

Universidad Nacional de Santiago del Estero

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías

Examen Final

Automatización Industrial 2



Profesor:

Ing. Luis Salto

Ing. Nicolás Mercado

Alumno: Bertero, Matías Exequiel.

Vizcarra Savino, Eduardo.

Introducción

En este proyecto se presenta como una continuación de lo presentado en la asignatura Automatización Industrial 1, un sistema automático de botellas de agua. En dicho informe se hicieron propuestas para mejorar el sistema, agregando sensores analógicos, agregar una interfaz gráfica (HMI), y comunicación.

Se decidió mantener el sistema antes utilizado, pero se cambió de PLC por uno que disponía de puerto ethernet. Se dispuso de una ampliación de proyecto, en el cual, además de llenar y tapar las botellas, se adhirió una sección para lavarlas. Esta nueva sección cuenta, con un tablero aparte con otro PLC, por lo tanto, ambas secciones deben ser comunicadas entre sí para coordinar las tareas. Se implementaron variadores de frecuencia para poder cambiar las velocidades de las cintas en función de las necesidades del sistema.

El proyecto, si bien es cierto está enfocado al embotellado de agua, se puede extrapolar a cualquier otro líquido que requiera ser embotellado.

Objetivos

El objetivo del presente proyecto es automatizar una línea de envasado que permita el llenado y tapado automático de envases.

Se disponen de envases vacíos en la línea de la zona de carga y se suministran llenos y tapados en la zona de descarga.

La automatización de la línea de llenado controla el transporte de los envases desde la zona de carga hasta la zona de descarga pasando por la zona intermedia de llenado.

Esta línea debe permitir aumentar la producción, mejorar la precisión del llenado optimizando el tiempo requerido para ello y la cantidad de producto utilizado.

Se pretende mejorar la seguridad del operario minimizando el riesgo de contacto directo con el producto al alejarlo del mecanismo de llenado.

Gracias a la automatización se podrá reducir el número de empleados necesarios para realizar esta actividad además de mejorar la producción notablemente comparándola con la producción manual.

Métodos de llenado

Al existir multitud de fluidos distintos cada uno con sus respectivas características se hace difícil encontrar un único método de llenado válido, pero existen ciertas generalidades aplicables a la mayoría de los fluidos.

Se puede llenar un envase de tres métodos diferentes:

- Introduciendo el elemento llenador dentro del envase, al que se denomina caña, unos pocos centímetros dentro del envase y llenar desde arriba.
- Introducir la caña hasta el fondo del envase y llenar desde abajo.
- Introducir la caña hasta el fondo del envase e ir subiendo a medida que el envase se va llenando.

El primer método tiene el problema de que algunos productos al ser lanzados desde cierta altura producen espumas, la cual puede ser perjudicial para el producto ya que puede alterar sus propiedades. Además de que al formarse espuma el producto ocupa más volumen dentro del envase y puede rebalsar al finalizar el llenado.

En el segundo método, al estar la caña dentro del envase en toda su longitud, cuando se finaliza el llenado, toda la superficie exterior de la caña tiene producto, con lo que, al salir puede extraer producto de llenado. Otro inconveniente es que, al estar la caña en contacto con el producto, y si este es corrosivo, puede deteriorar la caña con más facilidad.

Por lo mencionado anteriormente y para evitar tanto la generación de espuma como la corrosión de la caña en el caso de productos corrosivos el tercer método sería el más conveniente para realizar el llenado de los envases.

Se introduce la caña hasta el fondo y se retiene en esta posición hasta que queda sumergida unos 6 cm. En este punto empieza a ascender la cala a la misma velocidad que el producto.

Sistemas de control del llenado

Para poder diseñar una línea de llenado debemos conocer las posibles opciones de control del llenado. Existen dos sistemas generales; control ponderal y control volumétrico.

Control ponderal

El llenado ponderal controla el estado del envase en función del peso que tiene en cada momento. Para ello se precisa de una báscula electrónica situada debajo del envase a llenar.

La báscula está formada por una plataforma de pesaje y un visor. La plataforma es el dispositivo que realiza el pesaje y el visor es la interfaz con el usuario. En el visor se introducen los valores de peso total y valor de afinado, y permite ver el peso en tiempo real del envase.

La utilización de una báscula programable da versatilidad a este sistema de control, ya que permitirá llenar envases de distintas capacidades con la misma infraestructura, simplemente se debe programar los distintos pesos de los envases.

La precisión de este sistema de control de llenado está directamente ligada a las características de la báscula. Lo más común, es utilizar básculas

con divisiones de 100gr, por lo tanto, la precisión en el peso total es de +- 100gr.

La zona de pesaje debe estar separada físicamente de cualquier otro elemento de la línea y, durante el llenado, la caña no debe tocar en ningún momento el envase. De lo contrario el valor pesado no será el correcto.

Los sistemas de llenado ponderal evolucionan de la siguiente forma: se detecta un envase vacío en la zona de llenado, se tara para conocer el peso del envase vacío y se le da la orden de empezar a llenar.

Para conseguir mayor precisión en el llenado, los sistemas de control ponderal pueden llenar a gran caudal o a caudal fino. La mayor parte del envase, aproximadamente el 80% se llena a caudal máximo. Cuando el peso del envase llega al valor de afinado predeterminado se da la orden de llenar a caudal fino hasta detectar el peso exacto a conseguir.

Este sistema de control de llenado es el más adecuado para envases de media y gran capacidad.

Además, en la industria la medida de cantidad más utilizada es el peso y no el volumen, en este sentido el control ponderal resulta más preciso. La relación entre volumen y peso depende de la temperatura y de la densidad del fluido a envasar, por lo tanto, un mismo volumen en ciertas condiciones puede tener un peso y en condiciones distintas otro, lo que hace que perdamos precisión en el envasado, se deberían incorporar sistema que calculen el peso real en función de las variables para no perder precisión.

Control volumétrico

El llenado volumétrico controla el volumen de producto que se va a introducir al envase.

Este sistema de control precisa de dosificadores, que son receptáculos que contienen la cantidad de producto que se va a introducir en el envase. Cada dosificador dispone de una entrada y una salida de producto controlada cada una por una electroválvula.

En el interior del dosificador se sitúa un émbolo que se acciona con un motor y se controla su posición con un encoder. Al subir el émbolo se vacía el dosificador hacia el envase, y al bajar se llena, por aspiración a través de la entrada de producto.

Se programa la altura a la que se debe posicionar el émbolo según la capacidad a llenar. Por lo tanto, se pueden dosificar distintas capacidades con el mismo dosificador, pero hay que tener en cuenta que la capacidad máxima que se puede llenar es la máxima del dosificador.

Este sistema de llenado progresiva de la siguiente forma; se sitúa el envase bajo la caña de llenado y se introduce la caña en él. Se abre la electroválvula de entrada de producto y se cierra la de salida, el émbolo del

interior del dosificador desciende por la acción de un motor hasta la posición predeterminada según la capacidad deseada.

Mientras el émbolo baja va entrando producto en el dosificador por aspiración, cuando el émbolo se detiene el dosificador contiene exactamente la cantidad de producto necesaria para llenar el envase.

Llegado este punto se cierra la entrada de producto y se abre la salida. El émbolo sube, vaciando el contenido del dosificador al envase a través de la caña. Cuando se ha llenado aproximadamente el 85% del envase disminuye la velocidad de subida del émbolo para acabar de llenar más suavemente y evitar derrames fuera del envase.

Una vez lleno se evaca el envase y entra otro vacío si es preciso, en este caso el émbolo vuelve a bajar y subir para llenar el nuevo envase y repite esta acción, como si fuera un pistón, tantas veces como envases a llenar.

Este sistema permite llenar varios envases simultáneamente, pero sí precisa de tantas cañas y dosificadores como envases se deseen llenar,

El control volumétrico es muy apto cuando se desea llenar varios envases a la vez y el tamaño del envase es de pequeña o mediana capacidad. Para capacidades grandes se precisaría de dosificadores de igual tamaño, con lo que, el motor que mueve el émbolo debe ser de mayor potencia y el espacio necesario aumenta. Según qué capacidad, podría ser no viable.

En este caso no es necesario que el sistema de llenado esté aislado del resto como ocurre con el llenado ponderal ya que no se usa una báscula.

Tipos de envase

La variabilidad de los envases a llenar determina la complejidad del sistema de llenado. Hay tres factores, relacionados con el envase, a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de llenado: la altura del envase, la posición del orificio y el material.

La altura del envase no incorpora complejidad a la máquina si solo se dispone un tipo de envase (nuestro caso), ya que se fija el sistema llenado a la altura adecuada y no es necesario variar. Para tener la posibilidad de llenar distintos tamaños de envases se debe instalar un sistema de movimiento vertical del conjunto llenador.

Según el orificio diferenciamos los envases en dos tipos. Los envases tipo A, que incluyen todos los envases cuadrados o rectangulares y los envases cilíndricos con el orificio centrado (en nuestro caso). Los envases de tipo B son cilíndricos y con el agujero no centrado.



Envases tipo A

Para el llenado de envases tipo A se incorporan guías laterales para centrar el orificio del envase con la caña de llenado.

Los envases tipo B precisan de un sistema centrador que posicione el orificio debajo de la caña. Esté centrado se puede realizar de forma manual; el operario gira el bidón hasta la posición correcta, o automatizado; se incorpora un detector de posición junto a la caña, se desplaza y gira el bidón con un sistema de cilindros y ruedas hasta que el inductivo detecta el agujero y el bidón queda correctamente posicionado.

Los materiales más usuales son plásticos o metálicos. Se da por supuesto que el material del envase no reacciona desfavorablemente con el material contenido.

Se dispone de dos tipos de envases de igual forma, pero distinta capacidad. Estos envases son metálicos, cilíndricos y con el orificio para el llenado de 1"1/2 de diámetro situado en la parte superior no centrada.

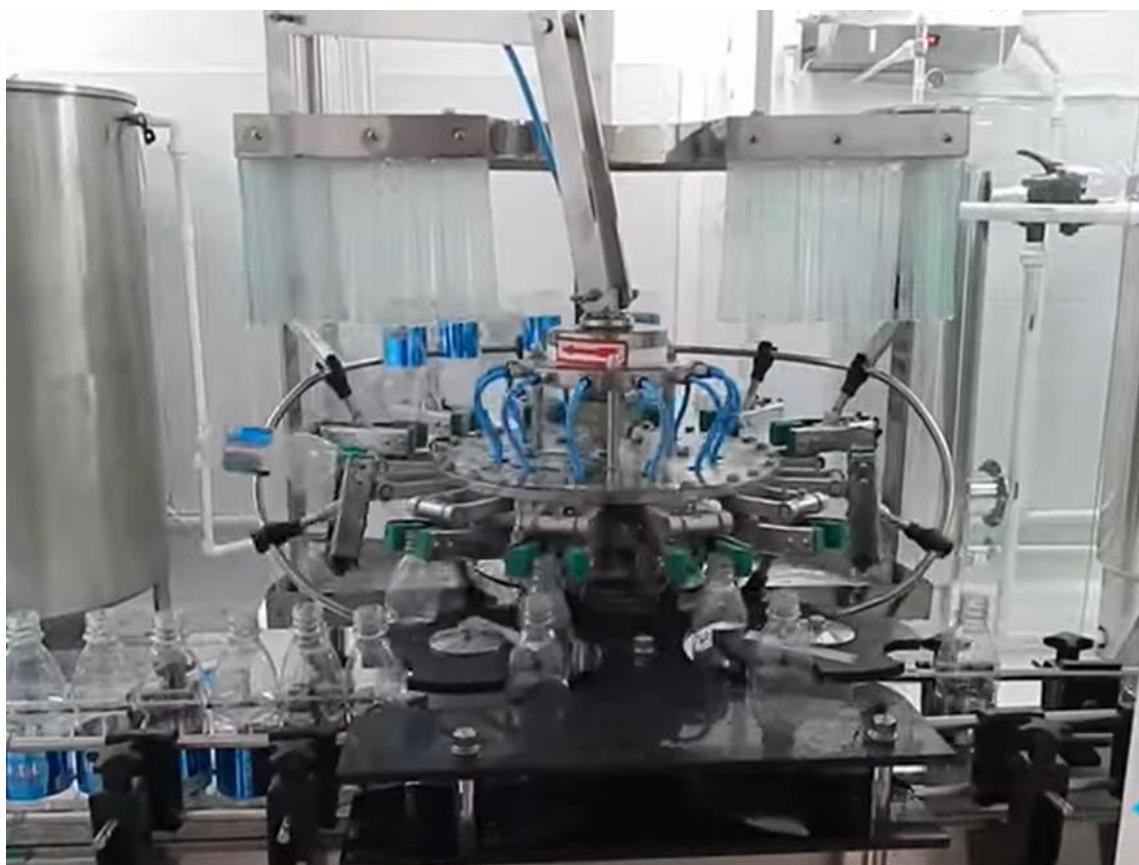
Las capacidades son 30 litros y 200 litros. Al tener dos capacidades tan distintas los envases tienen alturas muy distintas con lo que el soporte de la caña de llenado debe tener dos posibles posiciones una para cada envase.



Envases tipo B

Sistemas de Lavado

El funcionamiento de estos sistemas en general es similar. En esta aplicación a fin de simplificar el proceso, se utilizará un sistema que mecánicamente toma las botellas, las llena con una solución de agua y jabón neutro y las deposita sobre la cinta transportadora de la sección de llenado.



Esta imagen muestra el sistema descripto. Las botellas entran por una cinta transportadora a la unidad de lavado, esta gira mediante un motor eléctrico de 1HP que mueve un mecanismo en el cual la botella entra, se da vuelta con boca hacia abajo y cuando llega a cierta posición le inyecta la solución antes mencionada y luego las vuelve a dar vuelta, depositándola sobre la cinta de la sección de llenado.

Sistemas de Transporte

Existen varios modos de desplazamiento de envases a través de una línea; cadenas, rodillos y tablillas. Usar un sistema u otro depende del tamaño del envase y del sistema de centrado.

Los transportadores de tablillas tienen un ancho reducido por lo que se usan en caso de tener envases pequeños (nuestro caso). Evitan el giro de los envases durante el trayecto, con lo que, si el envase se posiciona correctamente al inicio, no se precisa de ningún sistema auxiliar de centrado.

Los transportadores de rodillos y de cadenas se usan para envases de mediano o gran tamaño. El transportador de rodillos puede girar el envase, con

lo que deberá disponer de un sistema de centrado auxiliar. El transportador de cadenas no precisa de sistema de centrado ya que no permite la rotación de éste.

La tracción de dichos sistemas se realiza con uniones de piñones y cadenas conectadas a un motor. Los tramos de transportador que estén en zonas donde el envase está lleno y sin tapar, deben dotarse de un variador de frecuencia, para realizar el arranque y la parada suavemente y evitar derrames de producto.

Detectores de Presencia

Los detectores de presencia permiten conocer si cierto cuerpo se encuentra en una posición determinada. En los sistemas de llenado se utilizan mayormente dos tipos: fotocélulas y capacitivos.

Las fotocélulas son elementos sensores formados por un emisor de luz y una fotocélula de detección. El emisor de luz y la fotocélula de detección pueden encontrarse en el mismo dispositivo, de este modo el haz se refleja en el objeto a detectar o en un espejo reflector creando lo que se denomina barrera, en este caso se detecta la presencia de un cuerpo cuando el haz deja de ser reflectado.

Se encuentran también fotocélulas donde el emisor y el receptor son dos dispositivos diferentes.

Los sensores inductivos son interruptores de proximidad que se usan para detectar presencia o ausencia de objetos metálicos. Los utilizados en sistemas de llenado son sensores inductivos, que detectan materiales ferrosos basándose en variaciones de campo magnético.

Las fotocélulas abarcan más espacio de detección, pero son más voluminosas.

Los inductivos son menores y detectan a menor distancia y solo materiales ferrosos. Se colocan unos u otros en función del espacio disponible, de la distancia y el material del cuerpo a detectar.

En el caso que el cuerpo a detectar sea un envase, es preciso que el rango de detección sea mayor, se utilizan fotocélulas. Para detectar las posiciones finales de los componentes de la máquina se usan inductivos, ya que el espacio disponible para colocar el sensor normalmente es reducido.

Actuadores

Los componentes de un sistema de llenado precisan de movimiento para el funcionamiento del conjunto. Estos movimientos se realizan mediante motores o cilindros.

Motores

En las instalaciones de sistemas de llenado encontramos dos tipos de motores: eléctricos y neumáticos. Los motores eléctricos se usan en desplazamientos de largo recorrido, normalmente para envases de mediana o gran capacidad. El movimiento giratorio que proporciona el eje del motor se transmite a una polea o piñón, que unido a una correa o cadena transforma el movimiento en lineal.

Los motores neumáticos se usan para cargas menores.

Cilindros

Los cilindros se usan en movimientos cortos y rápidos precisan de electroválvulas para controlarlos.

Automatización

Un automatismo es un dispositivo que permite a las máquinas o procesos evolucionar con la mínima intervención del hombre. Los objetivos al implantar una automatización son varios:

- Realizar tareas repetitivas, peligrosas o trabajosas.
- Controlar la seguridad del personal y de las instalaciones.
- Incrementar la producción y la productividad y economizar materia y energía.
- Incrementar la flexibilidad de las instalaciones para modificar los productos o

los ritmos de fabricación.

Los procesos industriales actuales mínimamente complejos incorporan un autómata programable para controlar las tareas a realizar en el proceso.

Existen multitud de marcas y modelos en el mercado, pero todos tienen la misma estructura básica: la CPU y los módulos de entradas y salidas.

A parte de éstos podemos disponer de los siguientes elementos:

UNIDAD DE ALIMENTACIÓN: Algunas CPU's la llevan incluida, si no es el caso debe dotarse el dispositivo de un sistema de alimentación.

CONSOLA DE PROGRAMACIÓN: Permite introducir, modificar y supervisar el programa de usuario. Tiende a desaparecer, debido a que la mayoría se programan a partir del PC mediante programas específicos facilitados por cada fabricante; o programados directamente desde el propio autómata.

DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS: Como unidades de E/S adicionales, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.

INTERFACES: Facilitan la comunicación del autómata con otros dispositivos, PC's, otros autómatas, sistemas de monitorización, etc.

CPU

La CPU es el módulo que contiene el programa, gestiona las entradas y las salidas y establece en cada momento la acción a realizar.

La principal función de la CPU es procesar el programa que el usuario ha introducido, pero además realiza otras acciones.

La CPU controla que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Watchdog.

Para gestionar las entradas, la CPU crea una imagen de estas, el programa de usuario no accede directamente a dichas entradas. Al final del ciclo de ejecución del programa, la CPU renueva el estado de las salidas en función de la imagen obtenida de estas.

A nivel de entradas, conviene señalar, que las informaciones necesarias para que el autómata ejecute sus instrucciones, las suministran los captadores, sensores, etc.

Entre las cualidades que debemos exigir a estos dispositivos podemos citar: tiempo de respuesta, precisión, sensibilidad, inmunidad a perturbaciones, robustez... La CPU toma, una a una, las instrucciones programadas por el usuario y las va ejecutando, cuando llega al final de la secuencia de instrucciones programadas, la CPU vuelve al principio y sigue ejecutándose de manera cíclica. Para ello, dispone de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa. Adicionalmente, en determinados modelos, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc.

En una automatización las entradas pueden ser digitales o analógicas. A estas líneas se conectan los sensores. Las salidas también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores.

El modo normal de operación de un autómata es realizar una imagen de las entradas y las salidas en cierta zona de la memoria RAM, ya que el acceso a dicha memoria por parte del microprocesador interno es más rápido que el acceso a un periférico, sobre todo si es externo.

Antes de ejecutar el programa realizado por el usuario se carga la imagen de las entradas. Entonces puede empezar la ejecución correlativa de las instrucciones del programa. Cuando, durante la ejecución, se hace referencia al estado de una entrada no se lee la entrada en cuestión, sino el contenido de la imagen.

De igual modo si durante la ejecución de un ciclo de programa se modifica el estado de una variable que corresponde a una salida se actualiza la imagen y no la salida correspondiente.

Cada ciclo completo de ejecución de programa realizado se actualiza las imágenes de las entradas y salidas. Por tanto, las sucesivas variaciones del estado de las entradas posteriormente a la actualización de la imagen no se tendrán en cuenta hasta el próximo ciclo de ejecución del programa.

De forma parecida, el estado de las salidas modificadas durante la ejecución del programa no será efectivo en los terminales hasta la actualización de las salidas con el contenido de la imagen.

Módulos de entrada y salida

Los módulos de entradas y salidas unen la CPU con los sensores y actuadores correspondientes.

Se dispone de módulos de entrada y/o salida digitales o analógicos. Se escoge uno u otro en función del tipo de señal que se desee controlar.

Físicamente la CPU y los módulos E/S pueden estar unidos en un solo bloque (autómatas compactos) o separados en unidades diferentes (autómatas modulares), en todo caso la mayoría de autómatas permiten incorporar módulos auxiliares de entradas o salidas según precise la aplicación.

Los módulos adicionales de entrada y/o salida dotan al autómata de un mayor número de variables de proceso. Se incorporan cuando la complejidad del sistema a automatizar lo requiere.

Lenguajes de programación

Los primeros autómatas programables surgieron debido a la necesidad de sustituir los enormes cuadros de maniobra construidos con contactares y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre máquina debía ser similar a la utilizada hasta ese momento. Con el tiempo estos lenguajes evolucionaron de tal forma que algunos de ellos ya no tenían nada que ver con el típico plano eléctrico a relés, además de haber evolucionado siguiendo caminos distintos. Todo esto unido al incremento en la complejidad de los procesos a automatizar, no hizo más que complicar el uso de aquello que se creó con una finalidad bien distinta. Con el fin de subsanar este problema la dirección del IEC (estándar internacional) ha elaborado el estándar IEC 1131-3 para la programación de PLC's, con la idea de desarrollar el estándar adecuado para un gran abanico de aplicaciones.

Los lenguajes gráficos y textuales definidos en el estándar son una fuerte base para entornos de programación potente en PLC's.

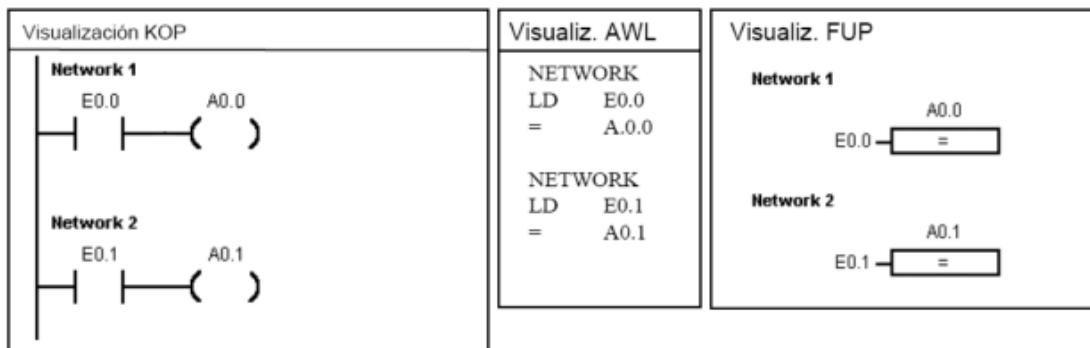
Los lenguajes más significativos son:

LENQUAJE DE CONTACTOS (KOP): es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos.

LENQUAJE POR LISTA DE INSTRUCCIONES (AWL): consiste en elaborar una lista de instrucciones.

PLANO DE FUNCIONES LÓGICAS: utiliza simbología equivalente a la usada en circuitos con puertas lógicas.

GRAFCET: llamado Gráfico de Orden Etapa-Transición. Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta sencillo de interpretar.



SOLUCIÓN ADOPTADA

Definimos las partes del sistema para poder llevar una mejor organización

- ✓ Tanque de agua de acero inoxidable
- ✓ Tanque cisterna de acero inoxidable
- ✓ Bomba centrifuga de acero inoxidable
- ✓ Cinta transportadora a tablillas
- ✓ Electroválvula
- ✓ Elementos de detección (sensores)
- ✓ Sistema de tapado de envases

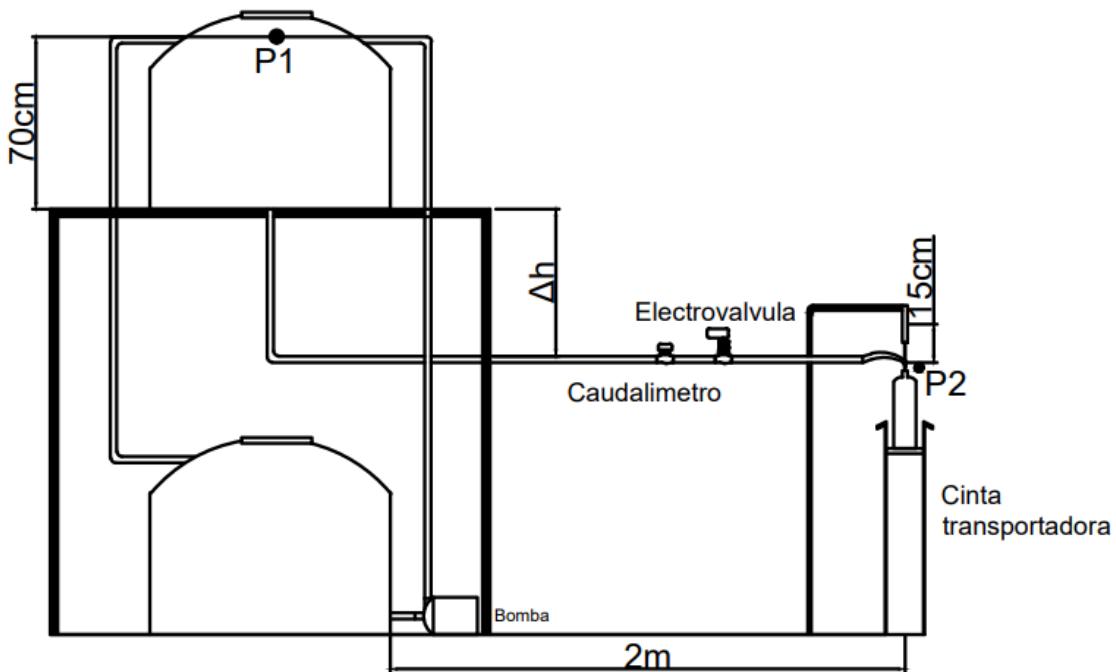
Elementos necesarios para el sistema de llenado:

- Bomba de agua para llenado de tanque
- Tanque de agua
- Cinta transportadora
- Sensores
- Electroválvula
- Cilindros Neumáticos

Sistema de llenado de botellas

Para el llenado de botellas se decidió usar un sistema simple que consta de un tanque elevado y una cisterna. Como se mostrará posteriormente mediante cálculos, en un sistema de transporte de agua por gravedad, la diferencia de altura entre la fuente y la salida nos dará la presión necesaria. A esta diferencia de altura se le llama altura manométrica. Basado en este principio se plantean condiciones de tiempo de llenado, caudal, diámetro de cañerías (valores comerciales) y se calculará la diferencia de altura mediante la ecuación de Bernoulli.

Se presenta un esquema físico de como estarán distribuidas las partes del sistema hidráulico y los puntos en los que se considera el planteo de Bernoulli:



Planteo de Bernoulli entre los puntos 1 y 2, sobre la superficie libre del tanque y la descarga del dosificador:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_L$$

Donde P1 es igual a cero porque en ese punto ya no hay una columna de agua por encima y P2 es igual a cero porque descarga a la atmósfera (como las presiones se miden a partir de la presión atmosférica, Patm sería una presión cero).

$$P_1 = P_2 = 0$$

Los "z" son alturas desde un plano de referencia (que yo elijo donde ponerlo) hasta el punto en donde estoy analizando.

Tomando como plano de referencia un plano que pase por el punto 2, se anula el término z_2 . Y z_1 queda igual a:

$$z_1 = h_T + \Delta h$$

Donde h_T es la altura de columna de agua en el tanque y Δh es la diferencia de altura restante hasta la descarga del dosificador.

$$z_2 = 0$$

La velocidad 1 se refiere a la velocidad en la superficie libre (borde de arriba) del tanque, que al ser tan grande la dimensión del tanque, con respecto a la velocidad con la que se saca agua, esa columna desciende lentamente, asique esa velocidad se desprecia.

La velocidad 2 es la que sale por el dosificador

$$V_1 = 0$$

$$V_2 = V_{dosificador}$$

Hasta aquí la ecuación va quedando así:

$$h_T + \Delta h = \frac{V_{dosificador}^2}{2 g} + h_f + h_L$$

h_f y h_L son las perdidas en el sistema.

Las pérdidas de carga por fricción se pueden calcular utilizando la fórmula de Darcy- Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 g}$$

Esta pérdida es la que se le genera al flujo por el roce con las paredes de la tubería, por lo tanto, la velocidad que se utiliza es la que circula por la tubería:

$$V = V_{tub}$$

L es toda la longitud de la tubería en la que se genera ese roce (longitudes verticales y horizontales):

$$L = \Delta h - 15 \text{ cm} + 2 \text{ m} \quad D \text{ es el diámetro de la tubería.}$$

f se llama factor de pérdida de carga de Darcy Weisbach y depende de las propiedades del flujo (Número de Reynolds) y de la rugosidad de la tubería.

Es un factor que se determina empíricamente, para valores de Re menores a los 2000, f tiene una relación lineal con Re . Pero para valores mayores se utiliza el ábaco de Moody u otras expresiones como la de Swamee & Jain:

$$f = \frac{0.25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon}{3.71 \cdot D} + \frac{5.74}{R^{0.9}} \right) \right)^2} \quad \underline{\text{Ec. de Swamee & Jain}}$$

El número de Reynolds (Re) sirve para clasificar al flujo de acuerdo a su régimen en laminar ($Re < 2000$), en transición ($2000 < Re < 4000$) y turbulento ($Re > 4000$).

Depende de las características del fluido (densidad, viscosidad dinámica) y del flujo (velocidad) y de la geometría (diámetro).

$$Re = \frac{V \cdot D \cdot \mu}{\rho}$$

Donde ρ es la densidad y μ la viscosidad dinámica

Las pérdidas de carga localizadas tienen la siguiente expresión:

$$h_L = k \cdot \frac{V^2}{2 g}$$

Donde K es un factor que depende del tipo de singularidad o accesorio (entrada, bifurcación, codo, válvula, etc). Se lo saca de tablas donde generalmente están en función del diámetro o pueden venir dadas por el fabricante.

La velocidad que interviene en la fórmula es la velocidad aguas abajo (la que esté después de la singularidad o accesorio, porque a veces hay un diámetro antes y otro después y eso hace que las velocidades cambien).

La ecuación va quedando:

$$h_T + \Delta h = \frac{V_{dosificador}^2}{2 g} + \left(\frac{0.25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon}{3.71 \cdot D} + \frac{5.74}{R^{0.9}} \right) \right)^2} \right) \cdot \frac{(\Delta h - 15 \text{ cm} + 2 \text{ m})}{D} \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} + (k_c + k_v) \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g}$$

Las incógnitas son Δh y el diámetro de la tubería (del cual dependen la velocidad, Re , f). Por lo tanto, adoptó una de las dos y despejó la otra.

Adoptando un diámetro comercial D , despejamos la altura que necesita para que el sistema funcione:

Reemplazo:

$$2 \text{ m} - 15 \text{ cm} = 1.85 \text{ m}$$

$$h_T + \Delta h - f \cdot \frac{(\Delta h + 1.85 \text{ m})}{D} \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} = \frac{V_{dosificador}^2}{2 g} + (k_c + k_v) \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g}$$

$$h_T + \Delta h - f \cdot \frac{1.85 \text{ m}}{D} \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} - f \cdot \frac{\Delta h}{D} \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} = \frac{V_{dosificador}^2}{2 g} + (k_c + k_v) \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g}$$

$$h_T + \Delta h \left(1 - f \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} \right) = \frac{V_{dosificador}^2}{2 g} + (k_c + k_v) \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} + f \cdot \frac{1.85 \text{ m}}{D} \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g}$$

$$\Delta h = \frac{\frac{V_{dosificador}^2}{2 g} + (k_c + k_v) \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} + f \cdot \frac{1.85 \text{ m}}{D} \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} - h_T}{\left(1 - f \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{V_{tub}^2}{2 g} \right)}$$

Para el cálculo definimos un diámetro de valor comercial, haciendo la salvedad de que en este cálculo el diámetro utilizado es el diámetro interno de la cañería.

Se selecciona un diámetro nominal de 1" que equivale a 26.24mm de diámetro interior.

PVC SCHEDULE 40				
Ø NOMINAL	Ø EXTERIOR	Ø INTERIOR	ESPESOR EN mm	PESO KG x CAÑO L: 6,10 MTS.
1/8	10,29	6,63	1,83	0,41
1/4	13,72	8,99	2,37	0,73
3/8	17,14	11,51	2,82	0,99
1/2	21,34	15,44	2,95	1,46
5/8	26,67	20,57	3,05	1,94
1	33,40	26,24	3,58	2,86

Teniendo este dato definido, se buscan las pérdidas de carga localizadas con las siguientes curvas:

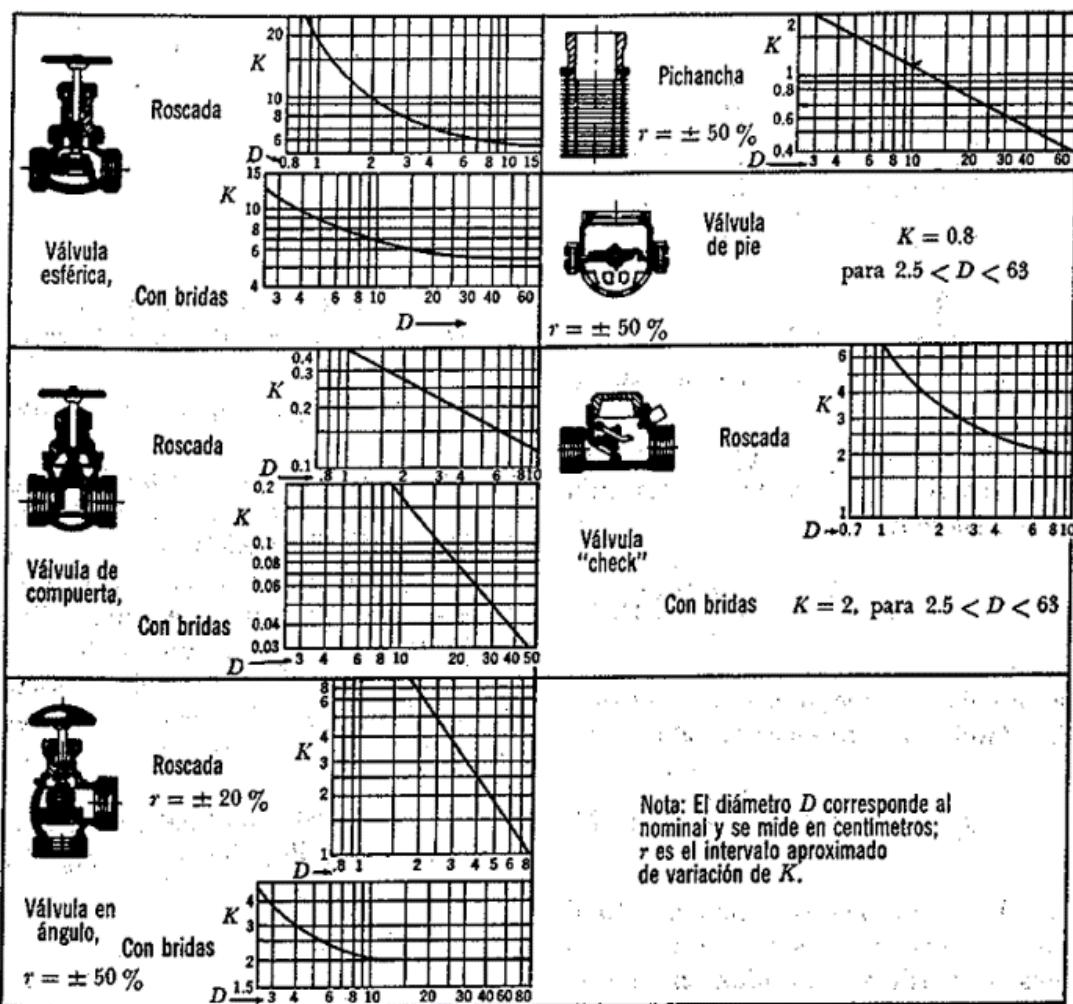
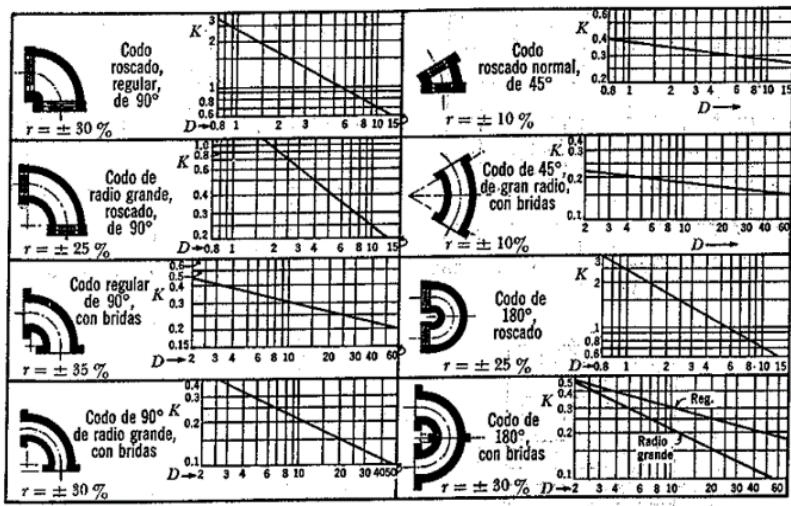


Figura 8.30. Coeficientes de pérdida para válvulas completamente abiertas.

La electroválvula es de tipo de compuerta roscada, para este valor se tiene que las pérdidas son 0.35



Nota: El diámetro D corresponde al nominal y se mide en centímetros, r es el intervalo aproximado de variación para K .

Figura 8.18. Coeficientes de pérdida para los codos.

El codo a utilizar es uno roscado regular de 90° , el cual nos da un valor de 2.1.

Teniendo estos datos se realiza una tabla en Excel para hacer los cálculos:

Vol	1,5	I	g	9,81	m/s ²	Ddosificador	0,005	m
t	15	s	ϵ	0,0015	mm	Adosificador	1,96E-05	m ²
Q	0,1	l/s	ht	0,7	m	Vdosificador	5,092958	m/s
Q	0,0001	m ³ /s	v	1,02E-06	m ² /s	Vdos^2/2g	1,32203	m
Q	0,36	m ³ /h	L=	1,85	m			
	6							
D (m)	A	V	$V^2/2g$	Re	f	Kv	Kc	Δh
0,02624	0,00054	0,1849	0,002	4757,142	0,08272	0,35	2,1	0,63998

Donde Vol es el volumen de la botella a llenar, en un t (tiempo) de 15 seg con lo cual se calcular Q (caudal).

Con lo cual se define la diferencia de altura entre el tanque y dosificador:

$$\Delta h := 0.64 \text{ m} = 64 \text{ cm}$$

Bomba de agua

Para calcular la bomba hay que determinar el caudal y la presión. El caudal se calcula en función a la velocidad a la que queremos que se llene el tanque y despejamos la altura manométrica. Para esto realizamos un cálculo similar al anterior:

$$31.6 \text{ cm} + 75 \text{ cm} = 1.066 \text{ m}$$

$$H_C := \frac{141}{2} \text{ cm} = 0.705 \text{ m}$$

$$1.066 \text{ m} - 0.705 \text{ m} = 0.361 \text{ m}$$

$$H_C + H_B + \frac{V^2}{2g} = H_C + \Delta h + 0.361 \text{ m} + \frac{V^2}{2g} + f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$H_B = \Delta h + 0.361 \text{ m} + f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} + k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

Teniendo en cuenta esto, se procede a hacer el cálculo en una planilla de Excel:

Δh (m)	Δh_1 (m)	Q (m ³ /hr)	D (m)	A (m ²)	V (m/s)
0,641646 13	0,361	2	0,02624	0,000540 78	1,027329 96
		0,000555 56	m ³ /s		
$V^2/2g$ (m)	Re	f	k	L (m)	H _b (m)
0,053792 4	26428,56 67	0,077634 7	3	3,497646 13	1,720681 82

El caudal se calcula teniendo en cuenta que un tanque de 500L que se debe llenar en 20min. De esta forma la altura manométrica:

$$H_B := 1.72 \text{ m}$$

Esta altura manométrica y los caudales son demasiado bajos para las presiones típicas de una bomba centrífuga de baja potencia. Si esto sucede, la bomba sale de curva y esto puede provocar calentamiento y fallas mecánicas. Para solucionar esto, se plantea un sistema de cañerías con válvulas manuales que desvíen el excedente de caudal de regreso a la cisterna de tal forma que al

tanque elevado solamente llegue el caudal calculado y para regular la presión se debe poner una válvula de tal forma que se regule la presión abriéndola o cerrándola en términos medios.

Dado que este sistema planteado para solucionar la selección de la bomba, excede los conocimientos que se deben aplicar en este espacio curricular, que no modifica el sistema de automatización y tampoco produciría un problema en la dosificación de las botellas, se supondrá que el cálculo hidráulico y su aplicación serán correctas y, por lo tanto, el sistema hidráulico quedara perfectamente listo para empezar a trabajar.

De esta manera, la bomba seleccionada:



APLICACIONES / APPLICATIONS / APPLICATIONS

ES Electrobombas construidas totalmente en acero inoxidable ideales para uso doméstico, uso industrial, tratamiento de aguas, conducción de líquidos químicamente no agresivos y recirculación de agua fría y caliente.

EN Electro-pumps made completely in stainless steel suitable for home use, industrial use, water treatments, chemically non-aggressive liquid transfer and hot and cold water recirculation.

FR Électropompes entièrement en inox idéales pour un usage domestique, industriel, traitement d'eaux, conduite de liquides chimiquement non agressifs et recirculation d'eau froide et chaude.



Modelo / Model / Modèle				P1	P2		I (A)			Ø	
AISI 304	Cod.	AISI 316 L	Cod.	kW	kW	CV	1 ~ 230V	3 ~ 230V	3 ~ 400V	Asp	Imp
3HM04S T	7100	3HM04N T	7900	0,47	0,3	0,4	-	2,0	1,1	1"	1"
3HM04S M	7101	3HM04N M	7901	0,57	0,5	0,7	2,5	-	-	1"	1"
3HM05S T	7102	3HM05N T	7902	0,55	0,4	0,55	-	2,3	1,3	1"	1"
3HM05S M	7103	3HM05N M	7903	0,63	0,5	0,7	2,9	-	-	1"	1"
3HM06S T	7104	3HM06N T	7904	0,64	0,5	0,7	-	2,6	1,5	1"	1"

Caudal / Flow / Débit (m³/h)															
0	1,2	1,7	2,3	2,8	3,4	3,9	4,4	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	11	12,5	14
29,1	27,8	26,3	24,3	21,7	18,6	14,8	10,2								
29,5	28,7	27,3	25,5	23	20	16,1	11,8								
36,8	35,3	33,5	31	27,9	24,1	19,2	13,5								
36,6	35,2	33,4	31	27,9	24	19,1	13,7								
43,8	41,8	39,5	36,5	32,7	28,1	22,2	15,4								

Se selecciona la **3HM04S T**.

Tanque de agua

Para los cálculos desarrollados, se supuso que había un tanque de 500L con características geométricas determinadas, de tal forma que la altura en la columna de agua era de 0.7m o 70cm. De esta forma se selecciona el siguiente tanque:



Producto: Tanque para agua de acero inoxidable

Capacidad: 500 litros

Diámetro: 97 cm

Altura: 79 cm

Tanque Cisterna

Para el tanque cisterna se supondrá que se hará construir un tanque de acero inoxidable que posea las medidas de tal forma que el volumen sea mayor al tanque elevado. Se propone medidas de 79cm de altura y 127 cm de diámetro, lo cual, daría un volumen de 1000 L

Desplazamiento de envases

El desplazamiento de los envases a través de la línea se realiza mediante transportadores de tablillas. El envase se desplaza en todo momento por encima de estos transportadores.

Las bandas transportadoras de tablilla son un práctico sistema de traslado de productos, principalmente de envases de vidrio, o plástico. Las tablillas pueden ser de plástico o de acero inoxidable, articuladas de tal forma que permiten curvas en su trayectoria (bandas transportadoras curvas). Este tipo de transportadores son indispensables en una línea de llenado de media y alta capacidad siendo su función el traslado del producto de un punto a otro, incluso dentro del equipo de llenado, evitando de este modo el contacto directo del operador con el producto y permitiendo la automatización de los procesos.



Calculo motor de la cinta

Para poder llevar a cabo el cálculo del motor de la cinta tendremos las siguientes suposiciones:

Largo de la cinta de 10 metros

Tiempo transcurrido desde el principio al final de una botella en la cinta de 25 segundos.

Se supone que habrá 10 botellas llenas en la cinta antes de ser tapada, por lo tanto, se debe calcular un motor que debe ser capaz que llevar esta carga.

$$a = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$m := 10 \cdot 1.5 \text{ kg} = 15 \text{ kg}$$

$$P := m \cdot a = 147 \text{ N}$$

Suponemos un tiempo que demora una botella de llegar del principio al final:

$$t_f := 25 \text{ s}$$

Dado que las botellas tienen un peso y deben ser desplazadas de manera horizontal, se debe calcular la energía en cada eje y sacar una energía total. Horizontalmente las botellas se moverán 10m (energía cinética) y está a una altura de 0.75m (energía potencial gravitatoria)

$$E_x := P \cdot 10 \text{ m} = (1.47 \cdot 10^3) \text{ J}$$

$$E_y := P \cdot 0.75 \text{ m} = 110.25 \text{ J}$$

$$U_R := \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = (1.474 \cdot 10^3) \text{ J}$$

La potencia que debería hacer el motor es:

$$P_e := \frac{U_R}{t_f} = 58.965 \text{ W}$$

Transformado a potencia eléctrica:

$$P_m := \frac{P_e \cdot 1 \text{ hp}}{745.7 \text{ W}} = 0.059 \text{ kW}$$

Por lo tanto, se selecciona el motor:

El **motor** utilizado por la cinta es:

MOTORES TRIFÁSICO LÍNEA 1AL-1D

Motores asíncronos trifásicos, rotor jaula de ardilla, 380V 50Hz

Servicio continuo S1, aislación Clase F, IP55, factor de servicio S1.

Motores 4 polos - Eficiencia standard IE1 e IE2

1AL 561-4

Tipo	Potencia		RPM	Inom. (A)	I_{arr}/I_{nom}	Eff (%)	Cos φ	Mn (Nm)	Ma/ Mn	Mk/ Mn	J Kgm ²	Peso (Kg)
	kW	CV										
220/380V												
1AL 561-4	0.06	0.08	1371	0.6/0.35	6.0	46.0	0.56	0.42	2.3	2.4	0.00019	3.0
1AL 562-4	0.09	0.12	1350	0.83/0.48	6.0	49.0	0.56	0.64	2.3	2.4	0.00019	3.3
1AL 632-4	0.18	0.25	1340	1.25/0.73	6.0	56.0	0.66	1.28	2.2	2.4	0.0006	5
1AL 711-4	0.25	0.33	1350	1.36/0.79	6.0	65.0	0.74	1.77	2.2	2.4	0.0014	7
1AL 712-4	0.37	0.5	1375	1.93/1.12	6.0	67.0	0.75	2.57	2.2	2.4	0.0016	7
1AL 801-4	0.55	0.75	1370	2.71/1.57	6.0	71.0	0.75	3.84	2.2	2.4	0.002	10
1AL 802-4	0.75	1	1380	3.55/2.05	6.0	72.1	0.76	5.19	2.2	2.4	0.002	12
1AL 90S-4	1.1	1.5	1390	5.0/2.89	6.0	75.0	0.77	7.56	2.2	2.4	0.0022	15
1AL 90L-4	1.5	2	1400	6.39/3.7	6.0	77.2	0.79	10.24	2.2	2.4	0.003	18
1AL 100L1-4	2.2	3	1430	8.91/5.16	7.0	79.7	0.81	14.70	2.2	2.3	0.007	23
380V												
1AL 100L2-4	3	4	1430	6.78	7.0	81.5	0.82	20.04	2.2	2.3	0.007	25
1AL 112M-4	4	5.5	1430	8.82	7.0	86.6	0.82	26.72	2.2	2.3	0.0095	32
1AL 132S-4	5.5	7.5	1440	11.84	7.0	84.7	0.83	36.49	2.2	2.2	0.0214	41
1AL 132M1-4	7.5	10	1450	15.59	7.0	86.0	0.84	49.42	2.2	2.2	0.0296	53
1AL 132M2-4	10	13.5	1460	19.15	7.0	87.2	0.84	65.44	2.7	3	0.032	70
1D 160M-4	11	15	1460	22.10	6.9	89.8	0.84	71.98	2.5	2.9	0.103	138
1D 160L-4	15	20	1460	29.60	7.5	90.6	0.85	98.16	2.5	3.0	0.131	148
1D 180M-4	18.5	25	1470	35.8	7.8	91.2	0.86	120.24	2.6	3.1	0.183	185
1D 180L-4	22	30	1470	42.4	7.7	91.6	0.86	142.99	2.5	3.0	0.219	215
1D 200L-4	30	40	1470	57.3	7.1	92.3	0.86	194.98	2.4	2.9	0.297	270
1D 225S-4	37	50	1480	69.7	6.5	92.7	0.87	238.85	2.2	2.7	0.406	277
1D 225M-4	45	60	1480	84.5	6.3	93.0	0.87	290.50	2.3	2.5	0.469	302
1D 250M1-4	55	75	1480	103.0	6.4	93.3	0.87	355.05	2.2	2.5	0.66	383
1D 280S-4	75	100	1480	138.1	6.8	93.8	0.88	484.16	2.1	2.8	1.12	527
1D 280M1-4	90	125	1480	165.0	6.9	94.1	0.88	581.00	2.2	2.7	1.46	548
1D 315S-4	110	150	1480	200.5	6.5	94.7	0.88	710.11	1.9	2.7	3.11	850
1D 315M-4	132	180	1480	240.0	6.8	95.0	0.88	852.13	2.3	3.2	3.29	918
1D 315L1-4	160	220	1480	287.0	6.6	95.2	0.89	1032.88	2.6	3.0	3.79	1018
1D 315L2-4	200	270	1480	358.0	6.4	95.4	0.89	1291.10	2.2	2.8	4.49	1122
1D 355M-4	250	340	1490	440.0	6.1	95.6	0.90	1603.04	1.93	2.33	5.67	1650
1D 355L-4	315	430	1480	620.0	6.2	95.8	0.91	2033.48	2.1	2.32	7.90	2083



MOTORES CZERWENY S.A.

www.motorescerweny.com.ar

Elementos de señal y control

PLC

El elemento central de la automatización propiamente dicha es el controlador lógico programable (PLC por sus siglas en inglés), el cual realiza el control y la ejecución de las rutinas previamente programadas. Los hay en diferentes presentaciones, por lo que se establecen criterios para la selección del PLC a utilizar, en función de las necesidades del sistema planteado. Se requiere que posea:

- Al menos 23 entradas digitales y 4 entradas analógicas.
- Al menos 12 salidas digitales y 1 salida analógica.

- Ethernet para una comunicación transparente y al menos otro puerto de comunicación libre.
- Temporizadores y contadores

Se opta por trabajar con la línea Twido de Schneider Electric, en donde los modelos se dividen en dos categorías: los compactos y los modulares.

El controlador compacto se encuentra disponible con: 10 E/S ,16 E/S, 24 E/S 40 E/S.

El controlador modular se encuentra disponible con: 20 E/S, 40 E/S.

Es posible añadir E/S adicionales al controlador mediante módulos de E/S de ampliación.

Puede haber: 7 módulos de ampliación de las E/S digitales o tipo de relé
7 módulos de ampliación del tipo de E/S analógicas

Decidimos optar por el controlador compacto TWDLCAE40DRF



Main	
Range of product	Twido
Product or component type	Compact base controller
Concept	Transparent Ready
Discrete I/O number	40
Discrete input number	24
Discrete input voltage	24 V
Discrete input voltage type	DC
Discrete output number	14 for relay 2 for transistor
[Us] rated supply voltage	100...240 V AC
Maximum number of I/O expansion module	?
Use of slot	Memory cartridge

El TWDLCAE40DRF solo presenta entradas y salidas de tipo digital, entonces se requiere de un complemento para poder cumplir con la necesidad planteada. Entre sus características se observa que admite expansiones (hasta 7) por lo que se debe agregar módulos de entradas y salidas. Se elige el módulo TM2AMM6HT , con 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas.



Principal

Gama de producto	Controlador lógico Modicon M238
Tipo de producto o componente	Módulo analógico de entrada/salida
Número de entrada analógica	4
Nivel de entrada	Nivel alto
Tipo de entrada analógica	corriente 4...20 mA sin diferencial tensión 0...10 V sin diferencial
Número de salida analógica	2
Tipo de salida analógica	Corriente, estado 1 4...20 mA Tensión, estado 1 0...10 V
Resolución de entrada analógica	12 bits
Resolución de salida analógica	12 bits

Fuente de 24Vc para salidas del PLC



Phaseo ABL7, ABL8 - Fuente de alimentación regulada, 100-240v ac, 24v 3.1 a, monofásica, optimizada

ABLS1A24031

Principal

Gama de producto	Modicon Premium
Tipo de producto o componente	Alimentación
Tipo fuente de alimentación	Modo de encendido regulado
Variant option	Optimized
Material del envolvente	Plástico
Nominal input voltage	100...240 V AC 1 fase 100...240 V AC 2 fases 140...340 V CC
Potencia nominal en W	75 W
Tensión de salida	24 V CC
Corriente de salida de alimentación	3,13 A

HMI

El Interfaz Humano-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operarios. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. El HMI traduce variables de procesos complejos en información útil y procesable.

La función de los HMI consiste en mostrar información operativa en tiempo real y casi en tiempo real. Proporcionan gráficos de procesos visuales que aportan significado y contexto al estado del motor y de la válvula, niveles de depósitos y otros parámetros del proceso. Suministran información operativa al proceso, y permiten el control y la optimización al regular los objetivos de producción y de proceso.

La implementación de una pantalla táctil como HMI surge a raíz de la idea de actualizar y simplificar el uso de los controles primitivos que integraba el sistema de llenado, además de poder ver las variables transmitidas del sistema de lavado y controlar las velocidades de los dos sistemas. Se elige a la línea MAGELIS de Schneider Electric para desarrollar el programa.

Se elige el modelo **HMIGTO5310**, el que integra las siguientes características:

- Visualizador pantalla táctil
- LCD TFT a color retroiluminado
- 10.4" (640 x 480 pixels VGA)
- Alimentación de 24 VDC
- Compatible con Vijeo Designer >= V6.1
- Memoria interna de 96MB, expandible hasta 32Gb



Como se mencionó antes, la comunicación entre el PLC y la pantalla se hará mediante el protocolo MODBUS TCP, aprovechando los puertos Ethernet integrados en ambos dispositivos.

Modbus TCP / IP utiliza TCP / IP y Ethernet para transportar los datos de la estructura del mensaje Modbus entre dispositivos compatibles. Es decir, Modbus TCP / IP combina una red física (Ethernet), con un estándar de red (TCP / IP), y un método estándar de representación de datos (Modbus como el protocolo de aplicación).

El desarrollo del programa se realiza en el software Vijeo Designer 6.2. Dentro del mismo se realizará la creación de múltiples paneles que albergarán los controles para poder manejar de manera sencilla e intuitiva nuestra máquina. Cuenta además con una herramienta de configuración de los

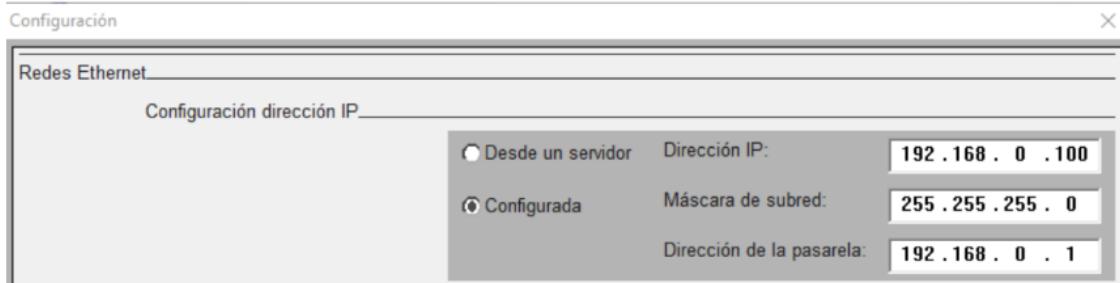
parámetros de comunicación, estableciendo la misma desde el inicio del proyecto. Una vez finalizado el desarrollo, se descargara sobre la pantalla mediante una conexión USB en primera instancia para pruebas, pero luego se permiten descargas vía Ethernet.

Vijeo Designer es una aplicación de software de última generación con la que el usuario puede crear paneles de operadores y configurar parámetros operativos para dispositivos de la interfaz usuario-máquina (HMI). Este programa proporciona todas las herramientas necesarias para el diseño de un proyecto HMI, desde la adquisición de datos hasta la creación y la visualización de sinopsis animadas.

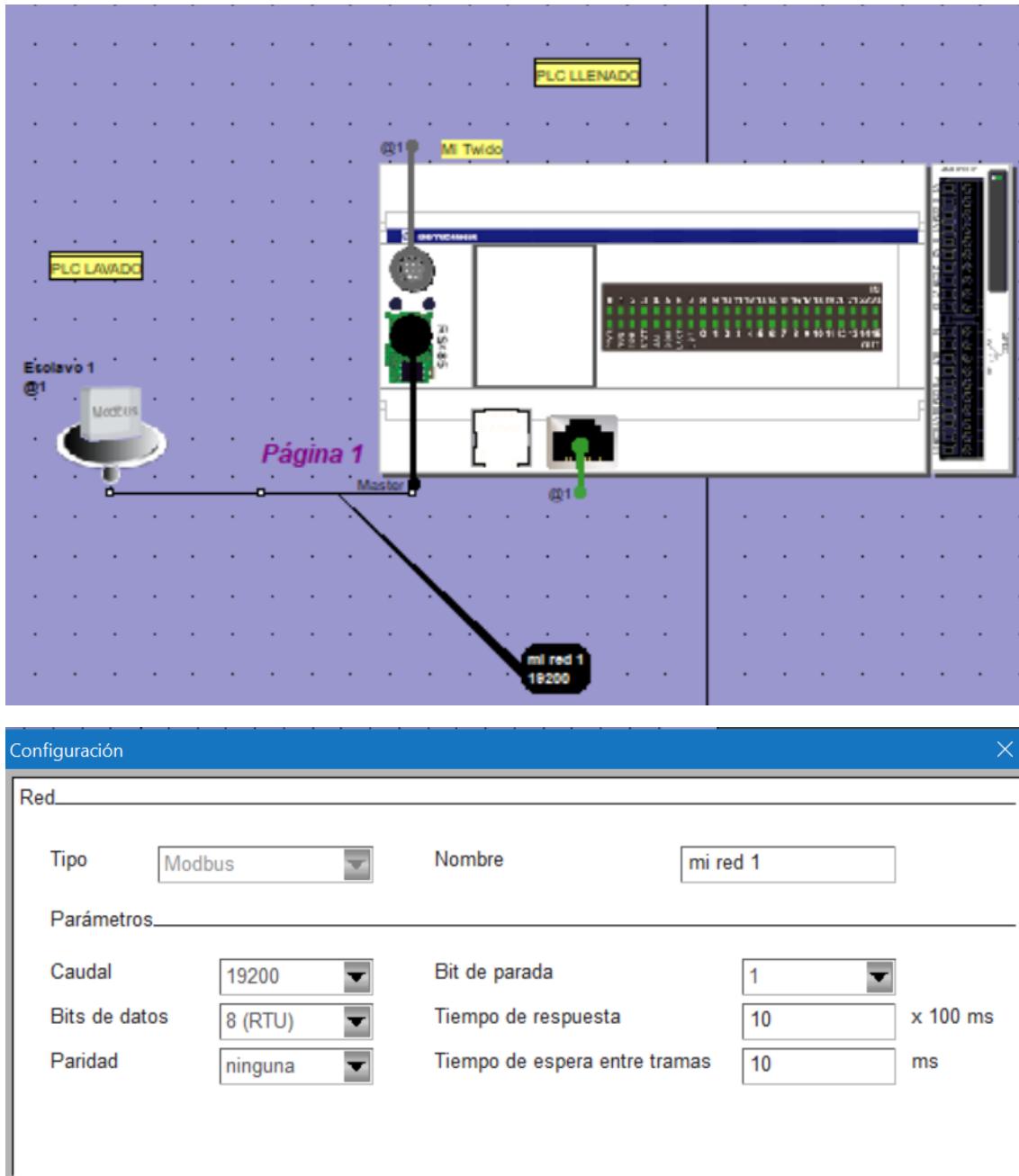
El HMI se comunicará con el PLC mediante el protocolo Modbus TCP/IP

Se configura el PLC dentro del TwidoSuite (software de programación destinado para desarrollo de proyectos, dentro de los autómatas de la línea Twido) para permitir la comunicación.

La comunicación Modbus TCP se logra utilizando el puerto Ethernet (COM3), configurado como un cliente dentro de la pasarela que se establecerá para comunicarlos.



La comunicación Modbus RTU se realiza agregando un adaptador serie de comunicación, tipo mini DIN con norma RS485. Se configura ese puerto de comunicación (COM2) como maestro, el cual enviará información (escritura/lectura) mediante un bus con la siguiente configuración:



Una vez realizadas las configuraciones iniciales del PLC junto con sus módulos de ampliación y sus puertos de comunicación, ya se puede proceder al desarrollo del programa.

Comunicaciones Modbus

Introducción

El protocolo Modbus es un protocolo master/slave que permite a un master, y sólo a uno, solicitar respuestas de los slaves o actuar dependiendo de la solicitud. El master puede dirigirse a los slaves individuales o iniciar un mensaje de difusión para todos los slaves. Los slaves devuelven un mensaje (respuesta) a las solicitudes que se les envían individualmente. No se devuelven respuestas a las solicitudes de difusión desde el master.

Master de Modbus: el modo master de Modbus permite al autómata enviar una solicitud Modbus a un slave y esperar su respuesta. El modo master de Modbus sólo se admite a través de la instrucción "EXCH" en los dispositivos Twido. El modo master de Modbus admite ASCII Modbus y RTU Modbus.

Slave de Modbus: el modo slave de Modbus permite al autómata responder a solicitudes Modbus realizadas desde un master de Modbus y es, además, el modo de comunicaciones predeterminado si no se ha configurado otro tipo de comunicación. El autómata Twido admite los datos Modbus y las funciones de control estándar y las ampliaciones de servicio para el acceso a objetos. El modo slave de Modbus admite ASCII Modbus y RTU Modbus. También es posible cambiar la dirección IP, la submáscara IP y la pasarela IP a través de ciertas %SW sin modificar la aplicación.

Estructura de la red

Medio Físico: El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica).

La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

Acceso al Medio: La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro: Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento («acknowledge»)).
- Mensajes difundidos. Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

Protocolo

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales, según se muestra en la figura 1. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3AH) y los caracteres CR y LF al final del mensaje. Pueden existir también

diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16.

Con independencia de estos pequeños detalles, a continuación, se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje:

:	Nº Esclavo (00-3FH)	Código de Operación	Subfunciones, Datos	LRC(16) H L	CR (0DH)	LF (0AH)
---	------------------------	---------------------	---------------------	----------------	-------------	-------------

Codificación ASCII

Nº Esclavo (00-3FH)	Código de Operación	Subfunciones, Datos	CRC(P16) H L
------------------------	---------------------	---------------------	-----------------

Codificación RTU

Modbus 1: Estructura de mensaje

Número de esclavo (1 byte): Permite direccionar un máximo de 63 esclavos con direcciones que van del 01H hasta 3FH. El número 00H se reserva para los mensajes difundidos.

Código de operación o función (1 byte): Cada función permite transmitir datos u órdenes al esclavo. Existen dos tipos básicos de órdenes:

- Órdenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo.
- Órdenes de control del esclavo y el propio sistema de comunicaciones (RUN/STOP, carga y descarga de programas, verificación de contadores de intercambio, etc.)

La figura 3 muestra la lista de funciones disponibles en el protocolo MODBUS con sus correspondientes códigos de operación.

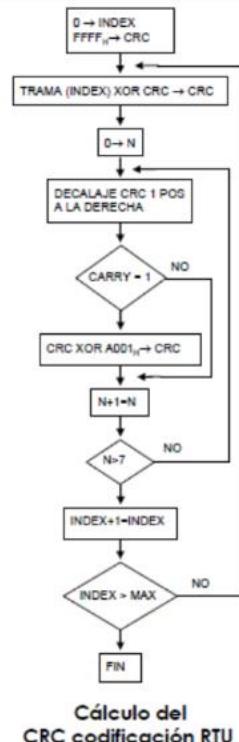
Campo de subsunciones/datos (n bytes): Este campo suele contener, en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de subsunciones en el caso de órdenes de control (función 00H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura, etc.

Palabra de control de errores (2 bytes): En código ASCII, esta palabra es simplemente la suma de comprobación ('checksum') del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII. En el caso de codificación RTU el CRC se calcula con una fórmula polinómica según el algoritmo mostrado en la figura 2.

Función	Código	Tarea
0	00 _H	Control de estaciones esclavas
1	01 _H	Lectura de n bits de salida o internos
2	02 _H	Lectura de n bits de entradas
3	03 _H	Lectura de n palabras de salidas o internos
4	04 _H	Lectura de n palabras de entradas
5	05 _H	Escrutura de un bit
6	06 _H	Escrutura de una palabra
7	07 _H	Lectura rápida de 8 bits
8	08 _H	Control de contadores de diagnósticos número 1 a 8
9	09 _H	No utilizado
10	0A _H	No utilizado
11	0B _H	Control del contador de diagnósticos número 9
12	0C _H	No utilizado
13	0D _H	No utilizado
14	0E _H	No utilizado
15	0F _H	Escrutura de n bits
16	10 _H	Escrutura de n palabras

Funciones básicas y códigos de operación

Modbus 3: Funciones básicas



Modbus 2: Calculo de CRC

Modbus TCP/IP

MODBUS® TCP/IP es una variante o extensión del protocolo Modbus que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP. De este modo, Modbus-TCP se puede utilizar en Internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su desarrollo.

En la práctica, un dispositivo instalado en Europa podría ser direccionado desde EEUU o cualquier otra parte del mundo. Las ventajas para los instaladores o empresas de automatización son innumerables:

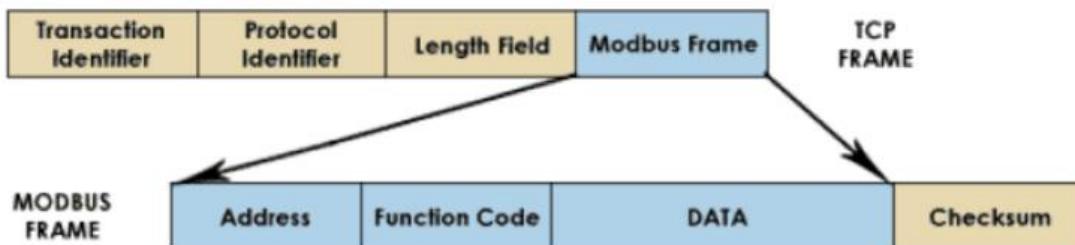
- Realizar reparaciones o mantenimiento remoto desde la oficina utilizando un PC, reduciendo así los costes y mejorando el servicio al cliente.
- Permite realizar la gestión de sistemas distribuidos geográficamente mediante el empleo de las tecnologías de Internet/Intranet actualmente disponibles.

MODBUS® TCP/IP se ha convertido en un estándar industrial de facto debido a su simplicidad, bajo coste, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto. En la actualidad hay cientos de dispositivos MODBUS® TCP/IP disponibles en el mercado. Se emplea para intercambiar información entre dispositivos, así como monitorizarlos y gestionarlos. También se emplea para la gestión de entradas/salidas distribuidas, siendo el protocolo más popular entre los fabricantes de este tipo de componentes.

La combinación de una red física versátil y escalable como Ethernet con el estándar universal de interredes TCP/IP y una representación de datos independiente de fabricante, como MODBUS®, proporciona una red abierta y accesible para el intercambio de datos de proceso.

El protocolo Modbus TCP

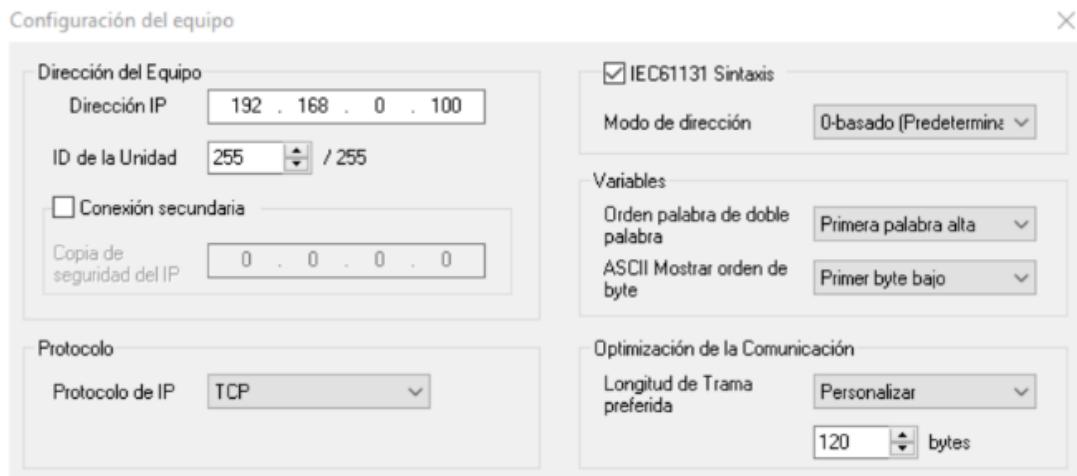
Modbus/TCP simplemente encapsula una trama Modbus en un segmento TCP. TCP proporciona un servicio orientado a conexión fiable, lo que significa que toda consulta espera una respuesta



Modbus 4: El segmento Modbus en trama TCP

Esta técnica de consulta/respuesta encaja perfectamente con la naturaleza Maestro/Escalvo de Modbus, añadido a la ventaja del determinismo que las redes Ethernet conmutadas ofrecen a los usuarios en la industria. El empleo del protocolo abierto Modbus con TCP proporciona una solución para la gestión desde unos pocos a decenas de miles de nodos.

La configuración de los parámetros como dirección IP, submáscara, IP de puerta de enlace y otros, se realiza mediante la herramienta de configuración del entorno de programación del HMI (Vijeo Designer V6.2).



Modbus 5: Asociación de variables de PLC a HMI mediante Modbus TCP

Configuración de la red

Ethernet 1	
Dirección IP	192 . 168 . 0 . 101
Máscara subred	255 . 255 . 0 . 0
Puerta enlace predeterminada	192 . 168 . 0 . 1
<input type="checkbox"/> DHCP	
Nombre del host	
<input type="checkbox"/> DNS	
Dirección IP	0 . 0 . 0 . 0

Modbus 6: Configuración de HMI

Fuente de alimentación para Módulos y HMI

El modelo de PLC seleccionado posee como tensión de funcionamiento 90 – 230 VAC, por lo que integra una fuente de alimentación interna. Adicional a esa fuente, se requiere una fuente externa para además alimentar los periféricos y la pantalla a utilizar.

Se plantea la posibilidad de usar dos fuentes, una para los periféricos y otra para la pantalla, de manera de que el accionamiento de elementos electromecánicos, los cuales pueden ser ruidosos, no afecten al funcionamiento de la pantalla.

Se adopta un par de fuentes de la marca Schneider Electric, línea Modicon Power Supply, modelo ABL8MEM24012.



Principal	
Rango de producto	Modicon Power Supply
Tipo de producto o componente	Alimentación
Tipo fuente de alimentación	Modo de encendido regulado
Nominal input voltage	100...240 V CA fase a fase, terminal(es): L1-L2 100...240 V CA monofásica, terminal(es): N-L1 120...250 V CC
Límites de tensión de entrada	85...264 V AC
Potencia nominal en W	30 W
Tensión de salida	24 V DC
Corriente de salida de alimentación	1,2 A

Sensor de Nivel Analogico

Los sensores analógicos entregan una señal normalizada de tensión o corriente, la cual es interpretada mediante una entrada del PLC, adaptada para realizar dicha función. Las normas más utilizadas en la industria son en tensión de 0 a 10 V y en corriente de 4 a 20mA

Dentro de los mismos, los hay de diferentes tipos para las magnitudes a medir. Se requiere realizar la medición del nivel de líquido dentro de las cisternas de almacenamiento de agua (Tanque Elevado y Cisterna máquina de llenado).

Se optó por trabajar con el sensor microsonic pico+TF, cuyas características son las siguientes:

ASPECTOS BÁSICOS

- › 1 salida de conmutación Push-Pull con conmutación pnp y npn en una salida
- › Salida analógica 4–20 mA o 0–10 V
- › 4 rangos de trabajo con un rango de medición de 20 mm a 1,3 m
- › Teach-in de microsonic por medio del Pin 5
- › Resolución de 0,069 mm a 0,10 mm
- › Compensación de la temperatura
- › Tensión de trabajo 10–30 V



El sensor ultrasónico de nivel pico+TF mide los niveles de llenado de líquidos

Relés de Interfaz

Los relés de interfaz son dispositivos que se utilizan como intermedio entre el autómata programable y las cargas a controlar, de manera de realizar una aislación eléctrica entre los sistemas. Estos relés garantizan una conmutación de señales fiable para todo tipo de máquinas y aislan eléctricamente los componentes electrónicos sensibles, como los integrados en los autómatas programables. Pueden utilizarse para conmutar cargas de CA o CC.



Se elige para el sistema desarrollado a los **HARMONY RSL slim interface relays, modelo RSL1PVBU, de Schneider Electric**. El mismo posee las siguientes características

- 1 contacto NA
- Tensión de funcionamiento 24VDC
- Corriente máxima de salida 6A/250V
- LED de estado

Caudalímetro electromagnético

Los caudalímetros electromagnéticos están basados en la Ley de Faraday y miden el paso de un líquido, eléctricamente conductor, a través del tubo de medición donde se induce una tensión eléctrica entre dos electrodos opuestos, cuando se le aplica un campo Electromagnético perpendicular al

mismo. Esta tensión es proporcional a la velocidad del líquido y, por lo tanto, a su caudal. La señal se transforma y amplifica por medio de una electrónica específica que proporciona una lectura local en una pantalla o “display” y unas salidas eléctricas digitales (Pulsos o Frecuencia) y analógica.

El caudalímetro electromagnético nos permitirá contar los pulsos de acuerdo al caudal necesario para llenar la botella.

Marca Contatec Modelo EMI-25



MODELO	PRESION Max (Bar)			TEMP. (°C)	CAUDALES (Litros / hora)		MATERIALES			CONEXIONES			DIMENSIONES L (mm)			
	Clamp NW	Bridas	Estándar		Min	Max	Interior	Electrodos		Brida	Rosca NW	Clamp	Brida	Rosca NW	Clamp	
								Estándar	Opción							
EMI-04	16	40	120	5	500	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN15 PN40	NW15	1/2"	200	214	220		
EMI-08	16	40	120	18	1.800	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN15 PN40	NW15	1/2"	200	214	220		
EMI-10	16	40	120	30	3.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN15 PN40	NW15	1/2"	200	214	220		
EMI-15	16	40	120	60	6.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN15 PN40	NW15	1/2"	200	214	220		
EMI-20	16	40	120	110	11.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN20 PN40	NW20	3/4"	200	214	220		
EMI-25	16	40	120	180	18.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN25 PN40	NW25	1"	200	190	175		
EMI-32	16	40	120	290	29.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN32 PN40	NW32	1 1/4"	200	190	175		
EMI-40	16	40	120	450	45.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN40 PN40	NW40	1 1/2"	200	280	273		
EMI-50	16	40	120	700	70.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN50 PN40	NW50	2"	200	284	273		
EMI-65	16	16	120	1.200	120.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN65 PN16	NW65	2 1/2"	200	292	273		
EMI-80	16	16	120	1.800	180.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN80 PN16	NW80	3"	250	362	333		
EMI-100	16	16	120	2.800	280.000	Teflón	AISI 316L	Titánio	DN100 PN16	NW100	4"	250	382	333		

C.2. Salida de Impulsos

La salida de Impulsos es proporcional al volumen de líquido que pasa por el equipo y se utiliza, sobre todo, en las dosificaciones de productos. Un pulso representa un volumen de líquido equivalente, como 1L o 1m³, etc.

Se puede seleccionar el valor de los Impulsos/litro mediante el parámetro 16 (**VOLxIMPULS**) (ver apartado 3.2.2). Los valores que se pueden seleccionar son: 0.001L, 0.01L, 0.1L, 1 L, 0.001 m³, 0.01 m³, 0.1 m³, 1 m³.

Importante: Hay que prestar especial atención a los siguientes casos:

- Si el caudal es alto y se selecciona una resolución de pulsos alta, se puede producir un solapamiento de pulsos y, por tanto, un error de lectura de la salida de impulsos.
- Si el caudal es demasiado bajo y se ha seleccionado una resolución baja, se producirá un pulso cada mucho tiempo, que podría afectar a la precisión, por ejemplo, de una dosificación.

Como el llenado de botellas se realizará mediante el conteo de pulsos del caudalímetro se necesitará utilizar los valores dado por el datasheet

Se elige una resolución de pulsos de 0.1L por pulso.

Se realiza una regla de 3 simple para obtener la cantidad de pulsos necesarios

$$\frac{1.5 \text{ } L \cdot 1}{0.1 \text{ } L} = 15 \text{ pulsos}$$

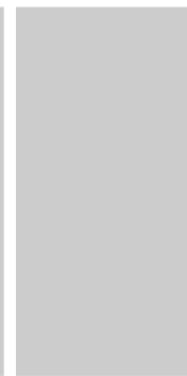
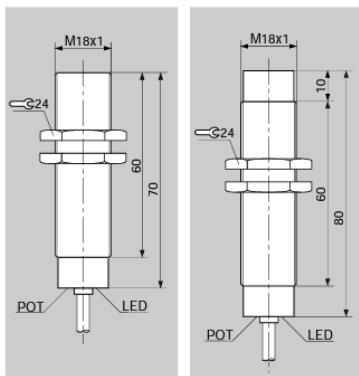
Sensor Capacitivo

Los sensores capacitivos son un tipo de sensor eléctrico.

Los sensores capacitivos (KAS) reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.

Estos sensores se emplean para la identificación de objetos, para funciones contadoras y para toda clase de control de nivel de carga de materiales sólidos o líquidos. También son utilizados para muchos dispositivos con pantalla táctil, como teléfonos móviles o computadoras ya que el sensor percibe la pequeña diferencia de potencial entre membranas de los dedos eléctricamente polarizados de una persona adulta.

El sensor elegido es el HC-P18NAE



PNP	Salida NA Salida NC	HC-P18NA HC-P18NC	HC-P18NAE HC-P18NCE		
Tamaño constructivo		M18x1	M18x1		
Tipo de montaje		enrasado	no enrasado		
Alcance nominal(Sn)		1,5...10 mm	2...15 mm		
Alcance de trabajo(St)		1,5...8 mm	2...12,2 mm		
Rango de tensión		10 a 30 VDC	10 a 30 VDC		
Tensión residual		<1,9V a 200mA	<1,9V a 200mA		
Corriente máxima de trabajo		200 mA	200 mA		
Corriente residual		≤80 µA	≤80 µA		
Consumo en vacío		<10 mA	<10 mA		
Protección contra cortocircuito		Sí	Sí		

Electroválvulas

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. Tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica, mediante magnetismo, en energía mecánica para accionar la válvula.

Se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos, debido a su funcionamiento de tipo llave, que permite pasar todo el fluido o cierra completamente el paso.

El funcionamiento de una electroválvula para agua es sencillo: la membrana de la válvula se apoya en el cuerpo con la ayuda del muelle, y evita que el agua pase por la presión que ella misma ejerce y que está unificada tanto en la parte inferior como en la superior. En el momento en que se envía una señal eléctrica al solenoide de la electroválvula, la bobina se imanta y levanta el émbolo. De esta manera, queda un pequeño agujero en la tapa de la válvula, por donde sale el agua de la cámara superior. Así, cambia la presión y se libera el orificio de paso general. Esto hace que se comuniquen la entrada y la salida de agua del cuerpo de la válvula.

Electroválvula de la marca Rain Bird modelo 100-HV-NPT:

- Presión: 15 a 150 psi (1,0 a 10,3 bar).

- Caudal: de 0,2 a 30 gpm (de 0,05 a 6.82 m³/h; de 0,01 a 1.89 l/s); para caudales inferiores 3 gpm (0,68 m³/h; 0,19 l/s) o cualquier aplicación de riego por goteo, use un filtro de malla 200 instalado en contracorriente.
- Temperaturas de funcionamiento: Temperatura del agua hasta 110 °F (43 °C); temperatura ambiente hasta 125 °F (52 °C).
- Corriente de entrada: 0.290 A 50/60 Hz
- Corriente de mantenimiento: 0.091A a 50/60 Hz
- Resistencia de la bobina del solenoide: 70-85 ohmios (40 °F - 110 °F)
- Solenoide de 24 V CA 50/60 Hz (ciclos por segundo)



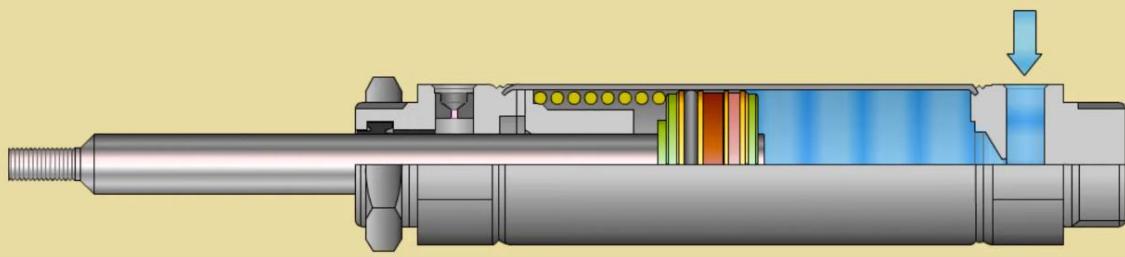
Cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos se utilizan para la automatización industrial son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al émbolo un vástago rígido, este mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o simplemente sujetarlo

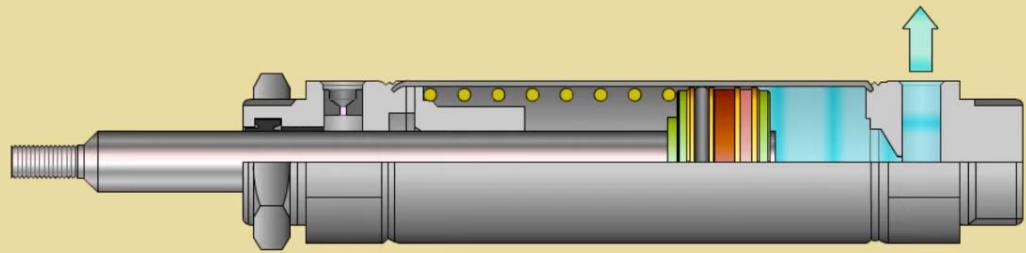
Cilindros neumáticos de simple efecto

Uno de sus movimientos está gobernado por el aire comprimido, mientras que el otro se da por una acción antagonista, generalmente un resorte colocado en el interior del cilindro. Este resorte podrá situarse opcionalmente entre el pistón y tapa delantera (con resorte delantero) o entre el pistón y su tapa trasera (con resorte trasero).

CILINDRO SIMPLE EFECTO



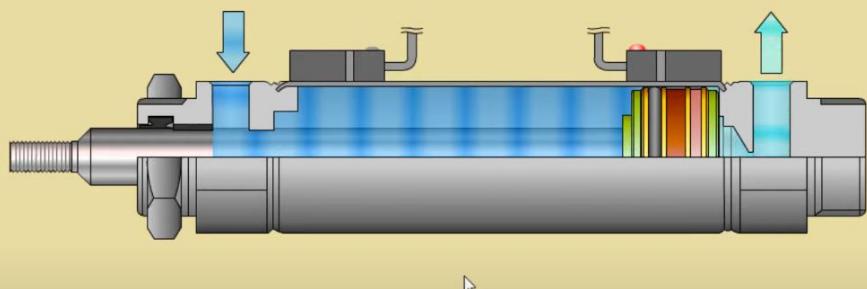
CILINDRO SIMPLE EFECTO



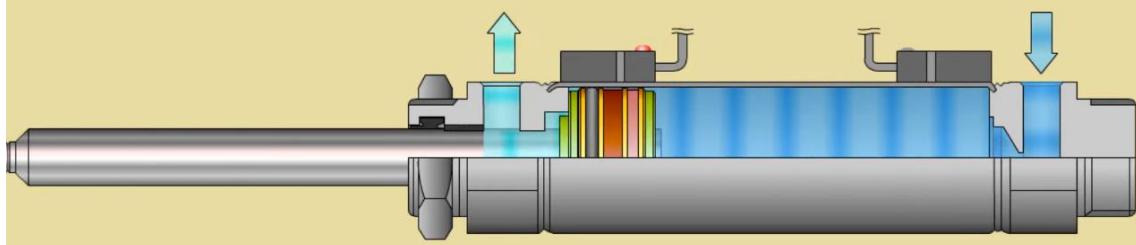
Cilindros neumáticos de doble efecto

El pistón es accionado por el aire comprimido en ambas carreras.
Realiza trabajo aprovechable en los dos sentidos de marcha.

CILINDRO DOBLE EFECTO



CILINDRO DOBLE EFECTO



Parada de emergencia

Al usar un HMI el tablero de control queda reducido únicamente a una parada de emergencia con un golpe de puño. Por esto, quedara seleccionado el mismo que se utilizó en el proyecto anterior, de la marca Schneider.



Harmony® XB7 monolithic

- Botón de emergencia, con giro para reconexión, modelo Harmony **XB7NS8445**

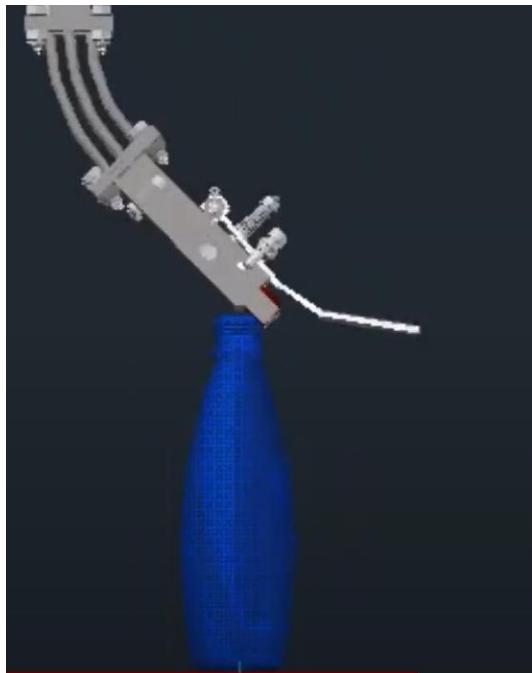
Sistema de Llenado

El sistema de llenado elegido será por medición de pulsos del caudalímetro electromagnético, se calculará los pulsos necesarios para llenar una botella de 1,5lts y se programará el PLC para que esta abra esa cantidad de pulsos la electroválvula.

La botella se dirige por la cinta transportadora hacia la zona de llenado, mediante la ayuda de sensores fotoeléctricos , contadores y dos cilindros neumáticos, la botella quedara justo debajo de la electroválvula la cual está sujeta a un cilindro neumático que permitirá que esta se introduzca unos 2,5cm (largo del pico) dentro de la botella para evitar posibles salpicaduras al sistema, luego se activa la electroválvula la cantidad de pulsos dados por el caudalímetro, suficiente para su llenado, y se contrae los cilindros neumáticos permitiendo que la botella siga hacia la zona de tapado.

Sistema de Tapado de envases

El tapado de los envases se realizará mediante cilindro neumático y motor DC, una vez realizado el llenado del envase en la etapa anterior se dirige por la cinta, se le coloca la tapa mediante un dispensador de tapas, avanza hasta llegar debajo del sistema de tapado, donde se encuentra un Motor DC con su respectivo molde roscador y un cilindro neumático que se activa al detectarse la botella mediante un sensor capacitivo colocado en la misma línea que el conjunto cilindro-motor.



Cilindro neumático y motor de 24vdc

Motor

Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

El motor está conectado a el cilindro neumático y a su vez el motor tiene un molde roscador, la altura standard de una botella de 1,5lts es aproximadamente 31,6cm, de los cuales 2,5cm son del pico de la botella, entonces el cilindro neumático tiene que estar a una altura suficiente para que al bajar ejerza presión sobre la tapa y luego el motor realiza el roscado.

Estos motores cuentan con drivers que se programan de acuerdo a la aplicación en la que se lo utilizara, además de funcionar como protección para el motor en el caso de que exista alguna falla en el sistema.

El motor utilizado es el siguiente:

MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA 24V 3000 RPM 57 W.

Motor eléctrico de corriente continua.

Funcionamiento a 24 voltios.

57 watos, 2,4 A.

2800 rpm.

Eje de 9 mm.

Brida B14 de 80mm.



Cilindro Neumático

Teniendo en cuenta que la fuerza que debe aplicar el cilindro para colocar la tapa es de 2kg aproximadamente, mediante el software del fabricante Festo se puede obtener el cilindro que se necesita, además de darnos los datos de la cantidad de aire por minuto que va a utilizar el mismo.

 Cilindro DSNU-8-80-P-A 19181	Tiempo de posicionamiento 600 ms
Diámetro del pistón 8 mm	Emisión de CO₂ / Ciclo 0 g
 Válvula VUVG-LK10-M52-AT-M7-1R8L-S 8042551	Consumo de aire/ Ciclo 0.08 l
Caudal 340 l/min	
Emisión de CO₂ por año ⓘ	3.64 kg
Consumo de energía por año ⓘ	12.11 kWh
Consumo de aire por año	105.6 m ³

El sistema está compuesto por 5 cilindros neumáticos (3 en la parte de llenado y dos en la parte de tapado).

Compresor de aire

Al utilizar los mismos cilindros en las diferentes partes del sistema, podemos calcular el compresor necesario para que genere la cantidad de aire suficiente para todo el sistema.

Para el cálculo del mismo se debe tener en cuenta la cantidad de l/min que consumen los cilindros neumáticos además de la cantidad de horas que estos trabajan.

Sección	Equipo	Cantidad	Consumo unitario (l/min)	Consumo total (l/min)	Coeficiente de utilización	Consumo útil
Llenado	Cilindro neumático	3	0,08	0,24	10/10 hs	0,24
Tapado	Cilindro neumático	1	0,08	0,08	10/10 hs	0,08

El coeficiente de utilización es la cantidad de tiempo de utilización del equipo respecto al tiempo total disponible. Tomamos una jornada laboral de 10hs de las cuales las 10hs se utiliza el equipo.

Consumo total útil: $0,24 + 0,08 = 0,32 \text{ l/min}$

Si dividimos por 1000 litros obtenemos en m³: $0,00032 \text{ m}^3/\text{min}$

Con este dato entramos al catálogo de sullair argentina y elegimos el siguiente compresor:

Línea 400 de Shoptek:



410

0,5	10	5	0,83	0,94	0,55
Caudal m³/min	Presión kg/cm²	Motor hp	Largo m	Alto m	Ancho m

Trampa de agua



Primero que nada, tenemos que saber que el aire genera condensado en su compresor. Esto es la acumulación de humedad que contiene el aire, que pasa a estado líquido. Este condensado puede dañar el equipo al generar oxidación o la pérdida de grasa. Por lo tanto, siempre es de primer orden, asegurarnos que el aire esté lo más seco posible. Para esto utilizaremos lo que se llama unidad de mantenimiento, que consta de tres partes:

- Regulador de presión: El regulador cumple la función de disminuir la presión que entra en nuestro equipo.
- Filtro o trampa de agua: Esta pieza retiene el agua producto del condensado y lo drena.
- Lubricador: Esta pieza tiene como objetivo enviar a través del aire partículas de aceite que ayuden a un buen engrase de todas las partes móviles de nuestro equipo neumático, evitando de esta manera el

desgaste por rozamiento que generaría mal funcionamiento y fugas a futuro en nuestro sistema.

Presostato

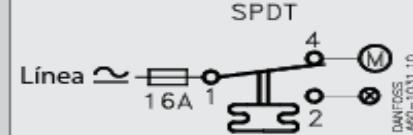
El presostato se le conoce también como interruptor de presión, y es un instrumento que se utiliza en un circuito neumático para abrir o cerrar el circuito eléctrico, dependiendo del valor de presión prefijado.

Uno de los usos más comunes del presostato es para el arranque y el paro de los compresores de pistón pequeños. Por otra parte, en el caso de los compresores de gran tamaño y los compresores rotativos, también se usan los presostatos, y en este caso se encargan de abrir o cerrar los contactos para que el control central ponga el compresor en carga o descarga.

Los presostatos son muy usados para proteger los motores en refrigeración, en el caso de que les falte aceite en el circuito. En estos casos se utilizan especialmente, presostatos diferenciales, los cuales funcionan por diferencia de presiones y no por una presión fija.

Por otra parte, los presostatos son muy empleados en los sistemas de seguridad. En este caso su función principal es controlar los valores de alta presión, además de detectar la presencia de presión de aire en diferentes circuitos. Se utilizará un presostato de la marca Danfoss el modelo KP36

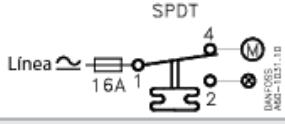
Presostato único

Descripción		KP 35, KP 36	KPI 35, KPI 36	KPI 38	KP 34, KP 35, KP 36, KP 37 versión de caldera
Temperatura ambiente [°C]		-40-65 °C (durante un máx. de 2 horas hasta 80 °C)			
Temperatura del medio [°C]		-40-100 °C			
Fluido		Medios gaseosos	Medios gaseosos y líquidos	Vapor, aire, medios gaseosos y líquidos	
Piezas en contacto con el fluido	Fuelles	Bronce fosforado o acero inoxidable	Bronce fosforado		Acero inoxidable
	Conector de presión	Acerro de fácil maquinado/ mecanización (niquelado) o acero inoxidable	Latón	Acerro de fácil maquinado (niquelado)	
Sistema de contacto		SPDT  Unipolar dos vias (SPDT)			
Carga de contacto, plata		Corriente alterna: CA-1: 16 A, 400 V CA-3: 16 A, 400 V CA-15: 10 A, 400 V	Corriente alterna: CA-1: 10 A, 440 V CA-3: 6 A, 440 V CA-15: 4 A, 440 V	Corriente alterna: CA-1: 16 A, 400 V CA-3: 16 A, 400 V CA-15: 10 A, 400 V	Corriente continua: CC-13: 12 W, 220 V
Carga de contacto, contactos chapados en oro		Consulte la información en la página 15			
Protección, grado IP30		La unidad debe montarse sobre una superficie plana/un racor plano y deben cubrirse todos los orificios no utilizados			
Protección, grado IP44		Montaje como IP30 más conexión de la cubierta superior, código 060-109766			
Protección, grado IP55		Unidad montada en un encapsulamiento especial IP55, código 060-033066 o 060-062866			
Entrada de cable		Entrada de prensaestopas de goma para cables de 6-14 mm de diámetro			
Montaje en la placa posterior/supporte mural		A prueba de vibraciones en el rango de 0 a 1000 Hz, 4 g [1 g = 9,81 m/s ²]			
Montaje en soporte de montaje en ángulo		No se recomienda en zonas donde se produzcan vibraciones			

Presostato, tipos KP 35 y KP 36

Tipo	Rango de ajuste P _e	Diferencial	Presión de funcionamiento admisible P _e	Presión de prueba máx.	Conexión de presión	Material de los contactos	Código
	[bar]	[bar]	[bar]	[bar]			
KP 35	-0,2-7,5	0,7-4,0	17	22	G 1/4 A	plata	060-113366 060-113391 ¹⁾
	-0,2-7,5	0,7-4,0	17	22	G 1/4 A	chapado en oro	060-504766
	-0,2-7,5	0,7-4,0	17	22	G 1/4 A	plata	060-538666 ²⁾
	-0,2-7,5	0,7-4,0	17	22	G 1/4 A	plata	060-450366 ³⁾
KP 36	2,0-14,0	0,7-4,0	17	22	G 1/4 A	plata	060-110866 060-110891 ¹⁾
	2,0-14,0	0,7-4,0	17	22	G 1/4 A	oro	060-113766
	2,0-14,0	0,7-4,0	17	22	G 1/4 A	plata	060-538766 ²⁾
	4,0-12,0	0,5-1,6	17	22	G 1/4 A	plata	060-122166
	4,0-12,0	0,5-1,6	17	22	G 1/4 A	oro	060-114466
	4,0-12,0	0,5-1,6	17	22	G 1/4 A	plata	060-450166 ³⁾

Sistema de contacto y aplicación

Tipo de interruptor: unipolar de dos vías (SPDT)	Acción del interruptor	Aplicación
SPDT  Línea \sim 16A 1	1. Terminales 1-4, cierre por arriba y apertura por abajo; los terminales 1-2 pueden utilizarse como alarma de baja presión	1. Desconexión de baja presión
SPDT	2. Terminales 1-2, apertura por arriba y cierre por abajo; los terminales 1-4 pueden utilizarse como alarma de alta presión	2. Interruptor de alta presión

Variador de Frecuencia

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Los variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por la frecuencia de AC suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación:

$$n = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Donde **n** es la velocidad de rotación del motor en RPM

f es la frecuencia de funcionamiento del motor

p el número de polos del motor.

La utilización de variadores de frecuencia para esta aplicación se dará para poder realizar ajustes finos y mejorar la coordinación entre ambas secciones (lavado y llenado).

Para este proyecto todos los variadores seleccionados son de la línea Altivar Machine ATV320 de Schneider. La empresa Schneider proporciona

variadores de frecuencia para distintas aplicaciones o de propósitos general. El caso de esta línea, es para propósitos generales. Los variadores se han seleccionado en función de la tensión de trabajo y de la potencia de los motores.

De esta forma, los variadores utilizados para las cintas serán:

Ficha técnica del producto

Especificaciones



VARIADOR 3X380-500V 0,37KW 0,5HP 1,5A

ATV320U04N4C

[Us] Tensión de alimentación 380...500 V - 15...10 %

Corriente de salida nominal 1,5 A

Potencia del motor en kW 0,37 kW para carga pesada

Complementario

Número de entrada digital

7

Entrada discreta

STO safe torque off, 24 V CC, impedancia: 1.5 kOhm
DI1...DI6 entradas lóg., 24 V CC (30 V)
DI5 programables como entrada de pulsos: 0...30 kHz, 24 V CC (30 V)

Lógica de entrada digital

Lógica positiva (source)
Lógica negativa (sink)

Número de salida digital

3

Salida discreta

Colector abierto DQ+ 0...1 kHz 30 V CC 100 mA
Colector abierto DQ- 0...1 kHz 30 V CC 100 mA

Número de entrada analógica

3

Tipo de entrada analógica

AI1 tensión: 0...10 V CC, impedancia: 30 kOhm, resolución 10 bits
AI2 tensión diferencial bipolar: +/- 10 V CC, impedancia: 30 kOhm, resolución 10 bits
AI3 corriente: 0...20 mA (o 4-20 mA, x-20 mA, 20-x mA u otros patrones según configuración),
impedancia: 250 Ohm, resolución 10 bits

Número de salida analógica

1

Tipo de salida analógica

Corriente configurable por software AQ1: 0...20 mA impedancia 800 Ohm, resolución 10 bits
Tensión configurable por software AQ1: 0...10 V CC impedancia 470 Ohm, resolución 10 bits

Y para el motor de la máquina de lavado, se utiliza:



Variable speed drive, Altivar Machine ATV320, 0.75 kW, 380...500 V, 3 phases, enclosed

ATV320U07N4W

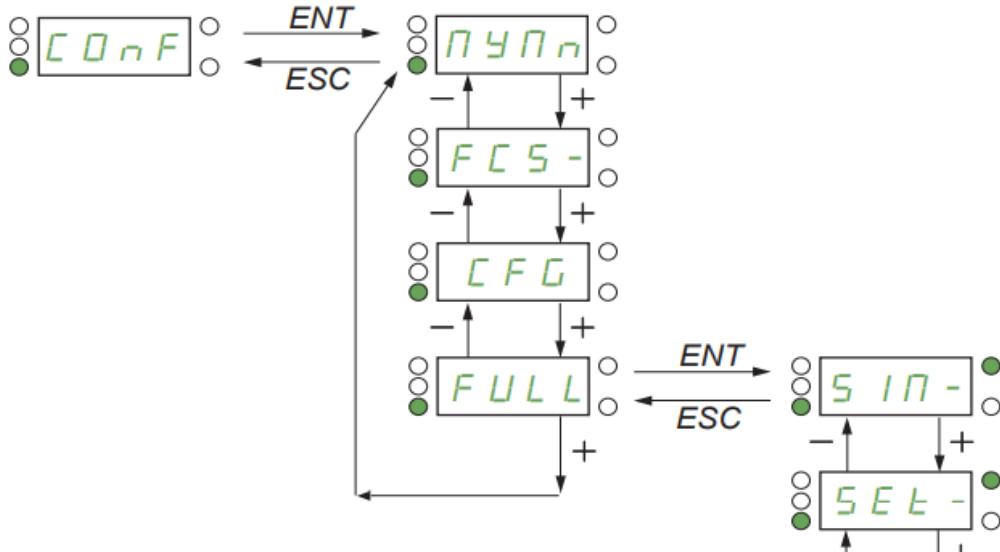
[Us] rated supply voltage	380...500 V - 15...10 %
Nominal output current	2.3 A
Motor power kW	0.75 kW for heavy duty
EMC filter	Class C2 EMC filter integrated
IP degree of protection	IP66

Complementary

Discrete input number	7
Discrete input type	STO safe torque off, 24 V DC, impedance: 1.5 kOhm DI1...DI6 logic inputs, 24 V DC (30 V) DI5 programmable as pulse input: 0...30 kHz, 24 V DC (30 V)
Discrete input logic	Positive logic (source) Negative logic (sink)
Discrete output number	3
Discrete output type	Open collector DQ+ 0...1 kHz 30 V DC 100 mA Open collector DQ- 0...1 kHz 30 V DC 100 mA
Analogue input number	3
Analogue input type	AI1 voltage: 0...10 V DC, impedance: 30 kOhm, resolution 10 bits AI2 bipolar differential voltage: +/- 10 V DC, impedance: 30 kOhm, resolution 10 bits AI3 current: 0...20 mA (or 4-20 mA, x-20 mA, 20-x mA or other patterns by configuration), impedance: 250 Ohm, resolution 10 bits
Analogue output number	1
Analogue output type	Software-configurable current AQ1: 0...20 mA impedance 800 Ohm, resolution 10 bits Software-configurable voltage AQ1: 0...10 V DC impedance 470 Ohm, resolution 10 bits

Como podemos ver en la hoja de datos, estos variadores de frecuencia dan muchas opciones de control al proyectista, ya sea por medio de comunicación mediante el protocolo ModBus, entradas analógicas, o simplemente una configuración fija. A su vez, posee salidas a relé que alertan sobre determinadas fallas del dispositivo y una salida analógica con la que podemos ver la velocidad de funcionamiento real del variador. El variador se configura desde un botón circular que tiene al frente, con este se ingresan a las configuraciones del mismo.

Lo primero que haremos es unas configuraciones básicas en las que añadiremos las características del motor, de la siguiente forma:



Esta es la forma en la que se entran a las configuraciones desde el guarda motor. Aquí entraremos en SIN, donde podemos configurar el modo de arranque (se explica más adelante), y otras cosas como:

Potencia nominal del motor

n P r	[Pot. nominal motor]	Según el calibre del variador
★	Potencia nominal del motor indicada en la placa de características en kW si [Frec.estándar motor] (b F r) se establece en [50Hz IEC] (5 D) o en HP si [Frec.estándar motor] (b F r) se establece en [60Hz NEMA] (6 D). Consulte [Pot. nominal motor] (n P r), página 108 .	

Tensión nominal del motor

u n 5	[Tensión Nom.Motor]	De 100 a 480 V	Según el calibre del variador
★	Tensión nominal del motor indicada en la placa de características. ATV320●●M2●: de 100 a 240 V – ATV320●●N4●: de 200 a 480 V. Consulte [Tensión Nom.Motor] (u n 5), página 108 .		

Corriente nominal del motor

n C r	[Int. Nominal Motor]	De 0,25 a 1,5 In (1)	Según el calibre del variador y [Frec. estándar motor] (b F r)
★	Intensidad nominal del motor indicada en la placa de características. Consulte [Int. Nominal Motor] (n C r), página 108 .		

El Altivar ATV320 además se entrega preajustado de fábrica para las condiciones de funcionamiento habituales:

- Visualización: Variador listo [Listo] (rdY) cuando el motor está preparado para su puesta en marcha y frecuencia del motor cuando el motor está en marcha.

- Las entradas lógicas LI3 a LI6, las entradas analógicas AI2 y AI3, la salida lógica LO1, la salida analógica AO1 y el relé R2 no están signados.
- Modo Parada cuando se detecta un fallo: rueda libre.

En la siguiente tabla se muestran la configuración por defecto del variador.

Código	Descripción	Valores de ajustes de fábrica	Página
bFr	[Frec.estándar motor]	[50Hz IEC]	88
tCC	[Control 2 / 3 hilos]	[Ctrl. 2 hilos] (2L): Control 2 hilos	87
tEt	[Tipo control motor]	[Estándar] (5E d): Ley de motor estándar	106
ACC	[Rampa aceleración]	3,0 segundos	89
DEC	[Rampa deceleración]	3,0 segundos	89
LSP	[Velocidad Minima]	0 Hz	89
HSP	[Vel.máxima]	50 Hz	89
rEH	[I Térmica motor]	Intensidad nominal del motor (valor en función de la capacidad del variador)	89
SdC 1	[Nivel Int.DC auto.1]	0,7 x corriente nominal del variador, durante 0,5 segundos	95
SFr	[Frecuencia de Corte]	4 kHz	96
Frd	[Marcha Adelante]	[LI1] (L 1 I): Entrada lógica LI1	127
rrS	[Asig. marcha Atrás]	[LI2] (L 2 I): Entrada lógica LI2	127
Fr 1	[Canal Ref. 1]	[AI1] (A 1 I): Entrada analógica AI1	155
rI	[Asignación R1]	[Sin fallo] (FLE): El contacto se abre cuando se detecta un fallo o cuando se ha desconectado el variador.	139
brA	[Adapt.rampa dec.]	[Si] (YE 5): Función activa (adaptación automática de rampa de deceleración)	173
Rtr	[Rearranque auto.]	[No] (n o): Función inactiva	256
Stt	[Tipo de parada]	[Paro rampa] (rNP): En rampa	174
CFG	[Macro configuración]	[MarchaParo] (5E 5)	84

Las configuraciones importantes con respecto al desarrollo del proyecto son:

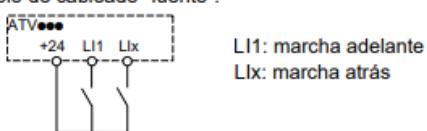
bFr: 50hz. La cual es la frecuencia de funcionamiento para los motores desarrollados en el país (la frecuencia de la red en la argentina).

tCC y Frd: Control de 2 hilos y entrada lógica LI1. Esto se puede ver en la siguiente imagen extraída del manual de programación:

[Ctrl. 2 hilos] (**2L**)

Control 2 hilos (funcionamiento por nivel): Es el estado (0 ó 1) o el flanco (de 0 a 1 ó de 1 a 0) de entrada que controla la marcha o la parada.

Ejemplo de cableado "fuente":



Como bien dice la imagen, tenemos pines de marcha hacia adelante o hacia atrás, esta última no es de interés ya que es las cintas y la máquina de lavado se moverán en un solo sentido. Por lo tanto, al cerrar el interruptor conectado a LI1 podremos arrancar el motor en el sentido deseado.

r1: Esta salida es para indicar fallos en el variador. Por defecto está configurado para no tener fallas. De esta manera, estará siempre activado, y cuando detecte una falla de cualquier forma, se desactivará.

A esta se le desea modificar la entrada analógica, activar la salida analógica y agregar una entrada de error.

Se decidió utilizar como medio de control la entrada analógica AI3. Esta entrada analógica funciona en relación a valores de corrientes, por lo tanto, la configuraremos de 4 a 20mA. Para asignar esta salida, primero entramos al menú de control y seleccionamos el canal de referencia 1 y seleccionamos el AI3.

Acceda a los parámetros que se describen en esta página mediante:

DRI>CONF>FULL>CTL

Código	Nombre/Descripción	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
FULL	[FULL] (continuación)		
CTRL	[CONTROL]		
Fr 1	[Canal Ref. 1]		
R11	[AI1] (R11): Entrada analógica A1		
R12	[AI2] (R12): Entrada analógica A2		
R13	[AI3] (R13): Entrada analógica A3		
LCC	[HMI] (LCC): Fuente del terminal gráfico o del terminal remoto		
Ndb	[Modbus] (Ndb): Modbus integrado		
CAn	[CANopen] (CAn): CANopen® integrado		
nEt	[Carta COM.] (nEt): Tarjeta de comunicaciones (si se ha insertado)		
Pi	[RP] (Pi): Entrada de pulsos		
Riu1	[AI red 1] (Riu1): Entrada analógica virtual 1 con el selector giratorio (sólo está disponible si [Perfil] (CHCF) no se ha establecido en [No separad.] (S1P))		
ORD1	[OA01] (ORD1): Bloques funcionales: Salida analógica 01		
...	...		
ORD10	[OA10] (ORD10): Bloques funcionales: Salida analógica 10		

Luego tenemos que entrar al menú de entradas y salidas, y buscamos la entrada analógica 3 y asignamos entrada de referencia 1 (son las mismas que para AI1).

Código	Nombre/Descripción	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
RL1-	[CONFIGURACIÓN AI1]		
R11R	[Asignaciones de AI1]		
	Parámetro de sólo lectura; no puede configurarse. Muestra todas las funciones asociadas a la entrada AI1 para comprobar, por ejemplo, si existen problemas de compatibilidad.		
no	[No] (no): No asignado		
R11	[Asigna. AO1] (R11): Salida analógica AO1		
Fr1	[Canal Ref.1] (Fr1): Fuente de referencia 1		
Fr2	[Canal Ref.2] (Fr2): Fuente de referencia 2		
SR2	[Ref.sumat.2] (SR2): Referencia sumatoria 2		
PiF	[Retorno PID] (PiF): Retorno PI (Control PI)		
tRR	[Limit.de par] (tRR): Limitación de par: Activación mediante un valor analógico		
dR2	[Ref.sustra.2] (dR2): Referencia de resta 2		
PiN	[Ref.PIDman] (PiN): Referencia de velocidad manual del regulador PI(D) (automática/manual)		
FP1	[Ref. Vel.PID] (FP1): Referencia de velocidad del regulador PI(D) (referencia predictiva)		
SR3	[Ref.sumat.3] (SR3): Referencia sumatoria 3		
Fr1b	[Canal ref.1B] (Fr1b): Fuente de referencia 1B		
dR3	[Ref.sustra.3] (dR3): Referencia de resta 3		
FLoC	[Forz.local] (FLoC): Fuente de referencia de forzado local		
MR2	[Ref.multip.2] (MR2): Referencia de multiplicación 2		
MR3	[Ref.multip.3] (MR3): Referencia de multiplicación 3		
PES	[Medid.peso] (PES): Elevación: Función de medición de carga externa		
RD1	[IA01] (RD1): Bloques funcionales: Entrada analógica 01		
...	...		
RD10	[IA10] (RD10): Bloques funcionales: Entrada analógica 10		

Luego pasamos a realizar la configuración de los parámetros:

R₁3 -	[CONFIGURACIÓN AI3]		
R₁3A	[Asignaciones de AI3] Igual que [Asignaciones de AI1] (R₁1A), página 134 .		
R₁3E	[Configuración AI3]		[Intensidad] (D R)
D R	[Intensidad] (D R): Entrada de corriente de 0 - 20 mA		
C_rL 3	[Valor mínimo AI3] Parámetro de escalado de corriente AI3 del 0%.	De 0 a 20,0 mA	0 mA
C_rH 3	[Valor máximo AI3] Parámetro de escalado de corriente AI3 del 100%.	De 0 a 20,0 mA	20,0 mA
R₁3F	[Filtro de AI3] Filtrado de interferencias.	De 0 a 10,00 s	0 s
R₁3L	[Rango de ajuste AI3] P o S n E G [0-100%] (P o S): Entrada unidireccional [+/-100%] (n E G): Entrada bidireccional Ejemplo: En una entrada de 4 - 20 mA 4 mA corresponde a la referencia -100%. 12 mA corresponde a la referencia 0%. 20 mA corresponde a la referencia +100%. Dado que AI3 es, en términos físicos, una entrada bidireccional, la configuración [+/-100%] (n E G) sólo se debe utilizar si la señal aplicada es unidireccional. Una señal bidireccional no es compatible con una configuración bidireccional.	[0-100%] (P o S)	

Configuramos el valor mínimo como 4mA y como máximo 20mA.

En rango ajustable seleccionaremos PoS para que la entrada sea unidireccional.

Para activar la salida analógica debemos hacer lo siguiente:

Acceda a los parámetros que se describen en esta página mediante: DRI->CONF>FULL>I_O->A01-

Código	Nombre/Descripción	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
I₋o -	[ENTRADAS/SALIDAS] (continuación)		
R_o1 -	[CONFIGURACIÓN AO1]		
R_o1	[Asignación AO1]		[No] (n o)
n o	[No] (n o): No asignado		
a Cr	[Int. motor] (a Cr): Corriente interna del motor entre 0 y 2 In (In = corriente nominal del variador indicada en el Manual de instalación y en la placa de características del variador)		
a Fr	[Frec. motor] (a Fr): Frecuencia de salida de 0 a [Frecuencia Máxima] (E Fr)		
a FS	[Fr.mot.signo] (a FS): Frecuencia de salida con signo entre - [Frecuencia Máxima] (E Fr) y + [Frecuencia Máxima] (E Fr)		
a r P	[Sal. rampa] (a r P): De 0 a [Frecuencia Máxima] (E Fr)		
E r q	[Par motor] (E r q): Par motor entre 0 y 3 veces el par nominal del motor		
S E q	[Par c/signo] (S E q): Par motor con signo entre -3 y +3 veces el par nominal del motor. El signo + corresponde al régimen de motor y el signo - al régimen de generador (frenado).		
a r S	[Rampa sig.] (a r S): Salida de rampa con signo entre - [Frecuencia Máxima] (E Fr) y + [Frecuencia Máxima] (E Fr)		
a P S	[Ref. PID] (a P S): Referencia del regulador PID entre [Ref. mínima PID] (P ,P I) y [Ref. máxima PID] (P ,P 2).		
a P F	[Retorno PID] (a P F): Retorno del regulador PID entre [Retorno mínimo PID] (P ,P I) y [Ret. máximo PID] (P ,P 2)		
a P E	[Error PID] (a P E): Error del regulador PID entre -5% y +5% del ([Ret. máximo PID] (P ,P 2) - [Retorno mínimo PID] (P ,P I))		
a P r	[Salida PID] (a P r): Salida del regulador PID entre [Velocidad Mínima] (L 5 P) y [Vel.máxima] (H 5 P)		
a P r	[Pot. salida] (a P r): Potencia del motor entre 0 y 2,5 veces la [Pot. nominal motor] (n P r)		
u o P	[Tens. mot.] (u o P): Tensión aplicada al motor entre 0 y la [Tensión Nom.Motor] (u n P)		
E H r	[Térmic.mot] (E H r): Estado térmico del motor entre el 0 y el 200% del estado térmico nominal		
E H r 2	[Térmic.mot2] (E H r 2): Estado térmico del motor 2 entre el 0 y el 200% del estado térmico nominal		
E H r 3	[Térmic.mot3] (E H r 3): Estado térmico del motor 3 entre el 0 y el 200% del estado térmico nominal		
E H d	[Térmico var.] (E H d): Estado térmico del variador entre el 0 y el 200% del estado térmico nominal		
E 9 L	[Limit. Par] (E 9 L): Limitación de par entre 0 y 3 veces el par nominal del motor		
d D 1	[DO1] (d D 1): Asignación a una salida lógica. Esta asignación sólo puede aparecer si se ha asignado [Asignación DO1] (d o 1). Esta es la única opción posible en este caso y sólo se muestra a título informativo.		
E 9 N 5	[Par 4Q] (E 9 N 5): Par motor con signo entre -3 y +3 veces el par nominal del motor. Los signos + y - corresponden al sentido físico del par, independientemente del régimen (de motor o de generador).		
a R D 1	[OA01] (a R D 1): Bloques funcionales: Salida analógica 01		

Aquí seleccionamos oFr, que es la frecuencia del motor. De esta forma podremos saber a qué frecuencia está funcionando realmente el motor en relación a la que solicitamos a la entrada.

Luego seleccionamos configuramos la salida deseada, en nuestro caso la configuraremos en voltaje. Y luego seleccionaremos los parámetros mínimos y máximos, los cuales serán 0V y 10V

R_a I_E	[Configuración AO1]	[Intensidad] (O_R)	
I _{Ou} O _R	[Tensión] (I _{Ou}): Salida de tensión [Intensidad] (O _R): Salida de corriente		
R_a L₁ ★	[Valor mínimo AO1] Se puede acceder a este parámetro si [Configuración AO1] (R _a I _E) se ha establecido en [Intensidad] (O _R).	De 0 a 20,0 mA	0 mA
R_a H₁ ★	[Valor máximo AO1] Se puede acceder a este parámetro si [Configuración AO1] (R _a I _E) se ha establecido en [Intensidad] (O _R).	De 0 a 20,0 mA	20,0 mA
u_a L₁ ★	[Valor mínimo AO1] Se puede acceder a este parámetro si [Configuración AO1] (R _a I _E) se ha establecido en [Tensión] (I _{Ou}).	De 0 a 10,0 V	0 V
u_a H₁ ★	[Valor máximo AO1] Se puede acceder a este parámetro si [Configuración AO1] (R _a I _E) se ha establecido en [Tensión] (I _{Ou}).	De 0 a 10,0 V	10,0 V
R_S L₁	[Escala mín. AO1] Escalado del límite inferior del parámetro asignado como % de la variación máxima posible.	De 0 a 100,0%	0%
R_S H₁	[Escala máx. AO1] Escalado del límite superior del parámetro asignado como % de la variación máxima posible.	De 0 a 100,0%	100,0%
R_a I_F	[Filtro AO1] Filtrado de interferencias. Este parámetro se fuerza a 0 si [Asignación AO1] (R _a I) se ha establecido en [D01] (d _a I).	De 0 a 10,0 s	0 s

Por último, configuraremos la salida de error R2. Como vimos al principio, R1 está configurada por defecto para activarse siempre y cuando no haya una falla, en este caso, configuraremos R2 para que este activa siempre y cuando el variador este en marcha.

Acceda a los parámetros que se describen en esta página mediante: DRI -> CONF > FULL > I_O- > R1-

Código	Nombre/Descripción	Rango de ajuste	Ajuste de fábrica
r₋ o₋	[ENTRADAS/SALIDAS] (continuación)		
r₁ -	[CONFIGURACIÓN R1]		
r_a I	[Asignación R1]		[Sin fallo] (F_L E)
r_a n_a F_L E	[No] (n _a): Sin asignar [Sin fallo] (F _L E): Estado de detección de fallos del variador (rele normalmente en tensión y sin tensión en caso de que se produzca un error).		
r_a u_n F_E R	[Var.marcha] (r _a u _n): Variador en marcha [Nivel freq.alcanzado] (F _E R): Umbral de frecuencia alcanzado ([Nivel Frecuencia] (F _E d), página 103)		
F_L R	[V.máx.alc.] (F _L R): Velocidad máxima alcanzada		
L_E R	[Nivel Int.alc.] (L _E R): Umbral de corriente alcanzado ([Nivel de intensidad] (L _E d), página 103)		
S_r R	[R.Frec.alc.] (S _r R): Referencia de frecuencia alcanzada		
E₅ R	[T.mot.alc.] (E ₅ R): Estado térmico del motor 1 alcanzado		
P_E E	[Al.error PID] (P _E E): Alarma de error PID		
P_F R	[Al.ret. PID] (P _F R): Alarma de retorno PID		
F₂ R	[Nivel freq.2 alcanz.] (F ₂ R): Umbral de frecuencia 2 alcanzado ([Nivel Frecuencia 2] (F ₂ d), página 103)		
E_R d	[Térn.var.alc.] (E _R d): Estado térmico del variador alcanzado		
u_L R	[Al.Subcar.Pr] (u _L R): Alarma de subcarga		
a_L R	[Al.Sobrec.pr] (a _L R): Alarma de sobrecarga		
r_s d_R	[Tens.cable] (r _s d _R): Tensado del cable (consulte el parámetro [Conf.cable destens.] (r _s d), página 206)		
E_E H_R	[Al.Par alto] (E _E H _R): Par motor superior al nivel de par alto [Nivel par alto] (E _E H), página 103		
E_E L_R	[Al.Par Bajo] (E _E L _R): Par motor inferior al nivel de par bajo [Nivel par bajo] (E _E L), página 103		
N_F r_d	[M.adelante] (N _F r _d): Motor en rotación hacia delante		
N_r r₅	[March.atrás] (N _r r ₅): Motor en rotación hacia atrás		
E_S 2	[T.mot2 alc.] (E _S 2): Umbral térmico del motor 2 (TTD2) alcanzado		
E_S 3	[T.mot3 alc.] (E _S 3): Umbral térmico del motor 3 (TTD3) alcanzado		
R_E 5	[Par neg.] (R _E 5): Par negativo (frenado)		

Según el manual, la salida R2 se asigna igual que R1, por lo tanto, buscamos R2, entramos y seleccionamos run.

De esta forma se han realizado todas las configuraciones necesarias para iniciar la marcha de los variadores.

Instalación eléctrica

Cables y protecciones termomagnéticas

Una vez seleccionado todos los artefactos eléctricos, se procede a hacer cálculos y selección de elementos de alimentación y protección del circuito.

Esto consta de cables, protecciones contra cortocircuitos y sobrecargas, y elementos de control de potencia.

Para calcular los cables, se deben analizar los consumos de todas las cargas.

En una planilla de cálculos de Excel se ingresarán los valores de potencia aparente o activa, $\cos\varphi$, o bien el consumo de corriente que tenga cada dispositivo que se conectara a esta red.

Si se poseen datos de potencia aparente se utilizará la ecuación:

$$I = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}}$$

Si se poseen datos de potencia activa y factor de potencia, se utiliza:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}}$$

No se considerará el cálculo de caída de tensión, debido a que se tratan cargas de baja potencia y longitudes pequeñas.

En la siguiente tabla se mostrarán los cálculos desarrollados en una planilla de Excel (considere que la planilla era demasiado grande para este tamaño de hoja, así que se debe leer cada fila de cada imagen como si estuvieran una al lado de la otra)

	Circuito	Fase	POTENCIA (W)		POTENCIA (VA)		COS FI	Corrientes (A)
			Monofásica	Trifásica	Monofásica	Trifásica		
			(W)	(kW)	(VA)	(kVA)		
Tomas de Uso Especial y ACU	Motor cinta		0	0,060	0,11	0,56	0,16	
	Bomba		0	0,470	0,72	0,65	1,10	
	Compresor		0	3,729	4,39	0,85	6,66	
	PLC	R	174	0	173,80	1	0,79	
	Fuente 24V	S	682	0	682	1	3,10	
	Total		0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	

Corriente por R (A)	Corriente por S (A)	Corriente por T (A)	Sección de conductor (mm ²)	GDC(V.mm ² /A.m)	GDC(V.mm ² /A.m) Motores	Longitud (m)	Caida de tension porcentual	Corriente admisible del conductor
0,16	0,16	0,16	1,5	0,035		5	0,00%	14
1,10	1,10	1,10	1,5	0,035		5	0,03%	14
6,66	6,66	6,66	2,5	0,035		5	0,12%	18
0,79	-	-	1,5	0,035		2	0,01%	15
-	3,10	-	2,5	0,035		5	0,06%	21
8,72	11,03	7,93						

Calibre de P.I.A (A)	ITM Seleccionado - Norma IEC 60898 / 60947-2 / 60947-3	Verificación de P.I.A	Estado de carga del alimentador
10	In 4X10 A -6kA	OK	1,16%
10	In 4X10 A -6kA	OK	7,85%
16	In 4X16 A -6kA	OK	37,03%
10	In 4X10 A -6kA	OK	5,27%
10	In 4X10 A -6kA	OK	14,76%

De esta manera, se conocen los valores de cables y su respectiva protección termomagnética.

La protección termomagnética o interruptor termomagnético, es una protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Para calcular la sección del alimentador se deben utilizar cálculos similares a los anteriores. En este caso, como las distancias dentro de la industria entre el tablero principal y el tablero de control pueden ser muy grandes, se verificará la caída de tensión de este cable. Se utilizará la ecuación obtenida de la reglamentación de la AEA:

$$\Delta U = GDC \cdot \frac{I \cdot L}{S}$$

Donde:

GDC=Gradiente de caída (GDC)

I= intensidad de la corriente de línea en ampere.

L = longitud del circuito en metros.

S = sección nominal de los conductores en mm²

El GDC varía en función al material del cual está hecho el conductor y de si es una instalación trifásica y monofásica.

Tipo de sistema	Gradiente de caída (GDC)	
	Carga común ($\cos \varphi = 0,8$ (1))	
	Cobre	Aluminio
Monofásico	0,040	0,063
Trifásico	0,035	0,055

Se elige el valor de 0,035

Veamos los consumos de totales del circuito:

Analisis de corrientes y potencias				
	R	S	T	Trifasica
Corriente (A)	3,48	4,40	3,16	
P (W)	637	841	568	2046
Q (VAr)	566	739	507	1812
S (VA)	765	968	696	2429
$\cos(\varphi)$	0,83	0,87	0,82	0,84

Teniendo en cuenta estos consumos y que además las normas indican que los cables alimentadores de tableros seccionales indican que tienen que ser como mínimo de 4mm², se selecciona este cable.

Dimensionamiento del conductor de alimentacion			
Seccion (mm ²)	Longitud (m)	GDC(V.mm ² /A.m)	Caida de tension porcentual
4	45	0,035	0,46%
Corriente admisible del conductor	Verificacion de seccion		Estado de carga del alimentador
25	OK		17,61%

Con la sección elegida, se verifica caída de tensión y que admite la tensión solicitada.

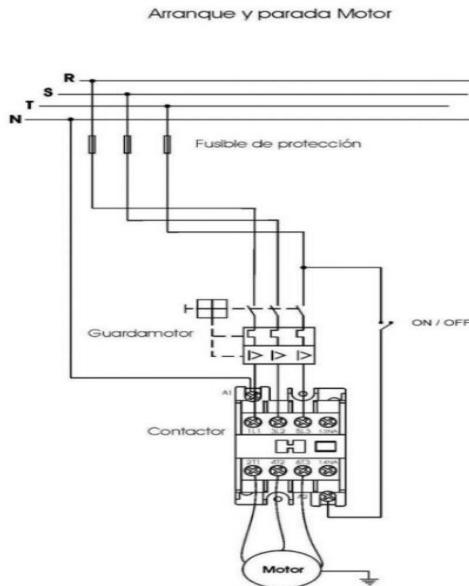
Guardamotor

El bobinado del motor está preparado para trabajar en forma permanente con los valores de corriente que se indican en la placa; si esos valores se superan, se produce un sobrecalentamiento que acorta la vida útil del motor o directamente provoca su destrucción. La forma más usual de proteger un motor es limitar la corriente que pueda demandar. Para ello se utiliza un interruptor de protección que se denomina “**guardamotor**”, cuyo funcionamiento es muy similar a un interruptor termomagnético común.

En un interruptor termomagnético la corriente nominal es fija (10 A, por ejemplo), en cambio, en un guardamotor la corriente nominal es regulable dentro de un cierto rango (entre 9 y 12,5 A, por ejemplo). La corriente nominal

que se ajuste en el guardamotor debe ser igual a la corriente a plena carga del motor.

Un guardamotor cuenta con un selector rotativo de la corriente nominal y un interruptor que puede ser accionado con botones de ON/OFF o con perilla según el caso. Cuando se produce el relevo térmico, la restauración de la conexión se debe realizar manualmente.



Para los motores que están en el circuito (motores de cintas, máquina de lavado y bomba) vamos a usar un guardamotor de la marca Schneider Electric de su línea TeSys GV2. Los cuales cuentan con una característica termomagnética.

El motor de la cinta posee una corriente nominal de 0.16A por lo que se selecciona el modelo GV2ME01, el cual cuenta con una corriente de protección térmica ajustable entre 0.1A y 0.16A y un disparo magnético a los 1.5A. A continuación, se mostrará datos técnicos de este dispositivo:



**Motor circuit breaker,TeSys
Deca,3P,0.1-0.16A,thermal
magnetic,screw clamp
terminals,button control**

GV2ME01

Control type	Push-button
[In] rated current	0.16 A
Thermal protection adjustment range	0.1...0.16 A
Magnetic tripping current	1.5 A
[Ue] rated operational voltage	690 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2
[Ui] rated insulation voltage	690 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2

Para hacer uso de señalizaciones en caso de actuar la protección agregamos un módulo con dos contactos auxiliares pensados para trabajar con esta línea de guardamotores. Cuando se busca el guardamotor en la página de Schneider, el motor de búsqueda de este, nos indica todos los equipos adicionales que puede tener este. El modelo de este contacto auxiliar es GVAE11 y el tipo de montaje es frontal y cuenta con un contacto NC y un contacto NA.



Auxiliary contact block, TeSys Deca, 1NO+1NC, front mounting, for GV2

GVAE11

La bomba posee una corriente nominal de 1.1A por lo que se selecciona el modelo GV2ME06, el cual cuenta con una corriente de protección térmica ajustable entre 1A y 1.6A y un disparo magnético a los 22.5 A. A continuación, se mostrará datos técnicos de este dispositivo:



Motor circuit breaker, TeSys Deca, 3P, 1-1.6A, thermal magnetic, screw clamp terminals, button control

GV2ME06

Control type	Push-button
[In] rated current	1.6 A
Thermal protection adjustment range	1...1.6 A
Magnetic tripping current	22.5 A

Los contactos auxiliares designados para este guardamotor son los mismos que para el anterior.

El motor de la máquina de lavado posee una corriente nominal de 1,5A. Por lo tanto, se selecciona el:



Guardamotor MagnetoTérmico 3P 1/1,6A 100Ka

GV2ME06

Número de polos

3P

Corriente nominal

1,6 A

Corriente de disparo magnética

22,5 A

Tensión asignada de empleo

690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2

[Ith] Intensidad térmica
convencional

1,6 A conforme a IEC 60947-4-1

Para el compresor, dado el que se eligió, se considera que este tiene todas sus protecciones para salvaguardar su motor. Solamente se designa una térmica para proteger su cable. Este está designado arriba en la primera tabla de esta sección.

Contactares

Estos se designan en función de la corriente nominal de la carga.

El compresor tiene una corriente nominal de 6.6A a 380V. Dado que no existen contactares para este valor de corriente, se tiene que seleccionar el inmediato superior. Este es un LC1KT206BLS207, que es un contactor tetrapolar de 20A con una bobina de control de 24V DC.



Contactor, TeSys K, 4P(4NO), AC-1, 20A, 24V DC low consumption coil

LC1KT206BLS207

Complementary

Utilisation category	AC-1
Poles description	4P
Power pole contact composition	4 NO
[Ue] rated operational voltage	Power circuit: 690 V AC 50/60 Hz
[Ie] rated operational current	20 A (at <50 °C) at <= 440 V AC AC-1 for power circuit 16 A (at <70 °C) at <= 440 V AC AC-1 for power circuit
Control circuit type	DC low consumption
[Uc] control circuit voltage	24 V DC
[Uimp] rated impulse withstand voltage	8 kV

Para la bomba, podemos encontrar en el motor de búsqueda de Schneider como adicional, el contactor que puede ir para estos guardamotores. Dado que el motor es de baja potencia y el guardamotor es de corriente baja, Schneider sugiere el mismo contactor que es un LC1K06106BLS207, que es un contactor tripolar de 6A (el de menor corriente que tiene Schneider) y bobina de control de 24V DC.



**Contactor, TeSys K, 3P, AC-3
<=440V 6A, 1NO aux., 24V DC low consumption coil**

LC1K06106BLS207

Complementary

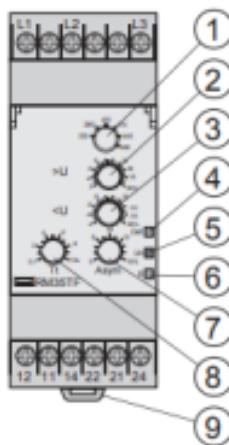
Utilisation category	AC-1 AC-3
Poles description	3P
Power pole contact composition	3 NO
[Ue] rated operational voltage	Power circuit: 690 V AC 50/60 Hz Signalling circuit: <= 690 V AC 50/60 Hz
[Ie] rated operational current	6 A at <= 440 V AC AC-3 for power circuit
Control circuit type	DC low consumption
[Uc] control circuit voltage	24 V DC

Protector por Falta de Fase

De las protecciones que ya seleccionamos ninguna nos provee una protección contra fallas o anomalías en el suministro de la red eléctrica, las cuales pueden ser asimetrías en las tensiones de fases, tensiones bajas, sobretensiones, falta de alguna de las fases o incluso la secuencia de la red. Para la protección de falta de fase hacemos uso de un relé de control de fases multifunción de la marca Schneider Electric, modelo RM35TF30. Este modelo

incluye adicionalmente todas las protecciones ante las posibles fallas mencionadas. Las características de esta protección son las siguientes:

RM35 TF30



Principal

Gama de producto	Zelio Control
Tipo de producto o componente	Relés modulares de medición y control
Tipo de relé	Relés control multifunción
Aplicación específica de producto	P/ alimentación trifásica
Nombre de relé	RM35TF
Parámetros monitorizados del relé	Asimetría Deteción fallo de fase Secuencia de fase Tensión baja y sobretensión en modo ventana
Tipo de tiempo de retraso	Adjustable ((*)) 0.1...10 s, +/- 10 % del valor de escala completa
Capacidad de commutación en VA	1250 VA
Rango de medida	208...480 V tensión AC

Además, cuenta con un relé de doble inversión para hacer uso en la etapa de control. Para su configuración posee 5 potenciómetros que se describen a continuación y la configuración que elegimos:

1. Selector de voltaje de servicio. Seleccionamos 380V.
2. Porcentaje de sobre voltaje. Seleccionamos 15%.
3. Porcentaje de bajo voltaje. Seleccionamos 15%.
7. Porcentaje de asimetría. Seleccionamos 10%
8. Temporización del apagado de los relés de salidas en caso de falla. Seleccionamos 2 segundos.

Conclusiones

Finalizado el desarrollo del proyecto, se pueden realizar algunas observaciones al resultado obtenido, en cuanto a los objetivos, a los puntos fuertes, a sus limitaciones y/o falencias y las mejoras posibles.

En lo que respecta a los objetivos planteados en un principio, se puede decir con total seguridad que fueron cumplidos, ya que se logró obtener un dispositivo automatizado y controlado en la medida de lo esperado: su operación es sencilla, se redujo mucho la necesidad de interacción operador – maquina, se amplió la funcionalidad de la maquina primitiva, etc.

Sus puntos fuertes radican en lo mencionado en el anterior párrafo, ya que con el resultado obtenido se puede realizar múltiples procesos con una mínima intervención. La máquina se encuentra preparada para reaccionar frente a anomalías, de manera tal de generar alarmas en casos de malfuncionamientos y parar los procesos súbitamente para evitar daños en la misma.

Posee un diseño robusto, dimensionado para funcionar en óptimas condiciones, y puede ser redimensionado en diferentes escalas manteniendo la programación.

La implementación de un variador de frecuencia para cada motor nos da la posibilidad de ajustar las velocidades para poder coordinar ambas secciones y hacer ajustes finos para evitar caídas de botellas, paradas controladas de un solo punto, obtención de datos de fallas en el motor, etc.

La implementación de sensores de nivel analógico para poder obtener variaciones más finas en cuanto al nivel de agua en el tanque y la cisterna.

La implementación de una HMI y de sensores analógicos solucionan las falencias planteadas en el proyecto presentado para automatización industrial 1, tales como:

- Visualización de variables de manera más flexible utilizando lo mencionado en el punto anterior.
- Visualización de fallas específicas ya sean provenientes de los variadores, o de las distintas secciones del proyecto.

De esta forma, las actualizaciones al sistema pueden ser mínimas en lo que se refiera a hardware y resto podrían ser en software para hacer más eficiente el control del sistema.

Anexo

Tablas

Entradas PLC Maestro			
Nombre	Símbolo	Descripción	
S1	%I0.0	Interruptor de inicio	
S2	%I0.1	Interruptor de parada	
CAU	%I0.2	Caudalímetro	
SC1	%I0.3	Sensor capacitivo 1	
SC2	%I0.4	Sensor capacitivo 2	
C1	%I0.5	Sensor capacitivo Contador 1	
C2	%I0.6	Sensor capacitivo Contador 2	
PRE	%I0.7	Presostato	
SCT	%I0.8	Sensor Capacitivo Tapado de botellas	
SCF1	%I0.9	Sensor cilindro neumático vástagos fuera	
SCD1	%I0.10	Sensor cilindro neumático vástagos dentro	
SCF2	%I0.11	Sensor cilindro neumático vástagos fuera	
SCD2	%I0.12	Sensor cilindro neumático vástagos dentro	
SCF3	%I0.13	Sensor cilindro neumático vástagos fuera	
SCD3	%I0.14	Sensor cilindro neumático vástagos dentro	
SCF4	%I0.15	Sensor cilindro neumático vástagos fuera	
SCD4	%I0.16	Sensor cilindro neumático vástagos dentro	
GMB	%I0.17	Contacto auxiliar Guardamotor Bomba	
GMC	%I0.18	Contacto auxiliar Guardamotor Cinta	
PFF	%I0.19	Protector por falta de Fase	
PARADA EMERGENCIA	%I0.20	Botón de Emergencia	
SCBLL	%I0.21	Contador de botellas llenas	
Sensor de nivel	%IW1.0	Sensor de nivel del tanque elevado	
Vel. Velocidad Real	%IW1.1	Velocidad real de la cinta	
Sensor tanque cisterna	%IW1.2	Sensor de nivel del tanque cisterna	
F_V_R1	%I0.22	Falla en el variador	
VARIADOR_OK	%I0.23	Variador en marcha	
Salidas PLC Maestro			
Nombre	Interfaz	Símbolo	Descripción
MBO	KI2	%Q0.2	Salida para accionar Bomba
MCIN	KI3	%Q0.3	Salida para accionar Cinta
PS1	KI4	%Q0.4	Salida para accionar Pistón 1
EVLL	KI5	%Q0.5	Salida para accionar Electroválvula de Llenado
PS3	KI6	%Q0.6	Salida para accionar Pistón 3
PS4	KI7	%Q0.7	Salida para accionar Pistón 4
PS2	KI8	%Q0.8	Salida para accionar Pistón 2
MDC	KI9	%Q0.9	Salida para accionar Motor DC
PS5	KI10	%Q0.13	Salida para accionar Pistón 5

BOK	H0	%Q0.12	Piloto Botella OK
FC	H1	%Q0.10	Piloto Falla de cilindro
BC	H2	%Q0.11	Piloto Falla de Botella Caída
Mod_Velocidad	H3	%QW1.0	Modificación de la velocidad de la cinta

Palabras de memoria PLC Maestro	
%MW12	BIT0: Reiniciar contador de botellas llenas
%MW15	Palabra donde se almacenan la cantidad de botellas llenas
%MW200	Almacena del valor de %MW0 del esclavo
%MW201	Almacena del valor de %MW1 del esclavo
%MW1000	Almacena del valor de %MW2 del esclavo
%MW1050	BIT4: Activa alarma de fallas en máquina de lavado
%MW20	Almacena el valor del sensor de nivel del tanque elevado
%MW22	Almacena el valor del sensor de nivel del tanque cisterna
%MW30	Velocidad real de cinta
%MW120 y %MW121	Almacenan las palabras %MW14 Y 15 el esclavo que pertenecen a %MF14
%MW122 y %MW123	Almacena %MW24 y 25 del esclavo que pertenecen a %MF24
%MW300	Almacena el valor de la salida analógica %QW1.0 que modifica la velocidad de la cinta
%MW500	Almacena los valores de %MW40 y 42 del esclavo
%MW900	Palabra donde se almacenan la memoria %MW5 del esclavo
%MW900	BIT0: Falla del variador del motor de lavado
	BIT1: Variador de lavado OK
	BIT2: Falla variador de la cinta
	BIT3: Variador de la cinta OK

Palabras PLC esclavo	
%MW0	Palabra que almacena la cantidad de botellas sin lavar
%MW1	Palabra que almacena la cantidad de botellas lavadas
%MW2	BIT1: Reseteo de contador de botellas lavadas
	BIT2: Reseteo de contador de botellas sin lavar
	BIT3:Habilitacion de la máquina de lavado
	BIT4: Falla de sistema de lavado
	BIT5: Apagado del sistema de lavado
%MW10	Palabra donde se guarda la velocidad de la cinta de la sección de lavado
%MW12	Velocidad del motor de la máquina de lavado
%MW40	Palabra para modificar la velocidad de la cinta
%MW42	Palabra para modificar la velocidad de la máquina de lavado
Salidas PLC esclavo	
%Q0.2	M_LAVADO
%Q0.3	CINTA
%QW1.0	CONTROL_VEL_CINTA
%QW1.1	CONTROL_VEL_LAVADO

Palabras dobles de memoria PLC esclavo	
%MF14	Palabra que almacena la velocidad de la cinta escalada en frecuencia
%MF24	Palabra que almacena la velocidad del motor de la máquina de lavado escalada en frecuencia