

TRABAJO FIN DE GRADO

AUTOMATIZACIÓN DE BANCO DE
ENSAYOS PARA AEROGENERADORES DE
IMANES PERMANENTES CON CONEXIÓN
A RED



AUTOR: Jonathan Frimpong Martín

TUTORES: Ángel Sapena / Ruben Puche

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica

05/09/2019

AGRADECIMIENTOS

Llegados a este punto, me gustaría decir unas palabras con un toque personal. Dar las gracias a todas aquellas personas que me han ayudado y apoyado en este intenso camino.

Empezando por mi familia, gracias a quienes soy quien soy y hacia quienes sólo puedo expresar mi sincero agradecimiento por apoyarme durante la etapa académica que hoy culmina. Esas personas que se han llevado lo peor de mí en esta etapa. Me han visto reír, llorar, gritar, caer, levantarme...pero siempre se han mostrado fuertes a mi lado para darme las fuerzas que ni yo sabía que tenía.

A mis amigos (especialmente a mí tío), por ayudarme en la medida de lo posible, por sacarme de casa los días que pensaba que no podía, por hacerme reír en los peores momentos, pero sobre todo por ser ellos mismos; cosa que les hace especiales.

A mi tutor Ángel Sapena, por su acompañamiento, su energía, su apoyo durante esta fase que nos ha unido y por su paciencia sobre mi persona. Pero sobre todo por su conocimiento compartido conmigo, ya que ha sido una de mis figuras a seguir dentro de la universidad.

Mi compañero de trabajo y amigo Alex Selva, ya que, gracias a él he podido realizar la puesta a punto de mi ordenador. Ayudándome y facilitándome todos los programas que he ido necesitando para la realización del trabajo.

Y por último a mi gran amiga Ainhoa Márquez. La persona con mayor paciencia hacía mis días grises, persona que me ha acompañado en todo este camino y me ha trasmitido la tranquilidad y fuerza que muchas veces no encontramos.

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA
PLIEGO DE CONDICIONES
PRESUPUESTO
PLANOS
ANEXO I. CONFIGURACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL
ANEXO II. PROGRAMA DE CONTROL DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE
ANEXO III. PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO

Este trabajo consta de los siguientes puntos respectivamente. Cada uno de ellos contiene su propio índice y numeración.

TRABAJO FIN DE GRADO

MEMORIA



AUTOR: Jonathan Frimpong Martín

TUTORES: Ángel Sapena / Ruben Puche

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica

05/09/2019

ÍNDICE:

1. Introducción.	5
1.1. Energías renovables.	5
1.2. Energía eólica en uso doméstico.	6
1.3. Mantenimiento	7
2. Objetivos.	9
3. Estudio de alternativas.	11
3.1. Accionamiento del aerogenerador.	11
3.2. Control de la velocidad del motor que arrastra al aerogenerador.	13
3.2.1. Modificando el deslizamiento.	13
3.2.1.1. Arranque estrella-triángulo.	14
3.2.2. Variación del número de polos.	15
3.2.3. Modificación tensión/frecuencia.	17
3.3. Control del banco de ensayos.	20
3.3.1. Control por contactores.	20
3.3.2. Sistema embebido.	22
3.3.3. Autómata programable.	24
3.3.3.1. Lenguajes de programación literales.	26
3.3.3.2. Lenguajes de programación gráficos.	27
3.3.4. PC industrial.	29
3.4. Supervisión y monitorización.	31
3.4.1. Panel sinóptico.	32
3.4.2. Pantalla HMI.	33
3.4.3. SCADA.	33
3.5. Comunicación.	35
3.5.1. Instalación punto a punto.	35
3.5.2. Buses de comunicación.	36
4. Soluciones adoptadas.	39
4.1. Accionamiento del aerogenerador.	39
4.2. Control de la velocidad del aerogenerador.	40
4.3. Control del banco de ensayos.	42
4.4. Supervisión y monitorización.	44
4.5. Comunicación.	44
5. Descripción detallada de la solución adoptada.	45
5.1. Elección del variador de frecuencia.	45
5.2. Elección del autómata programable.	48
5.3. Pantalla HMI.	53
5.4. Modbus.	55
5.5. Montaje para la realización de pruebas.	57
5.6. Montaje final.	58

6. Definición de los tipos de ensayos configurados.	59
6.1. Ensayo en régimen permanente.	59
6.2. Ensayo por escalones.	60
6.3. Ensayo por rampas.	61
6.4. Ensayo por pulsos.	62
7. Flujogramas:	63
7.1. Inicio.	63
7.2. Funcionamiento manual.	64
7.3. Funcionamiento automático.	65
7.4. Configura el ensayo.	66
7.5. Funcionamiento programado.	67
8. Diseño del interfaz de usuario.	69
8.1. Pantalla principal.	69
8.2. Selección de ensayo.	70
8.3. Gestión de los bloques de datos en el banco de ensayo.	71
8.4. Manual.	72
8.5. Configuración de ensayo.	73
8.6. Ensayo escalón.	74
8.7. Ensayo rampa.	75
8.8. Ensayo pulsos.	76
8.9. Visualización de los valores del motor.	77
8.10. Modo automático.	78
9. Conclusiones.	79
10. Bibliografía.	81

ÍNDICE DE FIGURAS:

<i>Figura 1. Evolución de la capacidad del sistema eléctrico español para la producción de energía eléctrica a través de fuentes de energías renovables proporcionadas por la Agencia Internacional de la energía. [1]</i>	5
<i>Figura 2. Ejemplo de un mini-aerogenerador para el autoconsumo en una vivienda aislada de la red. [2]</i>	6
<i>Figura 3. Laboratorio DIE.</i>	7
<i>Figura 4. Aerogenerador</i>	10
<i>Figura 5. Datos técnicos del aerogenerador estudiado [3].</i>	10
<i>Figura 6. Ejemplo de un sistema reductor de velocidad [4].</i>	11
<i>Figura 7. Gráfica Par-velocidad causada mediante una modificación de la tensión en el estator [5].</i>	12
<i>Figura 8. Esquemas de potencia y mando en un arranque estrella-triángulo [6].</i>	13
<i>Figura 9. Regulación de la velocidad mediante la variación del número de polos [7].</i>	15
<i>Figura 10. Regulación de la velocidad mediante la modificación de la frecuencia de entrada [8].</i>	16
<i>Figura 11. Limitación de la modificación de la velocidad a través de la frecuencia, en un aumento de frecuencia [9].</i>	17
<i>Figura 12. Compensación U/f [10].</i>	17
<i>Figura 13. Compensación IR [11].</i>	18
<i>Figura 14. Esquema de instalación mediante la aplicación de lógica cableada [12].</i>	20
<i>Figura 15. Microcontroladores [13].</i>	21
<i>Figura 16. Automata programable [14].</i>	23
<i>Figura 17. TIA portal.</i>	23
<i>Figura 18. Esquema de instalación mediante la aplicación de lógica programada.</i>	24
<i>Figura 19. Ejemplo de programación mediante listado de instrucciones [16].</i>	25
<i>Figura 20. Ejemplo de programación mediante texto estructurado [17].</i>	26
<i>Figura 21. Ejemplo de programación mediante Ladder.</i>	26
<i>Figura 22. Ejemplo de programación mediante diagrama de bloques [18].</i>	27
<i>Figura 23. PC industrial (señales analógicas y digitales) [19].</i>	28
<i>Figura 24. Ejemplo de panel sinóptico [20].</i>	31
<i>Figura 25. Ejemplo de pantalla HMI [21].</i>	32
<i>Figura 26. Ejemplo de scada [22].</i>	33
<i>Figura 27. Ejemplo de una instalación por hilo a hilo [23].</i>	34
<i>Figura 28. Ejemplo de una instalación por bus de comunicación [24].</i>	35
<i>Figura 29. Ejemplo de una comunicación maestro-esclavo [25].</i>	36
<i>Figura 30. Motor asíncrono encargado del accionamiento del aerogenerador</i>	38
<i>Figura 31. Variadores marcas Siemens, Keb, Fuji y Schneider [26].</i>	40
<i>Figura 32. Modelos del variador Fuji LM2 [27].</i>	40
<i>Figura 33. Variador de frecuencia altivar 312 [28].</i>	44
<i>Figura 34. Control en el variador Altivar 312 por comunicaciones mediante RJ45.</i>	45
<i>Figura 35. Modelos Altivar312HU [28].</i>	46
<i>Figura 36. TSX Micro [29].</i>	48
<i>Figura 37. M221. [29].</i>	48
<i>Figura 38. M241. [29]</i>	48
<i>Figura 39. M251. [29].</i>	48
<i>Figura 40. M258, [29]</i>	49
<i>Figura 41 LMC078/LMC058. [29].</i>	49
<i>Figura 42. Características principales del autómata Schneider M221. [30].</i>	49
<i>Figura 43. Dimensiones del autómata Schneider M221</i>	50
<i>Figura 44. Montaje en superficie del autómata Schneider M221</i>	50
<i>Figura 45. Esquema de entradas y salidas.</i>	51

Figura 46. Pantalla XBTGT2110. [31].	53
Figura 47. Características del modelo de pantalla XBTGT2110. [31]	54
Figura 48. Comunicaciones.	56
Figura 49. Instalación para la realización de pruebas y comprobaciones.	57
Figura 50. Montaje final	58
Figura 51. Ensayo manual	59
Figura 52. Ensayo escalón	60
Figura 53. Ensayo rampa.	61
Figura 54. Ensayo pulsos	62
Figura 55. Pantalla principal.	69
Figura 56. Selección de ensayos	70
Figura 57. Pantalla de gestión de los bloques de datos en el banco de ensayo.	71
Figura 58. Manual.	72
Figura 59. Configuración de ensayo.	73
Figura 60. Ensayo tipo escalón.	74
Figura 61. Ensayo tipo rampa.	75
Figura 62. Ensayo tipo pulso.	76
Figura 63. Monitorización del estado del motor.	77
Figura 64. Modo automático	78

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Modelos autómatas de Schneider.	49
Tabla 2. Capacidad de protocolo Modbus maestro.	55
Tabla 3. Capacidad de protocolo Modbus esclavo.	55

1. Introducción.

1.1. Energías renovables.

Las fuentes de energía renovables son fuentes energéticas que tienen un consumo muy reducido de CO₂, lo que permite considerarlas como energías “limpias”. También son energías que, en países, tales como España, pueden ayudar a reducir la dependencia energética exterior.

Las energías renovables son recursos limpios y casi inagotables que proporciona la naturaleza. Por sus características intrínsecas, contribuyen a disminuir la dependencia del país de los suministros externos, aminoran el riesgo de un abastecimiento poco diversificado, favorecen el desarrollo de nuevas tecnologías y en el aumento de la creación de empleo.

En la actualidad las energías renovables cobran una gran importancia en la generación de energía eléctrica. Con el paso de los años se puede observar el aumento de la producción eléctrica mediante energías renovables. En la figura 1 se puede ver un análisis realizado por la Agencia Internacional de la Energía, en el cual se puede apreciar que cada vez hay más presencia dentro del mix de generación de energía eléctrica.

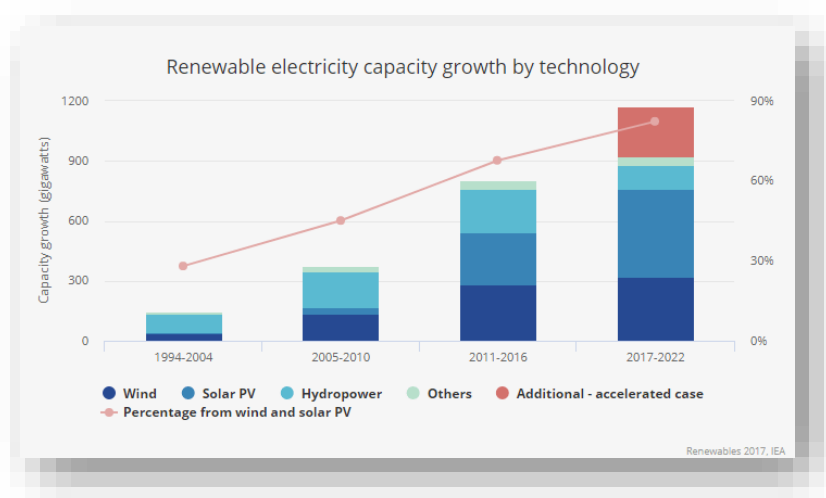


Figura 1. Evolución de la capacidad del sistema eléctrico español para la producción de energía eléctrica a través de fuentes de energías renovables proporcionadas por la Agencia Internacional de la energía. [1]

Este tipo de generación de energía eléctrica puede llegar a mitigar los efectos del cambio climático en el ecosistema.

Actualmente se está potenciando el autoconsumo favoreciendo a tener una red eléctrica con, cada vez, una generación más distribuida. A través de la generación por medio de la energía solar (fotovoltaica) o del viento (eólica) es capaz de abastecer esta potencia para consumo propio.

1.2. Energía eólica en uso doméstico.

Cuando se habla de energía eólica para autoconsumo, se estaría hablando del concepto denominado “mini-eólica”, la cual se compone:

- De aerogeneradores de muy baja potencia (inferiores a 10 kW).
- Mini generadores eólicos para la producción de energía eléctrica.

La mini eólica, como bien se deduce por su denominación, tiene su origen en la fuerza aplicada por el viento. Con la ayuda del viento se ejerce una fuerza a una turbina acoplada a un generador eléctrico que consigue transformar la energía mecánica basada en el movimiento (energía cinética) en energía eléctrica.

Esta tecnología cuenta con una serie de ventajas:

- Permite realizar un suministro de electricidad en lugares aislados de la red eléctrica (autoconsumo), o disminución de la potencia consumida a través de la red.
- Genera energía de manera distribuida (micro generación distribuida) reduciendo de este modo las pérdidas de transporte y distribución.
- Produce electricidad en los puntos de consumo, adaptándose a los recursos renovables y a las necesidades energéticas de cada lugar.
- Puede combinarse con fotovoltaica en ciertas instalaciones que se preparen para ello.



Figura 2. Ejemplo de un mini-aerogenerador para el autoconsumo en una vivienda aislada de la red. [2]

Tiene un bajo impacto ambiental, en primer lugar, por su menor tamaño e integración en entornos urbanos, pero ante todo, se trata del aprovechamiento de un recurso como el aire, el cual no genera emisiones de CO₂ y con ello se estaría respetando el medioambiente.

En la figura 2, se puede observar un sistema de generación de energía eléctrica a través de la fuerza del viento (mini-eólica), para el autoconsumo en una vivienda.

1.3. Mantenimiento

Dada la importancia de los mini aerogeneradores en el campo de la generación eléctrica y del autoconsumo, se van a tener que desarrollar técnicas y métodos que permitan detectar averías en los mismos de manera incipiente.

Este TFG se ha realizado en el laboratorio de investigación del die, especializado en el diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas. El cuál, se hablará de diversas alternativas aplicadas y estudiadas para la realización de un mantenimiento óptimo.



Figura 3. Laboratorio DIE.

En la figura 3, se puede visualizar el laboratorio donde se llevó a cabo el estudio de las diversas alternativas y soluciones del sistema. También se realizaron ciertos montajes para la ejecución de la programación y sus diversas comprobaciones.



2. Objetivos.

Los objetivos principales son la automatización de un banco de ensayos que permita determinar el comportamiento del generador en distintas condiciones de funcionamiento y la generación de una interfaz de usuario para habilitar su posibilidad de gestión. Además, para alcanzar estos objetivos principales se deben cumplir los siguientes objetivos parciales:

- Gestionar los distintos tipos de ensayos:

El sistema deberá ser capaz de gestionar y ejecutar los distintos ensayos que se generen de manera autónoma y automática. Pudiendo realizar ensayos en régimen permanente, configurados mediante pulsos, rampas de aceleración y oscilaciones; y automáticos.

- Gestionar base de datos de los ensayos:

Este consiste en la posibilidad de tener unos bloques de datos, los cuales almacenan la parametrización de los ensayos configurados. Dichos bloques estarán almacenados en una librería para que la persona encargada de la realización del ensayo no tenga que configurar en repetidas ocasiones los mismos valores estándares y habituales en los ensayos.

- Posibilidad de incluir nuevos bloques de datos:

El propio usuario tendrá que disponer de la posibilidad de crear nuevos bloques de datos desde la pantalla de gestión de usuario, pudiendo crear y eliminar los datos que vea conveniente.

- Crear entorno usuario-interfaz, hombre-máquina:

El usuario tendrá que gestionar dichos ensayos de manera manual, teniendo la posibilidad de configurar la parametrización de cada ensayo a gusto propio. El manejo de la pantalla deberá ser factible, a poder ser, dirigida por un menú sencillo, el cual se seleccionará el tipo de ensayo a realizar con sus respectivos parámetros.

- Modos de funcionamiento:

Se dispondrá de dos modos de funcionamiento, el modo manual y el modo automático.

El modo manual permitirá al usuario parametrizar el tipo de ensayo y ejecutarlo de manera manual. De tal forma, que el usuario será quién disponga del control absoluto de la parametrización del ensayo a realizar en el momento preciso.

Por la otra parte, se debe disponer de un modo automático, que constará de la selección de los bloques de datos creados ya con su parametrización y tipo de ensayo. Con ello, se podrá realizar un ensayo de forma automática. Dejando también la posibilidad de poder ejecutar estos bloques de datos en un tiempo predefinido por el usuario, con la finalidad de poder optimizar el tiempo y realizar los ensayos en periodos de tiempo que no interfiera en el normal funcionamiento del

laboratorio. Por ejemplo, cuando no hayan programadas sesiones de prácticas, en periodos nocturnos, etc.

- Monitorización de magnitudes eléctricas:

Habrá que disponer de un control sobre las medidas del motor, pudiendo llegar a detectar valores anómalos de funcionamiento.

- Idiomas:

El grupo de investigación publica sus avances en revistas internacionales. Además, mantiene colaboraciones activas con otros grupos de investigación de ámbito internacional. Entre sus colaboraciones entra la posibilidad de recibir a investigadores extranjeros en períodos de estancia o incluso recibir estudiantes de doctorado. Por tanto, al pretender facilitar al máximo la utilización de este banco de ensayos por usuarios de distintas procedencias, se deberá tener la posibilidad de realizar la gestión de usuario en diversos idiomas diferentes.

- Reducir errores:

El objetivo es poder reducir la introducción de datos que se sitúen fuera de un rango de valores óptimos para el funcionamiento del aerogenerador. No se deberá permitir el arranque de los ensayos en los casos que el usuario haya introducido un dato erróneo.

Por motivos de seguridad se dotarán de las herramientas suficientes para que el sistema detecte posibles errores y no ponga en peligro la integridad del sistema.

- Generación de un manual de usuario:

Se deberá realizar un manual de arranque básico, con la finalidad de facilitárselo al usuario a la hora de utilizar este banco de ensayos, con ello el usuario tendrá nociones suficientes para su puesta en marcha.

3. Estudio de alternativas.

3.1. Accionamiento del aerogenerador.

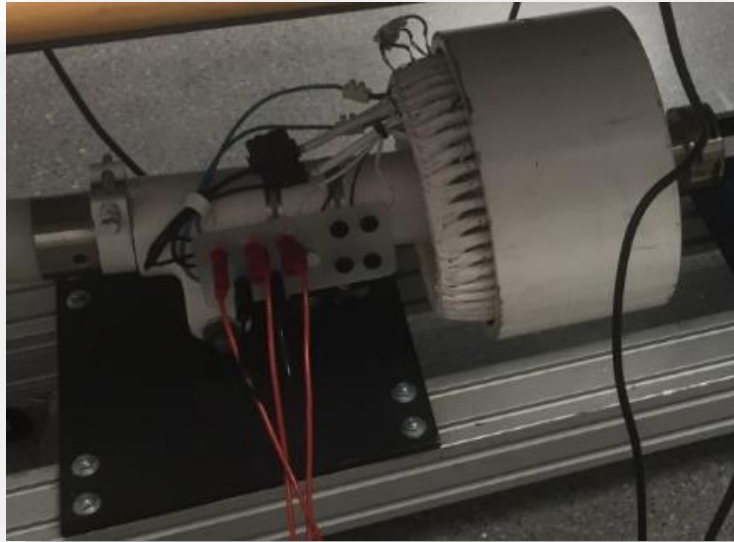


Figura 4. Aerogenerador

Datos técnicos			
Especificaciones técnicas	Wind 13+	Wind 25.2+	Wind 25.3+
Número de hélices	2	2	3
Diámetro	2,86 m	4,05 m	4,05 m
Material	Fibra de vidrio / Fibra de carbono		
Dirección de rotación	En sentido contrario a la agujas del reloj		
Especificaciones eléctricas			
Alternador	Trifásico de imanes permanentes		
Imanes	Neodimio		
Potencia nominal	1500 W	3000 W	5000 W
Voltaje nominal	220 v	220 v	220 v
RPM nominal	600	400	400
Velocidad de viento			
Rango de funcionamiento	2 - 30m/s		
Arranque	3 m/s		
Potencia nominal	12 m/s		
Frenado automático	14 m/s		
Máxima	60 m/s		
Especificaciones físicas			
Peso aerogenerador	41 kg	93 kg	107 kg
Bulto 1 (Aero.) - Peso	57 kg	135 kg	149 kg
Bulto 1 - Dimensiones (cm)	50x77x57	120x80x80	
Bulto 2 (Hélices) - Peso	6,8 kg	19 kg	22 kg
Bulto 2 - Dimensiones (cm)	153x27x7	220x40x15	260x40x15
Total - Volumen	0,23 m ³	0,90 m ³	0,91 m ³

Figura 5. Datos técnicos del aerogenerador estudiado [3].

El banco de ensayos que se pretende automatizar está destinado al desarrollo de técnicas de diagnóstico que permitan detectar averías en el generador eléctrico de imanes permanentes (problemas en los devanados, desmagnetización, pérdida de potencia, etc.) que iría instalado en un aerogenerador de pequeña potencia. Dicho banco de ensayos debe ser versátil y contar con capacidad de reproducir las distintas condiciones de funcionamiento que tendría el generador a lo largo de su vida útil. De este modo, permitirá, además, comprobar la fiabilidad de las técnicas de diagnóstico desarrolladas ante un amplio abanico de condiciones de funcionamiento. Para ello, se ha optado por prescindir de las hélices y acoplar mecánicamente el generador eléctrico a un motor de inducción permitiendo no sólo introducir el movimiento del generador eléctrico sino reproducir las condiciones de funcionamiento necesarias y en el momento preciso que sea necesario realizar el ensayo. Por tanto, evitará la dependencia del viento o en su defecto de equipos auxiliares que creasen el flujo necesario para cada momento (mucho más costosos y de regulación más compleja). Además, permitirá reducir el tamaño (no siendo necesario incluir las hélices que incrementan sustancialmente el diámetro ocupado por el aerogenerador) así como la complejidad del banco de ensayos (no siendo necesario equipos que generen y regulen el flujo eólico).

Tal cómo puede apreciarse en las características del aerogenerador (Figura 3) se trata de un aerogenerador de poca potencia (3kW) y de velocidad muy limitada (<400 rpm). Esto requeriría de un motor de inducción de pequeñas dimensiones con un elevado número de pares de polos. Constructivamente, ambos requisitos son difíciles de acometer de manera simultánea por lo que en el mercado no suele haber disponibles motores de inducción (y si los hay el coste es muy elevado) que reúnan ambas características. Por ello, la opción más conveniente para el sistema es acoplar una caja reductora entre el eje del motor de inducción y el aerogenerador. Con este sistema, se conseguirá reducir la velocidad del sistema a velocidades que entren dentro del rango de aplicación del aerogenerador a medida que se verá incrementado el par disponible en el eje para el accionamiento de este.



Figura 6. Ejemplo de un sistema reductor de velocidad [4].

3.2. Control de la velocidad del motor que arrastra al aerogenerador.

Este motor se emplea para emular el viento, es el encargado de simular las condiciones óptimas de funcionamiento del aerogenerador. Debe su importancia debido a la imposibilidad de estar a expensas del viento, ya que, es un banco de ensayos de laboratorio.

3.2.1. Modificando el deslizamiento.

La primera alternativa planteada en este estudio es la realización del control de velocidad mediante la modificación en el deslizamiento del motor asíncrono. En la siguiente ecuación se puede visualizar como se modificaría la velocidad (n_s) a través del deslizamiento.

$$n_s = \frac{120 \times f}{2p} \times (1 - s)$$

El método para la realización de la modificación del deslizamiento en un motor de jaula de ardilla es:

- Mediante la modificación de la tensión en el estator:

Los sistemas de control de velocidad en los motores de inducción tratan siempre de conseguir que el motor trabaje en la zona de flujo constante (zona estable de la curva par-velocidad, figura 6). La realización de un control de velocidad por modificación de la tensión tiene el gran inconveniente que, al disminuir la tensión, se está disminuyendo el par cuadráticamente, por lo cual llegará a disponer de un par proporcionado por la máquina, menor al par resistente de la instalación. Esto supondría no disponer de la fuerza necesitada para su arranque.

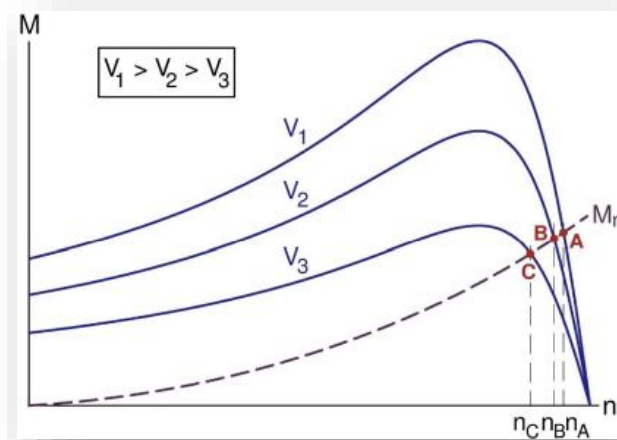


Figura 7. Gráfica Par-velocidad causada mediante una modificación de la tensión en el estator [5].

Es un método poco eficiente; también tiene el inconveniente que al aumentar el deslizamiento crecen las pérdidas en el cobre del rotor, lo que incrementa la temperatura del motor.

Como se puede apreciar en la figura 6, se realizaría una modificación mínima de velocidad.

Para la realización de un ejemplo de su variación, se tomará una frecuencia de 50 Hz y 2 pares de polos:

$$ns = \frac{120 * 50}{2 * 2} * (1 - s)$$

Suponiendo un deslizamiento de 0.02 para una tensión mayor, y de 0.04 para una inferior, se puede comprobar una velocidad de 1470 rpm y de 1440 rpm respectivamente. Por lo que, la diferencia de velocidad es pequeña en comparación con la disminución de par realizada.

3.2.1.1. Arranque estrella-triángulo.

El arranque estrella-triángulo es una versión de lo explicado anteriormente sobre la variación del deslizamiento. Se vería englobado en el control de la velocidad a causa de la modificación de la tensión del estator.

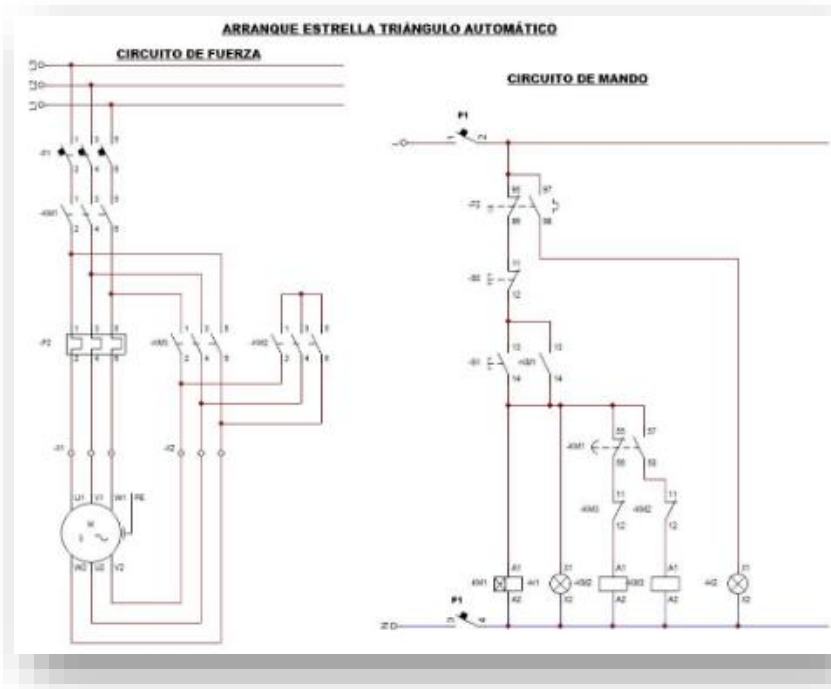


Figura 8. Esquemas de potencia y mando en un arranque estrella-triángulo [6].

La primera limitación que tiene este sistema es que solo se vería modificada la tensión de los devanados del estator en el momento del arranque del motor, pasando después a trabajar en un régimen permanente de tensión de alimentación.

En la figura 7, se puede ver el esquema de mando y de potencia de este tipo de arranque, pudiendo observar la permutación en el conexionado de los devanados del motor.

Otra de sus limitaciones es la asaz de cableado instalado, pudiendo observar en la figura 7, los dos tipos de esquema con sus cableados correspondientes. Con ello se incrementa su mantenimiento y su baja facilidad de realización de modificaciones.

3.2.2. Variación del número de polos.

$$n_s = \frac{120 \times f}{2p} \times (1 - s)$$

Como se puede comprobar, los pares de polos de la máquina (p) son inversamente proporcionales a la velocidad del motor, por lo que modificando la cantidad de polos se estaría realizando una variación de la velocidad del motor.

Este cambio de la enumeración de polos no permite modificar la velocidad del motor en su forma exacta, ya que lo que se ve modificado es la velocidad de sincronismo y no se controla el deslizamiento.

La variación de velocidad cambiando el número de polos únicamente permite alcanzar unos pocos valores de velocidad de sincronismo diferentes, ya que el número de pares de polos solo puede adoptar valores enteros y, en consecuencia, no puede variar de forma continua.

Los devanados del estator con los del rotor en un motor asíncrono deben tener la misma numeración de polos. Por lo que, este método lleva a modificar el número de polos en los dos devanados.

En lo que se conoce como jaula de ardilla (motor seleccionado para el banco de ensayos), las corrientes en las barras se originan por la inducción electromagnética y esto da lugar a un campo magnético que contiene el mismo número de polos que actúa sobre ella. Un rotor de jaula de ardilla adapta de forma automática su número de polos al del estator, y de esta manera, ambos devanados siempre tienen el mismo número de polos. Por lo tanto, al disponer de un motor en jaula de ardilla se considera esta alternativa para su modificación en la velocidad, con la facilidad de ser suficiente con la realización de la modificación del número de polos en el devanado estático.

Este cambio de número de polos no es utilizado en los motores de rotor bobinado porque esto exige que el devanado del rotor también se tuviera que conmutar el número de polos, este cambio complicaría notablemente el diseño y gobierno del motor.

En el arranque de estos motores se aprovecha la posibilidad de variación en la velocidad y se hace de forma gradual, iniciando el arranque con velocidades inferiores para ir conmutando

progresivamente a velocidades más altas. De esta manera el arranque es de mayor suavidad y da paso a un menor calentamiento en el motor.

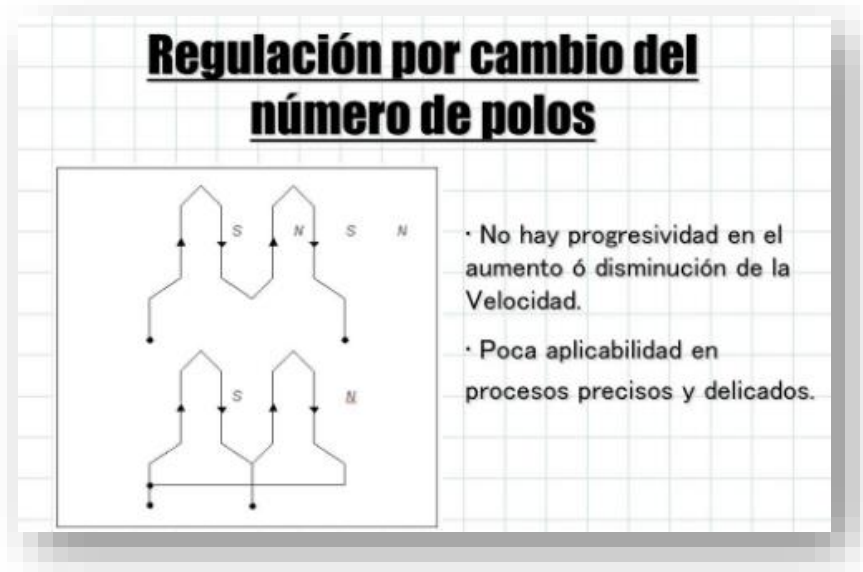


Figura 9. Regulación de la velocidad mediante la variación del número de polos [7].

3.2.3. Modificación tensión/frecuencia.

Otra de las alternativas de variación de la velocidad del motor es modificando la frecuencia aplicada al estator.

La velocidad del motor es directamente proporcional a la frecuencia:

$$n = \frac{60 * f}{p}$$

Por lo que, su mayor ventaja es la sencillez a la hora de realizar una modificación de velocidad, ya que, al ser directamente proporcional, una vez se modifique la frecuencia de entrada del devanado estatórico, se modifica proporcionalmente la velocidad del motor (todo ello dependiendo del número de pares de polos en la máquina).

En el caso de disminuir la frecuencia se produciría un aumento en el flujo magnético (Φ). Para evitar la saturación del núcleo magnético debido al aumento de flujo, se deberá proporcionar una disminución en la tensión de alimentación del devanado estatórico, para así poder mantener el flujo constante.

$$\Phi_m = k \cdot \frac{U_1}{f_1}$$

Si no se realiza esta proporción se puede tener unas consecuencias como se muestra en la figura 9.

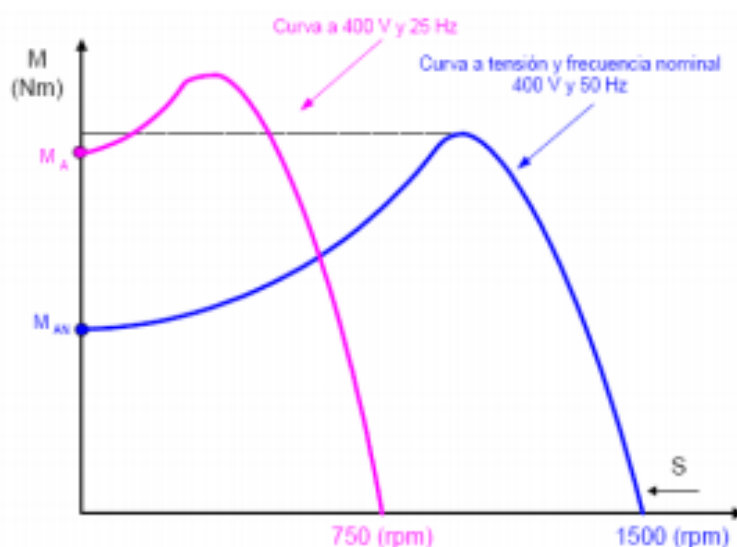


Figura 10. Regulación de la velocidad mediante la modificación de la frecuencia de entrada [8].

En la figura 9 se puede observar el resultado de disminuir a una frecuencia de 25 Hz manteniendo la misma tensión de alimentación al estator.

Aparte de reducir la velocidad, presentaría más capacidad de producción de par, debido a que el campo magnético estático tiene más inducción y más flujo. Sin embargo, esto no es una ventaja, este aumento de las características magnéticas por encima de las nominales, produciría ciertos daños muy graves en los circuitos magnéticos, llegando a entrar en un régimen de saturación, y con ello se podría dañar el motor, lo cual no sería viable.

Si fuera a la inversa y se aplicará mayor frecuencia, se encontraría su otra gran limitación, a frecuencias mayores que la asignada provoca una disminución de flujo y de inducción con lo que presentaría menor capacidad de producir par y con ello, la posibilidad de pasar a trabajar a un campo debilitado (Figura 10).

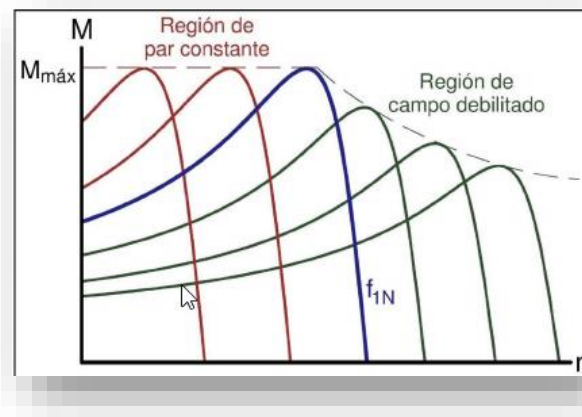


Figura 11. Limitación de la modificación de la velocidad a través de la frecuencia, en un aumento de frecuencia [9].

Por tanto, manteniendo la relación U/f dicha anteriormente, permite conservar un par máximo constante. Se logra el máximo aprovechamiento del par del motor en todo el rango de velocidades. En la figura 11, se puede observar la obtención de par máximo en todo su rango de velocidades.

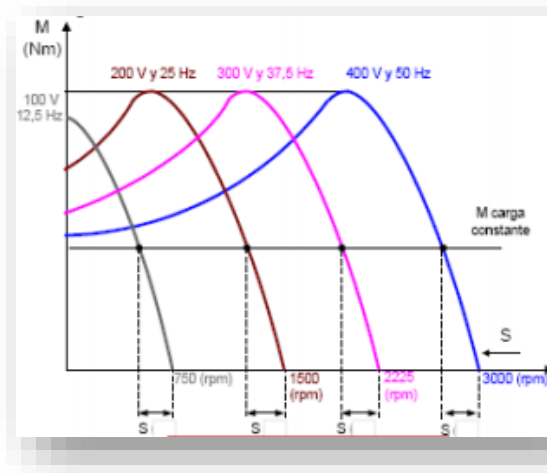


Figura 12. Compensación U/f [10].

Este método tiene también la limitación de a bajas frecuencias, el par máximo se ve reducido a menores frecuencias. Para mantener esta compensación del flujo magnético se recurre a la compensación IR, que tiene como finalidad elevar la tensión a bajas velocidades para su compensación.

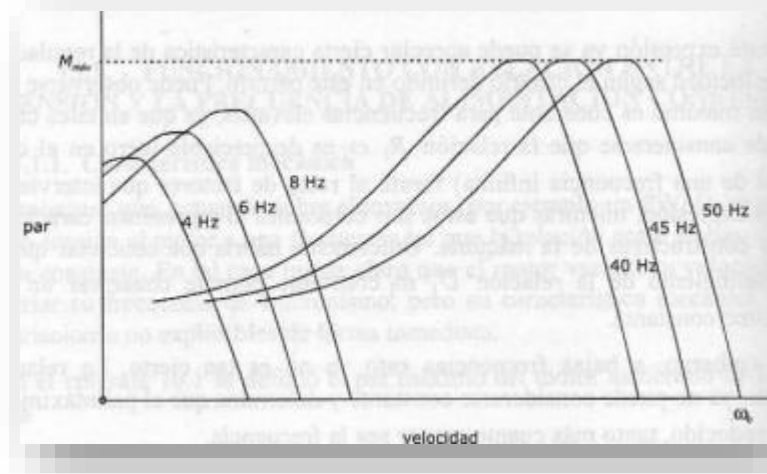


Figura 13. Compensación IR [11].

3.3. Control del banco de ensayos.

El control del banco de ensayos es la parte principal del trabajo, es la parte encargada de la gestión de toda la instalación. En este control se deben realizar todas las programaciones y parametrizaciones, para el correcto funcionamiento del banco de ensayos.

A continuación, se muestran las alternativas estudiadas para la implementación de la automatización de los bancos de ensayos. Se explicará con una breve definición, las tecnologías en las que se basan, características y campos de aplicación.

Por último, se estudian las posibilidades de control que ofrecen.

3.3.1. Control por contactores.

El sistema basado en contactores consiste en la realización del control de la instalación mediante contactos abiertos y cerrados (dejando pasar y cerrando el paso de la corriente). Estos contactos se abren o cierran, dependiendo su estado en reposo (normalmente abiertos y normalmente cerrados), mediante la alimentación de la bobina del contactor.

Con este sistema se hace posible la disposición de un control en una instalación.

El método de control por contactores presenta ciertas limitaciones:

- La inviabilidad de realización de funciones complejas. Muchas funcionalidades son de gran complejidad realizarlas por contactores, ya que se necesitaría elementos adicionales y esquemas muy laboriosos.
- La dificultad y costes de realizar modificaciones, reparaciones, implementaciones...Al estar trabajando con métodos cableados, cualquier modificación o implementación a realizar, se traduce en una desinstalación e instalación, ya que se tendría que desconectar cable para colocarlo, con el fin de realizar la nueva funcionalidad.
- Todos los elementos de la instalación van por conexiones hilo a hilo, mandando 2 cables por sensor y por actuador (entrada y salida).

El control mediante contactores se realiza mediante la lógica cableada. Una de las desventajas de la lógica cableada respecto a la programada es que, en los casos de querer realizar una modificación se tendría que desconectar el cableado y conectar los elementos precisos de los que se vaya a disponer nuevamente, pudiendo acabar en la conclusión de que es un gran aumento de tiempo.

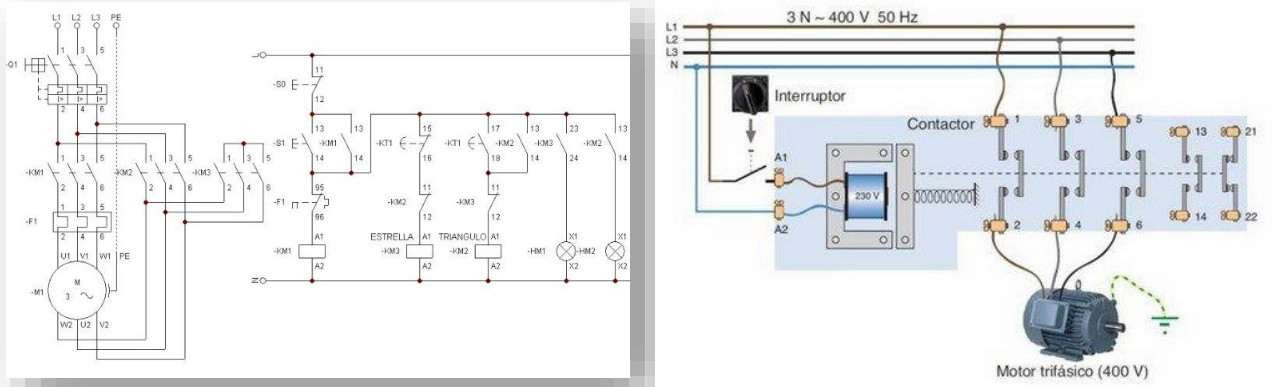


Figura 14. Esquema de instalación mediante la aplicación de lógica cableada [12].

Nota: Como se puede apreciar en las figuras 13, hay una considerable cantidad de cable empleado en su ejecución.

3.3.2. Sistema embebido.

El microprocesador es un circuito programable integrado, puede ejecutar órdenes programadas en una memoria interna. Su sistema está compuesto por bloques funcionales, que son los responsables de realizar una tarea específica. En ellos vienen una unidad central de procesamiento, periféricos y memoria. En la figura 14 se puede ver una figura de dicho sistema.

Se pueden encontrar diversas ventajas como una disminución de coste respecto a las demás alternativas, dimensiones pequeñas y una comercialización separada.

Por otra parte, tiene varias limitaciones como una compleja programación, la necesidad de ir acompañado de un PC y no poder visualizar los estados en tiempo real.



Figura 15. Microcontroladores [13].

Los microprocesadores incluyen elementos como:

- Procesador CPU.
- Memoria RAM en la cual se almacenarán datos de gran importancia.
- Módulos encargados del control de periféricos como temporizadores, puertas serie y paralelo, convertidores...
- Memoria ROM, encargada de almacenar el programa.
- Bloques de entradas y salidas para la comunicación con los periféricos.

Sus características principales son:

- Costes bajos.
- Proyectos replicables.
- Soportes poco exigentes.

Aplicaciones:

- En los sistemas de domótica, como aire acondicionado, calefacción...
- Campo de la automatización para sistemas como el ABS.
- Informática, donde más se pueden encontrar, ya que existen en casi todos los periféricos.
- Electrodoméstico y comunicaciones del hogar: teléfonos, lavadoras...

En los microprocesadores se pueden utilizar lenguajes de programación de alto nivel como el C++ o Java.

Uno de los mayores inconvenientes que tiene es el cambio y la reparación del microprocesador entero en caso de avería.

3.3.3. Autómata programable.



Figura 16. Autómata programable [14].

Según la fuente [15], recibe una definición tal que:

“Es un sistema secuencial, aunque en ocasiones la palabra es utilizada también para referirse a un robot. Puede definirse como un equipo electrónico programable en lenguaje no informático y diseñado para controlar, en tiempo real y en ambiente industrial, procesos secuenciales”.

Este elemento tiene una gran ventaja frente al resto, tienen una fácil programación, se puede programar mediante programas específicos de cada autómata. Por ejemplo:

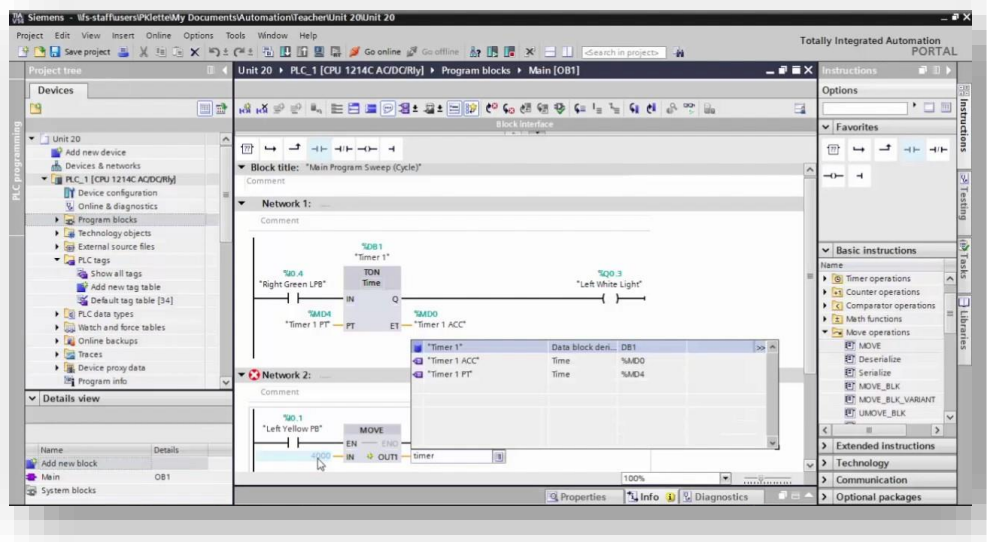


Figura 17. TIA portal.

TIA portal (Figura 16) es uno de los programas de Siemens que más se utiliza en la industria y más se puede ver en el mercado actual.

Este tipo de programas permite la visualización en tiempo real del proceso, la realización de varios lenguajes de programación, diversos tipos de funciones, tablas, bloques de datos, librerías... como se puede visualizar, un amplio abanico de posibilidades.

En el autómata programable, es el propio programador el que decide que elementos externos conectar (sensores y actuadores).

Como inconvenientes tiene el aumento en el coste respecto a las alternativas estudiadas anteriormente y el disponer de un tamaño mayor frente a los microprocesadores.

En sus principales características se puede encontrar:

- Ofrecen alta rapidez de respuesta.
- Posibilidad de gestionar varias máquinas a través de un mismo autómata.
- Posibilidad de recibir y enviar datos a través de módulos de comunicación acoplables.
- Se pueden ampliar sus módulos, ya que existen módulos de entradas, salidas... acoplables al autómata principal.
- Permiten realizar acoples en cuanto al diseño.
- Fácil mantenimiento y cambio de programación, permitiendo el cambio de la programación de un sistema con tan solo cambiar las líneas necesarias y seguidamente, realizar la descarga al autómata.

Actualmente el autómata programable se puede encontrar en infinidad de sitios, ya que su producción y utilización ha crecido considerablemente en los últimos años debido a sus buenas características proporcionadas para el sector industrial.

- Plantas industriales: las cuales requieran una automatización de la creación de su producto.
- Semáforos.
- Industrias del automóvil.

Al realizar la instalación mediante un autómata programable, se estaría utilizando la opción de la lógica programada. La lógica programada es lo contrario de la lógica cableada, en esta se sustituyen los elementos utilizados en los circuitos de mando (contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, etc.) por PLC's, Autómatas Programables o Relés programables. Esto nos permite realizar cambios en las operaciones de mando, mediante el cambio de la programación, y por ello no tener que modificar el cableado.

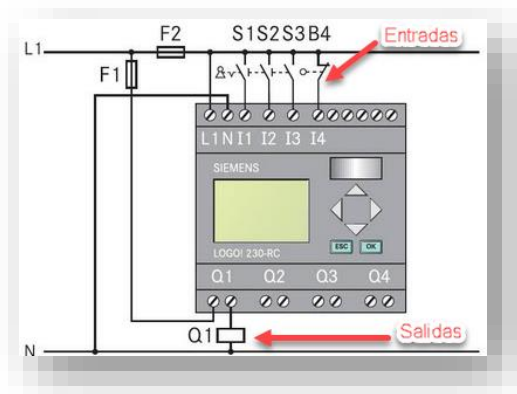


Figura 18. Esquema de instalación mediante la aplicación de lógica programada.

En cuanto a su programación se pueden encontrar diversos lenguajes de programación.

Cuando se habla de lenguaje de programación se habla de un lenguaje formal, un lenguaje creado para la realización de procesos que puedan realizarse mediante la máquina.

Se pueden distinguir dos grupos, gráficos (ladder y diagramas de bloques) o literales (listado de instrucciones y texto estructurado).

3.3.3.1. Lenguajes de programación literales.

- Listado de instrucciones (IL):

Los programas creados en este estilo de lenguaje se forman mediante una serie de instrucciones en álgebra de Boole, donde el autómata las ejecuta cíclicamente.

Este lenguaje ofrece una mayor versatilidad, por lo que es el lenguaje más empleado.

Tiene el inconveniente de necesitar un conocimiento de programación para poder entender su funcionamiento.

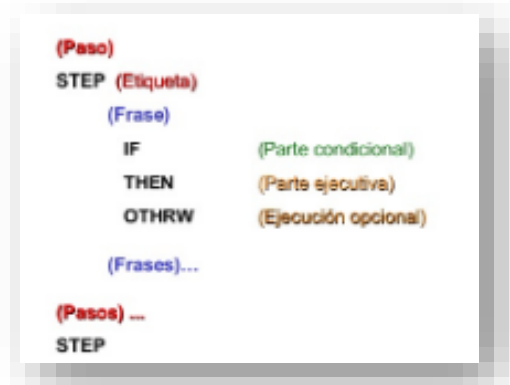


Figura 19. Ejemplo de programación mediante listado de instrucciones [16].

- Texto estructurado (ST):

Lenguaje de programación llevado a cabo mediante series de instrucciones concretas, que pueden ser utilizadas dentro de un entorno. Programación condicionada por los conocimientos de la persona encargada de la realización de la programación.

```

IF ((E0.8 == TRUE) && (E0.1 == TRUE))
{
SB.8 = TRUE;
}
ELSE SB.8 = FALSE;

IF ((E0.2 == TRUE) || (E0.3 == TRUE))
{
SO.1 = TRUE;
}
ELSE SO.1 = FALSE;

IF ((E0.4 == TRUE) && (E0.5 == FALSE))
{
SB.2 = TRUE;
}
ELSE SB.2 = FALSE;
    
```

Figura 20. Ejemplo de programación mediante texto estructurado [17].

3.3.3.2. Lenguajes de programación gráficos.

- Ladder (LD):

Es uno de los primeros lenguajes de programación en implementarse en las programaciones de los PLC'S. Su nombre viene de su semejanza con una escalera. La programación es de izquierda a derecha y de arriba abajo. Las entradas son colocadas en la parte de la izquierda y los actuadores en la parte de la derecha.

Es una programación sencilla de visualizar y en la que el programador puede ver e interpretar en tiempo real lo que está pasando en cada momento de una manera muy sencilla.

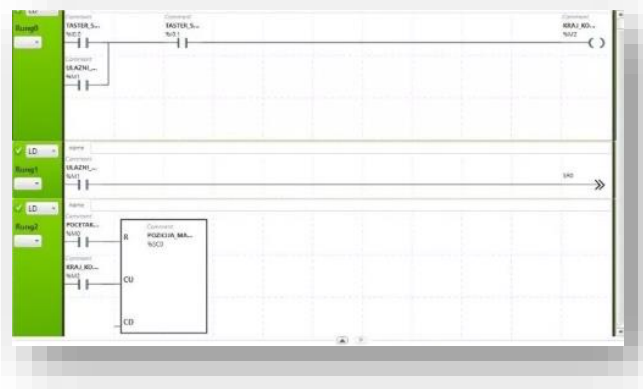


Figura 21. Ejemplo de programación mediante Ladder.

- Diagrama de bloques:

Este sistema se basa en la utilización de símbolos lógicos para la representación del bloque de la función. No es necesario incorporar una bobina de salida para cada salida lógica, en su lugar las salidas son representadas por una variable concreta asignada a la salida del bloque.

Estas salidas de bloque funcionales no se conectan entre sí, terminándose la evaluación de una red antes de la siguiente.

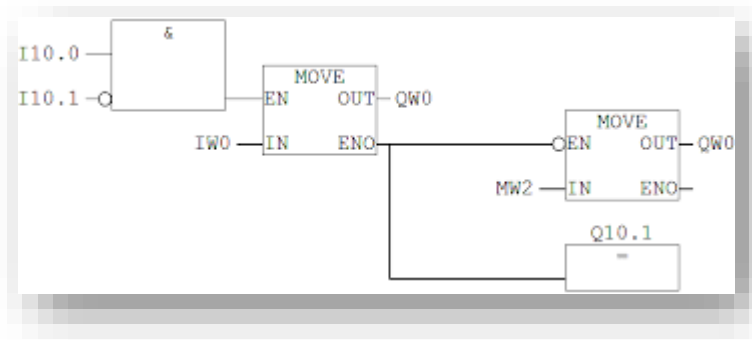


Figura 22. Ejemplo de programación mediante diagrama de bloques [18].

3.3.4. PC industrial.

Al hablar de PC industrial, se está hablando de sistemas electrónicos de control, en los que su función está basada en los ordenadores de propósito general. Son adecuados en cuanto a diseño, están montados para trabajar en procesos industriales y con ello soportan condiciones ambientales adversas como golpes, polvo, interferencias...

Estos PC'S están compuesto principalmente por:

- BIOS
- CPU
- RAM
- ROM
- Placa Base
- PCI e ISA.
- Ethernet
- Comunicaciones en serie

Como se pueden apreciar estos componentes son de un ordenador personal, porque como se define anteriormente su base es la de un ordenador de uso general. Por otro lado, se dispone de componentes en los que su principal uso es el industrial:

- Fuentes de alimentación grandes.
- Protecciones.
- Puertos internos especiales como VME, SCSI, GPIB...
- Puertos Bus.

Se pueden encontrar desde enormes PC'S con altas prestaciones diseñadas a medida, como se pueden encontrar los "Box" que son de muy pequeñas medidas.



Figura 23. PC industrial (señales analógicas y digitales) [19].

En los PC'S industriales se pueden encontrar las siguientes características:

- Posibilidad de cambio en el software.
- Robustez y amplitud en el caso de ser utilizados para el uso industrial.
- Tienen sistemas operativos y multitarea.
- Manejo de grandes cantidades de datos y grandes longitudes de palabras.
- Reducción de costes de producción.
- Posibilidad de ampliación mediante implementación de módulos.
- Posibilidades amplias de elección.
- Permite realizar la visualización, diagramas...

Esta posibilidad es ideal para una gran variedad de aplicaciones y sectores diferentes dentro de la industria. Están muy equipados para su funcionamiento y se vuelven idóneos para la realización del control y regulación en un sistema.

Se pueden encontrar en diferentes campos de aplicación:

- Automóvil.
- Industrias de procesados.
- Logística, almacenamiento, almacenes.
- Construcción de maquinaria.

Tienen una amplia posibilidad en cuanto a software, en los que se pueden instalar diversos programas y aplicaciones para el control de procesos, procesamiento de datos, gestión, manejo de tiempos...

Suelen programarse en lenguajes de alto nivel como el C++ o Java.

3.4. Supervisión y monitorización.

Se pretende realizar el diseño de una potente herramienta de interfaz hombre-máquina la cual va a ser la encargada de general una comunicación clara y efectiva entre el proceso y el operador. En este apartado se debe representar de manera gráfica, animada y en tiempo real, toda la gestión del banco de ensayo. Además, la aplicación debe dar una accesibilidad al completo, por lo tanto, desde la misma pantalla se deben gestionar todos los parámetros necesarios para los ensayos.

También se debe ofrecer capacidades de mando a los usuarios, teniendo ellos la posibilidad de activar o desactivar las acciones en los momentos precisos.

Como se ha comentado anteriormente, debe tener un sistema de protección frente a errores insertados por el usuario, evitando la posibilidad a la inserción de datos erróneos.

A parte del control, el sistema debe encargarse de la adquisición y almacenamiento de datos en memorias internas, para después poder hacer el procesado y manejo de dichas memorias.

Por último, deberá tener un sistema de grabación y gestión de bloques de datos, para su activación y su manejo en las ocasiones requeridas por el usuario.

Las alternativas estudiadas para la realización de un buen interfaz hombre-máquina son:

3.4.1. Panel sinóptico.

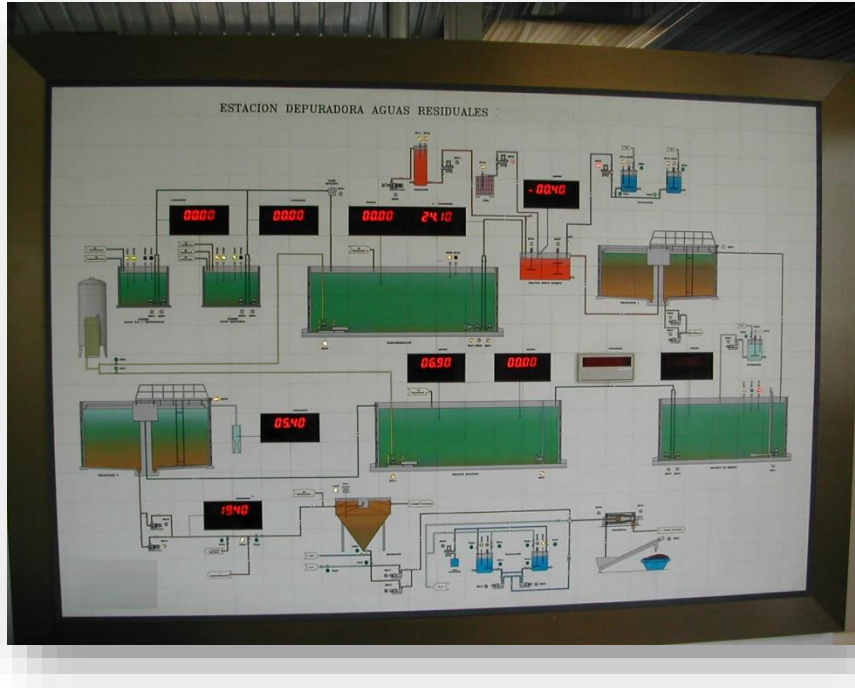


Figura 24. Ejemplo de panel sinóptico [20].

La primera alternativa estudiada son los paneles sinópticos, paneles que muestran mediante imágenes realizadas en el propio cuadro y mediante displays, diversos datos para la información del usuario.

Como ventaja tiene la proyección de información al usuario de manera clara y sencilla. El usuario solo tiene que visualizar el panel para recibir una información inmediata.

Por otro lado, tiene diversas limitaciones:

- Modificación completa del panel en el momento de requerir una implementación de monitorización
- Espacio limitado, sin posibilidad de realizar modificaciones sencillas de visualización.
- Gran trabajo de mecanizado en la creación del panel.
- Gran dificultad de transporte, a la hora de requerir su movilidad.

3.4.2. Pantalla HMI.

La siguiente alternativa estudiada es la pantalla HMI.

Es un dispositivo que consta de una pantalla táctil, con opción de la implementación de teclados para la inserción de números pudiendo estos ser enviados al sistema de control. Esta pantalla será la encargada de enviar, recibir y mostrar información sobre los ensayos y sus características.



Figura 25. Ejemplo de pantalla HMI [21].

HMI (Human-machine interface) es como bien se dice un interfaz hombre-máquina. Encargada de realizar una comunicación interactiva entre operador y proceso/máquina con la función de transmitir órdenes, visualizar gráficamente los resultados y obtener el vínculo proceso/máquina en tiempo real.

3.4.3. SCADA.

Como última alternativa a estudiar, es de valorar la opción de realizar un SCADA mediante un software específico. Muchos programas encargados de la realización del control constan de la posibilidad de creación de un scada, en el propio programa integro. Como por ejemplo el programa de Schneider denominado "ECOSTRUXURE".

SCADA (Supervisory control and Data Acquisition) es un sistema de supervisión, control y adquisición de datos.

Este controla o se comunica con uno o varios elementos. Estos pueden ser las redes de automatización industrial y máquinas, los sistemas de adquisición de datos (DAQ), la telemetría y el control remoto con comunicación continua o a ráfaga, los sistemas de entorno empresarial (MES, ERP...), los históricos y los servidores que sirven de almacén de datos, los sistemas de control de procesos y estadísticas, los sistemas de control industrial con RTU (Remote Terminal Unit) y PLC, sistemas de seguridad y procesos o entornos de computación de nube industrial.

Lo que hace es controlar y analizar la comunicación hombre-máquina, que se da entre la posición que tiene el operador y el sistema de control, mediante elementos de medición y control, creando un reporte con los datos obtenidos.

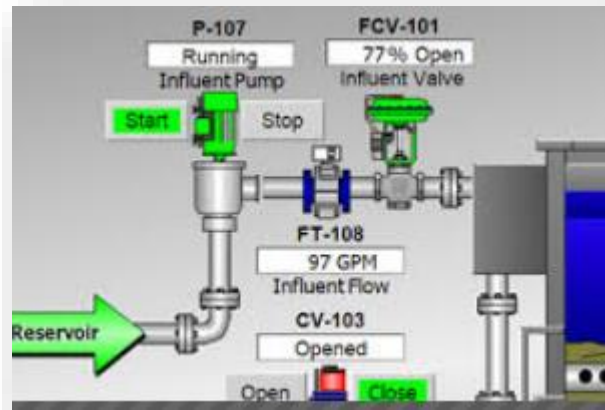


Figura 26. Ejemplo de scada [22].

Nota: En la figura 25, se puede apreciar un ejemplo de SCADA de una gestión de válvulas electromecánicas.

3.5. Comunicación.

3.5.1. Instalación punto a punto.

Las redes punto a punto son aquellas que responden a un tipo de arquitectura de red en las que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos elementos. Con total diferencia a las redes multipunto en las que cada canal puede comunicarse con varios.

Cada dispositivo puede tomar el rol de esclavo o de maestro. Por otro lado, las redes punto a punto son fáciles de instalar y operar en el momento de disponer de redes de dimensiones pequeñas. A medida que las redes crecen, las instalaciones punto a punto se vuelven más difíciles de coordinar y operar, con lo que su eficiencia decrece directamente a la cantidad de dispositivos en la red.

Se pueden encontrar tres tipos de enlace según el sentido de transporte de datos:

- Simplex: Los datos sólo pueden ir en un solo sentido.
- Half-dúplex: Los datos pueden ir en ambos sentidos, pero sólo un dato.
- Full-Dúplex: Los datos pueden ir en ambos sentidos a la vez.

La comunicación se realiza mediante una instalación punto a punto, en la que cada salida del autómatas y cada entrada van conectados con sus dos hilos correspondientes.

Este sistema de comunicación tiene dos grandes limitaciones, la gran cantidad de cable, y de tiempo dedicado en su instalación. Por lo tanto, habría un gran aumento en su coste. En la figura 26 se puede ver un ejemplo de una instalación hilo a hilo.

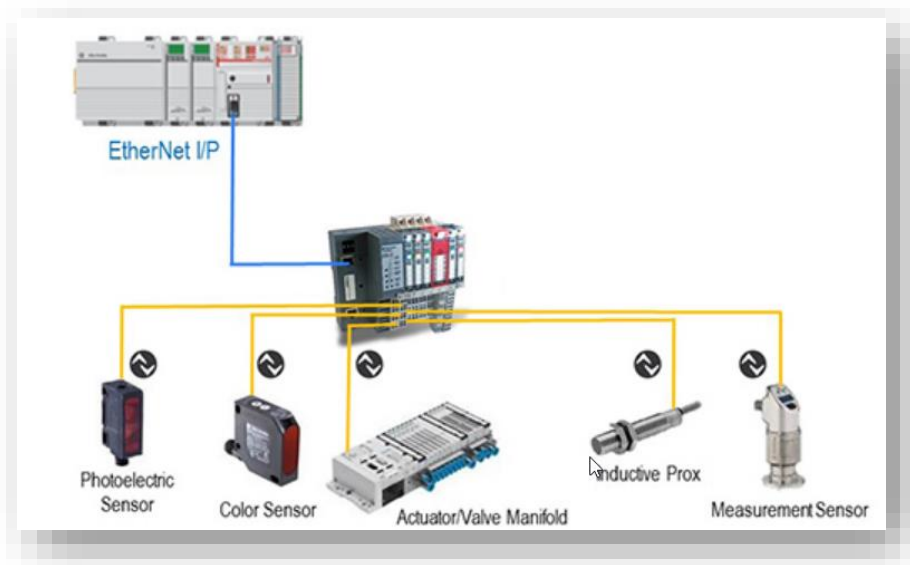


Figura 27. Ejemplo de una instalación por hilo a hilo [23].

3.5.2. Buses de comunicación.

Mediante la agrupación de un bus de comunicación, se pueden conectar todos los elementos en una misma red y con ello, distribuir los datos a cada uno de los elementos de la instalación de una manera más rápida y sencilla.

El bus de comunicación es el encargado de la realización de comunicación entre sensores-actuadores y los correspondientes elementos de control. Estos buses deben permitir la transmisión serie sobre un bus digital de datos con capacidad de interconectar controladores con todo tipo de dispositivos entradas-salidas, sencillos y permitir controladores esclavos.

Deben gestionar mensajes cortos, tener capacidad de manejar un elevado tráfico de datos, poseer mecanismos de error, transmitir mensajes prioritarios, tener un bajo coste de instalación (uno de los elementos más importantes al hablar de “Buses de comunicación”), responder con gran velocidad a los mensajes recibidos...

Por regla general suelen tener un tamaño pequeño y utilizar mensajes cortos para el control.

Según la cantidad de datos a transmitir se dividen en buses de alto nivel, buses de dispositivos y buses actuador/sensor.

Las ventajas de esta comunicación son:

- Mejor calidad y cantidad de flujo de datos.
- Gran ahorro de coste y cableado.
- Facilidad en la ampliación o reducción del número de elementos del sistema.
- Reducción de errores en la instalación.
- Reducción de número de terminales.
- Disminución de cajas de conexión.

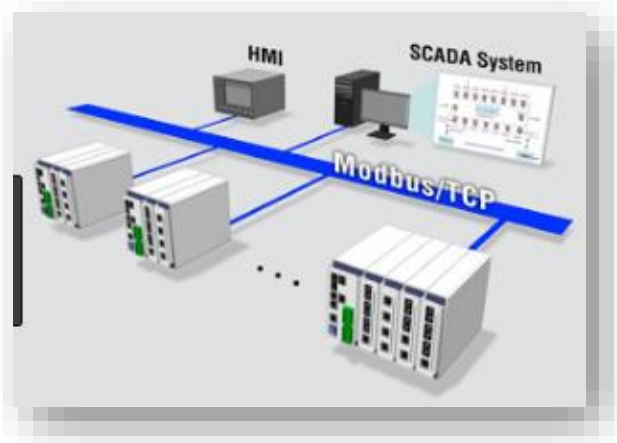


Figura 28. Ejemplo de una instalación por bus de comunicación [24].

Nota: En la figura 27, se puede apreciar una imagen de una instalación conectada mediante un bus de comunicación.

Al disponer de bus de comunicación, se utiliza en el sistema para el envío y recibo de datos entre dispositivos, la conexión maestro-esclavo (Figura 28). La cual, en la instalación, el elemento encargado de realizar la función de maestro y con ello el envío de datos, es el autómata programable. La función de esclavos la realizan el variador de frecuencia y la pantalla HMI.

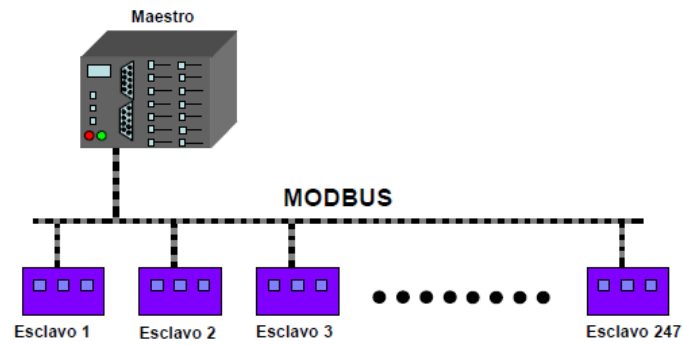


Figura 29. Ejemplo de una comunicación maestro-esclavo [25].



4. Soluciones adoptadas.

En este apartado se selecciona las soluciones planteadas a las alternativas estudiadas en el punto 3.

4.1. Accionamiento del aerogenerador.

El elemento elegido para ser el encargado para la realización del accionamiento del aerogenerador es el motor asíncrono (motor de inducción con jaula de ardilla). El motor de inducción representa una de las formas más útiles de las máquinas electromecánicas giratorias de C.A., y puede ser construida sin conexiones físicas en los circuitos del rotor, cuyas corrientes se generan debido al acople magnético entre estator y rotor, alcanzando entonces dicha máquina una extraordinaria robustez, seguridad y relativamente hablando, fácil mantenimiento. Las grandes máquinas de inducción trabajan normalmente con un sistema de alimentación trifásico en el estator, aunque también se pueden encontrar máquinas de una y dos fases.

Las ventajas de los motores de inducción con jaula de ardilla son:

- Gran flexibilidad.
- Soportan altas sobrecargas
- Sencillez en la construcción
- Posible automatización
- Menor coste



Figura 30. Motor asíncrono encargado del accionamiento del aerogenerador

4.2. Control de la velocidad del aerogenerador.

La siguiente elección es el apartado “3.2. Control de la velocidad del aerogenerador”, en el cual, se ha determinado descartar (por sus diversas limitaciones comentadas anteriormente), las opciones estudiadas de realización del control de velocidad mediante número de polos o mediante la variación del deslizamiento en la máquina asíncrona, ya que son alternativas incompletas y con pocas prestaciones.

La alternativa elegida en el estudio ha sido la modificación de la velocidad mediante el sistema tensión/frecuencia, ya que, dentro de las alternativas estudiadas es la que menos limitaciones contiene.

El elemento encargado de realizar este control es el variador de frecuencia. Es un elemento muy completo para las necesidades de control, con el que se puede realizar un control muy efectivo del motor asíncrono, mediante su parametrización correcta.

Este elemento se encarga de la modificación de la frecuencia de entrada al motor, es decir, le proporciona una frecuencia de consigna.

Unas de las diversas prestaciones que proporciona el variador de frecuencia son:

- Manejo sencillo en el control de las velocidades del motor.
- Simplifica la instalación a comparación de otros controles.
- Posibilidad de realización del control mediante comunicación Modbus.
- Aumento de la vida útil del motor con la posibilidad de efectuar arranques suavizados.
- Rápida instalación.
- Menor mantenimiento.

Por otro lado, tiene el inconveniente de la parametrización para su puesta en marcha, ya que es un proceso de lectura de manuales y estudio de las formas de parametrización correctas.

Para su puesta en marcha leer el “ANEXO I. Puesta en marcha”.

En la actualidad, en la industria se pueden encontrar una gran amplitud de marcas comerciales que nos suministran diferentes modelos de variador. Hay diferentes marcas de fabricantes de variadores, por ejemplo: Siemens, Fuji, KEB, Schneider, ABB, Schindler...



Figura 31. Variadores marcas Siemens, Keb, Fuji y Schneider [26].

Dentro de cada marca, cada fabricante dispone de una gama de modelos dependiendo de las intensidades, potencias y tensiones de la instalación en la que se vaya a acoplar el variador de frecuencia. Ejemplo:

Power Supply Voltage	Type	Applied motor current	Applied motor capacity	W (mm)	H (mm)	D (mm)
3-phase 400 VAC	FRN0006LM2A-4E	6.1 A	2.2 kW	140	260	195
	FRN0010LM2A-4E	10 A	4.0 kW			
	FRN0015LM2A-4E	15 A	5.5 kW			
	FRN0019LM2A-4E	18.5 A	7.5 kW			
	FRN0025LM2A-4E	24.5 A	11 kW	160	360	195
	FRN0032LM2A-4E	32 A	15 kW			
	FRN0039LM2A-4E	39 A	18.5 kW	250	400	195
	FRN0045LM2A-4E	45 A	22 kW			
	FRN0060LM2A-4E	60 A	30 kW			
	1-phase 200 VAC	FRN0075LM2A-4E	75 A	37 kW	326.2	550
FRN0091LM2A-4E		91 A	45 kW			
FRN0011LM2A-7E		11 A	2.2 kW	140	260	195
FRN0018LM2A-7E		18 A	4.0 kW			

Figura 32. Modelos del variador Fuji LM2 [27].

En la figura 30, se pueden ver los diferentes modelos del variador Fuji LM2, dependiendo de la potencia, tensión de alimentación e intensidad de la instalación en la cual vaya a ser instalado.

4.3. Control del banco de ensayos.

La segunda solución adoptada es al apartado “3.3. Control del banco de ensayos.”,

Dentro del estudio de sus alternativas, la primera que queda descartada es el control por contactores. En un sistema con muchas limitaciones (dichas anteriormente en el punto 3.3.1) para poder llevar a cabo el control del banco de ensayos.

A continuación, se descartan los sistemas embebidos, por sus siguientes limitaciones:

- No están preparados para poder ser manipulados y trabajados en ambientes industriales (resistir todo tipo de vibraciones, altas temperaturas, ruidos electromagnéticos...).
- Estos sistemas están diseñados para instalarse en dispositivos fabricados en grandes tiradas industriales, los cuales trabajan para funciones muy específicas y sencillas. En este proyecto se va a trabajar en varios funcionamientos a la vez.
- Un sistema embebido, a la hora de tener que realizar alguna reparación se tiene que cambiar entero, sin posibilidad de implementaciones, por lo que disponen de una flexibilidad y capacidad de ampliación muy bajas.
- Por último, este estudio está estudiado para realizarse por interfaces de comunicación de datos, con Modbus en este caso, por lo que el sistema embebido no dispone de este tipo de comunicaciones.

En cuanto a las otras dos alternativas de autómatas programables y PC'S industriales, sí que cumplen los requisitos que requiere el sistema, y con ello podrían ser utilizadas para la realización del control del banco de ensayo. Las características por las que cumplen son:

- Ambos sistemas tienen modelos con capacidades de memoria altas para largas instrucciones de programación o para altos usos de memorias internas.
- La rapidez de ejecución de las instrucciones es muy elevada en los dos métodos, llegando a modelos con capacidades de realización de operaciones lógicas con bits de menos de 80 ns.
- En la actualidad existen muchos fabricantes de autómatas y PC'S, por ello, se pueden encontrar diversos tutoriales, manuales, asistencias técnicas...
- Software confiable y con gran desarrollo. Ambos sistemas llevan años implementados en la industrial, por lo que, disponen de softwares muy trabajados y estudiados.

- En el momento de tener que realizar algún cambio en la programación, son elementos muy flexibles, ya que, solo hace falta modificar las líneas necesarias y a continuación descargar el programa para así tener la versión nueva y correcta con la que se quiere trabajar.
- Tienen diseños acoplables a los entornos industriales en los cuales van a trabajar.
- En los dos casos se puede decir que son escalables, ya que, tienen capacidades de ampliar sus prestaciones mediante la implementación de módulos adicionales. Existen muchos módulos con prestaciones diferentes, esto hace que sean sistemas muy versátiles.

Entre estas dos grandes alternativas, se ha elegido el autómatas programable por los siguientes motivos:

- Los autómatas programables son elementos más que suficientes para realizar las funcionalidades necesarias en este proyecto, por el contrario, los PC'S son más complejos, con lenguajes de mayor dificultad y ofrecen prestaciones mayores a las necesarias.
- El motivo principal son los costes, al poder los PC'S realizar funciones de mayor envergadura hace que contengan mayores capacidades de almacenamiento y de cálculo, por lo que, se ve un aumento considerable en el precio a comparación con un autómatas programable.
- Al poder realizar otros tipos de lenguajes de programación que no conlleven a tanto nivel, hacen que los autómatas programables sean más sencillos en su manejo e interpretación.

4.4. Supervisión y monitorización.

La tercera solución adoptada es al apartado “3.4. Supervisión y monitorización”.

La primera alternativa descartada es mediante un panel sinóptico, debido a sus diversas limitaciones comentadas en el punto 3.4.1. Lo que la hace una alternativa inviable.

Como se puede visualizar en el estudio de las alternativas, para esta solución servirían tanto la pantalla HMI, como el SCADA, ya que los dos elementos ofrecen las prestaciones necesarias requeridas por el sistema para la realización de un control hombre-máquina.

La razón por la que se opta por la pantalla HMI para la realización del interfaz de comunicación entre sistema y usuario, es por la facilidad de manejo de una respecto a la otra, ya que, para el SCADA es necesario la disposición de un PC para realizar la gestión de usuarios, en cambio la pantalla HMI es un elemento físico, por lo que, va separada del autómatas programable. Y la transferencia de datos entre ambos es realizada mediante un sistema de comunicación.

4.5. Comunicación.

La última solución adoptada es al apartado “3.5. Comunicación”.

Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación, operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción.

Su principal objetivo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo, y el equipo de control a través del tradicional bucle de corriente de 4-20mA.

La elección del bus de comunicación, para la realización de la comunicación del sistema, es por el aporte de las siguientes prestaciones:

- Reducción de costes:
Los buses de comunicación tienen una reducción de coste frente al sistema hilo a hilo, ya que supone una reducción del cableado y de la puesta en marcha de la instalación.
- Aumento de la fiabilidad del sistema con respecto al uso de otras redes.
- Monitorización, detección de las fuentes de error y corrección.
- Reducción del tiempo de parada.
- Simplificación en la obtención de los datos (medidas de los sensores).
- Disponibilidad de la información por los demás elementos.
- Comunicación bidireccional entre sensores y control.
- Sistemas de control más eficientes.
- Son necesarias solo 3 capas (física, enlace y aplicación) y un conjunto de servicios de administración.

5. Descripción detallada de la solución adoptada.

En este apartado se explica el razonamiento de elección del variador, autómatas, pantalla y bus de comunicación, para su configuración.

5.1. Elección del variador de frecuencia.

Como se ha comentado en el punto 4.2. Control de la velocidad del aerogenerador. En la actualidad hay grandes empresas con diversas opciones y modelos diferentes.

La empresa seleccionada es la casa Schneider, ya que son variadores de fácil programación, estandarizados y probados en la industria, tienen una gran capacidad de flexibilidad en sus comunicaciones y disponen de ciertos tutoriales realizados para su parametrización.

El variador elegido es el ALTIVAR 312.

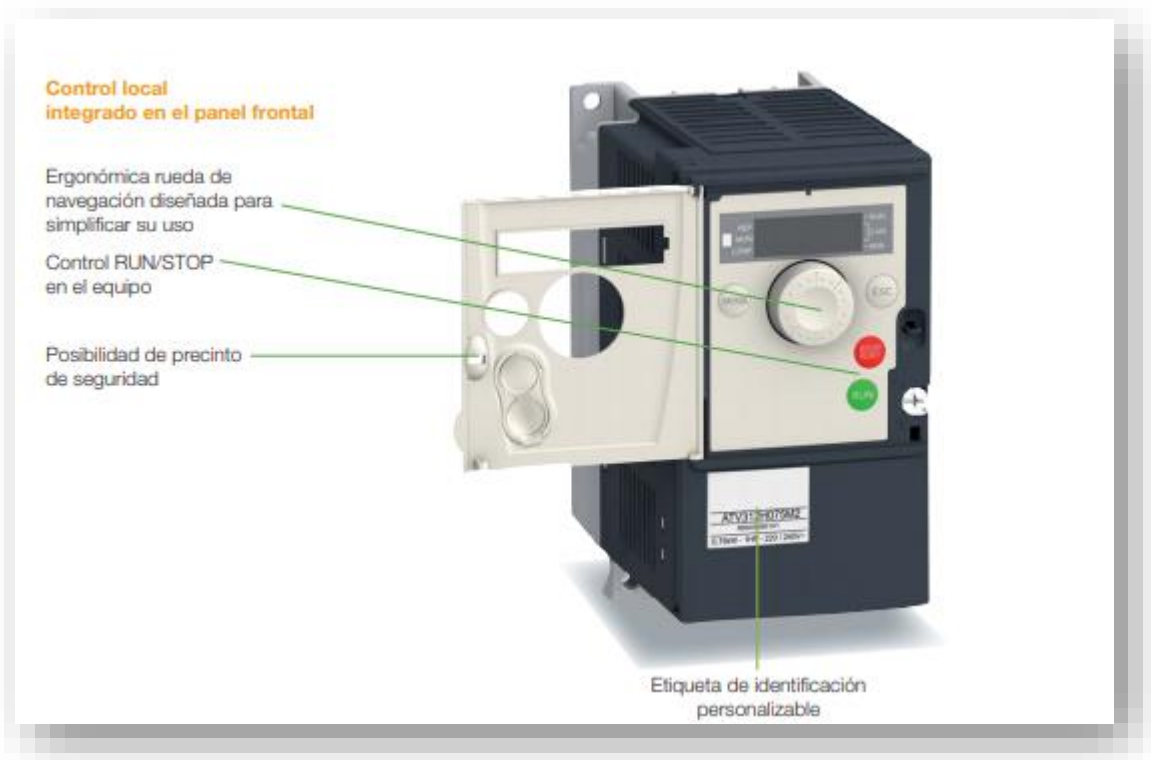


Figura 33. Variador de frecuencia altivar 312 [28].

La elección de este modelo viene dada por ser un elemento con las siguientes prestaciones:


- Reduce los costes de diseño e instalación gracias al software de programación SoMove.
- El autoajuste minimiza el tiempo de puesta en marcha y optimiza las prestaciones.
- Compatibilidad total con otros modelos de variador.
- Tamaño reducido, esto implica armarios de control más pequeños y posibilidades de montaje superficial.
- Herramientas y redes de comunicación para integración en sus sistemas de control, vía RJ45 universal (Figura 32).



Figura 34. Control en el variador Altivar 312 por comunicaciones mediante RJ45.

- Diversas opciones como plataformas, preparación de ficheros, posibilidad de realización de pruebas de funcionamiento, herramientas de configuración, programación mediante móvil...
- Amplia gama de tensiones.
- Cumplimiento con requerimientos específicos. (Filtros CEM clase 2, lógica positiva y negativa, montaje carril DIN...)
- Cumplimiento de las normativas y certificaciones.

- Amplia gama de modelos según la potencia del motor a controlar.



ATV 312HU15N4

1,5	2	15,8	13,3	3,2	1	8	12	90	ATV 312HU15M2	1,800
2,2	3	21,9	18,4	4,4	1	11	16,5	123	ATV 312HU22M2	3,100
Tensión de alimentación trifásica: 200...240 V 50/60 Hz, sin filtro CEM (3) (6)										
0,18	0,25	2,1	1,9	0,7	5	1,5	2,3	23	ATV 312H018M3	1,300
0,37	0,5	3,8	3,3	1,3	5	3,3	5	38	ATV 312H037M3	1,300
0,55	0,75	4,9	4,2	1,7	5	3,7	5,6	43	ATV 312H055M3	1,300
0,75	1	6,4	5,6	2,2	5	4,8	7,2	55	ATV 312H075M3	1,300
1,1	1,5	8,5	7,4	3	5	6,9	10,4	71	ATV 312HU11M3	1,700
1,5	2	11,1	9,6	3,8	5	8	12	86	ATV 312HU15M3	1,700
2,2	3	14,9	13	5,2	5	11	16,5	114	ATV 312HU22M3	1,700
3	-	19,1	16,6	6,6	5	13,7	20,6	146	ATV 312HU30M3	2,900
4	5	24,2	21,1	8,4	5	17,5	26,3	180	ATV 312HU40M3	2,900
5,5	7,5	36,8	32	12,8	22	27,5	41,3	292	ATV 312HU55M3	6,400
7,5	10	46,8	40,9	16,2	22	33	49,5	388	ATV 312HU75M3	6,400
11	15	63,5	55,6	22	22	54	81	477	ATV 312HD11M3	10,500
15	20	82,1	71,9	28,5	22	66	99	628	ATV 312HD15M3	10,500

Figura 35. Modelos Altivar312HU [28].

Entre los cuales se contiene el modelo "ATV312HU11ME", con una potencia de 1.1 kW, suficiente para el control del motor asíncrono del sistema, ya que es de menor potencia.

5.2. Elección del autómatas programable.

Las necesidades más importantes que se tienen que tener en cuenta en la elección del autómatas son las entradas y salidas (sensores y actuadores) necesarias en la instalación. Por otro lado, otra necesidad primordial es la posibilidad de realizar la transferencia de datos mediante bus de comunicaciones. En este estudio serían necesarias 2 entradas y 2 salidas; de igual importancia, el contener la posibilidad de realizar un control mediante bus de comunicaciones, ya que va a ser el elemento utilizado.

En la actualidad hay grandes empresas con diversas opciones y modelos diferentes para la realización de programaciones de ese nivel. (Schneider, Siemens, Omron, General Electric, Allen, ABB, Bradley, Vipa, Beckhoff, Festo, Fanuc Koyo, etc). Además, cada fabricante posee varias líneas de productos, y dependiendo de las características de la instalación, se disponen de diferentes modelos.

Dichas empresas debido a sus años en el sector industrial disponen de las siguientes prestaciones:

- Ofrecen grandes garantías a las prestaciones que se necesitan.
- Poseen los software más probados y actualizados.
- Poseen manuales, asistencias técnicas, tutoriales... para el manejo del usuario.

Viendo todos los fabricantes y sus modelos, al requerir de un autómatas sin mayor complejidad, ya que, no se tiene la necesidad de disponer multitud de salidas y entradas para realización del banco de ensayos. Se puede llegar a la conclusión de que, para las prestaciones necesarias para la realización del sistema, cualquiera de las grandes marcas puede cumplirlas, por lo que, todas las marcas podrían proporcionar un modelo para la gestión del banco de ensayos.

La decisión obtenida es la marca Schneider por los siguientes motivos:

- Es un fabricante con mucha repercusión en el mercado eléctrico, muchos años de experiencia, y con una cantidad de prestaciones muy grandes en comparación a otras marcas.
- Ofrece muchos módulos de fuentes de alimentación, entradas y salidas, contadores de alta velocidad, módulos de regulación, etc.
- Utiliza para su programación el programa "ECOSTRUXURE", el cual es un programa con facilidad de manejo y gestión, tiene diversidad de funciones para facilitar su programación y es totalmente gratuito.
- Dispone de muchos tutoriales dados por la misma casa Schneider, para que resulte sencillo la resolución de problemas al programador en pleno proceso de programación.
- El variador utilizado en el sistema de control del motor también es de la casa de Schneider.

- Los controladores de la marca Schneider están fuertemente instaurados y probados en la industria, muchas grandes empresas de programación ya disponen de ellos en sus sistemas.

Los modelos que dispone Schneider para el control de máquinas industriales son:

Fabricante	Modelos
Schneider	TSX Micro Modicon M221/ M241/ M251/ M258 Motion LMC078/LMC058

Tabla 1. Modelos autómatas de Schneider.



Figura 36. TSX Micro [29].



Figura 37. M221.[29].



Figura 38. M241.[29]



Figura 39. M251.[29].



Figura 40. M258, [29]



Figura 41 LMC078/LMC058. [29].

El modelo elegido para el sistema es el autómata programable M221, modelo TM221CE16R.

Main	
Range of product	Modicon M221
Product or component type	Logic controller
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Discrete input number	9 discrete input conforming to IEC 61131-2 Type 1
Analogue input number	2 at input range: 0...10 V
Discrete output type	Relay normally open
Discrete output number	7 relay
Discrete output voltage	5...125 V DC 5...250 V AC
Discrete output current	2 A
Complementary	
Discrete I/O number	16
Number of I/O expansion module	<= 4 for transistor output <= 4 for relay output
Supply voltage limits	85...264 V
Network frequency	50/60 Hz
Inrush current	<= 40 A
Power consumption in VA	<= 49 VA at 100...240 V with max number of I/O expansion module <= 33 VA at 100...240 V without I/O expansion module
Power supply output current	0.325 A at 5 V for expansion bus 0.12 A at 24 V for expansion bus
Discrete input logic	Sink or source (positive/negative)
Discrete input voltage	24 V

Figura 42. Características principales del autómata Schneider M221. [30].

La elección de este modelo viene por el siguiente razonamiento:

- Prestaciones altas para cumplir los requisitos necesarios para la programación del banco de ensayos.
- Coste inferior a los demás modelos proporcionados por Schneider.
- Tamaño adecuado para la realización del montaje en superficie.
- Pequeñas dimensiones para su fácil colocación y acople a la instalación. Como se puede apreciar en la figura 40.

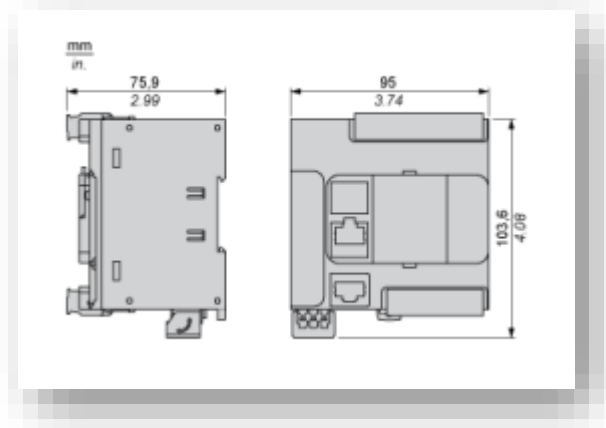


Figura 43. Dimensiones del autómata Schneider M221

- Posibilidad de montaje directo sobre superficie.

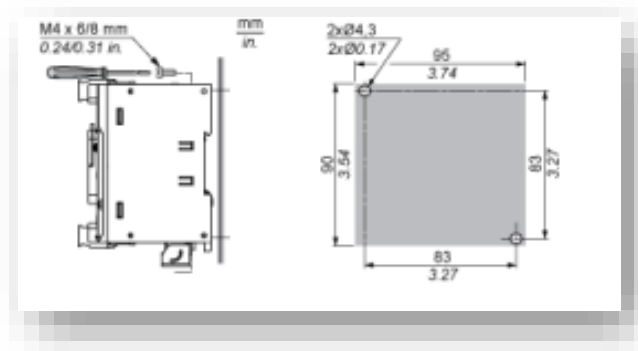
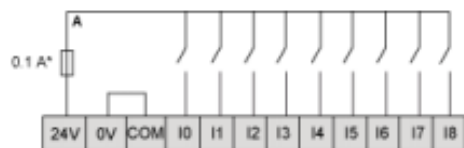


Figura 44. Montaje en superficie del autómata Schneider M221

- Disponibilidad de 9 entradas y 7 salidas.

Diagrama de cableado (lógica positiva)



Lógica positiva (común positivo)

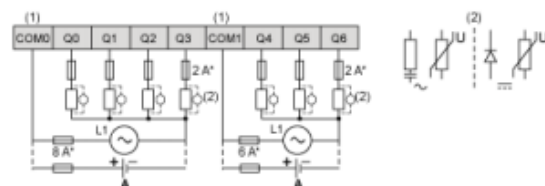


Figura 45. Esquema de entradas y salidas.

- Fácil programación mediante el programa proporcionado por Schneider. “Ecostruxure”. Programa de instalación gratuita. Para ver instalación consulte Anexo I. Puesta en Marcha.
- Tutoriales y asistencia técnica de la casa de Schneider sobre su programación.

5.3. Pantalla HMI.

Al disponer de elementos de la casa Schneider, la elección de la pantalla se realizará mediante las pantallas ofrecidas por Schneider, ya que facilita las comunicaciones.



Figura 46. Pantalla XBTGT2110. [31].

La pantalla elegida es el modelo XBTGT2110 de Schneider (Figura 45).

Características para su elección:

- Pantalla de 5.7", con apertura para nuevas informaciones y tecnologías de comunicaciones.
- Medidas correctas para un manejo cómodo del usuario.
- XBT GT, incorporación de terminales gráficos de funciones de seguimiento.
- Posibilidad de control y modificación de números o variables Alpha numéricas.
- Posibilidad de actualizar hora y fecha.
- Diversas posibilidades de funcionalidad, como por ejemplo: grupos de alarmas, múltiples pantallas, controladores, etc.
- Posibilidad de configuración de hasta 10 lenguajes diferentes.
- Procesador JAVA.

- Programación mediante Vijeo Designer. Es el programa encargado del diseño de la pantalla, un programa cómodo y de fácil manejo, debido a los conocimientos del programador.

Características del modelo de pantalla XBTGT2110:

Atributo	Valor
Serie del Fabricante	XBT GT
Tipo de Display	LCD
Tamaño del Display	5,7 pulg.
Color del Display	Monocromo
Tipo de Puerto	Ethernet, RS232, RS422, RS485
Retroiluminación	Sí
Tensión de Alimentación	24 V dc
Longitud	167.5mm
Profundidad	60mm
Dimensiones	167,5 x 135 x 60 mm
Anchura	135mm

Figura 47. Características del modelo de pantalla XBTGT2110. [31]

5.4. Modbus.

Dentro de los buses estándares se pueden encontrar diversos tipos como: PROFIBUS, INTERBUS, DEVICE NET, FIELDBUS, FIP, LONWORKS, SDS, CAN, MODBUS, ASI, BITBUS, ARCNET, HART, ETHERNET, etc.

La elección del bus para el sistema de banco de ensayos es mediante Modbus.

Modbus contiene las siguientes capacidades de protocolo para maestro-esclavo:

Maestro:

Variables	Rango de valores
Rango de datos	Hasta 255 Bytes por servicio
Interfase	Nivel 7 del modelo de referencia ISO-OSI
Número de enlaces posibles por cada CP	1 (enlace punto a punto), hasta 32 en los sistemas multipunto

Tabla 2. Capacidad de protocolo Modbus maestro.

Esclavo:

Variables	Rango de valores
Rango de datos	Hasta 255 Bytes
Interfase	Nivel 7 del modelo de referencia ISO-OSI
Número de enlaces posibles por cada CP	1 enlace

Tabla 3. Capacidad de protocolo Modbus esclavo.

Aunque tenga limitaciones como coste de configuración, programación o que su protocolo no esté extendido dentro de la familia SIMATIC. Dispone también de ciertas ventajas para su elección:

- Conexión sencilla a sistemas Modicon o Honeywell.
- Adecuado para cantidades de datos pequeñas o medianas (≤ 255 Bytes).
- Transferencia de datos con acuse.

Además, que funciona con el interfaz RS485, con el cuál se podrá realizar las conexiones de datos.

Conexión Modbus:

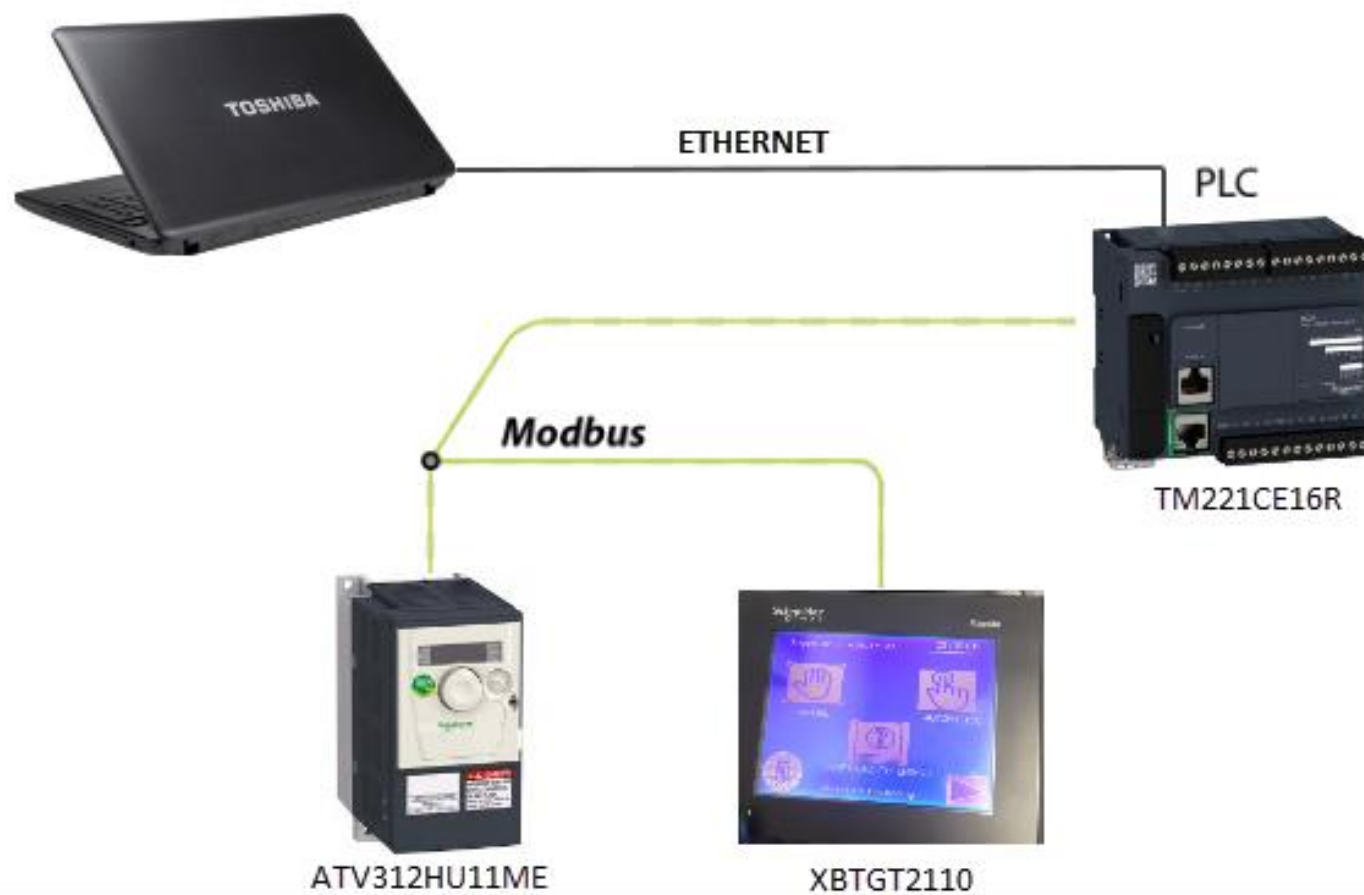


Figura 48. Comunicaciones.

5.5. Montaje para la realización de pruebas.

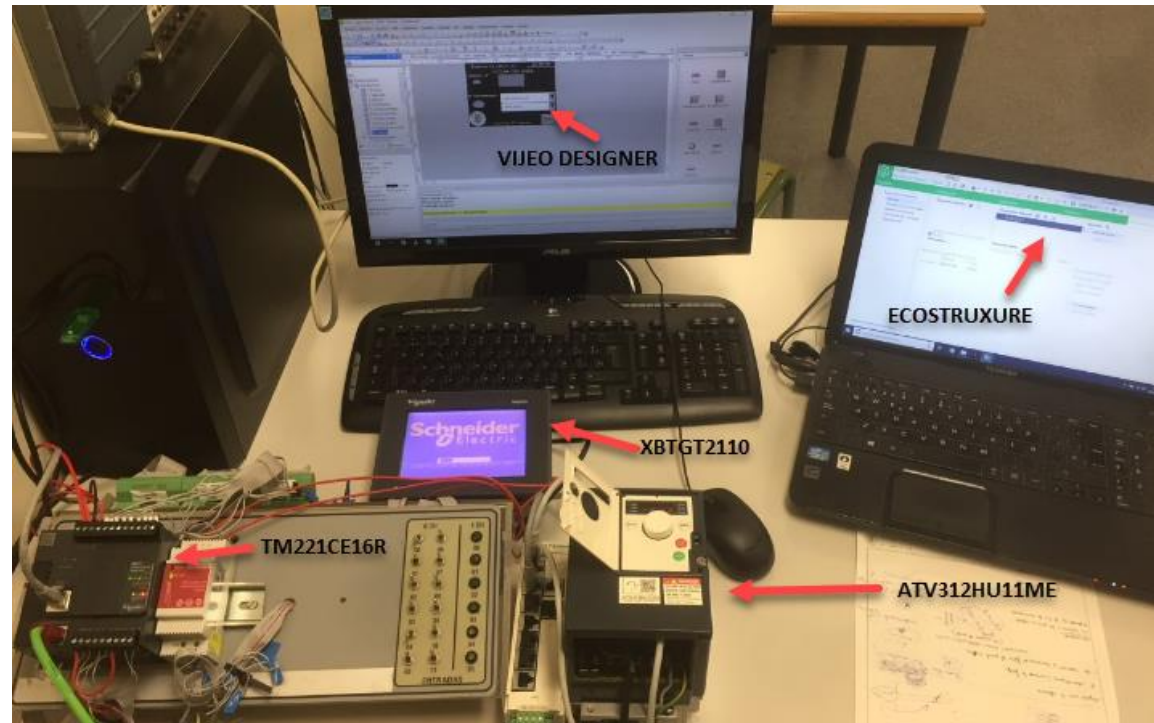


Figura 49. Instalación para la realización de pruebas y comprobaciones.

En la figura 47 se visualiza el primer montaje realizado, el cual se realizó para la implementación de la programación y de las pruebas correspondientes a la instalación. Además, se puede comprobar que los elementos instalados son los comentados anteriormente en el punto 5. Descripción detallada de la opción adoptada.

5.6. Montaje final.

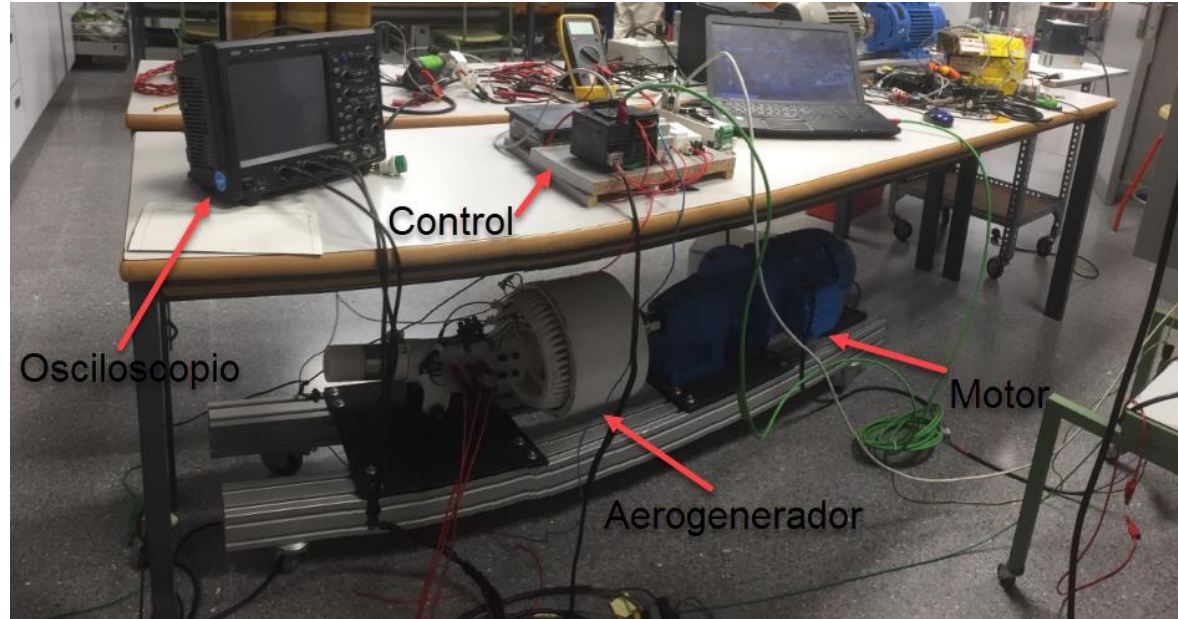


Figura 50. Montaje final

En la figura 48 se puede apreciar el montaje final del banco de ensayos, donde se puede visualizar todos los elementos estudiados y comentados durante la realización del trabajo.

6. Definición de los tipos de ensayos configurados.

6.1. Ensayo en régimen permanente.

Dentro del banco de ensayos, el primer ensayo estudiado es el ensayo en régimen permanente.

Un ensayo con características simples y de ejecución sencilla.

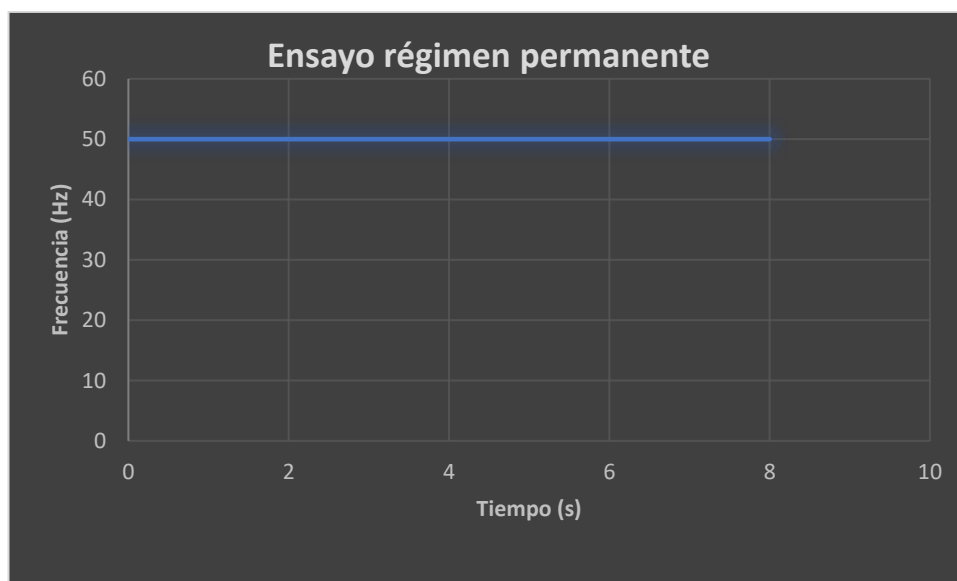


Figura 51. Ensayo manual

El ensayo manual se basa en la introducción de una frecuencia de consigna, a la cual el motor al introducirla la recibirá y funcionará en un régimen permanente a dicha frecuencia, sin cambiar de frecuencia en el transcurso del tiempo hasta recibir un nuevo valor dado por el usuario.

En la figura 49, se puede visualizar un ensayo en régimen permanente con una introducción de 50 Hz de frecuencia de consigna.

Con este ensayo se pretende simular el funcionamiento del aerogenerador cuando es sometido a una carga permanente. Un viento constante y permanente en el tiempo.

6.2. Ensayo por escalones.

El siguiente ensayo implementado, es el ensayo por escalones en un tiempo seleccionado.

La finalidad de este ensayo es permutar entre dos frecuencias introducidas (máxima y mínima), durante un tiempo prefijado. Este tiempo actúa como la duración en régimen permanente antes de realizar la conmutación a la otra frecuencia introducida. Por ejemplo:

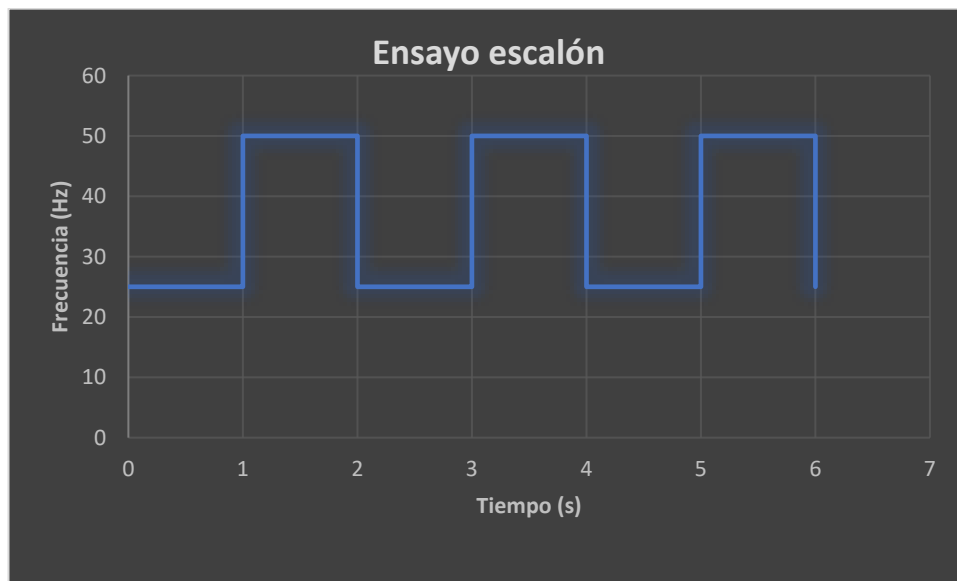


Figura 52. Ensayo escalón

En la figura 50, se puede contemplar un ensayo tipo escalón, con frecuencia máxima introducida de 50 Hz y mínima de 25 Hz. También se puede visualizar un intervalo de tiempo entre frecuencia máxima y mínima de 1s.

Con este ensayo se pretende simular el funcionamiento del aerogenerador cuando es sometido a una carga de repetición. Un viento repetitivo, que oscilada entre dos fuerzas de empuje.

6.3. Ensayo por rampas.

Este ensayo es mediante rampas, tiene una finalidad parecida al ensayo por escalones, que es la permutación entre una frecuencia máxima y una frecuencia mínima, la diferencia entre ambos es el tiempo en realizar esa transición.

En este ensayo, el tiempo prefijado, es el tiempo que tardará en pasar de la frecuencia mínima a la máxima, pero con una subida progresiva. Ejemplo:

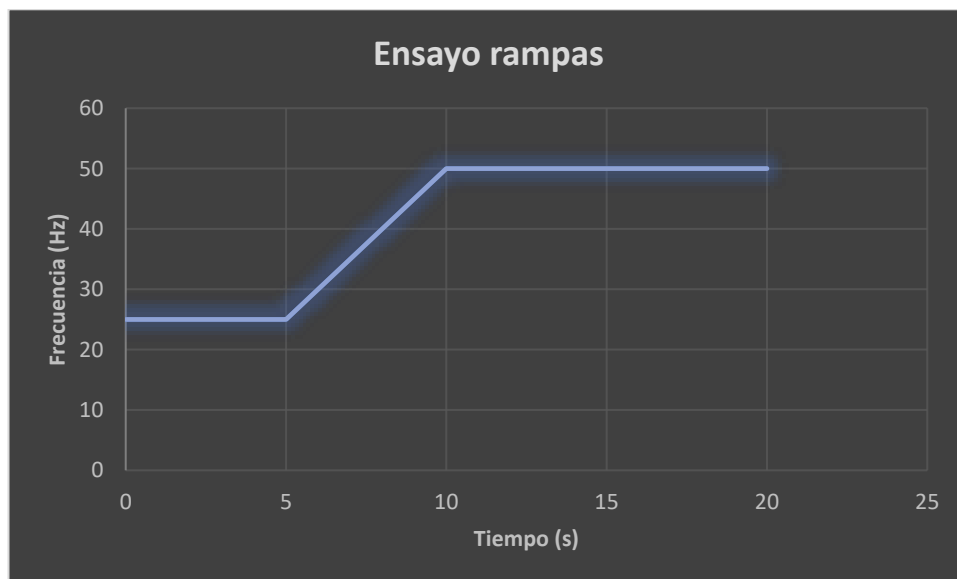


Figura 53. Ensayo rampa.

En la figura 51 se puede visualizar un ensayo tipo rampa, el cual, contiene una frecuencia máxima de 50 Hz y una frecuencia mínima de 25 Hz. El tiempo introducido para la permutación de frecuencias es de 5s, llegando al final a un régimen permanente de funcionamiento.

Con este ensayo se pretende simular el funcionamiento del aerogenerador cuando es sometido a una carga progresiva. Un aumento del viento en un periodo de tiempo.

6.4. Ensayo por pulsos.

El último ensayo es mediante pulsos. En este ensayo lo que se intenta simular es el comportamiento del aerogenerador de imanes permanentes ante un golpe de viento.

Este ensayo consta de la permutación de las frecuencias máximas y mínimas en un pulso (un instante pequeño de tiempo). Ejemplo:

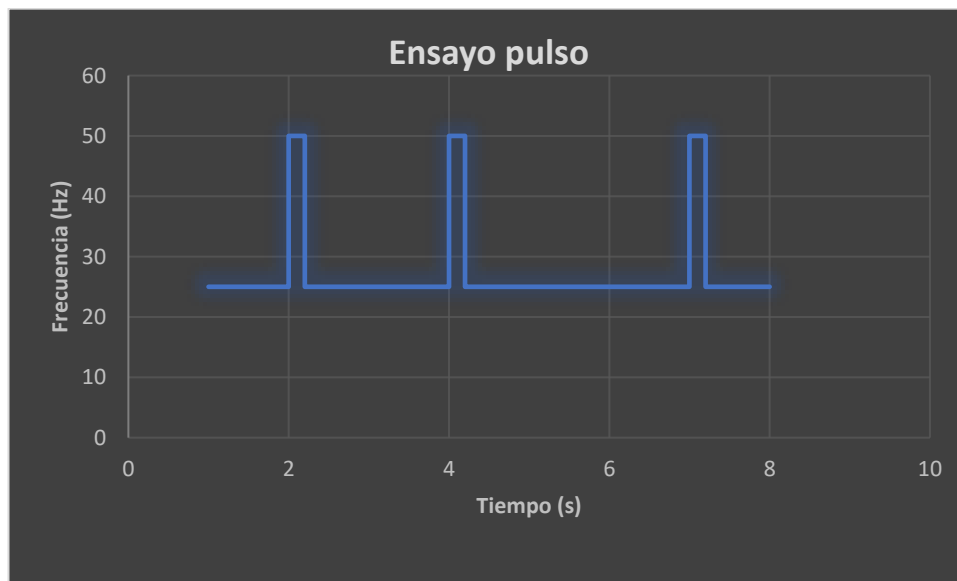
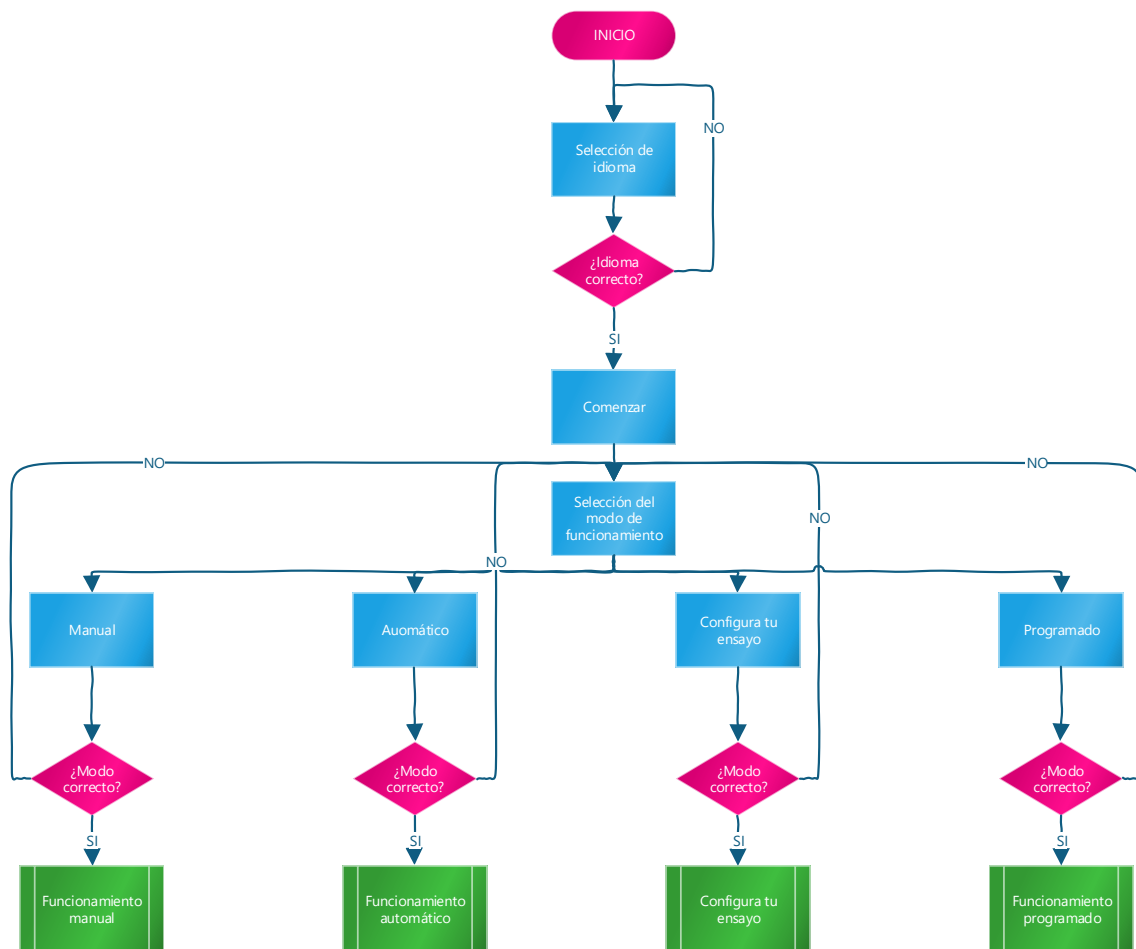


Figura 54. Ensayo pulsos

En la figura 52 se puede visualizar un ensayo por pulsos, conteniendo 50 Hz de frecuencia máxima y 25 de mínima.

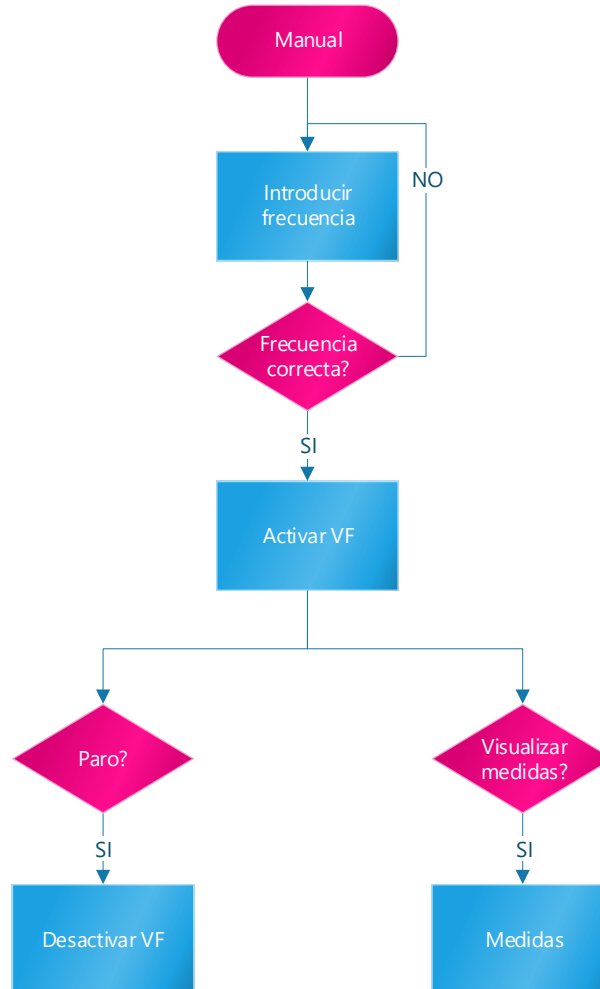
7. Flujoigramas:

7.1. Inicio.



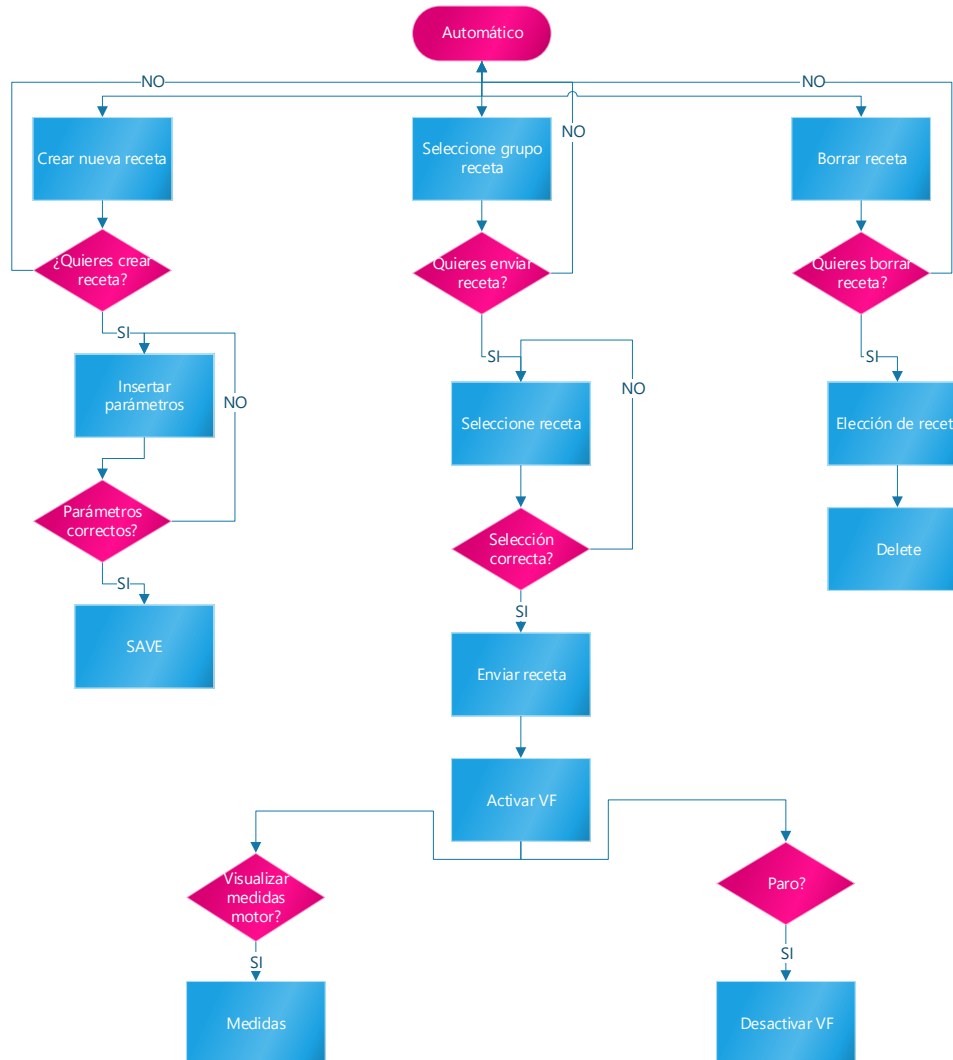
Al empezar la gestión de usuarios del banco de ensayos, se tiene la opción de seleccionar el idioma con el que se requiera empezar la configuración. Una vez seleccionado, comienza la programación con la elección el tipo de ensayo que se requiere realizar.

7.2. Funcionamiento manual.



Si la elección es ensayo manual, se estaría hablando de la realización del ensayo en régimen permanente. Se introduciría el valor de la frecuencia de funcionamiento y se activaría el variador de frecuencia para comenzar el ensayo. Además, tiene la opción de parar el funcionamiento desactivando el variador y de visualizar las medidas de funcionamiento del motor.

7.3. Funcionamiento automático.

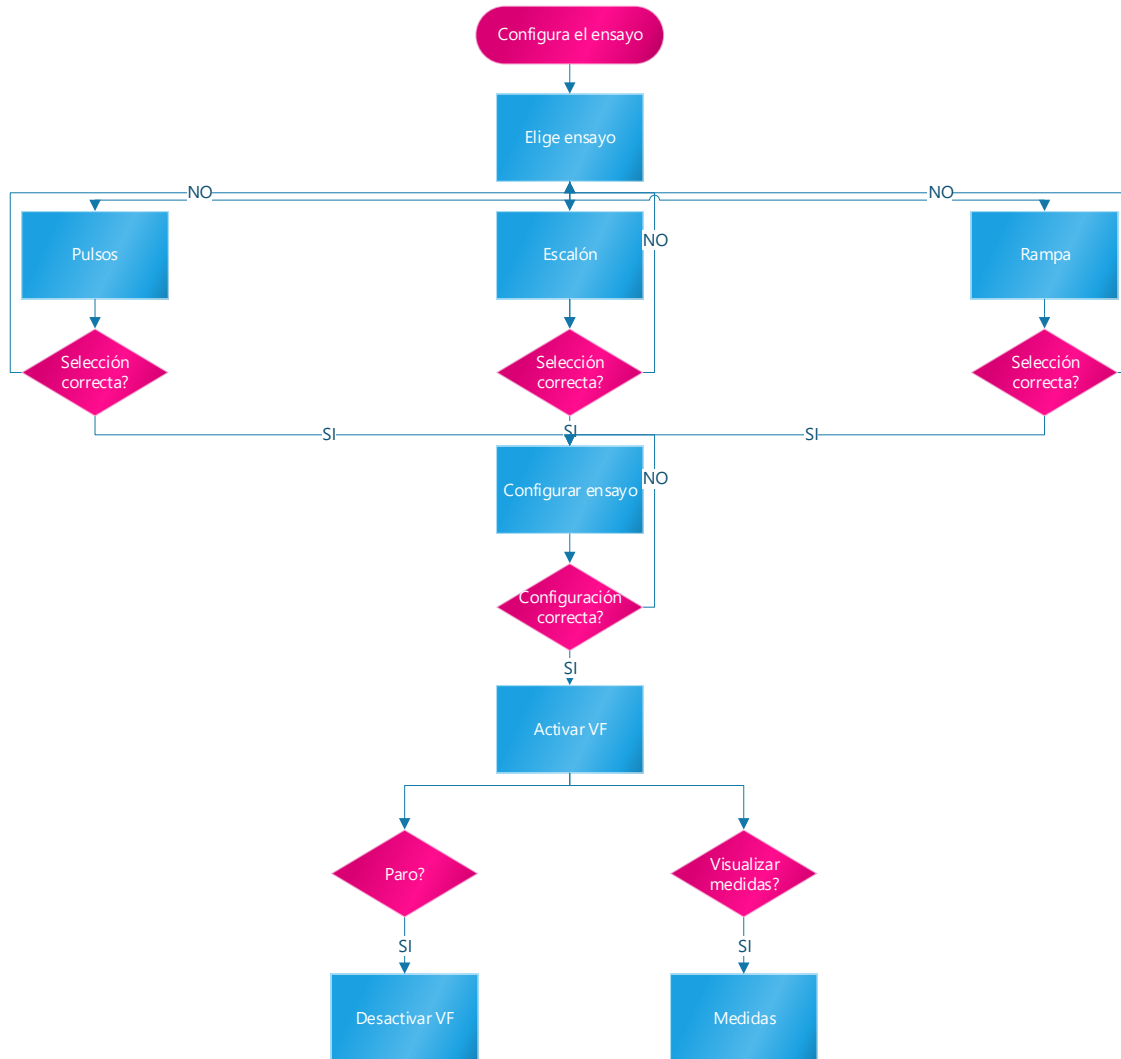


Al seleccionar el modo automático, se entraría en la gestión de los bloques de datos internos en el sistema, lo llamado “recetas”. Una vez seleccionado, se elige entre mandar un bloque de datos para su ensayo, crear un nuevo bloque de datos con su parametrización o borrar algún bloque de datos que no se vaya a seguir utilizando.

Si se selecciona mandar un bloque de datos, se tendrá que elegir el bloque requerido y una vez seleccionado, activar el variador para el comienzo del ensayo.

También tiene la opción de parar el ensayo con la desactivación del variador y de la visualización de las medidas de funcionamiento del motor.

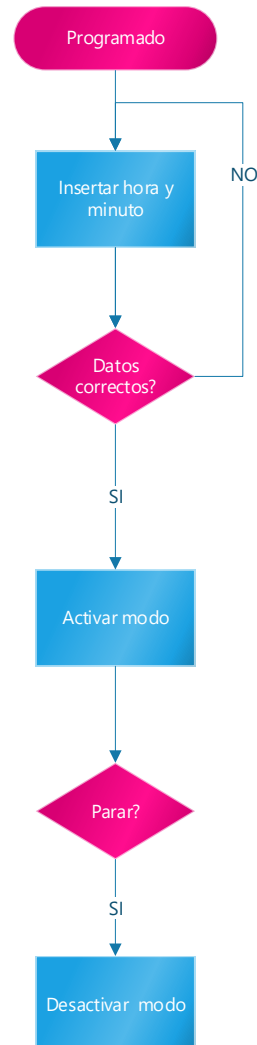
7.4. Configura el ensayo.



Si se requiere configurar el ensayo, se tendrá que elegir entre los diferentes ensayos a configurar (tipo pulsos, escalón y rampa). Una vez elegido se tendrá que introducir los datos con los que se quiere realizar el ensayo (tiempos y frecuencias). Si todo es correcto, se habilitará la opción de activar variador para poder dar comienzo al ensayo.

También tiene la opción de parar el ensayo con la desactivación del variador y de la visualización de las medidas de funcionamiento del motor.

7.5. Funcionamiento programado.



Por último, se encuentra la opción de programar los ensayos. Este modo es cuando se requiere programar una hora para la realización de los ensayos de forma totalmente automática.

Al insertarse en este modo, se tendrá que seleccionar la hora y minuto en la cual, se requiere el comienzo de los ensayos de forma automática y una vez seleccionado, se podrá activar el modo.

Contiene la opción de desactivar el modo en el momento que se requiera.



8. Diseño del interfaz de usuario.

Para el diseño del interfaz hombre-máquina se ha optado por realizar un diseño en formato ventana. En la que la distribución de las ventanas son las siguientes:

8.1. Pantalla principal.

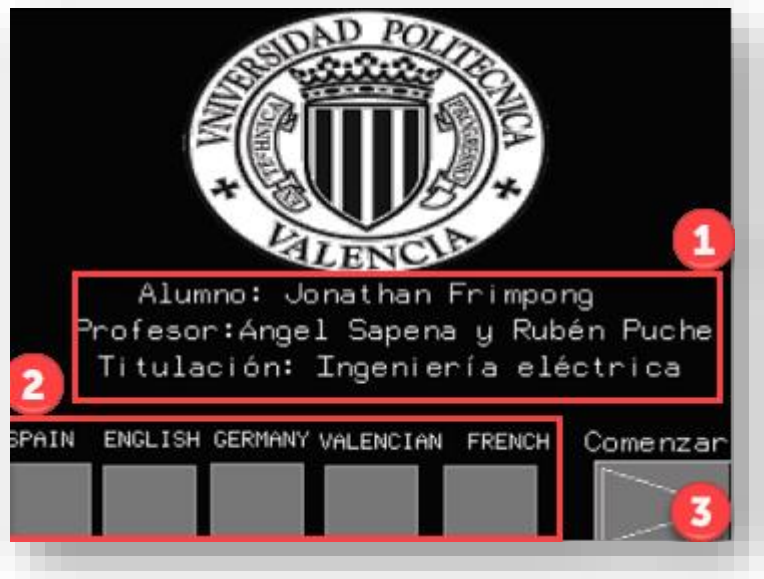


Figura 55. Pantalla principal.

Se puede contemplar en esta pantalla principal:

- 1. Líneas de texto: muestran el alumno, titulación y profesores encargados de su tutorización.
- 2. Idiomas: mediante la pulsación se puede cambiar el banco de ensayos al idioma requerido, para poder facilitar al usuario que realice la gestión lo máximo posible.
- 3. Comenzar: mediante una simple pulsación realiza un cambio de pantalla a la pantalla "Selección de ensayo".

Esta pantalla es la pantalla principal, la primera que sale en el momento de empezar el control del banco de ensayos. Se compone de datos introductorios para la visualización del autor del banco de ensayos y de las personas encargadas de llevar su tutorización. Como se ha explicado anteriormente dispone de varios pulsadores con la funcionalidad de realizar un cambio de idioma.

8.2. Selección de ensayo.

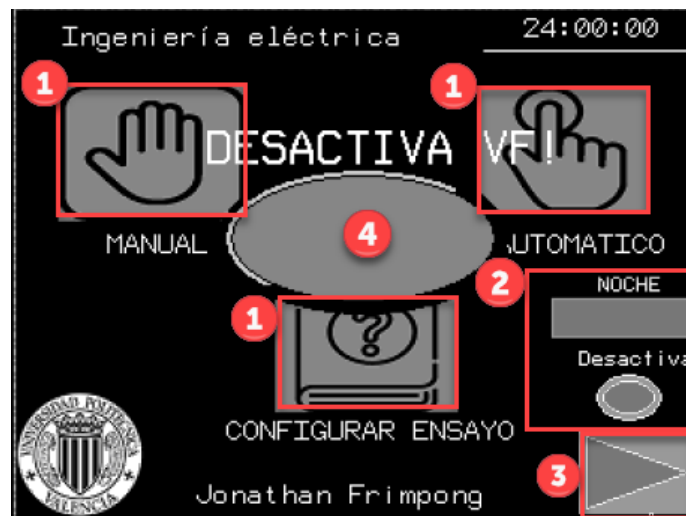


Figura 56. Selección de ensayos

La pantalla “Selección de ensayo” es la más importante de todas, ya que es la encargada de mandar al usuario al tipo de ensayo que se quiere realizar. Como se puede visualizar contiene:

- 1. Manual, Automático, Configurar ensayo. Estos pulsadores se encargan de dirigirte a las pestañas encargadas de la realización del tipo de ensayo seleccionado.
- 2. Noche. Este modo, manda directamente a la pestaña de activación del modo automático, también dispone de su alarma de “desactiva” que se muestra en aquellos momentos que se quiere activar el modo nocturno, pero no se ha desactivado algún tipo de ensayo.
- 3. Vuelve a la pantalla principal.
- 4. Desactiva VF. Este pulsador es una alarma, en el momento que se puede visualizar significa que has salido del ensayo sin desactivar el variador, por lo que se tiene que pulsar para desactivar la alarma y así poder continuar con la realización de ensayos.

8.3. Gestión de los bloques de datos en el banco de ensayo.

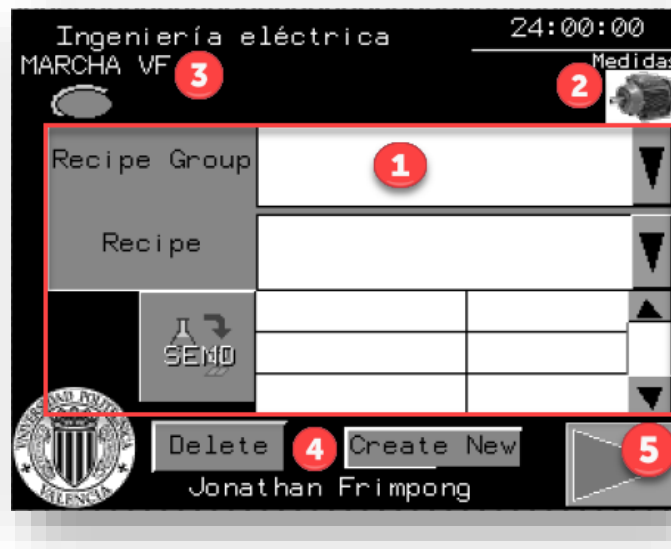


Figura 57. Pantalla de gestión de los bloques de datos en el banco de ensayo.

La pantalla “Gestión de los bloques de datos en el banco de ensayo.” es la encargada de enviar y realizar la activación de los bloques de datos creados y almacenados en el programa. Contiene:

- 1. Se selecciona el grupo de ensayo a realizar. Una vez seleccionado este en “Recipe” se selecciona el bloque de datos (Receta) el cual se requiera su activación para su funcionamiento. Cuando ya se disponga de la selección de grupo y receta, se enviará su activación mediante “Send”.
- 2. Si se pulsa la imagen del motor, se cambia a la pantalla “Visualización de valores” los cuales se podrá visualizar las medidas actuales de funcionamiento del motor.
- 3. Para poder realizar cualquier tipo de control sobre el motor, primero hay que habilitar el variador, es decir, activarlo. El pulsador “Marcha VF” es el encargado de habilitar y poner en funcionamiento el variador.
- 4. Las opciones “Delete” y “Create New” tienen como funcionalidad la implementación manual (realizada por el usuario) de nuevos bloques de datos y la eliminación de cualquiera de ellos.
- 5. Se redirige directamente a la pantalla “Selección de ensayo”.

8.4. Manual.



Figura 58.Manual.

La pantalla “Manual” se encarga de la realización de un ensayo manual completo.

- 1. Para poder realizar cualquier tipo de control sobre el motor, primero hay que habilitar el variador, es decir, activarlo. El pulsador “Marcha VF” es el encargado de habilitar y poner en funcionamiento el variador.
- 2. Si se pulsa la imagen del motor, se cambia a la pantalla “Visualización de valores” los cuales se podrá visualizar las medidas actuales de funcionamiento del motor.
- 3. Visualizador numérico con posibilidad de entrada de datos, por lo que, es el elemento encargado de recibir la información de la frecuencia en la que quiera el usuario introducir en el motor.
- 4. Se redirige directamente a la pantalla “Selección de ensayo”.

8.5. Configuración de ensayo.

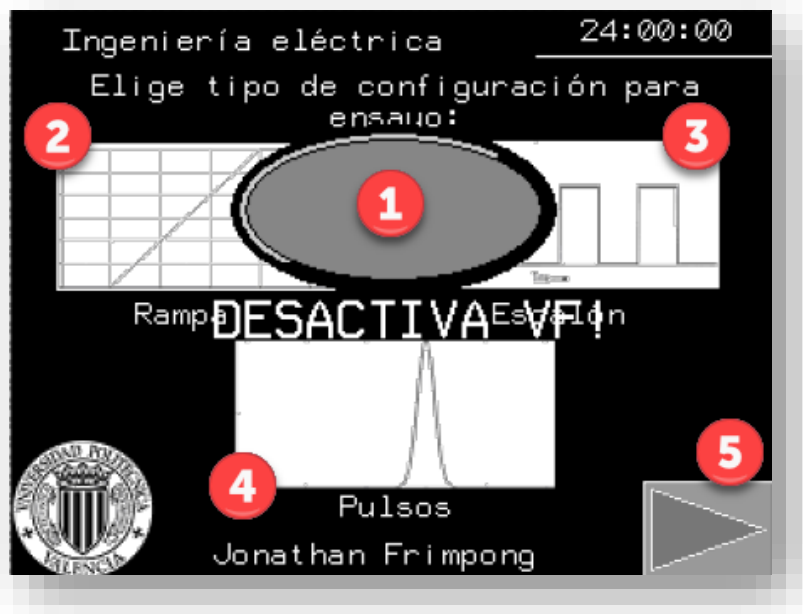


Figura 59. Configuración de ensayo.

Pantalla en la cual se elige el tipo de ensayo que quieres realizar:

- 1. Desactiva VF. Este pulsador es una alarma, en el momento que se puede visualizar significa que has salido del ensayo sin desactivar el variador, por lo que se tiene que pulsar para desactivar la alarma y así poder continuar con la realización de ensayos.
- 2. Se selecciona los ensayos tipo rampa, por lo que, cambia a la pantalla “Ensayo rampa” para proceder a su configuración.
- 3. Se selecciona los ensayos tipo escalón, por lo que, cambia a la pantalla “Ensayo escalón” para proceder a su configuración.
- 4. Se selecciona los ensayos tipo pulso, por lo que, cambia a la pantalla “Ensayo mediante pulsos” para proceder a su configuración.
- 5. Se redirige directamente a la pantalla “Selección de ensayo”.

8.6. Ensayo escalón.

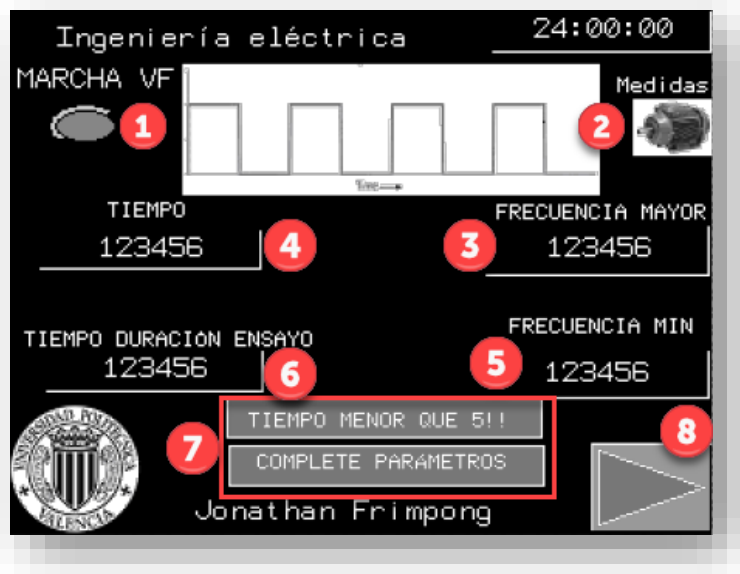


Figura 60. Ensayo tipo escalón.

El ensayo escalón es un ensayo más complejo, en el cual se simula el movimiento del viento mediante ondas cuadradas, las cuales oscilarán entre el máximo y el mínimo de frecuencia impuesta. Se basa en:

- 1. Para poder realizar cualquier tipo de control sobre el motor, primero hay que habilitar el variador, es decir, activarlo. El pulsador “Marcha VF” es el encargado de habilitar y poner en funcionamiento el variador.
- 2. Si se pulsa la imagen del motor, se cambia a la pantalla “Visualización de valores” los cuales se podrá visualizar las medidas actuales de funcionamiento del motor.
- 3. Pico más alto de la onda cuadrada, la frecuencia máxima que se verá implantada en el motor.
- 4. Tiempo de cambio entre la frecuencia máxima y la mínima.
- 5. Pico más bajo de la onda cuadrada, la frecuencia mínima que se verá implantada en el motor.
- 6. Tiempo de duración del ensayo, se empezará a grabar las medidas desde el inicio del ensayo, que se muestra mediante un piloto de “Inicio de toma de medidas” hasta la finalización de este tiempo, en el que se dará por concluido el ensayo.
- 7. Alarmas usuario. No se puede poner tiempos de conmutación menores de 5 segundos, ni comenzar un ensayo sin haber implementado todos los parámetros.
- 8. Se redirige directamente a la pantalla “Configuración de ensayo”.

Nota: todos los valores tienen sus rangos de selección, evitando así la introducción de datos erróneos en el sistema.

8.7. Ensayo rampa.

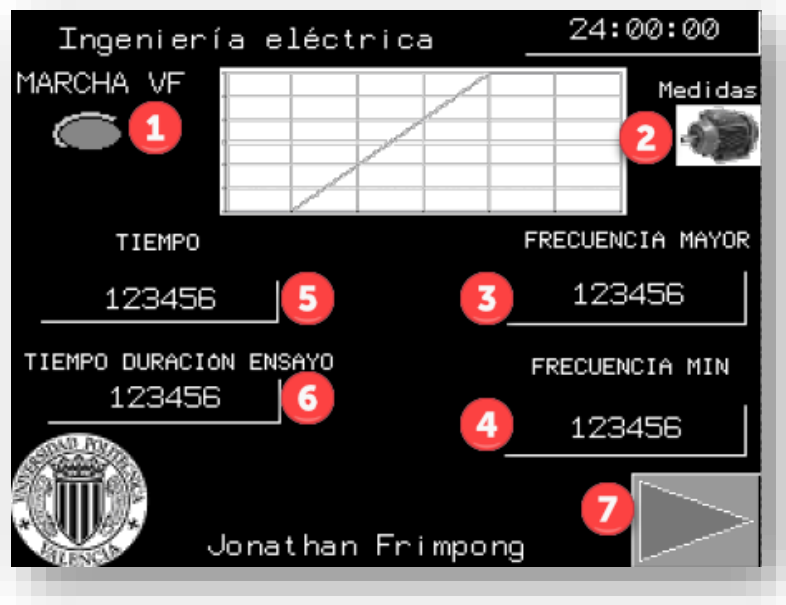


Figura 61. Ensayo tipo rampa.

El ensayo rampa es también un ensayo con más dificultad, en el cual se simula el movimiento del viento mediante una rampa progresiva, guiada por un tiempo seleccionado, con finalización en un régimen permanente.

- 1. Para poder realizar cualquier tipo de control sobre el motor, primero hay que habilitar el variador, es decir, activarlo. El pulsador “Marcha VF” es el encargado de habilitar y poner en funcionamiento el variador.
- 2. Si se pulsa la imagen del motor, se cambia a la pantalla “Visualización de valores” los cuales se podrá visualizar las medidas actuales de funcionamiento del motor.
- 3. Punto más alto de la rampa, la frecuencia máxima que se verá implantada en el motor, una vez termine la rampa y de comienzo la estabilidad en régimen permanente.
- 4. Punto más bajo de la rampa, la frecuencia mínima que se verá implantada en el motor al comienzo del ensayo.
- 5. Tiempo que tardará el ensayo desde la frecuencia mínima hasta la máxima.
- 6. Tiempo de duración del ensayo, se empezará a grabar las medidas desde el inicio del ensayo, que se muestra mediante un piloto de “Inicio de toma de medidas” hasta la finalización de este tiempo, en el que se dará por concluido el ensayo.
- 7. Se redirige directamente a la pantalla “Configuración de ensayo”.

Nota: todos los valores tienen sus rangos de selección, evitando así la introducción de datos erróneos en el sistema.

8.8. Ensayo pulsos.



Figura 62. Ensayo tipo pulso.

Por último, de posibles ensayos a configurar se puede encontrar el ensayo de pulsos. En este ensayo se le introduce los valores máximos y mínimos de frecuencia. Una vez ya estén introducidos, mediante un interruptor físico se realiza la función de conmutación entre ambas frecuencias.

La pantalla contiene:

- 1. Para poder realizar cualquier tipo de control sobre el motor, primero hay que habilitar el variador, es decir, activarlo. El pulsador “Marcha VF” es el encargado de habilitar y poner en funcionamiento el variador.
- 2. Si se pulsa la imagen del motor, se cambia a la pantalla “Visualización de valores” los cuales se podrá visualizar las medidas actuales de funcionamiento del motor.
- 3. Frecuencia mínima del motor.
- 4. Frecuencia máxima.
- 5. Tiempo de duración del ensayo, se empezará a grabar las medidas desde el inicio del ensayo, que se muestra mediante un piloto de “Inicio de toma de medidas” hasta la finalización de este tiempo, en el que se dará por concluido el ensayo.
- 6. Se redirige directamente a la pantalla “Configuración de ensayo”.

Nota: todos los valores tienen sus rangos de selección, evitando así la introducción de datos erróneos en el sistema.

8.9. Visualización de los valores del motor.

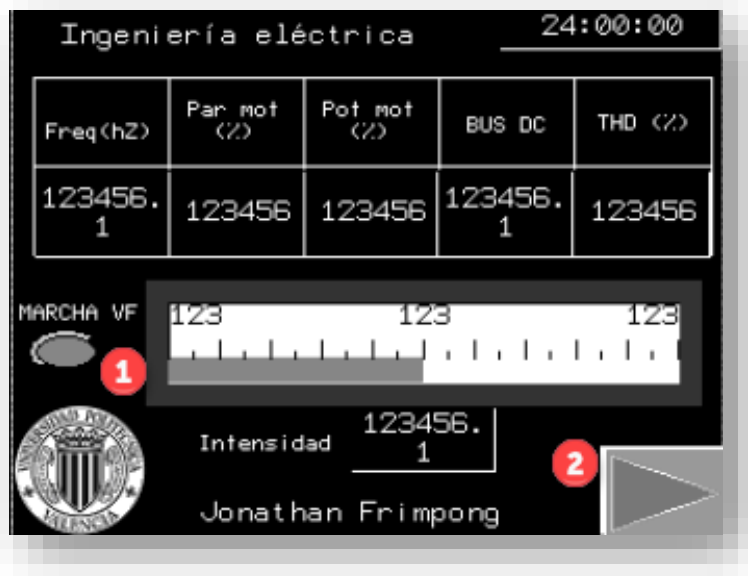


Figura 63. Monotorización del estado del motor.

Pantalla en la cual se pueden visualizar los valores más importantes del motor en pleno funcionamiento. También dispone de un arranque de variador (1) y una vuelta a la pantalla desde donde se ha accedido.

Esta pantalla es de gran importancia debido a que nos transmite todos los datos del motor actuales, por lo que las medidas de los diversos ensayos se anotan a través de esta pantalla, dejando fuera las opciones de instalar diversos elementos de medida para la anotación de estos datos.

8.10. Modo automático.



Figura 64. Modo automático

Pantalla en la cual se activa el “Modo automático”, sistema en el cual se realizarán las diferentes recetas automáticamente en la hora prefijada.

Pantalla compuesta por:

- 1. Pulsador de activación del modo nocturno.
- 2. Hora y minuto de activación de este modo.
- 3. Visualización de la activación del modo y visualizador de receta aplicada.
- 4. Se redirige directamente a la pantalla “Selección de ensayo”.

Nota: todos los valores tienen sus rangos de selección, evitando así la introducción de datos erróneos en el sistema.

9. Conclusiones.

Con este trabajo se ha llegado a ser capaz de ejecutar los distintos ensayos programados, de manera autónoma y automática.

Se han podido realizar bloques de datos con el almacenamiento de las parametrizaciones de los ensayos, para que el usuario pueda enviarlos sin tener que introducirlos manualmente en repetidas ocasiones. Además, también está la posibilidad de crear nuevos bloques.

Se ha llegado a realizar un interfaz usuario-máquina intuitivo para el usuario, y con la posibilidad de poder realizar la gestión del banco de ensayos en idiomas diferentes.

También se ha llegado a la posibilidad de poder realizar los ensayos de manera totalmente automática, pudiendo dar la opción de elegir la hora y minutos exactos en los que se requiere dar comienzo a la inicialización de la puesta en marcha de los ensayos predefinidos.

Además, se han podido realizar diferentes mejoras como: la posibilidad de visualizar las magnitudes eléctricas del motor en funcionamiento y la reducción de errores con la aplicación de rangos de selección.

En Anexo I, se ha implementado un manual de usuario para la puesta en marcha de las configuraciones y programas utilizados.

Estudio/Trabajo en el cual se ha aprendido una gran cantidad de conocimientos en cuanto a la programación, realización de comunicaciones, montaje y puesta a punto de elementos de los cuales se desconocía su funcionamiento.

Pasando a dar una opinión, invito a todo alumno que tenga las necesidades de realización de un proyecto final, la selección de un trabajo sobre la implementación de un proceso automatizado en el laboratorio DIE.



10. Bibliografía.

- [1]: <https://greentechlead.com/solar/33284-33284>
- [2]: <https://www.eoi.es/blogs/merme/mini-soluciones-para-grandes-problemas/>
- [3]: Catálogo Bornay Wind 25.2.
- [4]: <http://www.motorex.com.pe/blog/reductor-de-velocidad/>
- [5]: <https://sites.google.com/site/destinoalfacentauro/motores-electricos>
- [6]: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/arranque-estrella-trianguulo.html>
- [7]: <https://slideplayer.es/slide/11975317/>
- [8]: Apuntes proporcionados en la asignatura de Control de máquinas.
- [9]: http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs/APUNTES_MAQUINAS_ELECTRICAS-U_3_v1.1.pdf
- [10]: <https://sites.google.com/site/destinoalfacentauro/motores-electricos>
- [11]: Apuntes proporcionados en la asignatura de Control de máquinas.
- [12]: http://palaciosfp.blogspot.com/2011/02/blog-post_4343.html
- [13]: <https://www.seabrookewindows.com/4MvB3RoMJ/>
- [14]: <https://www.schneider-electric.com/en/product-range/62128-logic-controller---modicon-m221/>
- [15]: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/automatas-programables.htm>
- [16]: <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/automatas/auto3.htm>
- [17]: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_2.pdf
- [18]: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lenguajes-programacion-plc/>
- [19]: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/pc-industrial-83714.html>
- [20]: <http://boraltec.blogspot.com/2012/12/sinopticos-fabricantes-disenadores.html>
- [21]: <https://www.automation24.es/panel-hmi-siemens-ktp700-basic-pn-6av2123-2gb03-0ax0>
- [22]: <https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-scada/>
- [23]: <https://hs-e.com/featured-products/836p-sensors-io-link/>
- [24]: <https://vestertraining.com/redes-industriales-modbus/>
- [25]: <https://teratronix.com/compatibilidad/>

[26]:

https://www.google.com/search?q=variadores+de+frecuencia&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj1sy67rnjAhXN5eAKHZy4Bk0Q_AUIECgB&biw=1517&bih=730&dpr=0.9

[27]: [https://www.fujielectric-](https://www.fujielectric-europe.com/gallery/download/download_214/cen_lm2en19_03.pdf)

[europe.com/gallery/download/download_214/cen_lm2en19_03.pdf](https://www.fujielectric-europe.com/gallery/download/download_214/cen_lm2en19_03.pdf)

[28]: Ficha técnica variador ALTIVAR 312.

[29]: <https://www.se.com/es/es/product-category/3900-pac,-plc-y-otros-controladores/>

[30]: Ficha técnica del autómata TM221CE16R.

[31]: Ficha técnica pantalla XBTGT2110.

TRABAJO FIN DE GRADO

PLIEGO DE CONDICIONES



AUTOR: Jonathan Frimpong Martín

TUTORES: Ángel Sapena / Ruben Puche

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica

05/09/2019

ÍNDICE:

1. Introducción:	3
2. Descripción de las obras:	3
2.1. Desarrollo e instalación de software:	3
2.2. Disposición del hardware:	4
2.3. Realización de ensayos y test:	4
3. Condiciones particulares:	4
3.1. Tareas para ejecutar en cada unidad de obra:	4
3.1.1. Programación del software de control del autómata:	4
3.1.2. Programación de la pantalla HMI:	5
3.2. Condiciones para satisfacer por los componentes:	5
3.2.1. Cableado eléctrico y conductores:	5
3.2.2. Línea Modbus:	6



1. Introducción:

En el presente documento se recogen las exigencias técnicas, legales y económicas que se precisan para la ejecución del proyecto.

La información contenida se divide en los siguientes apartados:

- Descripción de las obras.
- Condiciones particulares.

2. Descripción de las obras:

Los trabajos para ejecutar se dividen en tres capítulos:

- 1 - Desarrollo e instalación del software.
- 2 - Disposición del hardware.
- 3 - Realización de ensayos y test.

A continuación, se procede a detallar las unidades de obra que forman cada capítulo.

Las tareas para realizar en cada unidad de obra se definirán en el apartado de condiciones particulares.

2.1. Desarrollo e instalación de software:

Contiene las tareas de programación del software para los diferentes dispositivos y la instalación del software adicional necesario. Así pues, las unidades de obra que forma este grupo son:

- Programación del software de control del autómatas.
- Programación de la pantalla HMI.
- Instalación del software de comunicación en el ordenador de supervisión.

2.2. Disposición del hardware:

Incluye las labores de montaje y conexión de los diferentes equipos y de la red de comunicación. Las unidades de obra en las que se descompone este grupo son:

- Montaje y conexionado del autómatas programable.
- Cableado entre sensores/actuadores y módulos de señal del autómatas.
- Montaje del ordenador supervisión y sus periféricos.
- Montaje de la red de comunicación.

2.3. Realización de ensayos y test:

Comprende las pruebas y los ensayos a los que el sistema debe verse sometido antes de la recepción del proyecto con el fin de poder garantizar su correcto funcionamiento. De ese modo, las unidades de obra que forma este grupo son:

- Pruebas de transmisión de señales entre el autómatas y los sensores y actuadores.
- Pruebas de funcionamiento del programa de control.
- Prueba de funcionamiento de la pantalla HMI.

3. Condiciones particulares:

3.1. Tareas para ejecutar en cada unidad de obra:

3.1.1. Programación del software de control del autómatas:

Diseño de la estructura del programa.

- Configuración del hardware.
- Desarrollo del programa.
- Comprobación del funcionamiento de bloques de código.
- Pruebas de simulación de fabricación automática del banco de ensayos.

3.1.2. Programación de la pantalla HMI:

Diseño de la estructura de la aplicación

- Configuración de la comunicación de las variables
- Desarrollo de los elementos gráficos animados
- Implementación de los Scripts de código.
- Comprobaciones de funcionamiento.

3.2. Condiciones para satisfacer por los componentes:

3.2.1. Cableado eléctrico y conductores:

Todos los conductores utilizados para la transmisión de señales eléctricas entre los sensores/actuadores y los módulos de señal del autómata, y para la alimentación de los diferentes dispositivos serán internos, es decir, estarán aislados mediante un material aislante PVC o goma. Las secciones de los cables variaran según la potencia que deben transportar y el material aislante utilizado.

El cableado utilizado con conectores tipo espadín se realizará mediante conductor de cobre de 1 mm² con aislamiento de PVC. Para conectores de más de dos pines, se utilizará cable trenzado apantallado de 300 V y 105 °C, con tantos conductores como patillas tenga el conector.

Normas:

- UNE 20 601 (1): Cables e hilos para bajas frecuencias con aislamiento de PVC.

Métodos generales de ensayo.

- UNE 20 601 (2): Cables e hilos para bajas frecuencias con aislamiento y cubierta de PVC. Cables con formación en pares, tríos, cuadrantes y quintetos para instalaciones interiores.
- UNE 20 601 (3): Cables flexibles con aislamiento y cubierta de PVC destinado a conexiones internas de la máquina y equipos industriales.

3.2.2. Línea Modbus:

El cable para la red de comunicación Modbus debe de ser un cable de bus estándar de cobre de par trenzado apantallado para la transferencia alámbrica según el estándar estadounidense EIA RS-485.

Las características que debe reunir son las siguientes:

- Impedancia característica de 135Ω a 160Ω ($f=3 \text{ MHz}$ a 20MHz)
- Resistencia de bucle inferior a $115 \Omega/\text{km}$
- Capacidad de $30 \text{ nF}/\text{km}$
- Atenuación de $0,9 \text{ dB}/100 \text{ m}$ para $f=200 \text{ kHz}$
- Sección de hilo admisible desde $0,3 \text{ mm}^2$ hasta $0,5 \text{ mm}^2$
- Sección de cable admisible de $8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

TRABAJO FIN DE GRADO

PRESUPUESTO



AUTOR: Jonathan Frimpong Martín

TUTORES: Ángel Sapena / Ruben Puche

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica

05/09/2019

ÍNDICE:

1. Detalle del coste de la mano de obra:	3
1.1. Ingeniero eléctrico:	3
1.2. Técnico electricista:	3
2. Presupuesto por mano de obra.	5
3. Materiales.	7
4. Total.	7

ÍNDICE DE TABLAS:

<i>Tabla 1. Detalle del coste del ingeniero eléctrico</i>	3
<i>Tabla 2. Detalle del coste del técnico electricista</i>	3
<i>Tabla 3. Presupuesto mano de obra</i>	6
<i>Tabla 4. Presupuesto materiales</i>	7
<i>Tabla 5. Presupuesto total</i>	7



1. Detalle del coste de la mano de obra:

1.1. Ingeniero eléctrico:

Ingeniero eléctrico	
Concepto	Coste
Salario base anual	21.125,64 €
Gratificaciones extra (Navidad y Vacaciones)	3.520,94 €
Pluses Salariales (Transporte)	689,00 €
Seguridad social (Base cotización, contingencias comunes, accidentes laborales, desempleo, fondo garantía salarial y formación profesional)	6.971,46 €
Varios (Horas extra, dietas)	3.532,40 €
TOTAL, ANUAL	35.839,44 €
A FACTURAR	
Por jornada	162,88 €
Por hora	20,36 €

Tabla 1. Detalle del coste del ingeniero eléctrico

1.2. Técnico electricista:

Técnico electricista	
Concepto	Coste
Salario base anual	15.720,48 €
Gratificaciones extra (Navidad y Vacaciones)	3.520,94 €
Pluses Salariales (Transporte)	689,00 €
Seguridad social (Base cotización, contingencias comunes, accidentes laborales, desempleo, fondo garantía salarial y formación profesional)	5.187,76 €
Varios (Horas extra, dietas)	3.125,21 €
TOTAL ANUAL	28.243,39 €
A FACTURAR	
Por jornada	128,38 €
Por hora	16,05 €

Tabla 2. Detalle del coste del técnico electricista



2. Presupuesto por mano de obra.

Punto	Unidad de obra	Tarea	Horas ing.eléctrico	Horas téc.eléctrico	Coste ing.eléctrico	Coste téc.eléctrico	
Desarrollo e instalación de software	Programación del software de control del autómat	Diseño de la estructura del programa	15	0	305,40 €	0,00 €	
		Configuración del hardware	10	0	203,60 €	0,00 €	
		Desarrollo del programa	70	0	1.425,20 €	0,00 €	
		Comprobación del funcionamiento de bloques de código	15	0	305,40 €	0,00 €	
		Pruebas de simulación de fabricación automática de productos	20	0	407,20 €	0,00 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	130	0	2.646,80 €	0,00 €	
	Programación del software de la pantalla HMI	Diseño de la estructura del interfaz (variables, animación)	50	0	1.018,00 €	0,00 €	
		Configuración de la comunicación	8	0	162,88 €	0,00 €	
		Comprobación del funcionamiento de bloques de código	20	0	407,20 €	0,00 €	
		Pruebas de simulación	10	0	203,60 €	0,00 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	88	0	1.791,68 €	0,00 €	
	Parametrización VF	Parametrización y estudio del VF	5	0	101,80 €	0,00 €	
		Comprobación del funcionamiento	1	0	20,36 €	0,00 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	6	0	122,16 €	0,00 €	
	Instalación del software de comunicaciones en el ordenador de supervisión	Instalación programa Ecostructure	2	0	40,72 €	0,00 €	
		Configuración del PC	1	0	20,36 €	0,00 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	3	0	61,08 €	0,00 €	
	SUBTOTAL PUNTO			4.621,72 €			
	Montaje de Hardware	Montaje de banco de pruebas	Montaje del tablero	0	0,5	0,00 €	8,03 €
			Acople elementos de sujeción	0	0,5	0,00 €	8,03 €
Colocación de elementos			0	0,5	0,00 €	8,03 €	
Comprobación del funcionamiento			1	0	20,36 €	0,00 €	
SUBTOTAL UNIDAD			1	1,5	20,36 €	24,08 €	
Montaje en laboratorio		Montaje de elementos	0	1	0,00 €	16,05 €	
		Comprobación del funcionamiento	1	0	20,36 €	0,00 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	1	1	20,36 €	16,05 €	
Cableado entre elementos		Cableado de todos los elementos de la instalación	0	2	0,00 €	32,10 €	
		Comprobación del funcionamiento	0	1	0,00 €	16,05 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	0	3	0,00 €	48,15 €	
Montaje de la red de comunicación		Instalación bus de comunicación Modbus	2	0	40,72 €	0,00 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	2	0	40,72 €	0,00 €	
SUBTOTAL PUNTO			169,72 €				
Realización de ensayos y de tests.	Pruebas de transmisión de señales a sensores y actuadores	Pruebas sensores	0	1	0,00 €	16,05 €	
		Pruebas de los actuadores	0	1	0,00 €	16,05 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	0	2	0,00 €	32,10 €	
	Pruebas de funcionamiento de los ensayos en el autómat	Pruebas de control manual	30	1	610,80 €	16,05 €	
		SUBTOTAL UNIDAD	30	1	610,80 €	16,05 €	
	Pruebas de control manual	20	2	407,20 €	32,10 €		

	Prueba de los ensayos en pantalla y lectura de valores		SUBTOTAL UNIDAD	20	2	407,20 €	32,10 €
			SUBTOTAL PUNTO	1.098,25 €			
Redacción del proyecto.	Realización de un proyecto con todos los apartados del estudio	Proyecto		80	0	1.628,80 €	0,00 €
			SUBTOTAL UNIDAD	80	0	1.628,80 €	0,00 €
		SUBTOTAL PUNTO	1.628,80 €				
			HORAS POR PROFESIONAL	361	10,5	7.349,96 €	168,53 €
			COSTE POR MANO DE OBRA	7.518,49 €			

Tabla 3. Presupuesto mano de obra

3. Materiales.

Material	Precio	Cantidad	Coste
Variador de velocidad ATV312 - 4 kW - 9,2 kVA - 150 W - 380..500 V - trifásico.	988,05 €/ud	1 uds	988,05 €
Controlador M221 16 E/S relé, TM221C16R.	175,95 €/ud	1 uds	175,95 €
Display HMI de pantalla táctil, Schneider Electric, 5,7 pulg., LCD, Monocromo	583,50 €/ud	1 uds	583,5 €
Rectificador 220V CA a 24V CC.	25,10 €/ud	1 uds	25,10 €
Cable flexible 1mm2 de sección.	0,17 €/m	5 m	0,85 €
Cable de bus estándar Modbus	4,00 €/m	10 m	40,00 €
Conector RS-485 para Modbus	11,00 €/ud	6 uds	66,00 €
Vijeo Designer 6.2, HMI configuration software facility license	5224,20 €/ud	0,10 ud	522,42 €
L600R24V PILOTO MULTILED VERDE 24V CC/CA IP65	3,23 €/ud	2 uds	6,46 €
REGLETA 10MM 034277 (5903) BLANCA (10ud)	1,02 €/ud	1 uds	1,02 €
Interruptor Doble PANASONIC KARRE 10A 250V con Garras/Teclas Blancas	4,46 €/ud	1 uds	4,46 €
Mr. Tronic 5m Cable de Red Ethernet Latiguillo	4,99 €/m	1 m	4,99€
Ordenador Toshiba intel core i3.	900,00 €/ud	0,10 ud	90,00 €
TOTAL	2508.80 €		

Tabla 4. Presupuesto materiales

4. Total.

TOTAL	
COSTE POR MANO DE OBRA	7518,49 €
COSTE POR MATERIALES	2508,80 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	10027,29 €
15% Gastos generales	1504,09 €
6% Beneficio industrial	601,64 €
TOTAL	12133,02 €

Tabla 5. Presupuesto total

TRABAJO FIN DE GRADO

PLANOS



AUTOR: Jonathan Frimpong Martín

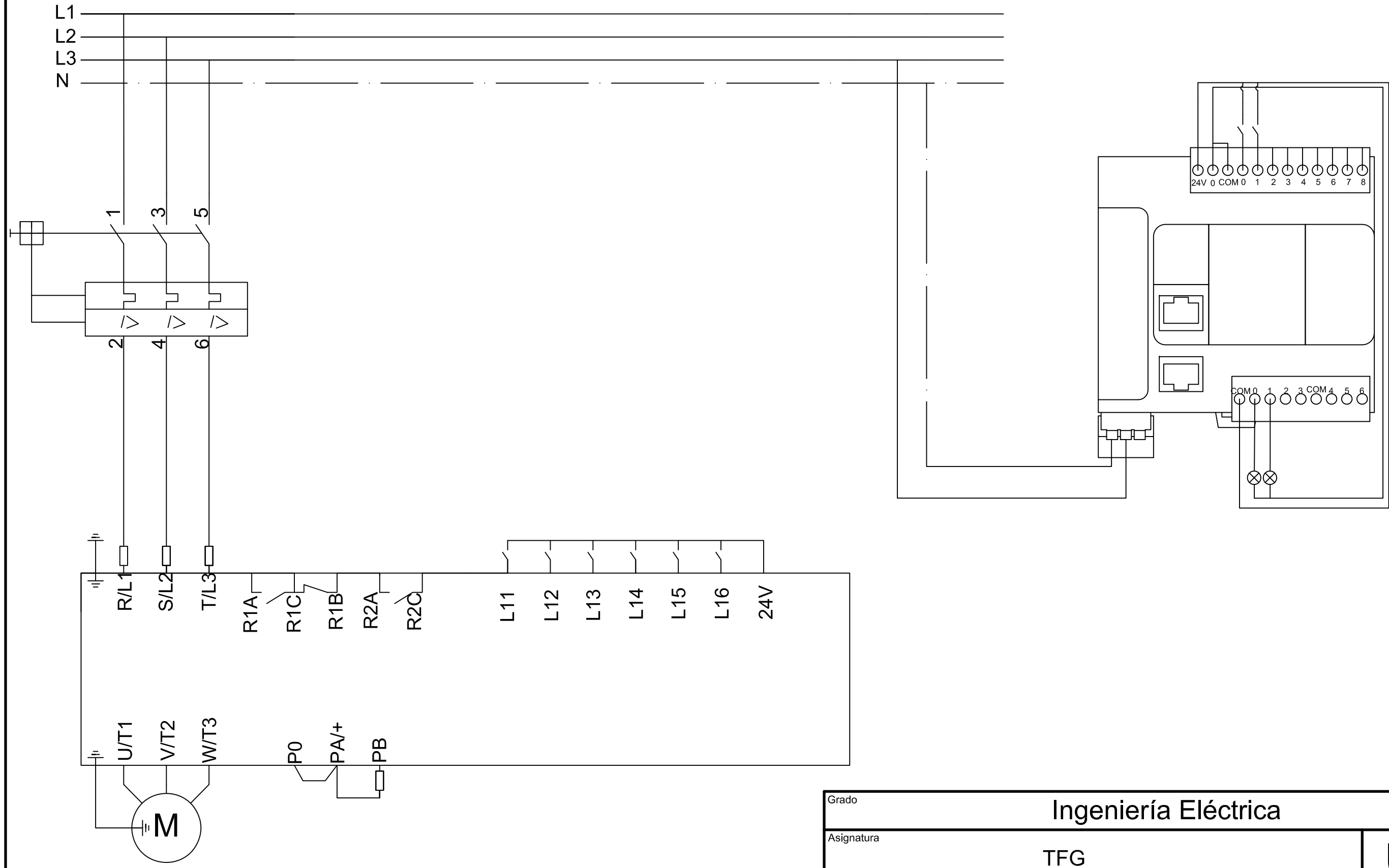
TUTORES: Ángel Sapena / Ruben Puche

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica

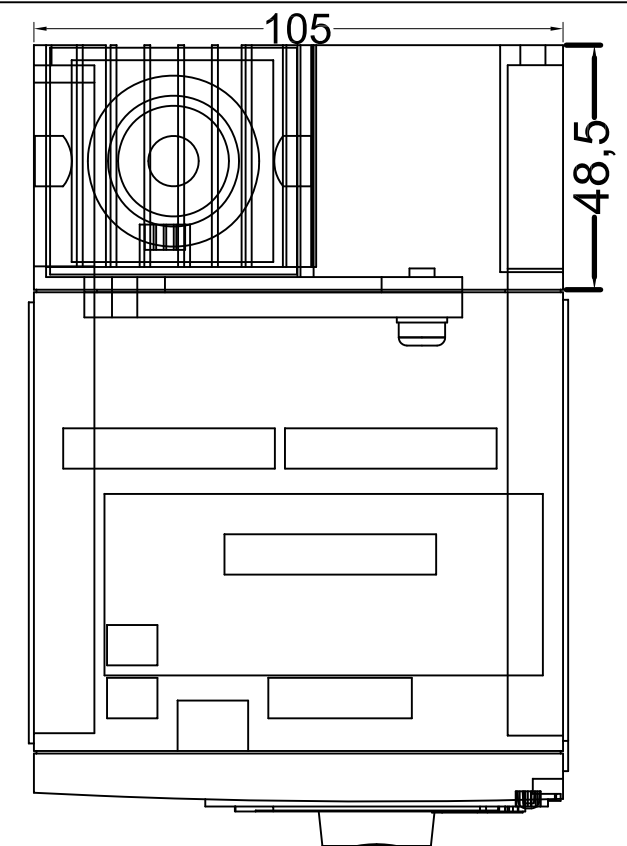
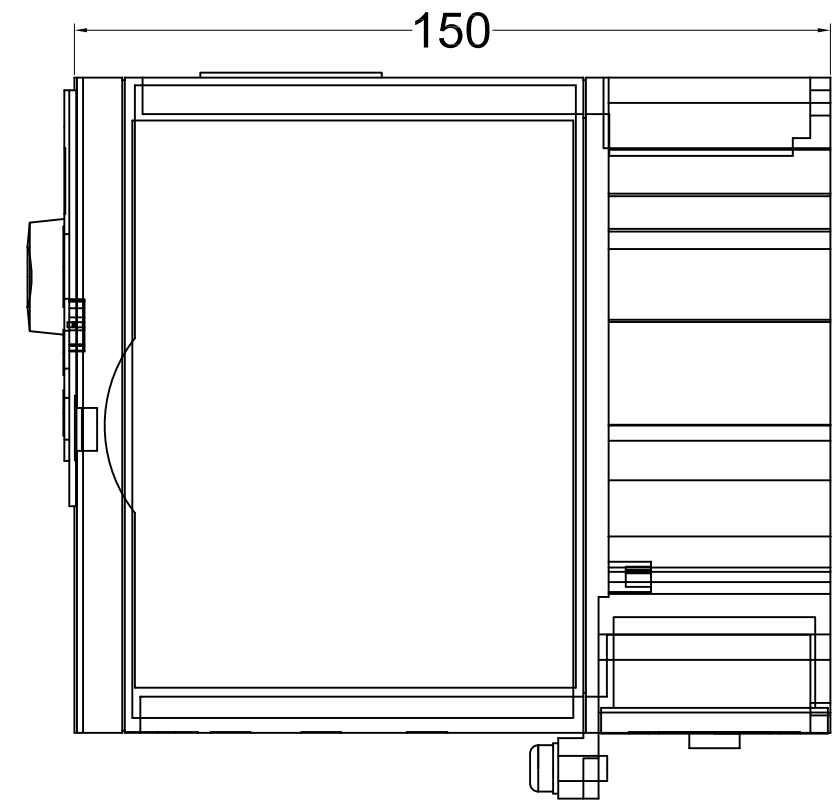
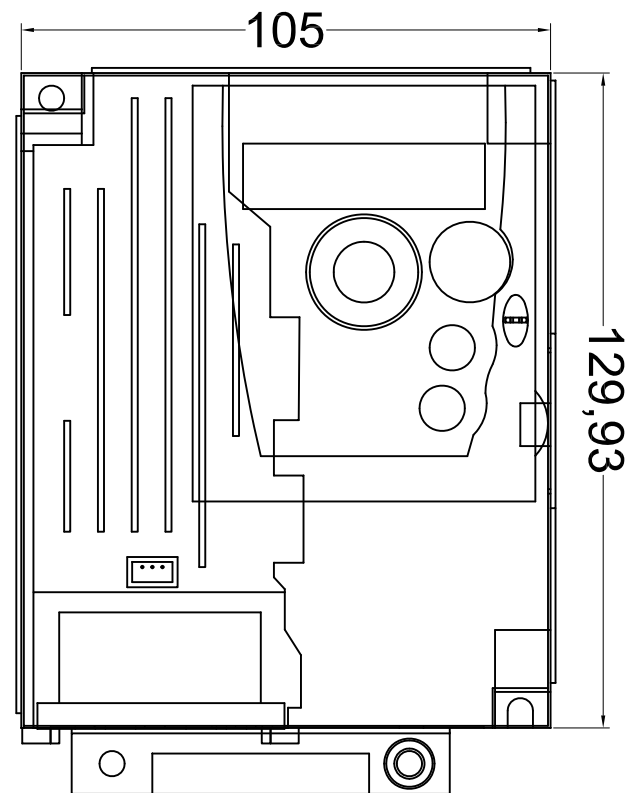
05/09/2019

ÍNDICE:

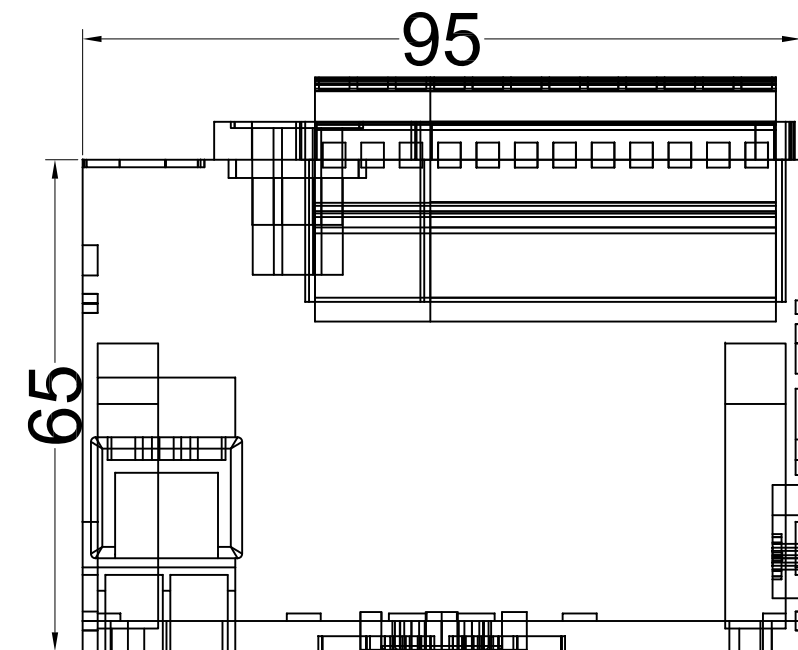
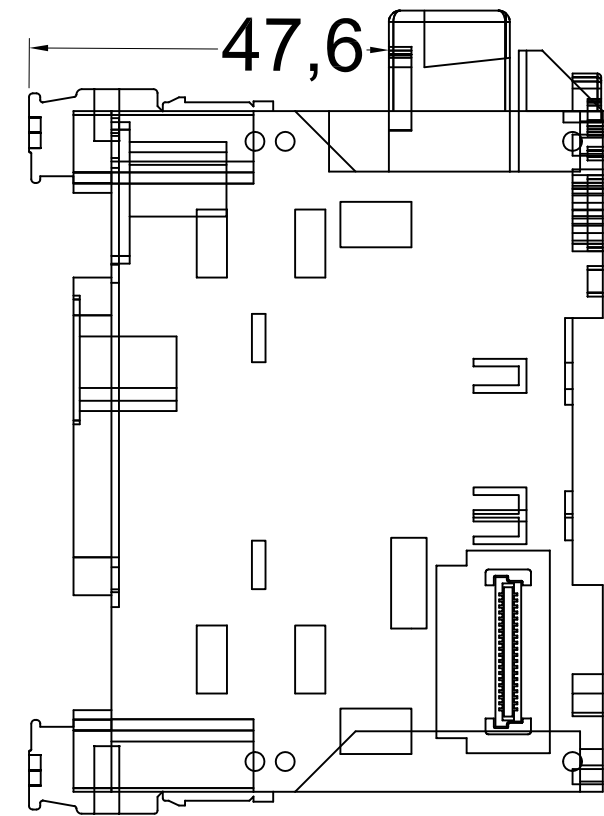
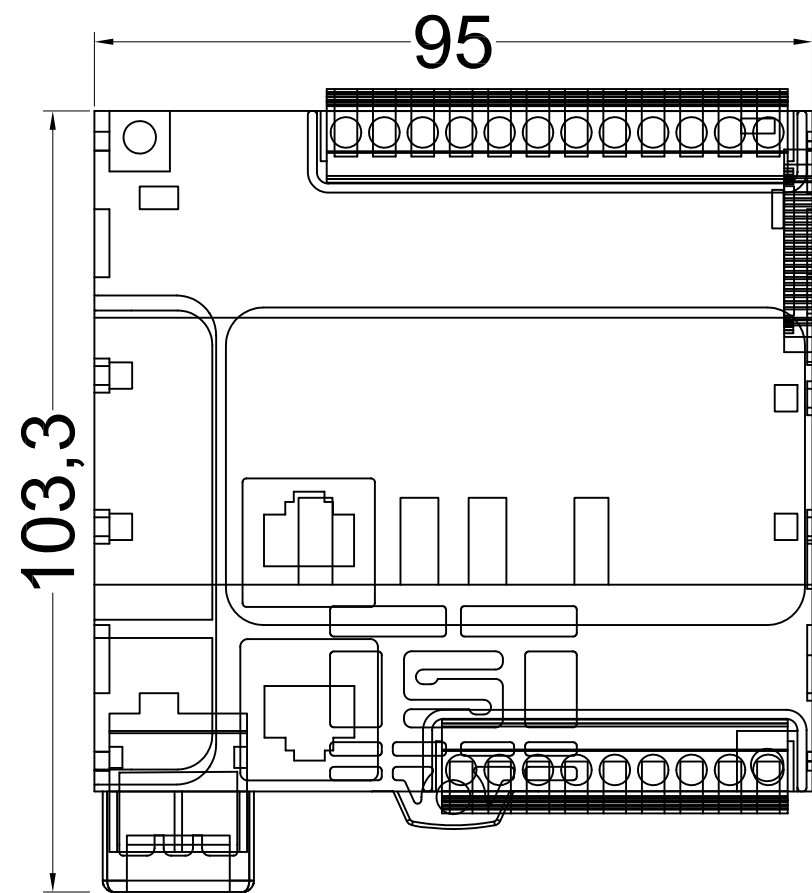
1. Conexionado:	_____	1
2. Variador de frecuencia.	_____	2
3. Autómata.	_____	3
4. Pantalla HMI.	_____	4
5. Conexionado Modbus.	_____	5



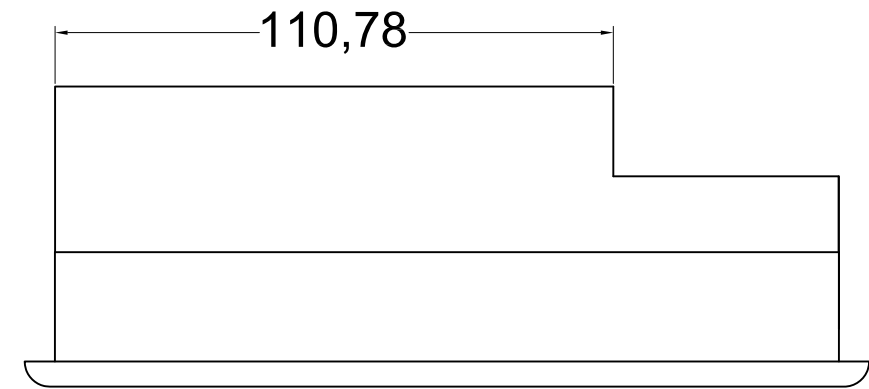
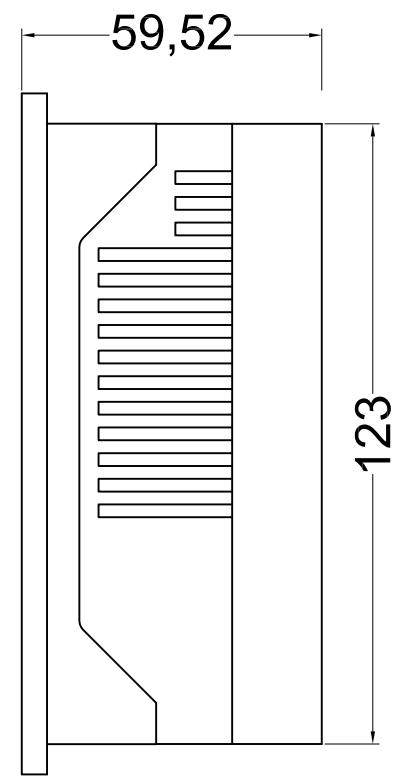
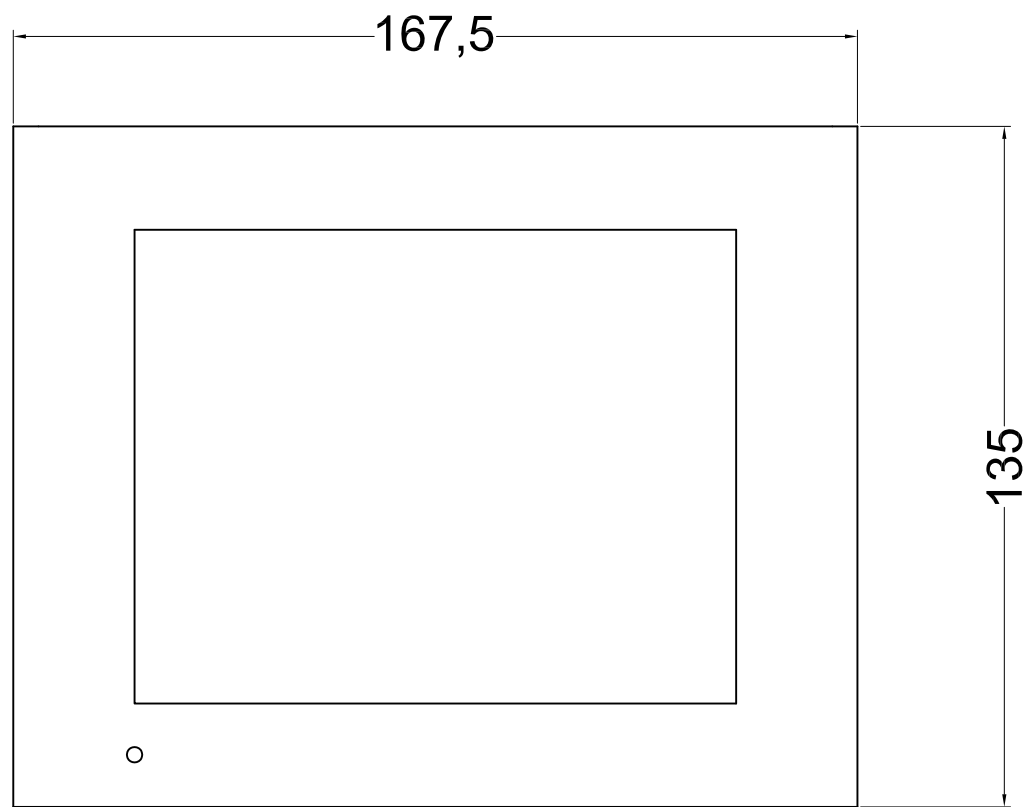
Grado		Ingeniería Eléctrica	
Asignatura		TFG	UPV
Apellidos y nombre			Nº de plano
FRIMPONG MARTÍN, JONATHAN			1
Fecha	Denominación plano		
29/07/19	Conexionado		
Escala	s/e		



Grado	Ingeniería Eléctrica	
Asignatura	TFG	UPV
Apellidos y nombre	FRIMPONG MARTÍN, JONATHAN	Nº de plano
Fecha	29/07/19	2
Escala	1:1.5	
Denominación plano		
VARIADOR DE FRECUENCIA		

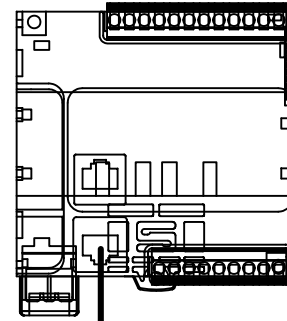


Grado	Ingeniería Eléctrica	
Asignatura	TFG	UPV
Apellidos y nombre	FRIMPONG MARTÍN, JONATHAN	Nº de plano
Fecha	29/07/19	3
Escala	1:1	
Denominación plano		
AUTÓMATA PROGRAMABLE		

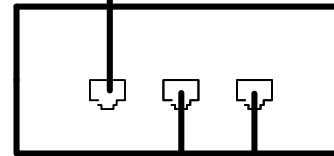


Grado	Ingeniería Eléctrica	
Asignatura	TFG	UPV
Apellidos y nombre	FRIMPONG MARTÍN, JONATHAN	Nº de plano
Fecha	29/07/19	4
Escala	1:1.5	
Denominación plano	PANTALLA HMI	

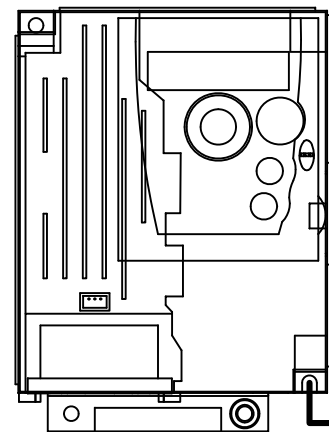
MAESTRO



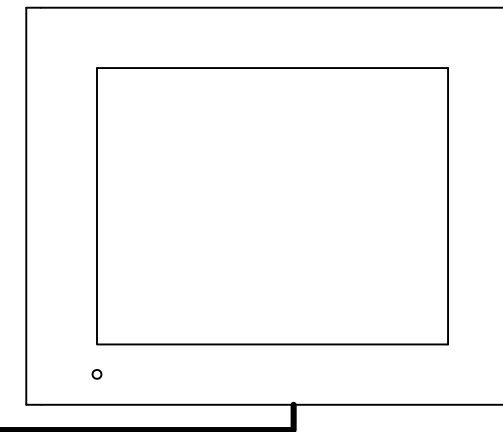
COMUNICACIÓN MODBUS



ESCLAVO 1



ESCLAVO 2



Grado	Ingeniería Eléctrica	
Asignatura	TFG	UPV
Apellidos y nombre	FRIMPONG MARTÍN, JONATHAN	Nº de plano
Fecha	29/07/19	5
Escala	s/e	
Denominación plano		
Conexionado Modbus		

TRABAJO FIN DE GRADO

ANEXO I. CONFIGURACIÓN Y
PARAMETRIZACIÓN DEL SISTEMA DE
CONTROL



AUTOR: Jonathan Frimpong Martín

TUTORES: Ángel Sapena / Ruben Puche

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica

05/09/2019

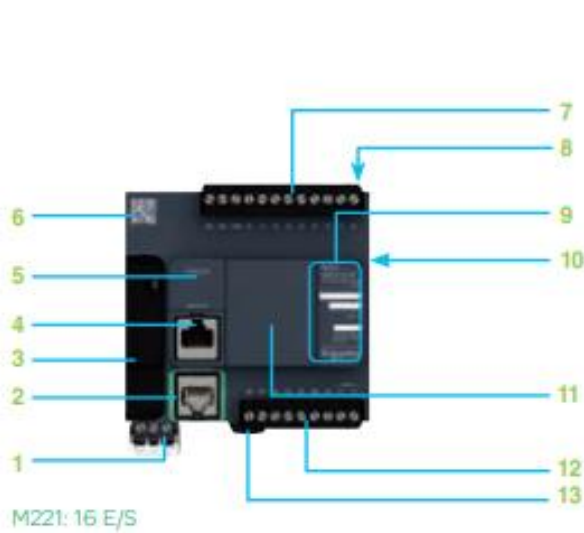
ÍNDICE:

1. Autómata M221	3
1.1. Descripción.	3
1.2. Puesta en marcha.	4
2. Cable Ethernet.	7
2.1. Descripción.	7
2.2. Puesta en marcha.	8
3. Pantalla.	9
4. Variador de frecuencia (ATV312HU40N4).	9
4.1.1. Descripción.	9
4.1.2. Montaje físico.	10
4.1.3. Configuración, parametrización Modbus.	11
4.1.4. Puesta en marcha de nuestro variador en modo remoto.	14
4.1.5. Configurar características del motor.	16
4.1.6. Configurar rampas de aceleraciones del motor.	17
4.1.7. Reset del error de fallo de comunicación.	17



1. Autómata M221

1.1. Descripción.



- 1 Bornero de tornillos extraíble, 3 bornas para conectar la alimentación de 24 V --- o 100-240 V ~ (según el modelo)
- 2 En controladores TM221CE ●●●: conector RJ45 para red Ethernet, con LED de actividad
- 3 Detrás de la tapa extraíble:
 - Conector USB mini-B para conectar un PC equipado con el software SoMachine Basic
 - Ranura para la tarjeta de memoria SD
 - Interruptor de Run/Stop
- 4 Puerto serie (RS232 o RS485): conector RJ45
- 5 Detrás de una tapa: un conector extraíble destinado a dos entradas analógicas
- 6 Código QR para descargar la documentación técnica del controlador.
- 7 Conexión de entradas lógicas de 24 V --- en borneros de tornillos extraíbles ⁽¹⁾
- 8 En la parte superior del controlador: una ranura para batería de reserva
- 9 Bloque de visualización LED que muestra:
 - El estado del controlador y sus componentes (batería, tarjeta de memoria SD)
 - El estado del puerto serie
 - El estado de las E/S
- 10 En el lateral del controlador: conector bus TM3 para conectar los módulos de extensión Modicon TM3
- 11 Ranuras para cartuchos de E/S, cartucho de comunicación o cartuchos de aplicación: Uno en controladores M221 con 16 y 24 E/S, dos en controladores M221 con 40 E/S
- 12 Conexión de entradas lógicas de relé/transistor: en borneros de tornillos extraíbles ⁽¹⁾
- 13 Pestaña para bloqueo en carril simétrico.

Figura 1. Esquema de conexiones en el autómata M221.

El Maestro de la instalación es el autómata M221, el cual será el encargado de transmitir y leer datos de todos los elementos de la rama de programación.

Este autómata consta de 9 entradas y 7 salidas por lo que es un módulo 16 E/S.



Figura 2. Autómata M221.

Este autómata realiza su programación mediante el programa SoMachine Basic. (Ecostruxure).

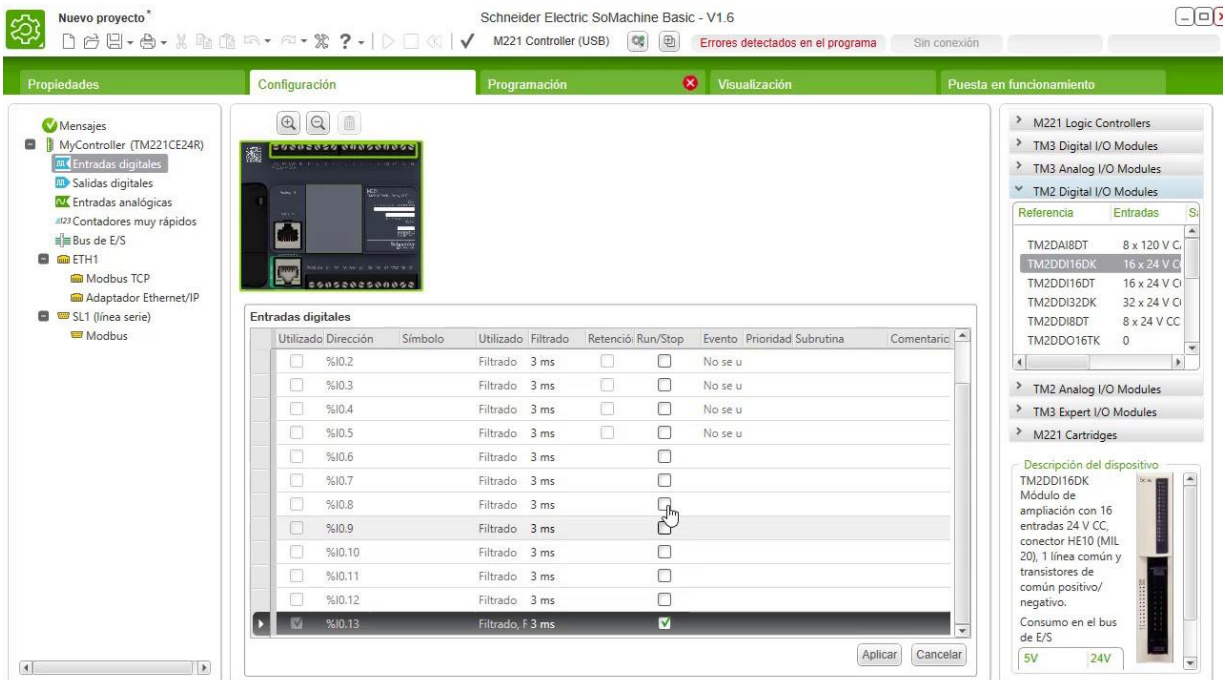


Figura 3. Programa Ecostruxure.

1.2. Puesta en marcha.

Para la puesta en marcha del sistema, lo primero que se debe hacer es descargarse el programa en la página oficial de Schneider: https://www.se.com/es/es/product-range/2226-ecostruxure%E2%84%A2-somachine/?subNodeId=314728896es_ES

Se debe entrar en la página de Schneider a la parte de documentos y descargas.



Figura 4. Página de Schneider.

Clicar en “Mas documentos”, y a continuación en “Software-Released”.

Figura 5. Página de Schneider.

Y por último proceder a la descarga.

Figura 6. Página de Schneider.

Una vez se tiene ya el programa, se puede comenzar.

En este momento hay que tener en cuenta que hay que actualizar el firmware ya que, si no se realiza esto, no se puede conectar con el autómata.

Primero habrá que meterse en la pestaña “puesta en funcionamiento” y clicar a “actualización del controlador”.

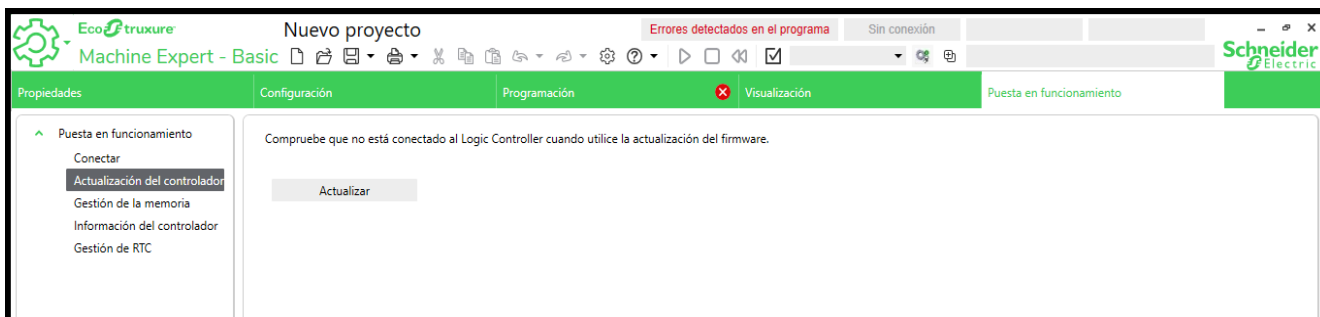


Figura 7. Página de Schneider.

Una vez llegados a este punto se debe clicar “buscar” e ir a la carpeta donde contiene el programa descargado, se selecciona el programa → “Firmwares & PostConfiguration” → M221 → y como último paso se selecciona el archivo M221.mfw.

Una vez hecho esto, el programa está actualizado para su funcionamiento.

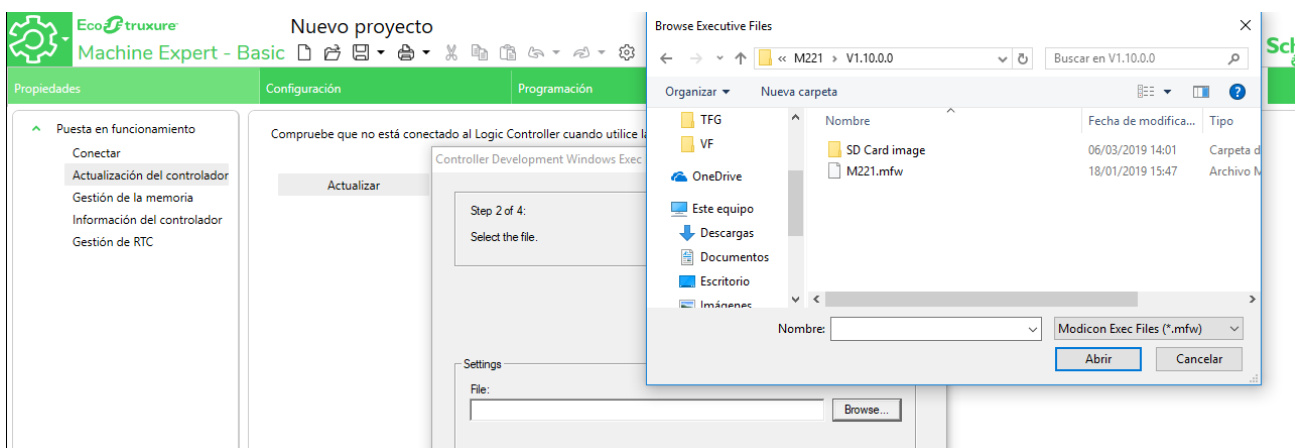


Figura 8. Página de Schneider.

2. Cable Ethernet.

2.1. Descripción.



Figura 9. Imagen física de un cable Ethernet.

Este cable es el encargado de transportar los datos desde el ordenador (programa) al autómeta. Es el cable que conecta físicamente ambos dispositivos.

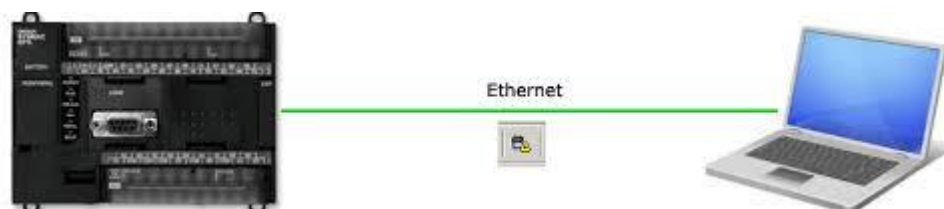


Figura 10. Conexión de autómeta a portátil mediante vía Ethernet.

Haciendo con ello la posibilidad de transportar los bits de datos y poder así mandar la programación creada al autómeta para su correcto funcionamiento.

2.2. Puesta en marcha.

Una vez se realiza esta conexión, se configuran las IP'S en el programa y en el ordenador, para que así puedan conectarse entre ambas sin ninguna dificultad.

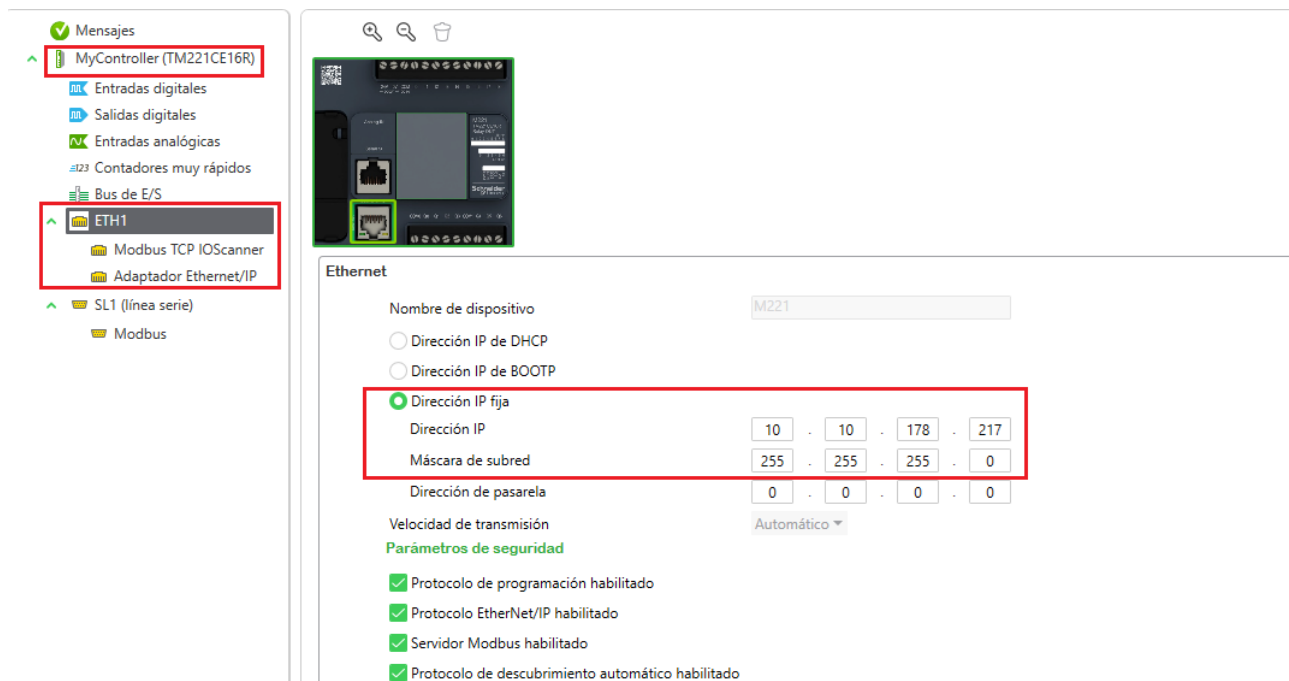


Figura 11. Conexión IP en programa Ecostruxure.

Una vez seleccionado, en el programa, el autómatas (TM221CE16R), habrá que meterse en la configuración Ethernet y asociar una IP fija con su respectiva máscara de subred, con ello se fijará una IP, para continuamente a esto, permitir que el ordenador trabaje en esa IP y gracias a ello poder realizar la comunicación bien entre PC y autómatas.

Seguido a esto, se configura el PC, para que pueda trabajar en la misma IP:

Windows → CMD → IPconfig.

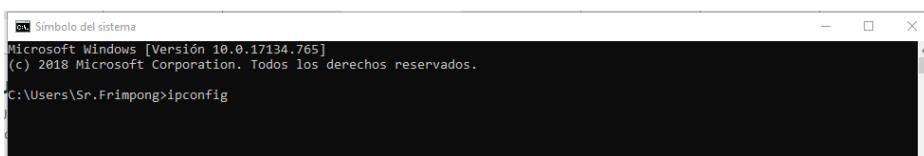


Figura 12. Cambio de IP, en PC.

Una vez llegados a este punto, se presiona intro y en la opción de salida Ethernet se configura la misma IP y máscara de subred que la colocada en el programa, por lo que se dispondrá de la misma IP en ambos sitios y con ellos se permitirá la conexión entre elementos.

3. Pantalla.

La pantalla de nuestro sistema será el modelo XBTGT2110.



Figura 13. Pantalla XBTGT2110.

4. Variador de frecuencia (ATV312HU40N4).

4.1.1. Descripción.

Como se ha comentado anteriormente el variador de frecuencia es el encargado de realizar el control del motor, desde controles básicos, como sería un control en bucle abierto, hasta llegar a alguno más complejos como controles vectoriales.

Especificando más en cuanto al proyecto de ensayos de viento para el aerogenerador, el variador juega el papel principal en el sistema, ya que, es el encargado de mandarle las frecuencias al motor, a través de una configuración modbus guiada por el autómata programable.

Se va a simular el viento, ya que la finalidad es la realización de las pruebas en nuestro aerogenerador para ver su funcionalidad, por lo que, el variador será el que le diga la frecuencia a la que ir en cada momento del ensayo.

El variador elegido debido a las ventajas explicadas anteriormente es el ATV312HU40N4:



Es un variador de la casa de Schneider.



Principal

Gama de producto	Altivar 312
Tipo de producto o componente	Variador de velocidad
Destino del producto	Motores asíncronos
Aplicación específica de producto	Máquina simple
Estilo de conjunto	Con disipación de calor
Nombre de componente	ATV312
Potencia del motor en kW	4 kW
Potencia del motor en HP	5 hp
[Us] tensión de alimentación asignada	380...500 V (- 15...10 %)
Frecuencia de alimentación	50...60 Hz (- 5...5 %)
Número de fases de la red	3 fases
Corriente de línea	13.9 A para 380 V, 5 kA 10.6 A para 500 V

Imagen 16. Imagen física del variador ATV312HU40N4.

Este variador como se puede ver en su ficha técnica es un variador que soporta hasta un motor de 4 kW, con una alimentación en 380V trifásica.

4.1.2. Montaje físico.

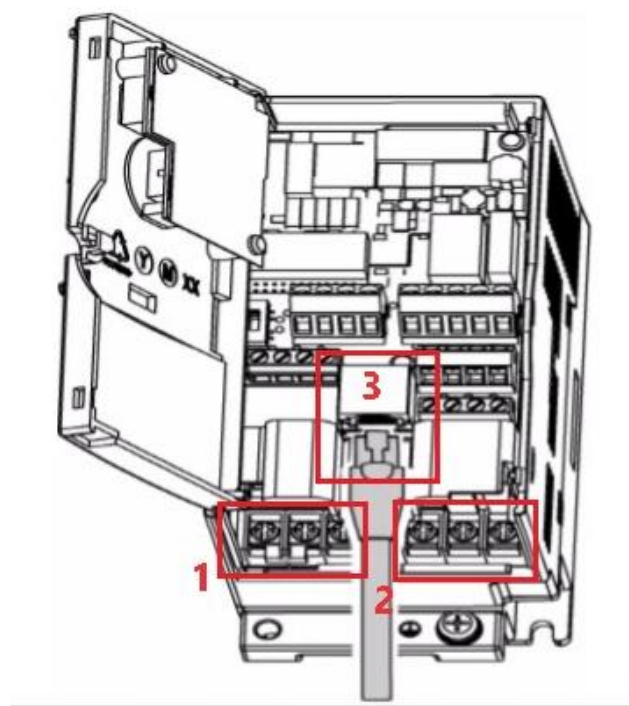


Imagen 17. Conexiones internas VF.

Los variadores de frecuencia suelen ser caracterizados por su sencillo montaje y conexionado. Aquí se pueden ver los puntos principales:

1. Conexionado de la alimentación (Por donde se le proporciona la tensión de alimentación al variador).
2. Salidas U, V, W, las cuales van a ser la alimentación del motor.
3. Conexión Modbus mediante el conector RJ45. Desde este conector se realizará la conexión a la regleta Modbus para poder hacer la comunicación con el maestro (en este proyecto es el autómatas programable).

Por último, este tipo de variadores tienen unas fijaciones mecánicas en su parte posterior para facilitar su fijación a pared o a alguna estructura metálica, mediante pernos, para así poder trabajar con el verticalmente.

4.1.3. Configuración, parametrización Modbus.

Como se ha explicado anteriormente, la finalidad de esta programación es la de comunicar mediante Modbus los esclavos con el autómatas (maestro), por lo que, se debe configurar el variador para que atienda estos datos enviados desde el autómatas y para que tenga la configuración idónea al motor que se va a actuar.

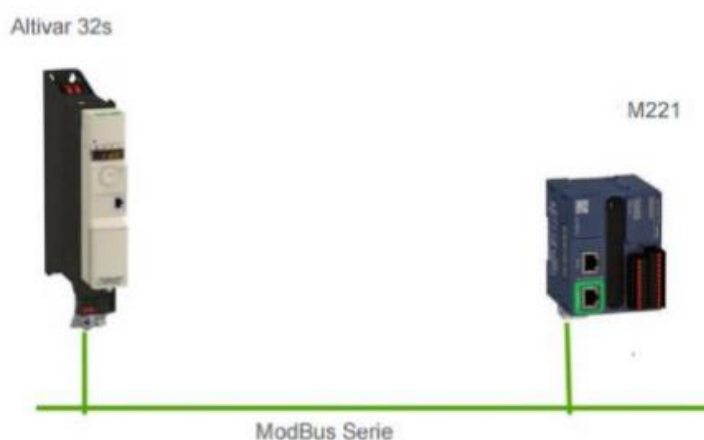


Imagen 18. Esquema de conexión del autómatas M221 a VF.

Configuración Modbus:

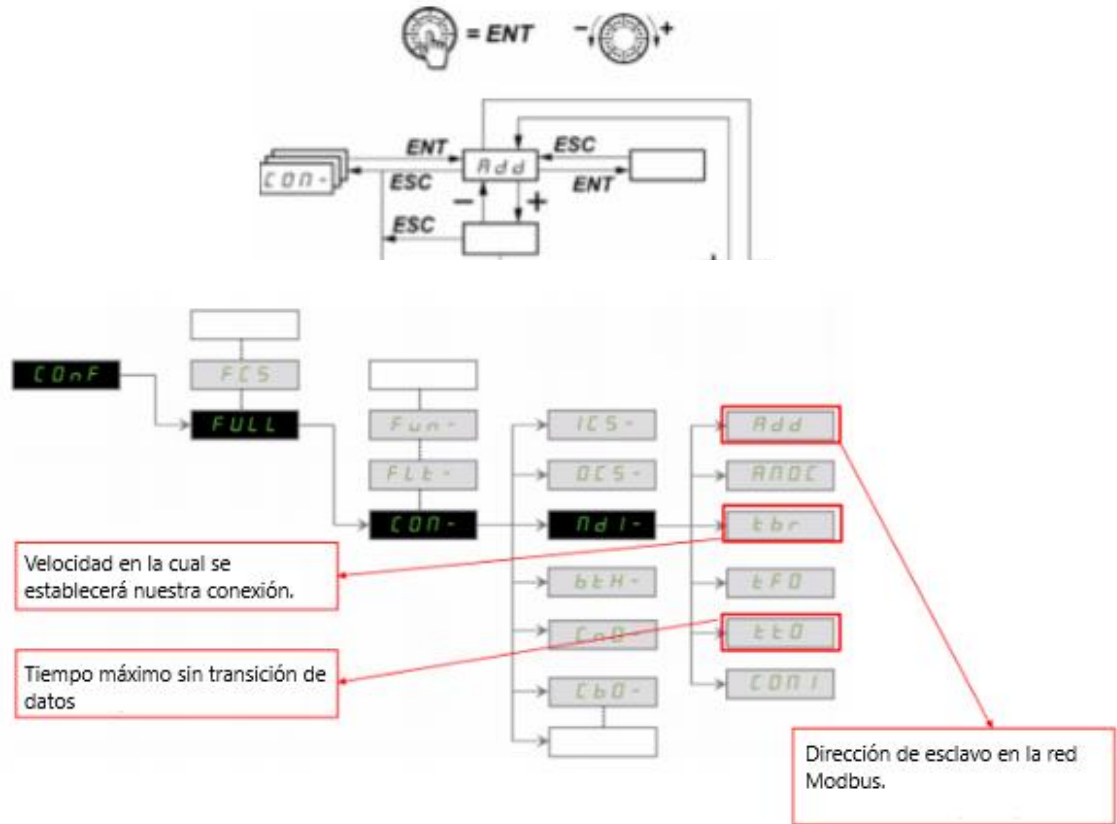


Imagen 19. Esquema de programación para la preparación modbus en VF.

Como se puede apreciar en la imagen 19, se puede ver la forma de configurar el variador en la red Modbus, para así poder establecer la comunicación maestro-esclavo del sistema.

1. Primer paso:

Se procede a tocar el botón central (de forma circular) que se sitúa en el centro del variador de frecuencia, una vez realizado este paso entrará en el menú.

2. Segundo paso:

Se debe buscar el apartado de configuración (CONF) y pulsar el botón para poder acceder a dicha configuración.

3. Tercer paso:

Aquí se puede observar una serie de parámetros que se tendrían que ir eligiendo según la configuración deseada por el usuario y las características soportadas por los elementos de la red modbus.

Add: Aquí se selecciona la dirección de esclavo que se va a apropiarse el variador, esta dirección es muy importante ya que en el maestro (autómata) también se tendrá que asignar este número de esclavo a los datos que queramos transmitir al variador de frecuencia.

tbr: En este parámetro se le asignará la velocidad a la cual son transmitidos estos datos, (4800, 9600, 19200 bits/segundo), aquí se debe tener cuidado para ver las velocidades máximas de todos los elementos del circuito, es decir, si todos los elementos soportan 19200 bits/segundo de transición y cuál sería la velocidad más rápida posible, pues se le asignará esta velocidad en este parámetro. Se pueden encontrar muchos casos en los cuales se dispone de pantallas, autómatas... que no pueden soportar tanta velocidad, por lo que en estos se debe seleccionar una más baja.

tFo: Este parámetro es el formato que caracteriza al modbus, el cual habrá que poner este tipo de configuración idéntica a los demás elementos de la instalación, ya que todos deben tener el mismo formato de red modbus. Configuraciones:

801: 8 bits, de paridad impar y de un bit de parada.

8E1: 8 bits, de paridad par y 1 bit de parada.

8N1: 8 bits, sin paridad y 1 bit de parada.

8N2: 8 bits, sin paridad y 2 bit de parada.

tto: Por último, el tiempo de finalización, este tiempo es el tiempo que se dispone desde que se le envía un dato hasta que ya no recibe ningún dato, es decir, si supera este tiempo sin recibir ninguna comunicación el variador se pondría a funcionar en modo error.

4.1.4. Puesta en marcha de nuestro variador en modo remoto.

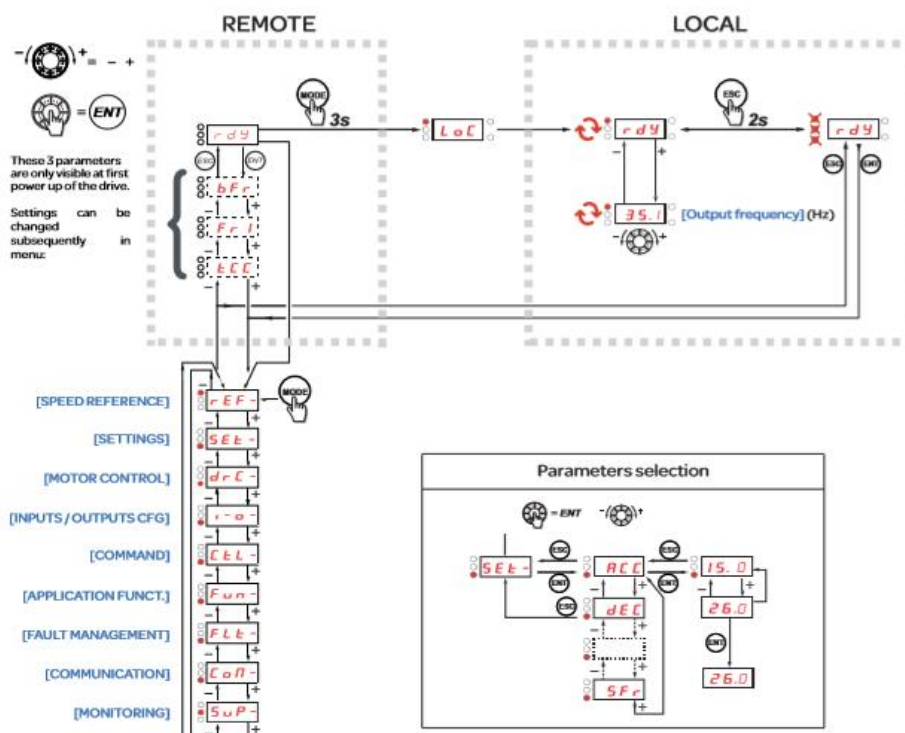


Imagen 20. Parámetros de programación del VF.

Este tipo de variador puede trabajar de dos tipos, en formato local y remota:

Local: para poder trabajar en este modo el usuario debe estar en contacto directo con el variador, ya que mediante el giro rotatorio del botón central vamos a mandarle una frecuencia de referencia mayor o menor al motor.

En cualquier modo de funcionamiento que usemos, es de uso normal el controlar el arranque y la parada del motor mediante controles de rampa de aceleración y deceleración, ya que existen muchos problemas en los motores, por las corrientes y los pares.

Remoto: existen dos formas de realizar este control. Una de ellas se realiza por la comunicación de todas las variables del variador, por un conductor por variable.

El cual, mediante las conexiones internas del variador y sus configuraciones, se puede enviarlas velocidades a las que quiero que vaya, la configuración que quiero tener...

Por otro lado, tiene la posibilidad de hacerlo a través de unos conductores (2 o 4) que se denominan hilos, esto hace lo que se conoce como bus de comunicación y es lo que se va a realizar en estos ensayos.

Este método es bastante potente, ya que permite transportar ordenes de activación y funcionamiento entre el variador de frecuencia (que suelen utilizarse como esclavo) y los demás equipos de control (maestros), que en este caso será el autómatas programable. Ya que estos, son los verdaderos encargados de gestionar el transporte de la información.

Como se puede ver en la siguiente imagen:

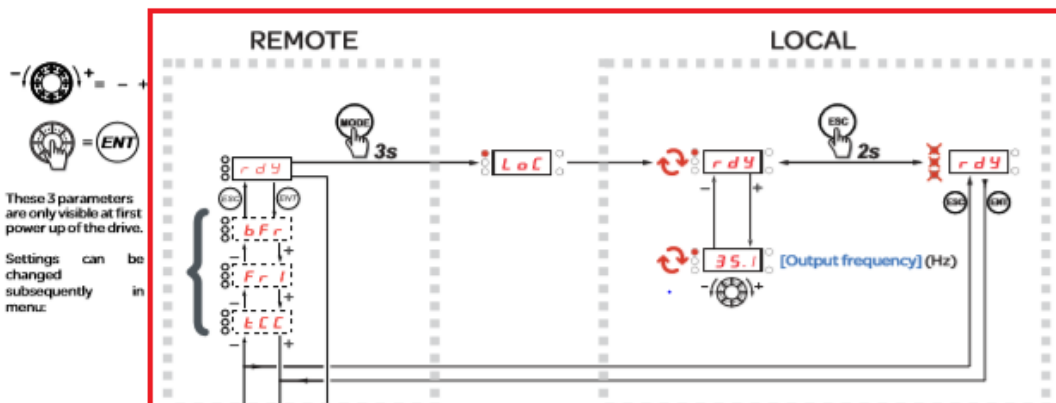


Imagen 21. Modo local y modo remoto.

Para poner el variador a trabajar en modo local es tan sencillo como presionar el botón “MODE” durante 3 segundos, ahí se observa como los leds de la derecha se ponen a iluminarse progresivamente (de arriba a abajo). En este momento permite comenzar a manejar el motor en modo local. Para salir de él solo es necesario presionar el botón de escape durante 2 segundos con lo que el variador se pondría a trabajar en modo remoto.

Para trabajar en modo modbus y poder gestionar el variador desde el autómatas lo que hay que hacer es lo siguiente:

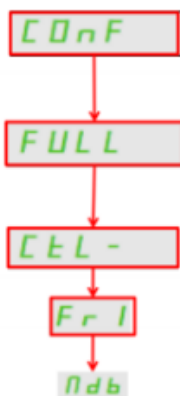


Imagen 22. Modo remoto en conexión modbus.

Configurando el Fr1 (Frecuencia de referencia 1) a ndb, se le dice al variador que empiece a trabajar en modo remoto y por red de comunicación modbus, en este momento el variador pasará a trabajar en esta opción.

4.1.5. Configurar características del motor.

El variador no trabaja en las mismas condiciones con diferentes motores, por lo que hay que configurarle las características del motor con el que simulará el viento.

Para la implementación de estos datos:

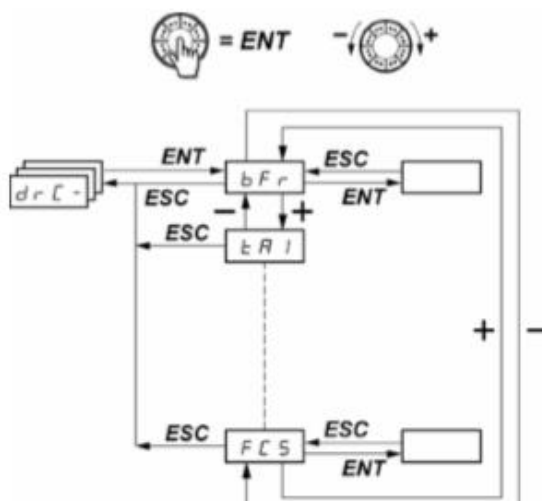


Imagen 23. Esquema para introducir los datos de nuestro motor.

En el menú del variador de frecuencia se clicará a “drC”, una vez aquí saldrán los diversos valores para configurar los datos del motor seleccionado:

- bFr: Frecuencia estándar del motor.
- unS: Voltaje motor.
- Frs: Rango soportable de frecuencias del motor.
- nCr: Corriente nominal motor.
- nSP: Velocidad nominal motor.
- CoS: Factor de potencia del motor.
-

Una vez seleccionado estos valores ya se dispone del variador en perfectas condiciones para poder ser acoplado con el motor.

4.1.6. Configurar rampas de aceleraciones del motor.

Otras de las características fundamentales es ajustar los parámetros de rampas de aceleración del motor, para así poder poner el tiempo que tardará al ponerle una frecuencia superior y el tiempo que tardará al bajar a una frecuencia inferior. Estos parámetros son configurados:

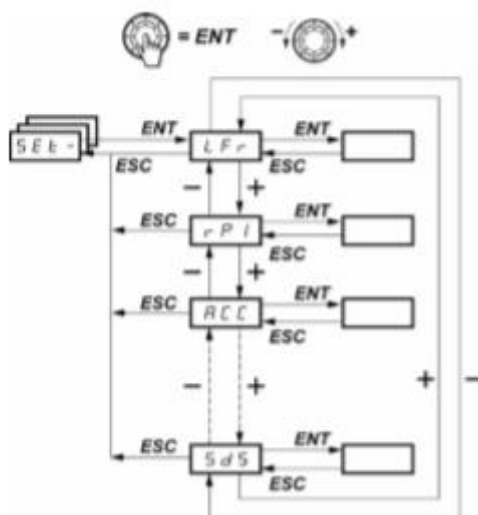


Imagen 24. Esquema para la configuración de las rampas de aceleración y deceleración.

En el menú del variador se clicca en "Set" y ahí mediante las opciones de "ACC" y "dEC" se le deberá colocar los tiempos (en segundos) de aceleración y de deceleración que tendrá que realizar el motor.

4.1.7. Reset del error de fallo de comunicación.

Cuando la pantalla del variador muestra este error:



Imagen 25. Error comunicación VF.

Para reiniciarlo y poder seguir con los ensayos, se deberá pasar a modo 'LOCAL', tocar 'STOP' y volver a pasar a modo 'REMOTO', una vez que el variador vuelva a estar en este modo, habrá que meterse en el menú y volver a configurar el variador en modo configuración mediante modbus.

TRABAJO FIN DE GRADO

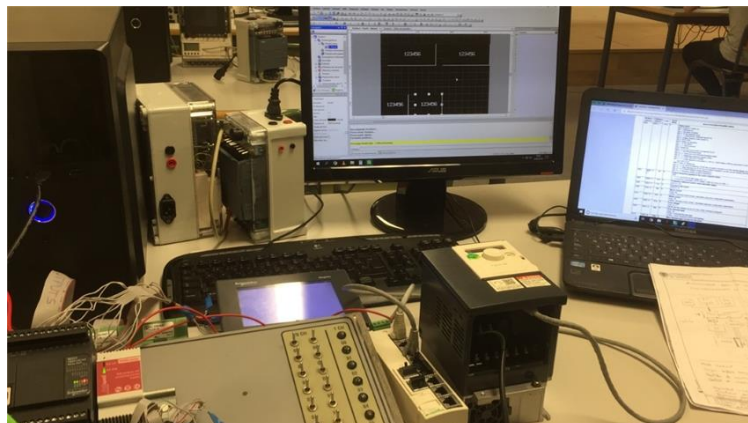
ANEXO II. PROGRAMA DE CONTROL DEL AUTÓMATA PROGRAMABLE



AUTOR: Jonathan Frimpong Martín

TUTORES: Ángel Sapena / Ruben Puche

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica



05/09/2019

CONTENIDO

Descripción.....	6
Lista De Materiales	7
Controlador	7
Configuración Del Hardware	8
MyController - TM221CE16R	8
Entradas Digitales.....	8
Salidas Digitales	8
Entradas Analógicas	8
Contadores Rápidos	9
Contadores De Alta Velocidad.....	9
ETH1	9
Modbus TCP IOScanner	10
Protocolo EtherNet/IP	11
SL1 (línea serie).....	11
Bus de E/S	12
Configuración Del Software	13
Palabras Constantes	13
KW	13
KD	13
KF.....	13
Objetos De Red	14
Assembly De Entrada (Ethernet/Ip)	14
Assembly De Salida (Ethernet/Ip).....	14
Registros De Entrada (Modbus Tcp)	14
Registros De Salida (Modbus Tcp).....	14
Entradas digitales (IOScanner).....	14
Salidas digitales (IOScanner)	14
Registros de entrada (IOScanner).....	14
Registros de salida (IOScanner).....	14
Objetos De Software	15
Temporizadores	15
Contadores	15
Registros LIFO/FIFO.....	15

Drums	15
Registros de desplazamiento	15
Contadores de pasos	15
Fechadores	16
RTC.....	16
PID	16
Pasos Grafcet	16
Objetos De Accionamiento	17
Unidad.....	17
Objetos de comunicación	18
Read Var	18
Write Var	18
Programar	19
Comportamiento	19
Utilización De Memoria.....	19
Arquitectura De La Aplicación	19
Tarea maestra.....	19
Tarea periódica	19
POU	20
Tarea maestra.....	20
1 - Programa	20
Rung0 - PUESTA EN MARCHA DE LA COMUNICACIÓN ...	20
Rung1 - PARO DE LA COMUNICACIÓN.....	20
Rung2 - ILUMINACIÓN COMUNICANDO.....	20
Rung3 - TREN DE PULSOS GENERAL	20
Rung4 - TREN DE PULSOS.....	21
Rung5 - CONTADOR CICLICIDAD COMUNICACIONES.....	21
Rung6 - LECTURA DE PANTALLA.....	21
Rung7 - HORARIO	22
Rung8 - MODO MANUAL ACTIVACIÓN.....	22
Rung9 - MODO CONFIGURABLE ACTIVACIÓN	22
Rung10 - MODO CONFIGURACIÓN PULSOS.....	22
Rung11 - MODO CONFIGURACIÓN RAMPA	23
Rung12 - MODO NOCHE.....	23
Rung13 - RESET MODO NOCHE.....	24
Rung14 - REALIMENTACIÓN MODO NOCHE.....	25

Rung15 - NOCHE_RECETA_1	25
Rung16 - NOCHE_RECETA_2	26
Rung17 - NOCHE_RECETA_3	27
Rung18 - CAMBIO_REGISTRO_RECETA	27
Rung19 - RESET MODO MANUAL.....	28
Rung20 - RESET MODO PULSOS	28
Rung21 - RESET MODO CONFIGURABLE	29
Rung22 - RESET MODO RAMPA.....	29
Rung23 - ACTIVAR VF	30
Rung24 - DESACTIVAR VF	30
Rung25 - FRECUENCIA_MODO_MANUAL	30
Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULSOS	31
Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULSOS.....	31
Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS	31
Rung29 - MODO RAMPA: PENDIENTE	32
Rung30 - MODO RAMPA: CONTADOR	32
Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	33
Rung32 - MODO RAMPA: ENCLAVAMIENTO	33
Rung33 - TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN	33
Rung34 - CUENTA DEL TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN.....	34
Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX	34
Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN.....	35
Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO.....	35
Rung38 - EMPIEZA ENSAYO	36
Rung39 - TIEMPO ENSAYO	36
Rung40 - TEMPORIZADOR PARA FINALIZAR ENSAYO.....	36
Rung41 - RESETEO VARIABLE TERMINAENSAYO	37
Rung42 - DESACTIVAR VARIADOR	37
Rung43 - RESETEO VARIABLES DE COMIENZO DE ENSAYO.....	37
Rung44 - ESCRIBIR EN VARIADOR DE FRECUENCIA.....	38
Rung45 - ESCRIBIR EN PANTALLA.....	38
Rung46 - VISUALIZACIÓN MEMORIAS VF	39
Rung47 - ESCRIBIR VALORES VF EN PANTALLA	39
Símbolos	40
Tabla De Referencias Cruzadas	42



Tabla de animación	53
Tabla de animación_0	53
Tabla de animación_1	54

DESCRIPCIÓN

Este proyecto se basa en la automatización de un banco de ensayos para aerogeneradores de imanes permanentes con conexión a red.


En este documento se podrá visualizar toda la programación realizada durante el trabajo. Programación encargada de la realización de diferentes tipos de ensayos:

- ❖ Ensayo escalón.
- ❖ Ensayo rampa.
- ❖ Ensayo pulsos.

También se pueden realizar mediciones, ensayos manuales y configurables, al igual que la activación de funcionamiento del banco en modo automático para su activación en un horario prefijado.

LISTA DE MATERIALES

Controlador

	<p>Referencia</p> <p>Descripción</p> <p>Alimentación suministrada al bus de E/S</p>	<p>TM221CE16R</p> <p>TM221CE16R (tornillo) 9 entradas digitales, 7 salidas de relé (2 A), 2 entradas analógicas, 1 puerto de línea serie, 1 puerto Ethernet, controlador compacto de 100 a 240 V CA con bloques de terminales extraíbles.</p> <p>5V: 325 mA / 24V: 120 mA</p>
---	--	---

CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE

MyController - TM221CE16R

Entradas Digitales

Utilizado	Dirección	Filtrado	Retención	Run/Stop	Eventos	Prioridad	Subrutina
X	%I0.0	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.1	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.2	3 ms			No se utiliza		
	%I0.3	3 ms			No se utiliza		
	%I0.4	3 ms			No se utiliza		
X	%I0.5	3 ms			No se utiliza		
	%I0.6	3 ms			No se utiliza		
	%I0.7	3 ms			No se utiliza		
	%I0.8	3 ms			No se utiliza		

Salidas Digitales

Utilizado	Dirección	Alarma de estado	Valor de retorno	Utilizado por
X	%Q0.0		0	Lógica de aplicación
	%Q0.1		0	
	%Q0.2		0	
	%Q0.3		0	
	%Q0.4		0	
X	%Q0.5		0	Lógica de aplicación
	%Q0.6		0	

Entradas Analógicas

Utilizado	Dirección	Tipo	Ámbito	Rango	Filtro	Muestreo
	%IW0.0	0 - 10 V	Normal	0-1000	0	
	%IW0.1	0 - 10 V	Normal	0-1000	0	

Contadores Rápidos

Utilizado	Dirección	Entrada	Configurado	Preajuste	Palabra doble
	%FC0	%I0.2	NotUsed	0	
	%FC1	%I0.3	NotUsed	0	
	%FC2	%I0.4	NotUsed	0	
	%FC3	%I0.5	NotUsed	0	

Contadores De Alta Velocidad

Utilizado	Dirección	Tipo
	%HSC0	Sin configurar
	%HSC1	Sin configurar
	%HSC2	Sin configurar
	%HSC3	Sin configurar

ETH1

Nombre de dispositivo:	M221
Modo IP:	Fija
Dirección IP:	10.10.178.217
Máscara de subred:	255.255.255.0
Dirección de pasarela:	0.0.0.0
Velocidad de transmisión:	Automático
Parámetros de seguridad:	Protocolo de programación habilitado
	Protocolo de descubrimiento automático habilitado
	Servidor Modbus habilitado
	Protocolo EtherNet/IP habilitado

Modbus TCP IOScanner

Modbus TCP IOScanner

Id	Nombre	Dirección	Tipo	Índice	Dirección de		Restablec	Explorado	Inic solicitud	ID de unidad de
					IP	Timeout respuesta (x 100 ms)				
0	Dispositivo 0	%DRV0	ATV312	1	10.10.178.218	10		Sí	255	255

Dispositivo 0

Nombre:	Dispositivo 0
Dirección:	%DRV0
Tipo:	ATV312
Índice:	1
Dirección IP	10.10.178.218
Timeout de respuesta (x 100 ms):	10
Restablecer variable:	
Explorados:	Sí
Inic solicitud ID unidad:	255
ID de unidad de los canales:	255

ID	Tipo de mensaje	Offset	Longitud	Valor de inicialización	Comentario
0	Write single word - Modbus 0x06	8501	1	0	Switch ATV in NST State

ID	Nombre	Tipo de mensaje	Desencadenamiento	Desplazamiento		Gestión de errores	Comentario
				de lectura	de escritura		
0	ATV_IoScanner	Read multiple words - Modbus 0x03	Cíclico 200 ms	8603	2	Poner a CERO	Read of ETAD and RFRD register
1	ATV_IoScanner	Read multiple words - Modbus 0x03	Cíclico 200 ms	3206	1	Poner a CERO	Read of ETI register
2	ATV_IoScanner	Read multiple words - Modbus 0x03	Cíclico 200 ms	7121	1	Poner a CERO	Read of LFT register

	anner	words - Modbus 0x03	200 ms		CERO			register
3	ATV_IoS	Write single	Ciclico					Write of CMD
	anner	word - Modbus 0x06	200 ms			8501	1	register
4	ATV_IoS	Write single	Ciclico					Write of LFRD
	anner	word - Modbus 0x06	200 ms			8602	1	register

Protocolo EtherNet/IP

Ensamblado de entrada (destino --> origen, %QWE): Instancia=100

Tamaño (Palabras)=20

Ensamblado de salida (origen --> destino, %IWE): Instancia=150

Tamaño (Palabras)=20

SL1 (línea serie)

Ajustes Físicos

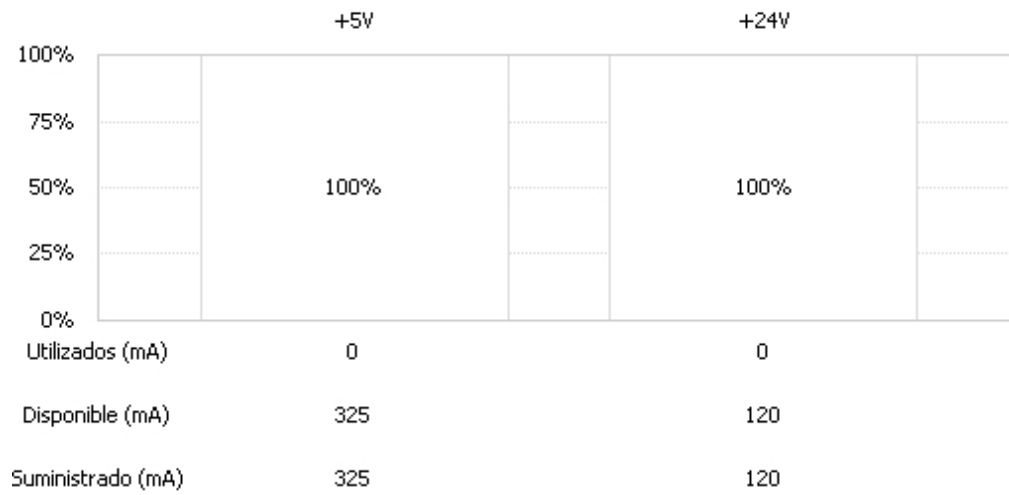
Dispositivo: Generic Modem
Comando Init: ATE0Q1
Velocidad de transmisión: 9600
Paridad: Par
Bits de datos: 8
Bits de parada: 1
Medio físico: RS-485
Polarización: No

Ajustes De Protocolo

Protocolo: Modbus
Timeout de respuesta (x 100 ms): 10
Tiempo entre tramas (ms): 10
Modo de transmisión: RTU
Direccionamiento: Maestra

Bus de E/S

Controlador principal



CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

Palabras Constantes

KW

Asignación: Automático

Asignado: 0

Utilizado	Equ utilizado	Dirección	Símbolo	Valor	Comentario
-----------	---------------	-----------	---------	-------	------------

KD

Asignación: Automático

Asignado: 0

Utilizado	Equ utilizado	Dirección	Símbolo	Valor	Comentario
-----------	---------------	-----------	---------	-------	------------

KF

Asignación: Automático

Asignado: 0

Utilizado	Equ utilizado	Dirección	Símbolo	Valor	Comentario
-----------	---------------	-----------	---------	-------	------------

Objetos De Red

Assembly De Entrada (Ethernet/Ip)

Utilizado	Dirección	Símbolo	Valor de retorno	Comentario
-----------	-----------	---------	------------------	------------

Assembly De Salida (Ethernet/Ip)

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	---------	------------

Registros De Entrada (Modbus Tcp)

Utilizado	Dirección	Símbolo	Valor de retorno	Comentario
-----------	-----------	---------	------------------	------------

Registros De Salida (Modbus Tcp)

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	---------	------------

Entradas digitales (IOScanner)

Utilizado	Dirección	Canal	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	-------	---------	------------

Salidas digitales (IOScanner)

Utilizado	Dirección	Canal	Valor de retorno	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	-------	------------------	---------	------------

Registros de entrada (IOScanner)

Utilizado	Dirección	Canal	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	-------	---------	------------

Registros de salida (IOScanner)

Utilizado	Dirección	Canal	Valor de retorno	Símbolo	Comentario
-----------	-----------	-------	------------------	---------	------------

Objetos De Software

Temporizadores

Asignación: Automático

Asignado: 4

Utilizado	Dirección	Símbolo	Tipo	Retentivo	Base de tiempo	Preajuste	Comentario
X	%TM0		TON		1 s	1	
X	%TM1		TON		1 s	1	
X	%TM2		TON		1 s	3	
X	%TM3		TON		1 ms	100	

Contadores

Asignación: Automático

Asignado: 6

Utilizado	Dirección	Símbolo	Preajuste	Comentario
X	%C0	CONTADOR	6	
X	%C1		9999	
X	%C2		20	
X	%C3		2	
X	%C5		9999	

Registros LIFO/FIFO

Asignación: Automático

Asignado: 0

Drums

Asignación: Automático

Asignado: 0

Registros de desplazamiento

Asignación: Contadores de pasos

Asignado:

A	Automático
	0
Asignación:	Automático
Asignado:	0

Fechadores

Asignación: Automático

Asignado: 0

RTC

%RTC1

Utilizado	Dirección	Símbolo	Día	Mes	Año	Horas	Minutos	Segundos	Comentario
X	%RTC1		1	1	2000	0	0	0	

PID

Utilizado	PID	Símbolo	Tipo	Comentario
-----------	-----	---------	------	------------

Pasos Grafset

Asignación: Automático

Asignado: 0



Objetos De Accionamiento

Unidad

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
	%DRV0		

Objetos de comunicación

Read Var

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
X	%READ_VAR0		
X	%READ_VAR1		

%READ_VAR0

Link	Id	Timeout	ObjType	FirstObj	Quantity	IndexData
1 - SL1	2	100	0 - Read multiple words - Modbus 0x03	1	10	1

%READ_VAR1

Link	Id	Timeout	ObjType	FirstObj	Quantity	IndexData
1 - SL1	3	100	0 - Read multiple words - Modbus 0x03	3201	11	40

Write Var

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
X	%WRITE_VAR1	VF1	
X	%WRITE_VAR2	VF2	
X	%WRITE_VAR3	VF3	

%WRITE_VAR1

Link	Id	Timeout	ObjType	FirstObj	Quantity	IndexData
1 - SL1	3	100	0 - Write multiple words - Modbus 0x10	8501	2	31

%WRITE_VAR2

Link	Id	Timeout	ObjType	FirstObj	Quantity	IndexData
1 - SL1	2	100	0 - Write multiple words - Modbus 0x10	2	1	2

%WRITE_VAR3

Link	Id	Timeout	ObjType	FirstObj	Quantity	IndexData
1 - SL1	2	100	0 - Write multiple words - Modbus 0x10	2	1	2

Link	Id	Timeout	ObjType	FirstObj	Quantity	IndexData
1 - SL1	2	100	0 - Write multiple words - Modbus 0x10	2	1	2

	FirstObj	Quantity	IndexData
Modbus 0x10	12	13	41

PROGRAMAR

Comportamiento

Nivel funcional:	Nivel 10.0
Modalidad de inicio:	Inicio en estado anterior
Watchdog:	250 ms

Comportamiento de recuperación: Valor de retorno

Utilización de memoria

Se requiere una compilación correcta para obtener información de la memoria.

Arquitectura De La Aplicación

Tarea maestra

Modalidad de exploración:	Normal
Lista de POU:	1 - Programa

Tarea periódica

Periodo:	255 ms
-----------------	--------

POU

Tarea maestra

1 - Programa

Tarea maestra

Rung0 - PUESTA EN MARCHA DE LA COMUNICACIÓN



Variables utilizadas:

%I0.0	PM
%M60	AUTOMÁTICO

Rung1 - PARO DE LA COMUNICACIÓN



Variables utilizadas:

%I0.0	PM
%I0.1	PP
%M60	AUTOMÁTICO

Rung2 - ILUMINACIÓN COMUNICANDO



Variables utilizadas:

%M60	AUTOMÁTICO
%Q0.0	

Rung3 - TREN DE PULSOS GENERAL

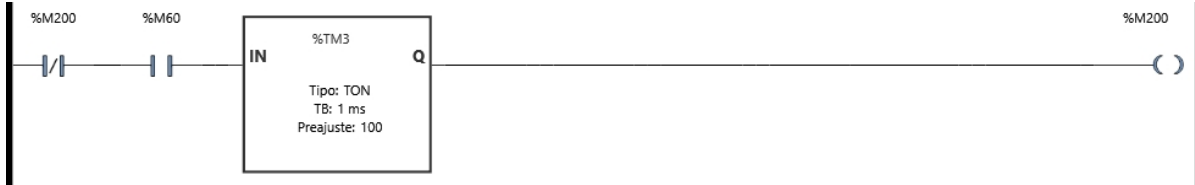


Variables utilizadas:

%M201	%TM0
-------	------

TPGEN
ERAL

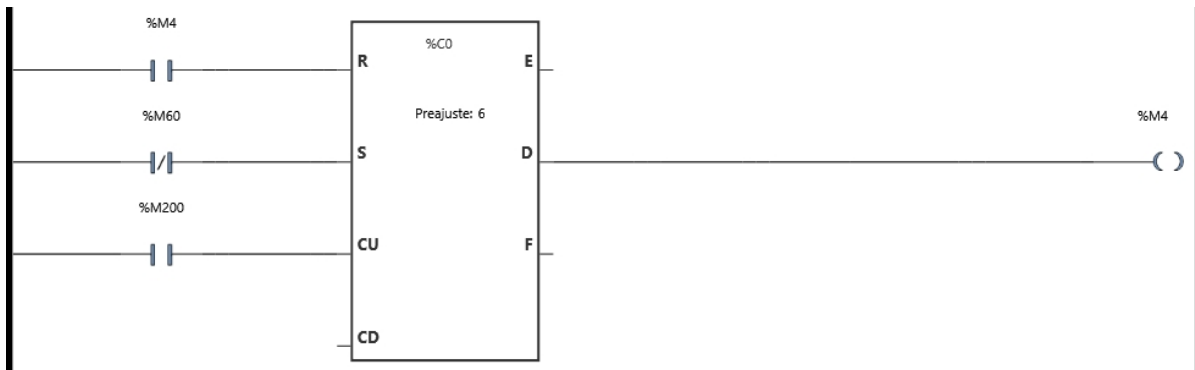
Rung4 - TREN DE PULSOS



Variables utilizadas:

%M60 AUTOMÁTICO
 %M200 TP
 %TM3

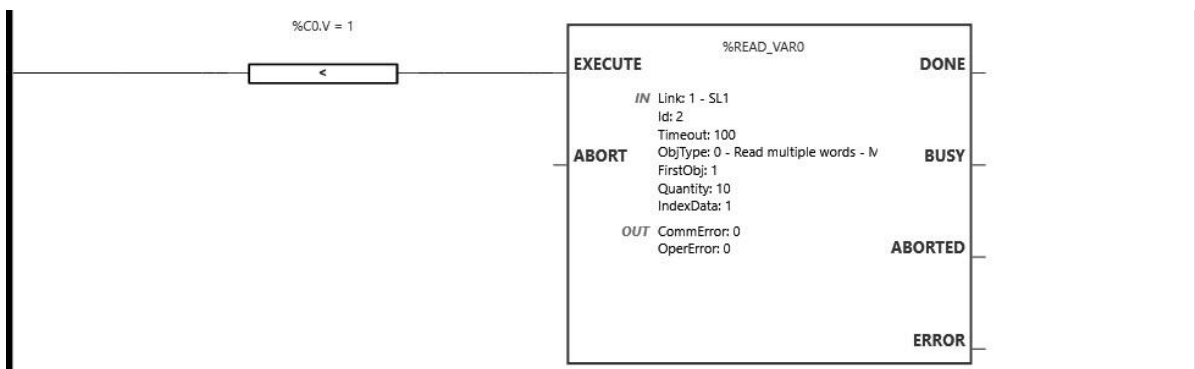
Rung5 - CONTADOR CICLICIDAD COMUNICACIONES



Variables utilizadas:

%C0 CONTADOR
 %M4 CONTA1
 %M60 AUTOMÁTICO
 %M200 TP

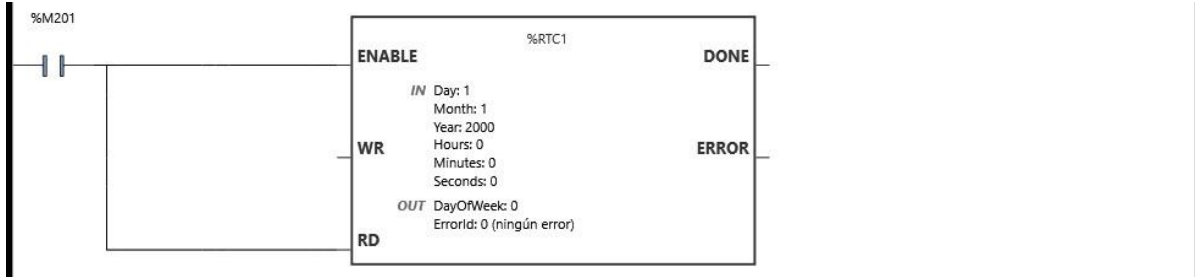
Rung6 - LECTURA DE PANTALLA



Variables utilizadas:

%C0.V %READ_VAR0

Rung7 - HORARIO



Variables utilizadas:

%M201 TPGENERAL
%RTC1

Rung8 - MODO MANUAL ACTIVACIÓN



Leyenda:

1 %MW4 : X0

Variables utilizadas:

%M20 MANUAL
%MW4 : X0

Rung9 - MODO CONFIGURABLE ACTIVACIÓN



Leyenda:

1 %MW4 : X1

Variables utilizadas:

%M21 CONFIGURABLE
%MW4 : X1

Rung10 - MODO CONFIGURACIÓN PULSOS



Leyenda:

1 %MW4 : X2

Variables utilizadas:

%M22 COFIGURABLE_PULSOS
%MW4 : X2

Rung11 - MODO CONFIGURACIÓN RAMPA



Legenda:

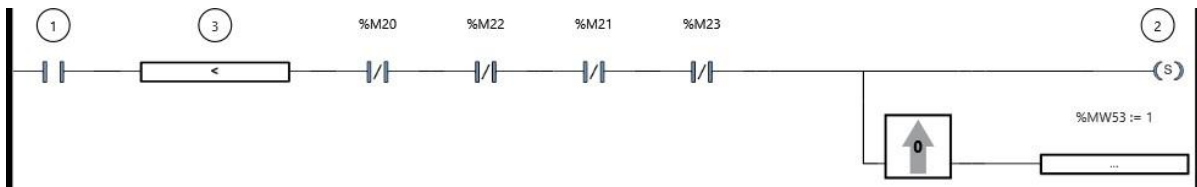
1 %MW4:X4

Variables utilizadas:

%M23 CONFIGURABLE_RAMPA

%MW4:X4

Rung12 - MODO NOCHE



Legenda:

1 %MW4:X5

2 %MW51:X0

3 %RTC1.HOURS = %MW9

Variables utilizadas:

%M20 MANUAL

%M21 CONFIGURABLE

%M22 COFIGURABLE_PULSOS

%M23 CONFIGURABLE_RAMPA

%MW4:X5

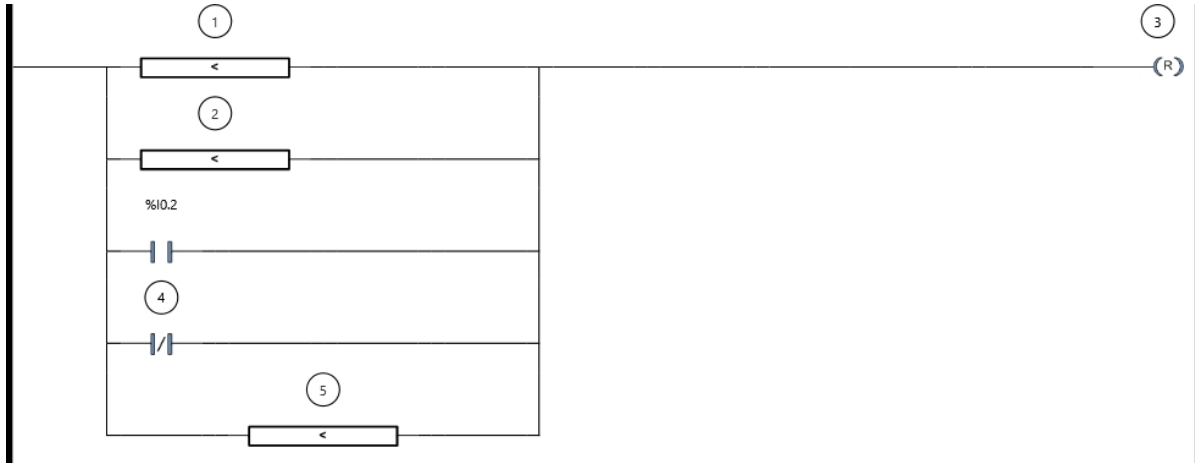
%MW9 HORA_NOCHE

%MW51:X0 MODO_NOCHE:X0

%MW53 NÚMERO_REGISTRO_DE_RECETA

%RTC1.HOURS

Rung13 - RESET MODO NOCHE



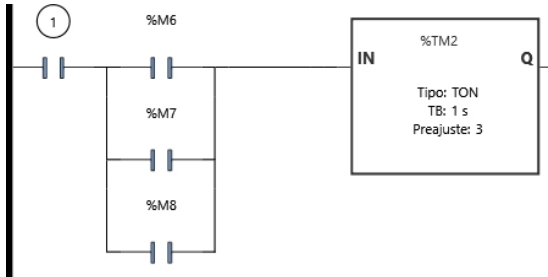
Leyenda:

- 1 %RTC1.HOURS >= %MW9 + 1
- 2 %RTC1.HOURS <= %MW9 - 1
- 3 %MW51:X0
- 4 %MW4:X5
- 5 %RTC1.MINUTES = %MW10 + 12

Variables utilizadas:

- %I0.2 PARO_NOCHE
- %MW4:X5
- %MW9 HORA_NOCHE
- %MW10 MINUTO_NOCHE
- %MW51:X0 MODO_NOCHE:X0
- %RTC1.HOURS
- %RTC1.MINUTES

Rung14 - REALIMENTACIÓN MODO NOCHE



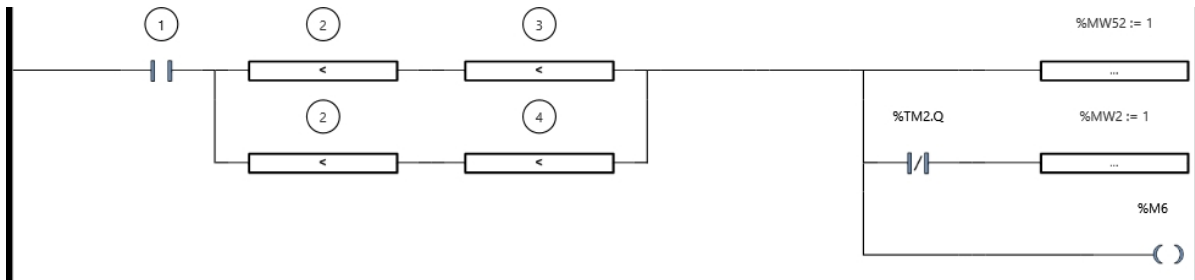
Leyenda:

1 %MW51:X0

Variables utilizadas:

%M6 CICLO1
 %M7 CICLO2
 %M8 CICLO3
 %MW51:X0 MODO_NOCHE:X0
 %TM2

Rung15 - NOCHE_RECETA_1



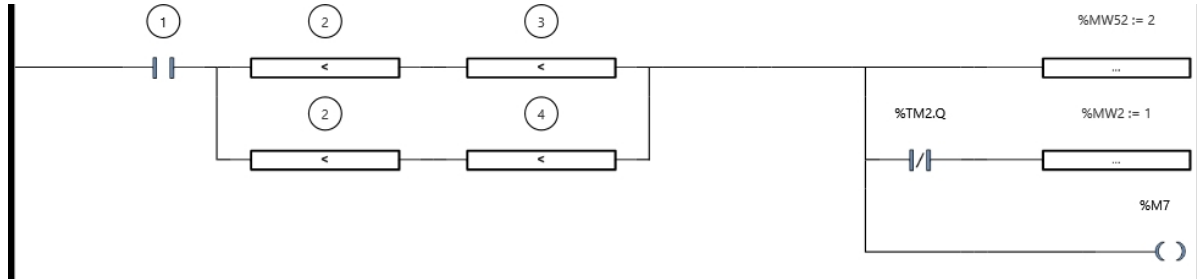
Leyenda:

1 %MW51:X0
 2 %RTC1.HOURS = %MW9
 3 %RTC1.MINUTES = %MW10
 4 %RTC1.MINUTES = %MW10 + 7

Variables utilizadas:

%M6 CICLO1
 %MW2 MARCHAVF
 %MW9 HORA_NOCHE
 %MW10 MINUTO_NOCHE
 %MW51:X0 MODO_NOCHE:X0
 %MW52 NÚMERO_RECETA
 %RTC1.HOURS
 %RTC1.MINUTES
 %TM2.Q

Rung16 - NOCHE_RECETA_2



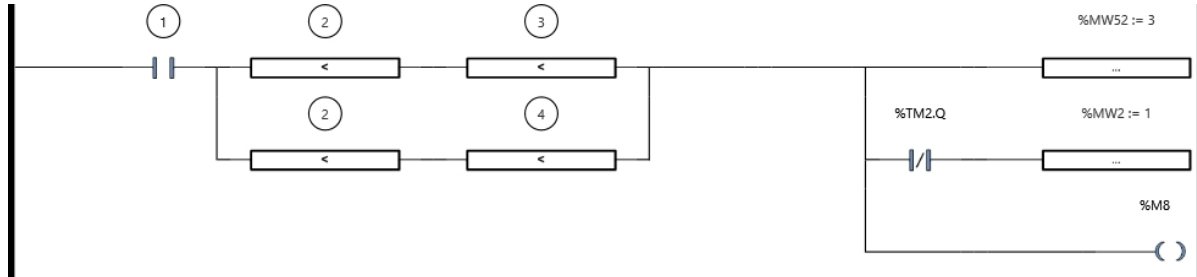
Leyenda:

- 1 %MW51:X0
- 2 %RTC1.HOURS = %MW9
- 3 %RTC1.MINUTES = %MW10 + 2
- 4 %RTC1.MINUTES = %MW10 + 9

Variables utilizadas:

%M7	CICLO2
%MW2	MARCHAVF
%MW9	HORA_NOCHE
%MW10	MINUTO_NOCHE
%MW51:X0	MODO_NOCHE:X0
%MW52	NÚMERO_RECETA
%RTC1.HOURS	
%RTC1.MINUTES	
%TM2.Q	

Rung17 - NOCHE_RECETA_3



Leyenda:

- 1 %MW51:X0
- 2 %RTC1.HOURS = %MW9
- 3 %RTC1.MINUTES = %MW10 + 4
- 4 %RTC1.MINUTES = %MW10 + 11

Variables utilizadas:

- %M8 CICLO3
- %MW2 MARCHAVF
- %MW9 HORA_NOCHE
- %MW10 MINUTO_NOCHE
- %MW51:X0 MODO_NOCHE:X0
- %MW52 NÚMERO_RECETA
- %RTC1.HOURS
- %RTC1.MINUTES
- %TM2.Q

Rung18 - CAMBIO_REGISTRO_RECETA



Leyenda:

- 1 %MW51:X0
- 2 %RTC1.MINUTES = %MW10 + 6

Variables utilizadas:

- %MW10 MINUTO_NOCHE
- %MW51:X0 MODO_NOCHE:X0
- %MW53 NÚMERO_REGISTRO_DE_RECETA
- %RTC1.MINUTES

Rung19 - RESET MODO MANUAL



Variables utilizadas:

%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%M22	COFIGURABLE_PULSOS
%M23	CONFIGURABLE_RAMPA
%M60	AUTOMÁTICO
%MW4	

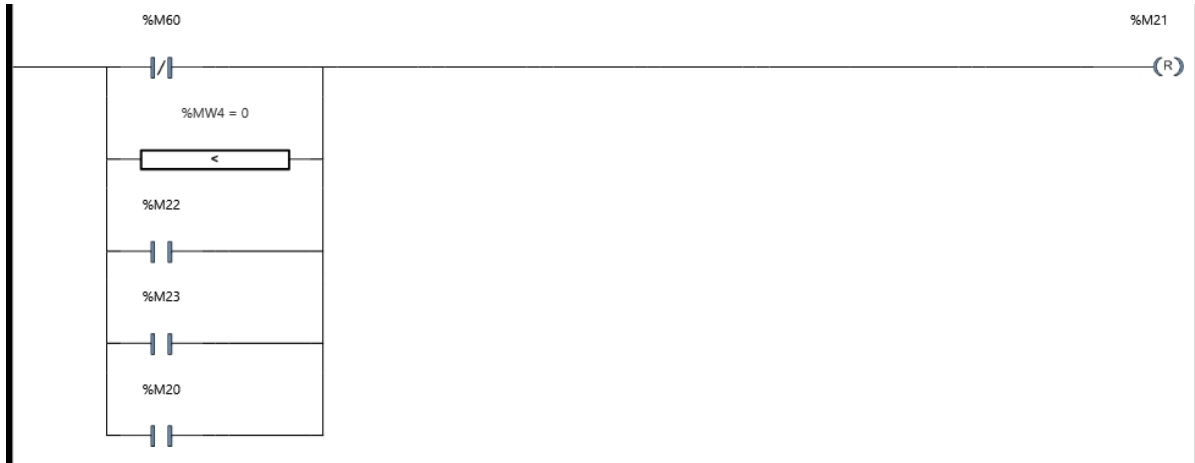
Rung20 - RESET MODO PULSOS



Variables utilizadas:

%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%M22	COFIGURABLE_PULSOS
%M23	CONFIGURABLE_RAMPA
%M60	AUTOMÁTICO
%MW4	

Rung21 - RESET MODO CONFIGURABLE



Variables utilizadas:

%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%M22	COFIGURABLE_PULSOS
%M23	CONFIGURABLE_RAMPA
%M60	AUTOMÁTICO
%MW4	

Rung22 - RESET MODO RAMPA



Variables utilizadas:

%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%M22	COFIGURABLE_PULSOS
%M23	CONFIGURABLE_RAMPA
%M60	AUTOMÁTICO
%MW4	

Rung23 - ACTIVAR VF



Leyenda:

1 %MW2 : X0

Variables utilizadas:

%MW2 : X0	MARCHAVF : X0
%MW31	ACTIVARVF

Rung24 - DESACTIVAR VF



Leyenda:

1 %MW2 : X0

Variables utilizadas:

%MW2 : X0	MARCHAVF : X0
%MW31	ACTIVARVF
%MW32	FRECUENCIAREF

Rung25 - FRECUENCIA_MODO_MANUAL



Leyenda:

1 %MW2 : X0

Variables utilizadas:

%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%M22	COFIGURABLE_PULSOS
%MW2 : X0	MARCHAVF : X0
%MW3	
%MW32	FRECUENCIAREF

Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULSOS



Leyenda:

1 %MW2 : X0

Variables utilizadas:

%I0.5	PULSOS_MANUALES
%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%M22	COFIGURABLE_PULSOS
%MW2 : X0	MARCHAVF : X0
%MW5	FREQ_MIN
%MW32	FRECUENCIAREF

Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULSOS



Leyenda:

1 %MW2 : X0

Variables utilizadas:

%I0.5	PULSOS_MANUALES
%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%M22	COFIGURABLE_PULSOS
%MW2 : X0	MARCHAVF : X0
%MW6	FREQ_MAX
%MW32	FRECUENCIAREF

Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS



Leyenda:

1 %MW2 : X0

Variables utilizadas:

%M20	%MW32
%M21	
%M22	
%M23	
%MW2 : X0	
%MW5	

M _RAMPA MARCHAVE:X0
A FREQ_MIN
N FRECUENCIAREF
U
A
L
C
O
N
F
I
G
U
R
A
B
L
E
C
O
F
I
G
U
R
A
B
L
E
-
P
U
L
S
O
S
C
O
N
F
I
G
U
R
A
B
L
E

Rung29 - MODO RAMPA: PENDIENTE



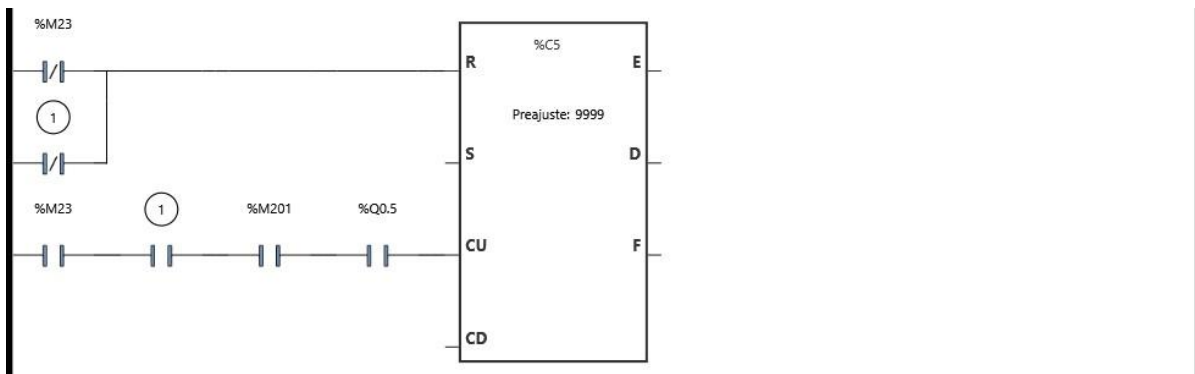
Leyenda:

- 1 %MW2:X0
- 2 %MW11 := ((%MW6 - %MW5) * 10) / %MW7

Variables utilizadas:

- %M23 CONFIGURABLE_RAMPA
- %MW2:X0 MARCHAVF:X0
- %MW11 PENDIENTE

Rung30 - MODO RAMPA: CONTADOR



Leyenda:

- 1 %MW2:X0

Variables utilizadas:

- %C5
- %M23 CONFIGURABLE_RAMPA
- %M201 TPGENERAL
- %MW2:X0 MARCHAVF:X0
- %Q0.5 EMPIEZA_ENSAYO

Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE



Legenda:

- 1 %MW2:X0
2 %MW32 := (%C5.V * %MW11) / 10 + %MW5

Variables utilizadas:

%M23	CONFIGURABLE_RAMPA
%MW2:X0	MARCHAVF:X0
%MW6	FREQ_MAX
%MW32	FRECUENCIAREF
%Q0.5	EMPIEZA_ENSAYO

Rung32 - MODO RAMPA: ENCLAVAMIENTO



Legenda:

- 1 %MW2:X0

Variables utilizadas:

%M23	CONFIGURABLE_RAMPA
%MW2:X0	MARCHAVF:X0
%MW6	FREQ_MAX
%MW32	FRECUENCIAREF

Rung33 - TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN



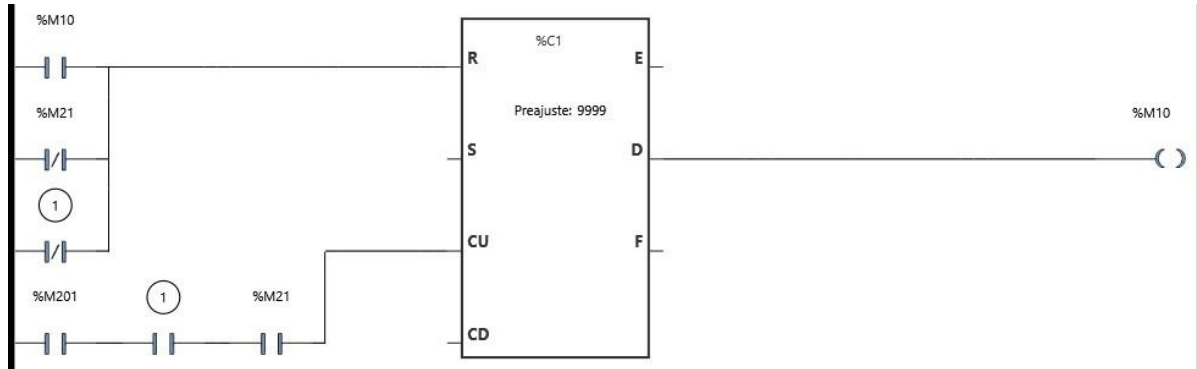
Legenda:

- 1 %C1.P := %MW7 * 2 + 1

Variables utilizadas:

%C1.P

Rung34 - CUENTA DEL TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN



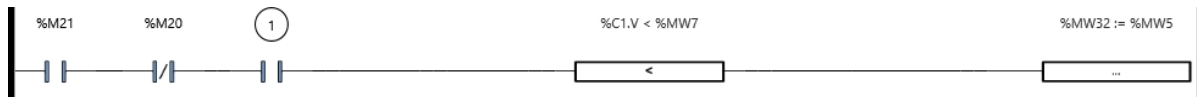
Legenda:

1 %MW2:X0

Variables utilizadas:

%C1	
%M10	CONTA2
%M21	CONFIGURABLE
%M201	TPGENERAL
%MW2:X0	MARCHAVF:X0

Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX



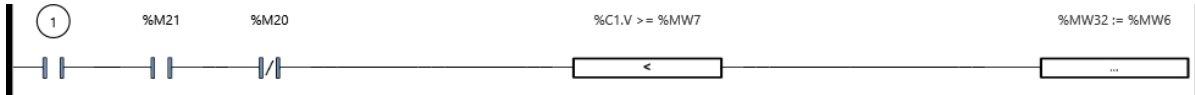
Legenda:

1 %MW2:X0

Variables utilizadas:

%C1.V	
%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%MW2:X0	MARCHAVF:X0
%MW5	FREQ_MIN
%MW7	TIEMPO_RAMPA
%MW32	FRECUENCIAREF

Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN



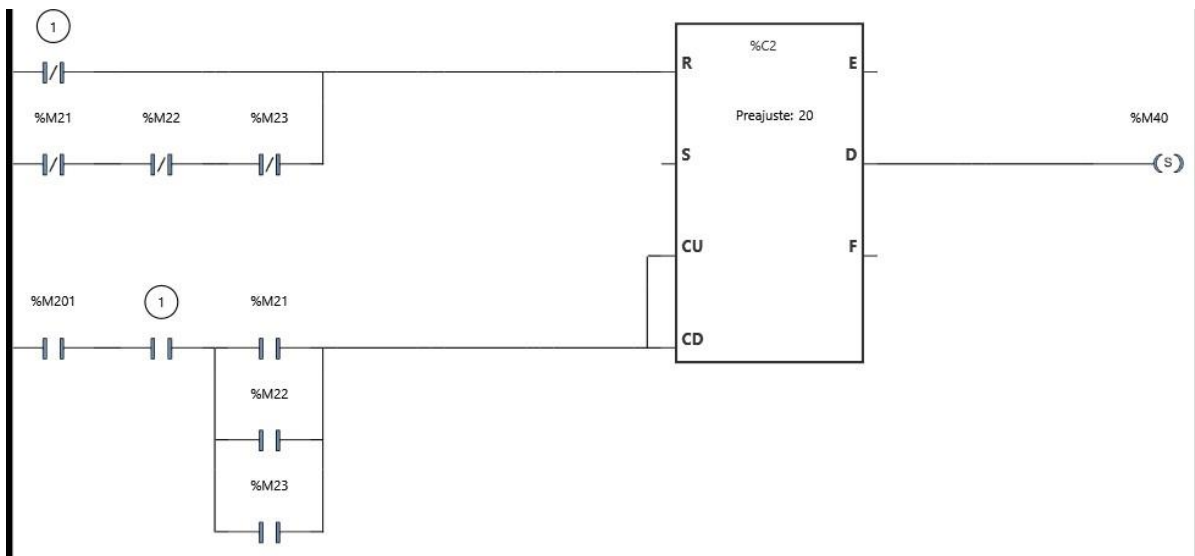
Leyenda:

1 %MW2:X0

Variables utilizadas:

%C1.V	
%M20	MANUAL
%M21	CONFIGURABLE
%MW2:X0	MARCHAVF:X0
%MW6	FREQ_MAX
%MW7	TIEMPO_RAMPA
%MW32	FRECUENCIAREF

Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO



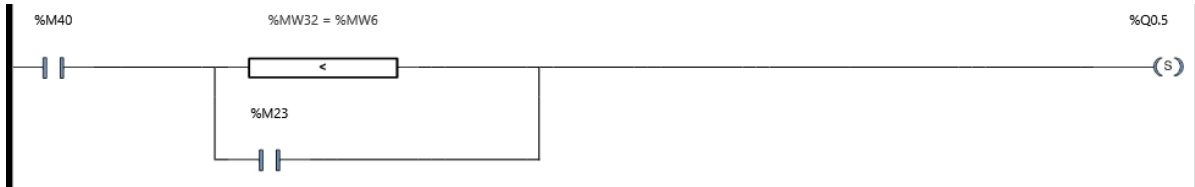
Leyenda:

1 %MW2:X0

Variables utilizadas:

%C2	
%M21	CONFIGURABLE
%M22	COFIGURABLE_PULSOS
%M23	CONFIGURABLE_RAMPA
%M40	EMPIEZAENSAYO
%M201	TPGENERAL
%MW2:X0	MARCHAVF:X0

Rung38 - EMPIEZA ENSAYO



Variables utilizadas:

%M23	CONFIGURABLE_RAMPA
%M40	EMPIEZAENSAYO
%MW6	FREQ_MAX
%MW32	FRECUENCIAREF
%Q0.5	EMPIEZA_ENSAYO

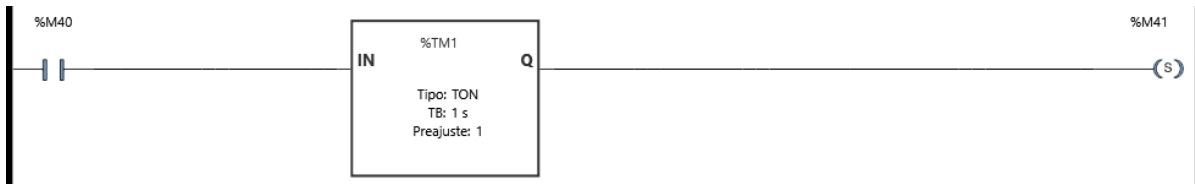
Rung39 - TIEMPO ENSAYO



Variables utilizadas:

%MW8	TIEMPO_ENSAYO
%TM1.P	

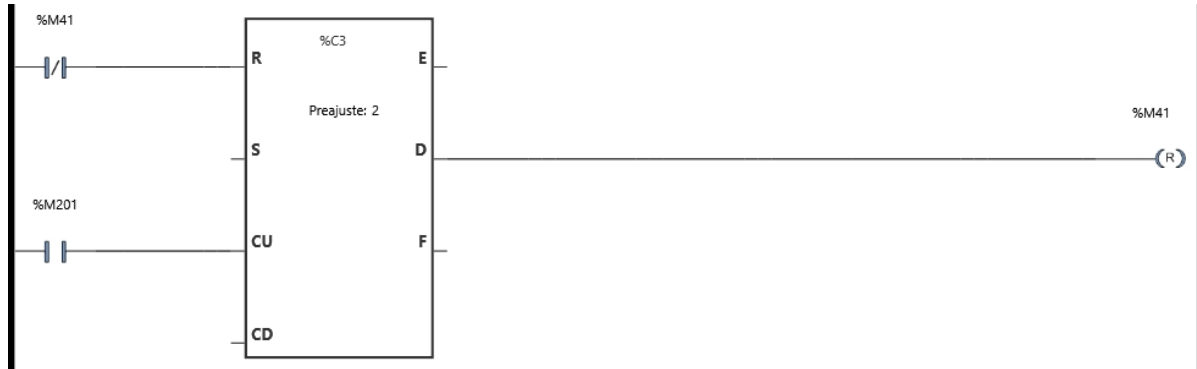
Rung40 - TEMPORIZADOR PARA FINALIZAR ENSAYO



Variables utilizadas:

%M40	EMPIEZAENSAYO
%M41	TERMINAENSAYO
%TM1	

Rung41 - RESETEO VARIABLE TERMINAENSAYO



Variables utilizadas:

%C3
 %M41 TERMINAENSAYO
 %M201 TPGENERAL

Rung42 - DESACTIVAR VARIADOR



Variables utilizadas:

%M41 TERMINAENSAYO
 %MW2 MARCHAVF

Rung43 - RESETEO VARIABLES DE COMIENZO DE ENSAYO



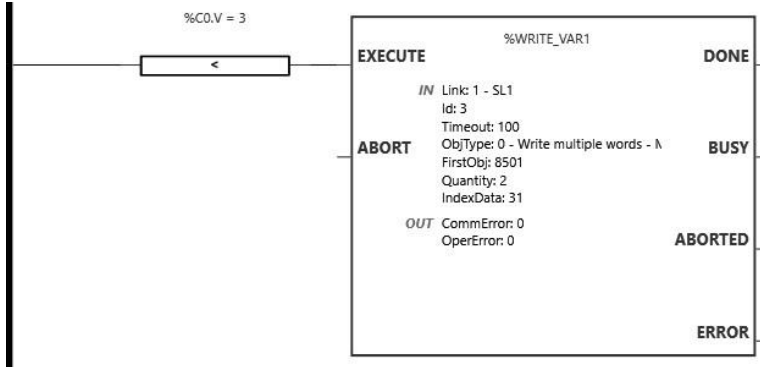
Leyenda:

1 %MW2 : X0

Variables utilizadas:

%M40 EMPIEZAENSAYO
 %MW2 : X0 MARCHAVF : X0
 %Q0.5 EMPIEZA_ENSAYO

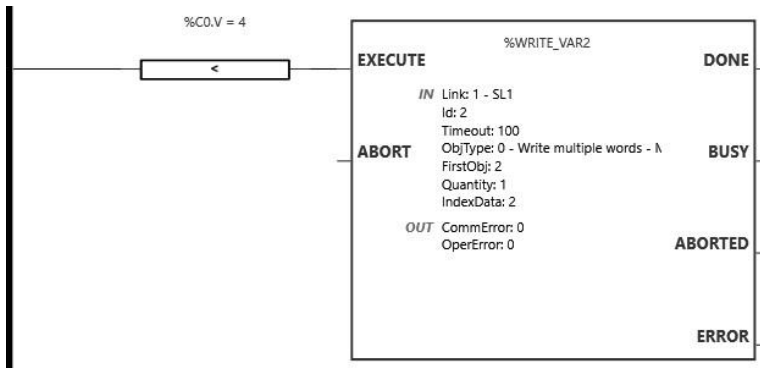
Rung44 - ESCRIBIR EN VARIADOR DE FRECUENCIA



Variables utilizadas:

%CO.V CONTADOR.V
%WRITE_VAR1 VF1

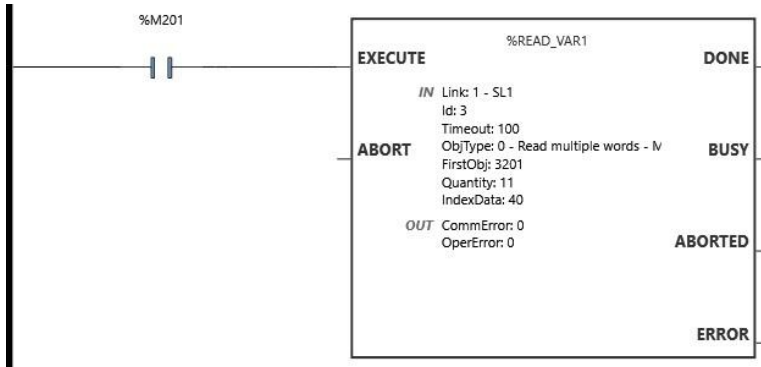
Rung45 - ESCRIBIR EN PANTALLA



Variables utilizadas:

%CO.V CONTADOR.V
%WRITE_VAR2 VF2

Rung46 - VISUALIZACIÓN MEMORIAS VF

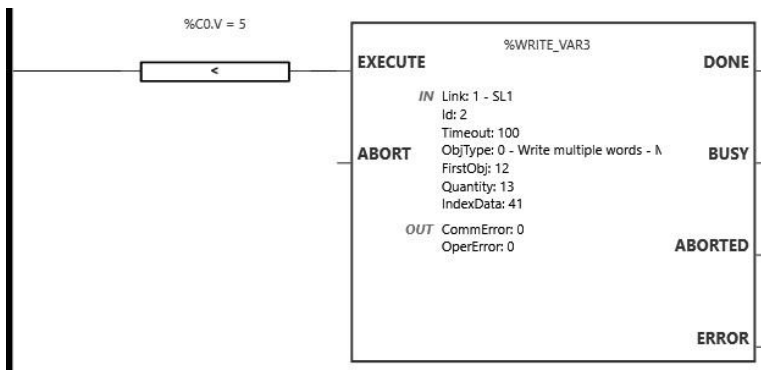


Variables utilizadas:

%M201 TPGENERAL

%READ_VAR1

Rung47 - ESCRIBIR VALORES VF EN PANTALLA



Variables utilizadas:

%C0.V CONTADOR.V

%WRITE_VAR3 VF3

SÍMBOLOS

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
X	%C0	CONTADOR	
X	%I0.0	PM	
X	%I0.1	PP	
X	%I0.2	PARO_NOCHE	
X	%I0.5	PULSOS_MANUALES	
X	%M4	CONTA1	
X	%M6	CICLO1	
X	%M7	CICLO2	
X	%M8	CICLO3	
X	%M10	CONTA2	
X	%M20	MANUAL	
X	%M21	CONFIGURABLE	
X	%M22	COFIGURABLE_PULSOS	
X	%M23	CONFIGURABLE_RAMPA	
X	%M40	EMPIEZAENSAYO	
X	%M41	TERMINAENSAYO	
X	%M60	AUTOMÁTICO	
X	%M200	TP	
X	%M201	TPGENERAL	
X	%MW1	ACTIVACIÓN	
X	%MW2	MARCHAVF	
X	%MW5	FREQ_MIN	
X	%MW6	FREQ_MAX	
X	%MW7	TIEMPO_RAMPA	
X	%MW8	TIEMPO_ENSAYO	
X	%MW9	HORA_NOCHE	
X	%MW10	MINUTO_NOCHE	
X	%MW11	PENDIENTE	
X	%MW31	ACTIVARVF	

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
X	%MW32	FRECUENCIAREF	
X	%MW40	ACTIVACIÓN_VF	
X	%MW41	FREQ_MOTOR	
X	%MW42	FREQ_VF_SALIDA	
X	%MW43	INTENSIDAD_MOTOR	
X	%MW44	PAR_MOTOR	
X	%MW46	TENSION_BUSCONTINUA	
X	%MW48	THD	
X	%MW50	POTENCIA_MOTOR	
X	%MW51	MODO_NOCHE	
X	%MW52	NÚMERO_RECETA	
X	%MW53	NÚMERO_REGISTRO_DE_RECETA	
X	%Q0.5	EMPIEZA_ENSAYO	
X	%WRITE_VAR1	VF1	
X	%WRITE_VAR2	VF2	
X	%WRITE_VAR3	VF3	

TABLA DE REFERENCIAS CRUZADAS

Dirección	Objeto	Rung	Código
%C0.....	1 - Programa	Rung5 - CONTADOR CICLICIDAD COMUNICACIONES	%C0
%C0.V.....	1 - Programa	Rung6 - LECTURA DE PANTALLA	--[<]-- %C0.V = 1
		Rung44 - ESCRIBIR EN VARIADOR DE FRECUENCIA	--[<]-- %C0.V = 3
		Rung45 - ESCRIBIR EN PANTALLA	--[<]-- %C0.V = 4
		Rung47 - ESCRIBIR VALORES VF EN PANTALLA	--[<]-- %C0.V = 5
%C1.....	1 - Programa	Rung34 - CUENTA DEL TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN	%C1
%C1.P.....	1 - Programa	Rung33 - TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN	--[...]-- %C1.P := %MW7 * 2 + 1
%C1.V.....	1 - Programa	Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX	--[<]-- %C1.V < %MW7
		Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN	--[<]-- %C1.V >= %MW7
%C2.....	1 - Programa	Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO	%C2
%C3.....	1 - Programa	Rung41 - RESETEO VARIABLE TERMINAENSAYO	%C3
%C5.....	1 - Programa	Rung30 - MODO RAMPA: CONTADOR	%C5
%C5.V.....	1 - Programa	Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[...]-- %MW32 := (%C5.V * % MW11) / 10 + %MW5
%I0.0.....	1 - Programa	Rung0 - PUESTA EN MARCHA DE LA COMUNICACIÓN	-- --
		Rung1 - PARO DE LA COMUNICACIÓN	-- / --
%I0.1.....	1 - Programa	Rung1 - PARO DE LA COMUNICACIÓN	-- --
%I0.2.....	1 - Programa	Rung13 - RESET MODO NOCHE	-- --
%I0.5.....	1 - Programa	Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULS OS	-- --
		Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULS OS	-- / --
%M4.....	1 - Programa	Rung5 - CONTADOR CICLICIDAD COMUNICACIONES	--()-- -- --

Dirección	Objeto	Rung	Código
%M6.....	1 - Programa	Rung14 - REALIMENTACIÓN MODO NOCHE	-- --
		Rung15 - NOCHE_RECETA_1	-- () --
%M7.....	1 - Programa	Rung14 - REALIMENTACIÓN MODO NOCHE	-- --
		Rung16 - NOCHE_RECETA_2	-- () --
%M8.....	1 - Programa	Rung14 - REALIMENTACIÓN MODO NOCHE	-- --
		Rung17 - NOCHE_RECETA_3	-- () --
%M10.....	1 - Programa	Rung34 - CUENTA DEL TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN	-- --
			-- () --
%M20.....	1 - Programa	Rung8 - MODO MANUAL ACTIVACIÓN	--(S)--
		Rung12 - MODO NOCHE	-- / --
		Rung19 - RESET MODO MANUAL	--(R)--
		Rung20 - RESET MODO PULSOS	-- --
		Rung21 - RESET MODO CONFIGURABLE	-- --
		Rung22 - RESET MODO RAMPA	-- --
		Rung25 - FRECUENCIA_MODO_MANUAL	-- --
		Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULS OS	-- / --
		Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULS OS	-- / --
		Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS	-- / --
		Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX	-- / --
		Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN	-- / --
%M21.....	1 - Programa	Rung9 - MODO CONFIGURABLE ACTIVACIÓN	--(S)--
		Rung12 - MODO NOCHE	-- / --
		Rung19 - RESET MODO MANUAL	-- --
		Rung20 - RESET MODO PULSOS	-- --
		Rung21 - RESET MODO CONFIGURABLE	--(R)--
		Rung22 - RESET MODO RAMPA	-- --

Dirección	Objeto	Rung	Código
%M22.....	1 - Programa	Rung25 - FRECUENCIA_MODO_MANUAL	-- / --
		Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULS OS	-- / --
		Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULS OS	-- / --
		Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS	-- / --
		Rung34 - CUENTA DEL TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN	-- --
			-- / --
		Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX	-- --
		Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN	-- --
		Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO	-- --
			-- / --
		Rung10 - MODO CONFIGURACIÓN PULSOS	--(S)--
		Rung12 - MODO NOCHE	-- / --
		Rung19 - RESET MODO MANUAL	-- --
		Rung20 - RESET MODO PULSOS	--(R)--
Rung21 - RESET MODO CONFIGURABLE	-- --		
Rung22 - RESET MODO RAMPA	-- --		
Rung25 - FRECUENCIA_MODO_MANUAL	-- / --		
Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULS OS	-- --		
Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULS OS	-- --		
Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS	-- / --		
Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO	-- --		
	-- / --		
%M23.....	1 - Programa	Rung11 - MODO CONFIGURACIÓN RAMPA	--(S)--
		Rung12 - MODO NOCHE	-- / --

Dirección	Objeto	Rung	Código
%M40.....	1 - Programa	Rung19 - RESET MODO MANUAL	-- --
		Rung20 - RESET MODO PULSOS	-- --
		Rung21 - RESET MODO CONFIGURABLE	-- --
		Rung22 - RESET MODO RAMPA	--(R)--
		Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS	-- --
		Rung29 - MODO RAMPA: PENDIENTE	-- --
		Rung30 - MODO RAMPA: CONTADOR	-- --
			-- / --
		Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	-- --
		Rung32 - MODO RAMPA: ENCLAVAMIENTO	-- --
%M41.....	1 - Programa	Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO	-- --
			-- / --
		Rung38 - EMPIEZA ENSAYO	-- --
		Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO	--(S)--
%M60.....	1 - Programa	Rung38 - EMPIEZA ENSAYO	-- --
		Rung40 - TEMPORIZADOR PARA FINALIZAR ENSAYO	-- --
		Rung43 - RESETEO VARIABLES DE COMIENZO DE ENSAYO	--(R)--
		Rung40 - TEMPORIZADOR PARA FINALIZAR ENSAYO	--(S)--
%M60.....	1 - Programa	Rung41 - RESETEO VARIABLE TERMINAENSAYO	-- / --
			--(R)--
		Rung42 - DESACTIVAR VARIADOR	-- --
		Rung0 - PUESTA EN MARCHA DE LA COMUNICACIÓN	--(S)--
		Rung1 - PARO DE LA COMUNICACIÓN	--(R)--
		Rung2 - ILUMINACIÓN COMUNICANDO	-- --
		Rung4 - TREN DE PULSOS	-- --

Dirección	Objeto	Rung	Código
%M200.....	1 - Programa	Rung5 - CONTADOR CICLICIDAD COMUNICACIONES Rung19 - RESET MODO MANUAL Rung20 - RESET MODO PULSOS Rung21 - RESET MODO CONFIGURABLE Rung22 - RESET MODO RAMPA Rung4 - TREN DE PULSOS	-- / -- --()-- -- / --
%M201.....	1 - Programa	Rung5 - CONTADOR CICLICIDAD COMUNICACIONES Rung3 - TREN DE PULSOS GENERAL Rung7 - HORARIO Rung30 - MODO RAMPA: CONTADOR Rung34 - CUENTA DEL TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO Rung41 - RESETEO VARIABLE TERMINAENSAYO Rung46 - VISUALIZACIÓN MEMORIAS VF	-- -- --()-- -- / -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- -- --
%MW1.....	%READ_VAR0		{IndexData, Quantity}
%MW2.....	1 - Programa	Rung15 - NOCHE_RECETA_1 Rung16 - NOCHE_RECETA_2 Rung17 - NOCHE_RECETA_3 Rung23 - ACTIVAR VF Rung24 - DESACTIVAR VF Rung25 - FRECUENCIA_MODO_MANUAL Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULS OS Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULS OS	--[...]-- %MW2 := 1 --[...]-- %MW2 := 1 --[...]-- %MW2 := 1 -- -- %MW2:X0 -- / -- %MW2:X0 -- -- %MW2:X0 -- -- %MW2:X0 -- -- %MW2:X0

Dirección	Objeto	Rung	Código
		Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS	-- -- %MW2:X0
		Rung29 - MODO RAMPA: PENDIENTE	-- -- %MW2:X0
		Rung30 - MODO RAMPA: CONTADOR	-- -- %MW2:X0
			-- / -- %MW2:X0
		Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	-- -- %MW2:X0
		Rung32 - MODO RAMPA: ENCLAVAMIENTO	-- -- %MW2:X0
		Rung34 - CUENTA DEL TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN	-- -- %MW2:X0
			-- / -- %MW2:X0
		Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX	-- -- %MW2:X0
		Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN	-- -- %MW2:X0
		Rung37 - TIEMPO DE ESPERA PARA EMPEZAR EL ENSAYO	-- -- %MW2:X0
			-- / -- %MW2:X0
		Rung42 - DESACTIVAR VARIADOR	--[...]-- %MW2 := 0
		Rung43 - RESETEO VARIABLES DE COMIENZO DE ENSAYO	-- / -- %MW2:X0
	%READ_VAR0		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR2		{IndexData, Quantity}
%MW3.....	1 - Programa	Rung25 - FRECUENCIA_MODO_MANUAL	--[...]-- %MW32 := %MW3
	%READ_VAR0		{IndexData, Quantity}
%MW4.....	1 - Programa	Rung8 - MODO MANUAL ACTIVACIÓN	-- -- %MW4:X0
		Rung9 - MODO CONFIGURABLE ACTIVACIÓN	-- -- %MW4:X1
		Rung10 - MODO CONFIGURACIÓN PULSOS	-- -- %MW4:X2
		Rung11 - MODO CONFIGURACIÓN RAMPA	-- -- %MW4:X4
		Rung12 - MODO NOCHE	-- -- %MW4:X5
		Rung13 - RESET MODO NOCHE	-- / -- %MW4:X5
		Rung19 - RESET MODO MANUAL	--[<]-- %MW4 = 0
		Rung20 - RESET MODO PULSOS	--[<]-- %MW4 = 0

Dirección	Objeto	Rung	Código
%MW5.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung21 - RESET MODO CONFIGURABLE	--[<]-- %MW4 = 0
		Rung22 - RESET MODO RAMPA	--[<]-- %MW4 = 0
%MW6.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULSOS	{IndexData, Quantity}
		Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS	--[...]- %MW32 := %MW5
%MW7.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung29 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[...]- %MW32 := %MW5
		Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[...]- %MW11 := ((%MW6 - %MW5) * 10) / %MW7
%MW8.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX	--[...]- %MW32 := (%C5.V * %MW11) / 10 + %MW5
		Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULSOS	--[...]- %MW32 := %MW5
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung29 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[...]- %MW32 := %MW6
		Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[...]- %MW11 := ((%MW6 - %MW5) * 10) / %MW7
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung32 - MODO RAMPA: ENCLAVAMIENTO	--[<]-- %MW32 < %MW6
		Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN	--[<]-- %MW32 > %MW6
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung38 - EMPIEZA ENSAYO	--[...]- %MW32 := %MW6
		Rung29 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[...]- %MW32 := %MW6
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung33 - TIEMPO ENTRE CICLOS MODO ESCALÓN	--[<]-- %MW32 = %MW6
		Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX	{IndexData, Quantity}
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN	--[...]- %MW11 := ((%MW6 - %MW5) * 10) / %MW7
		Rung39 - TIEMPO ENSAYO	--[...]- %C1.P := %MW7 * 2 + 1
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung12 - MODO NOCHE	--[<]-- %C1.V < %MW7
		Rung13 - RESET MODO NOCHE	--[<]-- %C1.V >= %MW7
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung12 - MODO NOCHE	{IndexData, Quantity}
		Rung13 - RESET MODO NOCHE	--[...]- %TM1.P := %MW8
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung12 - MODO NOCHE	--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9
		Rung13 - RESET MODO NOCHE	--[<]-- %RTC1.HOURS >= %MW9 + 1
%MW9.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung12 - MODO NOCHE	--[<]-- %RTC1.HOURS <= %MW9 - 1
		Rung13 - RESET MODO NOCHE	

Dirección	Objeto	Rung	Código		
%MW10.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung15 - NOCHE_RECETA_1	--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9		
			--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9		
		Rung16 - NOCHE_RECETA_2	--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9		
			--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9		
		Rung17 - NOCHE_RECETA_3	--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9		
			--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9		
			{IndexData, Quantity}		
		Rung13 - RESET MODO NOCHE	--[<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 12		
		Rung15 - NOCHE_RECETA_1	--[<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10		
			--[<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 7		
%MW11.....	%READ_VAR0 1 - Programa	Rung16 - NOCHE_RECETA_2	--[<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 2		
			--[<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 9		
		Rung17 - NOCHE_RECETA_3	--[<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 4		
			--[<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 11		
		Rung18 - CAMBIO_REGISTRO_RECETA	--[<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 6		
			{IndexData, Quantity}		
		Rung29 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[...]-- %MW11 := ((%MW6 - % MW5) * 10) / %MW7		
		Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[...]-- %MW32 := (%C5.V * % MW11) / 10 + %MW5		
		%MW31.....	1 - Programa	Rung23 - ACTIVAR VF	--[...]-- %MW31 := 15
				Rung24 - DESACTIVAR VF	--[...]-- %MW31 := 6
%MW32.....	%WRITE_VAR1 1 - Programa		{IndexData, Quantity}		
		Rung24 - DESACTIVAR VF	--[...]-- %MW32 := 0		
		Rung25 - FRECUENCIA_MODO_MANUAL	--[...]-- %MW32 := %MW3		
		Rung26 - FRECUENCIAMIN_MODO_PULS OS	--[...]-- %MW32 := %MW5		
		Rung27 - FRECUENCIAMAX_MODO_PULS OS	--[...]-- %MW32 := %MW6		
		Rung28 - MODO RAMPA: PULSOS MÍNIMOS	--[...]-- %MW32 := %MW5		
		Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	--[<]-- %MW32 < %MW6		
			--[...]-- %MW32 := (%C5.V * % MW11) / 10 + %MW5		

Dirección	Objeto	Rung	Código
		Rung32 - MODO RAMPA: ENCLAVAMIENTO	-- [<]-- %MW32 > %MW6 -- [...]-- %MW32 := %MW6
		Rung35 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MAX	-- [...]-- %MW32 := %MW5
		Rung36 - CONFIGURACIÓN ESCALON FREQ_MIN	-- [...]-- %MW32 := %MW6
		Rung38 - EMPIEZA ENSAYO	-- [<]-- %MW32 = %MW6
	%WRITE_VAR1		{IndexData, Quantity}
%MW40.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
%MW41.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW42.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW43.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW44.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW45.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW46.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW47.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW48.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW49.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW50.....	%READ_VAR1		{IndexData, Quantity}
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW51.....	1 - Programa	Rung12 - MODO NOCHE	-- (S)-- %MW51:X0
		Rung13 - RESET MODO NOCHE	-- (R)-- %MW51:X0
		Rung14 - REALIMENTACIÓN MODO NOCHE	-- -- %MW51:X0

Dirección	Objeto	Rung	Código
		Rung15 - NOCHE_RECETA_1	-- -- %MW51:X0
		Rung16 - NOCHE_RECETA_2	-- -- %MW51:X0
		Rung17 - NOCHE_RECETA_3	-- -- %MW51:X0
		Rung18 - CAMBIO_REGISTRO_RECETA	-- -- %MW51:X0
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW52.....	1 - Programa	Rung15 - NOCHE_RECETA_1	--[...]-- %MW52 := 1
		Rung16 - NOCHE_RECETA_2	--[...]-- %MW52 := 2
		Rung17 - NOCHE_RECETA_3	--[...]-- %MW52 := 3
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%MW53.....	1 - Programa	Rung12 - MODO NOCHE	--[...]-- %MW53 := 1
		Rung18 - CAMBIO_REGISTRO_RECETA	--[...]-- %MW53 := 2
	%WRITE_VAR3		{IndexData, Quantity}
%Q0.0.....	1 - Programa	Rung2 - ILUMINACIÓN COMUNICANDO	-- ()--
%Q0.5.....	1 - Programa	Rung30 - MODO RAMPA: CONTADOR	-- --
		Rung31 - MODO RAMPA: PENDIENTE	-- --
		Rung38 - EMPIEZA ENSAYO	--(S)--
		Rung43 - RESETEO VARIABLES DE COMIENZO DE ENSAYO	--(R)--
%READ_VAR0.	1 - Programa	Rung6 - LECTURA DE PANTALLA	%READ_VAR0
%READ_VAR1.	1 - Programa	Rung46 - VISUALIZACIÓN MEMORIAS VF	%READ_VAR1
%RTC1.....	1 - Programa	Rung7 - HORARIO	%RTC1
%RTC1.HOURS	1 - Programa	Rung12 - MODO NOCHE	--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9
		Rung13 - RESET MODO NOCHE	--[<]-- %RTC1.HOURS >= %MW9 + 1
			--[<]-- %RTC1.HOURS <= %MW9 - 1
		Rung15 - NOCHE_RECETA_1	--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9
			--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9
		Rung16 - NOCHE_RECETA_2	--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9
			--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9
		Rung17 - NOCHE_RECETA_3	--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9
			--[<]-- %RTC1.HOURS = %MW9

Dirección	Objeto	Rung	Código
% RTC1.MINUTES	1 - Programa	Rung13 - RESET MODO NOCHE Rung15 - NOCHE_RECETA_1 Rung16 - NOCHE_RECETA_2 Rung17 - NOCHE_RECETA_3 Rung18 - CAMBIO_REGISTRO_RECETA	-- [<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 12 -- [<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 -- [<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 7 -- [<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 2 -- [<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 9 -- [<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 4 -- [<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 11 -- [<]-- %RTC1.MINUTES = %MW10 + 6
%TM0.....	1 - Programa	Rung3 - TREN DE PULSOS GENERAL	%TM0
%TM1.....	1 - Programa	Rung40 - TEMPORIZADOR PARA FINALIZAR ENSAYO	%TM1
%TM1.P.....	1 - Programa	Rung39 - TIEMPO ENSAYO	-- [...]-- %TM1.P := %MW8
%TM2.....	1 - Programa	Rung14 - REALIMENTACIÓN MODO NOCHE	%TM2
%TM2.Q.....	1 - Programa	Rung15 - NOCHE_RECETA_1 Rung16 - NOCHE_RECETA_2 Rung17 - NOCHE_RECETA_3	-- / -- -- / -- -- / --
%TM3.....	1 - Programa	Rung4 - TREN DE PULSOS	%TM3
%WRITE_VAR1	1 - Programa	Rung44 - ESCRIBIR EN VARIADOR DE FRECUENCIA	%WRITE_VAR1
%WRITE_VAR2	1 - Programa	Rung45 - ESCRIBIR EN PANTALLA	%WRITE_VAR2
%WRITE_VAR3	1 - Programa	Rung47 - ESCRIBIR VALORES VF EN PANTALLA	%WRITE_VAR3



TABLA DE ANIMACIÓN

Tabla de animación_0

Utilizado	Seguimiento	Dirección	Símbolo	Comentario
-----------	-------------	-----------	---------	------------

X

%MW47

X

%MW48

X %C1.F

X %C1.E

X  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA %C1.D
X  anys %C1.V



X %MW45

X %MW46 TENSION_BUSCON

TINUA

THD

Utilizado	Seguimiento	Dirección	Símbolo	Comentario
X		%MW49		
X		%MW50	POTENCIA_MOTOR	
X		%MW51	MODO_NOCHE	
X		%MW52	NÚMERO_RECETA	
X		%MW53	NÚMERO_REGISTRO_DE_RECETA	

Tabla de animación_1

Utilizado	Seguimiento	Dirección	Símbolo	Comentario
X		%MW1:X0	ACTIVACIÓN:X0	
X		%MW1:X1	ACTIVACIÓN:X1	
X		%MW1:X2	ACTIVACIÓN:X2	
X		%MW1:X3	ACTIVACIÓN:X3	
X		%MW1:X4	ACTIVACIÓN:X4	

TRABAJO FIN DE GRADO

ANEXO III. PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO



AUTOR: Jonathan Frimpong Martín

TUTORES: Ángel Sapena / Ruben Puche

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica



05/09/2019

ÍNDICE:

1. Paneles y funciones del panel	3
Paneles base\Selección	3
Paneles base\Automático	3
Paneles base\Manual	4
Paneles base\Ensayo escalón	4
Paneles base\Configura ensayo	4
Paneles base\Visualización_medidas_motor	5
Paneles base\Ensayo_pulsos	5
Paneles principales\Panelprincipal1	6
2. Acciones	7
3. Variables.	9



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Paneles base\Ensayo_rampa



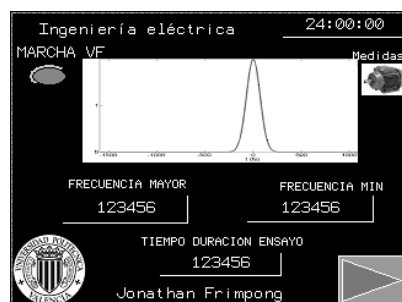
Ensayo_rampa: Acciones del panel

Paneles base\Visualización_medidas_motor



Visualización_medidas_motor: Acciones del panel

Paneles base\Ensayo_pulsos



Ensayo pulso: Acciones del panel

Paneles base\Noche



Noche: Acciones del panel

Paneles principales\Panelprincipal1



Panelprincipal1: Acciones del panel

2. Acciones

1 Periódica - Repetir cada 1 seg.

Enclavamiento: MODO_NOCHE_ACTIVADO

Set palabra [_RecipeControlDefault.RecipeGroupNumber] =

[NUMERO_REGISTRO] Set palabra [_RecipeControlDefault.RecipeNumber] =

[NUMERO_RECETA]

Set palabra [_RecipeControlDefault.Operation] = [1]



3. Variables.

Name	Type	Source	Initial Value/Address	Description
_AirPlus.Connections	DINT	Interno		Indica el estado de las conexiones de Vijeo Design'Air Plus
_AirPlus.DisableConnections	BOOL	Interno		Determina si las Conexiones de Vijeo Design'Air Plus se permiten o no
_BackLight.Control	DINT	Interno		Controla el tiempo de suspensión de la retroiluminación
_BackLight.Status	DINT	Interno		Indica el estado de la luz de fondo
_Brightness	DINT	Interno		Indica el brillo
_Contrast	DINT	Interno		Indica el contraste
_CurPanelID	DINT	Interno		Indica el ID del panel actualmente abierto. Asigne un ID de panel al panel abierto
_Day	DINT	Interno		Indica el día en formato BIN (1 - 31)
_DayoftheWeek	DINT	Interno		Indica el día de la semana como 1=domingo, ... 7=sábado
_DIOPort.DOut0	BOOL	Interno		Indica un puerto de salida DIO
_Ensayos_escalon.FREQ_MAX	INT	Interno	0	
_Ensayos_escalon.FREQ_MIN	INT	Interno	0	
_Ensayos_escalon.Modos_confi_pulsos	BOOL	Interno	Off	
_Ensayos_escalon.Modos_confi_rampa	BOOL	Interno	Off	
_Ensayos_escalon.Modos_configurable	BOOL	Interno	Off	
_Ensayos_escalon.Modos_manual	BOOL	Interno	Off	
_Ensayos_escalon.TIEMPO_ENSAYO	INT	Interno	0	
_Ensayos_escalon.TIEMPO_RAMPA	INT	Interno	0	
_Ensayos_rampa.FREQ_MAX	INT	Interno	0	
_Ensayos_rampa.FREQ_MIN	INT	Interno	0	
_Ensayos_rampa.Modos_confi_pulsos	BOOL	Interno	Off	
_Ensayos_rampa.Modos_confi_rampa	BOOL	Interno	Off	
_Ensayos_rampa.Modos_configurable	BOOL	Interno	Off	
_Ensayos_rampa.Modos_manual	BOOL	Interno	Off	
_Ensayos_rampa.TIEMPO_ENSAYO	INT	Interno	0	
_Ensayos_rampa.TIEMPO_RAMPA	INT	Interno	0	
_FileTransferStatus	DINT	Interno		Indica el estado de la transferencia del archivo
_Hour	DINT	Interno		Indica la hora en formato BIN (0 - 23)
_InputStatus	DINT	Interno		Indica el estado de ingreso
_LastErrorString	STRING	Interno		Guarda la descripción del último error en la aplicación de usuario
_Maintenance	DINT	Interno		Indica el actual estado del modo de mantenimiento
_Minutes	DINT	Interno		Indica los minutos en formato BIN (0 - 59)
_Month	DINT	Interno		Indica el mes en formato BIN (1 - 12)
_RecipeControlDefault.AccessRight	DINT	Interno	0	Usado para indicar el actual nivel de acceso por razones de seguridad.
_RecipeControlDefault.Error	DINT	Interno	0	Indica cualquier error que podría ocurrir durante la última operación.
_RecipeControlDefault.Operation	DINT	Interno	0	Use la acción del disparador en el grupo de receta especificado y en la receta.
_RecipeControlDefault.OperationsLock	DINT	Interno	0	Usado para deshabilitar operaciones específicas en runtime.
_RecipeControlDefault.RecipeGroupNumber	DINT	Interno	0	Especifica el grupo de receta con la que se desea trabajar.

_RecipeControlDefault.RecipeLabel	STRING	Interno		Especifique la etiqueta de la receta que desea emplear.
_RecipeControlDefault.RecipeNumber	DINT	Interno	0	Especifica la receta que se desea usar.
_RecipeControlDefault.Status	DINT	Interno	0	Indica el actual estado de un grupo de recetas.
_RemoteViewer.Connections	DINT	Interno		Indica el estado de las conexiones de Vijeo Design'Air
_RemoteViewer.DisableConnections	BOOL	Interno		Determina si las Conexiones de Vijeo Design'Air se permiten o no
_Seconds	DINT	Interno		Indica los segundos en formato BIN (0 - 59)
_SystemLanguage	DINT	Interno		Indica el idioma del sistema
_TimeZoneOffset	DINT	Interno		Indica HusoHorario en formato BIN (de -720 a +780)
_TouchField	DINT	Interno		Indica el ID del campo
UserApplicationLanguage	DINT	Interno		Indica el idioma de aplicación de usuario
_UserLevel	DINT	Interno		Indica el nivel actual de seguridad del usuario que está actualmente conectado.
_UserName	STRING	Interno		Indica el nombre del usuario que está actualmente conectado.
_Year2	DINT	Interno		Indica 2 dígitos del año en formato BIN
_Year4	DINT	Interno		Indica 4 dígitos del año en formato BIN
ActivarVariador	INT	Externo	%MW2	
ActivoVF	BOOL	Externo	%MW2:X0	
ActivoVF2	BOOL	Externo	%MW2:X0	
BUS_CONTINUA	INT	Externo	%MW17	
FREQ_MAX	INT	Externo	%MW6	
FREQ_MIN	INT	Externo	%MW5	
FREQ_MOTOR	INT	Externo	%MW12	
FREQ_VF_SALIDA	INT	Externo	%MW13	
FREQVF	INT	Externo	%MW3	
HORA_NOCHE	INT	Externo	%MW9	
INTENSIDAD_MOTOR	INT	Externo	%MW14	
Interruptor	INT	Externo	%MW1	
Marcha	BOOL	Externo	%MW1:X0	
MINUTO_NOCHE	INT	Externo	%MW10	
Modo_confi_pulsos	BOOL	Externo	%MW4:X2	
Modo_confi_rampa	BOOL	Externo	%MW4:X4	
Modo_configurable	BOOL	Externo	%MW4:X1	
Modo_manual	BOOL	Externo	%MW4:X0	
MODO_NOCHE	INT	Externo	%MW22	
MODO_NOCHE_ACTIVADO	BOOL	Externo	%MW22:X0	
Modo_recetas	BOOL	Externo	%MW4:X3	
MODOS	INT	Externo	%MW4	
NUMERO_RECETA	INT	Externo	%MW23	
NUMERO_REGISTRO	INT	Externo	%MW24	
PAR_MOTOR	INT	Externo	%MW15	
POTENCIA_MOTOR	INT	Externo	%MW21	
Preparado_noche	BOOL	Externo	%MW4:X5	
THD	INT	Externo	%MW19	
TIEMPO_ENSAYO	INT	Externo	%MW8	
TIEMPO_RAMPA	INT	Externo	%MW7	
Z2	INT	Externo	%MW16	
Z3	INT	Externo	%MW18	
Z4	INT	Externo	%MW20	