

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL
PROCESO DE ECUALIZACIÓN EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA
DOE RUN PERÚ”**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

AREA: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTOR : Br. HUATAY LINGÁN, VÍCTOR HUGO

ASESOR : Ing. VARGAS DÍAZ, LUÍS

TRUJILLO – PERÚ

2013

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL
PROCESO DE ECUALIZACIÓN EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA
DOE RUN PERÚ”**

MIEMBROS DEL JURADO

Ing. Saúl Noé, Linares Vértiz
Presidente
CIP N° 142213

Ing. Víctor, Calderón Reaño
Secretario
CIP N° 74390

Ing. Lenin Humberto, Llanos León
Vocal
CIP N° 139213

TESISTA

Br. Víctor Hugo, Huatay Lingán
Bachiller

ASESOR

Ing. Luís Alberto, Vargas Díaz
Asesor
CIP N° 104175

DEDICATORIA

A mis padres:

Juana Lidia, Lingán Vásquez

Isaías, Huatay Villanueva, In Memoriam.

Que con su amor, paciencia y su digno ejemplo,
guían mi camino y me apoyan en el logro de mis
objetivos.

A mi esposa:

María Caridad, Núñez Gálvez

Y mis hijos:

María Fernanda y Víctor André

Quienes con su existencia llenan mi vida de
felicidad y son la fuente de inspiración para ser
cada día mejor.

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a:

Dios, por ayudarme a cumplir mis metas profesionales dándome la fuerza para hacerlo.

Mis padres, quienes me han enseñado lo que es una vida consagrada al trabajo y llena de valores, y tener la dicha de seguir aprendiendo de ellos, abrazando esperanzas para transformarlas en logros.

Mi esposa y mis hijos que con su apoyo y crítica constructiva me permiten conocer mis debilidades, para convertirlas en fortalezas, ayudándome a esforzarme por ser cada día mejor.

A mis hermanos, quienes con su esfuerzo y consejos me brindaron su apoyo.

Mi asesor el Ing. Luis Vargas Díaz, por su orientación en el desarrollo de la presente tesis.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad a lo estipulado por el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, presento a vuestra consideración mi tesis titulada:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL PROCESO DE ECUALIZACIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES DE LA EMPRESA DOE RUN PERÚ”.

Con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Electrónico y esperando constituya una herramienta útil de consulta para quienes se interesen en este tipo de estudio.

Mi proyecto de investigación se ha desarrollado de acuerdo a las necesidades de nuestros usuarios, realizado un análisis previo de la problemática existente y aplicando mis conocimientos, esfuerzos e investigación.

Espero haber dado cumplimiento y satisfacción a las expectativas y que este trabajo de investigación sirva de guía o referencia para el desarrollo de futuras investigaciones.

Trujillo, Setiembre 2013

Víctor Huatay Lingán
Bach. Ingeniería Electrónica

RESUMEN

El presente trabajo se ha desarrollado en la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales de la empresa Doe Run Perú.

Las aguas industriales son desechos tóxicos productos de procesos mineros y concentración de minerales, así como de las lluvias que se producen y arrastran tierra, minerales y rocas.

El sistema de tratamiento de aguas industriales tenía deficiencias en lo que respecta a valores altos de concentración, esto debido a una falta de medición y un inadecuado control, esto podría contaminar el medio ambiente trayendo como consecuencia de ocurrir esto, multas elevadas y hasta el cierre parcial o total de las operaciones.

Después de analizar la problemática se desarrolla el sistema de automatización que nos permitió eliminar estos problemas. El sistema planteado es una Arquitectura de Control Distribuida, con dos niveles definidos el primero de control y el segundo de supervisión. El nivel de control regula las principales variables del proceso, estableciendo lazos de control realimentados y basados en controladores. En el nivel de supervisión se ha implementado base de datos, alarmas y generación de gráficas en tiempo real.

ABSTRACT

The present work has developed in the Plant of Treatment of Industrial Waters of the company Doe Run Peru.

The industrial waters are toxic waste products of mining processes and concentration of minerals, as well as of the rains that take place and drag land, minerals and rocks.

The system of treatment of industrial waters had deficiencies regarding high values of concentration, this due to a lack of measurement and an inadequate control, this might contaminate the environment bringing as consequence of happening this, high fines and up to the partial or total closing of the operations.

After analyzing the problematics there develops the system of automation that allowed us to eliminate these problems. The raised system is an Architecture of Control Distributed, with two defined levels the first one of control and the second one of supervision. The level of control regulates the principal variables of the process, establishing bows of control re-fed and based on controllers. In the level of supervision there has been implemented database, alarms and generation of real time graphs.

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito implementar una solución de automatización, para el tratamiento de aguas industriales de la empresa Doe Run Perú.

Con la finalidad de lograr una mayor comprensión y entendimiento del trabajo desarrollado en esta tesis, detallaré a continuación cada uno de los cinco capítulos que lo conforman:

Capítulo I: Análisis y Descripción de la Problemática

En este capítulo se describe la problemática, los objetivos del proyecto tanto el general como los específicos y se plantea la hipótesis.

Capítulo II: Fundamentos Teóricos

En este capítulo se definen los principales conceptos de automatización que se utilizarán en el diseño y desarrollo de nuestro proyecto. Se hace mención a los controladores, así como información sobre el proceso de ecualización de minerales.

Capítulo III: Situación Actual y Justificación del Proyecto

En este capítulo se describe la situación actual del proceso, se determinan los puntos críticos de control y se realiza la justificación técnica, económica y social del proyecto.

Capítulo IV: Diseño del Sistema de Automatización

En este capítulo se hace una descripción de los lazos de control del sistema, se establece la arquitectura del sistema de control, así mismo se muestran los planos de instrumentación y el software de supervisión del sistema. Se utilizan criterios técnicos y se seleccionan los instrumentos y equipos del sistema.

Capítulo V: Costos del Proyecto

En este capítulo, evaluaremos y presentaremos los costos de los equipos y de los instrumentos, así mismo se indicará la inversión y el financiamiento.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones

Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones que se han determinado al finalizar el estudio.

INDICE

	<u>Pág.</u>
Registro de Firmas de los Jurados	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Presentación	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	vii
Índice General	1
Índice de Figuras	4

CAPÍTULO I: ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. Realidad Problemática	5
1.2. Análisis del Problema	6
1.3. Antecedentes del Problema	6
1.4. Aporte del Trabajo de Investigación	7
1.5. Objetivos	7
1.5.1. Objetivo General	7
1.5.2. Objetivos Específicos	7

CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Introducción	8
2.2. Bases y Conceptos Teóricos de la Automatización	9
2.2.1. Controladores	9
2.2.1.1. Control Todo o Nada	10
2.2.1.2. Control PID	10
2.2.2. Sistemas de Control	11

2.2.2.1. Sistemas de Control de Lazo Abierto	11
2.2.2.2. Sistemas de Control de Lazo Cerrado	12
2.3. Extracción de Minerales	13
2.3.1. Separación Sólido/Líquido	13
2.3.2. Ecuación	14
2.4. Criterios de Selección de Instrumentos y Equipos	15
2.4.1. Selección de Instrumentos	15
2.4.2. Válvulas de Control	17
2.4.3. Equipos de Control PLCs	18

CAPÍTULO III: SITUACIÓN ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

3.1. La empresa Doe Run Perú	20
3.1.1. Generalidades	20
3.1.2. Breve Reseña	21
3.1.3. Ubicación	22
3.2. Determinación de Puntos Críticos de Control	23
3.3. Justificación del Proyecto	24
3.3.1. Justificación Técnica	24
3.3.2. Justificación Económica	25
3.3.3. Justificación Social	26

CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

4.1. Principales Lazos de Control	27
4.1.1. Control en Dosificación de Aditivos	27
4.1.2. Control de Nivel de Tanques	28
4.1.3. Control del Torque del Mezclador	29
4.1.4. Control de Temperatura de los Tanques	29
4.1.5. Control de Caudal de Ingreso y Salida de los Tanques	30

4.2.	Selección de la Arquitectura del Sistema de Control	30
4.3.	Interface del Sistema con el Operador	32
	4.3.1. Red de Comunicación	32
4.4.	Planos de Instrumentación	33
4.5.	Software de Supervisión	38
4.6.	Selección de Instrumentos y Equipos	44
	4.6.1. Selección de la Instrumentación	45
	4.6.2. Selección del Controlador PLC	48

CAPÍTULO V: COSTOS DEL PROYECTO

5.1.	Generalidades	51
5.2.	Estimación de Costos	52
	5.2.1. Costos de Instrumentación	52
	5.2.2. Costos de Equipos	54
	5.2.3. Costos a Nivel de Supervisión	54
	5.2.4. Costos de Ingeniería	55
	5.2.5. Costos de Puesta en Servicio	55
	5.2.6. Costos de Capacitación	55
5.3.	Inversión y Financiamiento	56
	5.3.1. Inversión	56
	5.3.2. Financiamiento	56

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

6.1	Conclusiones	57
6.2	Recomendaciones	58
	Referencias Bibliográficas	59
	Referencias Electrónicas	60
	Anexos	61

Índice de Figuras

Figura 2.1.	Sistema de control de lazo abierto	11
Figura 2.2.	Sistema de control de lazo cerrado	12
Figura 2.3.	Operaciones de separación sólido-líquido	13
Figura 2.4.	Identificación del sensor adecuado	16
Figura 2.5.	Tabla de materiales de cuerpo de válvulas	18
Figura 3.1.	Ubicación del complejo metalúrgico de La Oroya	22
Figura 3.2.	Vista del complejo metalúrgico de La Oroya	23
Figura 4.1.	Arquitectura del sistema de control	31
Figura 4.2.	Plano de instrumentación tanques de aguas ácidas	34
Figura 4.3.	Plano de instrumentación tanques de aguas de proceso	35
Figura 4.4.	Plano de instrumentación tanques de aguas de lluvia	36
Figura 4.5.	Vista general de los tanques de ecualización	37
Figura 4.6.	Pantalla principal del proceso	39
Figura 4.7.	Pantalla selección de tanques	40
Figura 4.8.	Presentación del tanque de aguas industriales	41
Figura 4.9.	Operación de los tanques de aguas industriales	41
Figura 4.10.	Operación de los tanques de aguas industriales	42
Figura 4.11.	Operación de los tanques de aguas industriales	42
Figura 4.12.	Pantallas con controles manuales	43
Figura 4.13.	Pantallas con gráficas en tiempo real	44

ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Complejo Metalúrgico de La Oroya (CMLO) está compuesto de un conjunto único de fundiciones y refinerías especialmente diseñadas para transformar el mineral poli-metálico típico de los Andes centrales peruanos en diez metales (Cobre, Zinc, Plata, Plomo, Indio, Bismuto, Oro, Selenio, Telurio y Antimonio) y nueve subproductos (Sulfato de Zinc, Sulfato de Cobre, Ácido Sulfúrico, Trióxido de Arsénico, Óleum, Bisulfito de Sodio, Óxido de Zinc, Polvo de Zinc, Concentrado Zinc/ Plata).

La fundición y refinerías de La Oroya conforman uno de los centros metalúrgicos con mayores retos tecnológicos del mundo, combinando en un solo lugar las diversas tecnologías y procesos requeridos para transformar los concentrados poli-metálicos y extraer de ellos elementos de alto valor como son la Plata, el Indio, el Bismuto y otros.

El Complejo Metalúrgico de La Oroya maneja tres circuitos independientes pero totalmente integrados para el procesamiento de Cobre, Plomo y Zinc y un sub-circuito para el procesamiento de metales preciosos, todos estos procesos generan aguas industriales. Las aguas industriales generadas en el Complejo

Metalúrgico de La Oroya antes de ser descargadas al río Mantaro, deben cumplir con las Normas de Calidad establecidas por el Ministerio de Energía y Minas según R.M.-011-96-EM/VMM para efluentes minero metalúrgicos, así como para las Normas en el Sector Salud - Ley General de Aguas para cursos de aguas.

Para realizar el tratamiento de adecuación de las aguas industriales a ser enviadas al río, se siguen las etapas siguientes: Desarenación, Ecuación, Neutralización, Acondicionamiento, Floculación y Sedimentación. Al término del tratamiento estas aguas industriales pueden ser descargadas sin problemas a cualquier fuente natural de agua.

1.2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

La falta de un sistema adecuado de control automático, así como el no seguimiento continuo de las variables críticas, originaría que estas aguas industriales perjudiquen y contaminen el medio ambiente, trayendo como consecuencia de ocurrir esto multas elevadas y hasta el cierre parcial o total de las operaciones, de acuerdo con las normas de la legislación peruana. Por lo que diseñar e implementar este sistema de control automático garantizará el cumplimiento de la legislación, dentro de los límites permisibles.

1.3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Se encontró el siguiente trabajo referido al tema:

“Diseño del Sistema de Control Automático del Proceso de Retratamiento del Relave en la Unidad Minera Orcopampa de la Compañía Buenaventura”. Balta Perales, Renato y Vásquez Velásquez, Carlos. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo Perú. 2010.

1.4. APORTE DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

El aporte de este proyecto es proponer el diseño de un sistema de control basado en algoritmos que permitan mejorar el proceso de ecualización en la planta de tratamiento de aguas industriales protegiendo al medio ambiente.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar el Sistema de Supervisión y Control del proceso de Ecualización en la planta de tratamiento de aguas industriales de la empresa Doe Run Perú, cumpliendo con la legislación, dentro de los límites permisibles.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Desarrollar los algoritmos de control necesarios para el proyecto
- Realizar la selección adecuada de equipos e instrumentos para el proyecto.
- Desarrollar el software de supervisión que contenga reportes y alarmas, así como una base de datos.
- Estimar los costos necesarios para la automatización del proyecto en la empresa Doe Run Perú.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. INTRODUCCIÓN

El concepto de automatización interviene en muchos campos y es aplicable a procedimientos y equipos en las empresas e industrias respectivamente. El control automático puede ser definido como el conjunto de técnicas encaminadas a mantener ciertos valores prefijados de operación de una o más variables del proceso.

Conforme avanza el tiempo la competitividad en el mercado va aumentando, exigiendo mejorar la productividad y calidad en los productos fabricados.

Por este motivo, el control automático juega un papel importante en el avance de la ciencia y la ingeniería, volviéndose parte integral de los procesos, resultando esencial en operaciones industriales como el control de presión, temperatura, nivel, flujo, humedad, viscosidad, etc.

En la industria de procesos, las perturbaciones son las causas más comunes de porque se requiere el control automático de los procesos; si no hubiera alteraciones, prevalecerían las condiciones de operación del diseño y no se necesitaría continuamente el control. A causa de las perturbaciones, en algunos procesos la

variable controlada se desvía del punto de control, precisamente por eso, se necesita que los sistemas de control vigilen continua y automáticamente las variaciones que se deben controlar. A veces la perturbación más importante es el punto de control mismo, esto es, el punto de control puede cambiar, lo cual es típico en los procesos por lote, y en consecuencia la variable controlada debe ajustarse al punto de control.

2.2 BASES Y CONCEPTOS TEÓRICOS DE LA AUTOMATIZACIÓN

La tecnología de control y automatización industrial permite el manejo de los procesos productivos a través de una variedad de controladores, específicamente diseñados para tales propósitos, o mediante dispositivos de propósito general como pueden ser las computadoras personales.

El estudio de los sistemas de control es de importancia, debido a que las características dinámicas de la respuesta de los procesos dependen sustancialmente tanto del controlador como del sistema que se use para el control del proceso.

2.2.1. CONTROLADORES

El objetivo de los controladores es tomar decisiones acerca de la manera en que se maneja la variable manipulada para mantener la variable que se controla en el punto de control.

La forma como el controlador automático produce la señal de control (determinada por el error), se denomina acción de control.

La acción de control describe la manera en que se establecen las acciones correctivas de un sistema de control, con relación a la desviación o error entre la magnitud medida y la magnitud de valor deseado (set point).

Los controladores automáticos industriales pueden clasificarse de acuerdo a su modo de control. Los modos de control asociados a un controlador son:

2.2.1.1. CONTROL TODO O NADA(de dos posiciones)

También denominado “on - off”, es el modo de control más simple y se denomina así porque el actuador se encuentra en alguna de las dos posiciones, abierto o cerrado. El elemento final de control se mueve rápidamente entre una de las posiciones mencionadas, para un valor único de la variable controlada.

2.2.1.2. CONTROL PROPORCIONAL+ INTEGRAL+ DERIVATIVO(PID)

Este controlador tiene las ventajas de cada una de las tres siguientes acciones de control individuales:

- a) El componente de acción proporcional corrige el elemento de control final por cantidad proporcional a la desviación de la variable con respecto al punto de consigna.
- b) El componente de acción integral corrige el elemento de control final a una razón proporcional a la desviación.
- c) El componente de acción derivativo corrige el elemento de control final a una cantidad proporcional a la razón de cambio (velocidad) de la variable controlada.

La elección de uno y otro modo de control depende básicamente de las características dinámicas del proceso que se considere o que se desea controlar ya que cada uno de los modos de control indicados posee características inherentes bien definidas, También depende de consideraciones de tipo económico, precisión de control requerida, velocidad de respuesta del proceso, seguridad del personal de operaciones y del equipo de proceso.

2.2.2. SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control es una combinación de componentes o conjunto de elementos de arreglo flexible que actuando en conjunto cumple el objetivo de realizar un determinado control.

Para todo sistema de control se debe establecer la selección del elemento sensor, del controlador y del actuador final. Un buen sistema de control debe seguir estrechamente las señales de entrada, pero no debe ser sensible a ruidos o variaciones de parámetros externos, tener presente el tiempo muerto, ya que es lo peor que puede suceder en cualquier sistema de control.

2.2.2.1 SISTEMAS DE CONTROL DE LAZO ABIERTO

En este sistema la salida no tiene efecto sobre la acción de control, por lo que no se compara la salida con la entrada de referencia; por eso el controlador no realiza ninguna función relativa a cómo mantener la variable controlada en el punto de control.

En consecuencia, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación prefijada. Así, la precisión del sistema depende de la calibración y precisión del equipo. Este sistema no detecta ni corrige las perturbaciones.

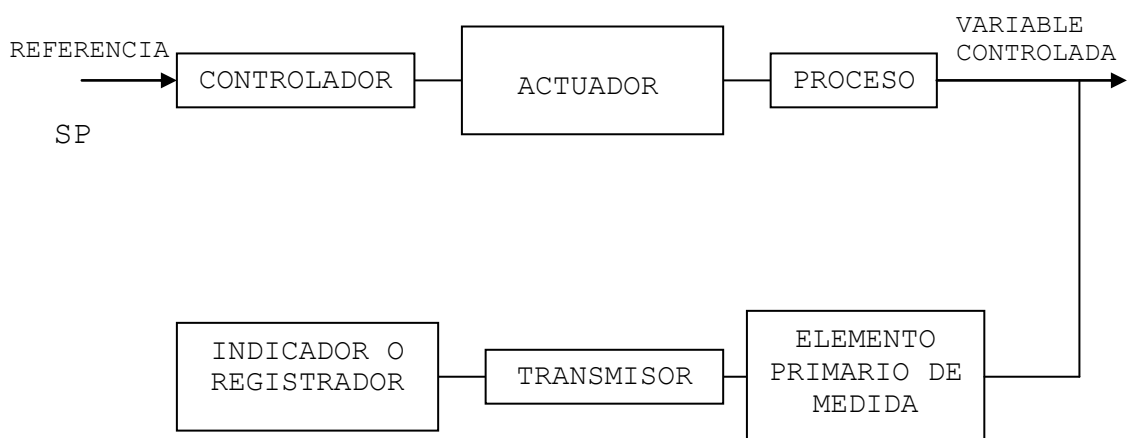


Figura 2.1. Sistema de Control de Lazo Abierto

2.2.2.2 SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO

Con frecuencia se llama así a los sistemas de control con retroalimentación donde la señal de salida tiene un efecto directo sobre la señal de control. Su ventaja consiste en corregir los efectos de las perturbaciones tanto internas como externas, logrando que el error estacionario sea cero o muy cercano a cero.

Su desventaja está en que únicamente puede compensar la perturbación hasta que la variable controlada se ha desviado del punto de control, esto es, la perturbación se debe propagar por todo el proceso antes de que pueda ser corregida.

Los equipos no requieren tener una gran precisión, pero se debe tener en cuenta la estabilidad, por su tendencia a sobre corregir errores que pueden producir oscilaciones de amplitud constante o variable.

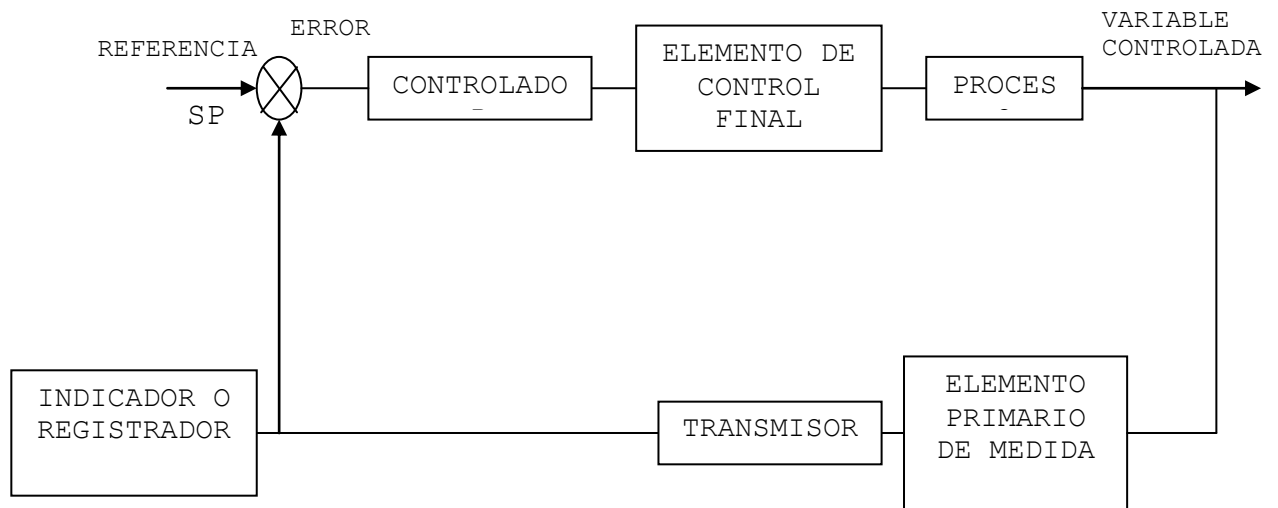


Figura 2.2. Sistema de Control de Lazo Cerrado

2.3 EXTRACCIÓN DE MINERALES

Los minerales que se extraen de las minas pasan por refinerías o por plantas concentradoras. El transporte conlleva a que tengamos que realizar operaciones de desaguado o eliminación parcial del agua contenida en la pulpa mineral, para lo cual será necesario disponer de ciertos equipos de separación sólido/líquido.

Los equipos de separación sólido/líquido consisten en espesadores, en los cuales tendrá lugar la sedimentación de partículas por efectos de la gravedad. A continuación se encuentran la filtración del under flow de los espesadores y que pueden ser al vacío o a presión.

Es importante destacar que para el transporte de los concentrados es requisito fundamental, salvo que dicho transporte se realice en mineraductos, el desaguado de la pulpa. Solamente así tendremos una operación económicamente rentable.

2.3.1. SEPARACIÓN SÓLIDO / LÍQUIDO

Esta fase del proceso de concentración de minerales, consiste en las operaciones unitarias destinadas a eliminar el agua de los productos intermedios o finales de una planta concentradora. Se divide en las siguientes operaciones parciales, en las cuales el agua se elimina por etapas:

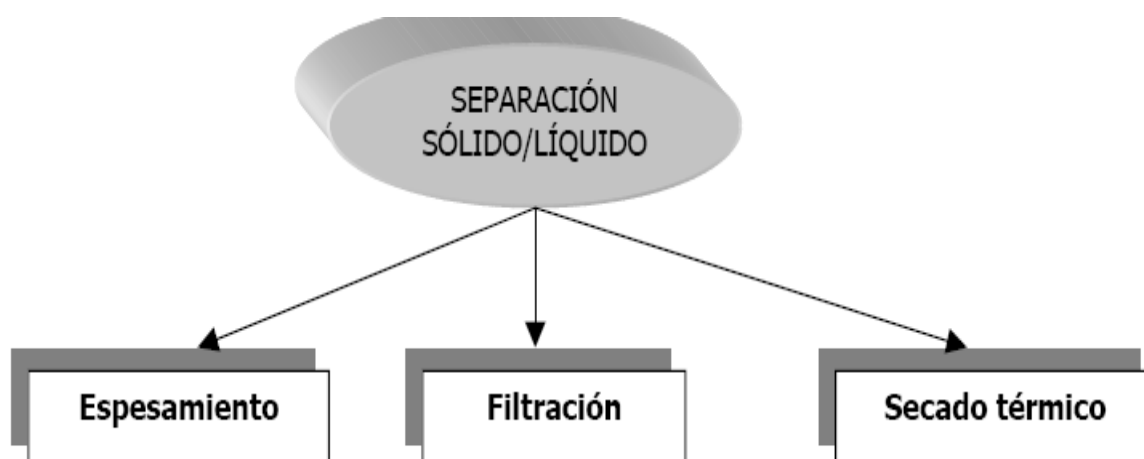


Figura 2.3. Operaciones de la separación sólido – líquido

2.3.2. ECUALIZACIÓN

En general, las descargas de líquidos residuales presentan características de naturaleza no estacionaria. Es decir que, las magnitudes de sus parámetros fisicoquímicos son variables con el tiempo. Esta variabilidad, puede influir negativamente en los sistemas de tratamiento.

La variación de caudales pronunciada es mala, se dificulta todo tipo de procesos posteriores, así como problemas con la carga de contaminantes.

Se diseñan cámaras de ecualización que son como pulmones para el líquido y dosifican en un caudal constante, evitando los picos de caudal y carga.

Los objetivos de la ecualización son:

- ajustar o disminuir la variabilidad de los líquidos residuales
- atenuar la presencia de contaminantes no habituales.
- ecualizar la concentraciones

Los tanques de ecualización pueden ser a nivel constante o a nivel variable. En los tanques de ecualización de nivel constante, la atenuación se produce a través del efecto compensador del volumen del líquido presente en el tanque. Se busca que las fluctuaciones sean pequeñas.

Mientras que en un tanque de ecualización de altura variable, el caudal efluente se mantiene constante, por lo que, debido a que el caudal del líquido afluente es variable con el tiempo, el nivel del líquido en la cámara de ecualización oscila entre un mínimo y un máximo.

Se recomiendan tiempos de residencia hidráulico de 10 horas como mínimo, para cualquier unidad de tratamiento. Dependiendo del caudal a tratar, se definirá el volumen del líquido en el tanque de ecualización.

Debido a que el material particulado decantable puede originar reducción del volumen y degradación de la materia orgánica, el tanque de ecualización debe mantenerse en constante agitación, para mantener el material en suspensión. Esto puede lograrse mediante la inyección de aire, que además favorece la descomposición aerobia, y por lo tanto, evita la generación de olores.

2.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

2.4.1. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS

Existen muchas variantes y posibilidades para seleccionar un sensor adecuado para cada aplicación y cuanto mayor objetividad en la selección, mayores son las posibilidades de éxito.

Es esencial que se consideren todos aquellos factores que importen para la exacta especificación del sensor buscado; la salida del sensor debe ser compatible con las demás instalaciones de campo, es decir: neumática o eléctrica, analógica y/o digital. Referente al costo del instrumento es deseable obtener uno de bajo costo, pero este debería de ser uno de los últimos factores a considerar, lo que importa realmente es que el sensor funcione correctamente y sea simple de instalar.

Es necesario asegurar que la performance del sensor no se verá afectada por entornos adversos como: el polvo, el agua, la corrosión; el sensor debe garantizar seguridad contra atmósferas explosivas.

También las vibraciones producen ruido eléctrico en la salida del sensor e incluso causan fallas mecánicas en el funcionamiento.

Para una adecuada selección, nos basaremos en el esquema de la figura 2.4., en la cual se presenta un diagrama donde es necesario responder todas estas preguntas para resolver la selección.

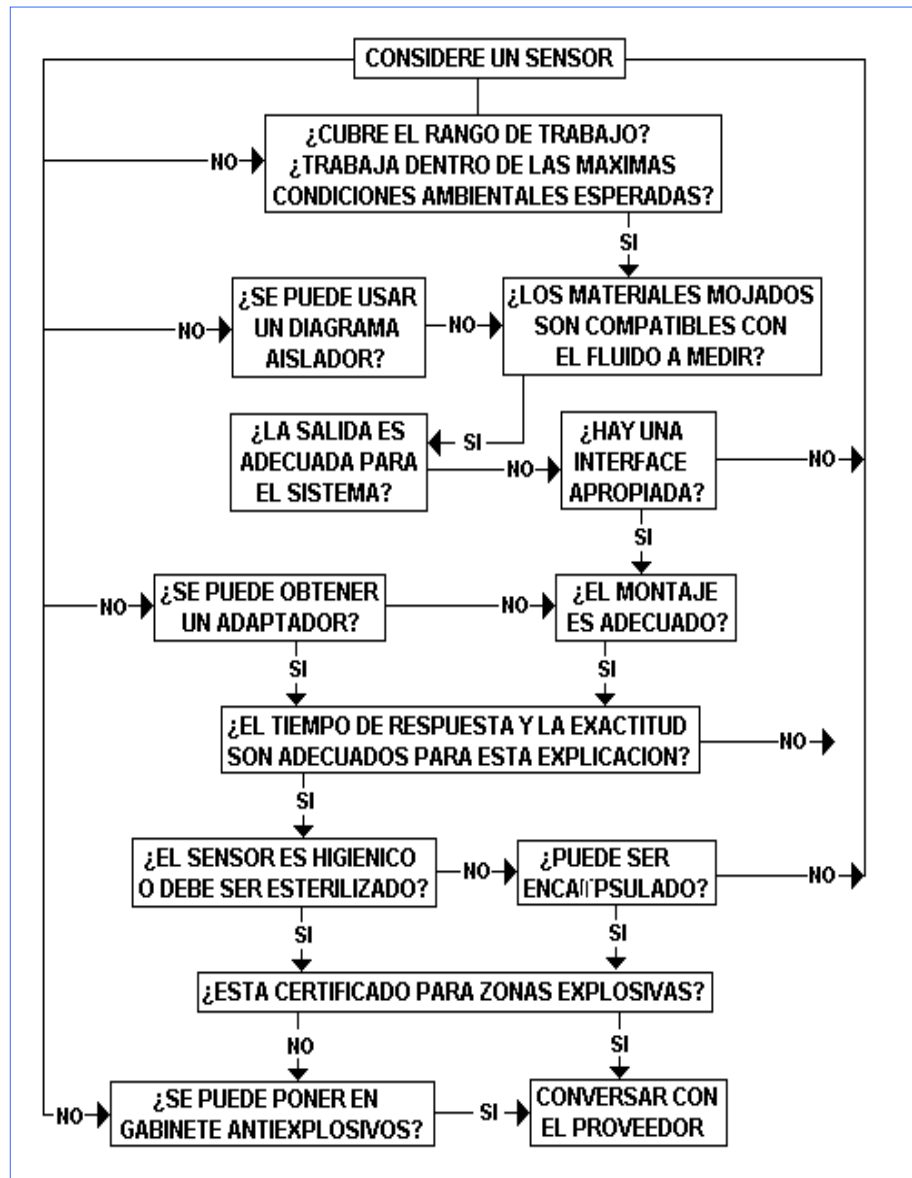


Figura 2.4. Identificación del Sensor Adecuado

2.4.2. VÁLVULAS DE CONTROL

La válvula de control actúa como una resistencia variable en la línea de proceso, mediante el cambio de su apertura se modifica la resistencia al flujo y, en consecuencia, el flujo del mismo. Las válvulas de control no son más que reguladores de flujo.

La señal que hará variar la apertura de la válvula y consecuentemente el caudal, puede ser generada en la propia válvula (válvula autorreguladora) o ser generada por un elemento externo (válvula de control automática).

En la válvula se distinguen dos subconjuntos fundamentales: cuerpo y partes internas, y actuador mismo.

A continuación se muestra un cuadro en la figura 2.5. Para determinar los materiales del cuerpo en función de la temperatura y características de aplicación.

Material	Temperatura ° C	Características
Acero al carbono ASTM A216Gr	-28 a 537	Es el material normalmente utilizado para condiciones de servicio moderadas con fluidos no erosivos ni corrosivos. No suele ser utilizado a temperaturas superiores a 425 ° C.
Acero al cromo-Molibdeno 1/4Cr-1Mo ASTM A217Gr	-28 a 593	La adición de cromo y molibdeno hace que sea resistente a la corrosión y a la deformación. Es capaz de resistir presiones y temperaturas más altas que el WCB si bien su precio es más elevado.
Acero al		Usado para fluidos moderadamente corrosivos o bien para altas temperaturas.

cromo- Molibdeno Cr- 1/2 Mo ASTM A217Gr	-28 a 648	Resistente a la erosión a altas temperaturas y a deformaciones. Soporta presiones similares a las del WCB.
Acero Inoxidable ASTM A351Gr	-253 a 815	Utilizados para fluidos oxidantes o corrosivos y especialmente para temperaturas criogénicas.
Acero inoxidable ASTM A351Gr	-253 a 815	Usado en servicios oxidantes o corrosivos como el AISI 304 si bien la adición del molibdeno permite una resistencia a la corrosión. También es utilizado para muy altas temperaturas.

Figura 2.5. Tabla de Materiales de Cuerpo de Válvulas

2.4.3. EQUIPOS DE CONTROL PLCs

Las características mencionadas a continuación son las básicas a tener en cuenta, probablemente suficientes para una gran cantidad de aplicaciones de tipo general:

- a. Alimentación eléctrica
- b. Tipo de módulos de entrada y de salida
- c. Módulos especializados
- d. Capacidad de Memoria
- e. Lenguaje de programación.

Sin embargo la decisión para elegir un buen controlador depende de la aplicación que se le quiera dar, y a veces se tiene que considerar sobredimensionar para una futura ampliación del control.

Los módulos especializados deben considerarse cuando se requieren hacer cálculos matemáticos o estimaciones estadísticas, sin embargo para la mayoría de procesos de automatización estos módulos no son aplicables porque se desperdicia la capacidad de los mismos.

SITUACIÓN ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

3.1. LA EMPRESA DOE RUN PERÚ

3.1.1. GENERALIDADES

Doe Run Perú es una compañía minera y metalúrgica con operaciones localizadas en los Andes centrales del Perú. La empresa es dueña del Complejo Metalúrgico de La Oroya desde Octubre de 1997 y de la Mina Cobriza en Huancavelica desde setiembre de 1998, ambos fueron adquiridos del Estado Peruano.

Durante el 2007, Doe Run Perú fue el cuarto mayor exportador del país, con ventas anuales que superaron los 1,450 millones de dólares, procesando concentrados por un valor mayor a los mil millones de dólares, provenientes en su gran mayoría de proveedores Peruanos.

Con un potencial que garantiza el futuro de la minería nacional y la continuidad operativa del principal centro metalúrgico del país, la fundición y las refinerías de La Oroya conforman uno de los centros metalúrgicos más grandes y técnicamente complejos del mundo, debido a la diversidad de tecnologías, procesos y operaciones que funcionan en un

solo lugar para el procesamiento y transformación de concentrados poli metálicos en diez metales y nueve subproductos.

3.1.2. BREVE RESEÑA

En 1922 la compañía estadounidense Cerro de Pasco Copper Corporation construyó la fundición y las refinерías de La Oroya, especialmente diseñadas para procesar el mineral poli-metálico típico de los Andes centrales. En 1974, la compañía Cerro de Pasco Corporation fue expropiada bajo el régimen de la dictadura del General Velasco Alvarado.

En Octubre de 1997, la empresa Doe Run Company adquirió el Complejo Metalúrgico de La Oroya por US\$ 247.9 millones, luego de un proceso de subasta pública en el cual el primer postor (Industrias Penoles de México) decidió no ejecutar su oferta. En 1998, Doe Run Company también adquirió del Estado Peruano una mina subterránea de cobre denominada Cobriza.

A su llegada al Perú, Doe Run se comprometió a invertir US\$ 107.6 millones en un programa de mejoras ambientales previamente desarrollado por Centromin Perú y aprobado por el Ministerio Peruano de Energía y Minas, conocido por su acrónimo PAMA. El PAMA resultó ineficiente, en términos de concepto, diseño e ingeniería pues fracasó en abordar las prioridades ambientales sobresalientes (como reducir el nivel de plomo en el aire en La Oroya); tampoco previó adecuadamente la verdadera dimensión requerida para cada uno de los proyectos de mejoras ambientales. Además, el PAMA tal como fue diseñado por Centromin Perú, subestimó totalmente las inversiones requeridas para su ejecución.

Estas insuficiencias condujeron a una serie de cambios en la envergadura de los proyectos incluidos en el PAMA, así como en la inversión requerida. La última de estas modificaciones tuvo lugar en Octubre de 2009 y dada la considerable complejidad de las nuevas obligaciones que conllevaba, se otorgó una extensión de treinta meses para completar la ejecución de los proyectos. El nivel de inversión realizado a la fecha es de US\$ 316 millones de dólares y se planifica invertir 155 millones de dólares adicionales para continuar con las mejoras ambientales, superando en cuatro veces los US\$ 107.6 millones de dólares inicialmente comprometidos.

3.1.3. UBICACIÓN

El Complejo Metalúrgico de La Oroya está ubicado en los Andes centrales del Perú, aproximadamente a 180 kilómetros al este de la ciudad de Lima, en la Región Junín, Provincia Yauli, Distrito de La Oroya. Localizado a 3,775 metros sobre el nivel del mar, para llegar desde la costa es necesario atravesar los altos pasos de montaña, alcanzando durante la travesía, en su punto más alto denominado Ticlio, los 4,818 metros sobre el nivel del mar.



Figura 3.1. Ubicación del complejo metalúrgico de La Oroya



Figura 3.2. Vista del complejo metalúrgico de La Oroya

3.2. DETERMINACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL

Actualmente el área de tratamiento de aguas industriales cuenta con los siguientes problemas:

- a) La dosificación de la emanación se realiza en forma manual, es decir el operador calcula un aproximado de la cantidad, lo que trae consigo:
 - no existe control de las emanaciones que contaminan al medio ambiente
 - las aguas de lluvia bajan por las canaletas y van al río
 - el agua recircula retornando al proceso y luego va al río.
- b) La medida del nivel y temperatura del tanque de tratamiento no existe, lo que trae como consecuencia:

- que suba demasiado la temperatura de los efluentes con los aditivos agregados
 - hay peligro de que se siga subiendo el nivel y como consecuencia ocurra la descarga de efluentes hacia el río.
- c) No existe un control del mezclador del sistema de tratamiento lo que involucra:
- el operador debe tener mucho cuidado y siempre debe estar vigilante, ya que de no ser así el mezclador se puede sobre cargar y elevarse el torque
 - si se eleva demasiado el torque se podría quebrar el sistema de arrastre
- d) El arranque del bombeo es de forma manual, el operador tiene que abrir válvulas en forma manual, lo que trae como consecuencia:
- que la bomba pueda tener cavitación por no ser constante el flujo de carga
 - esta cavitación deteriora el sello de la bomba, inutilizando el sistema de desalojo.
- e) Los valores de pH eran controlados en función de muestras, no era en línea, lo cual generaba:
- tiempo perdido en realizar acciones de control para lograr el pH deseado
 - la toma de muestras manual ocasionaban eventualmente errores.
- f) El sistema de eliminación de aguas industriales no presenta alarmas, ni tiene algún sistema de supervisión, lo que ocasionaría los siguientes inconvenientes:
- no habría forma de saber si existió un daño en algunos de los elementos o equipos ya que a veces no se cuenta con personal adecuado.
 - de ocurrir un derrame o emanación, este perjudicaría y contaminaría el medio ambiente, actualmente hay normas y estándares internacionales que protegen el medio ambiente, trayendo como consecuencia de ocurrir esto multas elevadas y hasta el cierre parcial o total de las operaciones.

3.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

3.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Para una Empresa Industrial cuyo rubro tiende a satisfacer a un público consumidor, la productividad es un parámetro muy importante dado que está relacionado con la eficiencia de la misma. Sin embargo para satisfacer a los clientes no basta la eficiencia, se requiere además de otro factor importante como es la calidad. *Corripio (1991)*.

Una producción eficiente y un producto de calidad garantizan el futuro de una empresa industrial. La eficiencia en la producción no es algo sencillo de entender, requiere de un sentido más amplio, como la obtención de un producto de calidad en un tiempo razonable y un bajo costo de producción. *Corripio (1991)*.

El presente proyecto reúne un conjunto de ventajas competitivas, que conforman la justificación técnica y cuyos aspectos a considerar son los siguientes:

- a. Mejora en la producción y productividad.
- b. Buena reputación en la calidad del proceso.
- c. Reducción de índices de desperdicio, estableciendo un control adecuado.
- d. Aumento de la vida útil de los equipos y dispositivos de proceso.
- e. Producción eficiente y flexible, adaptable a las necesidades del mercado.
- i. Mejor seguridad para el personal que opera el sistema de tratamiento de aguas industriales.
- j. Almacenamiento de datos e información del sistema de tratamiento de aguas industriales en un sistema de supervisión.

3.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Si bien es cierto que la inversión en automatización es inicialmente alta, también es cierto que la optimización que trae consigo el control y automatización de procesos industriales produce beneficios que justifica el proyecto:

- a. Se obtiene una reducción en el consumo de energía al optimizar los procesos.
- b. Se reduce el uso de la mano de obra y la operación de máquinas con alta influencia manual, que al final reducen la confianza y aumentan el riesgo de accidentes.
- c. Se obtienen beneficios en reducción de multas y sanciones por un inadecuado control de emisiones tóxicas.

3.3.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

- a. Los trabajos de baja calificación y performance profesional se sustituyen por nuevos puestos con un mejor nivel profesional, lo que conlleva a la superación personal del trabajador.
- b. Necesidad de sustituir al hombre en actividades nocivas, pesadas y peligrosas, así mismo de actividades tediosas y repetitivas.
- c. Reducción de emisiones nocivas al medio ambiente.
- d. Realizar el tratamiento adecuado de las aguas industriales del complejo La Oroya para que puedan ser evacuadas al río Mantaro.

DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

4.1. PRINCIPALES LAZOS DE CONTROL

Conociendo los puntos críticos establecidos en el capítulo anterior, iremos automatizando y estableciendo los lazos de control:

4.1.1. CONTROL EN DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS

Las aguas industriales son separadas en tres grupos: aguas ácidas, aguas de proceso y aguas de lluvia, para ello se utilizan tres tanques.

Para las aguas ácidas y las aguas de proceso se adiciona soda cáustica para controlar su pH, en el caso de las aguas de lluvia también se realiza lo mismo. Pero si el pH es demasiado elevado, mayor a 11, se necesita agregar ácido sulfúrico con el fin de bajar el pH, igual para este caso aplican las aguas de lluvia.

Procedimiento

1. En el primer tanque, se reciben las aguas ácidas, estas provienen de la planta de tratamiento de Zn, en este primer tanque se debe medir el pH. En función de este valor se tendrán dos condiciones:

a) si el pH está más de 11, se controlará el pH para que se mantenga en 11, para ello se adiciona soda cáustica, se utiliza una bomba en la cual controlaremos el flujo agregado. Este control es continuo.

b) si el pH está más de 12, se agregará ácido sulfúrico para lograr bajar el valor hasta 10, luego regresaremos al control descrito en la condición anterior.

2. En el segundo tanque, se reciben las aguas de proceso, estas provienen de los circuitos de plomo y cobre, en este tanque debemos medir el pH. En función de este valor se tendrán dos condiciones:

a) si el pH está más de 11, se controlará el pH para que se mantenga en 11, para ello se adiciona soda cáustica, se utiliza una bomba en la cual controlaremos el flujo agregado. Este control es continuo.

b) si el pH está más de 12, se agregará ácido sulfúrico para lograr bajar el valor hasta 10, luego regresaremos al control descrito en la condición anterior.

4.1.2. CONTROL DE NIVEL DE TANQUES

Los tres tanques que se han mencionado son importantes, se debe tener una medición en tiempo real de nivel de los mismos.

Procedimiento

El nivel de los tanques está en función de un valor mínimo y un valor máximo, con la aplicación de un tipo de sensor de nivel límite, estamos en la capacidad de cerrar un lazo de control adecuado preciso y confiable.

Este sistema sería implementado con un algoritmo de control en el PLC recibiendo información procedente del sensor de nivel, y tomando decisión de apertura en una válvula que permitirá el ingreso del agua respectiva.

4.1.3. CONTROL DEL TORQUE DEL MEZCLADOR

Como sabemos en los tanques para lograr una adecuada homogenización de los aditivos con el agua, es necesario cuatro mezcladores. Estos tienen un sistema electromecánico, aquí se genera un torque adecuado, pero se debe monitorear una posible sobrecarga y recalentamiento del motor.

Por tanto en esta área es necesario complementar el control con la supervisión para poder integrar las señales a todo el sistema y a la par conseguir una información útil para garantizar el funcionamiento.

Procedimiento

El principio de funcionamiento del sistema es muy simple. Como sabemos, en un mezclador las paletas generan un efecto de reacción en forma de par resistente que es transmitida a través del eje central hasta los accionamientos de los engranajes. Estos elementos mecánicos, sometidos a esfuerzos variables, van a ser por medio de sus indicadores mecánicos los niveles del par que esta soportando en cada momento. Se medirá el torque generado, esto será posible porque se utilizará un variador, el cual proporcionará los datos importantes como son consumo de amperaje, velocidad así como el torque generado.

Las paradas del mezclador no previstas por causa de roturas inoportunas, se eliminarían ya que se efectuaría un seguimiento permanente para prevenir averías.

4.1.4. CONTROL DE TEMPERATURA DE LOS TANQUES

Los tres tanques deben mantener su temperatura en valores de 10 °C, esto para que los aditivos puedan realizar una mejor acción en el control del pH.

Procedimiento

Para ello se utilizarán sensores tipo Pt-100, con transmisor en corriente, estos enviarán la información hacia el PLC, en este se implementará un lazo tipo PI que controlará el ingreso de aire a 80 psi, que se inyecta en la parte inferior del tanque a través de una válvula de ingreso.

4.1.5. CONTROL DE CAUDAL DE INGRESO Y SALIDA DE LOS TANQUES

En los tres tanques se debe monitorear y controlar el flujo de ingreso de las aguas recolectadas en 5 m³/seg, y el flujo de salida de las aguas ya tratadas en un valor de flujo en 7 m³/seg, esto para cada tanque.

Procedimiento

Para ello se utilizarán sensores de flujo ubicados en las tuberías de entrada y salida de cada tanque, estos sensores enviarán la información hacia el PLC, en este se implementará un lazo tipo PID que controlará las válvulas respectivas de entrada y salida de cada uno de los tres tanques, así como el control de las bombas.

4.2. SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

Basados en la condición de que el controlador adecuado para la aplicación de nuestro proyecto es un Controlador Lógico Programable (PLC), por la cantidad de variables tendremos un CPU con módulos de entrada y salida de acuerdo al tipo de señal a manejar, se recomendará un CPU de respaldo como redundancia. Se establecerá comunicación con un nivel de Supervisión, por lo cual la arquitectura elegida será la de un sistema distribuido incluyendo la posibilidad de un nivel gerencial.

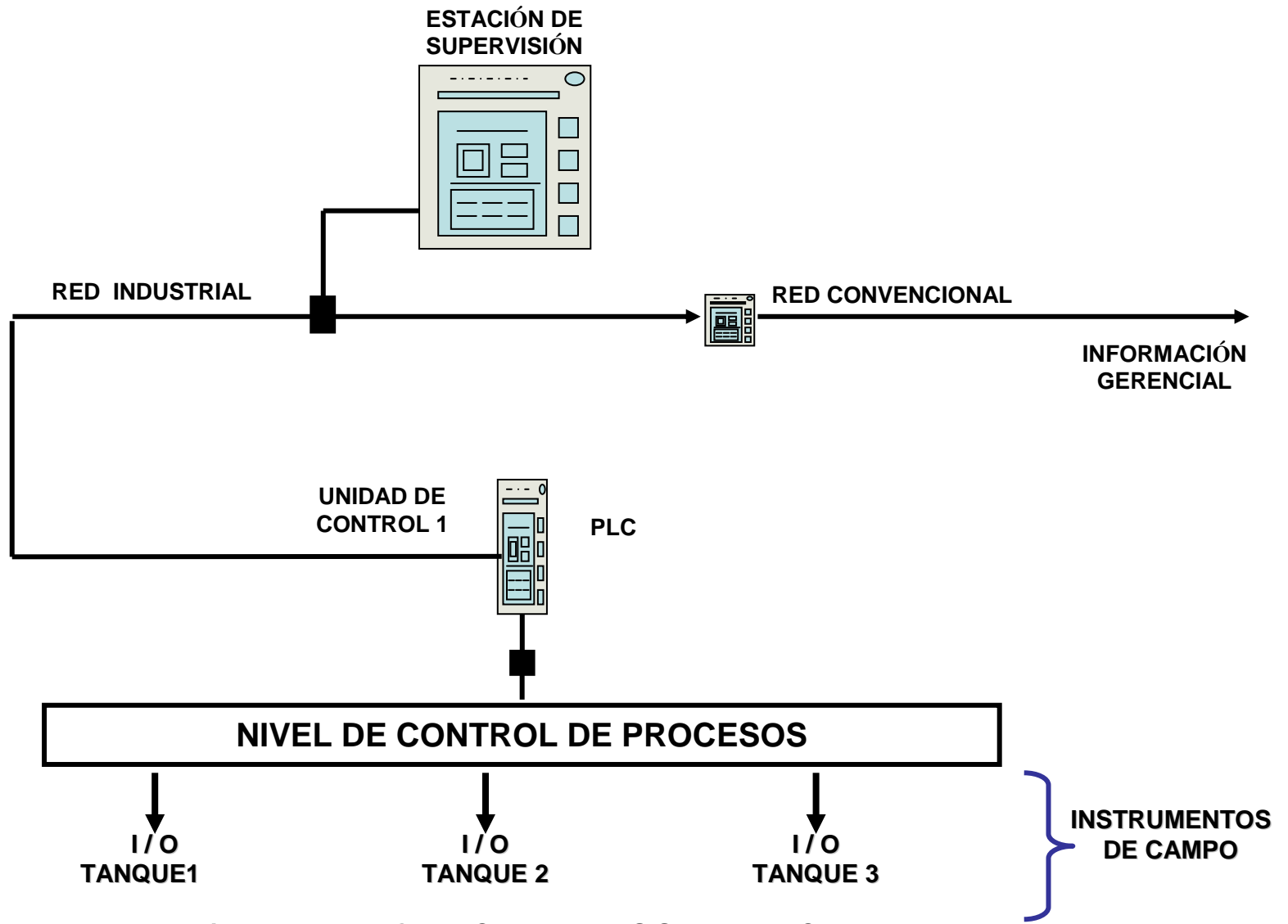


Figura 4.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

4.3. INTERFACE DEL SISTEMA CON EL OPERADOR

La unidad de control de proceso tomará la información o lectura de los instrumentos de campo, que estarán en interface con el operador en una consola de operación. Para lo cual sus funciones básicas estarán referidas a:

1. Implementar una interface hombre-máquina que permita mostrar la información en la forma más conveniente al operador.
2. Administración y mantenimiento de una base de datos, que incluya la información sobre las características de todos los puntos (TAGs), medición, control y mando.
3. Adquisición de información dada por los instrumentos de campo. Asimismo, será el responsable de administrar las secuencias de mando a distancia.
4. Implementar las funciones de protección requeridas a un nivel de software.
5. Procesar las señales de alarma, llamando la atención de manera conveniente al operador cuando estas ocurran.
6. Generación de reportes periódicos de los puntos (TAGs) y gráficas en tiempo real.

4.3.1 RED DE COMUNICACIÓN

La comunicación local deberá ser a través de un protocolo industrial que permitirá:

1. Transferencia de datos entre controlador y el computador central.
2. Programación del controlador.
3. Activación/desactivación de los programas de aplicación desde el computador central.

La redundancia sería una forma de proteger la operación del sistema contra fallas que puedan presentarse, la cual deberá estar orientada a las partes básicas del sistema y no al total del sistema, debido a que el costo del proyecto se duplicaría, lo que no sería beneficioso para la empresa. Este punto está supeditado a la disposición de la empresa de aceptar o no la redundancia.

4.4. PLANOS DE INSTRUMENTACIÓN

A continuación se mostrarán los planos de instrumentación del sistema, en ellos se detallan los equipos existentes, así como los instrumentos y controles necesarios para el proyecto.

En el primer plano apreciamos una vista general del proceso, en este se muestran los diferentes tanques, bombas y distribución de tuberías que son parte del proyecto. Así mismo se muestran parte de los controles.

En el segundo plano se muestra con detalle el control del primer tanque de aguas ácidas, en el se aprecian los instrumentos y lazos de control a implementar.

En el tercer plano apreciamos el tanque de aguas de procesos, este tanque muestra su instrumentación así como los lazos de control respectivos.

En el cuarto plano apreciamos el tanque de aguas de lluvia, aquí está la instrumentación necesaria para el control respectivo.

4.5. SOFTWARE DE SUPERVISIÓN

Como se había seleccionado la arquitectura de control en un punto anterior, se tenía un nivel de supervisión. Este nivel debe tener las siguientes características:

1. visualización de los valores de las principales variables en tiempo real
2. gráficas lineales y de relación en el tiempo
3. sistema de alarmas gráficas y por ubicación
4. generación de base de datos de las principales variables.

Internamente el sistema de supervisión realiza otras tareas que el operador no puede ver pero que se realizan como una necesidad del sistema, estas tareas son:

- Comunicación con el PLC
- Almacenamiento de datos en una base de datos
- Almacena eventos
- Almacena alarmas
- Diagnostica las diferentes tareas del sistema.

Las pantallas que se podrán visualizar son las siguientes:

Pantalla General: Esta pantalla mostrará todo el sistema de operación del proceso

Pantalla Operación Manual: Esta pantalla muestra donde el operador podrá seleccionar el arranque de las bombas y válvulas en forma manual

Pantalla de Tendencias: Las pantallas de tendencias, muestra gráficas de las variables que tendrán la posibilidad de ser reales e históricas al mismo tiempo.

Pantalla de Alarmas: En esta pantalla podrán visualizarse todas las alarmas generadas por el sistema, las cuales se almacenan en la base de datos. Algunas de ellas serán: circuito de desconexión de emergencia, fallo de voltaje 24 vdc, fallo de voltaje 220 vac, perturbación de bomba, flujo de descarga muy alto, nivel de tanque muy alto, nivel de tanque muy bajo, niveles de pH fuera de rango.

Pantalla de Reportes: se confeccionarán reportes, los cuales podrán ser visualizados en Excel.

En la PC de supervisión no se realiza ninguna tarea de control, es por eso que si por alguna razón la PC de supervisión se queda colgada, el control se sigue realizando en el PLC sin mayores inconvenientes, con la única salvedad que los valores con los que esta trabajando el sistema son los últimos ingresados. Una vez reiniciada la PC el sistema de Supervisión puede trabajar normalmente.

El software SCADA recomendado en este proyecto es el **Factory Link** versión v.7.5 cuyo Distribuidor es Schneider Electric. El paquete de este SCADA cuenta con dos programas principales los cuales son Configuration Explorer y el Client Builder.

Para efectos de la simulación se utilizará el programa de Lab-View, a continuación se muestran algunas pantallas del software de supervisión desarrollado del proceso:



Figura 4.6. Pantalla Principal del Proceso

En esta pantalla se aprecia todo el proceso, así como a todos los tanques equalizadores y equipos en operación.



Figura 4.7. Pantalla Selección de Tanques

En esta pantalla se presenta un menú donde se puede seleccionar el tanque de trabajo en forma más específica, en cada una de las pantallas que abrirá nos entregará información de los valores en tiempo real de las principales variables.

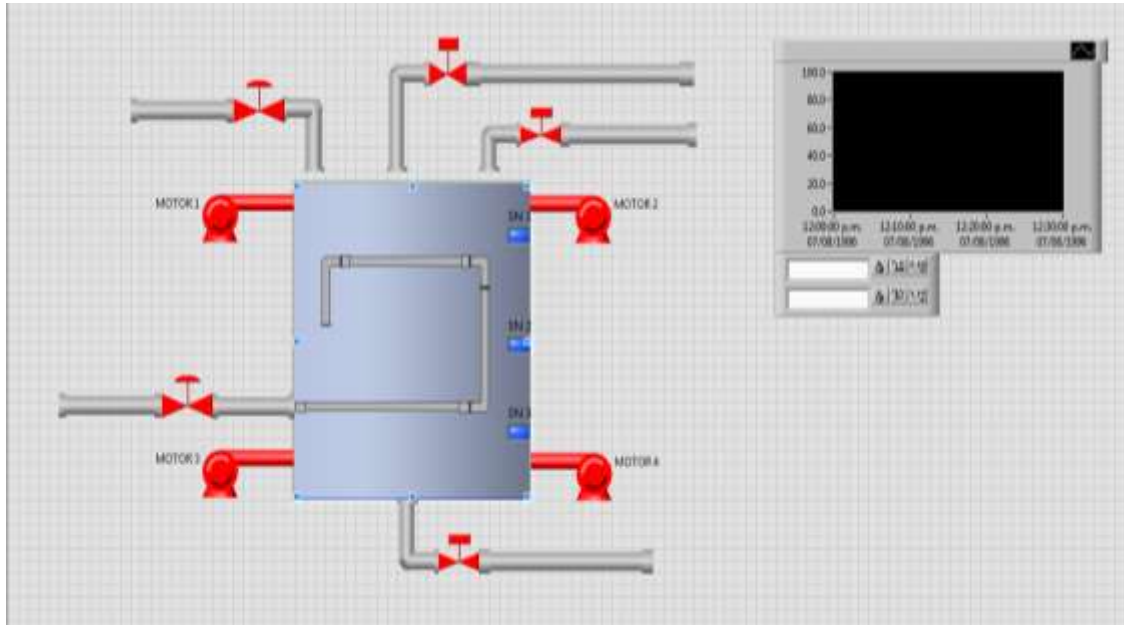


Figura 4.8. Presentación del Tanque Aguas Industriales

En esta pantalla se muestran las bombas, válvulas, así como los sensores que se utilizan en cada uno de los tanques de aguas de proceso, de lluvia y aguas ácidas.

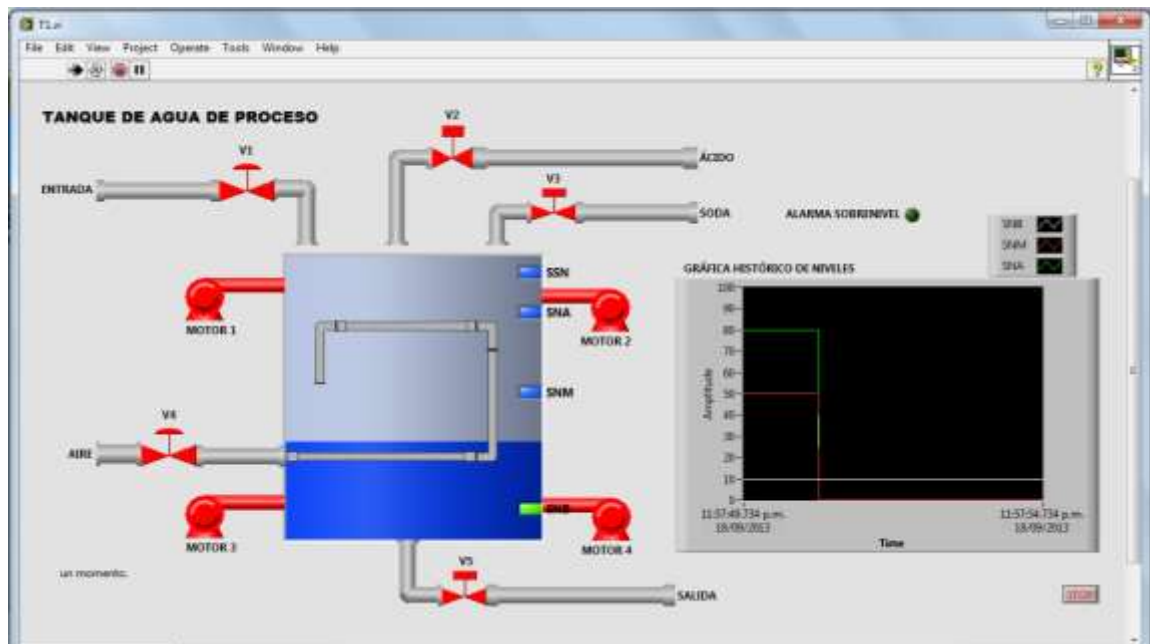


Figura 4.9. Operación de los Tanques de Aguas Industriales

En esta pantalla se aprecian los tanques en operación, se muestra el nivel en el tanque, la activación de las bombas, así como la gráfica de nivel en función del tiempo.

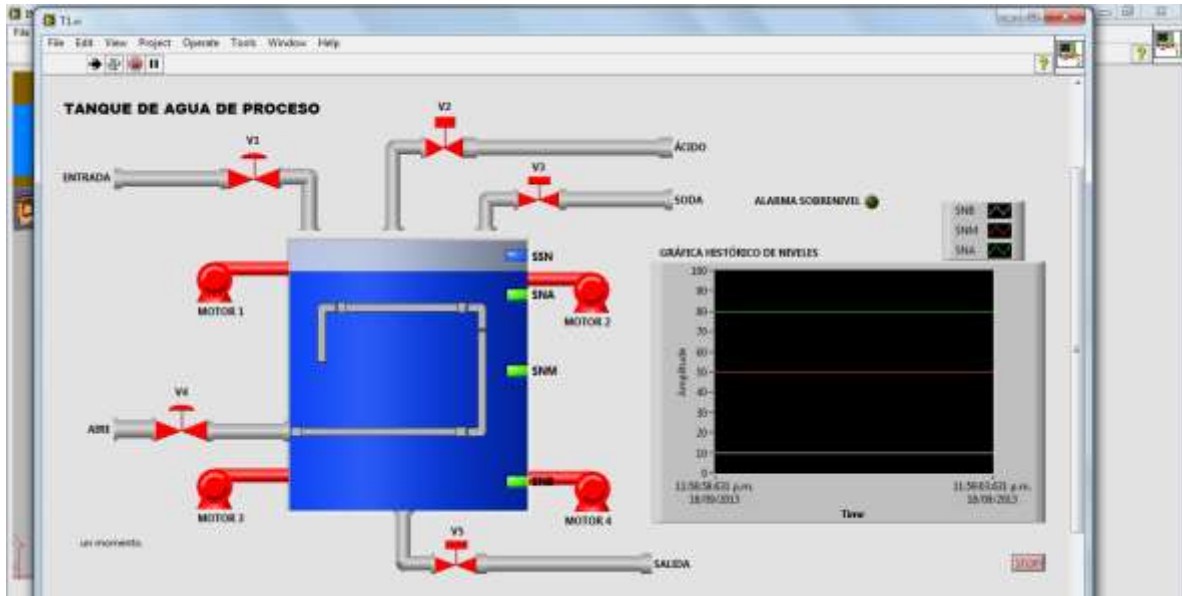


Figura 4.10. Operación de los Tanques de Aguas Industriales

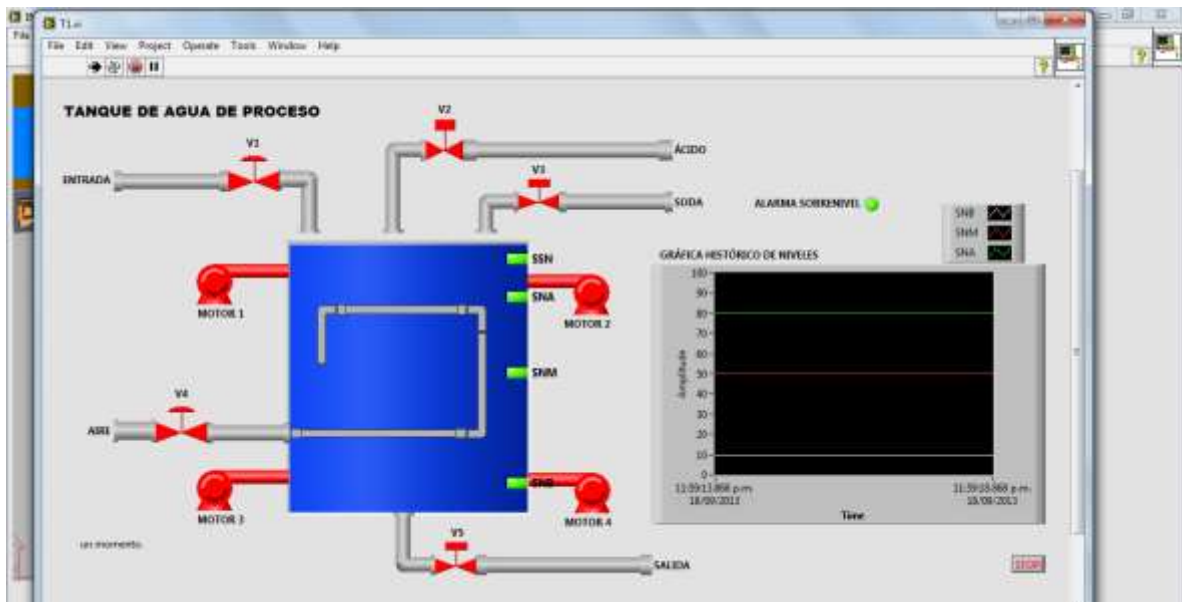


Figura 4.11. Operación de los Tanques de Aguas Industriales

Estas últimas dos pantallas muestran el llenado de los tanques, en la pantalla final se aprecia la activación de la alarma de nivel alto, en el gráfico cambia de color, es posible emitir un sonido de advertencia.

Adicionalmente se tienen también pantallas de control manual de válvulas y motores de bombas y mezclador.



Figura 4.12. Pantallas con Controles Manuales

También se han implementado gráficas en tiempo real de las principales variables para visualizar como se comporta el flujo, el nivel, el pH, la temperatura, y así sacar más datos precisos para ir mejorando en el sistema de tratamiento de aguas industriales.

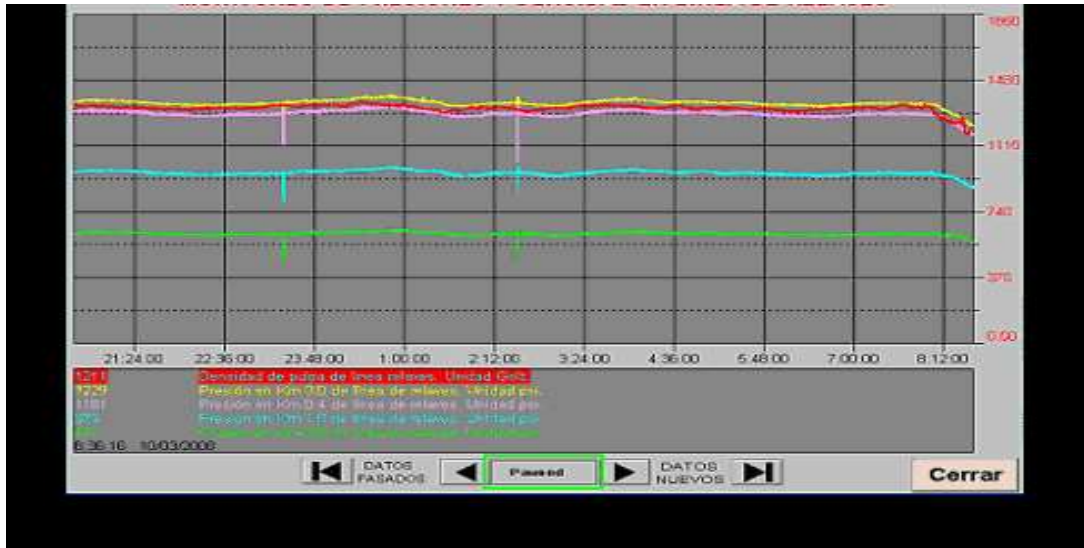


Figura 4.13. Pantallas con Gráficas en Tiempo Real

4.6. SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

De acuerdo a los criterios y tablas y las especificaciones del capítulo de fundamentos teóricos, se procedió a realizar la selección de los instrumentos y equipos de control.

4.6.1. SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACION

Después de consultar con manuales de diferentes fabricantes, se seleccionaron los instrumentos y válvulas consideradas en el diseño del proyecto. Estos se describen en la siguiente tabla:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	TRANSDUCTOR DE POSICIÓN MARCA: SOR MODELO: EXDL – 74 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Interruptor de tipo inductivo - Salida: 24 vdc - Voltaje alim.: 30 vdc max. - Protección: NEMA 4 	4
02	SENSOR DE NIVEL CONTINUO MARCA: PROXIMITY MODELO: UL200 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Salidas: 4 a 20 mAdc - Voltaje: 24 vac - Rango: 4 metros - Temperatura: -23° a 71° C - Material de sensor: CPVC - Protección: NEMA 4X 	3
03	DETECTOR DE NIVEL LÍMITE MARCA: ENDRESS - HAUSER Características: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Electrodo Temperatura máxima: 80° C - Presión: 6 bar. - Salida: 24 vdc - Protección NEMA 4 	6
04	SENSOR TRANSMISOR DE pH MARCA: DWYER MODELO: 657C – 1 Características: <ul style="list-style-type: none"> - Rango: de 0 a 13 pH - Precisión RH: \pm 2% - Resolución: 0.1% - Voltaje: 10 - 35VDC 	3

	<ul style="list-style-type: none"> - Salida: 4 – 20 mA. - Temperatura de operación: 0° a 70° C 	
05	<p>SENSOR TRANSMISOR DE CORRIENTE MARCA: ROCHESTER INSTRUMENT MODELO: 420 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Precisión: 0.5% - Rango: 0 a 20 Amp. - Repetibilidad: 0.25% de la escala completa. - Temperatura: 0° a 70° C - Alimentación: 24 Vac - Salida: 4 a 20mA. - Indicación digital 	3
06	<p>TRANSMISOR DE FLUJO MARCA: HEDLAND MODELO: FM – 1100 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 0 m3/seg a 10 m3/seg - Presión: 5000 Lb/pulg² - Temperatura: 400 F max - Alimentación: 24 vdc - Salida: 4 - 20mA. - Indicación digital 	12
07	<p>SENSOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA MARCA: OHKEN MODELO: TT 900 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rango: 0 a 15 °C - Tipo: Pt-100 - Material funda: acero inoxidable - Alimentación: 24 vdc - Salida: 4 a 20 mA 	3
08	<p>TRANSDUCTOR CORRIENTE-PRESIÓN (I/P) MARCA: OMEGA MODELO: IP 210 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrada: 4 a 20 MA - Salida: 3 a 15 psi - Normalización: Standard - Protección: NEMA 3 	6
09	<p>ELECTROVÁLVULA MARCA: FESTO MODELO: CAT – JJ400 Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posiciones: 2 	3

	<ul style="list-style-type: none"> - Presión de operación: 100 psi max. - Alimentación: 24 Vdc - Rango de temperatura: 0 a 100° C 	
10	<p>VÁLVULA SOLENOIDE</p> <p>MARCA: ECKARDT MODELO: AK-P9384</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo: acero inoxidable - Tamaño ϕ: 2" - Alimentación: 220 vac - NA 	6
11	<p>VÁLVULAS DE FLUJO NEUMATICAS</p> <p>MARCA: ECKARDT MODELO: MB6713</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo: acero al carbón - Tamaño ϕ: 6" - Presión: 80psi - Actuador: Diafragma y resorte múltiple - Temperatura: 100° C máx. 	9
12	<p>CONTACTORES TRIFÁSICOS</p> <p>MARCA: SIEMENS MODELO: 3RT5012</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Treinta millones de maniobras - Máxima temperatura: 60 °C - Bobina: 220 vac 	9
13	<p>VARIADOR DE VELOCIDAD</p> <p>MARCA: DANFOSS MODELO: FC 301</p> <ul style="list-style-type: none"> - Potencia máxima de 5 HP - Parada de seguridad - Control vectorial VVC+ - Conexión por bornera o profibus 	15
14	<p>GUARDAMOTORES TRIFÁSICOS</p> <p>MARCA: SIEMENS MODELO: 3RV1031</p> <ul style="list-style-type: none"> - Intensidad máxima de 30 amperios - Disparador de apertura y de mínima tensión - Bornes de tornillo - Regulación por tornillo 	24

4.6.2. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR PLC

A continuación detallaremos mediante una tabla comparativa las principales características de los PLC's propuestos, y basándose en un análisis determinaremos cuál de los PLC's será el seleccionado.

Para el presente Proyecto de Automatización los criterios que mencionamos son de los siguientes PLC's industriales:

- Marca SIEMENS, Modelo SIMATIC S7-224U
- Marca ALLEN-BRADLEY, Modelo SLC 500
- Marca MODICON, Modelo COMPAC 984-A-145

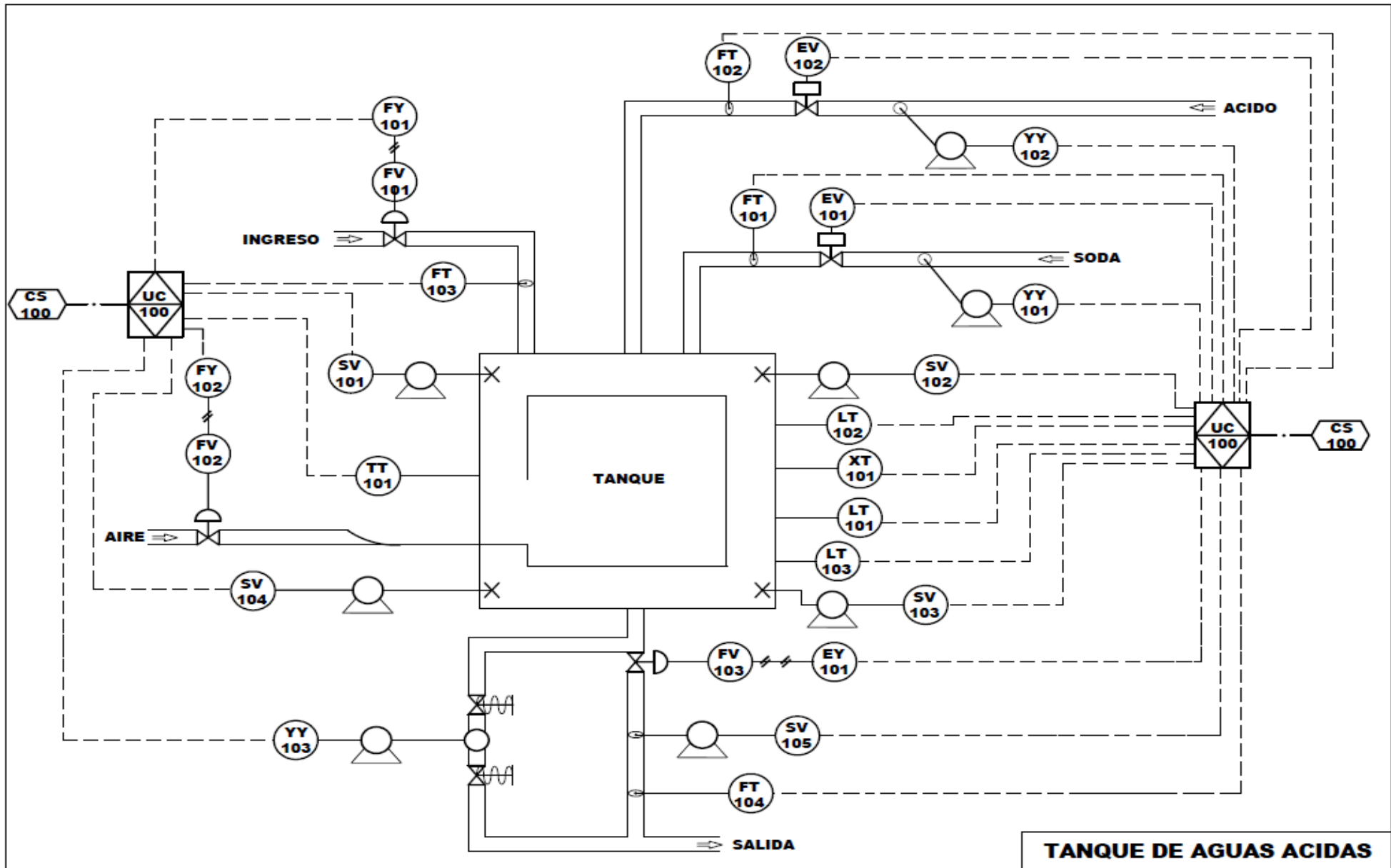
TABLA COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE PLCs

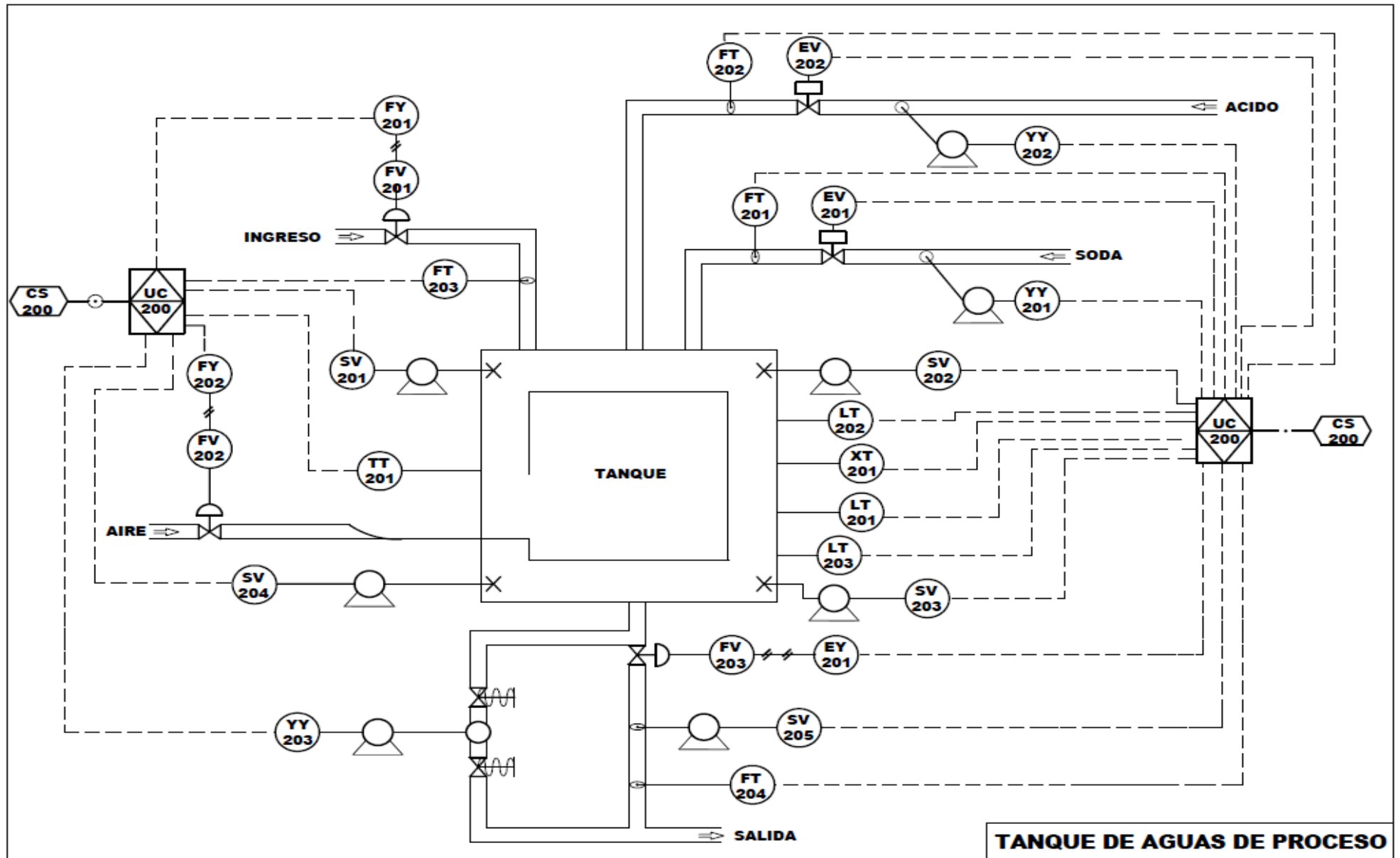
CARACTERISTICAS		PLC'S		
MARCA	SIEMENS	ALLEN – BRADLEY	MODICON	
MODELO	SIMATIC S7-224U	SLC 500	COMPAC 984-A-145	
ALIMENTACION	110-240 VAC	110-240 VAC	24 VDC O 115/230 VAC	
ENTRADAS ANALOGICAS	IP 260 ENT de 0 a 5 V, 4 a 20 mA multigama, 12 bits resoluc.	AEZ 414 4 ENTRADAS 0-10V; 4-20 mA 11 bits de resoluc.	ADU 204: 4 ENT.	
ENTRADAS DISCRETAS	15-420-7LA11 32 ENT. ALIM. 24 VDC	SX DMZ 28 DR 16 ENT. 24V.	DEP 208: 8 ENT. ALIM. 220VAC. DEO 216:16 ENT. ALIM. 24 VDC. DEP 209: 8 ENT. ALIM. 120 VAC.	
SALIDAS ANALOGICAS	IP 260 SAL de 0 a 5 V, 4 a 20 mA multigama,12 bits resoluc.	SX ASZ 200 2 SAL. ±10V; 4 -20 mA. 11 bits de resoluc.	DAU 202: 2 SAL	
SALIDAS DISCRETAS	15-441-7LA11 32 SAL. TIPO RELE 24 vdc ó 220 vac	DMZ 6 DTK 12 SAL. RELE	DAP 208: 8 SAL-24 VD DAP 209: 8 SAL-120VA	

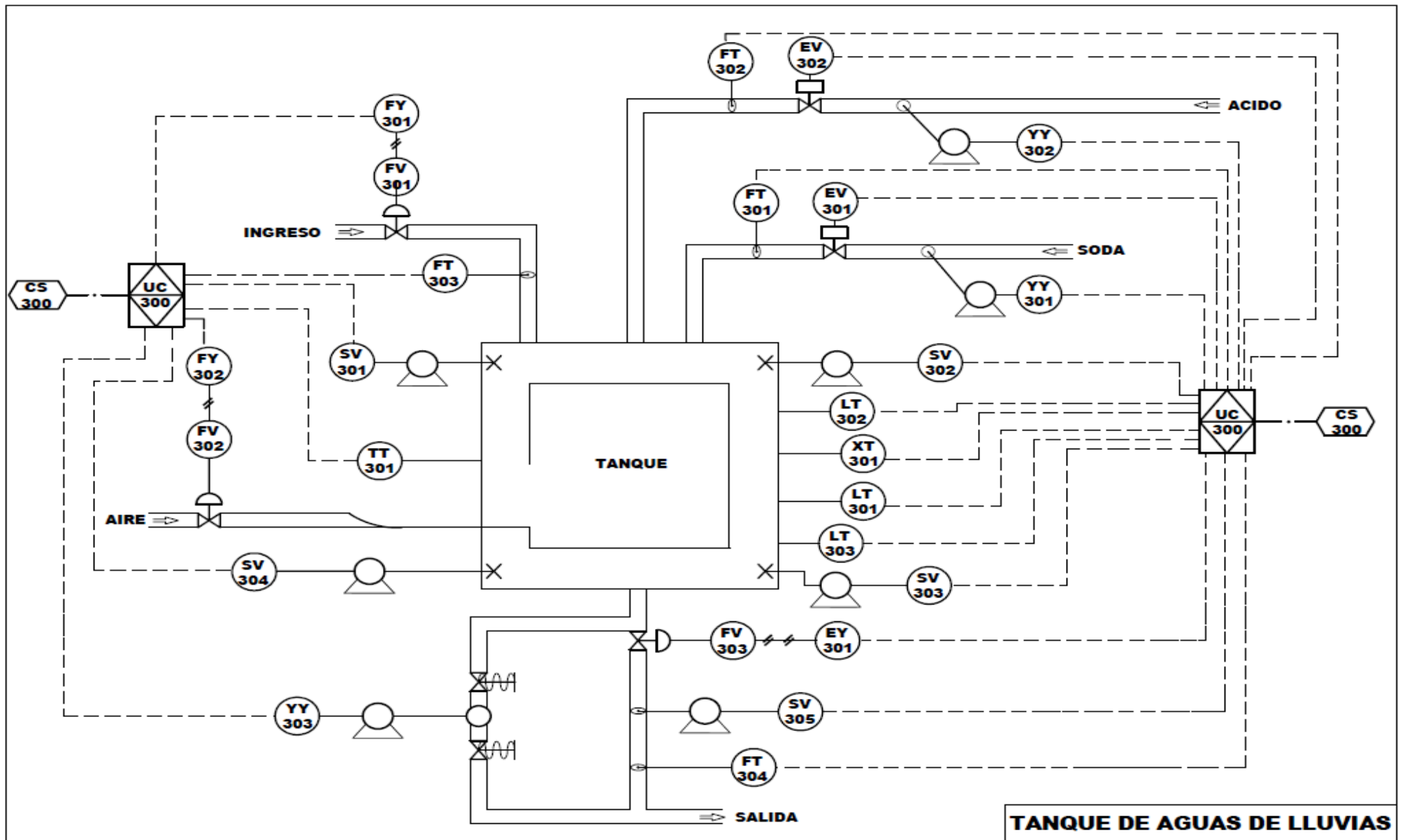
			DAP 216: 16 SAL-24VDC.
DIMENSIONES FISICAS	16,5 x 8,5 x 6 cm	ALT.151 mm. PROF.108 mm.	21,3X14,2X12 cm.
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC'S	PROFIBUS RED LOCAL SINEC H1	RED LOCAL CONTROLNET	MODBUS PLUS
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA PERIFERICOS	SERIE ESTANDAR	SERIE ESTANDAR	MODBUS ESTANDAR
LENGUAJE DE PROGRAMACION	STEP7	RX LOGIX 500	MODSOFT. COMPACT-984
MEMORIA RAM	700-375-OLD11 8 KB. 700-375-OLD21 16 KB. 700-375-OLD31 32 KB. 700-377-OAB31 64 KB	7,8 K INSTRUC. BOLE (2K PALABRAS DE DATOS)	FORMATOS: 3K Bytes 8K Bytes 16K Bytes
MEMORIA EPROM	700-375-1LA15 8KB. 700-375-1LA21 16 KB. 700-375-1LA41 32 KB. 700-375-1LA61 64 KB. 700-375-1LA71 128 KB	4.7K LISTA DE INSTRUCCIONES.	8K Bytes
TARJETA DE EXPANSIÓN	S7-IM 306 (MOD.INTERF. PARA RACKS DE EXPANC.)		MODULOS A120
TARJETA DE INTERFAZ A RED	CP 535 (Proc. De com.) Medio Físico TX: cable coaxial apantallado (a través de Transc. BT 775	PCMCIA (TSX FPF 20) Cable de conexión para tarjeta de RED TSX FPCG (1m.)	
SISTEMA OPERATIVO	PCP/M-86 MS DOS y Windows		TELECARGABLE

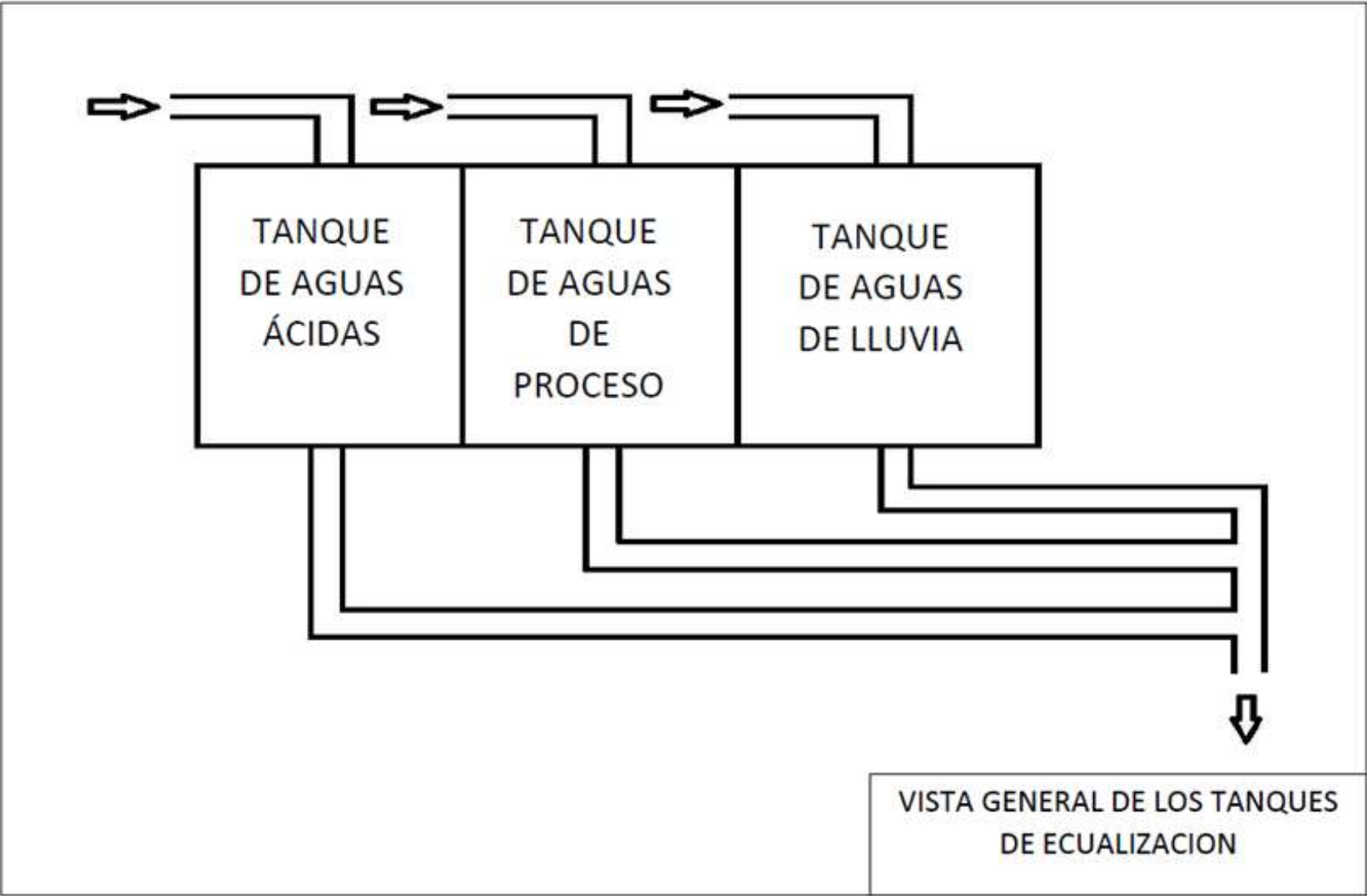
Para el presente proyecto se llegó a seleccionar el PLC ALLEN-BRADLEY de fabricación americana, siendo las características del CPU para el proyecto las siguientes:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	UC100 Controlador Lógico Programable FABRICANTE: ALLEN-BRADLEY MODELO: SLC 500 USO: Control de la Planta Concentradora Características: - Fuente: Integrada en el chasis - Memoria: 64KB - Módulo Id: 20E – 24VDC (3 mod x 8) - Módulo Od: 14S - Tipo relé 220 vac (2 mod x 8) 4S – Tipo relé 24 vdc (1 mod x 8) - Módulo Ia: IP260 4E – 4 a 20 mA (1 mod x 4) - Módulo Oa: 2S – 4 a 20 mA (1 mod x 2)	1









5.1. GENERALIDADES

El presente capítulo muestra todos los costos de implementar el proyecto. Como sabemos la evaluación económica es muy importante al momento de tomar la decisión de automatizar la planta, porque de acuerdo a ella se verá si realmente es rentable invertir, así como si la automatización de la planta incrementaría la calidad y reduciría los costos por pérdida de materia prima o por mal uso de recursos.

Se han dividido los costos por rubros para poder hacer más claro el análisis de costos.

5.2. ESTIMACION DE COSTOS

5.2.1. COSTOS DE INSTRUMENTACION

ITEM	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.(\$)	CANTIDAD	P. TOTAL (\$)
1	Transductor de Posición. Marca: SOR, Modelo: EXDL-74	120,00	4	480,00
2	Sensor de Nivel Continuo Marca: Proximity	620,00	3	1860,00
3	Detector de Nivel Límite Marca: ENDRESS-HAUSER	140,00	6	840,00
4	Sensor Transmisor de pH Marca: DWYER, Modelo: 657C-1	1200,00	3	3600,00
5	Sensor Transmisor de Corriente Marca: Rochester Instrument	350,00	3	1050,00
6	Sensor Transmisor de Flujo Marca: Hedland	860,00	12	10320,00
7	Sensor Transmisor de Temperatura Marca: Ohken	250,00	3	750,00

8	Transductor Corriente/presión (I/P) Marca: Omega	280,00	6	1680,00
9	Electroválvula de Flujo Marca: Festo	160,00	3	480,00
10	Válvula Solenoide Marca: Eckardt	320,00	6	1920,00
11	Válvula de Flujo Neumática Marca: ECKARDT, Modelo: MB6713	780,00	9	7020,00
12	Contactores Trifásicos Marca: SIEMENS, Modelo: 3RT5012	320,00	9	2880,00
13	Variador de Velocidad Marca: DANFOSS, Modelo: FC 301	2000,00	15	30000,00
14	Guardamotores Trifásicos Marca: SIEMENS, Modelo: 3RV1031	60,00	24	1440,00
64 320,00				

5.2.2. COSTOS DE EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	PLC (UC 100) Fabricación: Allen-Bradley Modelo: SLC 500 Incluido módulos I/O y fuelle	1	3 500,00	3 500,00
TOTAL NIVEL DE CONTROL				3 500,00

5.2.3. COSTOS A NIVEL DE SUPERVISIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	PC-PENTIUM-V Compatible.	1	1 300,00	1 300,00
2	Impresora Inyección Marca: EPSON 900	1	200,00	200,00
3	Software de Supervisión Inc. tarjeta de comunicación	1	4 500,00	4 500,00
TOTAL NIVEL DE SUPERVISIÓN				6 000,00

5.2.4. COSTOS DE INGENIERIA

Consiste en los costos por las horas empleadas en la instalación y comprobación de todo el instrumental empleado, así también en la programación de los PLC's en los sistemas de control y monitoreo de variables.

TOTAL INGENIERIA:.....U.S. \$ 10 000,00

5.2.5. COSTOS DE PUESTA EN SERVICIO

Correspondiente al costo del personal (por estadía), involucrados en la activación del sistema.

TOTAL PUESTA EN SERVICIO:...U.S. \$ 15 000,00

5.2.6. COSTOS DE CAPACITACION

Son los gastos correspondientes a la Capacitación del Personal de Planta encargada de operar sistemas de Control e Instrumentación.

TOTAL CAPACITACION:.....U.S. \$ 2 000,00

5.3. INVERSION Y FINANCIAMIENTO

5.3.1. INVERSION

Correspondiente al total de costos que implica la Implementación y Puesta en marcha del Proyecto de Automatización.

DESCRIPCION	MONTO U.S.\$
TOTAL COSTOS DE INSTRUMENTACION	64 320,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE EQUIPOS	3 500,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE SUPERVISION	6 000,00
TOTAL COSTOS DE INGENIERIA	10 000,00
TOTAL COSTO PUESTA EN SERVICIO	15 000,00
TOTAL COSTO CAPACITACION	2 000,00
TOTAL DE COSTO ESTIMADO	100 820,00
FACTOR DE RIESGO (10%)	10 082,00
TOTAL INVERSION DEL PROYECTO	110 902,00

5.3.2. FINANCIAMIENTO

El financiamiento será con recursos propios, financiando la Empresa el 100% de la inversión total.

Las condiciones de financiamiento serán las establecidas por las entidades financieras con las que la empresa tiene relaciones establecidas.

6.1. CONCLUSIONES

1. Se diseñó el Sistema de Supervisión y Control del Proceso de Ecuación en la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales de la Empresa Doe Run Perú el cuál finalmente controlará seis variables necesarias para garantizar su correcto funcionamiento.
2. Se diseñaron las estrategias y lazos de control para las diferentes variables del proceso, así como se determinaron las entradas y salidas necesarias para los sistemas de control, finalmente se manejan quince lazos cerrados y seis lazos abiertos.
3. Se confeccionaron los diagramas de instrumentación para la automatización del proceso.

4. Se dimensionaron y seleccionaron los diferentes instrumentos y equipos necesarios, todos ellos cumpliendo los estándares aplicables para este tipo de proceso.
5. Se implementó el software de control y de supervisión respectivo.

6.2. RECOMENDACIONES

1. Se necesita realizar una evaluación de los diferentes elementos que componen el sistema para poder programar las hojas de ruta de mantenimiento o reparaciones de los mismos.
2. Se debería implementar una red de comunicación con los demás equipos de la planta.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Katsuhiko Ogata. “Ingeniería de Control Moderna”. Prentice Hall, 1998.
- R.C.Dorf. “Sistemas Modernos de Control”. Addison-Wesley, USA, 1989.
- Syed A. Nasar. “Maquinas Eléctricas y Electromecánicas”. Primera Edición. Editorial Mc Graw-Hill / Interamericana de México S.A. 1998.
- Carlos Smith, Armando Corripio. “Control Automático de Procesos”. Editorial Mc Graw-Hill, 1990.
- Antonio Creuss. “Instrumentación Industrial”. Editorial Mc Graw-Hill, 1998.
- R. Ferré. “Diseño Industrial por Computadora”. Editorial Gustavo Gili S.A., 1994.
- Ángulo Usategui, José. “Control de Procesos Industriales por Computador”. Editorial Paraninfo, España. 2002.
- Manuales de Servicio del PLC Allen Bradley.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- [http: www.festo.com](http://www.festo.com)
- [http: www.wici.com](http://www.wici.com)

ANEXOS

Sensor Transmisor de Temperatura

Este dispositivo va conectado al controlador

Detecta la temperatura por medio de la radiación emitida.

Sensor de Temperatura NTC o PT100



Descripción

Los sensores de temperatura del modelo TSA responden rápidamente y funcionan entre -40 y 150°C. Un sensor electrónico regulado por trimmer como elemento de medida en una cubierta resistente hecha de latón o acero inoxidable que es conveniente para el servicio pesado.

Aplicación:

Los sensores modelo TSA son convenientes para el servicio en todas las aplicaciones donde se requiera monitorear, detectar o regular gases o líquidos: por ejemplo intercambiadores de calor, sistemas de calefacción y ventilación, aire acondicionado y plantas de refrigeración y así sucesivamente.

Detalles técnicos:

Material:

Cuerpo: Latón o acero inoxidable 1.4301
Sello: FPM.
Cable: 1.5 m silicona-goma-aislado
Máx. Presión de operación:

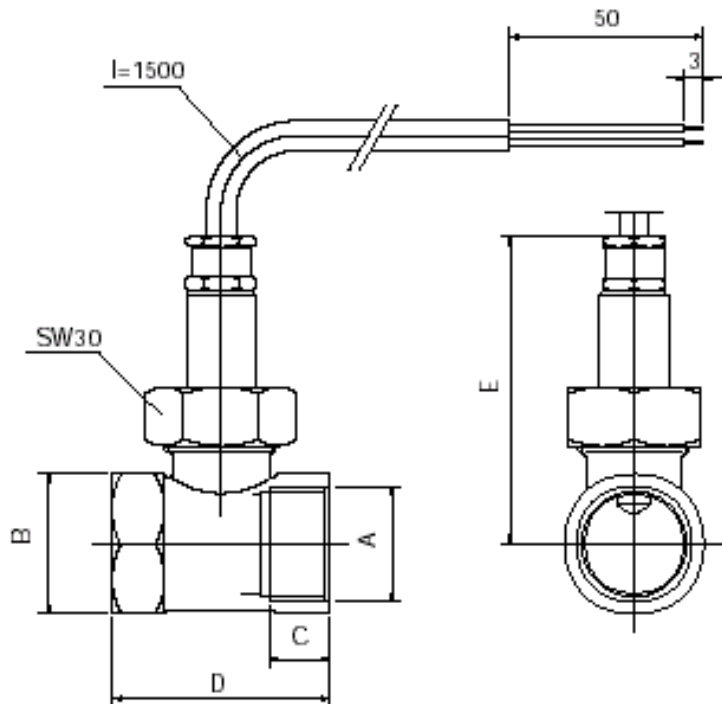
Latón: 16 bar
Acero inoxidable: 25 bar

Temperatura media: -60° +180°C
Alimentación max. De corriente: 1 mA.

Características:

Sin compensación de línea para los terminales suministrados requeridos < 20m.
Sensibilidad de temperatura lineal.
Buena estabilidad a largo plazo.
Cuerpo endurecido para servicio robusto

Dimensiones:



A	B	C	D	E max.
G 1/4"	SW 27	10	50	77
G 3/8"	SW 27	10	50	77
G 1/2"	SW 27	10	50	77
G 3/4"	SW 32	15	52	78
G 1"	SW 39	115	56	81

SENSORES DE NIVEL CONTINUO

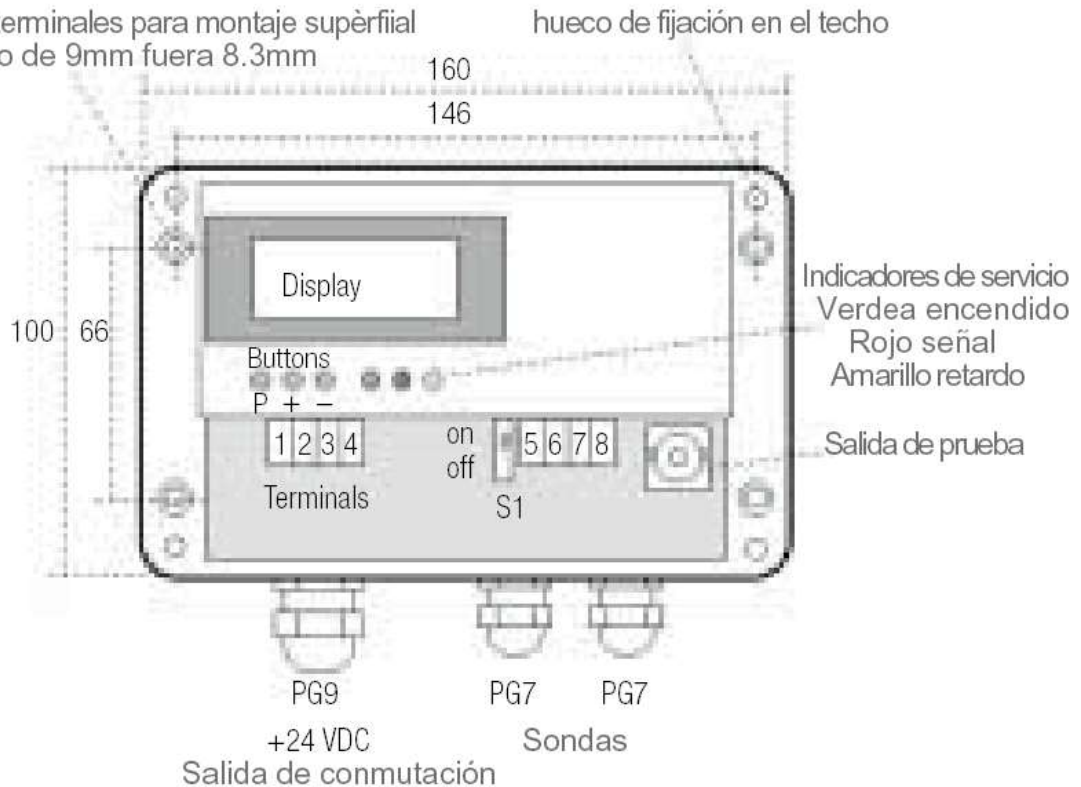
Descripción



Descripción

El UL200 opera con la técnica ultrasónica (puente de sonido). Dos sensores se montan en el exterior del tubo. Un sensor envía un pulso corto de energía ultrasónica a un ángulo determinado en el tubo. El segundo sensor recibe el pulso retrasado con respecto al medio. Si hay líquido en el tubo, el sistema electrónico en sentido descendente detecta la generación de eco y cambia a un contacto flotante conveniente (contacto N/A). Este método de medida se puede utilizar con los tubos con diámetro entre 8 y 55 mm. Para todas las medidas, se asume que la viscosidad del medio es similar a la del agua y que está prácticamente libre de burbujas de aire, burbujas de gas y sólidos.

Dimensiones:



Aplicaciones

- Plantas farmacéuticas
- Ingeniería médica
- Industria Alimenticia
- El transmitir con el gas licuado o medios agresivos
- Instalaciones validadas ya por Laboratorios De prueba Del Gobierno
- Protección de ejecución seca para las bombas
- Detector húmedo, detector seco para la tubería fina

Áreas de Aplicación

Para monitorear niveles de líquidos en la tubería donde el sensor no debe contactarse con medios físicos, higiénicos o por razones de seguridad.

Por favor especificar el diam. extremo de la tub. de **1/10 mm de pres** cuando se ordene Instalación de la sonda: sobre la parte externa del tubo.

Detalles Técnicos

Instalación de la sonda: sobre la parte externa del tubo

Secc. transversal del tubo:	8 mm – 55 mm de diámetro exterior
Por favor especificar cuándo se ordene	
Material del tubo:	Acero, acero inoxidable, acero, otros metales,, vidrio, plásticos
Calibración:	Todos los parámetros están establecidos con botones y visualizador es integrados
Señal de proceso:	Integración y función de inversión, elemento de retardo de tiempo
Intervalo de medición:	20 ms
Histéresis:	Ajustable 20 ms – 200 s
Tiempo de contacto:	Ajustable 20 ms – 1000 s
Indicadores de servicio:	Energía, señal. relé
Salid a:	Interruptor relé contacto (N/A contacto) máx. 50 V/ 0.5 A flotación
Alimentación de energía:	+18 V a 30 VDC/100 mA, factor de fluctuación máx. 10%. Tiempo de respuesta 0.5 s, Protección de polaridad inversa
Temperatura de operación: Sondas:	-20 a +135°C
Electrónicas:	-20 a +60°C
Protección:	IP 65

Ventajas especiales

- Control de nivel no contactante a través de la pared del tubo
- Instalación fácil y segura
- No se necesita perforación soldadura o prueba
- Se puede instalar en el sitio durante la producción
- Para terminales para montaje superficial dentro de 9mm fuera 8.3mm hueco de fijación en el techo

DETECTOR DE NIVEL LÍMITE

MARCA: ENDRESS - HAUSER

Características:

- Tipo: Electrodo
- Temperatura máxima: 80° C
- Presión: 6 bar.
- Salida: 24 vdc.
- Protección NEMA 4

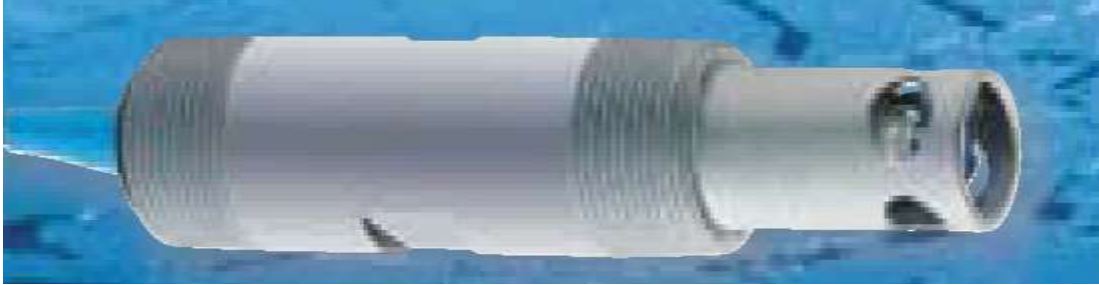


Detecte hasta cinco límites llanos con un control del Dos-punto de la punta de prueba y la instrumentación flexible adicional de la detección del máximo y del mínimo: - con el relleno electrónico incorporado, transistor o salida del relais para 2 o 3 puntas de prueba de la cuerda - para la conexión a una unidad separada de la fuente de alimentación del transmisor ninguna calibración requirió; ajuste estándar para los líquidos conductores más comunes ningunas piezas móviles en el tanque: - vida de servicio larga - la operación confiable sin gamas que miden de la aprobación cuatro del desgaste o de las obstrucciones WHG se puede fijar 100 μ , 1 k μ , 10 k μ , punta de prueba rentable de 100 k μ para los rellenos electrónicos de los líquidos conductores para: - - Relé hecho salir - el campo hecho salir NAMUR de la salida del transistor de los sensores de Líquido int T del uso se utiliza en líquidos conductores (en fecha 10 μ S/cm) para determinar niveles del punto. Dependiendo del número de los puntos que miden (hasta 5 cuerdas), las tareas que miden tales como protección del derrame, protección corriente seca, control del dos-punto de bombas o detección de varios puntos se pueden poner en ejecución para una conexión de proceso existente

SENSOR DE ACIDEZ

Electrodos de pH Industriales:

Electrodos sumergibles en línea



- **Sonda protegida, previene de daños al sensor**

Estos resistentes electrodos combinados permanentemente encapsulados pueden ser instalados en accesorios T para uso en línea o en soportes de inmersión de 0,9m WD-35801-54 para un fácil montaje en el tanque. Referencia de KCl/AgCl sellada y conector BNC.

Cuerpo: CPVC con rosca de tubo de 3/4" NPT (M) en ambos extremos, cable de 3m.

Elemento ATC: extremos pelados **Rango:** 0 a 12 pH

Máx temp: 80°C **Dimensiones:** 16 cm L x 2,5 cm OD **Peso:** 0,3 kg

Model. no.	Tipo	Unión
WD	35801	02 Electrodo de pH simple unión
WD	35801	08 Electrodo de pH doble unión
WD	35801	21 Electrodo de ORP sensor doble unión de banda de Pt

Electrodos sumergibles



Encapsulados permanentemente en un tubo; perfectos para instalación en estanques.

Referencia de KCl/AgCl sellada y Conector BNC.

Cuerpo: plástico ABS, cable de 3 m **Elemento ATC:** extremos pelados

Rango: 0 a 12 pH **Máx temp:** 80°C
Dimensiones: 0,9 m L x 2,5 m OD **Peso:** 0,4 kg.

Model. no.	Tipo	Unión
WD	35806	00 Electrodo de pH simple unión
WD	35806	01 Electrodo de pH doble unión
WD	35806	02 Electrodo de ORP sensor doble unión de banda de Pt

TRANSMISOR DE FLUJO

MARCA: HEDLAND
 MODELO: FM – 1100

Características:

- Rango: 0 m³/seg a 10 m³/seg
- Presión: 5000 Lb/pulg²
- Temperatura: 400 F max
- Alimentación: 24 vdc
- Salida: 4 - 20mA.
- Indicación digital



Es un medidor de flujo de área variable basado en un microprocesador que proporciona un indicador digital de caudal total acumulado. La tasa de flujo y el flujo total se puede mostrar en diversas unidades de medida.

Todos los transmisores de flujo de MR ya vienen calibrados de fábrica. Sin embargo, la unidad puede ajustarse para satisfacer las necesidades específicas del sistema. Los parámetros de calibración para la compensación de la gravedad específica en el agua o líquidos a base de derivados del petróleo y por la gravedad específica, la presión y la compensación de temperatura para aplicaciones neumáticas están incluidos. Todos los medidores de proporcionar tensión (0-5 VCC y 0-10) y el bucle de corriente (4-20 mA) salidas que permiten una fácil integración electrónica.

SENSOR DE PRESION, 3'' (100psi)

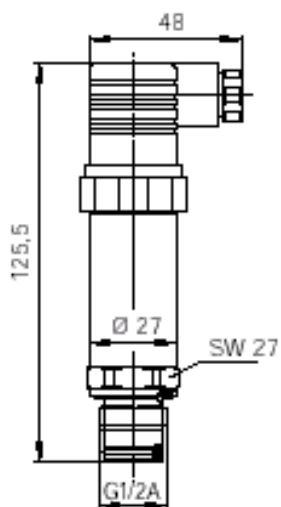
Descripción:



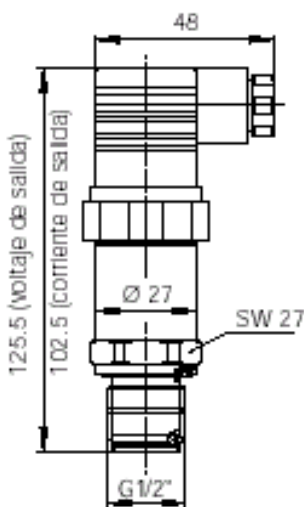
Los transductores resistentes industriales de presión son líderes entre los transductores de Presión. El diafragma de lavable permite el uso con líquidos agresivos, viscosos de procesos de cristalización de líquidos Este tipo de sellado permite la limpieza de las conexiones de proceso sin residuos. La carcasa y las piezas húmedas son de acero inoxidable. Por lo tanto son extremadamente resistentes contra medios agresivos y satisfacen los requisitos más exigentes. Dos potenciómetros de ajuste a cero y de rango permiten su uso en aplicaciones muy difíciles como la medición de la columna hidrostática.

Dimensiones:

SEN-3344...



SEN-3386...



Aplicaciones:

- Planta y Equipo de Manufactura
- Ingeniería de Procesos
- Instrumentos de Ingeniería
- Desarrollo y Experimentación

Datos Técnicos:

Tecnología: Diafragma nivelado

Tipo de Presión: presión manométrica

Cuerpo: Acero inoxidable 1.4301

Conector: G 1/2" macho

Partes húmedas: Acero inoxidable 1.4571

Sensor: Película delgada

Temperatura Máx: Almacén: - 40...+100°C

Del Medio: - 30...+100°C

De Ambiente: -20...+80°C

Presión límite: 2 x rango, ajustado al vacío

Clase de Precisión: 0.25 o 0.5 % (f.s.d.)

Repetibilidad: $\leq \pm 0.05\%$ (f.s.d.)

Estabilidad (anual): $\leq \pm 0.2\%$ (f.s.d.) bajo

Condiciones de referencia

Conector eléctrico: conector DIN 43 650

Alimentación: 10...30 VDC

(14...30 VDC para una salida 0-10 VDC)

Salida: 4-20 mA, 0-5 VDC, 0-10 VD C

Carga (Ω): $\leq (UB-12 V)/0,02 A$ (para 4- 20 mA)

>5 kOhm para 0-5 VDC

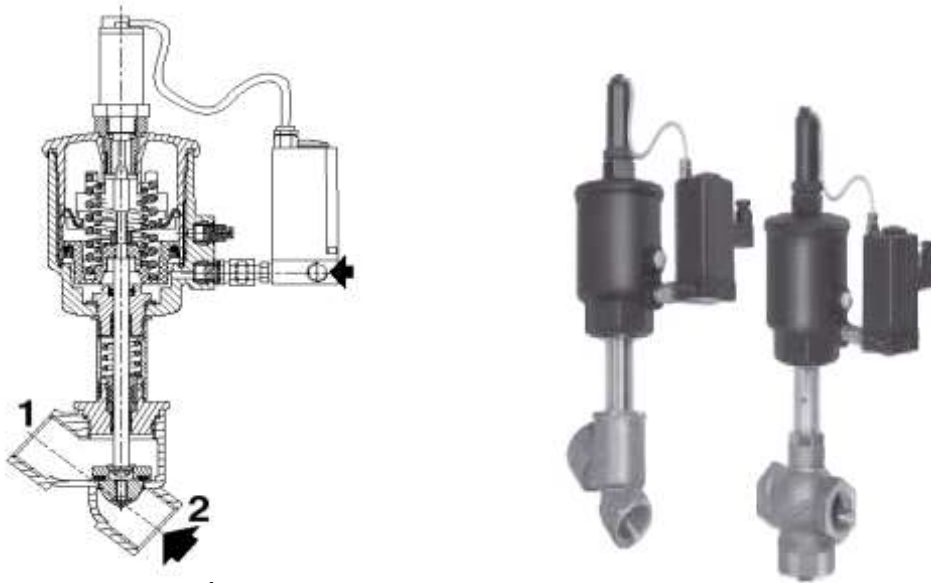
>10 kOhm para 0-10 VDC

Respuesta temporal : $\leq 1 ms$ (dentro del 10-90% del fondo de escala)

Ajustabilidad : Cero y medir span
Rango de temperatura: 0...+80°C
Deriva de temperatura: Cero y span $\pm 0.2\%/10$ K
Protección: IP 65

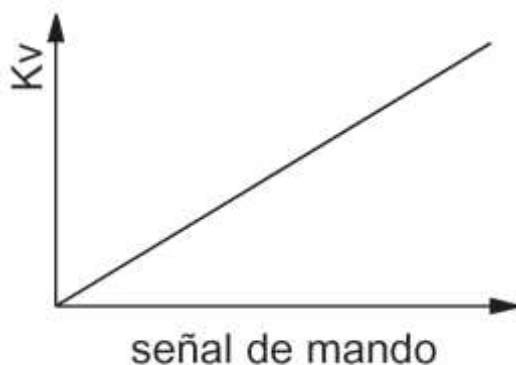
VÁLVULA PROPORCIONAL CON POSICIONADOR COMPACTO

Normalmente cerrada, de mando por presión todo tipo de racordaje.



PRESENTACIÓN

- Caudal variable proporcional a la señal de mando
- Control de posición por potenciómetro (captador)
- Para válvulas NC, entrada **bajo** el clapet, con 2 orificios (serie **290**), cuerpo roscado, de bridas, clamp, extremos para soldar o con 3 orificios (serie **390**), cuerpo roscado
- Conjunto suministrado montado y regulado en fábrica para una válvula 2/2 estanca al clapet señal de mando Kv



INFORMACIÓN GENERAL

Presión diferencial	0 a 16 bar [1 bar = 100 kPa]
Presión máxima admisible	16 bar
Zonas de temperatura fluidos correspondientes	Ver noticias de las válvulas standard
Zona de temperatura ambiente	0°C a +50°C
Viscosidad máxima admisible	600 cSt (mm ² /s)
Tiempos de maniobra	Ver V402-5

INFORMACIÓN GENERAL POSICIONADOR COMPACTO

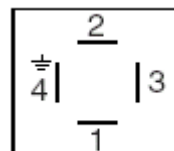
Fluidos de pilotaje o no	Aire o gas neutro, filtrados 50 µm, lubricados
Presión de pilotaje	4 a 10 bar.
Temperatura fluido de pilotaje	0°C a +60°C
Racordaje pilotaje	G 1/8 (para todas las cabezas de mando)
Corriente máxima	150 mA
Tensión de funcionamiento	24VCC±10%, tasa de ondulación máx. 10%
Potencia máxima	3,6 W
Consigna analógica	Ver "Selección del material"
Conector talla 15	Desenchufable CM6 (Pg 7P), 4 clavijas
Código:	881 00 240
Clase de aislamiento de bobina	F
Protección	IP65

CONEXIONES ELÉCTRICAS

Conexión caja de pilotaje

- + 24 V (Alimentación)
- 0 V (Alimentación)
- Consigna (0 - 10 V / 0 - 20 mA / 4 - 20 mA)
- Retorno potenciómetro (0 - 10 V).

La clavija 4 no es una conexión de tierra



SELECCIÓN DEL MATERIAL (únicamente para válvulas NC, entrada bajo el clapet)

consigna analógica	sufijo válvula proporcional y posicionador compacto (1) (conjunto montado y regulado en fábrica)			
	posición mantenida del clapet (2)		cierre del clapet (3)	
	2 orificios	3 orificios	2 orificios	3 orificios
0 - 10 V CC	PD B01	B01	PD B04	B04
0 - 20 mA	PD B02	B02	PD B05	B05
4 - 20 mA	PD B03	B03	PD B06	B06

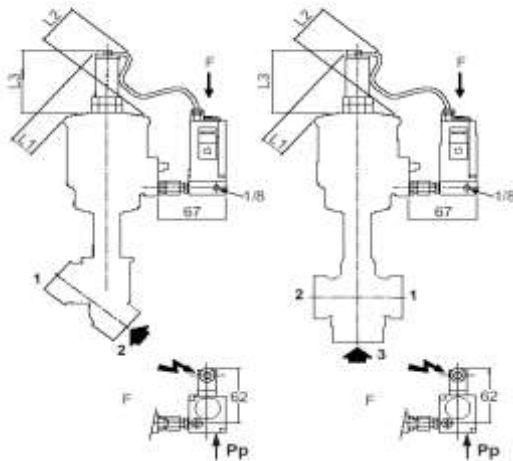
INSTALACIÓN

- Posibilidad de montaje de las válvulas proporcionales en cualquier posición
- Otros tipos de conexiones realizables bajo demanda

- Las instrucciones de instalación/mantenimiento están incluidas con cada válvula.
- Bolsas de piezas de recambio disponibles

DIMENSIONES

DIMENSIONES (mm), PESOS (kg)



Peso del conjunto posicionador compacto con potenciómetro (captador de posición), sin la válvula : 0,3

Peso de las válvulas solas:

Para **las versiones** 2 orificios, añadir con respecto al peso

Indicado en las páginas correspondientes:

- DN 32/40 : +0,1
- DN 50 : +0,2
- DN 65 : +0,4

Para las versiones **3 orificios**: tomar el peso indicado.

(mm)	cabeza de mando			
	50 mm	63 mm	90 mm	125 mm
L1	34	25	15	0
L2	54	46	36	49
L3	81	65	65	111

ACTUADORES

Este va acoplado directamente a las válvulas que están montadas en la tubería de gas.



Variadores de Velocidad

Es el encargado de regular la velocidad para poder obtener la frecuencia necesaria para el horno de inducción.

Este proceso es controlado por un PLC de: salidas analógicas y discretas así como entradas analógicas y discretas.

Descripción Del proceso:

Cuando el tanque esta vacío, se abren las válvulas del producto y el ácido, se van a mezclando hasta un nivel de acidez deseado que se mide con el sensor de acidez.

Luego se cierran las válvulas hasta el nivel máximo se da por el sensor de nivel alto (electrodo)

Se prende el motor que acciona un mezclador para que se haga la mezcla del producto y el ácido por un tiempo, mientras tanto se abre la válvula para dejar pasar el vapor para que caliente a la mezcla hasta un nivel de temperatura deseado; en el caso que sobrepase el nivel de temperatura, el plc cierra la válvula para que no siga calentando el tanque.

Finalmente se abre la válvula de descarga del líquido juntamente con una bomba para llevar la mezcla hacia otro modulo para su procesamiento, la presión de salida de la tubería es sensada por un sensor ubicado antes de la válvula: luego de vaciar el líquido hasta el sensor de nivel bajo, se hace de nuevo el proceso.

Simatic S7-400

Con SIMATIC S7-400 puede resolver cualquier tarea que no esté al alcance de un mini autómatas. Y en lo que se refiere a potencia, funcionalidad, flexibilidad y fácil manejo es una auténtica maravilla. Justo lo que esperaba de un autómatas SIMATIC. Como SIMATIC también es sinónimo de continuidad, los ya acreditados componentes S5 pueden combinarse sin problemas con el nuevo SIMATIC. Así que usted decide hasta qué punto desea modernizar su instalación o máquina.

FUERTE EN PRESTACIONES Y FACILISIMO DE USAR
SIMATIC S7-400 le proporcionará la potencia que necesite. Incluso aquella que se espera de un computador de proceso, pues cubre toda la gama fuera de las aplicaciones

reservadas a los miniatómatas. Una ventaja de la que disfrutará tanto la periferia centralizada como la descentralizada, además el S7-400 es tan robusto que soporta perfectamente los ambientes industriales más desfavorables. No sólo gracias a los módulos (tarjetas) encapsuladas sino también al funcionamiento sin ventilador y a un comportamiento extremadamente fiable en arranque y desconexión.



Un manejo sencillísimo

El S7-400 presenta otra ventaja extraordinaria. Aunque ofrece infinidad de prestaciones resulta facilísimo de manejar, ya que está dotado de una estructura muy simple, armonizando desde el principio el hardware con el software. Ya verá el tiempo que ahorra!. Así p. ej., ya no hay reglas que respetar en cuanto a los slots, y el software se encarga de parametrizar el hardware. Las funciones complejas se pueden realizar con una sola instrucción y además todo el sistema es completamente coherente en términos de parametrización, programación, gestión de datos y comunicación. Y ello no solo a nivel de PLC sino también para manejo y visualización, redes locales e incluso para eventuales microcomputadores industriales integrados. El entorno software que lo hace posible se llama STEP® 7: el software más sencillo y manejable que pueda encontrarse actualmente en el mercado de aplicaciones para la automatización. Y naturalmente basado en Windows!

Una configuración a la medida

Como cada tarea exige una configuración diferente, este potente PLC de un enorme abanico de componentes muy escalonados en cuanto a su potencia. Para funciones

especiales puede elegir entre numerosos módulos de comunicación para establecer de manera sencilla las más variadas conexiones. Con el S7-400 se ha llevado a la práctica una filosofía basada en la facilidad de manejo. Ello se traduce en un gran ahorro no solo de tiempo sino también de componentes. Pues mucho de lo que hasta ahora había que realizar añadiendo software adicional ya viene integrado de fábrica.

Primero: configuración a medida

La posibilidad de lograr una solución personalizada a partir de elementos estándar no es nada nuevo para SIMATIC. Lo realmente innovador es la muy variada gama de potencias que presentan las CPU. Las diferencias radican en la velocidad de ejecución, el tamaño de memoria así como la variedad de interfaces integrados, No importa la potencia que Ud. Requiera, pues siempre dispondrá de la mejor solución. Y ello sin invertir más de lo que realmente necesita.

Interfaces integrados

El puerto MPI (interface multipunto) permite conectar el autómata simultáneamente a unidades de programación, a PC, así como a equipos de manejo y visualización (p. ej. Paneles de operador) en intercambiar pequeñas cantidades de datos con otros autómatas S7, todo ello sin influir en el tiempo de ciclo. Además del MPI, algunas CPU llevan una interface PROFIBUS-DP incorporado. Ello permite integrar el S7-400 como maestro en una red PROFIBUS sin necesidad de hardware adicional.



Servicios integrados

El sistema operativo de la CPU integra servicios que hasta ahora había que programar laboriosamente y que en operaciones ni siquiera eran realizables. Por citar algunos ejemplos nombremos los servicios de diagnóstico extensos, los módulos periféricos e incluso un buffer de eventos con indicación de fecha y hora. Además de los servicios de manejo y visualización (M+V) y de los de comunicación. Todo ello se parametriza fácilmente en la CPU.

Periferia muy extensa

La periferia que ofrece el S7-400 es muy variada. Numerosos módulos de señal - algunos de ellos incluso con capacidad de diagnóstico e interrupciones - facilitan la conexión con el proceso y las nuevas técnicas de conexión como Top Connect y Smart Connect reducen considerablemente los trabajos de cableado, pues permiten prescindir del "borne intermedio". Y finalmente, el sistema de periferia descentralizada ET 200 que pone fin a los problemas de espacio y que está disponible en todos los grados de protección.

Software STEP 7

STEP 7 es actualmente el software más manejable para aplicaciones de automatización. Está basado en Windows, lo cual no solo garantiza un manejo sencillo sino que lo abre plenamente al mundo de los PC. Así, el S7-400 permite disfrutar de un entorno ideal para configurar, programar y parametrizar no sólo el autómatas sino también las funciones de M+V y de cálculo. La gestión centralizada de datos y de señales reducen enormemente las tareas de introducción, modificación y administración. La programación se realiza con los ya conocidos lenguajes KOP y AWL - sin mencionar los paquetes de software opcionales como S7-HiGraph para procesos asincrónicos, S7 GRAPH para controles secuenciales o también el lenguaje de alto nivel SCL. SIMATIC S7-400 Una decisión inteligente Actualmente, la elección de un sistema de automatización no solo depende de meros datos técnicos. Al realizar una inversión hay que pensar en la continuidad de cara al futuro, lo que obliga a considerar el autómatas y todo su entorno. En este sentido, con el PLC SIMATIC S7-400 siempre irá sobre seguro.

Homogeneidad hasta el nivel de campo

Las arquitecturas de automatización descentralizadas son muy rentables. El S7-400 está equipado con todo lo necesario para realizarlas: conexión a la red SIMATIC NET (es el nuevo nombre de la familia de productos SINEC), PROFIBUS-DEP, y con ello al sistema ET 200, el cual permite establecer una conexión muy económica entre el PLC y la periferia.

Comunicación con todos los entornos de automatización

Puesto que todo el intercambio de datos entre los PLC y entre estos y el computador es cada día más importante, es evidente que un verdadero SIMATIC tiene que poderse conectar a redes locales. Así, puede optar entre Industrial Ethernet y PROFIBUS-FMS, ambas redes de difusión mundial y que junto con SIMATIC S7 ya se han acreditado como redes para uso industrial. Manejo y visualización para todos los gustos Las CPU llevan los servicios M+V integrados en el sistema operativo, lo que permite llevar a cabo funciones de supervisión sin mayor dificultad y sin cargar excesivamente el tiempo de ciclo. Además dispone de las más diversas soluciones para manejo y visualización, pudiendo utilizar p. ej. Varios paneles de operador para uno o varios S7-400 - e incluso integrar directamente en el autómatas un módulo M7 como comfortable sistema operador para varios S7-400.

