del motor y autoajuste.


Las características de la alimentación y del motor, permiten determinar los valores límite de la ley tensión/frecuencia en función de las características de la red de alimentación, del motor y de la aplicación. Estas características se encuentran en la placa de motor.

- Potencia del motor (KW) leída en la placa de características del motor.
- Tensión nominal del motor (en V), leída en la placa de características del motor.
- Corriente Nominal (A) leída en la placa de características del motor.

Para las aplicaciones de par constante o variable con o sin sobrevelocidad, deben ajustarse los siguientes valores:

- Frecuencia básica correspondiente a la red (en HZ).
- Frecuencia nominal del motor (en Hz), leída en la placa de características del motor,
- Frecuencia máxima de salida del variador (en Hz).

Una vez colocados los parámetros del variador, su puede realizar un **autoajuste** (autotuning), cuando se realiza el variador envía unos pulsos de corriente y realiza unas mediciones de corriente y tensión para adaptar la ley de control del variador a ese motor en concreto, ya que esos parámetros dependen constructivamente de cada motor.

<p style="text-align: center;"> PELIGRO</p> <p>PELIGRO DE SHOCK ELECTRICO, EXPLOSION, O ARCO ELECTRICO</p> <ul style="list-style-type: none">• Durante el autoajuste, el motor funciona a corriente nominal.• No manipule el motor durante el autoajuste. <p>Si no se siguen estas instrucciones se pueden producir lesiones graves o incluso la muerte.</p>

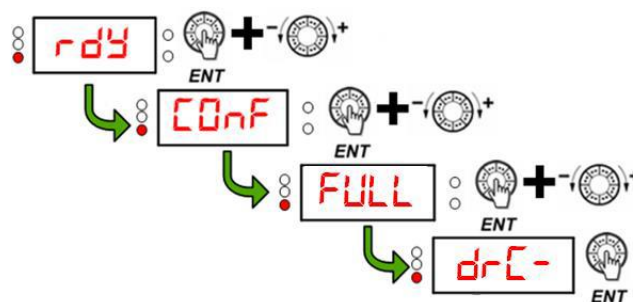
También se realizará el ajuste de la intensidad térmica del motor para la protección de este.

El ATV320 nos permite configurar los datos de placa del motor.

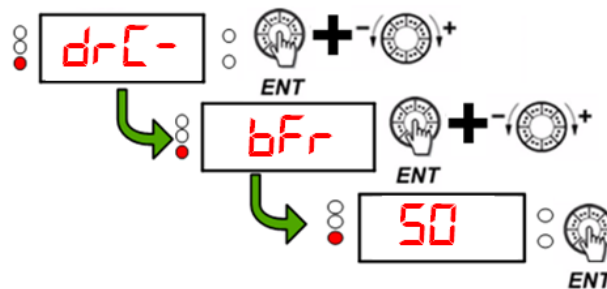
Ajuste de parámetros de placa de motor:

Lo primero que haremos es navegar hasta el menú '**DrC**', donde se encuentran, todos los parámetros relacionados con el motor.

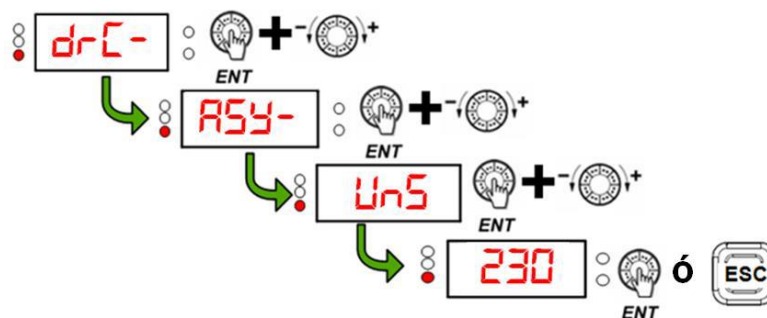
Para ello, estando el motor parámetro y desde el estado '**rdY**' que aparece en el display, pulsaremos la ruleta para entrar en los modos de operación, giramos la ruleta hasta encontrar el menú de configuración '**ConF**', entramos en este pulsando nuevamente la ruleta, y buscamos la opción de '**FULL**' que nos muestra todos los menús de configuración del variador. Pulsamos, la ruleta para entrar, y la giramos hasta encontrar el menú '**drC**' donde se encuentran los parámetros de motor, y pulsamos en la ruleta para entrar.



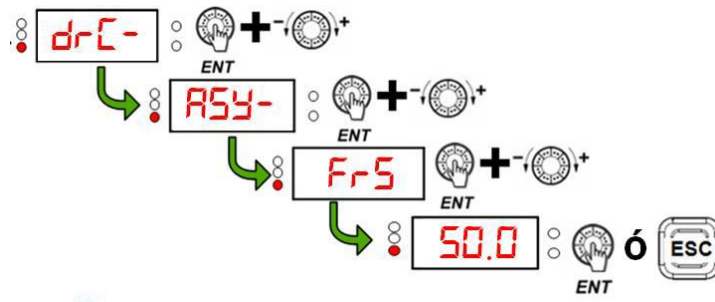
Dentro del menú '**drC**', buscar el parámetro '**bFr**', e introducir la frecuencia básica correspondiente a la red.



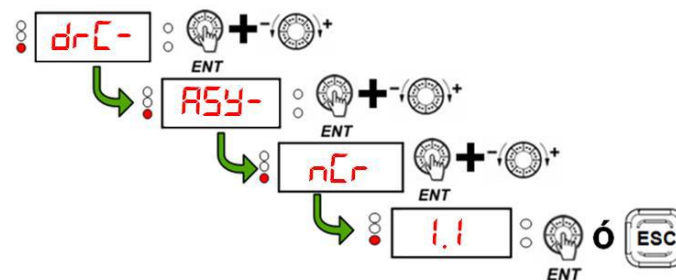
Ahora, buscamos el submenú '**Asy-**', que engloba los parámetros del motor asíncrono, entramos dentro de él pulsando la ruleta, dentro de este buscamos el parámetro '**UnS**', donde hay que introducir la tensión nominal del motor.



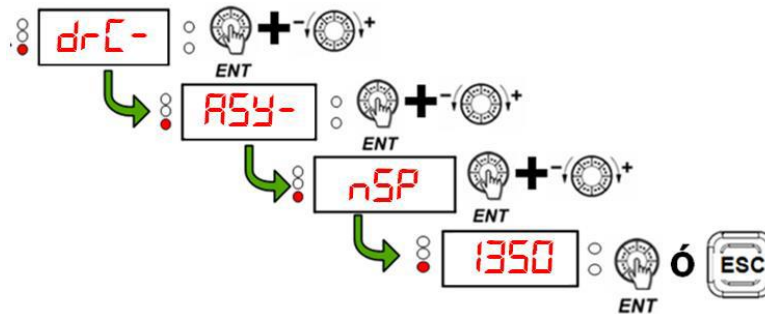
Dentro del mismo submenú, buscamos el parámetro 'FrS', e introducimos la frecuencia nominal del motor.



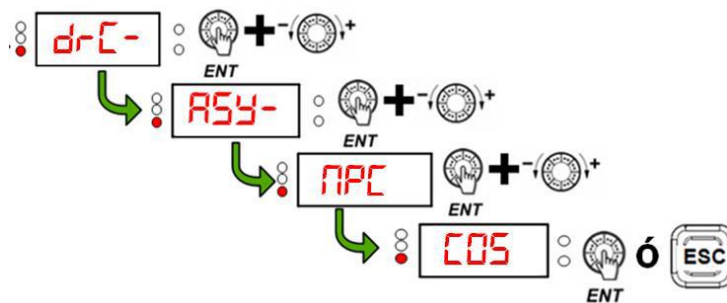
Modificamos también el parámetro 'nCr', donde introducimos la corriente nominal del motor.



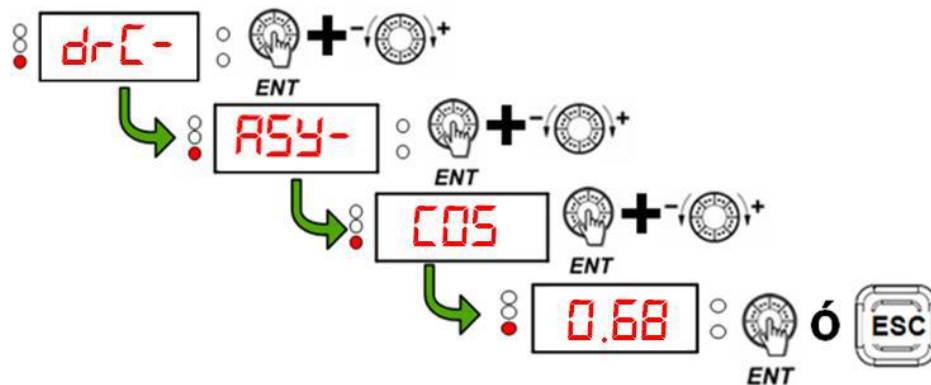
El parámetro 'nSP', introducimos la velocidad nominal del motor.



Ahora para introducir el coseno, primero de todo tendremos que buscar dentro del submenú 'ASY-', el parámetro 'MPC' donde elegiremos si vamos a introducir la potencia en Kw del motor o el coseno de ϕ , elegimos 'COS'.



Una vez seleccionado que vamos a introducir el coseno de φ del motor. Hay que buscar dentro del submenú 'ASY-', el parámetro 'COS' donde vamos a introducir el coseno de φ del motor.



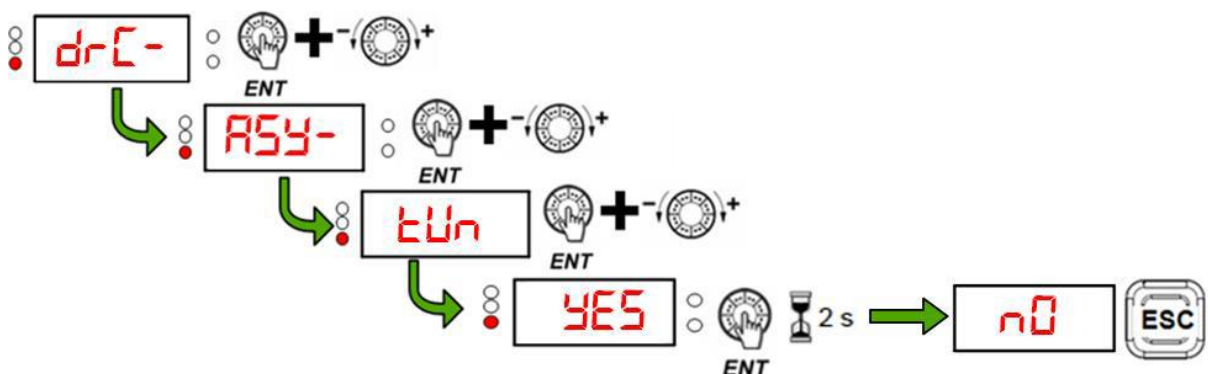
Realizar Autoajuste:

FUNCIONAMIENTO INADECUADO DEL EQUIPO

Los siguientes parámetros deben configurarse correctamente antes de iniciar el autoajuste: *UnS*, *FrS*, *nCr*, *nSP* y *nPr* o *COS*.

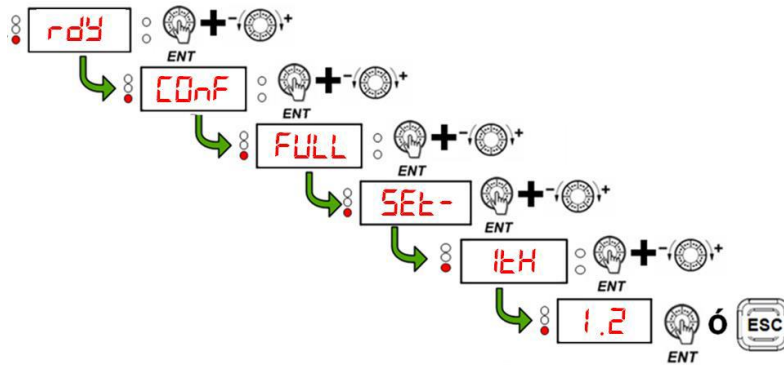
Si uno o más de estos parámetros se modificaran después de que se haya realizado el autoajuste, *tUn* volverá a **n0** y deberá repetirse el proceso.

Para realizar el autoajuste, en el menú 'DrC', buscar el parámetro 'tUn', y seleccionar 'YES', manteniendo la ruleta pulsada unos dos segundos hasta que el 'YES', cuando se haya realizado el autoajuste, automáticamente pase otra vez a 'NO'.

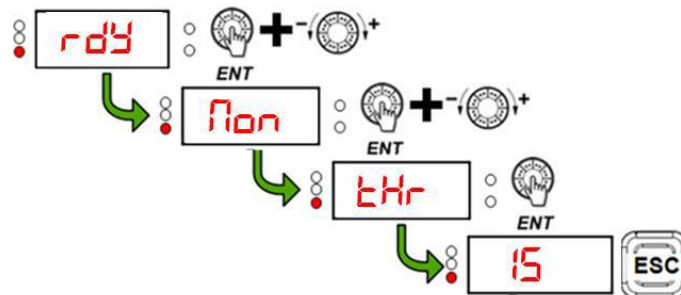


Ajuste de la intensidad térmica:

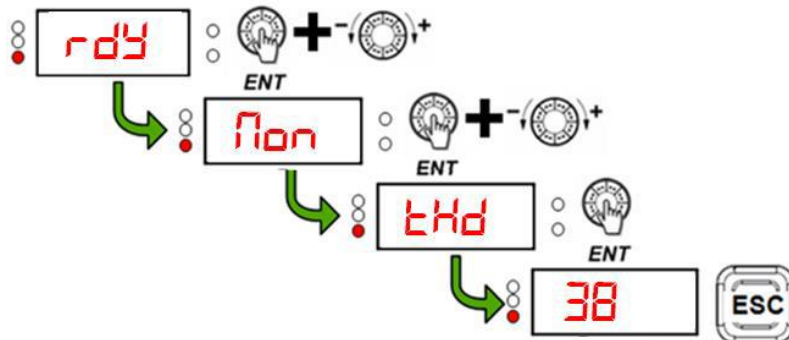
Para ajustar la protección térmica del motor, en el modo de configuración 'ConF', entramos pulsando la ruleta, y buscamos la opción de 'FULL', pulsando la ruleta para entrar, y la giramos hasta encontrar el menú 'SEt-' donde están los parámetros de ajustes de la aplicación. Dentro hay que buscar el parámetro 'ItH', y ajustar la intensidad térmica con el valor de la intensidad nominal de placa del motor.



Ahora vamos a ver el '% térmico en el motor', para ello desde hay que ir al modo de operación 'Mon' entrando en el pulsando la ruleta, y buscamos el parámetro 'tHr' donde vemos el valor en % del estado térmico del motor.



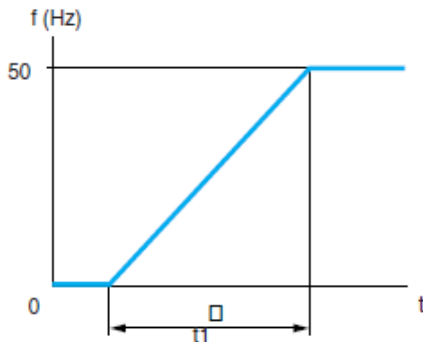
También tenemos el '% térmico del variador' que depende de la intensidad nominal permanente que nos puede dar el variador, ir al menú de supervisión 'SUP-', y buscamos el parámetro 'tHd' y vemos el valor.



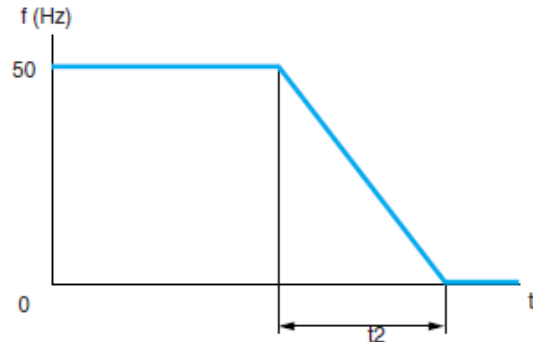
Práctica 3: Rampas de aceleración y deceleración.

Forma de las rampas de aceleración y deceleración

Permite la evolución progresiva de la frecuencia de salida a partir de una consigna de velocidad, según una ley lineal o preestablecida.



Rampa de aceleración lineal



Rampa de deceleración lineal

t1: tiempo de aceleración

t2: tiempo de deceleración

t1 y t2 ajustables independientemente de 0,1 a 999,9 s; preajuste: 3 s.

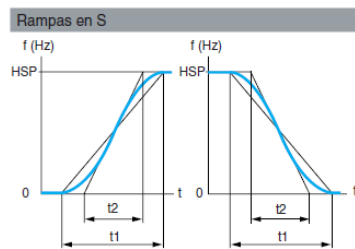
El tiempo de aceleración y deceleración que se parametriza es el tiempo que tardaría 0 – 50 Hz si la velocidad de consigna es proporcional el tiempo será proporcional a esa rampa.

Rampas en S

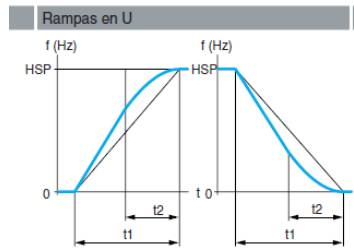
Las rampas en S se utilizan para las aplicaciones de manutención, acondicionamiento y transporte de personas; permite compensar el juego mecánico, eliminar las sacudidas y limitar las “inadaptaciones” de velocidad con regímenes transitorios ruidos en caso de inercia elevada.

Rampas en U

Las rampas en U se utilizan para aplicaciones de bombeo tales como instalación con bomba centrífuga y válvula anti retorno; aumenta el dominio de la caída de la válvula.



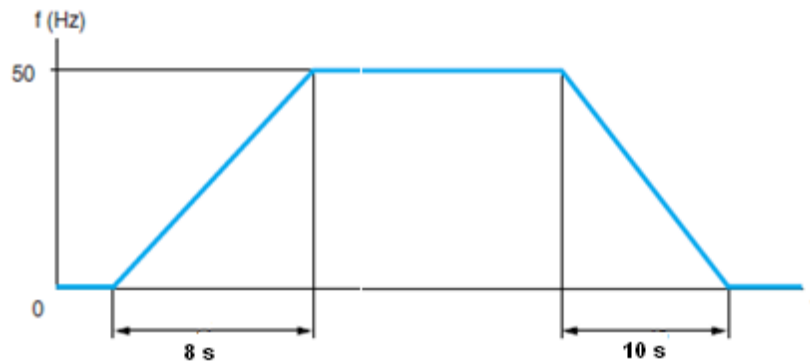
HSP: velocidad máxima
t1: tiempo de rampa ajustado
 $t2 = 0,6 \times t1$
El coeficiente de redondeo es fijo.



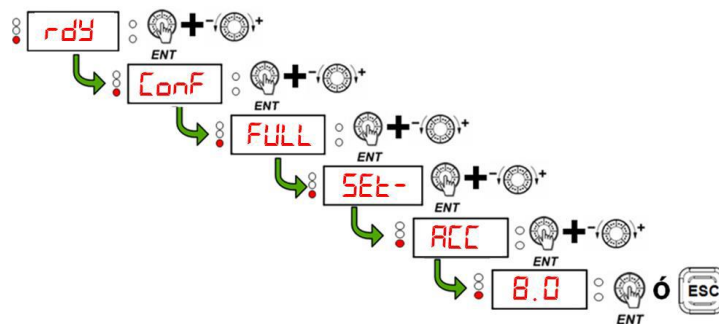
HSP: velocidad máxima
t1: tiempo de rampa ajustado
 $t2 = 0,5 \times t1$
El coeficiente de redondeo es fijo.

El objetivo de esta práctica es la configuración de las rampas de aceleración y desaceleración del variador mediante el tiempo que duran éstas.

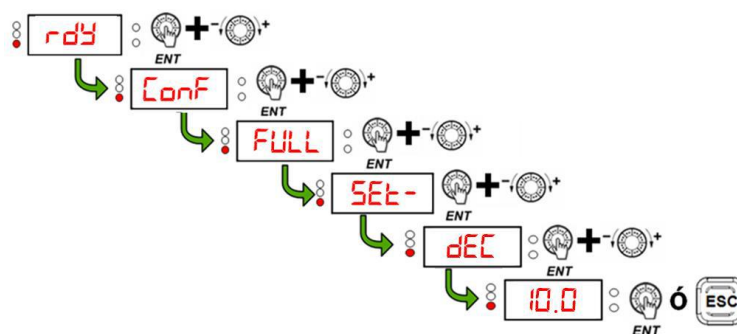
Se configurará el ATV 312 para definir las rampas de una aplicación tal y como se muestra en la figura. (Ejemplo de aplicación de bombeo). Donde la rampa de aceleración se ajustará a **8 segundos**, la deceleración en **10 segundos** y el tipo de rampa se configurará en U.



Para ajustar la rampa de aceleración. Entraremos en el modo de configuración 'Conf', pulsando la ruleta, y buscamos la opción de 'FULL', entramos y giramos la ruleta hasta encontrar el menú 'SET-' donde están los parámetros de ajustes de la aplicación. Dentro hay que buscar el parámetro 'ACC', y ajustar la rampa de aceleración y ajustar su valor a **8.0 s**.

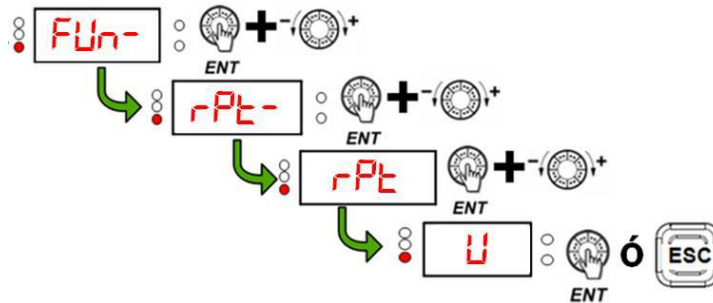


Ahora hacemos lo mismo con el tiempo de deceleración. Dentro del menú 'Set', buscamos el parámetro 'dEC' y ajustamos el valor de la rampa de deceleración a **10.0 s**.



Tipo de rampa en U:

Después de haber definido los tiempos de aceleración y deceleración, salir al menú principal 'FULL' y acceder al menú 'FUn' (funciones de aplicación) , entrar y buscar el submenú 'rPt' (rampas), y dentro de este buscar el parámetro 'rPt' (tipo de rampa) y seleccionar el tipo U 'U'.



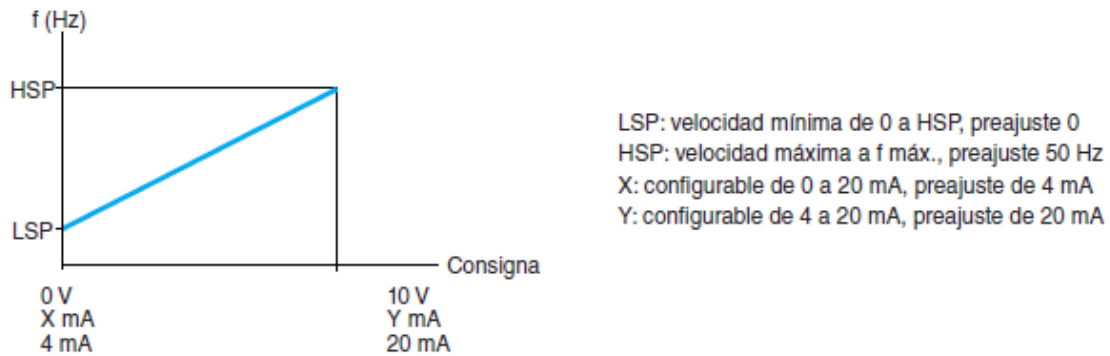
Arranca el motor con **LI1** y con la consigna de velocidad (potenciómetro **AI1** al máximo) y observa si en el arranque el motor tarda **8 segundos** en llegar a la velocidad de **50 Hz**, después comprueba que al quitar **LI1** el motor tarda en parar **10 segundos**.

Práctica 4: Límites de velocidad y frecuencias ocultas

Límites de velocidad:

El variador permite la configuración de unas velocidades máxima y mínima para el motor de forma que estas no pueden ser rebasadas.

Así, si al variador se le entra una consigna superior a la velocidad máxima configurada, esta no será rebasada. Del mismo modo, ante una entrada nula, el variador hace que el motor gire a la velocidad mínima permitida.

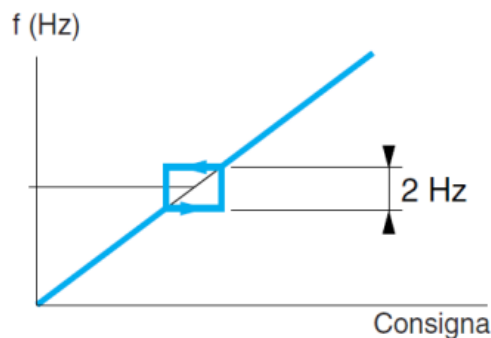


En aplicaciones específicas (véase aplicaciones de bombeo o ventilación), es importante determinar la velocidad mínima de trabajo, ya que generalmente el valor no es 0 Hz y la regulación óptima es en este caso sería, desde el mínimo valor de velocidad, que moviera columna de agua hasta el valor máximo deseado.

Frecuencia ocultas:

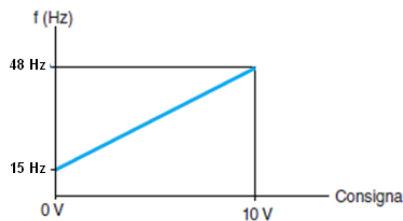
Impide el funcionamiento prolongado en un rango de frecuencia de ± 1 Hz alrededor del valor de frecuencia oculta parametrizado.

Esta función permite eliminar las velocidades críticas que comporten resonancia

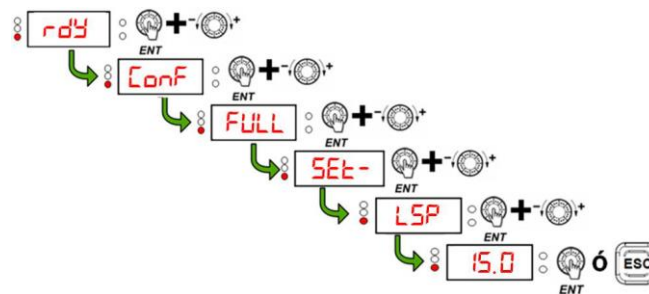


El objetivo de esta práctica es configurar la velocidad máxima y mínima de trabajo, para la aplicación, para que el variador no trabaje en rangos de velocidad que no generan ningún trabajo a la aplicación. También configuraremos una frecuencia oculta para evitar una resonancia mecánica en nuestra máquina.

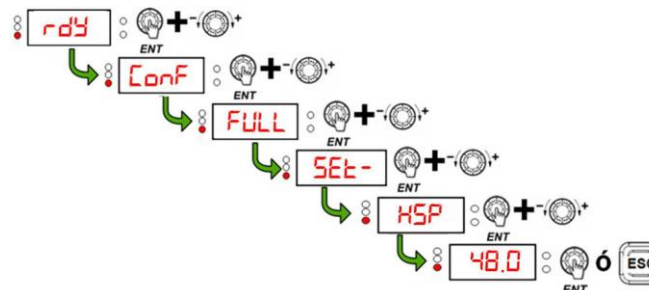
Se tiene una aplicación de ventilación donde se desea que la consigna de velocidad que proviene de un sensor de CO2 regule la velocidad del ventilador entre **15 Hz** (velocidad mínima a la que el motor mueve aire) hasta **48 Hz** (velocidad máxima mecánica del sistema de ventilación).



Para ajustar las limitaciones de velocidad. Entraremos en el modo de configuración 'ConF', pulsando la ruleta, y buscamos la opción de 'FULL', entramos y giramos la ruleta hasta encontrar el menú 'SEt-' donde están los parámetros de ajustes de la aplicación. Dentro hay que buscar el parámetro 'LSP', y ajustar el a limitación de velocidad mínima y ajustarla a **15.0 Hz**.



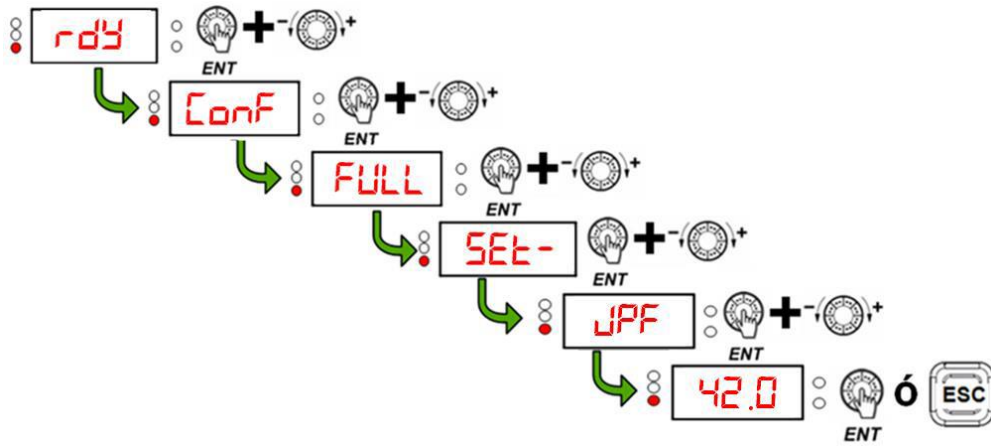
Ahora dentro del mismo menú 'SEt-', buscar el parámetro 'HSP' que es la limitación de velocidad máxima y ajustar su valor a **48.0 Hz**.



Arrancar con **LI1** y con **AI1** al mínimo y observa que la velocidad del motor, se ajusta a la gráfica, con el potenciómetro a **0**, se pone a **15 Hz** de velocidad. Ahora poner **AI1** al máximo **10** y observar que el motor se pone a **48 Hz** de velocidad

Frecuencia oculta:

Para poner una frecuencia oculta para evitar una resonancia mecánica, hay que acceder al menú 'SEt-', entrar y buscar el parámetro 'JPF', y ajustar su valor a '42 Hz'.



Arranca el motor como siempre, utilizando el potenciómetro ajusta la frecuencia para intentar que gire a la frecuencia oculta especificada. Automáticamente la frecuencia de giro aumentará o se reducirá para evitar mantenerse en dicha frecuencia oculta durante un tiempo prolongado.

Práctica 5: Tipo de control 2 hilos / 3 hilos.

El variador se puede configurar el tipo de control en función de lo que necesite la aplicación, se pueden parametrizar 3 tipos de control.

- (2C): control 2 hilos.
- (3C): control 3 hilos.
- (LOC): control local (RUN / STOP / RESET del variador) (invisible si 'NIVEL ACCESO' (LAC) ='Nivel 3' (L3)).

Control 2 hilos: el estado abierto o cerrado de la entrada controla la marcha o la parada.

Ejemplo de cableado:

LI1: marcha adelante

LIX: marcha atrás

Control 3 hilos (mando por impulsos): un pulso "adelante" o "atrás" es suficiente para controlar el arranque; un pulso de "parada" es suficiente para controlar la parada.

Ejemplo de cableado:

LI1: parada

LI2: adelante

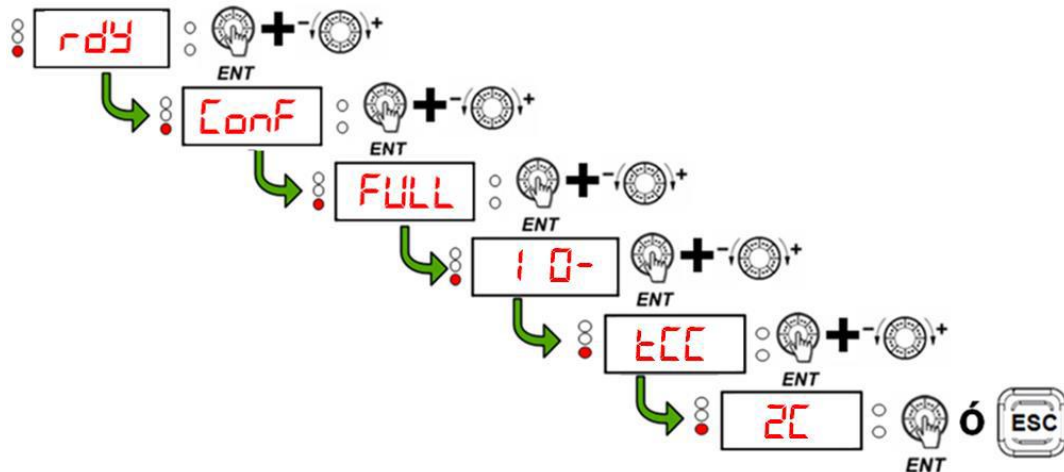
LIX: atrás

Si se ha elegido control de 2 hilos además se puede diferenciar entre estas opciones.

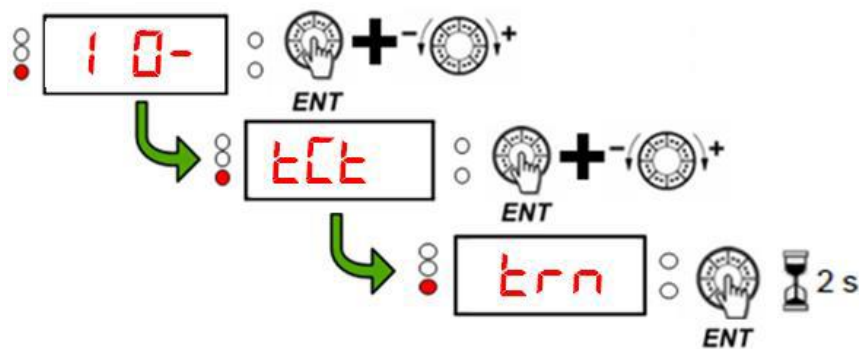
- (LEL): El estado 0 ó 1 se tiene en cuenta para la marcha o la parada.
- (trn): Es necesario cambiar de estado (transición o flanco) para activar la marcha a fin de evitar un re arranque imprevisto tras una interrupción de la alimentación.
- (PFO): El estado 0 ó 1 se tiene en cuenta para la marcha o la parada, pero la entrada de giro "adelante" siempre tiene prioridad sobre la entrada de giro "atrás".

Control de 2 hilos con transición (por defecto).

Primero se tiene que configurar el tipo de control a 2 hilos. Hay que entrar en el modo de configuración '**Conf**', pulsando la ruleta, y buscamos la opción de '**FULL**', entramos y giramos la ruleta hasta encontrar el menú '**I-O**', entrar y buscar el parámetro '**tCC**', selecciona la opción '**2C**' para configurar el tipo de control de 2 hilos.



Ahora en el mismo, en el menú '**I-O**', buscar el parámetro '**tCt**' y selecciona la opción '**trn**', que establece que tiene que haber un cambio de estado (transición) para que haga caso a la orden.

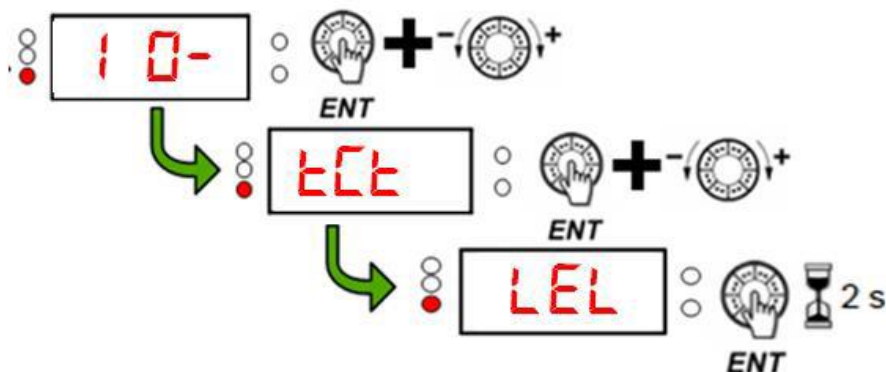


Prueba el funcionamiento de este, en el panel de prácticas accionado el selector **LI1**, el motor se pondrá en marcha. Una vez en marcha con el selector activado, cortar la maneta con el disyuntor motor (quitarle alimentación al panel de prácticas). Espera unos segundos, y al volver a darle tensión al panel, el motor quedará parado y en el variador se visualizará el estado '**nSt**'. (Eso es porque la entrada de marcha tiene un 1, pero el variador no ha visto la transición ó cambio de estado). Para ponerlo en marcha se debe desactivar el selector de la entrada **LI1** y volver a activar.

Control de 2 hilos por nivel.

Primero se tiene que configurar el tipo de control a 2 hilos, como en el apartado anterior.

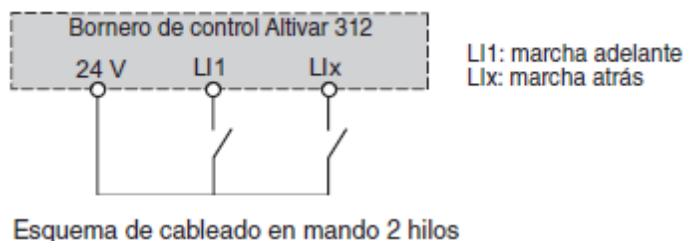
Después ir al menú 'I-O', buscar el parámetro 'tCt' y selecciona la opción 'LEL', que establece la orden va por nivel (si él ve un 1 en la señal de marcha da la orden).



Primero se tiene que configurar el tipo de control a 2 hilos, como en el apartado anterior.

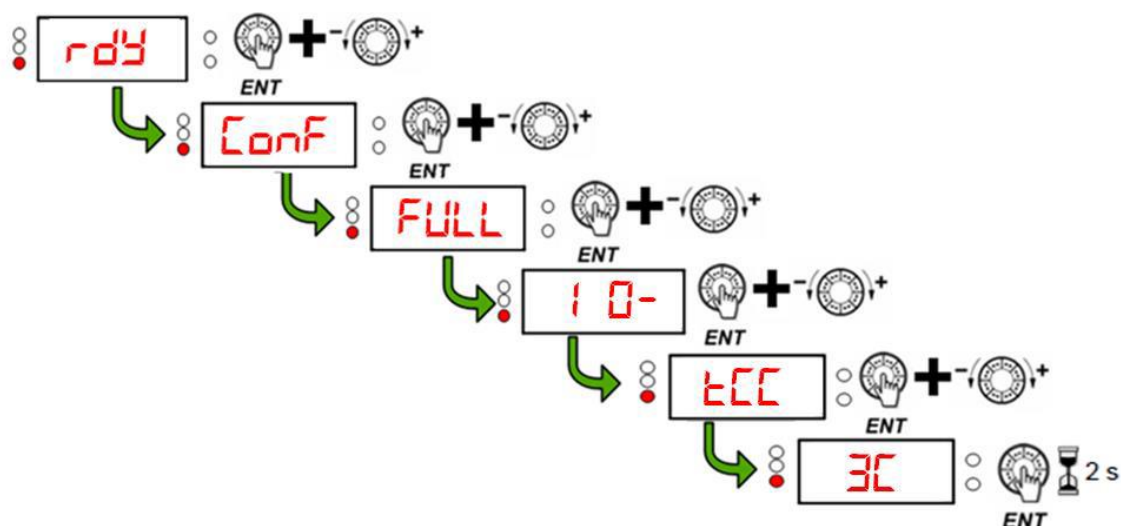
Después ir al menú 'I-O', buscar el parámetro 'tCt' y selecciona la opción 'LEL', que establece la orden va por nivel (si él ve un 1 en la señal de marcha da la orden).

Prueba el funcionamiento de este modo de control, en el panel de prácticas accionado el selector **LI1**, el motor se pondrá en marcha. Una vez en marcha con el selector activado, cortar la maneta con el disyuntor motor (quitarle alimentación al panel de prácticas). Espera unos segundos, y al volver a darle tensión al panel, el motor se pondrá en marcha inmediatamente, ya que la señal de nivel de la entrada de marcha permanece a **1**.



Control de 3 hilos.

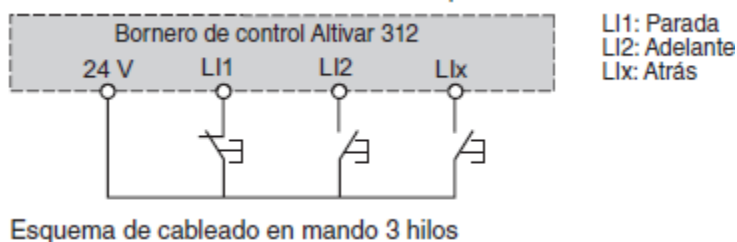
Primero se tiene que configurar el tipo de control a 3 hilos. Para ello acceder al menú 'I-O', entrar y buscar el parámetro 'tCC', selecciona la opción '3C' para configurar el tipo de control de 3 hilos. (mantener pulsado al menos dos segundos hasta que parpadee)



Prueba el funcionamiento de este modo de control, en el panel de prácticas accionado el selector **LI1**, el motor se mantendrá apagado (de esta manera simulamos el botón de paro (**NC**) de este tipo de acción).

Para poner en marcha activar el **LI2** y desactivarlo inmediatamente, ya que simularemos que es un pulsador (**NO**). Para pararlo desactivando el botón **LI1** se parará botón de paro.

Si queremos cambiar de dirección pulsar el **LI3**.



▲ PELIGRO

FUNCIONAMIENTO IMPREVISTO DEL EQUIPO

Compruebe que la modificación del tipo de control de 2 hilos es compatible con el esquema de cableado utilizado.

Si no se tienen en cuenta estas instrucciones, puede producir heridas graves o incluso la muerte.

Práctica 6: Frecuencia de corte.

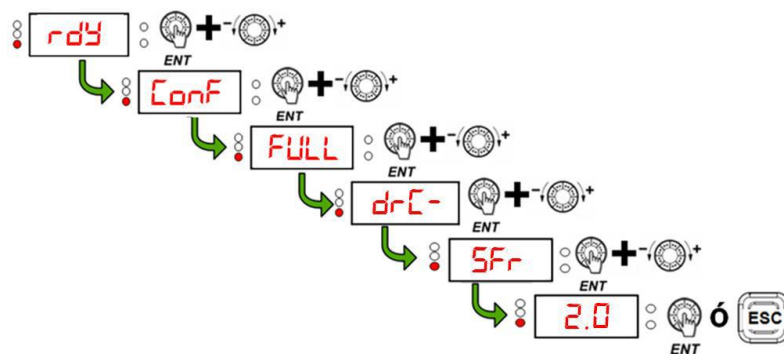
Frecuencia de corte, limitación de ruidos

El ajuste de la frecuencia de corte permite reducir el ruido generado por el motor. La frecuencia de corte se modula de forma aleatoria para evitar fenómenos de resonancia.

El objetivo de esta práctica es familiarizarse con una herramienta de este variador que permite disminuir el ruido del motor.

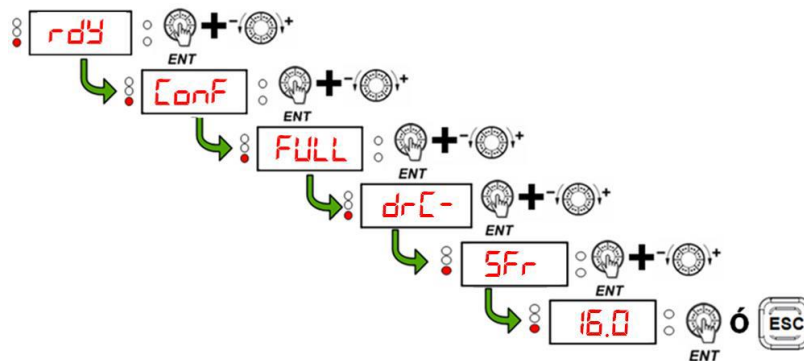
Ajuste de la frecuencia de corte a 2 kHz.

Para cambiar la frecuencia de corte (este parámetro tan importante), hay que entrar en el modo de configuración '**Conf**', pulsando la ruleta, y buscamos la opción de '**FULL**', entramos y giramos la ruleta hasta encontrar el menú '**drC-**', entrar y buscar el parámetro '**SFr**', y ajusta el valor de la frecuencia de corte a **2.0 kHz**.



Ahora arranca el motor y escucha su sonido.

Vuelve a acceder al menú '**drC-**' de parámetros del motor, entra y busca el parámetro de frecuencia de corte 'SFr' y esta vez cambia la frecuencia de corte a **16.0 kHz**.



Vuelve a arrancar el motor y comprueba la diferencia de sonido que ha comportado el ajuste de este parámetro.

Práctica 7: Referencia de frecuencia desde el propio variador.

El variador ATV320 permite dar una referencia de frecuencia mediante la propia ruleta verde que se utiliza para navegar por los menús. De esta forma no es necesario un potenciómetro externo para dar la referencia de frecuencia.

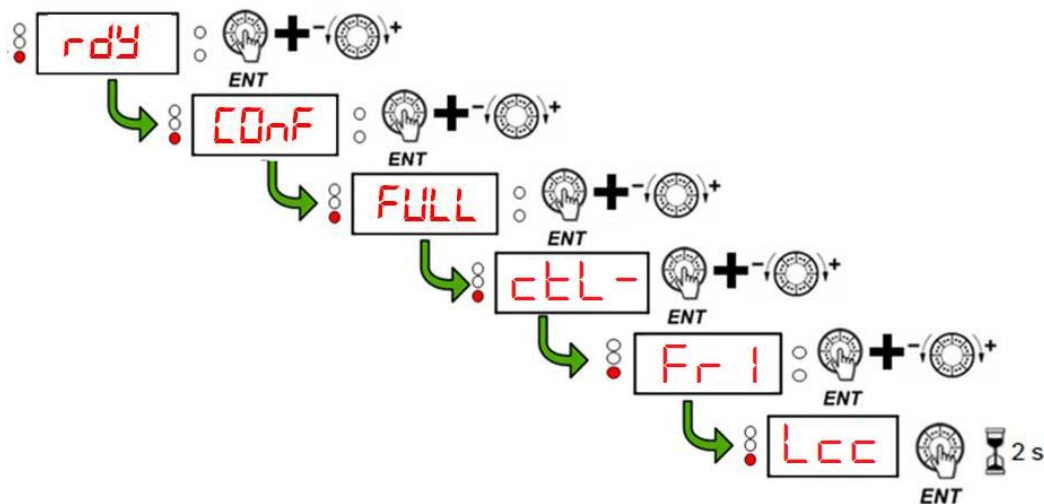
Este método de referencia es muy demandado por los clientes puesto que permite observar la respuesta del motor “on the go” sin necesidad de una alimentación analógica externa.

En esta práctica la orden de marcha se seguirá dando desde los terminales de la maqueta.

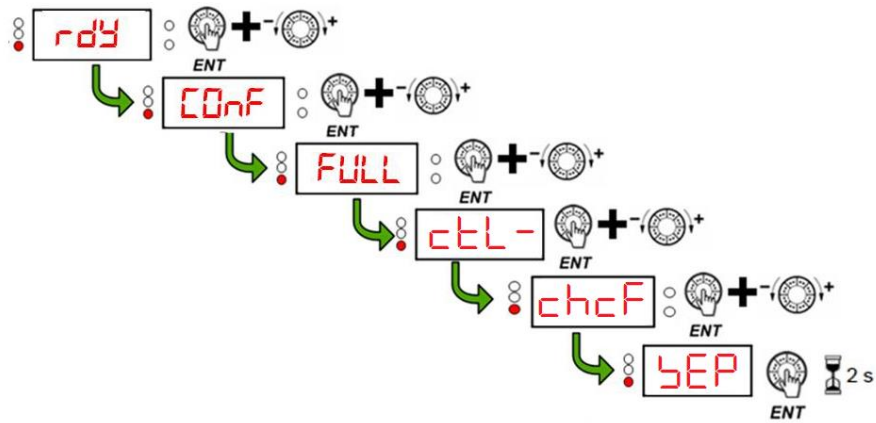
Con tal de configurar la referencia mediante la ruleta y no mediante la entrada AI1 vamos al menú de configuración ‘CONF’, posteriormente a ‘FULL’ para que se muestren todas las opciones, a continuación a control ‘CTL-’.

Dentro del menú control buscamos el parámetro ‘FR1’ y dentro de este menú le decimos por donde debe de leer la referencia de frecuencia.

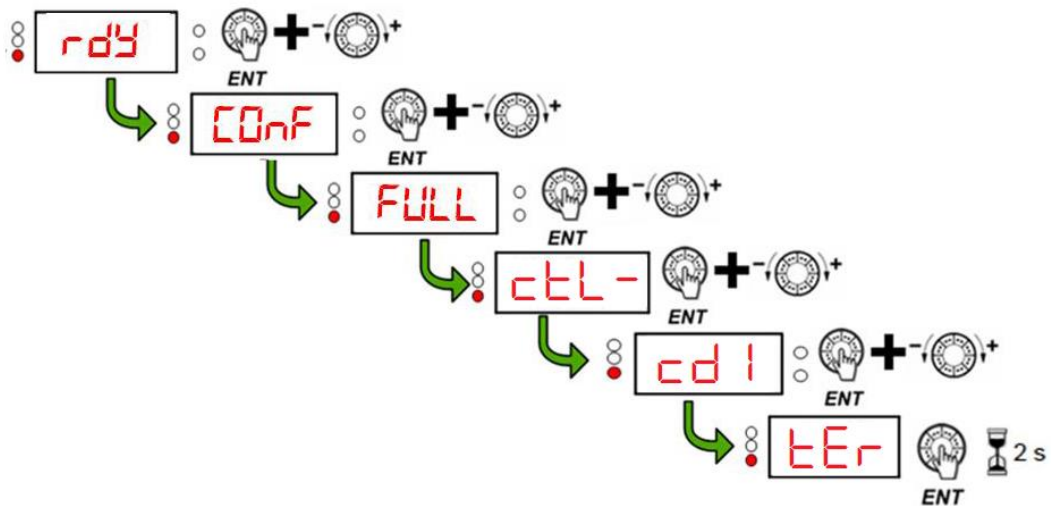
Por defecto veremos que viene seleccionada ‘AI1’, ya que hasta ahora hemos utilizado esta como referencia. Giramos la ruleta hasta encontrar la opción ‘LCC’ que significa “local”. De esta forma leerá la referencia desde el propio variador. Se debe mantener pulsada la ruleta durante 2 s al seleccionar esta opción.



De vuelta en el menú control bajamos hasta el parámetro ‘CHCF’, entramos dentro de este clicando en la ruleta y lo configuramos como ‘SEP’ (separada la orden de marcha y la consigna de velocidad). Nuevamente mantenemos la ruleta pulsada durante 2 s.



Asegúrate que dentro del menú de configuración el parámetro 'CD1' está configurado como 'tEr' (terminales) ya que la orden de marcha se dará desde estos.



Pulsa escape hasta salir de todos los menús (observa 'rdy' en la pantalla). Clic en la ruleta y busca la opción 'Ref' (debería de salir la primera). Es aquí donde se debe introducir la consigna de frecuencia en hercios. Una vez se haya introducido haz clic para confirmar. Da la orden de marcha utilizando los terminales de la maqueta.

Software soMove

Aunque hasta ahora hemos configurado los parámetros del variador mediante la ruleta y botones del propio variador.

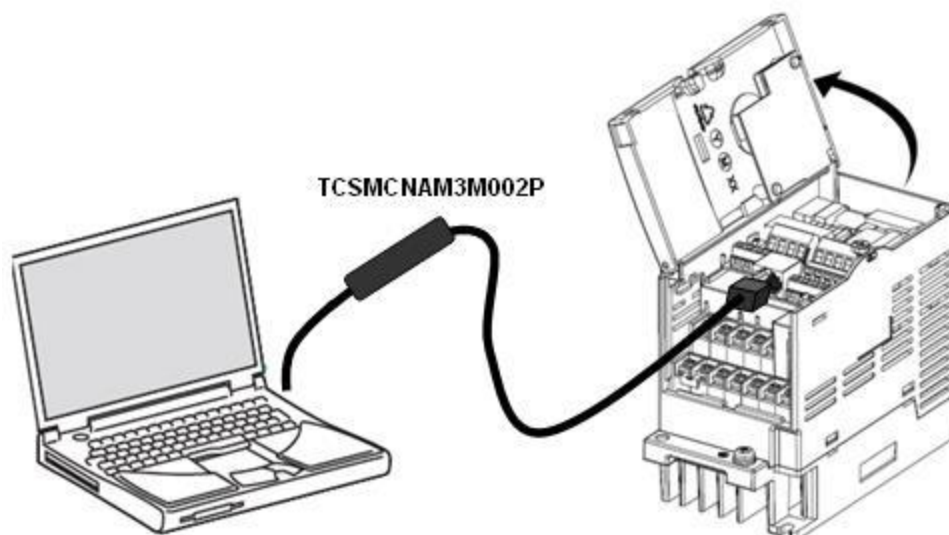
Pero podemos utilizar un ordenador con un software específico para configurar el variador de una forma más rápida.

Además el software de Schneider SoMove nos permite incluso realizar una completa programación al variador para personalizar aún más el control del motor.

El cable de programación para los variadores Altivar 320, es un cable que por un extremo tiene un conector USB para el PC, y por el otro un RJ45, para el conector dentro de la tapa frontal del variador, el modelo de cable es el TCSMCNAM3M002P.

El puerto de comunicaciones y el de programación es el mismo para este modelo de variador.

La comunicación se hace mediante el bus de campo serie modbus. En caso de utilizar este software en un ordenador distinto al de los del laboratorio sería necesario especificar como serán estas comunicaciones. Toda esta información se encuentra en el manual del variador.



Práctica 8: Conexión con el ordenador y parametrización del motor.

IMPORTANTE:

Antes de realizar esta práctica debes repetir la práctica 1, es decir, devuelve los parámetros del motor a los valores de fábrica.

Antes de comenzar la práctica pide al profesor un cable de programación TCSCMCNAM3M002P.

Utilizando dicho cable conéctalo en el único puerto del variador (desconecta el cable de comunicaciones si está conectado) y conecta el extremo USB al ordenador del laboratorio (recuerda que los dos puertos USB superiores de la parte frontal del ordenador del laboratorio no funcionan).

Abre el software SoMove instalado en el mismo ordenador.

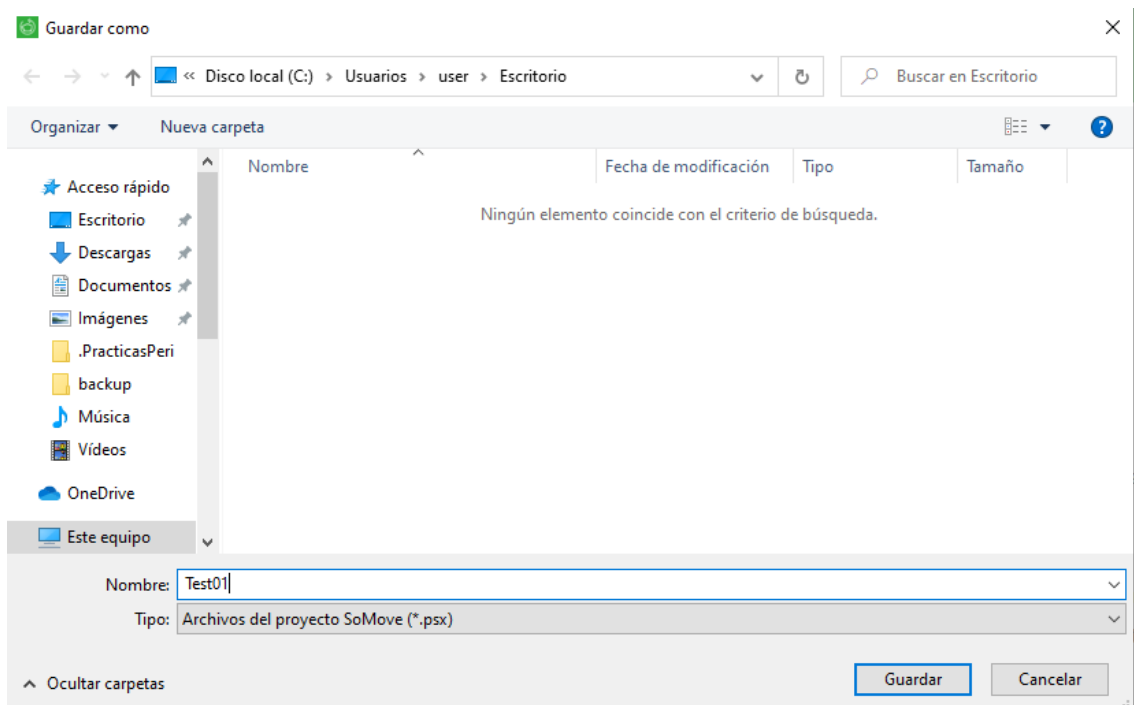
Una vez abierto clicas en cargar desde dispositivo para descargar la configuración actual del variador sobre el ordenador.

The screenshot shows the SoMove software interface. At the top, it says 'SoMove Build 2.7.6' and 'Life Is On Schneider Electric'. The interface is divided into several sections:

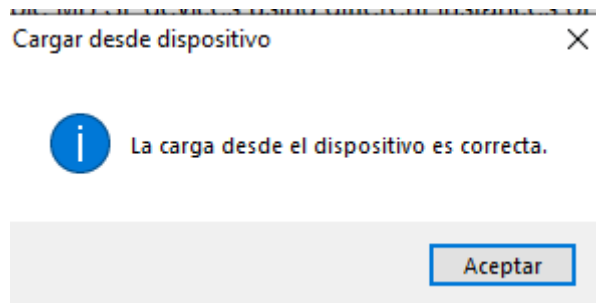
- Proyectos:** Includes buttons for 'Crear proyecto, fuera de línea', 'Abrir un proyecto', and 'Conectar'.
- Transfer (configuración de cosa/espillo):** This section is highlighted with a red box and contains two buttons: 'Cargar desde dispositivo' (Load from device) and 'Guardar en dispositivo' (Save to device).
- Herramientas:** Includes buttons for 'Editar conexión/Escanear', 'Importar/exportar', 'Conversión de equipo', and 'Ayuda'.
- Idioma:** A dropdown menu currently set to 'English'.
- LAST CONNECTED DEVICE INFORMATION:** A table showing device details:

Tipo de dispositivo:	ATV320
Referencia:	ATV320U04M2C
Tipo de bus de campo:	Serie Modbus
Dirección del bus de campo:	248
Versión del DTM:	1.2.6.0
- FREQUENTLY ASKED QUESTIONS:** A list of common user questions and their solutions.
- Right Sidebar:** Contains links for 'Installed Device Information', 'Device Software Downloads', 'Motor Control Solutions', 'Support', and 'Latest News'.
- Footer:** A green banner with the text 'The Customer Care by Schneider Electric' and a 'Take Survey' button.

Nos pedirá un lugar donde guardarlo y un nombre para el fichero:



Esperamos a que acabe de cargar, **leemos** y aceptamos la advertencia que aparece.



A continuación clicamos en conectar y esperamos:

The screenshot shows the SoMove software interface. On the left, there is a sidebar with options like 'Crear proyecto, fuera de línea', 'Abrir un proyecto', and 'Conectar' (highlighted with a red box). The main area displays 'LAST CONNECTED DEVICE INFORMATION' for an ATV320 device, including its reference, bus type, field direction, and DTM version. Below this is a 'FREQUENTLY ASKED QUESTIONS' section. On the right, there are links for 'Installed Device Information', 'Device Software Downloads', 'Motor Control Solutions', 'Support', and 'Latest News'. At the bottom, there is a banner for 'The Customer Care by Schneider Electric' with a 'Take Survey' button.

En “Lista de Parámetros” desplegamos el menú de “arranque rápido” y configuramos los parámetros según los datos del motor leídos en la placa de características

The screenshot shows the 'Lista de parámetros' (Parameter List) window. The 'ARRANQUE RÁPIDO' (Fast Start) section is expanded, showing a list of parameters with their values. The parameters include:

Código	Etiqueta larga	Conf0	Valor predeterminado	Valor mínimo	Valor máximo	Dirección lógica
LAC	Nivel acceso funciones	Estándar	Estándar			3006
ARRANQUE RÁPIDO						
TCC	Tipo control 2/3 hilos		Ctrl. 2 hilos			11101
CFG	Selección Macro config		MarchaPare			3052
BFR	Frec estándar motor		50 Hz IEC			3016
gPL	Cond Pérdida fase rad		Falso ignor.			7002
NPR	Potencia nominal motor		0.37 kW	0.09 kW	0.75 kW	9613
UNS	Tensión nominal motor		230 V	100 V	240 V	9601
NCR	Intensidad Nom Motor		1.9 A	0.8 A	4.9 A	9603
FRS	Frecuencia nom. motor		50 Hz	10 Hz	800 Hz	9602
NSP	Velocidad nom motor		1425 rpm	0 rpm	65535 rpm	9604
TRR	Frec. máxima de salida		50 Hz	10 Hz	500 Hz	3103
STUN	Autoajuste usado		Por defecto			9617
ITH	Intensidad térmic. motor		1.9 A	0.6 A	4.9 A	9622
ACC	Rampa aceleración (s)		3 s	0 s	999.9 s	9001
DEC	Rampa deceleración (s)		3 s	0 s	999.9 s	9002
LSP	Velocidad mínima		0 Hz	0 Hz	50 Hz	3105
HSP	Velocidad máxima		50 Hz	0 Hz	60 Hz	3104

También, dentro del bloque “Control Motor” el bloque “Motor asíncrono” permite configurar algunos parámetros importantes más.

Código	Etiqueta larga	Conf0	Valor predeterminado	Valor mínimo	Valor máximo	Dirección lógica
NPR	Potencia nominal motor		0.37 kW	0.09 kW	0.75 kW	9613
COS	Motor 1 cos fi		0.75	0.5	1	9606
UNS	Tensión nominal motor		230 V	100 V	240 V	9601
NCR	Intensidad Nom Motor		1.9 A	0.8 A	4.9 A	9603
FRS	Frecuencia nom. motor		50 Hz	10 Hz	800 Hz	9602
NSP	Velocidad nom motor		1425 rpm	0 rpm	65535 rpm	9604
STUN	Autoajuste usado		Por defecto			9617
TUNU	Auto-ajuste		No			9610
AUT	Autoajuste automático		NO			9615
FLU	Magnetización motor		No			13902
RSA	Ajuste resist estátor		0 mOhm	0 mOhm	65535 mOhm	9642
LFA	Ajuste induct. dispersión		0 mH	0 mH	655.35 mH	9662
IDA	Ajuste int.magnetiza		0 A	0 A	6553.5 A	9652
TRA	Ajuste cte tiempo rotor		0 ms	0 ms	65535 ms	9667
MPC	Eleccion param motor		Pot. motor			9614

Una vez hayas configurado todos los parámetros según la placa de características del motor prueba a arrancarlo de nuevo.

Navega a través de los distintos menús para conseguir realizar los siguientes cambios:

Cambia los valores de la rampa de aceleración a 5 segundos y la de deceleración a 15 s. Rampa en tipo S.

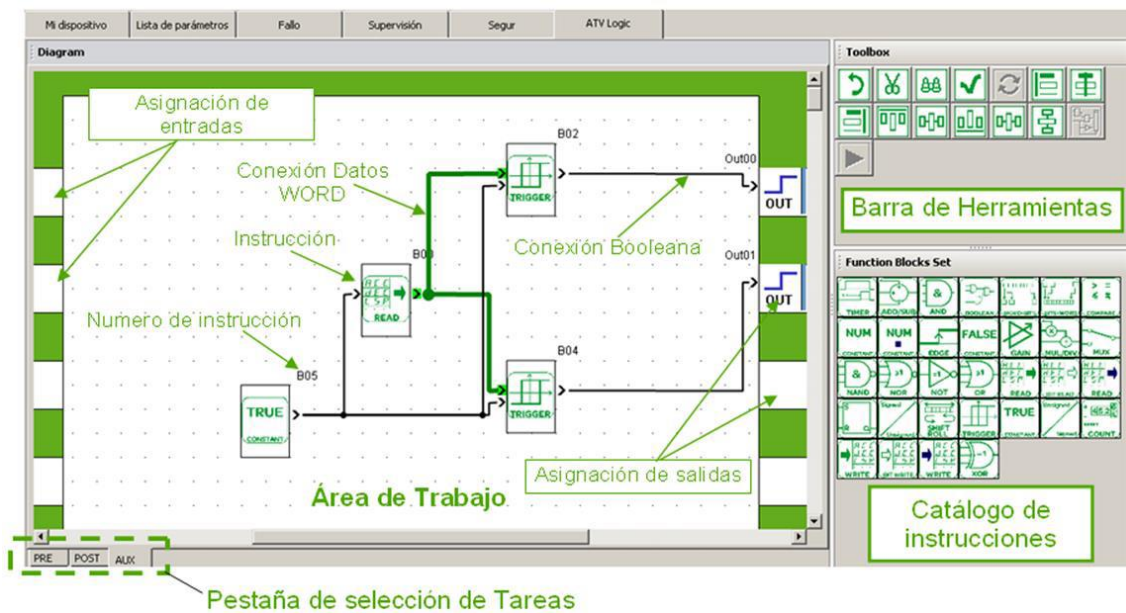
Reduce el ruido que hace el motor desde el software soMachine.

Práctica 9: Introducción a la programación ATVLogic

IMPORTANTE:


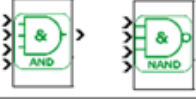



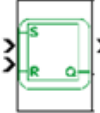
Antes de realizar esta práctica debes repetir la práctica 1, es decir, devuelve los parámetros del motor a los valores de fábrica, tras ello parametrízalo.





ATVLogic es un interface de programación que permite crear pequeñas aplicaciones de control dentro del propio variador ATV320. Esto permite una mayor personalización de las capacidades del ATV320 por parte del usuario.

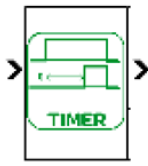


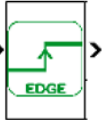


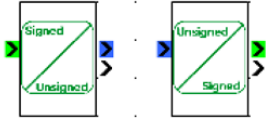
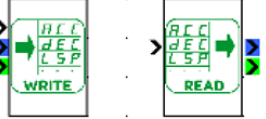
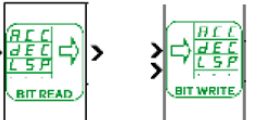
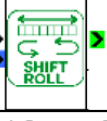

En las siguientes páginas verás la lista de las instrucciones de ATVLogic.

Estas instrucciones son: Operaciones booleanas y operaciones con enteros.

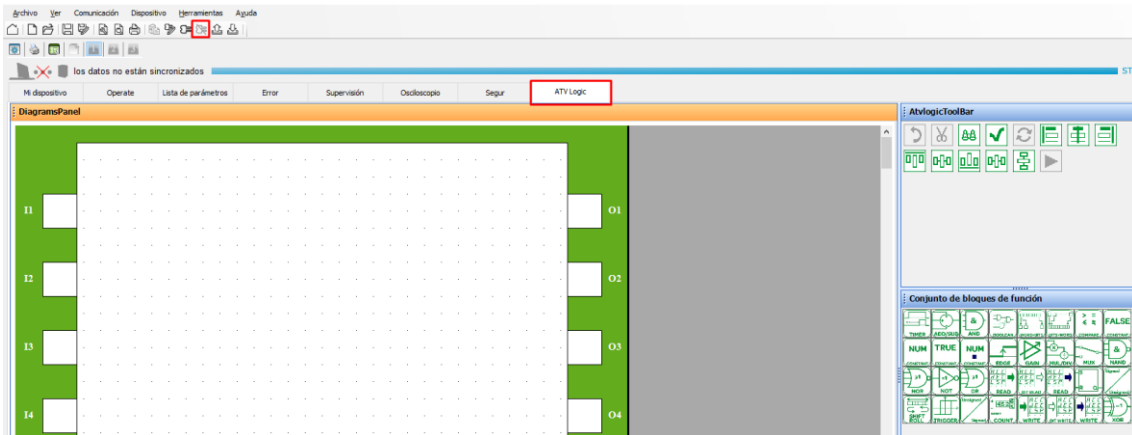
Not		Función Not de la señal de entrada booleana
And, Nand		Funciones And y Nand de 4 entradas Booleanas
Or, Nor, XOR		Funciones Or, Nor de cuatro entradas booleanas y Xor de 2 booleanas
Comparador		Compara dos señales de entrada de 16 bit = 1 Word (seleccionar la comparación entre >, <, =, not =)
Operación Booleana		Da un valor a la señal de salida en función de la combinación de entradas. La función tiene 4 entradas, con lo que se pueden realizar 16 combinaciones.
Set, Reset		La señal de entrada Set input fuerza a 1 la salida Q La señal de entrada Reset fuerza a 0 la señal de salida Q

Contador Up/down		Cuenta out up, Count down, Reset Preset inputs, Preset parameter (signed) Logical output ,Actual value
Mux		Funcion multiplexor conmuta entre una de las dos entradas de 16 Bits y lo pone en la salida Q en función del estado de la entrada booleana.
Trigger		La función de TRIGGER monitoriza una señal analógica entre dos niveles. La salida cambia de estado si: •La salida se pone a 1, si la entrada es mayor que el valor Start Threshold •La salida se pone a 0 si la entrada es menor que el valor Stop Threshold .
Gain		Habilita una señal analógica (16 bits con signo) para escalarla usando la siguiente formula: Salida = (Valor de entrada x (A/B)) + C

Temporizador On/Off		<p>La función de temporización se utiliza para retrasar, prolongar y control el tiempo de las acciones con un tiempo determinado. Las funciones de temporización que se pueden configurar:</p> <p>La función A : Temporizador de retardo a la conexión (TON).</p> <p>La función C : Temporizador de retardo a la desconexión (TOFF).</p> <p>La función A/C : Combinación de las dos señales anteriores.</p>
Add/Sub		<p>Valor de salida = Entrada A + Entrada B – Entrada C.</p> <p>(A,B,C y el valor de salida son señales de 16 bits = 1 word)</p>
Mul/Div		<p>Valor de salida = (Entrada A x Entrada B) / Entrada C.</p> <p>(A,B,C y el valor de salida son señales de 16 bits = 1 word)</p>
Edge (Flanco)		<p>La señal detecta si ha habido un flanco de subida, de bajada o ambos en la señal de entrada..</p>

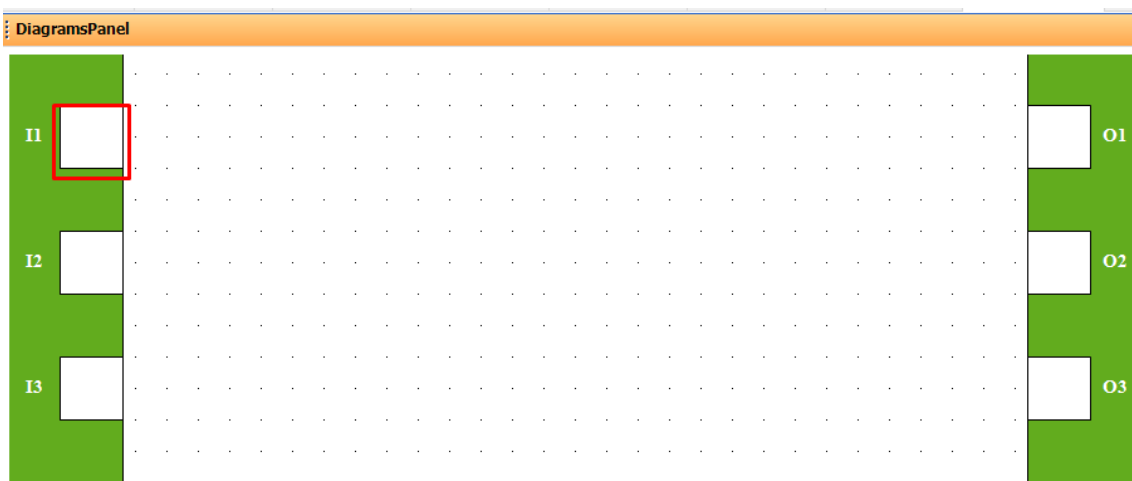
Signo		<p>Convierte el word Con signo en sin signo ó Sin signo en con signo. Rango con signo: -32768 a +32767. Rango sin signo: 0 a 32767</p>
Lectura /Escritura de parámetros		<p>Leer / Escribir parámetros internos del variador. Ex Acceleration Usar los contenedores ADL para linkar el programa con los parametros del variador</p>
Leer / Escribir un bit de un parámetro		<p>Leer / Escribir un bit en concreto de un parametro (Word =16 bit) del variador. Ex: El bit de error de la palabra de estado STA Usar los contenedores ADL para linkar el programa con los parametros del variador</p>
Desplazar ó Rotar		<p>Permite Rotar o desplazar hacia la izquierda o la derecha el valor de entrada un número fijo de bits</p>
Word to bit Bit to word		<p>Convierte un word de entrada en 16 bits. Convierte 16 bits de entrada en una palabra (Word) de salida.</p>

Para poder realizar la programación en ATVLogic es necesario que el PC y el variador estén desconectados. Para ello desconecta el equipo clicando en el icono correspondiente y dirígete a la pestaña de ATVLogic.



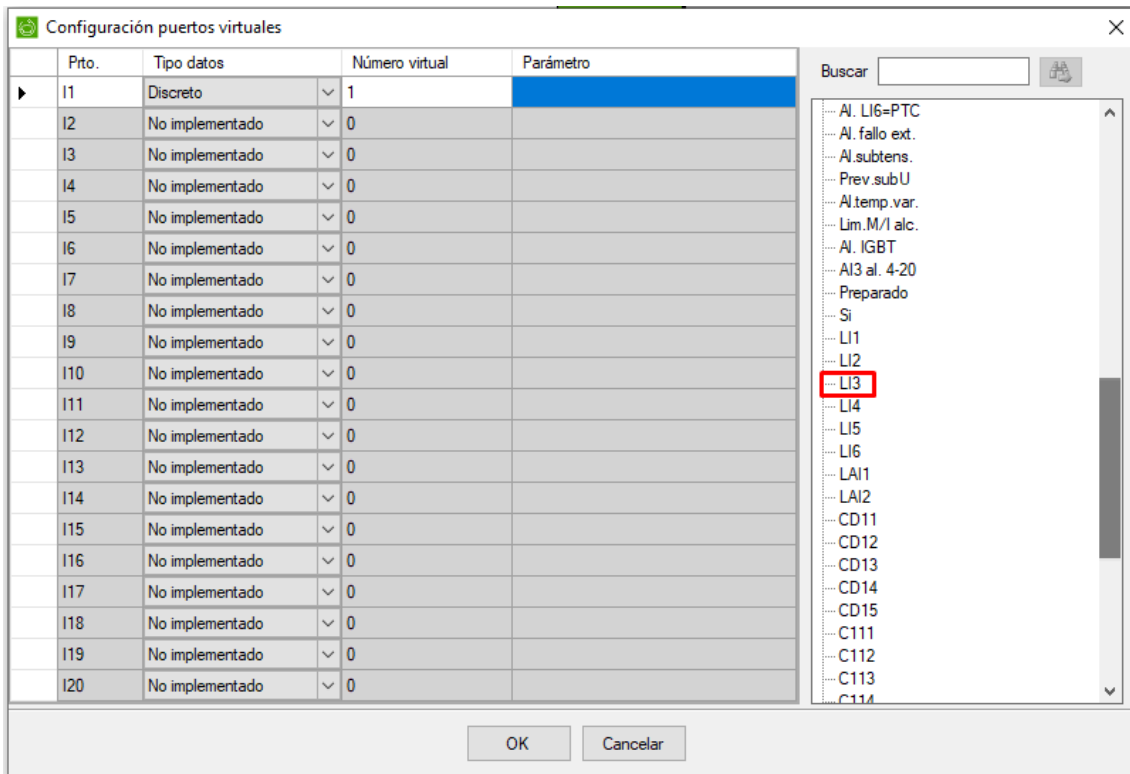
A la izquierda tenemos las entradas y a la derecha las salidas, en el centro podremos colocar los distintos bloques

Haciendo doble click en una entrada o salida podremos seleccionar su tipo.



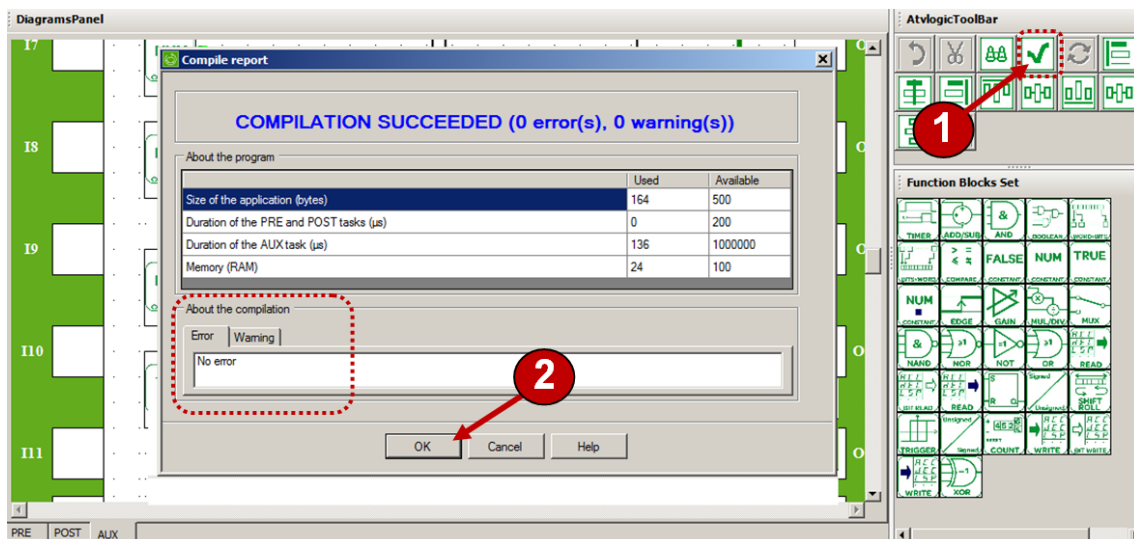
En esta ventana emergente debes seleccionar el tipo de entrada o salida (discreta o analógica) y a que está vinculada.

Por ejemplo, si queremos vincular la entrada I1 de ATVLogic a la entrada L3 del variado (recuerda que la entrada L3 del variador está conectada al selector de la maqueta colocado abajo a la izquierda) deberemos seleccionar L3 en dicha ventana emergente.



De la misma forma se realizaría la asignación de las salidas.

Tras realizar la programación deberás de realizar una verificación. Para ello clicas en el botón de validar. Si todo ha salido bien tendrás un mensaje de éxito. De lo contrario se especificarán los errores.



Utilizando los distintos bloques, las entradas y las salidas intenta realizar un programa con las siguientes especificaciones.

Ten en cuenta que quizás debes de modificar parámetros del variador y/o la conexión con el motor.

Al activar la entrada L1 el motor debe girar hacia la izquierda y al activar L2 el motor debe girar a la derecha.

La velocidad de giro debe de ser proporcional a la referencia AI1 del variador.

Si se activa L3 durante 6 segundos consecutivos o más el motor debe de tener una referencia de frecuencia de 80 Hz.

Tras pasar esos 6 segundos aunque se desactive L3 la frecuencia debe seguir siendo 80 Hz, la única manera de volver a la referencia AI1 es a través de una transición A NIVEL BAJO de L4.

Recuerda volver a conectar el motor con el ordenador para cargar el programa realizado.

Anexo 2: Guion de prácticas del PLC, HMI y Ethernet



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



**GRAU D'ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I
AUTOMÀTICA**

PERIFÈRICS EN INSTAL·LACIONS D'AUTOMATITZACIÓ

Curso 2021-2022

[Sesió 2: PLC, HMI y comunicaciones](#)

Safety First

Al realizar las prácticas, hay que tener en cuenta el procedimiento de realización de las mismas:

1. Antes de conectar o desconectar ningún elemento, leer detenidamente el enunciado de la práctica, para cerciorarse de cómo realizarla.
2. Una vez realizada la instalación por parte del alumno, llamar al tutor de prácticas para que la verifique y permita proceder a su puesta en marcha.
3. Realizar los ejercicios solicitados en las prácticas paso a paso y en el orden especificado
4. Consultar cualquier duda al respecto al tutor de prácticas y seguir siempre sus instrucciones.

Además durante la realización de las prácticas hay varios riesgos presentes que se deben conocer, puesto que se va a trabajar con **TENSIONES PELIGROSAS Y MOTORES**.

Ten **SIEMPRE** en cuenta las siguientes normas de actuación.

Riesgos mecánicos:

1. Presta especial atención a los ejes de los motores y prevé el arranque (la posible sacudida inicial) colocando la bancada en un lugar estable.
2. Comprueba que la carcasa de protección de la polea del motor, está correctamente colocada y fijada (Que no roce el motor con el plástico o esté rota o rajada).

Riesgos eléctricos:

3. NUNCA toques elementos en tensión, utiliza los cables con bornes de seguridad y protegidas para realizar la conexión entre variador y el motor. NUNCA desconectes los bornes de seguridad con el variador en funcionamiento.
4. Estudia con detenimiento los circuitos. Instala siguiendo un orden. No dejes nunca cables sueltos, ni al instalar o probar el circuito.
5. Sigue siempre las instrucciones del formador.

Índice

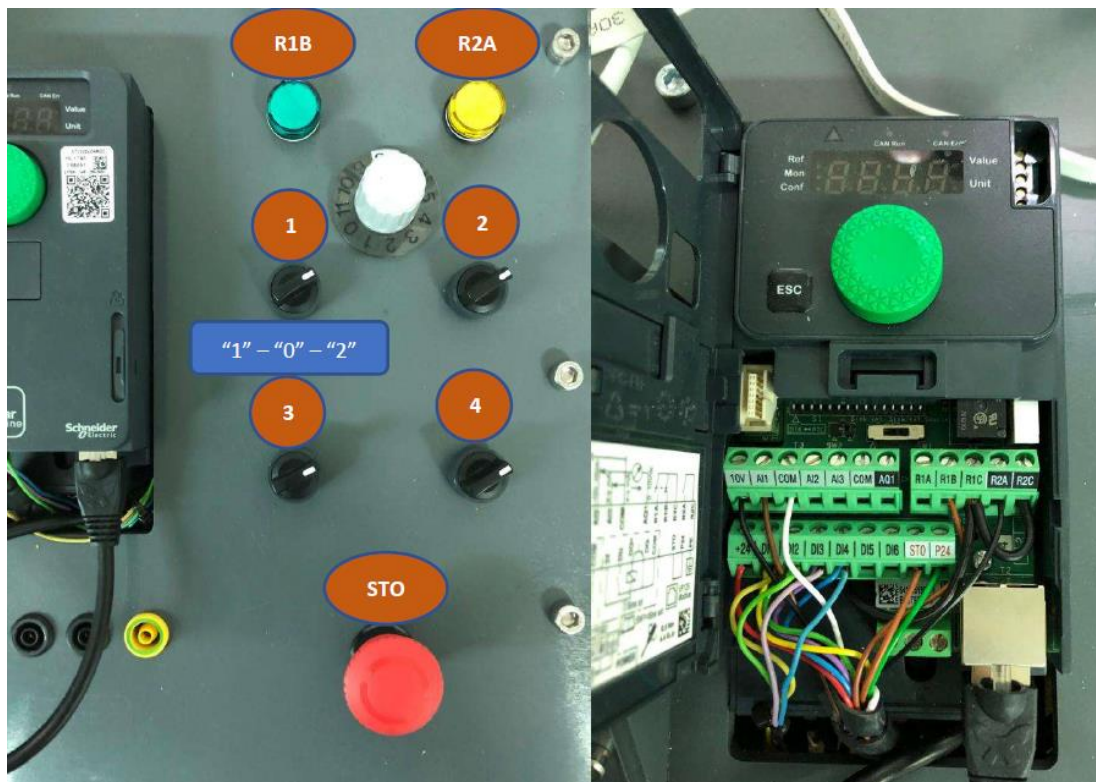
Prácticas 0★:	2
Sentido de giro y marcha, control 2 hilos (1★):	2
Sentido de giro y marcha, control 3 hilos (1★):	2
Sentido de giro, marcha y paro, control 2 hilos (1★):	3
Sentido de giro, marcha y paro, control 3 hilos (1★):	3
Prácticas 3★:	4
Ascensor con finales de carrera (2★):	4
Parada de emergencia al ascensor con finales de carrera (2★):	4
Ascensor con temporizadores (2★):	5
Parada de emergencia al ascensor con temporizadores (3★):	5
Prácticas 10★:	6
Panel de control mediante HMI (2★):	6
Visualizador numérico (2★):	6
Ascensor de dos plantas. Finales de carrera y HMI (2★):	6
Prácticas 15★:	7
Ascensor de tres plantas. Finales de carrera y HMI (3★):	7
Puerta de seguridad (3★):	7
Prácticas 20★:	8
Selector de velocidades (5★):	8
Simulación de proceso (5★):	8

Conexión PLC - Variador

Durante todas las sesiones de prácticas se trabajará con la misma maqueta de prácticas.

A modo de recordatorio estas son las entradas y salidas correspondientes al variador disponible en la maqueta, conectado al PLC

N. BOTONERA de MANDO	FUNCIÓN 1	FUNCIÓN 2	FUNCIÓN 3
PILOTO VERDE	R1B - Salida digital NC del relé R1 del variador		
PILOTO AMARILLO	R2A - Salida digital NA del relé R2 del variador		
POTENCIÓMETRO	AI1 - Consigna analógica del variador		
SELECTOR 1 (superior izquierda)	Posición izquierda - DI1 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo	Posición derecha - Q4 del PLC directo con DI1 "2"
SELECTOR 2 (superior derecha)	Posición izquierda - DI2 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo	Posición derecha - Q5 del PLC directo con DI2 "2"
SELECTOR 3 (inferior izquierda)	Posición izquierda - DI3 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo	Posición derecha - Q6 del PLC directo con DI3 "2"
SELECTOR 4 (inferior derecha)	Posición izquierda - DI4 variador a 24 Vcc "1"	"0" - Reposo	Posición derecha - Q7 del PLC directo con DI4 "2"
PULSADOR DE EMERGENCIA	STO variador		



Recordad que NA significa "Normalmente Abierto" y NC significa "Normalmente Cerrado" por lo que el relé R1B estará encendido si el relé R1 del variador está a nivel bajo.

Para conectar la salida Q_{x+3} con la entrada A_x del variador el selector x debe de estar en la posición **derecha**.

Prácticas 0★:

Sentido de giro y marcha, control 2 hilos (1★):

Tenemos un motor conectado a un panel de operario de las siguientes características:

- Un interruptor ON/OFF.
- Un botón para indicar sentido de giro a la derecha.
- Un botón para indicar sentido de giro a la izquierda.

Las especificaciones son:

- Si se produce un flanco ascendente en el botón de girar hacia un sentido y el interruptor ON/OFF está en ON el motor debe de girar hacia dicho sentido. Si estaba girando hacia el sentido contrario el motor cambiará de sentido.
- Si el interruptor cambia a OFF el motor deberá de parar.
- El tipo de control será 2 hilos.

Crea un programa en lenguaje LADDER que cumpla las anteriores especificaciones.

Sentido de giro y marcha, control 3 hilos (1★):

Tenemos un motor conectado a un panel de operario de las siguientes características:

- Un interruptor ON/OFF.
- Un botón para indicar sentido de giro a la derecha.
- Un botón para indicar sentido de giro a la izquierda.

Las especificaciones son:

- Si se produce un flanco ascendente en el botón de girar hacia un sentido y el interruptor ON/OFF está en ON el motor debe de girar hacia dicho sentido. Si estaba girando hacia el sentido contrario el motor cambiará de sentido.
- Si el interruptor cambia a OFF el motor deberá de parar.
- El tipo de control será 3 hilos.

Crea un programa en lenguaje LADDER que cumpla las anteriores especificaciones.

Sentido de giro, marcha y paro, control 2 hilos (1★):

Tenemos un motor conectado a un panel de operario de las siguientes características:

- Un botón de marcha.
- Un botón de paro
- Un botón para indicar sentido de giro a la derecha.
- Un botón para indicar sentido de giro a la izquierda.

Las especificaciones son:

- El programa debe recordar cual es el último botón de sentido de giro que se ha pulsado (flanco ascendente en dicho botón).
- Cuando se produzca un flanco ascendente en el botón de marcha el motor debe de comenzar a girar en el sentido indicado por el último botón de giro.
- Cuando se produzca un flanco ascendente en el botón de paro el motor debe detenerse.
- El tipo de control será 2 hilos.

Crea un programa en lenguaje LADDER que cumpla las anteriores especificaciones.

Sentido de giro, marcha y paro, control 3 hilos (1★):

Tenemos un motor conectado a un panel de operario de las siguientes características:

- Un botón de marcha.
- Un botón de paro
- Un botón para indicar sentido de giro a la derecha.
- Un botón para indicar sentido de giro a la izquierda.

Las especificaciones son:

- El programa debe recordar cual es el último botón de sentido de giro que se ha pulsado (flanco ascendente en dicho botón).
- Cuando se produzca un flanco ascendente en el botón de marcha el motor debe de comenzar a girar en el sentido indicado por el último botón de giro.
- Cuando se produzca un flanco ascendente en el botón de paro el motor debe detenerse.
- El tipo de control será 3 hilos.

Crea un programa en lenguaje LADDER que cumpla las anteriores especificaciones.

Prácticas 3★:

Ascensor con finales de carrera (2★):

Tenemos un ascensor como el de la imagen de la derecha.

Dispone de dos sensores:

- FC1: Un sensor de final de carrera, que indica que la cabina se encuentra en la posición inferior.
- FC2: Un sensor de final de carrera, que indica que la cabina se encuentra en la posición superior.

También dispone de un botón de marcha, al producirse un flanco ascendente en dicho botón la cabina debe de elevarse si se encontraba en el sensor FC1 y detenerse en FC2 o descender si la cabina se encontraba en FC2 y descender hasta FC1.

Crea un programa que cumpla las anteriores especificaciones.



Parada de emergencia al ascensor con finales de carrera (2★):

Añade un botón de paro de emergencia al ascensor de finales de carrera.

Al producirse un flanco ascendente en el botón de paro el ascensor se debe detener en el sitio en el menor tiempo posible.

Al pulsar de nuevo el botón de marcha el ascensor debe de continuar el movimiento que estaba realizando (subida o bajada) y detenerse ante el sensor de final de carrera correspondiente.

Ascensor con temporizadores (2★):

Tenemos un ascensor como el de la imagen de la derecha.

Dispone de un botón de marcha, al presionarse (flanco ascendente) el ascensor debe de ascender durante 10 segundos si se encontraba en la posición alta o descender durante 10 segundos si se encontraba en la posición baja.

No se dispone de ningún sensor que indique cual es la última posición conocida de la cabina.

Supón que al iniciar el programa por primera vez el ascensor se encuentra en la posición inferior.

Crea un programa que cumpla las anteriores especificaciones.



Parada de emergencia al ascensor con temporizadores (3★):

Añade un botón de paro de emergencia al ascensor de finales de carrera.

Al producirse un flanco ascendente en el botón de paro el ascensor se debe detener en el sitio en el menor tiempo posible.

Al pulsar de nuevo el botón de marcha el ascensor debe de continuar el movimiento que estaba realizando (subida o bajada) y detenerse cuando el tiempo total de movimiento haya sido de 10 segundos.

Ejemplo: Si el ascensor se encuentra en la posición baja, recibe orden de marcha y empieza a subir. Pasados 7 segundos el ascensor recibe orden de paro y se detiene. Al volver a pulsar el botón de marcha el ascensor deberá de subir durante solo 3 segundos.

Prácticas 10★:

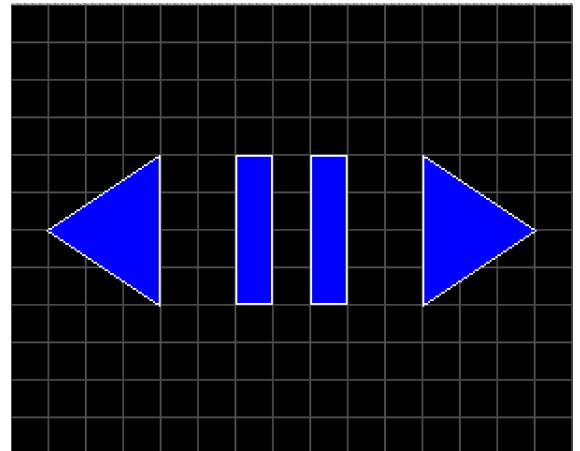
Panel de control mediante HMI (2★):

Crea una interfaz sencilla con tres botones:

- Girar derecha
- Girar izquierda
- Parar

A la derecha tienes un ejemplo.

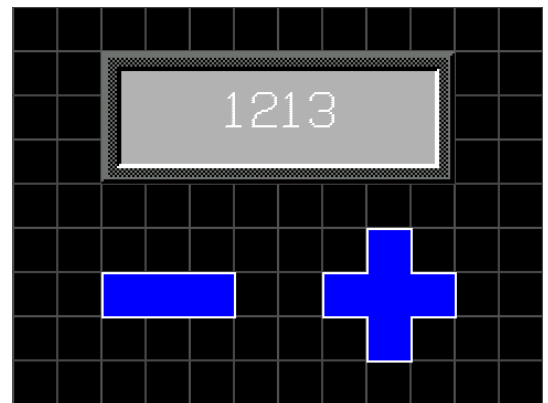
Crea un programa que dé la orden de giro al motor en el sentido especificado, o de detenerse si se pulsa el botón de paro.



Visualizador numérico (2★):

Crea una interfaz sencilla que permita visualizar un número en pantalla.

Añade dos botones que permitan incrementar y decrementar dicho número en una cantidad fija.

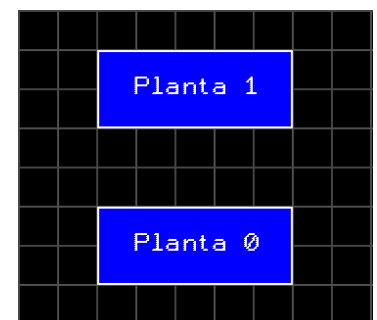


Ascensor de dos plantas. Finales de carrera y HMI (2★):

Siguiendo las especificaciones del apartado “Ascensor con finales de carrera” añade una interfaz HMI sencilla que permita elegir la planta de destino.

El ascensor seguirá teniendo los dos sensores de final de carrera conectados a dos de las entradas del PLC y los activaremos mediante el simulador de entradas digitales.

El ascensor debe de ascender o descender hasta la planta indicada una vez se pulse el botón, no habrá botón de “marcha”.



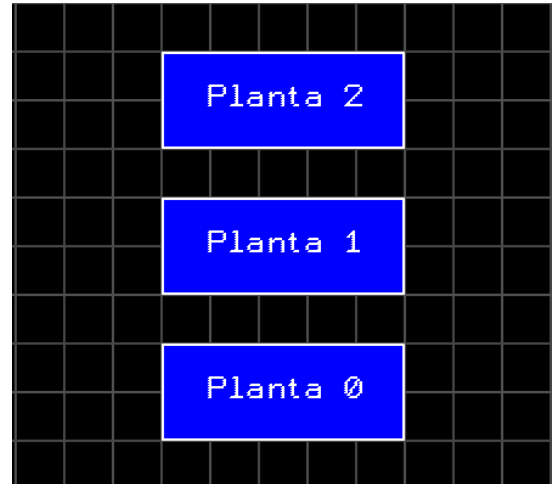
Prácticas 15★:

Ascensor de tres plantas. Finales de carrera y HMI (3★):

Añade una tercera planta al ascensor de dos plantas. De forma que ahora haya 3 sensores de final de carrera (uno para cada planta).

El ascensor deberá de subir o bajar (depende de la planta en la que se encuentre y la planta de destino) hasta la planta solicitada.

Para conocer la posición del ascensor se utilizarán los tres sensores de final de carrera conectados al PLC mediante el simulador de entradas digitales.

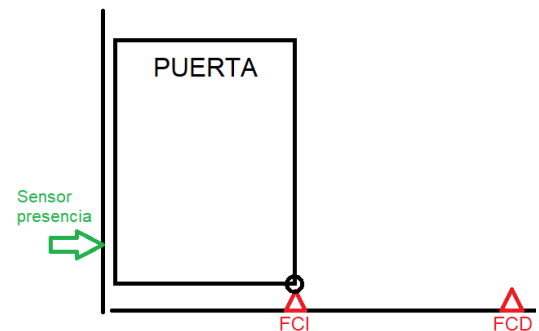


Puerta de seguridad (3★):

Tenemos una puerta de seguridad como la de la imagen de la derecha.

Para mandar la orden de abrir y cerrar la puerta disponemos de la pantalla HMI con dos botones: abrir y cerrar.

En el PLC tenemos conectados tres sensores: Un final de carrera FCI que indica que la puerta está completamente cerrada, otro final de carrera FCD que indica que la puerta está completamente abierta y un sensor que detecta la presencia de una persona en el recorrido de la puerta.



Al pulsar el botón de "Abrir" la puerta, situada sobre FCI, debe desplazarse hacia la derecha hasta llegar al sensor FCD.

Al pulsar el botón de "Cerrar" la puerta, situada sobre FCD debe de desplazarse hacia la izquierda hasta llegar al sensor FCI, pero, si en cualquier momento de este recorrido se detecta la presencia de un cuerpo en el recorrido (sensor presencia a nivel alto) la puerta debe detenerse al instante y volver a abrirse hasta FCD.



La puerta no volverá a cerrarse hasta que se vuelva a pulsar el botón de "Cerrar".

Prácticas 20★:

Selector de velocidades (5★):

Crea una interfaz sencilla que permita configurar el sentido de giro del motor y la velocidad de este. Además consistirá de dos paneles separados.

-Panel 1:

- Tendrá el selector de la dirección de giro del motor, al igual que un botón para pararlo, similar al panel de control creado en el apartado “Panel de control mediante HMI”.
- Un indicador (verde/rojo) que indicará si el motor está en marcha o no.
- Un botón para cambiar al panel del selector de velocidades.



-Panel 2:

- Tendrá tres botones con velocidades preestablecidas.
- Un botón para elegir la velocidad que llega por la referencia de la entrada AI1 del variador.
- Un botón para cambiar al panel de mandos.



Simulación de proceso (5★):

Crea una interfaz sencilla que permita visualizar el estado de un tanque de agua.

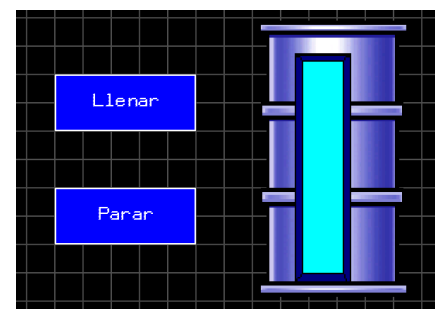
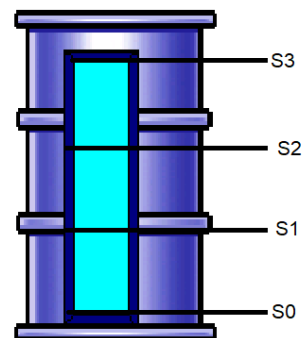
El tanque dispone de 4 sensores (S0, S1, S2 y S3) que permiten conocer el llenado del tanque.

Nota: Si el tanque está lleno a la mitad de su capacidad estarán activos S0 y S1 simultáneamente y no estarán activos S2 y S3.

Al pulsar el botón de llenar el motor bombeará agua hasta que haya un nivel alto en el sensor S3, en ese instante parará. El operario también puede parar el bombeo en cualquier momento pulsando el botón “Parar”.

Cuando se detecte un nivel bajo en S0 el motor bombeará agua automáticamente hasta llenarse o una pulsación de “Parar”.

En el gráfico del tanque se verá a tiempo real el nivel de agua según el nivel de los sensores.



Anexo 3: Requisitos del proyecto



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



**GRAU D'ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I
AUTOMÀTICA**

PERIFÈRICS EN INSTAL·LACIONS D'AUTOMATITZACIÓ

Curso 2021-2022

[Descripción del proyecto](#)

Índice

Introducción	1
Requisitos.....	2
Requisitos mínimos	2
Requisitos adicionales.....	2
Memoria.....	3
Presentación.....	4
Evaluación	5
Memoria	5
Presentación	5
Ejemplo de proyecto	6
Máquina de chuches	6

Introducción

El proyecto final de la asignatura consistirá en realizar la simulación de un proceso mediante los componentes de la maqueta de prácticas. Este proyecto deberá cumplir unos requisitos mínimos para demostrar que se ha entendido el funcionamiento de los softwares SoMachine, Vijeo Designer y SoMove.

En este documento se detallan los requisitos mínimos que debe cumplir el proyecto y otros requisitos adicionales que se tendrán en cuenta positivamente. La originalidad en la elección del proyecto también se tendrá en cuenta.

Se deberá entregar una memoria en formato PDF y realizar una presentación oral para defender el proyecto y explicar su funcionamiento.

Requisitos

Requisitos mínimos

- Utilizar mínimo 3 entradas digitales del PLC.
- Mover el motor en ambos sentidos.
- Crear una red Ethernet para comunicar PLC, pantalla y ordenador.
- Navegación entre paneles en la pantalla (mínimo tres paneles diferente).
- Modificar, mediante pantalla, al menos una variable numérica y que tenga relevancia en el proceso.
- Utilizar contadores o temporizadores.
- Pulsador de parada de emergencia.
- Detección de errores y detención del proceso si se produce un error (por ejemplo se vacía el depósito de un producto necesario para el proceso)

Requisitos adicionales

- Claridad en el programa y buenas prácticas de programación.
- Utilizar recetas e ingredientes mediante la pantalla HMI.
- Proteger el acceso a algunos elementos de la pantalla mediante contraseña para que la interacción con ella sea diferente según si accede un usuario o un operador.
- Informar por pantalla del estado del proceso
- Variar la velocidad del motor en distintos puntos del proceso.
- Comunicarse con el variador mediante el bloque de control ATV320.
- Registrar datos del funcionamiento del sistema.
- Alarmas por pantalla.
- Y más...

Memoria

La memoria debe de ser un documento en formato PDF que conste de los siguientes apartados.

- Portada
- Índice
- Introducción
- Objetivos
- Elementos disponibles
 - Aquí se describirán los diferentes elementos de la maqueta de prácticas y que se sabe de ellos.
- Planteamiento
- Desarrollo
- Resultados
- Conclusiones

Si es necesario también se valorará positivamente la inclusión de:

- Bibliografía/Webgrafía
 - Distinta a la proporcionada en el Moodle
- Anexos
 - Por ejemplo, posibles ampliaciones del proyecto que no se han podido implementar

El idioma de la memoria puede ser catalán, castellano o inglés.

Presentación

La presentación oral se realizará presencialmente, en el laboratorio. No es necesario realizar un PowerPoint pero se debe de poder observar el proyecto funcionando.

La presentación debe durar mínimo 10 minutos y máximo 15. Tras cada presentación se abrirá un turno de preguntas y, posteriormente, se procederá a la evaluación de esta.

Evaluación

Memoria

La fecha de entrega límite para la memoria será el miércoles 6 de abril a las 21:00 h (hora peninsular).

La nota de la memoria del proyecto tendrá un peso del 15 % en la nota final de la asignatura

La valoración del conocimiento y correcto uso de los elementos de la maqueta de prácticas tendrá un peso del 10 % en la nota final. Esta nota saldrá principalmente el apartado de “Elementos disponibles” de la memoria.

Presentación

Las presentaciones se realizarán el viernes día 8 en el mismo laboratorio.

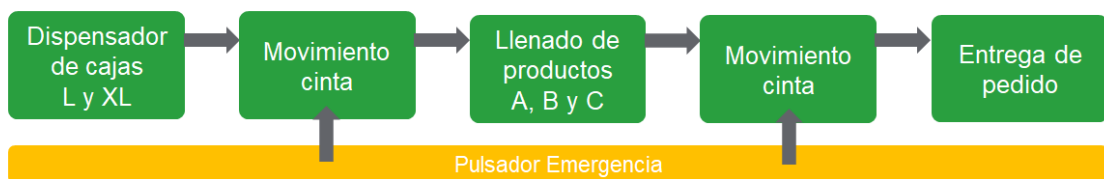
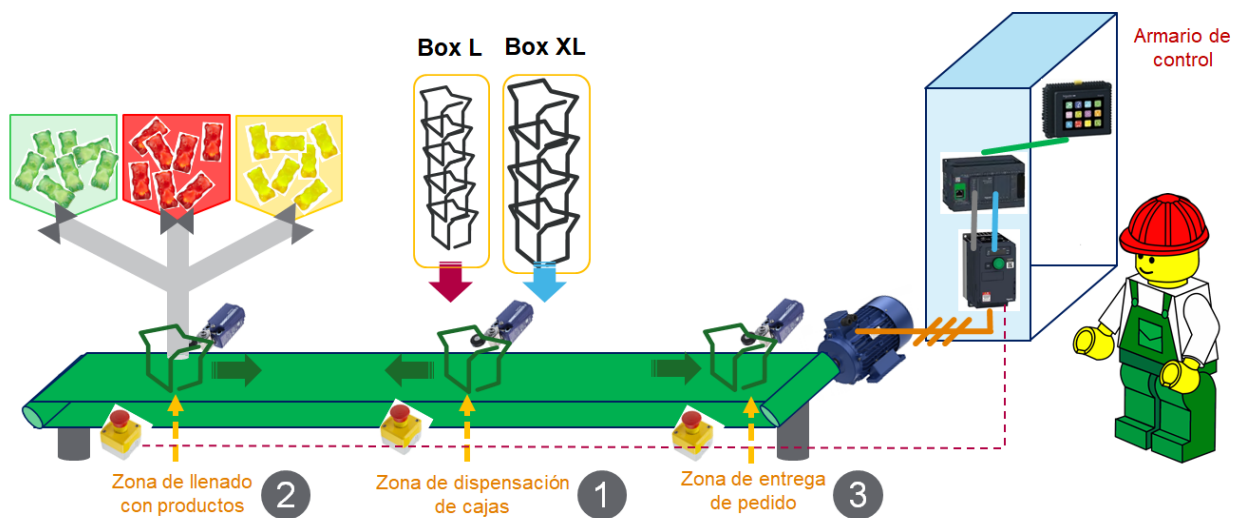
La presentación corresponderá a un 15 % de la nota final de la asignatura.

Ejemplo de proyecto

A continuación se detalla un ejemplo de proyecto que cumple con los requisitos mínimos especificados anteriormente. Aunque está permitido realizar este proyecto se desaconseja calcarlo, mejor utilizarlo como fuente de inspiración.

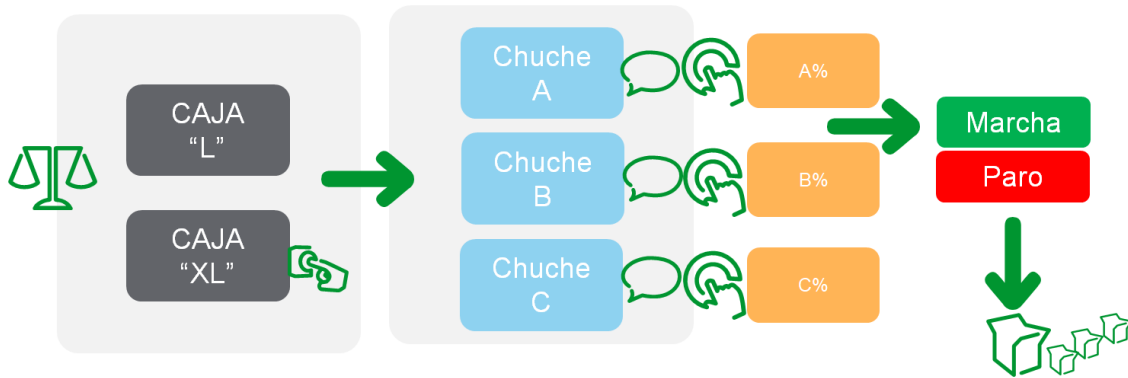
Máquina de chuches

Este proyecto trata de la automatización de una máquina expendedora de chuches que permite personalizar el tamaño del pedido y la cantidad de cada producto a gusto del cliente, el cual realizará el pedido mediante la pantalla.



	Dispensación de cajas	Llenado	Entrega de pedido	Movimiento de cinta
	Dispensador de cajas	Llenado de productos A, B y C	Recogida de pedido	Movimiento de cinta
Sensores	Contador de cajas L	Llenado de producto A	Detector de presencia de caja	
	Contador de cajas XL	Llenado de producto B	Pulsador operario recogida	
	Detector de presencia de caja	Llenado de producto C		
		Detector de posición		
Actuadores	Dispensador de caja	Dosificador producto A		Variador de velocidad
		Dosificador producto B		
		Dosificador producto C		
Emergencia	Pulsador de emergencia			

El cliente seleccionará por pantalla el tipo de caja que quiere y la cantidad de cada producto. Tras ello se dispensará la caja seleccionada y la cinta moverá la caja hasta la zona de llenado, donde un sensor digital detectará la posición de esta.



En la zona de llenado se dispensarán los distintos productos dependiendo de la cantidad solicitada por el cliente. Además se dispondrán de tres sensores digitales que detectarán si uno de los tres productos se ha agotado. Si uno de los productos se agota se deberá detener la producción hasta que se rellene.

Tras haberse llenado la caja, la cinta se desplazará hacia la derecha hasta llegar a la zona de entrega donde, otro sensor detectará la posición, se detendrá.

Cuando el cliente pulse “recoger” entregará la caja al cliente. Se contarán las cajas de pedidos que se entregan en cada jornada para llevar un seguimiento.

La parada de emergencia puede llegar en cualquier momento, si esto ocurre el proceso se detendrá hasta que se presione el pulsador de marcha.

Anexo 4: Rúbrica de coevaluación

Puntuación Categoría	Insuficiente (0)	Mejorable (1)	Correcto (2)	Excelente (3)
Contenido (A)	El contenido expuesto no está trabajado. Se nota que la presentación no se ha preparado o que lee o ha memorizado lo que tiene que decir.	Conoce muy poco el tema a exponer: rectifica constantemente y duda. Necesita consultar constantemente el apoyo para poder realizar la presentación.	Conoce casi todos los contenidos del tema y es capaz de demostrarlo en la exposición.	Conoce y demuestra que conoce todos los contenidos del tema. Lo demuestra en su exposición y transmite ese conocimiento.
Vocabulario y habla (B)	El vocabulario utilizado no es el adecuado. Utiliza términos o expresiones incomprensibles por la audiencia. Se apoya todo el rato en muletillas y/o el volumen es bajo.	Utiliza un vocabulario adecuado, pero necesita apoyarse en muletillas y/o el volumen de la exposición es bajo constantemente.	Utiliza un vocabulario adecuado, pero, ocasionalmente, necesita apoyarse en muletillas.	Utiliza un tono y vocabulario adecuado. Habla con fluidez, claridad y despacio.
Postura del cuerpo y atención (C)	No mantiene la atención de la audiencia puesto que durante la exposición no ha mostrado interés por el tema expuesto. Actúa con tensión y la postura corporal lo manifiesta.	Mantiene la atención de la audiencia muy poco. Actúa con tensión y la postura corporal así lo manifiesta.	La postura y el gesto son adecuados la mayor parte de la presentación, actúa relajadamente y mira a la audiencia con naturalidad. Es capaz de mantener la atención de la audiencia durante casi toda la exposición.	La postura y el gesto son muy adecuados, actúa relajadamente y mira a la audiencia con naturalidad. Es capaz de mantener la atención de la audiencia durante toda la exposición.
Organización (E)	La presentación no tenía todos los puntos necesarios, parecía incompleta. No se ha ajustado al tiempo dado.	La presentación parecía incompleta. Se ha ajustado al tiempo por los pelos (corriendo o alargándola para compensar)	La presentación estaba completa, pero ha necesitado cambiar la velocidad a la cual estaba exponiendo para poder cumplir el tiempo.	La presentación estaba completa. Se ajusta al tiempo dado. Demuestra que se ha organizado.

Preguntas de Sí o No:

- I. ¿Ambos miembros del grupo han participado, prácticamente, por igual durante la presentación y durante el turno de preguntas?
- II. ¿Las respuestas que han dado a las dudas de la audiencia han sido satisfactorias y me han ayudado a aprender?
- III. ¿He aprendido algo, gracias a la exposición, que no supiera antes de empezar la sesión de hoy?
- IV. ¿Ha sido satisfactoria la demostración del proyecto funcionando y me ha ayudado a aprender?

Anexo 5: Preguntas y respuestas de Kahoot!

¿Cómo conectamos el motor con el variador en el laboratorio?

- **Triangulo**
- Estrella

¿Qué significan las siglas PLC?

- Programmable Logic Computer
- **Programmable Logic Controller**
- Programmable Logic Contactor
- Paco Lucía Cantautor

¿Qué tipo de red tiene mayor alcance?

- MAN
- **WAN**
- LAN
- QUAO

En la maqueta de prácticas la salida Q4 del PLC corresponde a la entrada DI4 del variador.

- Verdadero
- **Falso**

¿Cuál de estos NO es un método de arranque del motor?

- Directo
- **Triangulo / Estrella**
- Variador

Según la notación húngara... ¿A qué tipo de variable hace referencia una variable llamada nContador?

- **Entero**
- Natural
- Float (Real)
- Word (16 bits sin signo)

¿Cuál de estas máscaras de subred NO permitiría que se comunicaran dos equipos con IPs 192.168.3.10 y 192.168.3.100?

- **255.255.255.255**
- 255.255.0.0
- 255.255.255.0
- 0.0.0.0

¿Con cuál de estas frecuencias redujimos el sonido del motor en la sesión 1?

- 2 kHz
- 4 kHz

- 12 kHz
- **16 kHz**

Una bomba centrífuga es un ejemplo de aplicación con par resistivo variable.

- **Verdadero**
- Falso

¿A qué tensión y frecuencia alimentamos el variador?

- 220 Vrms / 50 Hz
- **230 Vrms / 50 Hz**
- 220 Vrms / 60 Hz
- 220 Vrms / 60 Hz

¿Cuál de estas aplicaciones tiene un par resistivo constante?

- Ventilador
- Calefactor
- **Prensa rotativa**
- Centrifugadora

La frecuencia máxima para variar la velocidad del motor que puede generar el variador es la frecuencia de red.

- Verdadero
- **Falso**

¿De qué estilo es la pantalla HMI con la que trabajamos?

- **Resistivo**
- Capacitivo
- Inductivo
- Multi-touch

¿Cuál de los contactos de un control 3 hilos es NC (normalmente cerrado)?

- Adelante
- Atrás
- **Parada**

¿Cuál es la función del disyuntor?

- Proteger térmicamente el motor
- **Proteger magnéticamente el motor**
- Proteger térmica y magnéticamente el motor
- Proteger térmicamente el variador

¿A qué tensión corresponde un nivel alto a la salida del PLC?

- 3,3 V

- 5 V
- 12 V
- **24 V**

En la dirección IP 192.168.7.46... ¿A qué hace referencia el 192.168?

- **Dirección de red**
- Número de subred
- Dirección de estación
- Subnúmero de red

La configuración de la intensidad térmica del variador y el uso del disyuntor permiten proteger magnetotérmicamente el motor.

- **Verdadero**
- Falso

Una cinta transportadora es un ejemplo de carga resistiva de par constante.

- **Verdadero**
- Falso

Al seleccionar un variador... ¿Cuál es el factor limitante?

- Potencia nominal
- Frecuencia de alimentación
- Tensión nominal
- **Intensidad nominal**

Cuál es el número máximo de direcciones IPs (en bytes) en el protocolo IPv4

- **4 bytes**
- 16 bytes
- 255 bytes
- 1024 bytes

Sobre la maqueta de prácticas tenemos un potenciómetro trifásico

- Verdadero
- **Falso**

Todos los dispositivos de una red Ethernet deben tener la misma dirección IP para que se puedan comunicar

- Verdadero
- **Falso**

Aunque hay 7 capas OSI, Ethernet solo utiliza la inferior y la mitad inferior de la segunda.

- **Verdadero**

- Falso

¿Dónde se genera el campo rotativo en un motor asíncrono de jaula de ardilla?

- **En el estator**
- En el rotor
- En el variador
- Lo hace la ardilla

Una bomba sumergida mueve una carga resistiva de par variable

- **Verdadero**
- Falso

Al restablecer los parámetros de fábrica del variador de la maqueta de prácticas...

¿Cuál es el tiempo de la rampa de aceleración?

- No hay
- 1 s
- **3 s**
- 5 s

¿Qué significan las siglas HMI?

- Human Monitor Intranet
- **Human Machine Interface**
- Hard Monitor Internet
- Hercules Medusa Izanami

Para cambiar el sentido de giro del motor es suficiente con invertir dos de las tres fases de alimentación del motor (CON EL MOTOR PARADO)

- **Verdadero**
- Falso

Ley de control V/f cte.: Al aumentar la frecuencia por encima de la nominal el par disminuye.

- **Verdadero**
- Falso

Anexo 6: Información extra sesión 2



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



**GRAU D'ENGINYERIA ELECTRÒNICA INDUSTRIAL I
AUTOMÀTICA**

PERIFÈRICS EN INSTAL·LACIONS D'AUTOMATITZACIÓ

Curs 2021-2022

[Información Extra: Sesión 2](#)

Índice

1. Videotutorial SoMachine	2
2. Conexión Ethernet: Guía rápida.....	3
3- Forzar valores en entradas.	8

1. Videotutorial SoMachine

Para trabajar en esta sesión será necesario utilizar dos nuevos programas.

En el siguiente enlace podéis encontrar un Videotutorial sobre la utilización de los programas.

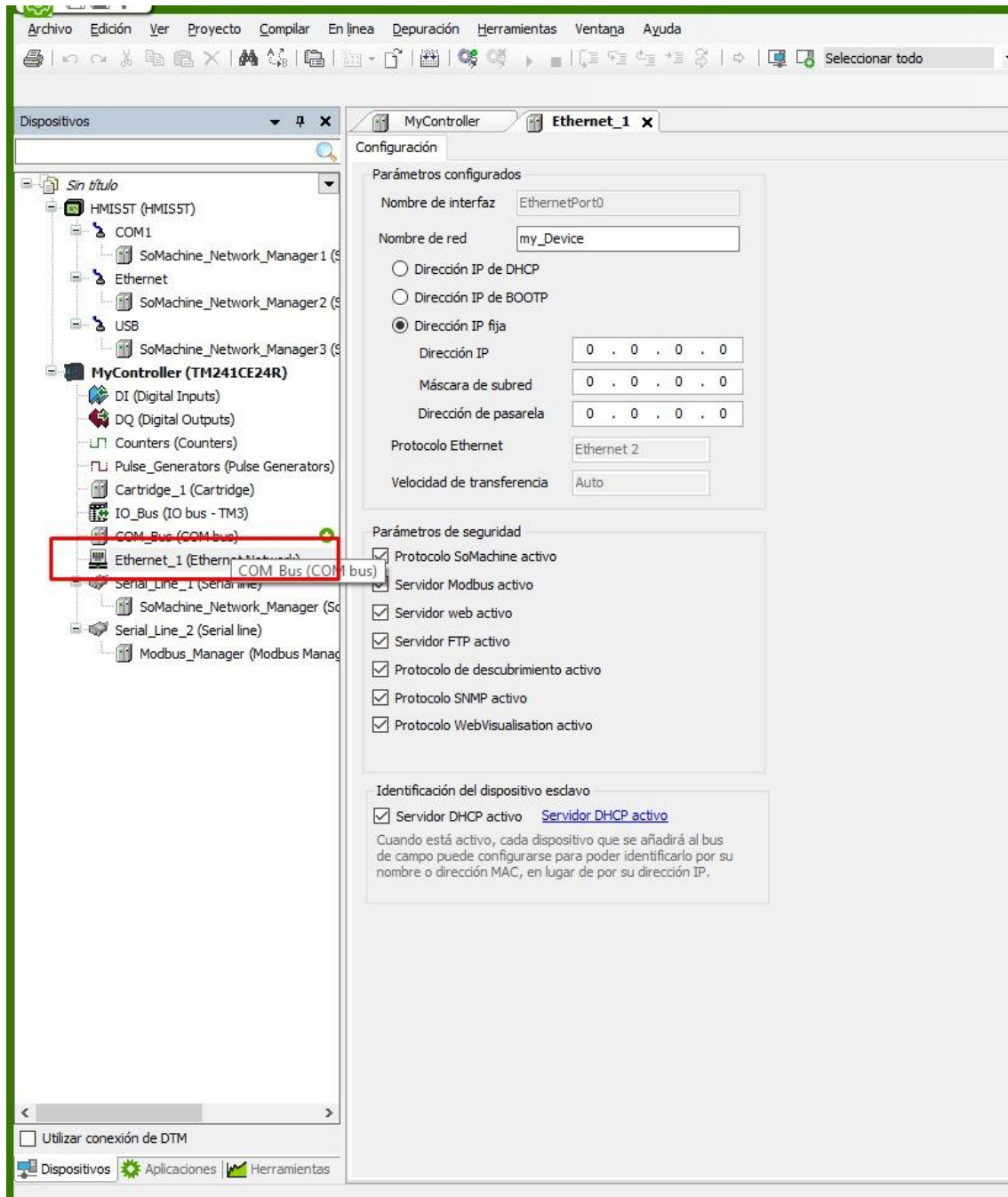
Se recomienda visualizarlo antes de la sesión y durante la misma (utilizando auriculares) e ir siguiendo los pasos.

<https://www.youtube.com/watch?v=MHusUIRRv3w>

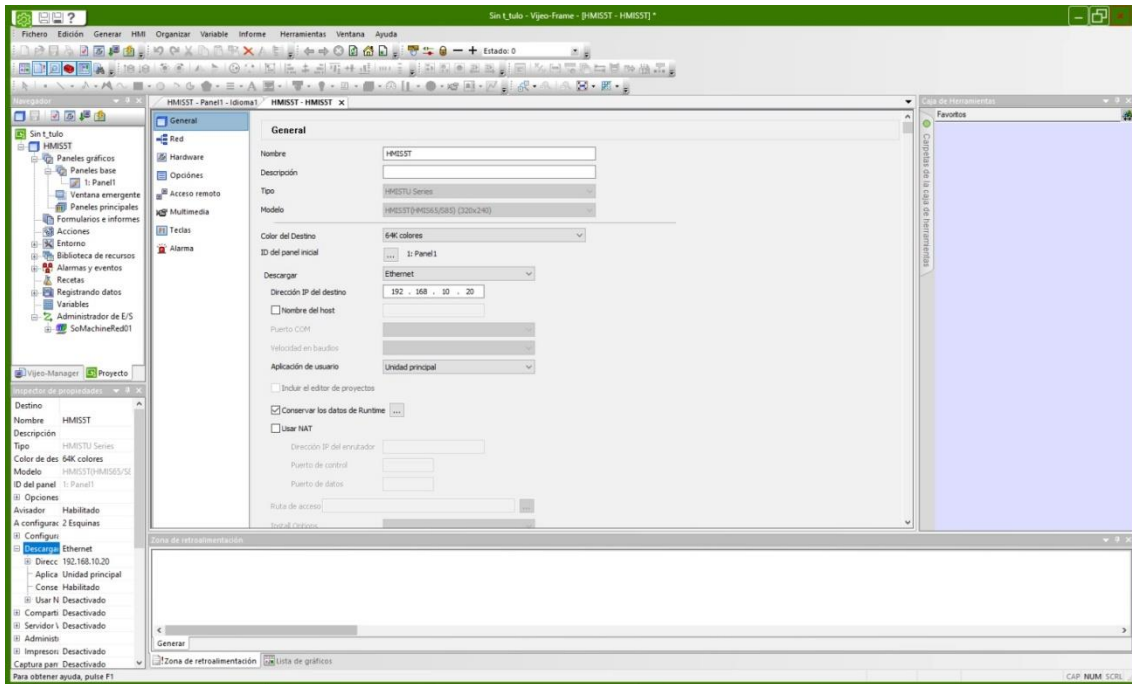
2. Conexión Ethernet: Guía rápida

Para establecer una red Ethernet es importante asegurarse que las IPs y máscaras de subred de PC, PLC y pantalla HMI permiten la comunicación.

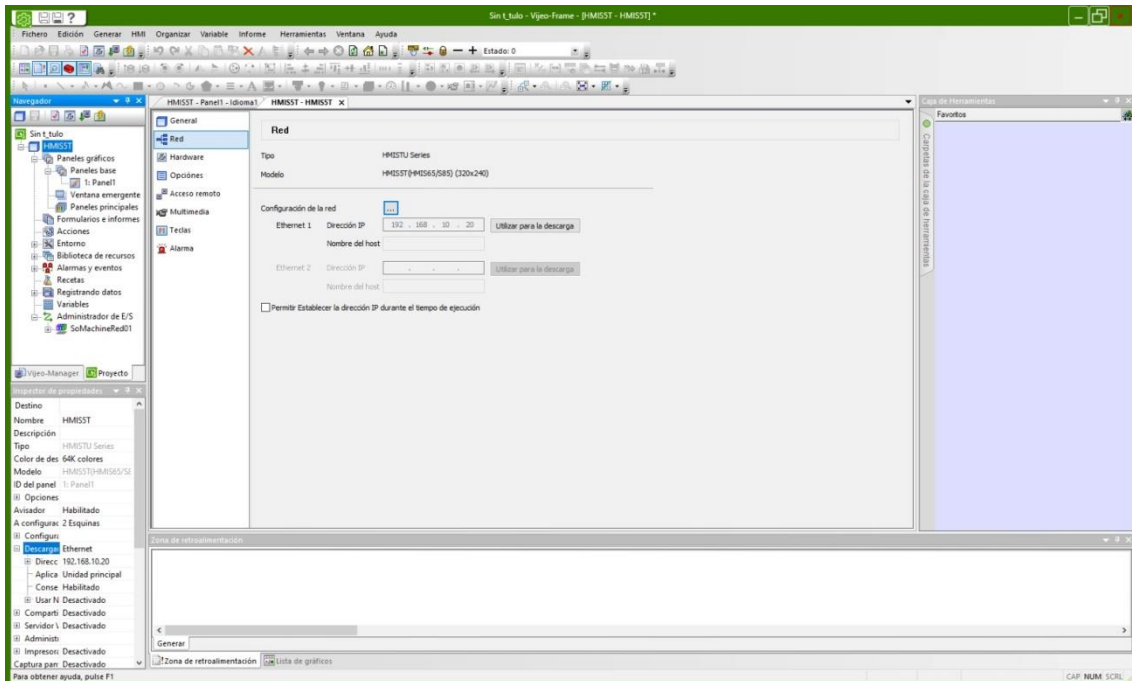
Para establecer una dirección IP y una máscara de subred en el PLC vamos al menú Dispositivos->MyController->Ethernet_1.



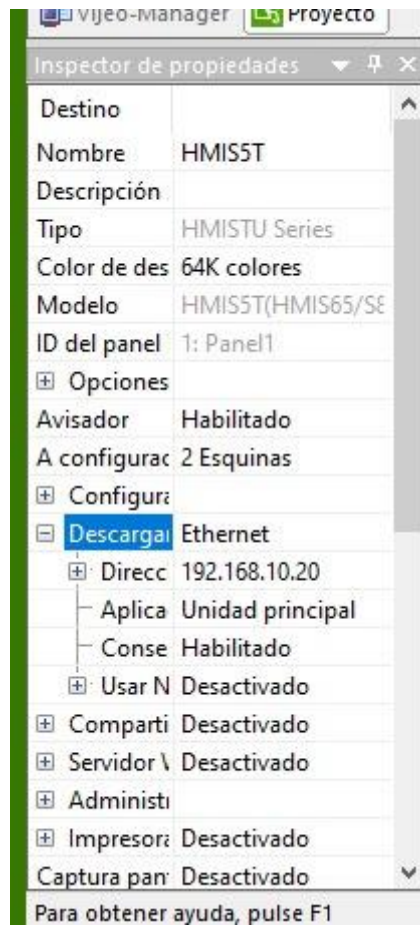
Para cambiar la IP de la pantalla HMI vamos a la configuración general y escribimos ahí la dirección de la pantalla donde se va a descargar el programa y la forma (Ethernet)



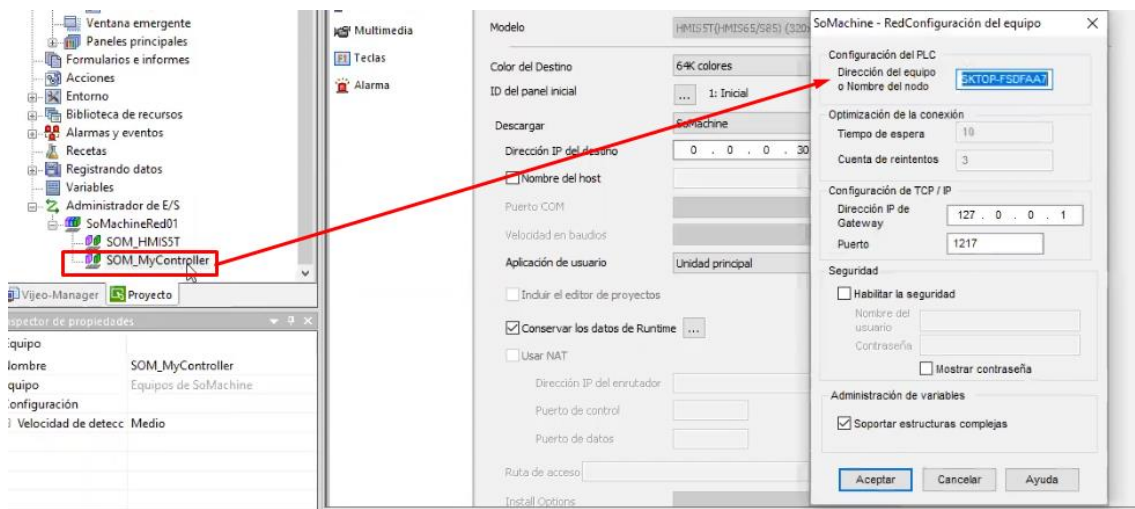
Dentro del menú de Red también debemos especificar la IP y la máscara de subred para las comunicaciones.



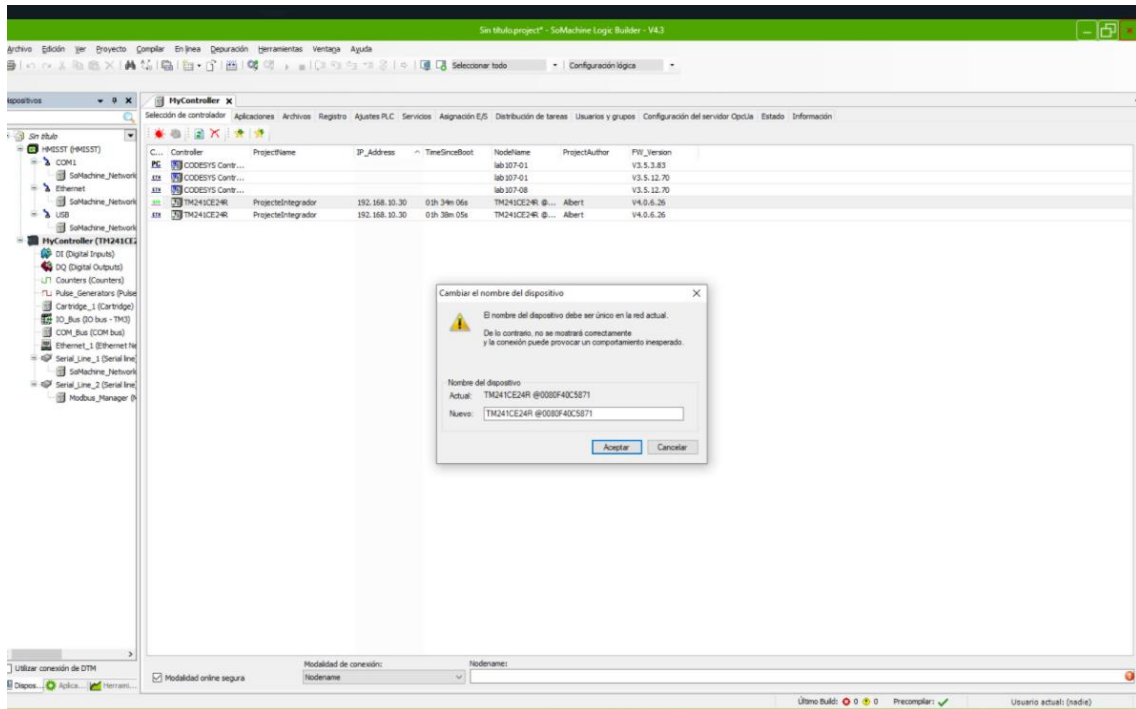
En el menú de propiedades inferior izquierdo también debemos visualizar que la descarga se hará mediante Ethernet:



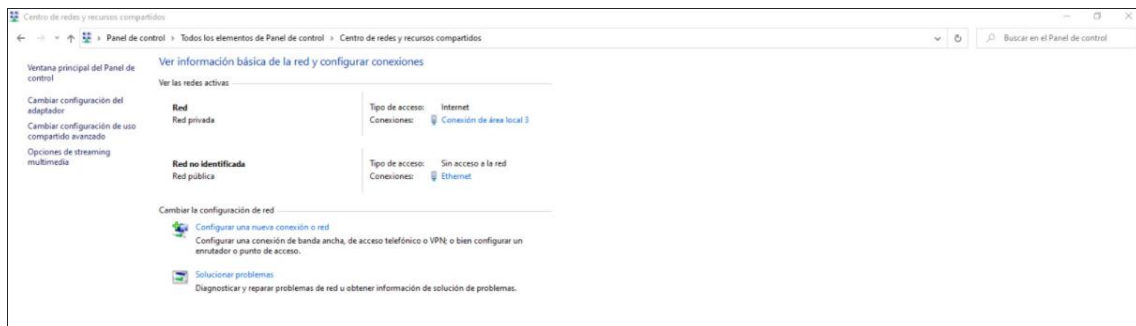
Y finalmente, para que se comuniquen PLC y pantalla debemos de escribir el nodename del PLC en el menú de Proyecto->Administrador de E/S->SoMachineRed01



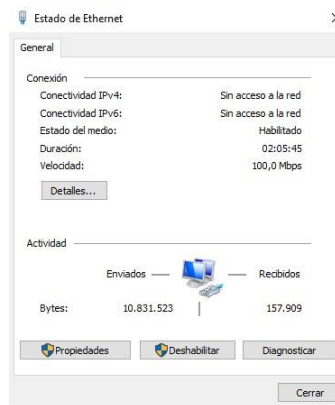
Para saber cuál es el nodename del PLC y/o modificarlo nos dirigimos al Logic Builder -> MyController y click derecho para modificar el nombre



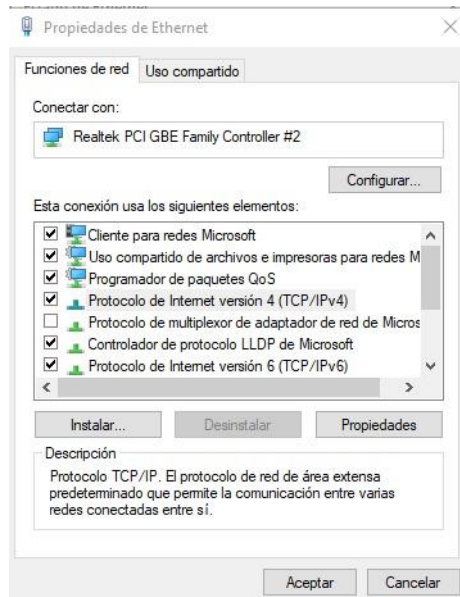
Y, finalmente, para consultar y/o modificar la IP del ordenador nos vamos al panel de control -> centro de redes y recursos compartidos.



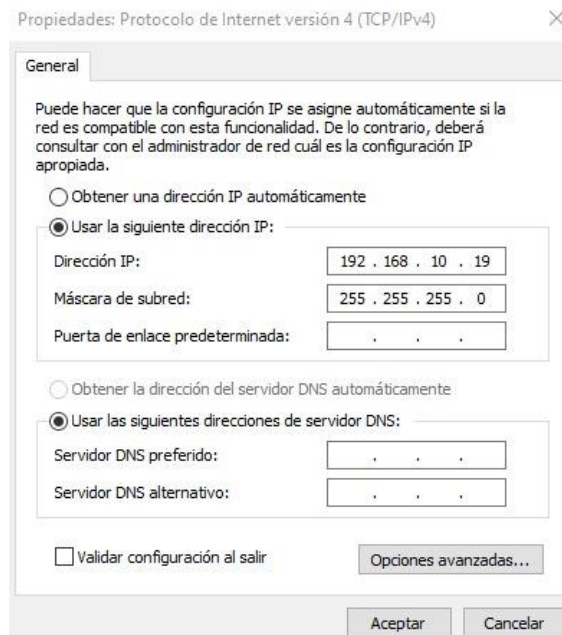
A continuación clicamos en la red Ethernet y a continuación "Propiedades"



Opción “Protocolo de Internet versión 4”



Y aquí cambiamos la IP y/o máscara de subred

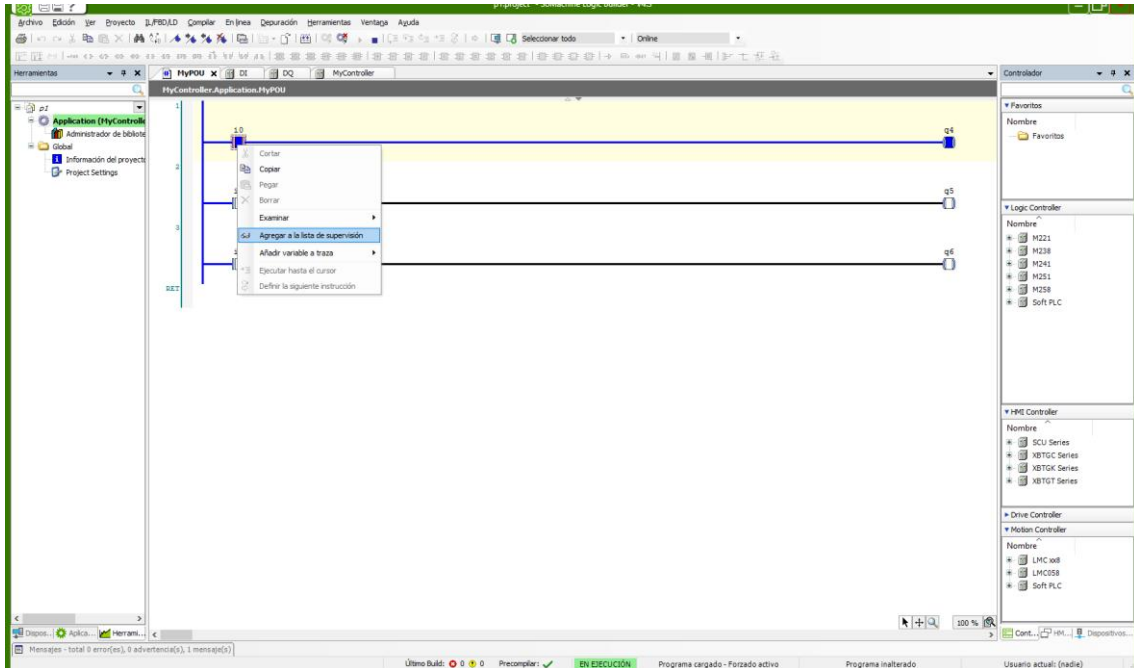


Nota: No es recomendable cambiar la dirección IP ni la máscara de subred del PC puesto que cada vez que se reinicie volverá a la que tenga por defecto. Mejor adaptar la IP y máscara del PLC y la pantalla, que mantienen la dirección asignada por muchas veces que se cargue el programa o se desconecte de la alimentación.

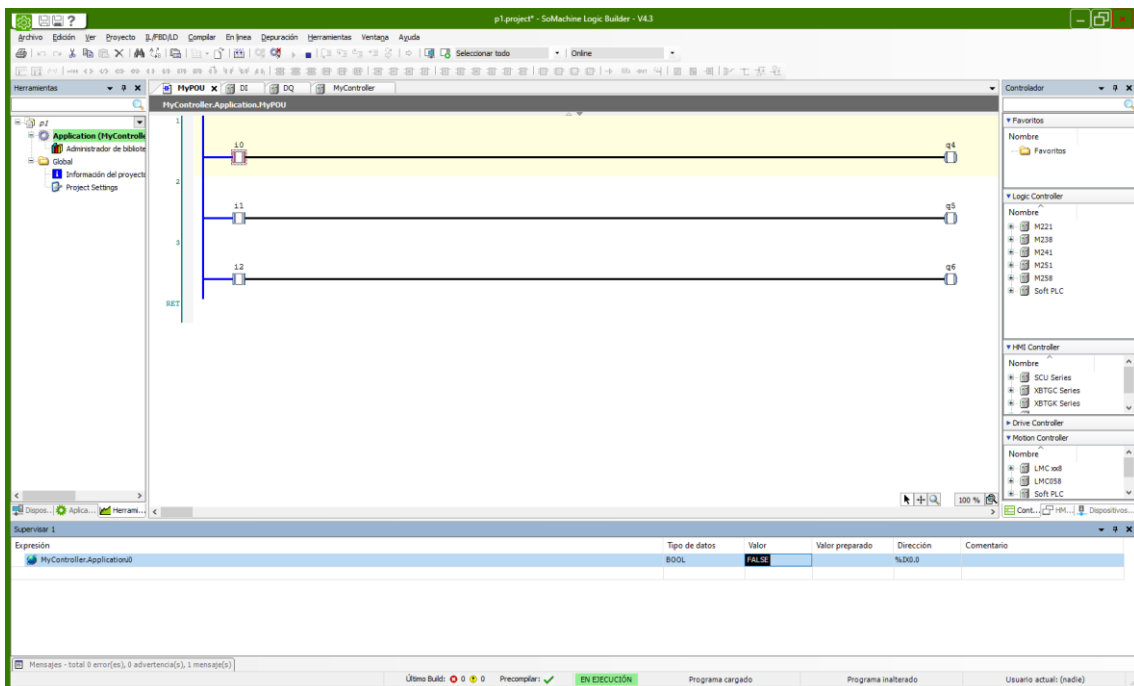
3- Forzar valores en entradas.

Algunas de las maquetas no disponen de simulador de entradas digitales, por ello será necesario simularlas mediante el propio software.

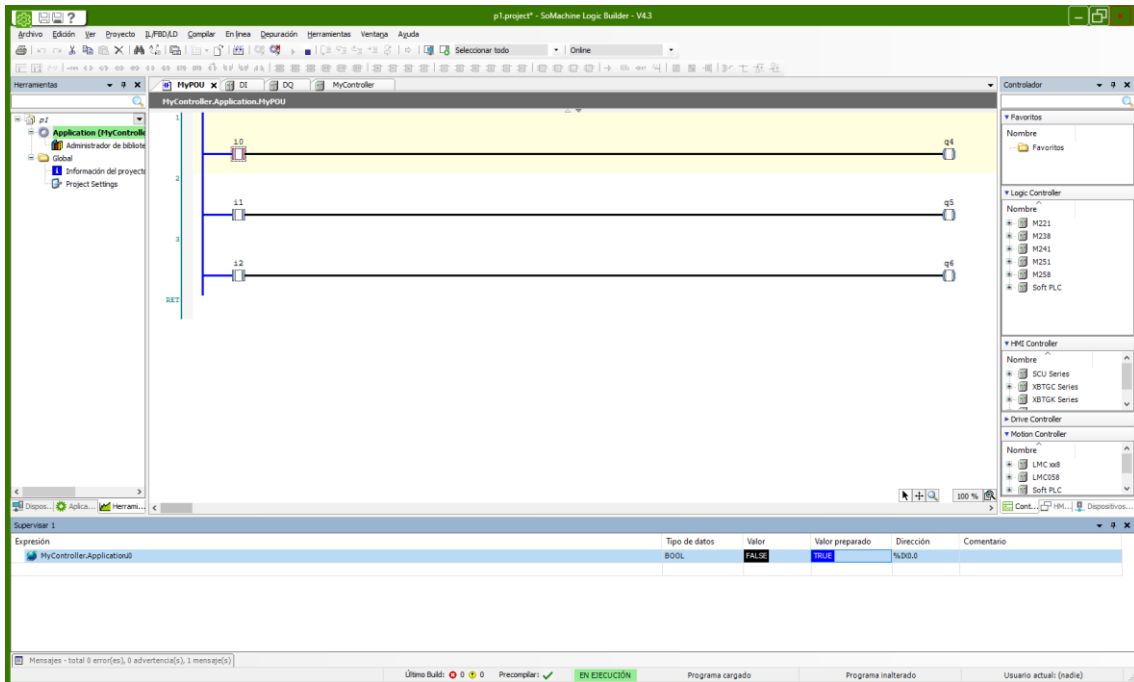
Para ello hacemos click derecho sobre el contacto que tenga asociada la entrada que queremos simular y le damos a “Agregar a la lista de supervisión”



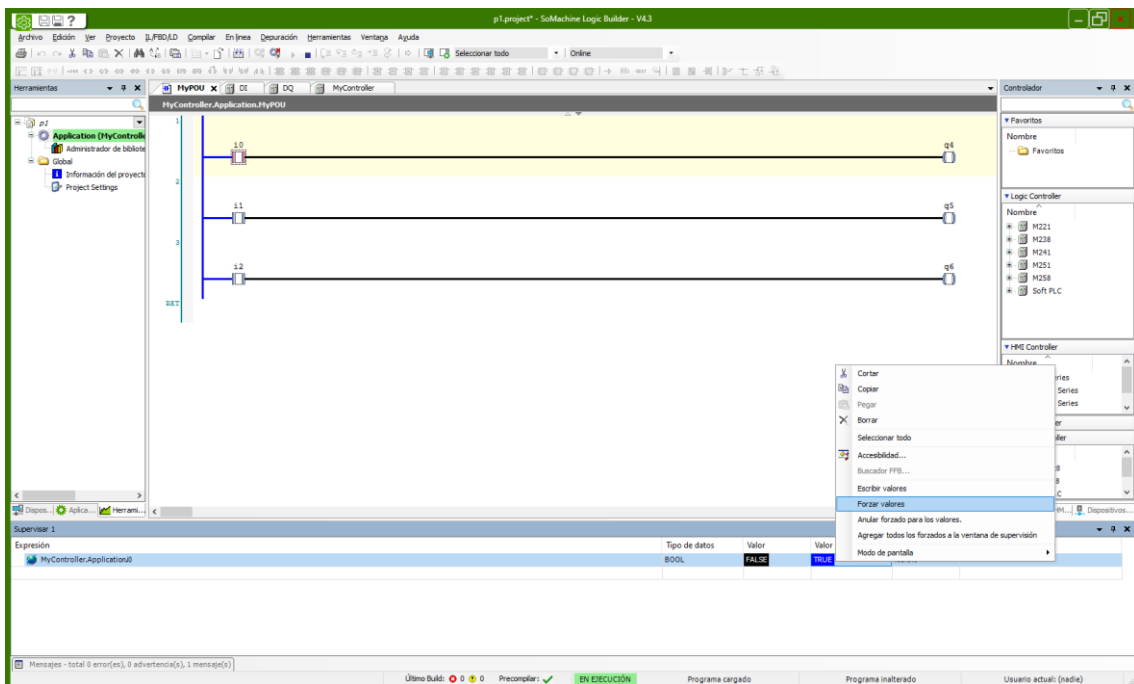
Se nos desplegará el siguiente menú:



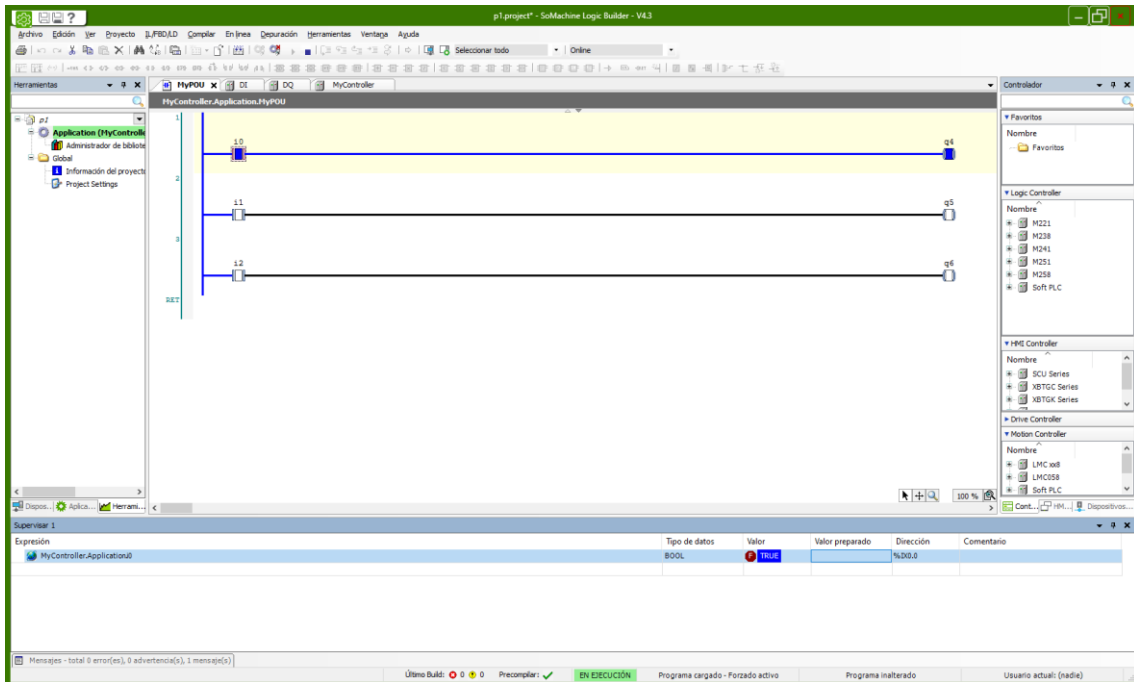
Si clicamos en “valor preparado” podemos ciclar entre los posibles valores que admite ese tipo de entrada o variable (En este caso true/false)



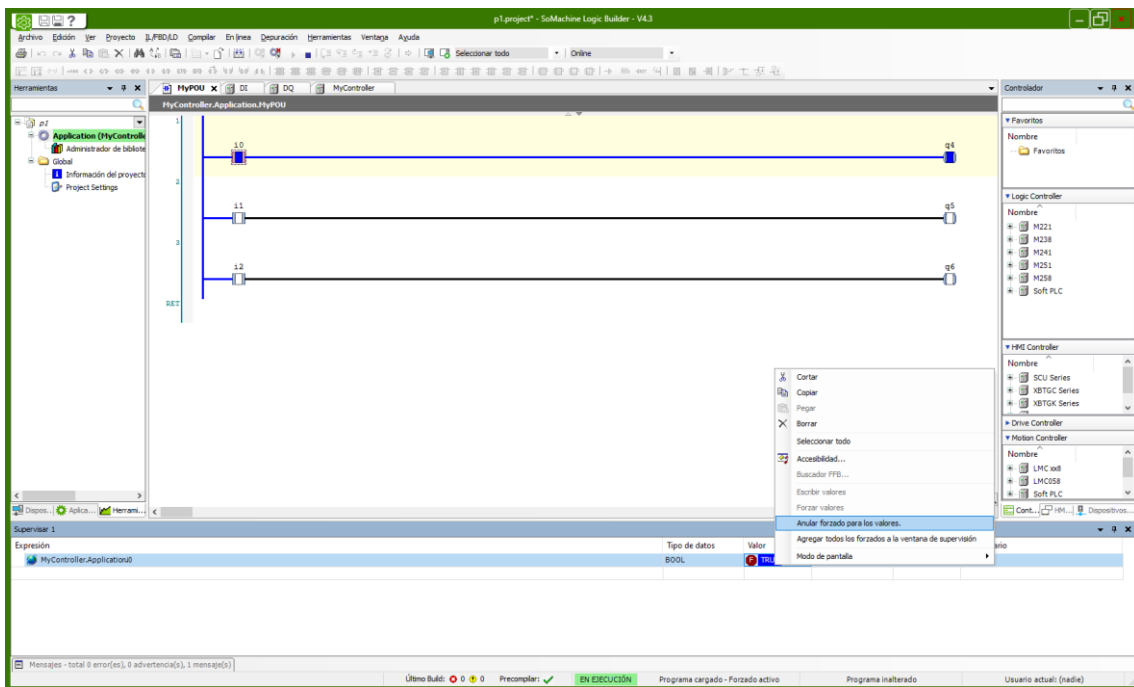
Una vez tenemos preparado el valor que queremos forzar click derecho y “Forzar Valores”



Cuando se fuerza un valor se muestra una marca de una F en un octógono rojo para indicar que está siendo forzada.



Y para dejar de forzar un valor simplemente click derecho y "Anular forzado para los valores"



Anexo 7: Documentación adicional

Los documentos de ampliación que se facilitaron a los alumnos en cada parte del desarrollo de la asignatura son los siguientes:

Para la sesión 1:

Schneider Electric (2010) Motion & Drives. Principios de la Variación de velocidad. [En línea].

Schneider. Guía de soluciones de automatización - Capítulo 2: Suministro de energía eléctrica. [Catálogo].

Schneider. Guía de soluciones de automatización - Capítulo 3: Motores y cargas. Introducción a las tecnologías de motores. Información sobre cargas y comportamientos. [Catálogo].

Schneider. Guía de soluciones de automatización - Capítulo 4: Arranque y protección de motores de CA. [Catálogo].

Schneider. Guía de soluciones de automatización - Capítulo 5: Arranque motor. [Catálogo].

Para las sesiones 2 y 3:

Schneider. Manual de formación – Vijeo Designer. [Manual].

Schneider. Manual de formación – SoMachine. [Manual].

[Schneider. Manual Ethernet: Manual de introducción al uso de las comunicaciones Ethernet en la plataforma Unity. [Catálogo].

Para el proyecto:

Fibla, Joan Pere. Cómo configurar el bloque de función del ATV_320. [Manual]

Schneider. Manual de formación – Variadores de velocidad. [Manual].

TP-Link. TL-WR702N 150Mbps Wireless N Nano Router Rev 2.0. [Guía de usuario]

Schneider. Altivar 320 – Funciones de seguridad. [Manual].