

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN



Trabajo monográfico para optar al título de ingeniero eléctrico

TÍTULO

Propuesta de mejora del sistema eléctrico y de control para la estación de bombeo de agua ubicada en Compañía Cervecera de Nicaragua S.A.

Autores:

Br. Jairo José Real Avelares.	2015-0549U
Br. Roberto Carlos Mercado Torrez.	2008-23387

Tutor:

MSc. Sandro Chavarría.

Managua, Nicaragua, junio 2023

DEDICATORIA

Queridos padres,

Hoy, justo el final de este capítulo académico, quiero decirles que me encuentro lleno de gratitud y emoción al dedicar estas palabras a ustedes, los pilares incansables que me han acompañado durante toda mi travesía académica. A ti, madre, mi guía constante, el combustible de este motor que busca hacerte sentir orgullosa, tú, mi tutora académica, y mi fuente inagotable de ánimo y aliento, no existen palabras para expresar cuanto ha significado tu apoyo en cada paso que he dado; siempre has estado ahí, dispuesta a ayudarme, a levantarme cuando me caía y a recordarme que el éxito solo se encuentra al final de un esfuerzo perseverante.

Tú también, mi querido padre, has sido un ejemplo de que el trabajo duro y la persistencia siempre brindan sus frutos. Tu entrega y sacrificio para brindarme las herramientas y recursos necesarios para culminar esta etapa, han sido fundamentales para que hoy pueda celebrar este logro; todos esos sacrificios que solo tu corazón sabe son una muestra invaluable de tu amor y compromiso como padre.

En este momento, de culminación de este estudio monográfico, quiero reconocerles la importancia de su papel en mi vida y en mi éxito académico. Vuestra guía, apoyo y amor incondicional han sido el cimiento de mi crecimiento y desarrollo como persona. Agradezco con humilde sinceridad todo lo que han hecho por mí. Este documento y su significado son testimonio tangible de su influencia en mi vida y un tributo a su dedicación y sacrificio. Detrás de cada página escrita en este documento está un joven cuyos sueños han sido sostenidos por sus brazos llenos de amor, por su aliento y su visión de un futuro mejor para mí y nuestra familia. Espero que sientan el orgullo y la satisfacción que yo estoy sintiendo al dedicarles estas palabras.

Quiero agradecer también, a Dios por su guía durante todo este proceso, por haberme acompañado en todas esas noches difíciles y por nunca soltarme. Que este documento sea muestra de mi infinito agradecimiento para contigo padre celestial.

Con infinito amor y gratitud,

Su hijo, Jairo José Real Avelares.

Querido hijo,

Hoy quiero dedicarte esta monografía que representa un hito importante en mi vida académica. A lo largo de este proceso de investigación y redacción, he experimentado un profundo crecimiento personal y profesional, y gran parte de eso se debe a ti.

Desde el momento en que llegaste a mi vida, has sido mi mayor fuente de inspiración y motivación. Tu amor incondicional, tu alegría contagiosa y tu espíritu perseverante me han recordado constantemente la importancia de luchar por mis metas y nunca renunciar a mis sueños.

Esta monografía es el resultado de horas interminables de estudio, dedicación y esfuerzo. Aunque a veces me he ausentado para dedicarle tiempo a esta investigación, quiero que sepas que siempre has estado en mi corazón y en mis pensamientos.

A medida que crezcas, quiero que siempre recuerdes que eres capaz de lograr cualquier cosa que te propongas. Espero que esta monografía sea un ejemplo para ti, para que veas que, con trabajo duro, pasión y perseverancia, puedes alcanzar tus metas y cumplir tus sueños.

Gracias por ser mi hijo y por enseñarme cada día el verdadero significado de la alegría, el amor y la valentía. Esta monografía es un tributo a ti y a todo lo que representas en mi vida.

Con todo mi amor y orgullo para ti mi hijo Carlos Sebastian Mercado Salazar.

Roberto Carlos Mercado Torrez

RESUMEN

La propuesta de mejora del sistema eléctrico y de control para la estación de bombeo de agua ubicada en Compañía Cervecería de Nicaragua S.A, tiene como objetivo desarrollar e implementar un sistema de bombeo innovador que brinde una solución eficiente, confiable y sostenible para el suministro de agua. El sistema se enfocará en optimizar el consumo de energía y reducir los costos operativos.

El sistema de bombeo propuesto utilizará tecnologías avanzadas, como bombas de alta eficiencia, elementos periféricos y controladores inteligentes. Estos componentes se integrarán para maximizar la eficiencia energética y minimizar las pérdidas.

En resumen, el sistema de bombeo eficiente propuesto ofrece una solución innovadora y rentable para el suministro de agua. Su enfoque en la eficiencia energética lo convierte en una opción atractiva tanto desde el punto de vista económico como energético.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
MARCO TEORICO	7
Términos y definiciones	7
Generalidades	10
ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS	11
Metodología.....	11
Descripción de los sistemas.....	12
Sistema actual.....	12
Sistema propuesto.....	16
Comparativo de los sistemas	23
Elaboración de diagrama eléctrico	25
Presupuesto	27
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES	31
BIBLIOGRAFIA.....	32

INTRODUCCIÓN

La sociedad avanza a ritmos insostenibles, con ella incrementa el consumo y así nace la necesidad de un aumento de la producción de productos de consumo masivo. Debido a esto las industrias deben producir a paso acelerado, destinando recursos a la sostenibilidad de sus procesos para optimizar sus productos, incrementar la rentabilidad y generar un impacto significativo en el disfrute de los clientes. Es aquí donde surge la importancia y la necesidad de ser eficientes en todos y cada uno de los eslabones involucrados en los procesos industriales.

La eficiencia en procesos engloba el conjunto de acciones que permiten emplear los recursos de manera óptima, incrementando la competitividad de las empresas, mejorando la calidad de sus productos y a su vez disminuyendo los costos de producción.

Compañía Cervecera de Nicaragua S.A (CCN) es una empresa de triple utilidad que genera valor económico, social y ambiental a Nicaragua. Un portafolio de marcas de calidad mundial y la excelencia de sus operaciones la convierten en una de las empresas más admiradas por proveedores, clientes y consumidores. Es razón de ser de CCN el refrescar constantemente a Nicaragua trabajando por su preferencia, confianza y disfrute.

La producción de cerveza es un proceso complejo que implica varios puntos clave, incluyendo la mezcla de ingredientes, la elaboración, la fermentación, la filtración y el envasado del producto; sus ingredientes base son agua, malta, lúpulo y levadura. El agua juega un papel importante en el proceso cervecero por esta razón la eficiencia en el manejo de este líquido vital impacta en gran manera los indicadores de producción y la calidad del producto final.

Este trabajo documental pretende realizar una propuesta de mejora significativa al sistema actual de bombeo que posee Compañía Cervecera de Nicaragua, con el objetivo de garantizar un funcionamiento más eficiente de la estación de bombeo de agua de la planta.

ANTECEDENTES

Compañía Cervecería de Nicaragua actualmente cuenta con una estación de bombeo que provee de agua a toda la planta. El agua proviene de cuatro pozos existentes en CCN, esta es bombeada hasta los tanques de almacenamiento para que sea tratada mediante la dosificación a través de plantas de dióxido de cloro CLO₂ para posteriormente enviarse hasta los puntos de servicio a través de un sistema de bombeo que cuenta con un sistema de control básico.

Este trabajo documental persigue proponer un sistema eléctrico y de control con las competencias necesarias para mantener la presión constante en el despacho de agua hacia la planta a través de una migración tecnológica que integre los equipos, señales y periferia necesarios para un funcionamiento óptimo y eficiente de la estación de bombeo.

En el ámbito de la automatización y control de sistemas de bombeo existen muchos estudios y trabajos documentales que le preceden al nuestro; tales como el estudio “Especificación de sistemas Bombeo” (Dominguez, 2017), que se realizó con el propósito de mejorar el proceso de selección de un sistema de bombeo haciendo uso de los aspectos teóricos y las metodologías para el análisis de las características y necesidades del sistema en cuestión.

Por otra parte, también destaca el título “Sistemas de bombeo” (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994), obra que se llevó a cabo para ofrecer una guía con nivel medio para los estudiantes de ingeniería y personas interesadas en el funcionamiento y variables involucradas en los sistemas de bombeo.

Adicionalmente, se puede tomar como referencia el documento “Automatización del bombeo de agua a través del control de nivel de la cisterna de la estación Miraflores EP-EMAPA” (Jácome López, 2015), cuya motivación fue diseñar un sistema de control automatizado haciendo uso de variadores de frecuencia,

sensores y un microcontrolador para controlar el bombeo basado en el nivel de la cisterna antes mencionada.

Asimismo, en el plano local y nacional existen trabajos como “Implementación de un sistema de control de automatización de osmosis inversa en la empresa SAUBER Nicaragua, logrando el tratamiento de agua y optimizando el recurso hídrico en beneficio de la empresa.” (Ruiz Lopez & Amoretti Rivera, 2022) y “Diseño de sistema de bombeo para riego de agua con la utilización de energía solar en la finca San Francisco, municipio de Nagarote, León.” (Olivas Álvarez & Torrez Rugama, 2022); dichos trabajos demuestran el interés común por mejorar y optimizar los sistemas de bombeo en sus distintas aplicaciones.

Finalmente, en aras de contribuir a la modernización del sistema de bombeo de Compañía Cervecería de Nicaragua se pretende plantear una propuesta de mejora que agrupe todas las características necesarias para la optimización del proceso y que, además, sirva como referencia en la industria nacional.

JUSTIFICACIÓN

Con el presente estudio, se persigue la examinación a detalle de la operación y construcción del actual sistema eléctrico y de control de la estación de bombeo de CCN, con el objeto de analizar el comportamiento y funcionamiento de este para dimensionar los alcances del nuevo sistema y todos los elementos involucrados para garantizar una mejora en la eficiencia de la estación de bombeo.

El núcleo del problema yace en la ineficiencia, altos costos de mantenimiento y riesgos significativos de fallas y paros en el despacho de agua hacia la planta, provocando un impacto negativo en el proceso cervecero de varias maneras tales como la limitación de la producción y la calidad del producto final. Por otra parte, con el sistema actual es poco probable que se puedan contribuir a la política de eficiencia energética que la empresa está desarrollando para implementar en los próximos años.

Por consiguiente, los acontecimientos mencionados anteriormente nos llevan a plantearnos preguntas de investigación que cuestionan la eficacia y eficiencia del sistema de bombeo actual en CCN.

El estudio de caso planteado tiene correspondencia directa con la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Electrotecnia y Computación de la Universidad Nacional de Ingeniería, debido a que el ámbito y/o campo de aplicación está estrechamente vinculado con las habilidades de diagnóstico de oportunidades de mejora de la eficiencia en procesos industriales, diseño de sistemas mediante software especializados, interpretación de datos a través de herramientas metodológicas comparativas y el respectivo planteamiento de soluciones y recomendaciones en un campo de aplicación práctico y real; las cuales son aptitudes medulares que un Ingeniero Eléctrico necesita poner en práctica en su medio de desempeño laboral.

Por otra parte, este estudio representa un paso importante para las relaciones entre la universidad y la industria nicaragüense en cuanto a la inserción de sus

estudiantes para la solución de problemas reales que se presentan en el ámbito industrial actual.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar un sistema de bombeo automatizado de presión constante que integre nuevos y mejores equipos que permitan un funcionamiento más eficiente de la estación de bombeo de agua de la planta.

Objetivos Específicos

- Describir el proceso de funcionamiento del sistema de control que se tiene actualmente en la planta para determinar las oportunidades de mejora.
- Realizar una comparación entre el sistema de control actual que posee la compañía versus el sistema a proponer para demostrar los cambios realizados y mejoras alcanzadas.
- Elaborar diagrama eléctrico y de control del sistema de bombeo propuesto, para determinar los equipos a utilizar.
- Elaborar presupuesto de materiales y mano de obra de la instalación del nuevo sistema para tener una expectativa clara de la viabilidad del proyecto.

MARCO TEORICO

En el marco de la industria, las empresas y los servicios, la automatización juega uno de los papeles más importantes, la asociación internacional de automatización (ISA) define la palabra automatización como “La creación y aplicación de tecnologías para monitorear y controlar la producción y la entrega de productos y servicios” (International Society of Automation, 2022).

El presente estudio encuentra sus cimientos en el ámbito de la optimización de procesos industriales, lo cual hace referencia a la mejora continua de los procesos productivos en una empresa. Esto está directamente ligado a la identificación de oportunidades de mejora en la eficiencia, calidad, la rentabilidad de los procesos y a su vez la disposición para tomar medidas que permitan implementar mejoras en las distintas áreas.

Términos y definiciones

Energía consumida: cantidad de energía utilizada por unidad de tiempo, medida en [Wh] (Prías Caicedo, Campos Avella, Rojas Rodríguez, & Palencia Salas, 2013).

Corriente eléctrica: es la velocidad de cambio de la carga respecto al tiempo, medida en Amperes [A] (Alexander & Sadiku, 2004).

Tensión: es la energía necesaria para mover una carga unitaria a través de un elemento, medida en volts [V] (Alexander & Sadiku, 2004).

Potencia activa (P): es la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado, medida en watts [W] (Chapman, 2012).

Potencia reactiva (Q): es la potencia que necesitan las bobinas y los condensadores para generar campos magnéticos o eléctricos, pero que no se transforma en trabajo efectivo, medida en voltamperios reactivos [VAR] (Chapman, 2012).

Potencia aparente (S): es la potencia total consumida por la carga, es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene realizando la suma vectorial de las potencias activa y reactiva; su unidad de medida es el volt-ampere [VA] (Chapman, 2012).

Merma de energía: se refiere a un consumo de energía innecesario, ya sea por factor de falla o usos ineficientes de los equipos.

Demanda eléctrica: es la razón entre el consumo de energía de un equipo o instalación y un intervalo de tiempo determinado (Compañía Nacional de Fuerza y Luz de Costa Rica, 2016).

Eficiencia de un equipo: es la razón porcentual que sirve para medir el aprovechamiento de la energía de la maquinaria tomando en cuenta la disponibilidad y el rendimiento (Wikipedia, 2019).

Tiempo de producción: se define como la cantidad de tiempo en que una línea de proceso opera de manera normal (Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales, 2006).

Tiempo de paro: se define como el lapso de tiempo en que la línea de proceso se detiene por factores como averías, falta de suministros, desequilibrios, ajustes, cambios de herramientas, etc. (Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales, 2006).

Eficiencia: se refiere a la capacidad que tiene una entidad para obtener un determinado resultado haciendo uso de la menor cantidad posible de recursos disponibles (Asociación Internacional de Economía, 2003).

Eficacia: es la aptitud de cumplir un objetivo en el tiempo previsto y con la calidad esperada (Inter-American Development Bank, 2001); cabe destacar que la eficacia contempla el cumplimiento de objetivos, sin importar el costo o el uso de recursos.

Efectividad: este concepto involucra la eficiencia y la eficacia, es decir, el logro de los resultados programados en el tiempo y con los costos más razonables

posibles. Supone hacer lo correcto con gran exactitud y sin ningún desperdicio de tiempo o dinero (Mejía, 2006).

Opción de mejora: puede definirse como la oportunidad de optimizar un proceso en general o elementos específicos dentro del mismo (Slobodianinck, 2012).

Desempeño energético: resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso y consumo de energía (ISO, 2011).

Sistema de bombeo: conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994).

Según su principio básico de funcionamiento las bombas se pueden clasificar en dos grandes grupos: Bombas centrífugas y bombas de desplazamiento positivo. (Canada. Department of Energy, Mines and Resources, 1985)

Bomba centrífuga: Se les conoce también como bombas cinéticas. Fundamentalmente consisten en un rodete que gira acoplado a un motor. Estas se dividen a su vez en bombas de flujo radial y bombas de flujo axial. (Canada. Department of Energy, Mines and Resources, 1985).

Bomba desplazamiento positivo: son aquellas que guían al fluido que se desplaza a lo largo de toda su trayectoria, el cual siempre está contenido entre el elemento impulsor (que puede ser un émbolo, un diente de engranaje, un aspa, un tornillo, etc.) y la carcasa o el cilindro. El movimiento del desplazamiento positivo consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara. Estas se subdividen en bombas reciprocantes y bombas rotatorias. (Canada. Department of Energy, Mines and Resources, 1985).

Sistema de control: un sistema de control es una disposición de componentes físicos conectados o relacionados entre sí de tal manera que se controlan, dirigen o regulan a sí mismos o a otro sistema. (Distefano, Stubberud, & Williams, 1990).

Generalidades

Compañía Cervecera de Nicaragua actualmente cuenta con una estación de bombeo que basa su control en arrancadores suaves y presostatos que moderan el arranque y paro del sistema, este tipo de arranque presenta un sin número de desventajas para el proceso entre ellas se pueden destacar la incapacidad del sistema de mantener la presión estable, los golpes de ariete generados en las tuberías, los desgastes acelerados en los sellos mecánicos de las bombas y el alto consumo de energía que representa el arranque a máxima potencia de los equipos de bombeo.

En el ámbito del desarrollo actual de la industria y los servicios, en una economía abierta, dinámica y globalizada, se necesita de acciones orientadas a disminuir los costos y aumentar la competitividad. El presente estudio persigue proponer una mejora significativa al control eléctrico de la estación de bombeo en CCN, haciendo uso de controladores lógicos programables, sensores de presión, variadores de frecuencia y actuadores electroneumáticos.

ANALISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

Metodología

El trabajo por desarrollar se llevará a cabo bajo la implementación del método científico, con un enfoque de la investigación mixto (tanto cualitativo como cuantitativo); esto debido a que se utilizarán herramientas para los cálculos y dimensionamiento del sistema, además, se contextualizará e interpretará las variables involucradas en dicho estudio.

A continuación, se muestra de manera detallada y ordenada la metodología a utilizar para el presente estudio:

Primeramente, se realizaron visitas de campo a la estación de bombeo de agua de CCN con el propósito de conocer el sistema actual que ellos poseen, verificar su estructura, características y la documentación existente (diagramas, planos, hojas de datos, etc.). Una vez realizado lo anterior, se procedió a identificar los puntos de mejora en el sistema y definir los elementos necesarios para garantizar los alcances del presente estudio.

De manera consecuente, se efectuó una revisión bibliográfica correspondiente al ámbito de estudio, esto con el objetivo de recopilar la información necesaria acerca de la implementación de sistemas de control modernos en el sector industrial y de esta forma brindar el enfoque adecuado a los objetivos propuestos.

Posteriormente, se indagó acerca de las tecnologías de control que se usan actualmente en la industria moderna para identificar los distintos dispositivos que conformarán el nuevo sistema de control, tomando en cuenta la eficiencia, los costos y la aplicación; una vez seleccionados los equipos se elaboró el diagrama del sistema de control.

Finalmente, se estableció una comparación entre el sistema de control actual que posee la compañía versus el diseño del nuevo sistema; se analizaron las variables

involucradas y el comportamiento del sistema para presentar las respectivas conclusiones y recomendaciones.

Descripción de los sistemas

Sistema actual

Estructura del sistema

Compañía Cervecera de Nicaragua actualmente cuenta con una estación de bombeo que provee de agua a toda la planta. El agua proviene de cuatro pozos existentes dentro del perímetro de CCN, el agua de los pozos es bombeada hacia tres tanques cisterna de almacenamiento con capacidad de 150 m³ cada una, las cisternas son enumeradas de forma ascendente como cisterna #1, cisterna #2 y cisterna #3. La cisterna #1 es utilizada exclusivamente para el sistema contra incendios (SCI) de toda la planta CCN, las cisternas #2 y #3 son llenadas con agua tratada por la planta de dióxido de cloro CLO₂ 120 g/h para abastecer todos los procesos productivos y los diferentes edificios administrativos de la planta.

Los cuatro pozos utilizan tipos de bombas de turbina vertical, este tipo de bombas están diseñadas para transportar fluidos desde reservorios o depósitos que muy a menudo están a profundidades considerables por debajo del nivel del suelo; este tipo de bombas cuentan con la particularidad de que su motor se encuentra a nivel de la superficie y está acoplado a un mecanismo de columna vertical (Karassik, Messina, Cooper, & Heald, 2001). Para controlar la tensión y la corriente que se suministra al motor eléctrico de la bomba durante el arranque se utiliza un sistema de arrancador suave, este tipo de dispositivos disponen de un arreglo de tiristores conectado en dos de las tres fases regulando el valor eficaz de la tensión desde una tensión de arranque ajustable (reducida) hasta la tensión asignada del motor. (Ver figura 1).

Tras un correcto arranque del motor, la tensión aplicada por los tiristores al motor es la tensión completa de red, puesto que durante el funcionamiento no es necesario regular la tensión del motor los tiristores se puentean mediante contactos de bypass integrados en el interior. Con ello se reduce el calor de escape generado durante el modo continuo debido a las pérdidas del tiristor (SIEMENS INDUSTRIES, 2014).

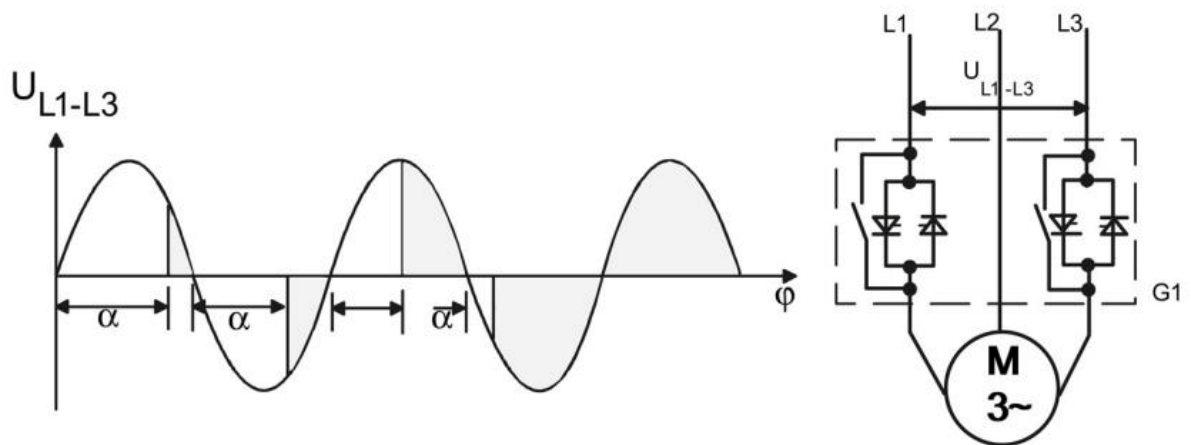


Figura 1. Regulación de tensión aplicada a un motor, mediante arrancador suave.

La intensidad del motor tiene un comportamiento proporcional a la tensión aplicada al motor. De este modo, la corriente de arranque se reduce en el mismo factor que la tensión aplicada al motor (SIEMENS INDUSTRIES, 2014).

Esto significa que, gracias al control que ejerce el arrancador suave electrónico sobre la tensión del motor, también se regulan la corriente de arranque consumida y el par de arranque generado en el motor durante el proceso de arranque (SIEMENS INDUSTRIES, 2014).

Por otra parte, el caudal de agua que se extrae de los pozos es medido a través de un flujómetro electromagnético, este está compuesto por un transmisor y un sensor que miden el caudal de manera conjunta. El sensor del caudalímetro magnético se coloca en línea, y mide un voltaje inducido generado por el líquido

a medida que fluye por la tubería. El transmisor toma el voltaje generado por el sensor, lo convierte en una medición del caudal y transmite esta medición a un sistema de control. (EMERSON ELECTRIC CO., 2023).

Este flujómetro se encarga de contabilizar la cantidad de metros cúbicos “m³” de agua extraída de los pozos, este parámetro es utilizado para tener un control de extracción (explotación) de los pozos, lo cual es un parámetro auditable por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), al mismo tiempo se encarga de indicar la velocidad de extracción en metros cúbicos por hora “m³/h” dicho parámetro es utilizado por las plantas dosificadoras de dióxido de cloro CLO₂ para garantizar la concentración optima de dióxido de cloro “ppm” depositada en el agua.

Al agua almacenada en las cisternas se le realiza un análisis de laboratorio de forma periódica para garantizar que haya sido tratada (clorada) correctamente por la planta de dióxido de cloro y se encuentre dentro de los parámetros aceptables establecidos por el departamento de calidad de CCN.

La estación de bombeo está constituida por tres bombas centrifugas de 250 m³/h con un MCA de 45 y 37.2 KW de potencia, estas bombas arrancan y paran según la demanda del sistema, cuentan con un sistema de presostato para ajustar el valor deseado de presión (4 bar), las bombas encienden y apagan según la demanda, el tipo de arranque que tienen los motores de las bombas centrifugas es a través de arrancadores suaves.

Todo el sistema de bombeo es controlado a través de un controlador lógico programable (PLC) del fabricante siemens de la familia S7-200 con el cual se coordina el arranque y paro de accionamientos (bombas y planta de dióxido de cloro) mediante la retroalimentación de los instrumentos instalados en el sistema (presostatos y flujómetro).

Problemática del sistema

Muy frecuentemente en el sistema se perciben golpes de arietes porque a pesar de que los motores tienen un arrancador suave, la presión de agua en el sistema

incrementa abruptamente debido a que las bombas arrancan siempre a su capacidad máxima (no se controlan las revoluciones del motor), estos golpes de ariete eventualmente provocan ruptura en las tuberías, daños en los empaques de las válvulas de proceso y desperfectos en los sellos mecánicos de las bombas.

Debido a la ausencia de un sistema de control de presión constante para el manejo adecuado del recurso independientemente de la demanda de agua se presentan una serie de desventajas que se mencionan a continuación:

La presión del agua puede variar en diferentes momentos del día y en diferentes partes de la red, lo que puede afectar a los usuarios y provocar estrés en el sistema.

La presencia de elevadas presiones en el sistema puede provocar el desperdicio de agua a través de fugas en las tuberías y en los grifos, además, se llega a requerir más energía para bombear el agua a través de la red, obteniendo como resultante un aumento del consumo de energía y por ende costos más altos en términos de electricidad.

Por otra parte, la falta de control de la presión produce la necesidad acentuada de mantenimientos más seguidos en los elementos involucrados en el sistema, lo que se traduce en reducción de la vida útil de los equipos y aumento en los gastos de refacciones y mano de obra para la compañía.

En cuanto al sistema de control, este se encuentra aislado, incrementando los tiempos de paro de la planta, debido a que los operadores deben movilizarse desde el cuarto de operación de servicios industriales hasta la estación de bombeo, ya que no se cuenta con un sistema SCADA para monitorear de forma remota la estación de bombeo, su operación y posibles fallas; por otra parte, los operadores no pueden conocer de forma oportuna las fallas en el sistema, debido a que solo pueden conocer su estado cuando se realiza una visita presencial in situ para la toma nota de las variables de operación.

También es importante mencionar que el PLC es de una gama obsoleta del fabricante siemens, dificultando la localización de refacciones y soporte técnico en caso de fallas.

Sistema propuesto

Estructura del sistema

El sistema de bombeo actual presenta deficiencias que afectan la eficiencia y confiabilidad de las operaciones de Compañía Cervecería de Nicaragua, S.A. Mediante esta propuesta, se busca mejorar el rendimiento del sistema de bombeo, aumentar la confiabilidad y disponibilidad de las bombas reduciendo posibilidad de fallos, aumentar significativamente la eficiencia operativa y energética, disminuir los tiempos de inactividad y los costos de mantenimientos, optimizando a su vez el proceso a través de lógicas de control a la medida y adecuadas, basadas en el conocimiento operativo.

De acuerdo con el estudio realizado se propone el reemplazo de las bombas centrifugas por bombas nuevas de 125 m³/h con un MCA 60, 30Kw, 480V AC eficiencia premium, controladas con un convertidor de frecuencia de 30Kw Danfoss FC202 dedicado para aplicaciones de bombeo y la instalación de un transmisor de presión de 0-6 bar, 4 – 20mA, con el objetivo de implementar un control continuo de la presión a través de un lazo PID.

Un controlador proporcional - integral - derivativo (PID) es un elemento de control que permite el manejo de un sistema de lazo cerrado para que este alcance un valor deseado (Set Point), esto lo logra a través del ajuste de una señal de manera proporcional, integral y derivativa tomando en cuenta el valor deseado y el valor real de la variable a controlar (Petruszella, 2017); a continuación, se muestra su diagrama.

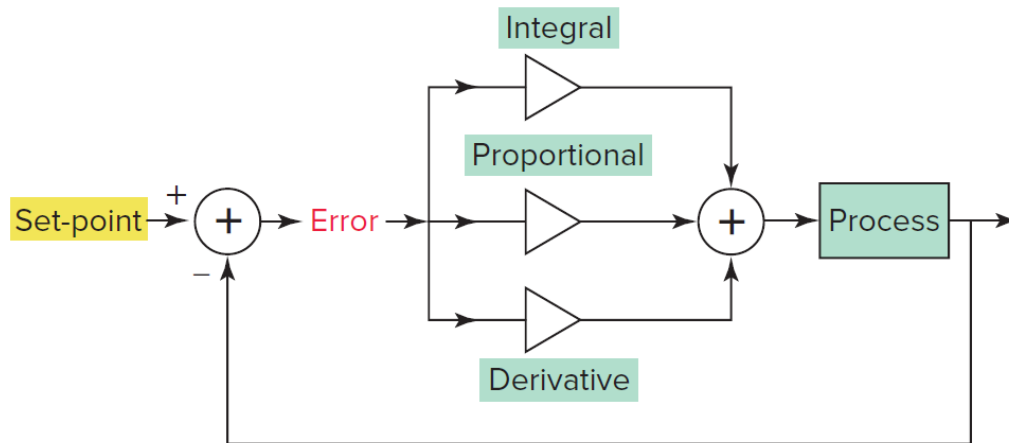


Figura 2. Esquema de lazo cerrado con controlador PID.

La lógica de control de presión constante se propone de la siguiente manera:

Se enumeran las bombas de forma ascendente (bomba 1, bomba 2 y bomba 3), se crean secuencias de control y se enumeran de la misma forma respecto a las bombas (secuencia 1, secuencia 2 y secuencia 3), estableciendo siempre una bomba como base (la bomba base siempre se encuentra modulando la velocidad del motor para garantizar presión continua en el sistema) y las otras dos bombas funcionan como auxiliares en caso de necesitar un aumento de flujo para garantizar una presión constante.

La lógica que se propone es la siguiente: cuando inicia la secuencia 1, la bomba 1 se configura como base y modula velocidad del motor en función de la presión, si la presión baja del valor deseado, la velocidad del motor aumenta, y si no hay consumo y la presión tiende a subir, la velocidad del motor baja.

Cuando la demanda de agua aumente rápidamente y el sistema no logra mantener la presión deseada y la velocidad de la bomba base se encuentren al 100%, se activa una bomba auxiliar la cual entrará a trabajar al 100% de su capacidad permitiendo que la bomba base baje su velocidad y pueda mantener la presión deseada de forma constante.

Cuando la demanda baja y se encuentra dos bombas activas (base y auxiliar), la bomba base baja sus rpm para mantener la presión y el control vigila que la velocidad de la bomba base se encuentre por debajo de un valor de ajuste (40% por ejemplo) durante un tiempo determinado, entonces el control manda a desactivar la bomba auxiliar, quedando activa únicamente la bomba base, manteniendo la presión constante a través de la modulación.

Cada secuencia tendrá una duración establecida por el operario con un valor mínimo de 24 horas y máximo de 168 horas (7 días), esto se propone con el objetivo de garantizar la rotación y desgaste uniforme de los equipos.

Para el control de cada bomba se propone el uso de convertidores de frecuencia, un convertidor de frecuencia es un controlador de motor electrónico que convierte la entrada de la red de corriente alterna en una forma de onda de corriente alterna variable.

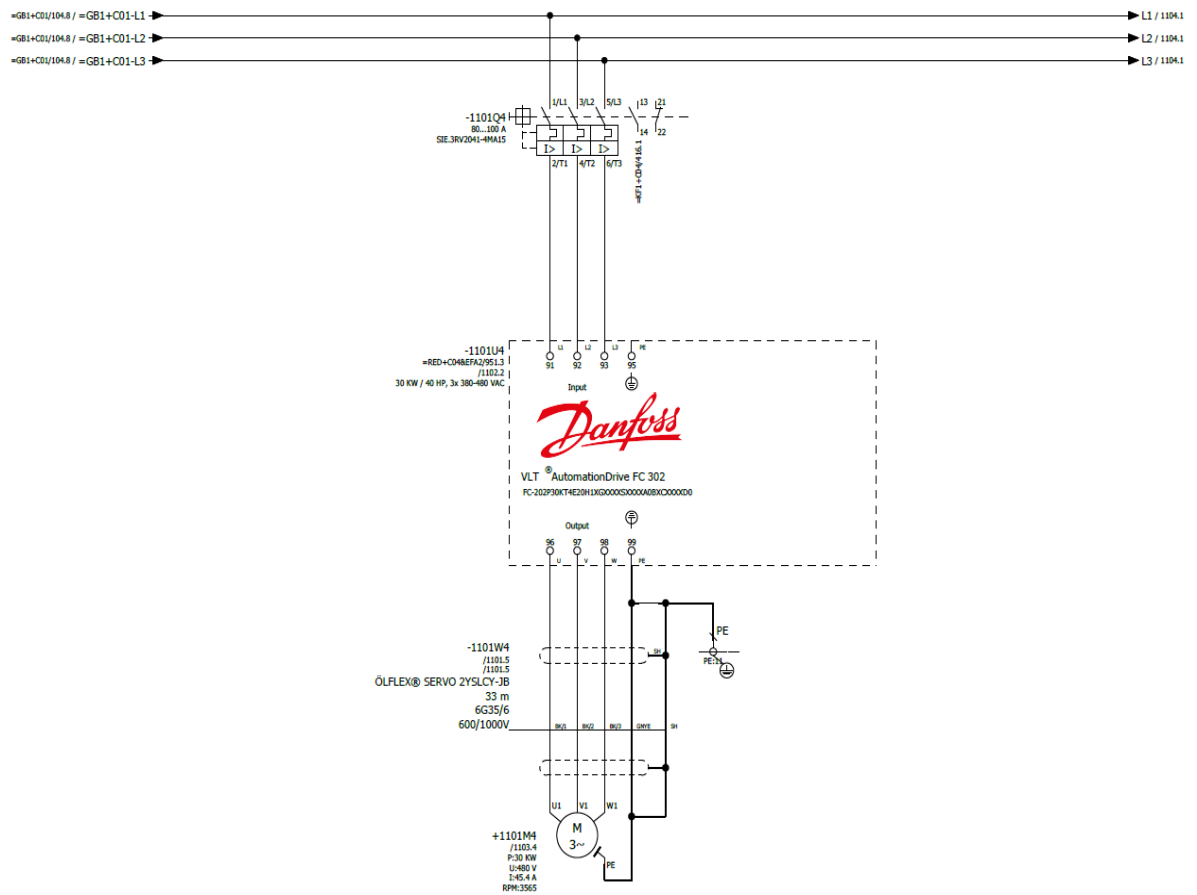


Figura 3. Esquema eléctrico y de control de un motor mediante variador de frecuencia.

La frecuencia y el voltaje de la salida son regulados para controlar la velocidad o el par del motor. El convertidor de frecuencia puede regular la velocidad del motor en respuesta a la retroalimentación del sistema o a comandos remotos de controladores externos.

Además, el convertidor de frecuencia supervisa el sistema y el estado del motor, emite advertencias o alarmas por falla, acondiciona, arranca y para el motor, optimizando la energía.

Algunas de las ventajas del uso de convertidores de frecuencia son la reducción de las fugas y del consumo energético. La energía utilizada en el sistema de distribución de agua representa normalmente entre el 60 y el 80 % del consumo

total de energía de todo el sistema de suministro de agua. Adaptando la presión a las necesidades reales, se puede conseguir un ahorro energético del 25-40 %. Al mismo tiempo, pueden reducirse las fugas de agua en un 30-40 %.

La regulación de la presión en la red también puede proporcionar los siguientes beneficios:

- Una reducción del 40-55 % en la cantidad de roturas de tuberías nuevas.
- Reducción de los costes de mantenimiento y de las costosas reparaciones de tuberías.
- Limitación del riesgo de presencia de bacterias y de contaminación del agua potable (infiltración).
- Mayor vida útil de la red.
- Aplazamiento de las inversiones de modernización de las plantas.
- Reducción del riesgo de golpes de ariete.

También se propone mejorar la lógica de control de los cuatro pozos de compañía cervecera de nicaragua, S.A. para poder cumplir con los requerimientos establecidos de ley por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) sobre la explotación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos; y también cumplir con los requerimientos fisicoquímicos y microbiológicos determinados por el área de calidad de la compañía cervecera de nicaragua.

Debido a que existe una concesión individual por pozo para su explotación normado por la Autoridad Nacional del Agua, se crea una lógica de control para los pozos rotando la activación de los pozos uno a la vez y garantizando que la extracción de agua sea controlada a través de un flujómetro electromagnético que contabiliza la cantidad de agua extraída y en el controlador lógico programable se parametriza un valor de ajuste por cada pozo para su activación y extracción de agua.

También existe una diferencia en cuanto a la dureza del agua en los pozos para lo cual, mediante la rotación se alterna un pozo con dureza alta y luego un pozo con dureza baja para mezclar las aguas y que el valor de dureza del agua sea promedio.

Se garantiza la rotación para que haya una explotación uniforme de los recursos hídricos, para alargar la vida útil de los equipos (motores y bombas), y minimizar riesgos de contaminación microbiológica por estanqueidad del agua al conseguir que los pozos trabajen continuamente y el agua este en constante movimiento.

Actualización de controlador

Debido a que el sistema actual cuenta con un control obsoleto y sin acceso remoto para el monitoreo y registro de datos, se propone la actualización del armario y todos sus componentes de control y fuerza, garantizando la elaboración de diagramas eléctricos multifilar estandarizados, rotulación de cada componente y periférico con nomenclatura y codificación, declarados en el diagrama eléctrico, permitiendo esto facilitar la identificación de cada componente al realizar diagnósticos, minimizando tiempo de paros no deseados por fallas.

Se propone la integración del sistema eléctrico de la estación de bombeo al SCADA "Brewmaxx V9.8" del fabricante ProLeiT, dicho SCADA ya se encuentra funcionando en la planta, esta integración es con el propósito de contar con estaciones de trabajo remoto donde se pueda supervisar el correcto funcionamiento de la estación de bombeo, a través de la representación simbólica de cada componente que interactúa en el proceso de la estación de bombeo tales como: motores bomba, protecciones eléctricas, sensores, niveles, flujos, presiones, etc. Y también facilitar el diagnóstico a través de una lista de mensajes de advertencia y fallas, para que el operario reaccione con mayor información ante cualquier evento anómalo que se presente en la estación de bombeo.

Para ello se instalará una periferia de ET200 SP del fabricante Siemens, conectado a través de un bus de campo (PROFIBUS) al PLC S7-400 destinado

para el control de los servicios industriales de la fábrica, dicho PLC ya se encuentra sincronizado con el SCADA Brewmaxx V9.8, donde se incluirá todo el proceso de la estación de bombeo y las lógicas de trabajo antes mencionadas.

Brewmaxx es un sistema de control basado en PLC involucrado en la industria cervecera en el área de automatización, información y tecnología de control (ProLeit, 2021).



Figura 4. Estructura de sistema de control Brewmaxx.

Abarcando desde la adquisición de datos, tecnología de control de procesos, tratamiento de líquidos mediante control de recetas, gestión completa de la producción multi-sitio (MES) y la integración de ERP, LIMS y sistemas de mantenimiento. Todos estos procesos pueden ser controlados e inspeccionados continuamente por brewmaxx para la toma de todas las decisiones empresariales, vincular todos los procesos y ayudar al manejo de la cervecería de forma más eficiente y económica.

Actualmente existen 10 estaciones de trabajo donde se puede operar el SCADA Brewmaxx V9.8 y la selección de la periferia se realiza con el propósito de mantener el estándar de equipos ya instalados en la planta.

Comparativo de los sistemas

Tanto un sistema de bombeo de presión constante controlado con variador de frecuencia como un sistema de bombeo controlado con presostato y arrancador suave permiten mejorar el rendimiento de motores eléctricos. Aunque tienen funciones similares, existen diferencias significativas entre ellos. A continuación, presentamos un comparativo entre ambos:

- **Sistema de bombeo de presión constante (sistema propuesto)**

En un sistema de bombeo de presión constante, es una configuración en la que se utiliza un controlador electrónico (variador de frecuencia) para ajustar la velocidad del motor de la bomba y mantener una presión constante en el sistema, además, se usa un transmisor de presión analógico (4-20 mA) que le indica al controlador en tiempo real la presión actual del sistema, la bomba ajusta su velocidad para mantener una presión constante. Esto significa que el caudal de agua se adapta a las necesidades, lo que puede ser beneficioso en situaciones en donde es necesario mantener una presión constante independientemente de la demanda.

Ventajas:

Permite un arranque suave del motor, lo que significa que proporciona un aumento gradual de la corriente y el voltaje durante el arranque, así como el par de arranque. Esto evita los picos de corriente que ocurren en los arranques directos.

Menor consumo de energía en comparación con otros sistemas de bombeo, el uso de un variador de frecuencia permite un control preciso de la velocidad del motor. Esto significa que la bomba solo proporciona la cantidad de caudal

necesario en cada momento, evitando el desperdicio de energía asociado con el funcionamiento a plena carga constantemente. Como resultado, se logra un ahorro significativo en el consumo de energía y en los costos operativos a lo largo del tiempo.

Reducción del desgaste del sistema al mantener una presión constante y ajustar la velocidad del motor de forma gradual y suave, el sistema de bombeo con variador de frecuencia ayuda a reducir el desgaste y el estrés en el motor, las tuberías y otros componentes del sistema. Esto puede prolongar la vida útil del equipo y reducir los costos de mantenimiento y reparación a largo plazo.

Adaptabilidad a diferentes condiciones de operación, un sistema de bombeo con variador de frecuencia es altamente flexible y puede adaptarse a diferentes condiciones de operación y cambios en la demanda de flujo. El controlador electrónico del variador de frecuencia permite ajustes rápidos y precisos en la velocidad del motor, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere una capacidad de respuesta rápida y una amplia gama de velocidades de operación.

Desventajas:

Costo inicial más alto debido a la necesidad de un controlador de presión y un sistema de velocidad variable.

Mayor complejidad de diseño y mantenimiento debido a los componentes adicionales del sistema.

- **Sistema de bombeo controlado por presostato (sistema actual)**

El sistema de bombeo controlado por presostato es una configuración en la que la bomba se enciende y apaga automáticamente en función de la presión del sistema, con la aplicación de arrancador suave para limitar el voltaje y la corriente durante el arranque Ventajas:

El sistema de bombeo con presostato permite un funcionamiento automático de la bomba. La bomba se activa cuando la presión del sistema cae por debajo de un valor predefinido y se detiene cuando la presión alcanza un nivel objetivo. Esto

elimina la necesidad de un control manual constante y garantiza un suministro de agua constante y confiable. Al implementar un arrancador suave este permite un arranque suave y controlado del motor, lo que ayuda a reducir el estrés en el sistema eléctrico.

Ahorro de energía, al encender y apagar la bomba según las necesidades de presión del sistema, el sistema de bombeo controlado por presostato ayuda a reducir el consumo de energía. La bomba solo funcionará cuando sea necesario, lo que se traduce en un menor uso de energía y costos operativos más bajos.

Simplicidad y bajo costo, el sistema de bombeo controlado por presostato es relativamente simple en términos de diseño y configuración. Los presostatos son componentes económicos y fáciles de instalar, lo que contribuye a un costo inicial más bajo en comparación con otros sistemas de control de bombeo más complejos.

Desventajas:

El presostato se basa en la detección de cambios en la presión del sistema para encender y apagar la bomba. Esto puede resultar en fluctuaciones de presión en el sistema a medida que la bomba se enciende o apaga. Si se requiere una presión constante y precisa, el sistema de bombeo controlado por presostato puede no ser la mejor opción.

Con el tiempo, el presostato puede requerir ajustes y calibraciones periódicas para garantizar su funcionamiento óptimo. Además, los cambios en la presión del sistema, debido a factores como la obstrucción en las tuberías, pueden afectar la precisión y el rendimiento del presostato.

Elaboración de diagrama eléctrico

Para la elaboración del diagrama eléctrico se hizo uso del software E-Plan Electric P8 el cual es un sistema de ingeniería consistente, integrado y rápido para que usted planifique y diseñe la ingeniería eléctrica de máquinas y sistemas de plantas. El software incluye una amplia variedad de métodos de ingeniería desde

la creación manual hasta enfoques estandarizados y basados en plantillas. Los datos del proyecto, una vez introducidos en el esquemático, se convierten en la base para la finalización automatizada de la documentación de las máquinas y sistemas de plantas.

EPLAN Electric P8 es compatible con estándares internacionales como la norma IEC, la NFPA, la GOST rusa y las normas GB chinas, con los correspondientes datos maestros y proyectos de muestra. En los anexos se adjunta el diagrama del sistema propuesto.

Presupuesto

El presente presupuesto tiene como objetivo proporcionar una estimación de costos para la instalación de un sistema de bombeo en las instalaciones de la Compañía Cervecería de Nicaragua, S.A. El sistema de bombeo permitirá el suministro de agua para uso de toda la planta productiva, de los edificios administrativos, riego y sistema contra incendio.

PRESUPUESTO					
# parte	Descripción	Cantidad	Fabricante	Precio	Precio Total
PMC11-AA1U1NBWBJA	Encl. Sensor Range:6bar/600kPa/90psi gauge, overload: 40bar/4MPa/600psi Seal:FKM Endress+Hauser	1	Endress+Hauser	\$ 228.00	\$ 228.00
6ES7972-0DA00-0AA0	SIMATIC DP, RS485 terminating resistor for terminating PROFIBUS/MPI networks SIEMENS	1	SIEMENS	\$ 280.00	\$ 280.00
6ES7155-6BA01-0CNO	ET 200SP, IM155-6DP HF incl. DP-Connect. SIEMENS	1	SIEMENS	\$ 829.00	\$ 829.00
6ES7131-6BF01-0BA0	ET 200SP, DI 8x 24V DC ST, PU 1 SIEMENS	10	SIEMENS	\$ 259.00	\$ 2,590.00
6ES7132-6BF01-0BA0	ET 200SP, DQ 8x 24V DC/0,5A ST, PU 1 SIEMENS	2	SIEMENS	\$ 239.62	\$ 479.24
6ES7134-6HD01-0BA1	ET 200SP, AI 4xU/I 2-Wire ST, PU 1 SIEMENS	3	SIEMENS	\$ 239.62	\$ 718.86
6ES7135-6HD00-0BA1	ET 200SP, AQ 4xU/I ST SIEMENS	1	SIEMENS	\$ 239.62	\$ 239.62
6ES7193-6BP00-0DA0	BaseUnit Type A0, BU15-P16+A0+2D SIEMENS	4	SIEMENS	\$ 85.00	\$ 340.00
6ES7193-6BP00-0BA0	BaseUnit Type A0, BU15-P16+A0+2B SIEMENS	12	SIEMENS	\$ 37.99	\$ 455.88
FC-202P30KT4E20H1XGXX	Frequency converter FC-202P30KT4E20H1XGXXSXXXXA0BXCXXXX D0 VLT® AQUA Drive FC-202 30 KW / 40 HP, Three phase	2	Danfoss	\$4,808.00	\$ 9,616.00
METN100-065-200 GG	Motor KSB PREMIUM EFFICIENCY de 50HP/3PH/460/60HZ	4	KSB	\$5,552.50	\$ 22,210.00
	Mano de obra				\$ 4,500.00
					\$ 42,486.60

Alcance del proyecto:

- Diseño del sistema de bombeo y selección de equipos adecuados.

- Instalación de un sistema de control y monitoreo.
- Pruebas de funcionamiento y puesta en marcha del sistema.

CONCLUSIONES

En el presente documento se propone una mejora al sistema de bombeo automatizado que garantice presión constante y un funcionamiento con mayor eficiencia de la estación de bombeo de agua de Compañía Cervecería de Nicaragua, para ello se describieron a detalle tanto el sistema actual que posee la estación de bombeo como el sistema propuesto, una vez descritos ambos sistemas se procedió a realizar en primera instancia el contraste entre los mismos con el fin de demostrar los puntos de mejora en temas de eficiencia, operabilidad, mantenimiento y gestión de fallas.

Encontrando que al sustituir la tecnología de los arrancadores suaves por variadores de frecuencia se logra una optimización importante en el manejo de las corrientes de arranque, el consumo de energía, el desgaste de los equipos y la extensión de la vida útil de los mismos gracias a que estos trabajan en proporciones mucho menores que con el sistema actual, se disminuye significativamente el tiempo que las bombas se encuentran trabajando a máxima capacidad gracias a la retroalimentación del lazo de control a través del transmisor de presión, el flujómetro electromagnético de proceso y el controlador lógico programable garantizando a su vez que la presión en el sistema sea constante y que los equipos de bombeo trabajen de forma eficiente. Por otra parte, el sistema propuesto facilitará la operación de la estación de bombeo a través de la integración propuesta en la plataforma Brewmaxx, esto mediante la visualización remota de un SCADA desde sala de máquinas que permitirá llevar registros en tiempo real de las variables críticas como la presión, caudal, contadores de explotación de los pozos y el totalizador del consumo de agua en la planta; esta plataforma a su vez es capaz de generar reportes de las mediciones de variables y facilitar de esta manera los controles de proceso.

De igual modo, en el ámbito de mantenimiento la propuesta de mejora pretende disminuir significativamente la alta rotación de repuestos como sellos mecánicos de las bombas, juntas, empaques y o-ring de las válvulas de proceso, rupturas de

la tubería e intervenciones de emergencia que provocan paros en la producción. Todos estos factores mencionados anteriormente son causados principalmente por las variaciones abruptas de presión, los golpes de ariete y la obsolescencia tecnológica en el control de las bombas.

Conforme a la gestión de fallas es preciso mencionar que la aplicación de variadores de frecuencia posee la característica de un listado amplio y detallado de alarmas y advertencias que facilitan el diagnóstico para los técnicos y operadores, impactando positivamente en los tiempos de respuesta al momento de atender una falla, de igual forma, la plataforma Brewmaxx contribuye a una visualización más intuitiva y grafica de las anomalías que tengan lugar en la estación de bombeo, lo cual puede permitir a operación anticiparse a las fallas y disminuir la probabilidad de incurrir en paros de la producción.

En segunda instancia, una vez descrito el sistema a proponer se elaboró el diseño del diagrama eléctrico y de control lo cual permitiría llevar a cabo la selección de los dispositivos que se deben sustituir la realización de la migración de tecnología de la estación de bombeo; este diseño fue elaborado con ayuda del software E-Plan Electric P8, un software dedicado al diseño de planos eléctricos multifilares.

Finalmente, con los dispositivos ya seleccionados se procedió a elaborar el presupuesto de materiales y mano de obra para la instalación del nuevo sistema, para que sirva de base a la compañía en la evaluación de beneficio costo de la propuesta.

RECOMENDACIONES

- Considerando el diseño del sistema en su conjunto. Se recomienda realizar un estudio en las tuberías y asegurar de que las tuberías estén dimensionadas adecuadamente para minimizar la pérdida de presión y utilizar accesorios de alta calidad para evitar fugas. Un diseño bien pensado contribuirá a mantener una presión constante de manera más efectiva.
- Mantenimiento regular, se sugiere realizar un mantenimiento regular de la bomba y el sistema en general para garantizar un funcionamiento óptimo. Limpiar los filtros, verificar las conexiones y revisar el sistema en busca de posibles fugas o problemas que puedan afectar la presión constante.
- El software E-plan Electric P8 ofrece reportes tales como los diagramas de terminales y cables o las listas de materiales que se crean automáticamente para ser utilizados en las fases posteriores del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. (2004). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. C.D México: McGraw Hill.

Asociación Internacional de Economía. (Diciembre de 2003). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/301/30121302.pdf>

Blanco Marigorta, E., Velarde Suárez, S., & Fernández Francos, J. (1994). *Agasca*. Obtenido de https://agasca.net/wp-content/uploads/2018/08/PDF_SistemasdeBombeo2.pdf

Canada. Department of Energy, Mines and Resources. (1985). *ENERGY MANAGEMENT SERIES FOR INDUSTRY COMMERCE AND INSTITUTIONS - FANS AND PUMPS*. Canada. Department of Energy, Mines and Resources.

Chapman, S. J. (2012). *Máquinas Eléctricas*. C.D México: McGraw Hill.

Compañía Nacional de Fuerza y Luz de Costa Rica. (2016). Obtenido de CNFL: https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/terminos%20electricos_y_de_facturacion.pdf

Distefano, J. J., Stubberud, A. R., & Williams, I. J. (1990). *Theory and Problems of Feedback and Control Systems*. The McGraw-Hill Companies, INC.

Dominguez, G. (15 de 03 de 2017). *Repositorio Tesis IPN MX*. Obtenido de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/20951>

EMERSON ELECTRIC CO. (2023). *EMERSON ELECTRIC CO*. Obtenido de <https://www.emerson.com/es-es/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/about-magnetic>

Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales. (2006). Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid:

http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/9/96/4._Tiempos_de_fabricaci%C3%B3n.pdf

Inter-American Development Bank. (Julio de 2001). Obtenido de IDB:

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Eficacia-eficiencia-equidad-y-sostenibilidad-%C2%BFQu%C3%A9-queremos-decir.pdf>

International Society of Automation. (2022). *ISA*. Obtenido de

<https://www.isa.org/about-isa/what-is-automation>

ISO. (2011). Obtenido de International Organization for Standardization:

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es:term:3.7>

Jácome López, L. (Julio de 2015). *Repositorio UTA*. Obtenido de

https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19179/1/Tesis_t1075id.pdf

Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., & Heald, C. C. (2001). *Pump Handbook*. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Mejía, C. A. (2006). Obtenido de Planning:

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/43074800/Indicadores-efectividad-eficacia.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLOS_CONCEPTOS_DE_EFECTIVIDAD_EFICIENCIA.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y5

Olivas Álvarez, P., & Torrez Rugama, W. (13 de Enero de 2022). *Sistema de*

Bibliotecas - UNI. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/4475/1/96413.PDF>

Petruzella, F. (2017). *Programmable Controllers*. New York: McGraw-Hill Education.

Prías Caicedo, O. F., Campos Avella, J. C., Rojas Rodríguez, D. B., & Palencia Salas, A. P. (2013). *Implementación de un sistema de gestión de la*

energía. Bogota - Colombia: Programa Estratégico Nacional Sistemas de Gestión Integral de la Energía.

ProLeit. (2021). *ProLeit*. Obtenido de https://www.proleit.es/fileadmin/user_upload/spanish/content/04_brewmaxx/brewmaxx_Brochure_brewmaxx_System-Brochure_ES.pdf

Ruiz Lopez, J., & Amoretti Rivera, C. (Abril de 2022). *Sistemas de Bibliotecas - UNI*. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/4349/1/96472.pdf>

SIEMENS INDUSTRIES. (03 de 2014). Control Industrial. *Arrancadores suaves SIRIUS*. NÜRNBERG, Bavaria, Alemania: SIEMENS INDUSTRIES.

Slobodianinck, D. (09 de Marzo de 2012). Obtenido de Revistas Enfoque Logística: <http://www.logisticasud.enfoque.com/articulos/63152-de-la-oportunidad-la-mejora-continuamente>

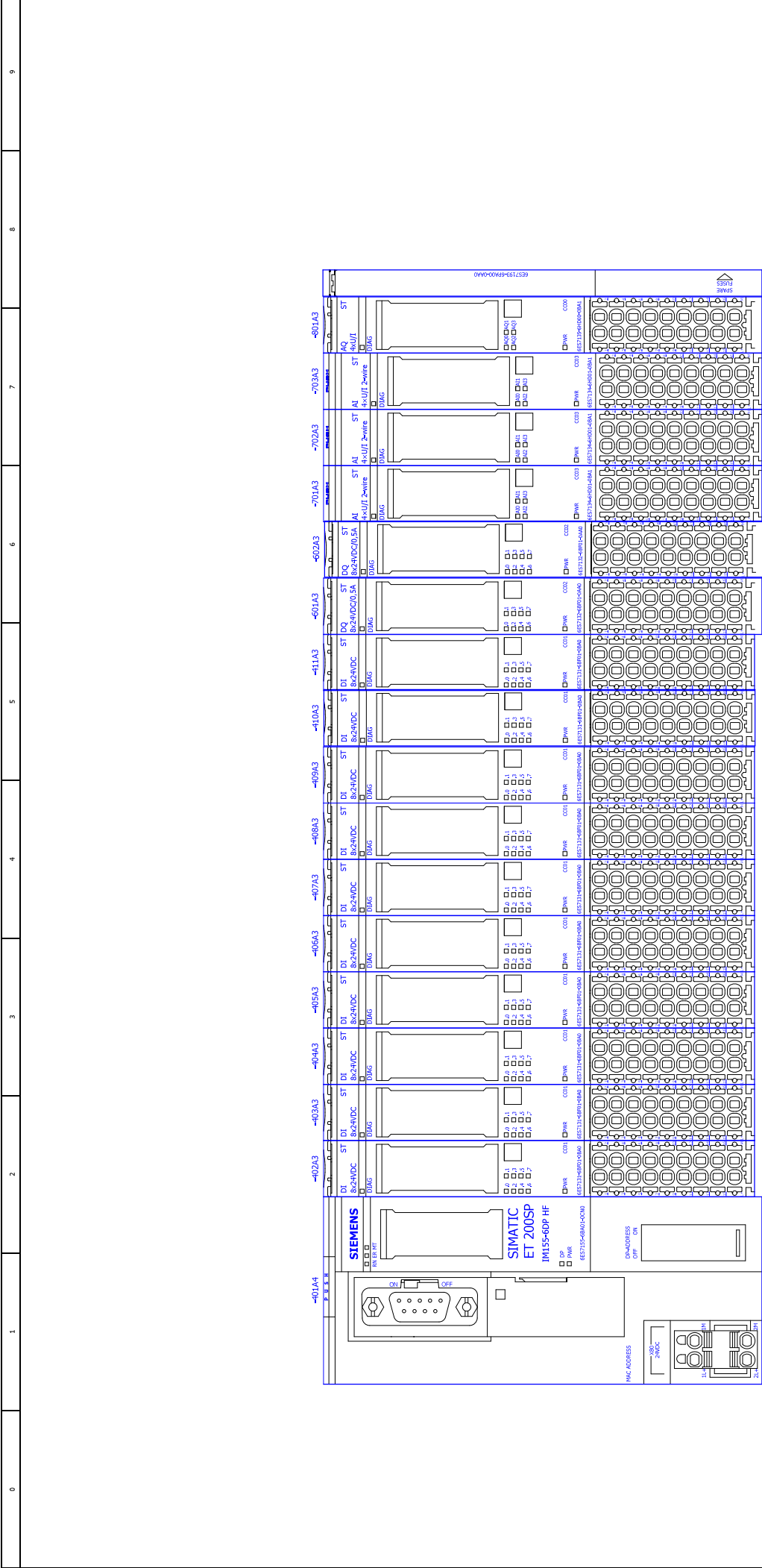
Wikipedia. (27 de Diciembre de 2019). Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_general_de_los_equipos

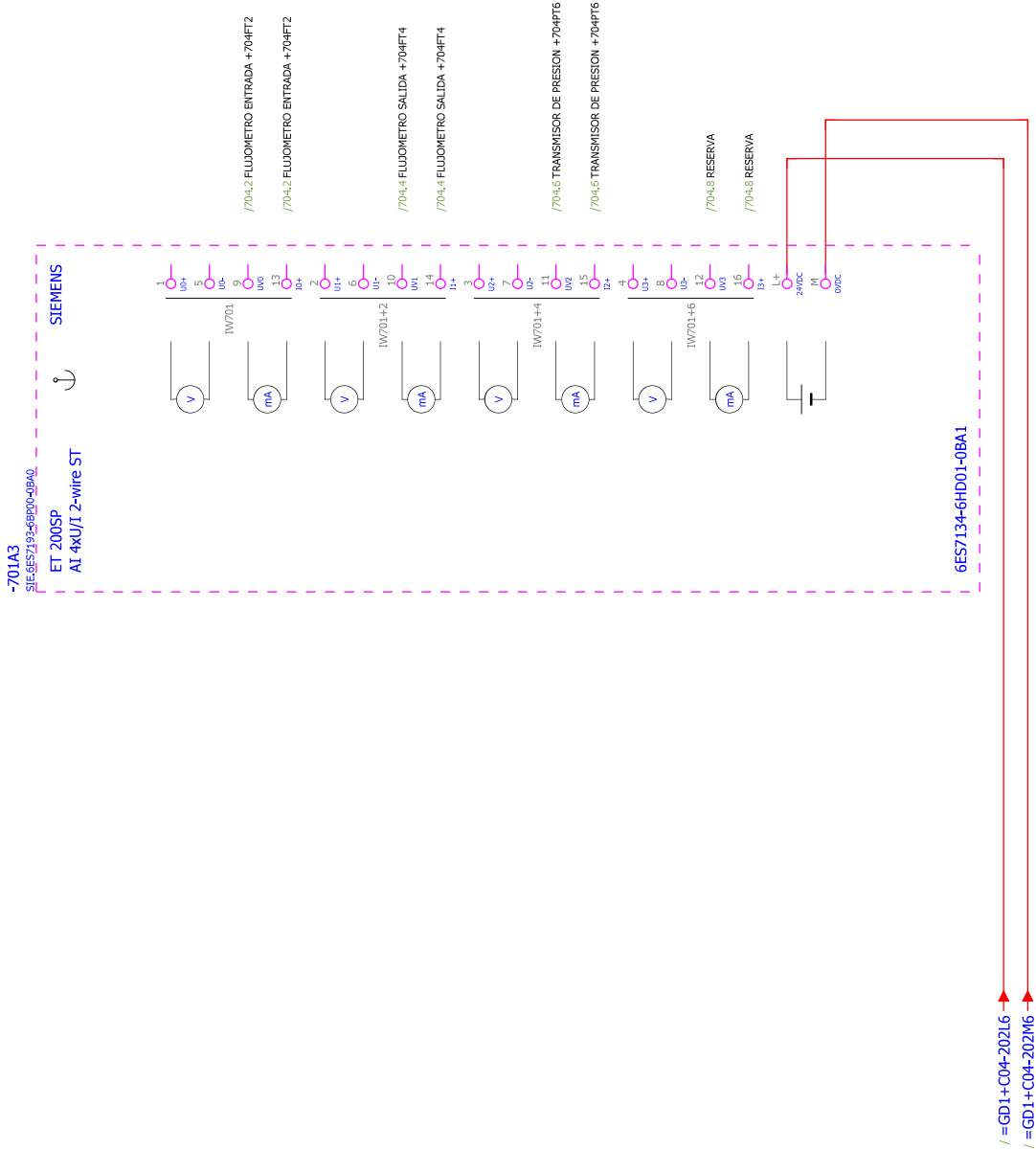
ANEXOS

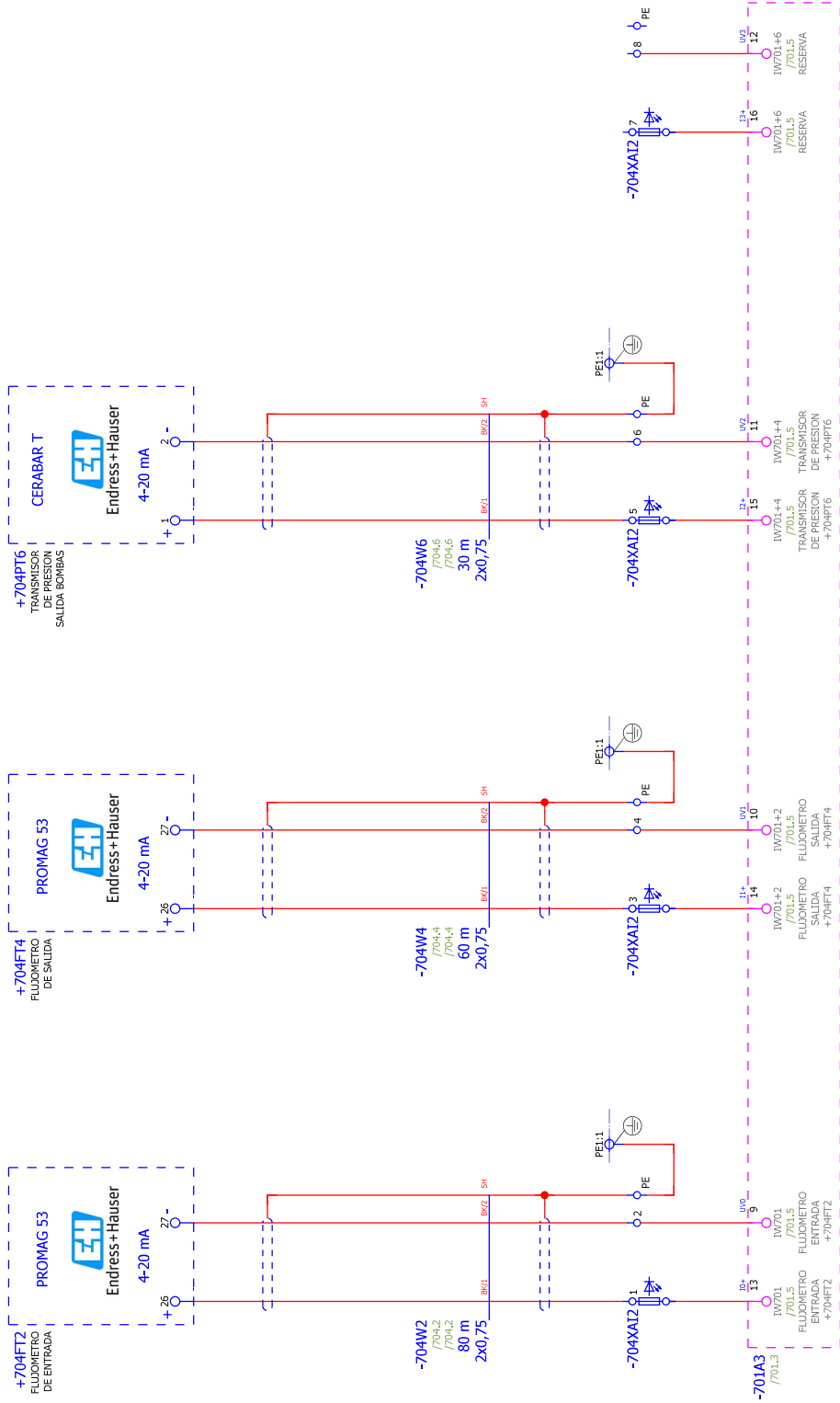
Compañía:		CCN	
Nombre del proyecto:		Estación de bombeo	
Número del proyecto:			
Ingeniería			
Manufactura		Eléctrico	
		Diseño Eléctrico estación de Bombeo H2O.	
Creado		JREAL	RMERCADO
Editado		6/14/2023	



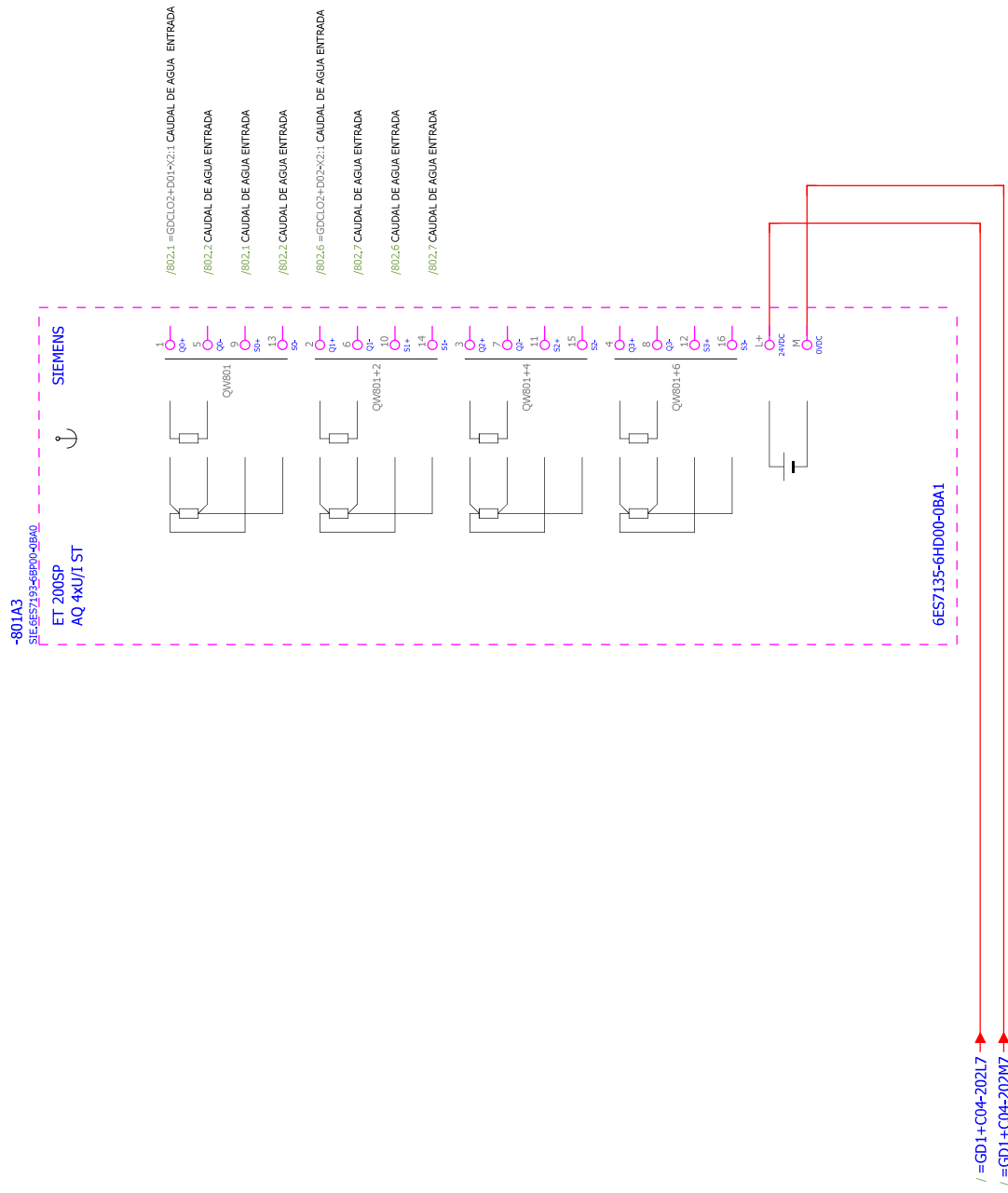
		JREAL	DIBUJO	3/15/2023	 CAMPANA CERVECERIA DE NICARAGUA S.A.		P&ID EBO	ESTACION DE BOMBEO H2O	=	=
		RNERCADO	DISÑO	3/1/2023					+	& PFB
		CCN	APROBADO	11/30/2023						Página
		Nombre	Datos	Fecha						
Modificación	Fecha del cambio	Nombre	Datos	Fecha						
										2 / 22



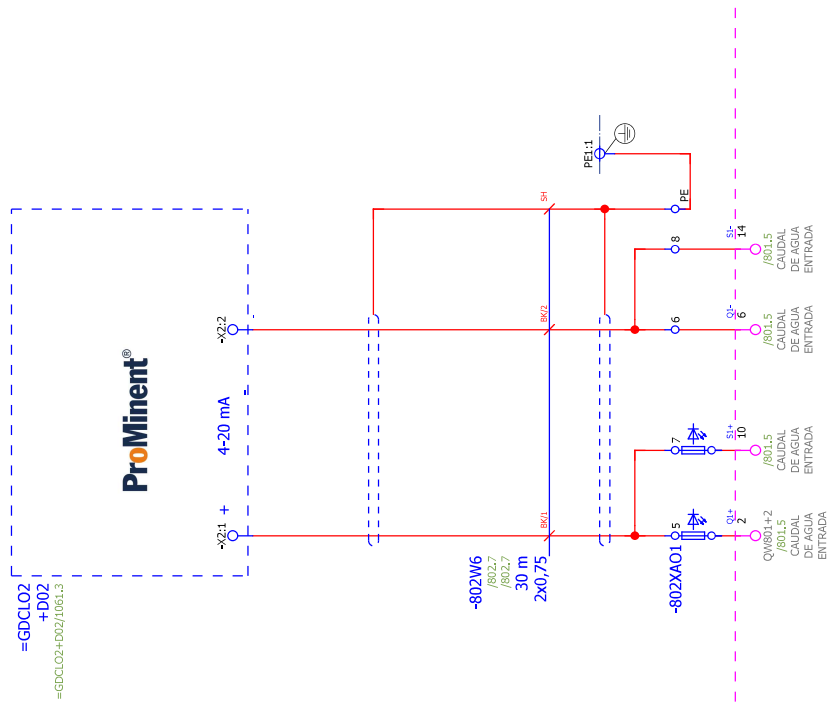
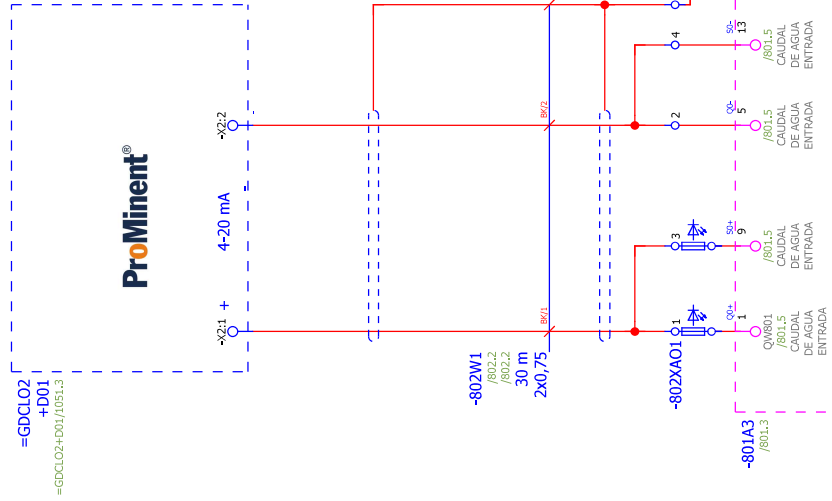


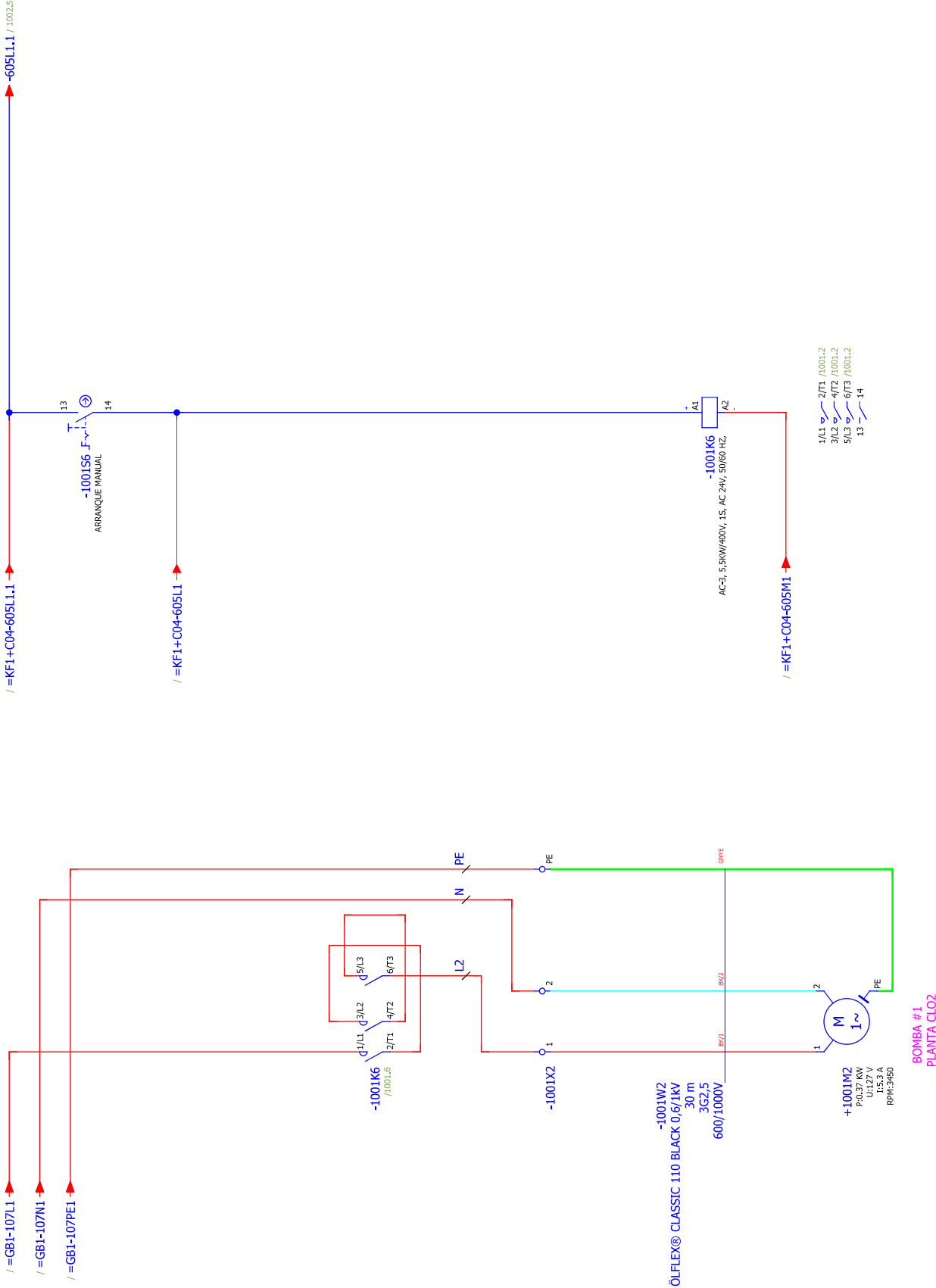


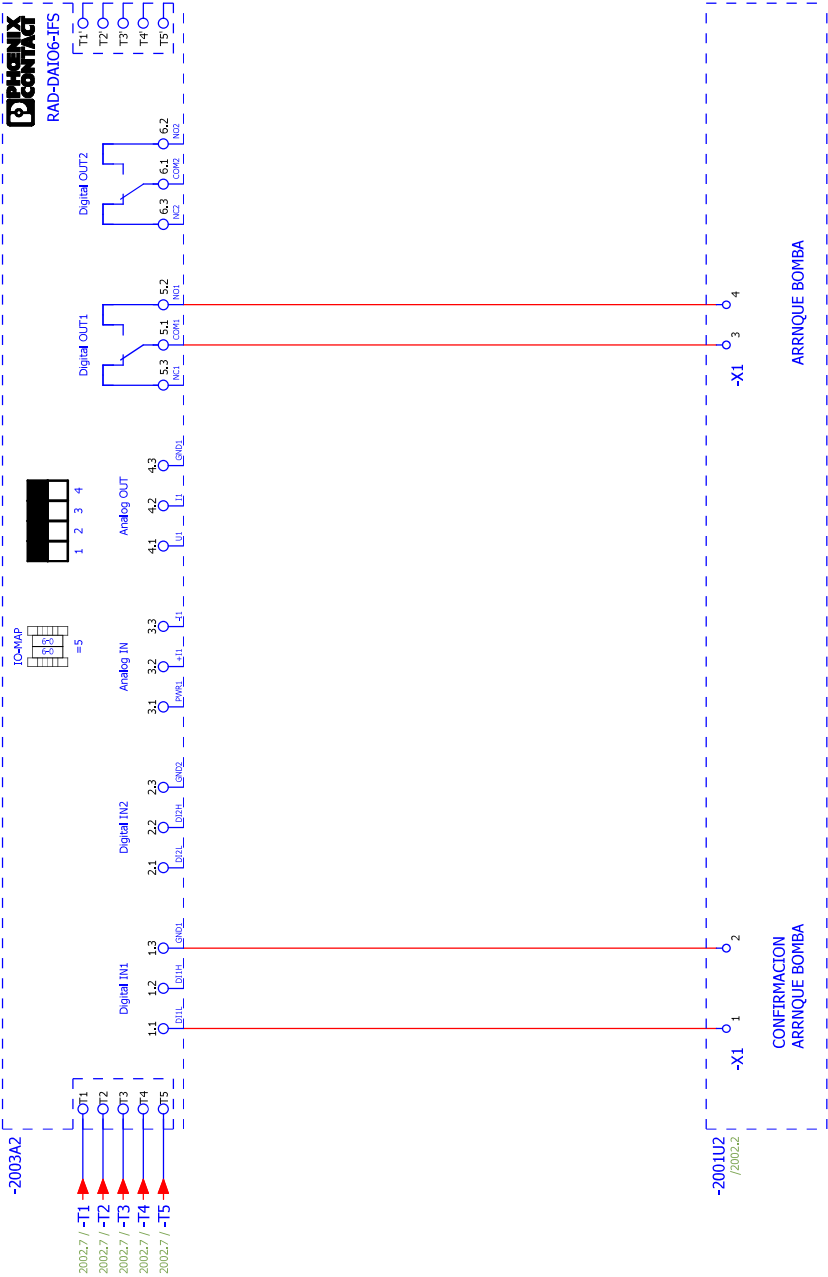
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

[illegible]

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---









SIMATIC ET 200SP, Digital input module, DI 8x 24V DC Standard, type 3 (IEC 61131), sink input, (PNP, P-reading), Packing unit: 1 piece, fits to BU-type A0, Colour Code CC01, input delay time 0,05..20ms, module diagnostics for: short-circuit of sensor supply, wire break, supply voltage

General information	
Product type designation	DI 8x24 VDC ST
HW functional status	From FS02
Firmware version	V0.0
• FW update possible	No
usable BaseUnits	BU type A0
Color code for module-specific color identification plate	CC01
Product function	
• I&M data	Yes; I&M0 to I&M3
• Isochronous mode	No
Engineering with	
• STEP 7 TIA Portal configurable/integrated from version	V14
• STEP 7 configurable/integrated from version	V5.5 SP3 or higher
• PCS 7 configurable/integrated from version	V8.1 SP1
• PROFIBUS from GSD version/GSD revision	One GSD file each, Revision 3 and 5 and higher
• PROFINET from GSD version/GSD revision	GSDML V2.3
Operating mode	
• DI	Yes
• Counter	No
• Oversampling	No
• MSI	No
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Input current	
Current consumption, max.	50 mA; All channels are supplied from the encoder supply
Encoder supply	
Number of outputs	8
Output voltage, min.	19.2 V
Short-circuit protection	Yes; per module
24 V encoder supply	
• 24 V	Yes
• Short-circuit protection	Yes
• Output current, max.	700 mA
• Output current per channel, max.	700 mA
• Output current per module, max.	700 mA
Power loss	
Power loss, typ.	1 W; 24 V, 8 inputs supplied via encoder supply

Address area	
Address space per module	
• Inputs	1 byte; + 1 byte for QI information
Hardware configuration	
Automatic encoding	Yes
• Mechanical coding element	Yes
• Type of mechanical coding element	Type A
Selection of BaseUnit for connection variants	
• 1-wire connection	BU type A0
• 2-wire connection	BU type A0
• 3-wire connection	BU type A0 with AUX terminals or potential distributor module
• 4-wire connection	BU type A0 + Potential distributor module
Digital inputs	
Number of digital inputs	8
Digital inputs, parameterizable	Yes
Source/sink input	P-reading
Input characteristic curve in accordance with IEC 61131, type 3	Yes
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	-30 to +5 V
• for signal "1"	+11 to +30V
Input current	
• for signal "1", typ.	2.5 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— parameterizable	Yes; 0.05 / 0.1 / 0.4 / 0.8 / 1.6 / 3.2 / 12.8 / 20 ms (in each case + delay of 30 to 500 µs, depending on line length)
— at "0" to "1", min.	0.05 ms
— at "0" to "1", max.	20 ms
— at "1" to "0", min.	0.05 ms
— at "1" to "0", max.	20 ms
Cable length	
• shielded, max.	1 000 m
• unshielded, max.	600 m
Encoder	
Connectable encoders	
• 2-wire sensor	Yes
— permissible quiescent current (2-wire sensor), max.	1.5 mA
Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostics function	Yes
Alarms	
• Diagnostic alarm	Yes
Diagnoses	
• Diagnostic information readable	Yes
• Monitoring the supply voltage	Yes
— parameterizable	Yes
• Monitoring of encoder power supply	Yes; Module-by-module, optional protective circuit for preventing wire-break diagnostics in the case of simple encoder contacts: 25 kOhm to 45 kOhm
• Wire-break	Yes; Module-wise
• Short-circuit	Yes; Module-wise
Diagnostics indication LED	
• Monitoring of the supply voltage (PWR-LED)	Yes; green PWR LED
• Channel status display	Yes; green LED
• for channel diagnostics	No
• for module diagnostics	Yes; green/red DIAG LED
Potential separation	
Potential separation channels	
• between the channels	No
• between the channels and backplane bus	Yes
• between the channels and the power supply of the electronics	No

Isolation	
Isolation tested with	707 V DC (type test)
Standards, approvals, certificates	
Suitable for safety functions	No
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
- horizontal installation, min. - horizontal installation, max. - vertical installation, min. - vertical installation, max.	-30 °C; < 0 °C as of FS02 60 °C -30 °C; < 0 °C as of FS02 50 °C
Altitude during operation relating to sea level	
Installation altitude above sea level, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
Dimensions	
Width	15 mm
Height	73 mm
Depth	58 mm
Weights	
Weight, approx.	28 g
last modified: 9/24/2021 	



SIMATIC ET 200SP, Digital output module, DQ 8x 24V DC/0.5A Standard, Source output (PNP, P-switching) Packing unit: 1 piece, fits to BU-type A0, Colour Code CC02, substitute value output, module diagnostics for: short-circuit to L+ and ground, wire break, supply voltage

General information	
Product type designation	DQ 8x24VDC/0.5A ST
HW functional status	From FS02
Firmware version	V0.0
• FW update possible	No
usable BaseUnits	BU type A0
Color code for module-specific color identification plate	CC02
Product function	
• I&M data	Yes; I&M0 to I&M3
• Isochronous mode	No
Engineering with	
• STEP 7 TIA Portal configurable/integrated from version	V14
• STEP 7 configurable/integrated from version	V5.5 SP3 or higher
• PCS 7 configurable/integrated from version	V8.1 SP1
• PROFIBUS from GSD version/GSD revision	One GSD file each, Revision 3 and 5 and higher
• PROFINET from GSD version/GSD revision	GSDML V2.3
Operating mode	
• DQ	Yes
• DQ with energy-saving function	No
• PWM	No
• Oversampling	No
• MSO	No
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Input current	
Current consumption, max.	35 mA; without load
output voltage / header	
Rated value (DC)	24 V
Power loss	
Power loss, typ.	1 W
Address area	
Address space per module	
• Address space per module, max.	1 byte; + 1 byte for QI information
Hardware configuration	
Automatic encoding	Yes
• Mechanical coding element	Yes
• Type of mechanical coding element	Type A

Selection of BaseUnit for connection variants	
• 1-wire connection	BU type A0
• 2-wire connection	BU type A0
• 3-wire connection	BU type A0 with AUX terminals or potential distributor module
• 4-wire connection	BU type A0 + Potential distributor module
Digital outputs	
Type of digital output	Source output (PNP, current-sourcing)
Number of digital outputs	8
Current-sourcing	Yes
Digital outputs, parameterizable	Yes
Short-circuit protection	Yes
• Response threshold, typ.	1 A
Limitation of inductive shutdown voltage to	Typ. L+ (-50 V)
Controlling a digital input	Yes
Switching capacity of the outputs	
• with resistive load, max.	0.5 A
• on lamp load, max.	5 W
Load resistance range	
• lower limit	48 Ω
• upper limit	12 k Ω
Output voltage	
• for signal "1", min.	L+ (-0.8 V)
Output current	
• for signal "1" rated value	0.5 A
• for signal "1" permissible range, max.	0.5 A
• for signal "0" residual current, max.	0.1 mA
Output delay with resistive load	
• "0" to "1", max.	50 μ s; at rated load
• "1" to "0", max.	100 μ s; at rated load
Parallel switching of two outputs	
• for uprating	No
• for redundant control of a load	Yes
Switching frequency	
• with resistive load, max.	100 Hz
• with inductive load, max.	2 Hz
• on lamp load, max.	10 Hz
Total current of the outputs	
• Current per channel, max.	0.5 A
• Current per module, max.	4 A
Total current of the outputs (per module)	
horizontal installation	
— up to 60 °C, max.	4 A
vertical installation	
— up to 50 °C, max.	4 A
Cable length	
• shielded, max.	1 000 m
• unshielded, max.	600 m
Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostics function	Yes
Substitute values connectable	Yes
Alarms	
• Diagnostic alarm	Yes
Diagnoses	
• Monitoring the supply voltage	Yes
• Wire-break	Yes; Module-wise
• Short-circuit to M	Yes; Module-wise
• Short-circuit to L+	Yes; Module-wise
• Group error	Yes
Diagnostics indication LED	
• Monitoring of the supply voltage (PWR-LED)	Yes; green PWR LED
• Channel status display	Yes; green LED

• for channel diagnostics	No
• for module diagnostics	Yes; green/red DIAG LED
Potential separation	
Potential separation channels	
• between the channels	No
• between the channels and backplane bus	Yes
• between the channels and the power supply of the electronics	No
Isolation	
Isolation tested with	707 V DC (type test)
Standards, approvals, certificates	
Suitable for safety functions	No
Suitable for safety-related tripping of standard modules	Yes; see FAQ Entry ID: 39198632
Highest safety class achievable in safety mode	
• Performance level according to ISO 13849-1	PL d
• SIL acc. to IEC 61508	SIL 2
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• horizontal installation, min.	-30 °C; < 0 °C as of FS02
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-30 °C; < 0 °C as of FS02
• vertical installation, max.	50 °C
Altitude during operation relating to sea level	
• Installation altitude above sea level, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
Dimensions	
Width	15 mm
Height	73 mm
Depth	58 mm
Weights	
Weight, approx.	30 g

last modified:

9/27/2021 



SIMATIC ET 200SP, ANALOG INPUT MODULE, AI 4XU/I 2-WIRE STANDARD,
PACKING UNIT: 1 PIECE, FITS TO BU-TYPE A0, A1, COLOR CODE CC03,
MODULE DIAGNOSIS, 16BIT, +/-0,3%

General information	
Product type designation	AI 4x U/I 2-wire
HW functional status	From FS02
Firmware version	
• FW update possible	Yes
usable BaseUnits	BU type A0, A1
Color code for module-specific color identification plate	CC03
Product function	
• I&M data	Yes; I&M0 to I&M3
• Isochronous mode	No
• Measuring range scalable	No
Engineering with	
• STEP 7 TIA Portal configurable/integrated from version	V14 / -
• STEP 7 configurable/integrated from version	V5.6 and higher
• PCS 7 configurable/integrated from version	V8.1 SP1
• PROFIBUS from GSD version/GSD revision	One GSD file each, Revision 3 and 5 and higher
• PROFINET from GSD version/GSD revision	GSDML V2.3
Operating mode	
• Oversampling	No
• MSI	No
CiR - Configuration in RUN	
Reparameterization possible in RUN	Yes
Calibration possible in RUN	No
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Input current	
Current consumption, max.	37 mA; without sensor supply
Encoder supply	
24 V encoder supply	
• 24 V	Yes
• Short-circuit protection	Yes
• Output current, max.	20 mA; max. 50 mA per channel for a duration < 10 s
Power loss	
Power loss, typ.	0.85 W; Without encoder supply voltage
Address area	
Address space per module	
• Address space per module, max.	8 byte; + 1 byte for QI information

Hardware configuration	
Automatic encoding	Yes
- Mechanical coding element - Type of mechanical coding element	Yes Type A
Selection of BaseUnit for connection variants	
2-wire connection	BU type A0, A1
Analog inputs	
Number of analog inputs	4; Differential inputs
permissible input voltage for voltage input (destruction limit), max.	30 V
permissible input current for current input (destruction limit), max.	50 mA
Cycle time (all channels), min.	Sum of the basic conversion times and additional processing times (depending on the parameterization of the active channels)
Input ranges (rated values), voltages	
0 to +10 V - Input resistance (0 to 10 V) 1 V to 5 V - Input resistance (1 V to 5 V) -10 V to +10 V - Input resistance (-10 V to +10 V) -5 V to +5 V - Input resistance (-5 V to +5 V)	Yes; 15 bit 120 kΩ Yes; 15 bit 120 kΩ Yes; 16 bit incl. sign 120 kΩ Yes; 16 bit incl. sign 120 kΩ
Input ranges (rated values), currents	
0 to 20 mA - Input resistance (0 to 20 mA) 4 mA to 20 mA - Input resistance (4 mA to 20 mA)	Yes; 15 bit 100 Ω; + approx. 0.7 V diode forward voltage Yes; 15 bit 100 Ω; + approx. 0.7 V diode forward voltage
Cable length	
shielded, max.	1 000 m; 200 m for voltage measurement
Analog value generation for the inputs	
Measurement principle	integrating (Sigma-Delta)
Integration and conversion time/resolution per channel	
- Resolution with overrange (bit including sign), max. - Integration time, parameterizable - Interference voltage suppression for interference frequency f1 in Hz - Conversion time (per channel)	16 bit Yes 16.6 / 50 / 60 Hz 180 / 60 / 50 ms
Smoothing of measured values	
- Number of smoothing levels - parameterizable	4; None; 4/8/16 times Yes
Encoder	
Connection of signal encoders	
- for voltage measurement - for current measurement as 2-wire transducer - Burden of 2-wire transmitter, max. - for current measurement as 4-wire transducer	Yes Yes 650 Ω No
Errors/accuracies	
Linearity error (relative to input range), (+/-)	0.01 %
Temperature error (relative to input range), (+/-)	0.005 %/K
Crosstalk between the inputs, min.	50 dB
Repeat accuracy in steady state at 25 °C (relative to input range), (+/-)	0.05 %
Operational error limit in overall temperature range	
- Voltage, relative to input range, (+/-) - Current, relative to input range, (+/-)	0.5 % 0.5 %
Basic error limit (operational limit at 25 °C)	
- Voltage, relative to input range, (+/-) - Current, relative to input range, (+/-)	0.3 % 0.3 %
Interference voltage suppression for $f = n \times (f1 \pm 1 \%)$, f1 = interference frequency	
Series mode interference (peak value of interference < rated value of input range), min.	70 dB

• Common mode voltage, max.	10 V
• Common mode interference, min.	90 dB
Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostics function	Yes
Alarms	
• Diagnostic alarm	Yes
• Limit value alarm	No
Diagnoses	
• Monitoring the supply voltage	Yes
• Wire-break	Yes; at 4 to 20 mA
• Short-circuit	Yes; with 1 to 5 V or 2-wire mode: Short-circuit of the encoder supply to ground or of an input to the encoder supply
• Group error	Yes
• Overflow/underflow	Yes
Diagnostics indication LED	
• Monitoring of the supply voltage (PWR-LED)	Yes; green LED
• Channel status display	Yes; green LED
• for channel diagnostics	No
• for module diagnostics	Yes; green/red LED
Potential separation	
Potential separation channels	
• between the channels	Yes; channel group-specific between 2-wire current input group and voltage input group
• between the channels and backplane bus	Yes
• between the channels and the power supply of the electronics	Yes; only for voltage inputs
Permissible potential difference	
between the inputs (UCM)	10 V DC
Isolation	
Isolation tested with	707 V DC (type test)
Standards, approvals, certificates	
Suitable for applications according to AMS 2750	Yes; Declaration of Conformity, see online support entry 109757262
Suitable for applications according to CQI-9	Yes
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• horizontal installation, min.	-30 °C; < 0 °C as of FS02
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-30 °C; < 0 °C as of FS02
• vertical installation, max.	50 °C
Altitude during operation relating to sea level	
• Installation altitude above sea level, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
Dimensions	
Width	15 mm
Height	73 mm
Depth	58 mm
Weights	
Weight, approx.	31 g

last modified: 2/6/2021 



SIMATIC ET 200SP, Analog output module, AQ 4xU/I Standard, suitable for BU type A0, A1, Color code CC00, Module diagnostics, 16 bit, $\pm 0.3\%$

General information

Product type designation	AQ 4xU/I ST
HW functional status	From FS07
usable BaseUnits	BU type A0, A1
Color code for module-specific color identification plate	CC00

Product function

• I&M data	Yes; I&M0 to I&M3
• Isochronous mode	No
• Output range scalable	No

Engineering with

• STEP 7 TIA Portal configurable/integrated from version	V11 SP2 / V13
• STEP 7 configurable/integrated from version	V5.5 SP3 / -
• PCS 7 configurable/integrated from version	V8.1 SP1
• PROFIBUS from GSD version/GSD revision	One GSD file each, Revision 3 and 5 and higher
• PROFINET from GSD version/GSD revision	GSDML V2.3

Operating mode

• Oversampling	No
• MSO	No

CiR - Configuration in RUN

Reparameterization possible in RUN	Yes
Calibration possible in RUN	No

Supply voltage

Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes

Input current

Current consumption, max.	150 mA
---------------------------	--------

Power loss

Power loss, typ.	1.5 W
------------------	-------

Address area

Address space per module	
• Address space per module, max.	8 byte; + 1 byte for QI information

Hardware configuration

Automatic encoding	
• Type of mechanical coding element	Type A

Analog outputs

Number of analog outputs	4
Voltage output, short-circuit current, max.	45 mA
Cycle time (all channels), min.	5 ms

Analog output with oversampling	No
Output ranges, voltage	
• 0 to 10 V	Yes; 15 bit
• 1 V to 5 V	Yes; 13 bit
• -5 V to +5 V	Yes; 15 bit incl. sign
• -10 V to +10 V	Yes; 16 bit incl. sign
Output ranges, current	
• 0 to 20 mA	Yes; 15 bit
• -20 mA to +20 mA	Yes; 16 bit incl. sign
• 4 mA to 20 mA	Yes; 14 bit
Connection of actuators	
• for voltage output two-wire connection	Yes
• for voltage output four-wire connection	Yes
• for current output two-wire connection	Yes
Load impedance (in rated range of output)	
• with voltage outputs, min.	2 kΩ
• with voltage outputs, capacitive load, max.	1 μF
• with current outputs, max.	500 Ω
• with current outputs, inductive load, max.	1 mH
Destruction limits against externally applied voltages and currents	
• Voltages at the outputs	30 V
Cable length	
• shielded, max.	1 000 m; 200 m for voltage output
Analog value generation for the outputs	
Integration and conversion time/resolution per channel	
• Resolution with overrange (bit including sign), max.	16 bit
Settling time	
• for resistive load	0.1 ms
• for capacitive load	1 ms
• for inductive load	0.5 ms
Errors/accuracies	
Linearity error (relative to output range), (+/-)	0.03 %
Temperature error (relative to output range), (+/-)	0.005 %/K
Crosstalk between the outputs, min.	-50 dB
Repeat accuracy in steady state at 25 °C (relative to output range), (+/-)	0.05 %
Operational error limit in overall temperature range	
• Voltage, relative to output range, (+/-)	0.5 %
• Current, relative to output range, (+/-)	0.5 %
Basic error limit (operational limit at 25 °C)	
• Voltage, relative to output range, (+/-)	0.3 %
• Current, relative to output range, (+/-)	0.3 %
Interrupts/diagnostics/status information	
Diagnostics function	Yes
Substitute values connectable	Yes
Alarms	
• Diagnostic alarm	Yes
Diagnoses	
• Monitoring the supply voltage	Yes
• Wire-break	Yes
• Short-circuit	Yes
• Group error	Yes
• Overflow/underflow	Yes
Diagnostics indication LED	
• Monitoring of the supply voltage (PWR-LED)	Yes; green PWR LED
• Channel status display	Yes; green LED
• for channel diagnostics	No
• for module diagnostics	Yes; green/red DIAG LED
Potential separation	
Potential separation channels	
• between the channels	No

• between the channels and backplane bus • between the channels and the power supply of the electronics	Yes Yes
Isolation	
Isolation tested with	707 V DC (type test)
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• horizontal installation, min. • horizontal installation, max. • vertical installation, min. • vertical installation, max.	-30 °C; < 0 °C as of FS07 60 °C; Observe derating -30 °C; < 0 °C as of FS07 50 °C; Observe derating
Altitude during operation relating to sea level	
• Installation altitude above sea level, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
Dimensions	
Width	15 mm
Height	73 mm
Depth	58 mm
Weights	
Weight, approx.	31 g
last modified:	1/16/2021 



SIMATIC ET 200SP, PROFIBUS bundle IM, IM 155-6DP HF, max. 32 I/O modules and 16 ET 200AL modules, Multi-hotswap, bundle consists of: Interface module (6ES7155-6BU01-0CN0), Server module (6ES7193-6PA00-0AA0), PROFIBUS connector (6ES7972-0BB70-0XA0)

General information	
Product type designation	IM 155-6 DP HF
HW functional status	From FS02
Firmware version	V4.2
• FW update possible	Yes
Product function	
• I&M data	Yes; I&M0 to I&M3
• Module swapping during operation (hot swapping)	Yes; Multi-hot swapping
• Isochronous mode	No
Engineering with	
• STEP 7 TIA Portal configurable/integrated from version	V15 SP1
• STEP 7 configurable/integrated from version	As of V5.5 SP4, only up to FW V3.1
• PROFIBUS from GSD version/GSD revision	One GSD file each, Revision 3 and 5 and higher
Configuration control	
via dataset	Yes
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	19.2 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Reverse polarity protection	Yes
Short-circuit protection	Yes
Mains buffering	
• Mains/voltage failure stored energy time	10 ms
Input current	
Current consumption, max.	335 mA
Inrush current, max.	1.6 A
I ² t	0.038 A ² ·s
Power loss	
Power loss, typ.	1.5 W
Address area	
Address space per module	
• Address space per module, max.	32 byte; For input and output data respectively
Address space per station	
• Address space per station, max.	244 byte
Hardware configuration	
Rack	
• Quantity of operable ET 200SP modules, max.	32
• Quantity of operable ET 200AL modules, max.	16
Interfaces	
Number of PROFIBUS interfaces	1

1. Interface	
Interface types	
• RS 485	Yes
• Output current of the interface, max.	90 mA
Protocols	
• PROFIBUS DP slave	Yes
Interface types	
RS 485	
• Transmission rate, max.	12 Mbit/s
Protocols	
Modbus TCP	No
Open IE communication	
• TCP/IP	No
PROFIBUS DP	
Services	
— SYNC capability	Yes
— FREEZE capability	Yes
— DPV0	Yes
— DPV1	Yes
Interrupts/diagnostics/status information	
Status indicator	Yes
Alarms	Yes
Diagnostics function	Yes
Diagnostics indication LED	
• RUN LED	Yes; green LED
• ERROR LED	Yes; red LED
• MAINT LED	Yes; Yellow LED
• Monitoring of the supply voltage (PWR-LED)	Yes; green PWR LED
• Connection display DP	Yes; green DP LED
Potential separation	
between backplane bus and electronics	No
between PROFIBUS DP and all other circuit components	Yes
between supply and all other circuits	No
Permissible potential difference	
between different circuits	Safety extra low voltage SELV
Isolation	
Isolation tested with	707 V DC (type test)
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• horizontal installation, min.	-25 °C; No condensation
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-25 °C; No condensation
• vertical installation, max.	50 °C
Altitude during operation relating to sea level	
• Installation altitude above sea level, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
connection method	
ET-Connection	
• via BU/BA Send	Yes; + 16 ET 200AL modules
Dimensions	
Width	50 mm
Height	117 mm
Depth	74 mm
Weights	
Weight, approx.	150 g

last modified:

5/4/2023 



SIMATIC ET 200SP, BaseUnit BU15-P16+A0+2B, BU type A0, Push-in terminals, without AUX terminals, bridged to the left, WxH: 15x 117 mm

Figure similar

General information	
Product type designation	BU type A0
HW functional status	From FS06
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
external protection for power supply lines	Yes; 24 V DC/10 A miniature circuit breaker with type B or C tripping characteristic
Mains filter	
• integrated	No
Current carrying capacity	
For P1 and P2 bus, max.	10 A
For process terminals, max.	2 A
Hardware configuration	
Automatic encoding	Yes
Formation of potential groups	
• New potential group	No
• Potential group continued from the left	Yes
Slots	
• Number of slots	1; Type A0
Isolation	
Isolation tested with	707 V DC (type test)
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• horizontal installation, min.	-30 °C
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-30 °C
• vertical installation, max.	50 °C
Altitude during operation relating to sea level	
• Installation altitude above sea level, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
Accessories	
Color coding labels	
• for process terminals	CC00 to CC09
• for AUX terminals	does not exist
• for add-on terminals	does not exist
connection method	
Terminals	
• Terminal type	Push-in terminal
• system-integrated shield connection	Yes; Optional
• Conductor cross-section, min.	0.14 mm²; AWG 26

• Conductor cross-section, max. • Number of process terminals to I/O module • Number of terminals to AUX bus • Number of add-on terminals • Number of terminals with connection to P1 and P2 bus	2.5 mm²; AWG 14 16; Pro slot 0 0 2; Pro slot
Dimensions	
Width	15 mm
Height	117 mm
Depth	35 mm
Weights	
Weight, approx.	40 g
last modified:	1/20/2023 



SIMATIC ET 200SP, BaseUnit BU15-P16+A0+2D, BU type A0, push-in terminals, without aux. terminals, new load group, WxH: 15x 117 mm

Figure similar

General information	
Product type designation	BU type A0
HW functional status	From FS06
Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
external protection for power supply lines	Yes; 24 V DC/10 A miniature circuit breaker with type B or C tripping characteristic
Mains filter	
• integrated	Yes
Current carrying capacity	
For P1 and P2 bus, max.	10 A
For process terminals, max.	2 A
Hardware configuration	
Formation of potential groups	
• New potential group	Yes
• Potential group continued from the left	No
Slots	
• Number of slots	1; Type A0
Potential separation	
between the potential groups	Yes
Isolation	
Isolation tested with	707 V DC (type test)
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• horizontal installation, min.	-30 °C
• horizontal installation, max.	60 °C
• vertical installation, min.	-30 °C
• vertical installation, max.	50 °C
Altitude during operation relating to sea level	
• Installation altitude above sea level, max.	5 000 m; Restrictions for installation altitudes > 2 000 m, see manual
Accessories	
Color coding labels	
• for process terminals	CC00 to CC09
• for AUX terminals	does not exist
• for add-on terminals	does not exist
connection method	
Terminals	
• Terminal type	Push-in terminal
• system-integrated shield connection	Yes; Optional

• Conductor cross-section, min. • Conductor cross-section, max. • Number of process terminals to I/O module • Number of terminals to AUX bus • Number of add-on terminals • Number of terminals with connection to P1 and P2 bus	0.14 mm²; AWG 26 2.5 mm²; AWG 14 16 0 0 2
Dimensions	
Width	15 mm
Height	117 mm
Depth	35 mm
Weights	
Weight, approx.	40 g
last modified:	1/20/2023 



Figure similar

SIMATIC DP, RS485 terminating resistor for terminating PROFIBUS/MPI networks

Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Input current	
Current consumption, typ.	30 mA
Power loss	
Power loss, max.	0.72 W
Interfaces	
PROFIBUS DP	
• Transmission rate, max.	12 Mbit/s; 9.6 kbit/s to 12 Mbit/s
Degree and class of protection	
IP degree of protection	IP20
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• min.	0 °C
• max.	60 °C
Ambient temperature during storage/transportation	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Relative humidity	
• Operation, max.	95 %; at +25 °C
connection method	
Design of electrical connection for supply voltage	Screw terminal block
Design of electrical connection for PROFIBUS cables	Screw terminal block
Dimensions	
Width	60 mm
Height	70 mm
Depth	43 mm
Weights	
Weight, approx.	95 g

last modified: 1/17/2021



PRODUCT DETAILS – 131H3040 / EAN: 5702427533264

VLT® AQUA DRIVE FC 202

FC-202P30KT4E20H1XGXXXSXXXXA0BXCXXXXD0

Danfoss VLT® AQUA Drive is dedicated to water and wastewater applications. With a wide range of powerful standard and optional features, the VLT® AQUA Drive provides the lowest overall cost of ownership for water and wastewater applications.

< BACK TO CONFIGURATION

< RETURN TO: CONFIGURATOR HOME

General Information	Configuration Details	Efficiency Data	DrivePro®	Documents	Accessories	Services
CHARACTERISTIC VALUE						
Product Group	VLT® AQUA Drive FC-					
Series	202					
Power Rating	(P30K) 30 KW / 40 HP					
Phase	Three phase					
Mains Voltage	380 - 480 VAC					
Enclosure	(E20) IP20 / Chassis					
RFI Filter	(H1) RFI Class A1/B (C1)					
Brake - Safe Stop	No brake chopper					
LCP	Graphical Loc. Cont. Panel					
Coating PCB	Not coated PCB					
Mains Option	No Mains Option					
Adaptation A	Standard Cable Entries					
Adaptation B	No adaptation					
Software Release	Latest release std. SW.					
Software Language Pack	Standard Language Pack					
A Option	PROFIBUS DP MCA 101					
B Option	No B Option					
C0 Option MCO	No C0 option					
C1 Option	No C1 option					

TERMS OF USE | PRIVACY POLICY | GENERAL INFORMATION

C Option Software	No software option
D Option	MCB-107 24V DC backup
Frame Size	B4
Typecode Part 1	FC-202P30KT4E20H1XGX
Typecode Part 2	XXSXXXXA0BXCXXXXD0
Product Catalog	Global (Standard)
Power 160% (HO) [KW]	22
Power 110% (NO) [KW]	30
Height [mm]	520,0
Width w/ no C options [mm]	230,0
Depth [mm]	242,0
Depth with Option A/B [mm]	242,0
kVA	42.3
Power Loss NO [W]	739
Power Loss NO [W]	739
Power Loss HO [W]	547
Power Loss HO [W]	547
Continuous Current (NO) [A]	61
Intermittent Current (NO) [A]	67.1
Continuous Current (NO) [A]	52
Intermittent Current (NO) [A]	57.2
Continuous Current (HO) [A]	44
Intermittent Current (HO) [A]	70.4
Continuous Current (HO) [A]	40
Intermittent Current (HO) [A]	64
Calculated Gross Weight [kg]	20.800
Calculated Net Weight [kg]	20.500
Vendor	Cannot Determine Vendor
Modelcode01	FC-202P30KT4E20H1XGX
Modelcode02	XXSXXXXA0BXCXXXXD0

Gauge pressure Cerabar PMC11

Cost-effective pressure transducer with ceramic sensor for measurement in gases or liquids



Benefits:

- Easy and time-saving installation and set up within the plant due to very compact construction and customizable measuring ranges
- Reference accuracy of 0.5% together with high long-term stability and repeatability ensures a high quality of process monitoring in standard processes
- Capacitive oil-free measuring cell with high abrasion resistance and 100% test coverage during production guarantees long process availability

Specs at a glance

- **Accuracy** 0.5%
- **Process temperature** -25 °C...+85 °C (-13 °F...+185 °F)
- **Pressure measuring range** +400 mbar...+40 bar (+6 psi...+600 psi)
- **Measuring cell** +400 mbar...+40 bar (+6 psi...+600 psi)

from **€169.00**

Price as of 15.06.2023

More information and current pricing:

www.easc.endress.com/PMC11

Field of application: The Cerabar PMC11 is the most price-attractive compact pressure transmitter in its segment. It features a capacitive, oil-free ceramic sensor and is able to measure gauge pressure from 400mbar up to 40bar. The PMC11 is designed for standard applications in the process industry and to withstand the conditions with the use of high quality materials like 316L and 99,9% Al₂O₃.

Features and specifications

Pressure

Measuring principle

Gauge pressure

Characteristic

Cost effective pressure transducer, capacitive sensor with ceramics measuring diaphragm

Supply voltage

Analogue output: 10...30 VDC

0...10 V output: 12...30 VDC

Reference Accuracy

0.5 %

Long term stability

0.2 % of URL/year

Process temperature

-25 °C...+85 °C

(-13 °F...+185 °F)

Ambient temperature

-40 °C...+70 °C

(-40 °F...+158 °F)

Measuring cell

+400 mbar...+40 bar

(+6 psi...+600 psi)

Max. overpressure limit

max. 60 bar (900 psi)

Process connection

Threads:

G1/4, G1/2,

MNPT 1/4, MNPT 1/2,

DIN13

Pressure**Communication**

4...20 mA

0...10 V

Design approvals

EN10204-3.1 Final inspection report

Cleaned from oil and grease

Continuous / Liquids**Measuring principle**Gauge pressure

Characteristic / ApplicationCost effective pressure transducer, capacitive sensor with ceramics measuring diaphragm

Supply / Communication

Analogue output:

10...30 VDC

0...10 V output:

12...30 VDC

Accuracy0.5%

Long term stability0.2 % of URL/year

Ambient temperature

-40 °C...+70 °C

(-40 °F...+158 °F)

Process temperature

-25 °C...+85 °C

(-13 °F...+185 °F)

Process pressure / max. overpressure limitmax. 60 bar (900 psi)

Continuous / Liquids**Pressure measuring range**

+400 mbar...+40 bar
(+6 psi...+600 psi)

Process connection

Threads:
G1/4, G1/2,
MNPT 1/4, MNPT 1/2,
DIN13

Communication

4...20 mA
0...10 V

Design approvals

EN10204-3.1 Final inspection report
Cleaned from oil and grease

More information www.easc.endress.com/PMC11