



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMATICA



**REINGENIERÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DEL SECTOR NC4 DE UNA PLANTA DE
NITROCELULOSA**

TUTOR ACADEMICO: Ing. Teddy Rojas.

AUTORES: García G; Claudia V.

TUTOR EMPRESARIAL: Ing. Dalbin Arias

Yañez B; William S.

Junio de 2011.



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMATICA



**REINGENIERÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DEL SECTOR NC4 DE UNA PLANTA DE
NITROCELULOSA**

*Trabajo Especial de Grado Presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para
optar al título de Ingeniero Electricista*

TUTOR ACADEMICO: Ing. Teddy Rojas.

AUTORES: García G; Claudia V.

TUTOR EMPRESARIAL: Ing. Dalbin Arias

Yañez B; William S.

Junio de 2011.



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMATICA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado asignado para evaluar el trabajo especial de grado titulado **“REINGENIERÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DEL SECTOR NC4 DE UNA PLANTA DE NITROCELULOSA”**, realizado por los bachilleres: Claudia V. García. G. Cédula de identidad: 17.116.672 y William S. Yañez B. Cédula de Identidad: **18.639.741**, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. TEDDY ROJAS

PRESIDENTE

Prof. ORIANA BARRIOS

JURADO

Prof. WILMER SANZ

JURADO

Valencia, Junio del 2011

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Sistemas y Automática de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo por ofrecernos a lo largo de la carrera los conocimientos necesarios para llevar a feliz término el presente Trabajo Especial de Grado.

A CAVIM, por la oportunidad de permitirnos realizar el presente trabajo en sus instalaciones.

A los Ingenieros Dalbin Arias y Jonathan Duran por toda la paciencia, interés y colaboración que nos brindaron en el desarrollo del trabajo en la planta.

Al Ingeniero Gerardo Lanzas por ejercer tan admirablemente su rol de profesor y prestarnos toda la ayuda que necesitamos, además de tener siempre ese consejo o palabra de apoyo que nos alentó a seguir adelante.

Al Ingeniero Teddy Rojas por toda la colaboración y apoyo prestado como tutor de nuestro trabajo.

Al Ingeniero Oriana Barrios por su amistad, enseñanzas y apoyo en todo momento.

C.G. & W.Y.

DEDICATORIA

En primer lugar a Miguel García, tres personas reducidas a un nombre que han sido vitales a lo largo de mi vida, gracias por ser ejemplo, maestros, guías... Abuelito, siempre estarás conmigo.

A mis dos madres por ser mi apoyo, por entenderme, cuidarme y quererme sin condición.

A mi papa y hermanos por estar siempre a mi lado, sin importar la distancia, por apoyarme, quererme y tenerme siempre presente.

A esa maravillosa persona que compartió conmigo tantas vivencias a través de esta gran experiencia, gracias novio por tanto amor y bellos recuerdos.

Y al resto de personas que formaron parte de esta historia, mis dos amigos y compañeros de camino, nada hubiese sido igual sin ustedes. A mi “compa” por la confianza y esmero, pero sobre todo por su amistad. Y a todas las bellas amistades que de esta etapa surgieron, gracias por estar ahí y hacerlo más divertido.

Claudia V. García G.

DEDICATORIA

A mis padres, por acompañarme en todo momento y por ser mis amigos incondicionales.

A mi hermano y hermana, por brindarme su apoyo cuando más lo necesite, y en general, a toda mi familia por formar parte de esta grandiosa experiencia.

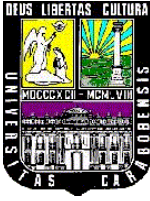
A Dios, por permitirme estar vivo y darme fuerzas para levantarme.

A la persona que compartió momentos maravillosos durante mi carrera universitaria mi novia bella.

A mi “compa” por ser una buena amiga y por ser una excelente compañera de tesis.

A mis amigos y amigas de la Universidad, aquellos con quienes compartí durante el transcurso de mi carrera, y también a los que conocí al final de ella.

William Yañez



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DPTO. DE SISTEMAS Y AUTOMATICA



TUTOR ACADEMICA: Ing. Teddy Rojas. **AUTORES:** García G; Claudia V.
TUTOR EMPRESARIAL: Ing. Dalbin Arias. Yañez B; William S.

RESUMEN

La Planta de Nitrocelulosa, ubicada en la Empresa CAVIM (Compañía Anónima Venezolana de Industrias Militares) en Morón Edo. Carabobo, consta de nueve estaciones; la cuarta de ellas (NC4) comprende la etapa de Nitración de la materia prima. Actualmente operativa. Algunos sectores de la planta se encuentran automatizados por medio de un PLC *Siemens S5*, lo que, por motivos de obsolescencia y ausencia de repuestos dificulta el mantenimiento y tratamiento de averías, representando así la primordial razón de la propuesta a continuación.

Se pretende realizar un proceso de actualización del Software de programación al correspondiente al *Siemens S7-400*. Dicha elección resulta luego de determinar que la empresa posee otras plantas automatizadas bajo el mismo modelo de PLC, permitiendo así, la tenencia de un completo banco de repuestos que surta averías en cualquiera de las plantas.

Además de ello, se realizará un diagnóstico del proceso actual que, acompañado de los resultados de entrevistas a los operadores del sector, permitirá ofrecer una propuesta de mejora en el ciclo automatizado, red de instrumentación y esquema de control.

INTRODUCCION

En la Compañía Anónima Venezolana de Industrias Militares (CAVIM), creada el 29 de abril de 1.975, con el fin de atender el desarrollo de la Industria Militar. Existe la planta de nitrocelulosa, que se basa en la producción de N/C (nitrocelulosa) Solido amorfo de color blanco, obtenido mediante el proceso de nitración de la celulosa, la cual puede ser de algodón o pulpa de madera. La nitrocelulosa tiene diferentes usos, tales como: la industria de pinturas y tintas, para la elaboración de pinturas, lacas transparentes, barnices, tintas y otros productos similares y en la industria de explosivos, para la elaboración de Dinamitas y Pólvoras. La planta consta de nueve estaciones; la cuarta de ellas (NC4) comprende la etapa de Nitración de la materia prima.

El proceso a estudiar en la planta de NC4 consiste en la mezcla de la celulosa con ácido Sulfonítrico, a través de una reacción durante unos 30 minutos, luego de reaccionar se expulsa el ácido sobrante, tratando de secar por completo el compuesto resultante en una centrifuga, y así obtener la nitrocelulosa.

El presente trabajo especial de grado tiene como objetivo principal diseñar la ingeniería básica para la actualización de la instrumentación y automatismo de la cuarta estación de Nitrocelulosa. Para ello se llevo a cabo el levantamiento de información de planos, manuales de operación y sistema de control a fin de conocer detalladamente el proceso y elaborar un diagnostico detallado del sistema de instrumentación y control, se realizó la revisión y evaluación de la instrumentación y los esquemas de control, se identificó los requerimientos de las plantas, se propuso alternativas de solución a dichos requerimientos, elaborando la propuesta de actualización con el objeto de modernizar el proceso mediante la complementación en el sistema de instrumentación y automatismo, y finalmente se busco simular el proceso para ser utilizado como soporte demostrativo de la correcta ejecución del trabajo realizado.

Este trabajo se dividió en cinco capítulos, en el primero de ellos se hizo una presentación del problema y se definieron el alcance y los objetivos a cubrir. En el segundo capítulo se mencionan los antecedentes del problema y se desarrolla el marco teórico necesario para comprender adecuadamente el estudio. En el tercer capítulo se da una

explicación del tipo de investigación a ser estudiada, del diseño de la investigación y todos los medios necesarios para la elaboración y culminación del proyecto. En el cuarto capítulo se expone la situación de la instrumentación de las plantas, se definen los requerimientos de instrumentación y control, se proponen las alternativas de solución y se selecciona la más adecuada para realizar las especificaciones de los equipos, además se desarrolla la ingeniería básica que permitirá la actualización de los instrumentos. Por último, en el capítulo 5 se hace una explicación de las principales conclusiones y recomendaciones.

BIBLIOGRAFIA

Anderson Espinoza (2005): **Automatización del sistema de secado de Nepe de la Cervecería Polar, Planta San Joaquín.** Universidad de Carabobo, Valencia, Edo Carabobo.

Br. Linarco J. Perez V (2009): **DESARROLLO DE ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS DIRIGIDAS A LA FORMACIÓN TEÓRICO-PRÁCTICO CON EL SISTEMA SCADA INTOUCH PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL II.** Universidad de Carabobo, Valencia, Edo Carabobo.

Br. Lanza S. Gerardo R (2002): **DISEÑO DE LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA REINSTRUMENTACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA REFINERÍA EL PALITO PDVSA.** Universidad de Carabobo, Valencia, Edo Carabobo.

CAVIM (1994): **MANUAL DE SERVICIO DE LA PLANTA DE NITROCELULOSA, Descripción de las Instalaciones y del Proceso.**

Control de Procesos. Tomado de la Red Mundial de Internet el 10/08/2010.
http://www.mavainsa.com/documentos/9_control_procesos.pdf

Emilio Giménez Macías (2002): **Técnicas de Automatización Avanzadas En Procesos Industriales.** Universidad de Carabobo, Valencia, Edo Carabobo.

L. CAZARES HERNANDEZ, M. CHRISTEN, E. JARAMILLO LEVY, L. VILLASEÑOR ROCA Y L. E. ZAMUDIO RODRIGUEZ (2000): **Técnicas actuales de investigación documental**, 3ª. Edición, Ed. Trillas-UAM, México.



Machado L Allen, Martínez F. Eduard (2000): **Automatización del proceso de la línea de producción de ácido sulfónico lineal, compuesto por un reactor tipo Batch en la empresa SERTEQUIM C.A.** Universidad de Carabobo, Valencia, Edo Carabobo.

Manual de investigación documental. Tomado de la Red Mundial de Internet el 02/07/2010. <http://www.upel.edu.ve/>

Controladores programables. Tomado de la Red Mundial de Internet el 06/04/2010. <http://www.monografias.com/trabajos75/controladores-programables/controladores-programables2.shtml>

Pérez, Aida (2010): **Clase 4. Controladores SIMATIC S7-300.** Control de Procesos por Computadora. Universidad de Carabobo.

Programación para PLC S5 100U. Tomado de la Red Mundial de Internet el 05/09/2010. <http://www.autoware.com/spanish/support/s5samp.htm>

Rodríguez, A; Zurita, S (2002): **Rediseño e implantación de la automatización de un proceso de inyección de plásticos mediante un autómatas programable PLC.** Universidad de Carabobo, Valencia, Edo Carabobo.

SAMPIERI H. ROBERTO, FERNANDEZ-COLLADO CARLOS, BAPTISTA L. PILAR (2004): **Metodología de la Investigación.** 4ta Edición.

SIEMENS (2004): **SIMATIC Sistemas de automatización S7-400 Configuración e instalación A5E00850743-01.** Manual de instalación.

Siemens AG (2004), **SIMATIC S7-GRAPH para S7-300/400 Programación de controles secuenciales.** Manual de instalación.

Siemens ST 70 (2003): **Simatic S7-300.**



SMITH CORRIPIO (2001): **Control Automático de Procesos**. México: Limusa Noriega Editores.

Step 5. Tomado de la Red Mundial de Internet el 25/08/2010.
http://www.automatas.org/siemens/tutorial_s5_1.htm

Step 7. Tomado de la Red Mundial de Internet el 23/08/2010.
<http://www.cadfamily.com/download/PLC/STEP7-ES//STEP7-De%20S5%20a%20S7.pdf>

Tutorial de programación en Simatic S5-90U. Tomado de la Red Mundial de Internet el 29/08/2010. http://www.kbernet.com/palaa/pgms5_90u.html#AC

WinRed: Ingeniería conceptual, básica y de detalle. Tomado de la Red Mundial de Internet el 02/08/2010. <http://winred.com/negocios/ingenieria-conceptual-basica-y-de-detalle/gmx-niv114-con15657.htm>.



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector NC4 de la planta de *Nitrocelulosa* existente en la empresa **CAVIM** (Compañía Anónima Venezolana de Industrias Militares) ubicada en la Parroquia Morón del Municipio Juan José Mora, Edo. Carabobo; posee un sistema de control elaborado en base al PLC Siemens S5, que actualmente ha acarreado una serie de inconvenientes en cuanto a mantenimiento y reparaciones se refiere. Esto se debe a que dicho controlador proviene del año 1992 y se encuentra discontinuado en el mercado, por lo que se hace difícil la obtención de repuestos que solventen fallas que, por el mismo motivo, resultan de un tiempo prolongado y finalmente saneado bajo métodos de improvisación que no generan confianza respecto al funcionamiento de la planta; en consecuencia, se ha detectado una disminución en el nivel de producción de la misma.

El proceso de fabricación de la Nitrocelulosa comienza con el *tratamiento de la materia prima*, La Celulosa, eliminando el polvillo y humedad que ésta contenga; prosigue la preparación de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido nítrico en proporciones correspondientes al tipo de producto a fabricar. En el Sector NC4 se lleva a cabo el proceso de *Nitración*, donde se hace reaccionar la materia prima con la mezcla sulfonítrica por un tiempo de 30 minutos. Una vez alcanzado el tiempo de nitración, el contenido de la nitradora es descargado en centrifugas, donde se ejecuta la *separación de Nitrocelulosa/Acido y recuperación de acido adherido*. Se procede con la *absorción de gases* formados durante la nitración y centrifugación; *cocido de pulpa de Nitrocelulosa* por medio de autoclaves, donde se somete la pulpa a un proceso de cocción a 98°C por un tiempo dependiente del tipo de producto a fabricar; *estabilización de la Nitrocelulosa*, donde se realizan lavados a la pulpa con el fin de eliminar acidez y darle estabilidad al



producto; *alcoholización*, donde se busca una humedad total entre 26 y 30% y una concentración de alcohol de 85%; por último, el producto es *envasado* en barriles posteriormente prensados para ajustar su peso y contenido final de alcohol.

El proceso se distribuye a lo largo de 9 sectores que conforman la planta, varios de los cuales constan de un sistema de control asociado al PLC Siemens S5.

De acuerdo a lo antes expuesto, se propone la Reingeniería del sistema de control basandolo en el PLC Siemens S7-300 y complementando además, la instrumentación actual instalada con elementos que proporcionen beneficios de operación tales como rendimiento, rapidez de respuesta y accesibilidad a repuestos para su futuro mantenimiento.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Una vez explorado el problema, es notoria la necesidad de modernización del sistema de control de la planta, es imprescindible la confianza en el proceso y la disposición de un servicio técnico actualizado y adaptado a un dispositivo que carezca de la obsolescencia que define al PLC Siemens S5 por encontrarse descontinuado del mercado, como lo es el PLC Siemens S7. La ejecución de este proyecto traería consigo mejoras desde el punto de vista laboral, tecnológico e indudablemente de producción, debido a que garantiza un adecuado y puntual mantenimiento o reparación con equipos de repuesto funcionales y de fácil obtención, que impida un prolongado estado de falla de la planta.

De no llevarse a cabo la reingeniería propuesta, el deterioro progresivo de los bancos de control podría acarrear una avería parcial o total del proceso, lo que significa un estado de parada que sin lugar a dudas influye directamente sobre el nivel de producción de la planta.



1.2 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la reingeniería para la actualización del sistema de instrumentación y control del sector NC4 de la planta de Nitrocelulosa en la empresa CAVIM.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Llevar a cabo el levantamiento de información de planos, manuales de operación y sistema de control a fin de conocer detalladamente el proceso y elaborar un diagnostico detallado del sistema de instrumentación y control.
- ✓ Elaborar la propuesta de actualización con el objeto de modernizar el proceso mediante la complementación en el sistema de instrumentación y automatismo.
- ✓ Realizar la Ingeniería básica que contemple la propuesta planteada.
- ✓ Simular el proceso bajo el software Intouch 10.0 para ser utilizado como soporte demostrativo de la correcta ejecución del trabajo realizado.

1.4 ALCANCE

Para fines de aplicación, en busca de solventar la problemática reseñada, se realizará un completo diseño de modernización del proceso actual de la planta, incluyendo reemplazo del PLC y complementación de la instrumentación. Para ello se llevara a cabo la elaboración del diseño de Ingeniería Básica de la planta, el cual incluirá Lista de señales de



Entrada/Salida, lista de cableado, hoja de detalles e instrumentación, plano de arquitectura, plano de conexión del PLC y manual de operación. Se realizará la simulación del proceso para fines de verificación de su funcionamiento, mediante un sistema Scada.



2.1 ANTECEDENTES:

- **Anderson Espinoza** en el año 2005 presenta el trabajo especial de grado ante la universidad de la Automatización del sistema de secado de Nepe de la Cervecería Polar, Planta San Joaquín; utilizando PLC Siemens S5. El Nepe es un producto derivado de la elaboración de la cerveza, específicamente es la parte insoluble de la masa que se forma de la unión de las materias prima de la cerveza. Este producto incluye la colocación de un autómatas programable marca Siemens modelo S5-115U, además de la implantación de un sistema de supervisión computarizada, el cual se encarga de proveer a los operadores la capacidad de monitorear y supervisar el sistema de secado de Nepe en todo momento, también se incluyen la realización de los planos de tuberías (P & ID): PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM) sobre el área; aportando la guía necesaria para el desarrollo y organización de información asociada a la planta.

- **Lanza S. Gerardo R.** en el año 2002 expone ante la Universidad de Carabobo, el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle para la actualización de la instrumentación y los esquemas de control de las plantas de tratamiento Merox Gasolinas, Merox Olefinas, Aguas Ácidas y Amina, pertenecientes a la Refinería El Palito, PDVSA. Las Unidades de Tratamiento son controladas y monitoreadas por un sistema de control distribuido de Honeywell llamado “TDC-3000”. La plataforma de automatización que integra el sistema de control de las unidades está conformada por diversos lazos de control, de los cuales una parte son electrónicos incorporados de forma remota al sistema TDC-3000 y otros neumáticos locales, realizando un análisis costo-beneficio que permite determinar la alternativa técnico-económica adecuada en cuanto a la actualización, garantizando así, la integración con el sistema TDC 3000 y la continuidad operativa de las plantas. Siendo tomado como referencia para determinar los aspectos a desarrollar en el diseño de la ingeniería básica.

- **Rodríguez Adrian, Zurita Simón** en el año 2002 presentan el proyecto de rediseño e implantación de la automatización de un proceso de inyección de plásticos



mediante un autómatas programable PLC , que tiene como objetivo principal el rediseño e implantación de un sistema de control, realizados al proceso de inyección de plásticos de la maquina #2 (PLASTIC-METAL 65/120, MIP 65/120) de la empresa de moldeado por inyección C.A (IMICA), con la finalidad de reemplazar la vieja tecnología de control instalada y mejorar la eficiencia del proceso, empleando un nuevo sistema de control (PLC y HMI). La importancia del estudio de éste proyecto radica en que busca, también, la modernización de un sistema que ya está implantado (rediseño).

- **Machado L Allen, Martínez F. Eduard.** La empresa SERTEQUIM C.A ubicada en el sector industrial el recreo de la ciudad de valencia, EDO Carabobo, cuenta con una línea de producción de acido sulfónico lineal, compuesta por un reactor tipo BATCH, operando manualmente, el proceso de producción se realiza en tres etapas. La empresa lleva a cabo este proceso manualmente, generando tiempos de operación muy largos y sin ningún control de las variables del proceso, por tal motivo la empresa se ve en la necesidad de automatizar el proceso, de este modo se disminuirán los tiempos de operación además de garantizar que el proceso se efectúe entre rangos de operación adecuado. Cabe destacar que la empresa se encuentra en una etapa de expansión a fin de aumentar la producción de acido sulfónico lineal, por lo que cuenta con otro reactor de iguales características que el ya instalado y con el cual se plantea realizar un arreglo de reactores en paralelo, por lo tanto se requiere automatizar la línea de producción para así optimizar el proceso, obtener un producto de mayor calidad y disminuir el tiempo de operación. De esta manera se ve de gran importancia el estudio de esta tesis ya que dará una idea de la operación con reactores y las operaciones de trabajos con ácidos, en donde se pretende automatizar todo el proceso.

- **Emilio Giménez Macías** en el año 2002 presenta el siguiente trabajo de investigación: Técnicas de Automatización Avanzadas En Procesos Industriales, donde se tiene como fin dar una visión más amplia de todo lo que es la automatización desde su concepto fundamental hasta explicar la programación avanzada implementada en el área industrial. Los 7 capítulos que componen esta tesis doctoral explican en detalle todo lo



referente a PLCs, la programación en general y su implementación a los campos industriales, que es de gran importancia, y sirve como base para empezar a realizar el presente estudio de modernización de un sistema automatizado.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA NITROCELULOSA

Según el documento proporcionado por la empresa CAVIM (1994), “la celulosa es la materia prima para la producción de la Nitrocelulosa, puede ser de algodón o pulpa de madera, a la misma se le elimina el polvillo y la humedad que contiene” (p. 1).

La celulosa seca y libre de polvillo es enviada a la sección de nitración.

Preparación de mezcla sulfonítrica

Para el proceso de nitración como se observa en la tabla 6.1.1, es necesaria la preparación de una mezcla de ácido nítrico y ácido sulfúrico, en diferentes proporciones dependiendo del tipo de Nitrocelulosa a fabricar:

TIPO “E”	TIPO “A”
%HNO ₃ : 21.5%	%HNO ₃ : 20.5%
%H ₂ SO ₄ : 62.0%	%H ₂ SO ₄ : 62.0%
%H ₂ O: 16.5%	%H ₂ O: 17.5%

Proceso de nitración

El proceso se inicia con el llenado en forma manual de las nitradoras con 22Kg de Celulosa cada una, haciéndolo reaccionar en un tiempo de 30 minutos con mezcla sulfonítrica en una proporción de 1 : 50

Con la finalidad de alcanzar el rendimiento deseado de 375Kg de Nitrocelulosa por hora, debe prepararse aproximadamente de 13 a 14 nitradoras por hora.

Una vez alcanzado el tiempo de nitración el contenido de la nitradora es descargado hacia un tanque post-Nitrador, desde el cual por medio de una bomba es



alimentada la centrifuga, la cual es puesta en marcha cuando el post-Nitrador alcanza un nivel de 65%, para asegurar un flujo continuo hacia la centrifuga Z-101.

Separación de nc/ácido y recuperación de ácido adherido

La Nitrocelulosa que contiene ácido se enjuaga en la centrífuga de empuje con ácido diluido y agua en contracorriente.

El ácido concentrado centrifugado es conducido vía filtro vibratorio, hacia el recipiente B-103. Las fibras de Nitrocelulosa contenidas en el ácido son separadas y arrastradas por agua a un recipiente (R-102).

El ácido de la tercera zona, lavado con agua, se recoge en el recipiente B 101-A, para luego ser alimentado a la segunda etapa de lavado mediante la Bomba P-102 v A.

El ácido de lavado más concentrado, se recoge en el recipiente B-101 B, a fin de ser alimentado a la primera zona de lavado, mediante la Bomba P-102 B.

El ácido diluido que sale de la primera zona, pasa por el filtro F-101 al recipiente para ácido diluido B-102, el cual es circulado vía un refrigerador de ácido W-103, por medio de la Bomba para ácido diluido P-103; éste ácido es enviado posteriormente hacia la planta de desnitración para su tratamiento.

El ácido concentrado almacenado en B-103, luego es enviado a otro tanque en la sección NC-3 para su tratamiento y recuperación como ácido de nitración.

Absorción de gases

Los gases nitrosos formados durante la nitración y la centrifugación son convertidos en ácido nítrico en la torre de absorción, los gases son aspirados de la sala de nitración por el ventilador y transportados a la torre. El agua se alimenta por la parte superior de la torre en contracorriente con los gases. El líquido se enriquece de ácido nítrico y se descarga por el fondo de la torre en forma de ácido diluido y se almacena.



Autoclaves (cocido de pulpa de nitrocelulosa)

Por medio del sistema de alimentación de pulpa, que comprende una caja distribuidora, un canal de transporte y dos tubos articulados es recibida la pulpa en el autoclave correspondiente. La pulpa nitrada se somete a un proceso de cocción a 98°C y bajo establecidas condiciones de presión, por un tiempo que dependerá del tipo de Nitrocelulosa a fabricar, este proceso de cocción en los autoclaves ocurre automáticamente. Al finalizar el contenido de los autoclaves se envía a los tanques estabilizadores.

Estabilización de la nitrocelulosa

En los tanques estabilizadores se efectúan lavados a la Nitrocelulosa con la finalidad de eliminar acidez y darle estabilidad al producto.

En estos tanques provistos de agitadores se somete la Nitrocelulosa a hervidos de una hora con vapor y en caso de los tipos de alta viscosidad es necesario hacer tratamiento de molienda, un hervido con carbonato de sodio como agente neutralizante, cambio de agua y se hace un hervido con hipoclorito de sodio para blanquear el producto. Posteriormente se drena y se realizan dos lavados. Finalmente se toma muestra y se lleva al laboratorio para análisis de estabilidad, si la prueba resulta negativa, se repite el tratamiento; caso contrario, la Nitrocelulosa estable pasa a los tanques mezcladores.

La mezcla de la carga se hace basándose en la viscosidad, tomando es promedio de estas como referencia para obtener el valor buscado de acuerdo a análisis de laboratorio. Una vez obtenida la viscosidad requerida, la Nitrocelulosa es transportada desde el mezclador a la Centrifuga Z-301, el mecanismo agitador del mezclador debe estar en marcha antes de que ocurra el transporte de la Nitrocelulosa, a fin de que la mezcla este homogénea y transportable por bombas.

Se prepara la instalación para llenar los barriles, se conecta el disco giratorio y se baja el embudo de alimentación al barril, también se activa la tensión de mando del tornillo de transporte H-301.



Se pone en funcionamiento el Microfiltro F-301 para alcohol y el F-302 para agua.

Alcoholización

Se inicia la alimentación de Nitrocelulosa/Agua a la Centrifuga Z-301, así como la de alcohol isopropílico, la cantidad de alcohol y las RPM de la centrifuga dependerá del tipo de Nitrocelulosa procesada.

Para obtener una humedad total entre el 26% y 30% y una concentración de alcohol del 85% mínima deseada, debe ajustarse la cantidad de alcohol fresco en relación con el numero de revoluciones de la centrifuga.

Envasado de nitrocelulosa

En la instalación NC-5/6 se inicia el proceso de envasado de Nitrocelulosa en loa barriles, se pone en funcionamiento el Extractor de gases B-301 y se coloca cada barril en el disco giratorio, con una bolsa de polietileno en su interior. Una vez que los barriles están llenos se colocan sobre paletas y se envían a la instalación NC-7, donde se hace el prensado del producto para ajustar el peso de los barriles (Tipo “E” 100Kg; Tipo “A” 125Kg) y ajustar el contenido del alcohol (30% de humedad total), de acuerdo a análisis previos.

El producto ya embalado es transportado con el tractor en carruchas hacia al almacén de Nitrocelulosa.

2.2.2 SIMBOLOGÍA DE INSTRUMENTOS DE CONTROL

Al momento de designar instrumentos de medición y control se emplean normas variadas, que a veces cambian dependiendo de cada industria, en el caso de CAVIM se tiene una simbología particular para identificar su sistema de control, la cual es la simbología CAVIM (SC). Debido a la gran variedad de normas y sistemas utilizados en las instalaciones industriales, han surgido varias sociedades que han dirigido esfuerzos en normalizar sistemas de designación (códigos y símbolos), entre las cuales se encuentran la



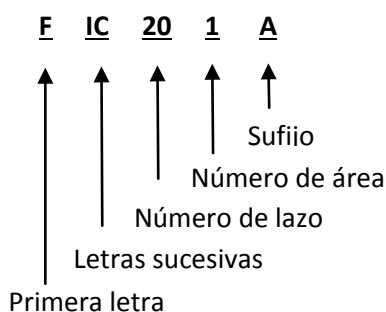
ISA (Instrument Society of America), SAMA (Scientific Apparatus Makers Association) e IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers).

Una de las normas más utilizadas según Lanza, G (2002): es la NORMA ANSI/ISA-S5.1 año 1984(R1992), que “contempla lo referente a simbología e identificación de instrumentación aplicada a las industrias químicas, petroquímicas, etc., para la elaboración de diagramas de tubería e instrumentación (P&ID’s)” (p. 11). A continuación se describen algunos de los puntos relacionados con la identificación y simbología señalados en la norma ANSI/ISA-S5.1.

Identificación de Instrumentos (TAG NUMBER):

La identificación de los instrumentos y su función se determinan a través de su TAG, los cuales se pueden observar en la figura 6.1.1, del ejemplo siguiente:

Figura 2.1 Tags de simbología ANSI/ISA-S5.1.



Fuente: Lanza G, (2002).

Que significa Controlador Indicador de Flujo perteneciente al lazo N° 20 del área 1. Tal como se ilustra en el ejemplo, la primera letra se refiere al tipo de variable asociada al medidor (T: temperatura, P: presión, F: flujo, N: nivel, etc.), las letras sucesivas indican la función del instrumento (C: controlador, R: registrador, e I: indicador) y el sufijo se emplea cuando existen dos o más instrumentos con todas las letras anteriores iguales. Otra forma generalmente utilizada en la industria, es colocar primero el número de área, luego la primera letra y sus sucesivas, el número de lazo y

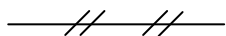
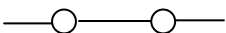


finalmente el sufijo; un ejemplo de esto es el TAG 64FIC08, el cual identifica al controlador indicador de flujo perteneciente al lazo número ocho del área 64.

Simbología:

La simbología ISA tiene como propósito la representación de los instrumentos de medición y control en diagramas de instrumentos. En la tabla 6.1.1 se muestra algunos de los símbolos utilizados en la identificación de señales normalizadas y la representación de instrumentación relacionada con sistemas de control distribuidos.

Tabla 2.1 Símbolos de instrumentación.

SEÑALES NORMALIZADAS	
	Neumática de 3-15 psig
	Eléctrica de 4-20mA
	Comunicación digital, dispositivos inteligentes
SÍMBOLOS	
	Instrumento ubicado en campo
	Instrumento en consola principal accesible al operador
	Interfaz de sistema de control distribuido ubicada en campo
	Interfaz de sistema de control distribuido ubicada en consola principal, accesible al operador
	Controlador lógico programable e interconexión con sistema de control distribuido, accesible al operador

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 INGENIERÍA

Ingeniería Conceptual

La ingeniería conceptual sirve para, según WinRed (2008) “identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto y marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería



básica y de detalle. Se basa en un estudio previo (estudio de viabilidad) y en la definición de los requerimientos del proyecto” (P. 1).

Los principales conceptos a analizar y estudiar en esta fase son:

- ✓ Productos y capacidad de producción
- ✓ Normativa y regulación
- ✓ Descripción del proceso de fabricación y requerimientos de usuario
- ✓ Descripción general de instalación.
- ✓ Plan, diagramas de bloques, distribución de salas, planos de flujos de materiales y personas, planos de áreas clasificadas, diagramas de procesos básicos
- ✓ Estimación de requerimientos de servicios auxiliares
- ✓ Lista de equipos preliminar
- ✓ Estimación económica de la inversión $\pm 30\%$

Ingeniería Básica

En la ingeniería básica según WinRed (2008) “quedarán reflejados definitivamente todos los requerimientos de usuario, las especificaciones básicas, el cronograma de realización y la valoración económica” (P. 1).

Durante esta fase se definen los siguientes trabajos:

Revisión detallada de la ingeniería conceptual y requerimientos de usuario:

- ✓ Hojas de datos de todas las salas (críticas y no críticas)
- ✓ Cálculo de cargas térmicas y caudal de aire en cada una de las salas
- ✓ P&ID básico de aguas y HVAC
- ✓ Distribución de puntos de uso de servicios
- ✓ Revisión de Layout de salas, incluyendo áreas de servicios
- ✓ Listas de consumos
- ✓ Listas de equipos



La ingeniería básica se desarrolla en dos etapas: la primera consiste en la toma de datos y elaboración de requerimientos de usuario y en la segunda se desarrolla el resto de trabajos descritos anteriormente.

La aprobación de esta ingeniería supone una sólida base para el desarrollo de la ingeniería de detalle.

Ingeniería de Detalle

La ingeniería de detalle según WinRed (2008) abarca todos los aspectos que no son estudiados ni determinados en los estudios de ingeniería anteriormente mencionados. En esta etapa se tiene lo siguiente:

Revisión detallada de la ingeniería básica:

- ✓ Especificaciones técnicas de equipos y materiales
- ✓ Especificaciones funcionales
- ✓ Dimensionamiento de conductos, tuberías e instalaciones eléctricas
- ✓ Listado de equipos, instrumentación, accesorios y materiales
- ✓ Planos de detalle de las instalaciones: Layout de tuberías y conductos, isométricos, detalles de arquitectura, unifilares eléctricos.

En el proyecto que desarrollamos se procederá a realizar la ingeniería básica, que a su vez contiene la ingeniería conceptual.

2.2.4 SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de Controladores de Automatización Programables (PAC).

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

1. Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.



Necesidades de la supervisión de procesos

- ✓ Limitaciones de la visualización de los sistemas de adquisición y control.
- ✓ Control vs Monitorización
- ✓ Control software. Cierre de lazo de control.
- ✓ Recoger, almacenar y visualizar información.

2.2.4.1 Clasificación de los sistemas de control según su comportamiento:

Definiciones

- **Supervisión:** acto de observar el trabajo Y tareas de otro (individuo o máquina) que puede no conocer el tema en profundidad.
- **Sistema de control de lazo abierto:** Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador.

Ejemplo 1: el llenado de un tanque usando una manguera de jardín. Mientras que la llave siga abierta, el agua fluirá. La altura del agua en el tanque no puede hacer que la llave se cierre y por tanto no nos sirve para un proceso que necesite de un control de contenido o concentración.

Ejemplo 2: Al hacer una tostada, lo que hacemos es controlar el tiempo de tostado de ella misma entrando una variable (en este caso el grado de tostado que queremos). En definitiva, el que nosotros introducimos como parámetro es el tiempo.

Estos sistemas se caracterizan por:

- ✓ Ser sencillos y de fácil concepto.
- ✓ Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- ✓ La salida no se compara con la entrada.
- ✓ Ser afectado por las perturbaciones. Éstas pueden ser tangibles o intangibles.



- ✓ La precisión depende de la previa calibración del sistema.

• **Sistema de control de lazo cerrado:** Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia. El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- ✓ Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- ✓ Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.
- ✓ Vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Sus características son:

- ✓ Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- ✓ La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.
- ✓ Su propiedad de retroalimentación.
- ✓ Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

Un ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado sería el termotanque de agua que utilizamos para bañarnos. Otro ejemplo sería un regulador de nivel de gran sensibilidad de un depósito. El movimiento de la boya produce más o menos obstrucción en un chorro de aire o gas a baja presión. Esto se traduce en cambios de presión que afectan a la membrana de la válvula de paso, haciendo que se abra más cuanto más cerca se encuentre del nivel máximo.

2.2.4.2 Tipos de sistemas de control:

Los sistemas de control son agrupados en tres tipos básicos:



• **Hechos por el hombre.** Como los sistemas eléctricos o electrónicos que están permanentemente capturando señales de estado del sistema bajo su control y que al una desviación de los parámetros pre-establecidos del funcionamiento normal del actúan mediante sensores y actuadores, para llevar al sistema de vuelta a sus condiciones operacionales normales de funcionamiento. Un claro ejemplo de este será un termostato, el cual capta consecutivamente señales de temperatura. En el momento en que la temperatura desciende o aumenta y sale del rango, este actúa encendiendo un sistema de refrigeración o de calefacción.

Por su causalidad pueden ser causales y no causales. Un sistema es causal si existe una relación de causalidad entre las salidas y las entradas del sistema, más explícitamente, entre la salida y los valores futuros de la entrada.

Según el número de entradas y salidas del sistema, se denominan:

- ✓ De una entrada y una salida o SISO (single input, single output).
- ✓ De una entrada y múltiples salidas o SIMO (single input, multiple output).
- ✓ De múltiples entradas y una salida o MISO (multiple input, single output).
- ✓ De múltiples entradas y múltiples salidas o MIMO (multiple input, multiple output).

Según la ecuación que define el sistema, se denomina:

- ✓ Lineal, si la ecuación diferencial que lo define es lineal.
- ✓ No lineal, si la ecuación diferencial que lo define es no lineal.

Las señales o variables de los sistemas dinámicos son función del tiempo. Y de acuerdo con ello estos sistemas son:



✓ De tiempo continuo, si el modelo del sistema es una ecuación diferencial, y por tanto el tiempo se considera infinitamente divisible. Las variables de tiempo continuo se denominan también analógicas.

✓ De tiempo discreto, si el sistema está definido por una ecuación por diferencias. El tiempo se considera dividido en períodos de valor constante. Los valores de las variables son digitales (sistemas binario, hexadecimal, etc.), y su valor solo se conoce en cada período.

✓ De eventos discretos, si el sistema evoluciona de acuerdo con variables cuyo valor se conoce al producirse un determinado evento.

Según la relación entre las variables de los sistemas, diremos que:

✓ Dos sistemas están acoplados, cuando las variables de uno de ellos están relacionadas con las del otro sistema.

✓ Dos sistemas están desacoplados, si las variables de ambos sistemas no tienen ninguna relación.

En función de la evolución de las variables de un sistema en el tiempo y el espacio, pueden ser:

✓ Estacionarios, cuando sus variables son constantes en el tiempo y en el espacio.

✓ No estacionarios, cuando sus variables no son constantes en el tiempo o en el espacio.

Según sea la respuesta del sistema (valor de la salida) respecto a la variación de la entrada del sistema:

✓ El sistema se considera estable cuando ante una variación muy rápida de la entrada se produce una respuesta acotada de la salida.

✓ El sistema se considera inestable cuando ante una entrada igual a la anteriormente se produce una respuesta no acotada de la salida.



Si se comparan o no, la entrada y la salida de un sistema, para controlar esta última, el sistema se denomina:

- ✓ Sistema en lazo abierto, cuando la salida para ser controlada, no se compara con el valor de la señal de entrada o señal de referencia.
- ✓ Sistema en lazo cerrado, cuando la salida para ser controlada, se compara con la señal de referencia. La señal de salida que es llevada junto a la señal de entrada, para ser comparada, se denomina señal de feedback o de retroalimentación.

Según la posibilidad de predecir el comportamiento de un sistema, es decir su respuesta, se clasifican en:

- ✓ Sistema determinista, cuando su comportamiento futuro es predecible dentro de unos límites de tolerancia.
- ✓ Sistema estocástico, si es imposible predecir el comportamiento futuro. Las variables del sistema se denominan aleatorias.

- **Naturales, incluyendo sistemas biológicos.** Por ejemplo, los movimientos corporales humanos como el acto de indicar un objeto que incluye como componentes del sistema de control biológico los ojos, el brazo, la mano, el dedo y el cerebro del hombre. En la entrada se procesa el movimiento y la salida es la dirección hacia la cual se hace referencia.

Cuyos componentes están unos hechos por el hombre y los otros son naturales. Se encuentra el sistema de control de un hombre que conduce su vehículo. Éste sistema está compuesto por los ojos, las manos, el cerebro y el vehículo. La entrada se manifiesta en el rumbo que el conductor debe seguir sobre la vía y la salida es la dirección actual del automóvil. Otro ejemplo puede ser las decisiones que toma un político antes de unas elecciones. Éste sistema está compuesto por ojos, cerebro, oídos, boca. La entrada se manifiesta en las promesas que anuncia el político y la salida es el grado de aceptación de la propuesta por parte de la población.



- Un sistema de control puede ser neumático, eléctrico, mecánico o de cualquier tipo, su función es recibir entradas y coordinar una o varias respuestas según su lazo de control (para lo que está programado).
- Control Predictivo, son los sistemas de control que trabajan con un sistema predictivo, y no activo como el tradicional (ejecutan la solución al problema antes de que empiece a afectar al proceso). De esta manera, mejora la eficiencia del proceso contrarrestando rápidamente los efectos.

2.2.4.3 Características de un Sistema de Control

Señal de Corriente de Entrada: Considerada como estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.

Señal de Corriente de Salida: Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.

Variable Manipulada: Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada. Es decir, se manipula la entrada del proceso.

Variable Controlada: Es el elemento que se desea controlar. Se puede decir que es la salida del proceso.

Conversión: Mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.

Variaciones Externas: Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.

Fuente de Energía: Es la que entrega la energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.



Retroalimentación: La retroalimentación es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables de estado. Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, este puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.

Variables de fase: Son las variables que resultan de la transformación del sistema original a la forma canónica controlable. De aquí se obtiene también la matriz de controlabilidad cuyo rango debe ser de orden completo para controlar el sistema.

2.2.4.4 La Ingeniería en los Sistemas de Control

Los problemas considerados en la ingeniería de los sistemas de control, básicamente se tratan mediante dos pasos fundamentales como son:

- ✓ El análisis.
- ✓ El diseño.

En el análisis se investiga las características de un sistema existente. Mientras que en el diseño se escogen los componentes para crear un sistema de control que posteriormente ejecute una tarea particular. Existen dos métodos de diseño:

- ✓ Diseño por análisis.
- ✓ Diseño por síntesis.

El diseño por análisis modifica las características de un sistema existente o de un modelo estándar del sistema y el diseño por síntesis en el cual se define la forma del sistema a partir de sus especificaciones.

La representación de los problemas en los sistemas de control se lleva a cabo mediante tres representaciones básicas o modelos:

- ✓ Ecuaciones diferenciales, integrales, derivadas y otras relaciones matemáticas.
- ✓ Diagramas en bloque.



✓ Gráficas en flujo de análisis.

Los diagramas en bloque y las gráficas de flujo son representaciones gráficas que pretenden el acortamiento del proceso correctivo del sistema, sin importar si está caracterizado de manera esquemática o mediante ecuaciones matemáticas. Las ecuaciones diferenciales y otras relaciones matemáticas, se emplean cuando se requieren relaciones detalladas del sistema. Cada sistema de control se puede representar teóricamente por sus ecuaciones matemáticas. El uso de operaciones matemáticas es patente en todos los controladores de tipo P, PI y PID, que debido a la combinación y superposición de cálculos matemáticos ayuda a controlar circuitos, montajes y sistemas industriales para así ayudar en el perfeccionamiento de los mismos.

El control automático de procesos según el SMITH CORRIPIO (2001) nos dice que consiste en mantener en determinado valor de operación las variables del proceso tales como: temperaturas, presiones, flujos y compuestos. En general los procesos son de naturaleza dinámica, en ellos siempre ocurren cambios y si no se emprenden las acciones adecuadas, las variables importantes, relacionadas con la seguridad, calidad e índices de producción, no cumplirían con las condiciones de diseño.

Un sistema de control esta conformado por cuatro términos que se usan en el campo del control automático de proceso, tal como se muestra en la Fig.1. Estos son:

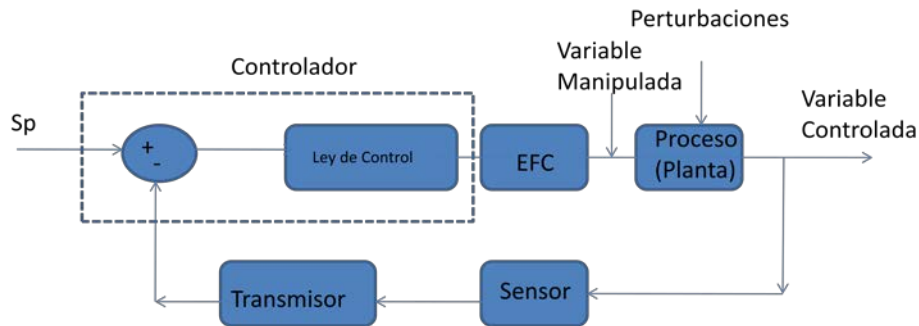
Variable controlada: variable que se debe mantener o controlar dentro de algún valor deseado.

Punto de control SP: es el valor que se desea tenga la variable controlada.

Variable manipulada: es la variable que se utiliza para mantener a la variable controlada en el punto de control.

Perturbación: variable que ocasiona que la variable de control se desvíe del punto de control.

Fig.2.2 Lazo de Control.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.5 CONTROLADOR DE LÓGICA PROGRAMABLE

Los **PLC** (*Programmable Logic Controller* en sus siglas en inglés) o Controlador de lógica programable, son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial, con diferentes modelos y fabricantes, figura 6.1.2.

PLC = Es un hardware industrial, que se utiliza para la obtención de datos. Una vez obtenidos, los pasa a través de bus en un servidor.

En la publicación en internet de Controladores programables (06/04/2010):

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatorial

Fig.2.3 PLC moderno instalado (2008) dentro del tablero eléctrico.





Fuente: Controladores Programables

Hoy en día, los **PLC** no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los *PLC* actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

Señales Analógicas y digitales

Las señales digitales o discretas como los interruptores, son simplemente una señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al On



y otro rango al Off. Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo en la E/S donde valores superiores a 22V representan un On, y valores inferiores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían E/S discretas.

Las señales analógicas son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que procesamos. Por ejemplo, una entrada de 4-20 mA o 0-10 V será convertida en enteros comprendidos entre 0-32767.

Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico que las entradas de tensión.

Capacidades E/S en los PLC modulares

Los PLC modulares tienen un limitado número de conexiones para la entrada y la salida. Normalmente, hay disponibles ampliaciones si el modelo base no tiene suficientes puertos E/S.

Los PLC con forma de rack tienen módulos con procesadores y con módulos de E/S separados y opcionales, que pueden llegar a ocupar varios racks. A menudo hay miles de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. A veces, se usa un puerto serie especial de E/S que se usa para que algunos racks puedan estar colocados a larga distancia del procesador, reduciendo el coste de cables en grandes empresas. Alguno de los PLC actuales pueden comunicarse mediante un amplio tipo de comunicaciones incluidas RS-485, coaxial, e incluso Ethernet para el control de las entradas salidas con redes a velocidades de 100 Mbps.

Los PLC usados en grandes sistemas de E/S tienen comunicaciones P2P entre los procesadores. Esto permite separar partes de un proceso complejo para tener controles individuales mientras se permita a los subsistemas comunicarse mediante



links. Estos links son usados a menudo por dispositivos de Interfaz de usuario (HMI) como keypads o estaciones de trabajo basados en ordenadores personales.

El número medio de entradas de un PLC es 3 veces el de salidas, tanto en analógico como en digital. Las entradas “extra” vienen de la necesidad de tener métodos redundantes para controlar apropiadamente los dispositivos, y de necesitar siempre más controles de entrada para satisfacer la realimentación de los dispositivos conectados.

Programación

Los primeros PLC, en la primera mitad de los 80, eran programados usando sistemas de programación propietarios o terminales de programación especializados, que a menudo tenían teclas de funciones dedicadas que representaban los elementos lógicos de los programas de PLC. Los programas eran guardados en cintas. Más recientemente, los programas PLC son escritos en aplicaciones especiales en un ordenador, y luego son descargados directamente mediante un cable o una red al PLC. Los PLC viejos usan una memoria no volátil (magnetic core memory) pero ahora los programas son guardados en una RAM con batería propia o en otros sistemas de memoria no volátil como las memoria flash.

Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC en el trabajo. Estos PLC eran programados con “lógica de escalera” ("ladder logic"). Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el BASIC o C. Otro método es usar la Lógica de Estados (State Logic), un lenguaje de programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente, el estándar internacional IEC 61131-3 se está volviendo muy popular. IEC 61131-3 define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (Function block diagram), LD (Ladder diagram), ST (Structured text, similar al Lenguaje de programación Pascal), IL (Instruction list) y SFC (Sequential function chart).



Mientras que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias en el direccionamiento E/S, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones hace que los programas de los PLC nunca se puedan usar entre diversos fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles.

La estructura básica de cualquier autómatas programable es:

Fuente de alimentación: convierte la tensión de la red, 110 ó 220V ac a baja tensión de cc (24V por ejemplo) que es la que se utiliza como tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el autómatas.

CPU: la Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Es el encargado de recibir órdenes del operario a través de la consola de programación y el módulo de entradas. Después las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas.

Módulo de entradas: aquí se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera...). La información que recibe la envía al CPU para ser procesada según la programación. Hay 2 tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los pasivos y los activos.

Módulo de salida: es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de Contactores, motores pequeños...). La información enviada por las entradas a la CPU, cuando está procesada se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas (también los actuadores que están conectados a ellas). Hay 3 módulos de salidas según el proceso a controlar por el autómatas: relés, triac y transistores.

Terminal de programación: la terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Sus funciones son la transferencia y modificación de programas, la verificación de la programación y la información del funcionamiento de los procesos.

Periféricos: ellos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómatas pero sí que facilitan la labor del operario.



Comunicaciones

Las formas como los PLC intercambian datos con otros dispositivos son muy variadas. Típicamente un PLC puede tener integrado puertos de comunicaciones seriales que pueden cumplir con distintos estándares de acuerdo al fabricante. Estos puertos pueden ser de los siguientes tipos:

- ✓ RS-232
- ✓ RS-485
- ✓ RS-422
- ✓ Ethernet

Sobre estos tipos de puertos de hardware las comunicaciones se establecen utilizando algún tipo de protocolo o lenguaje de comunicaciones. En esencia un protocolo de comunicaciones define la manera como los datos son empaquetados para su transmisión y como son codificados. De estos protocolos los más conocidos son:

- ✓ Modbus
- ✓ Bus CAN
- ✓ Profibus
- ✓ Devicenet
- ✓ Controlnet
- ✓ Ethernet I/P

2.2.5.1 Controladores SIMATIC S7-300:

El Controlador SIMATIC S7-300 (Figura 2.4) según el manual de Siemens ST 70 (2003) forma parte del sistema de miniautómatas modulares para las gamas baja y media de los controladores del fabricante Siemens, posee un amplio abanico de módulos para una adaptación óptima a la tarea de automatización en particular. Este tipo de PLC tiene aplicación flexible gracias a la posibilidad de realizar estructuras descentralizadas e interconexiones por red, es cómodo de aplicar gracias a su facilidad de uso y a su instalación simple y sin necesidad de ventilación. Así mismo, es ampliable sin



problemas en el caso de que aumenten las tareas y potente gracias a la gran cantidad de funciones integradas que posee.

Entre los módulos que se distinguen, se pueden destacar los siguientes:

CPU: ejecuta el programa y almacena los datos del proceso.

Fuente de alimentación: proporciona corriente a la unidad central y a los módulos de ampliación conectados.

Módulos de Señal, Módulos Digitales de Entrada: 24V DC, 120/230VAC.

(SM) Módulos Digitales de Salida: 24V DC, Relé

Módulos Analógicos de Entrada: Voltaje, corriente, RTD(Resistance Temperatura Detector), termocupla.

Módulos Analógicos de Salida: Voltaje, corriente.

Módulos de Interface: El IM360/IM361 e IM365 hacen posible la configuración multirack.

(IM) Comunican el bus de un rack con el del siguiente.

Módulos de Carcasa: El módulo de carcasa DM 370 reserva un puesto para un módulo de señal cuyos parámetros no han sido todavía asignados. También se puede utilizar, por ejemplo, para reservar un puesto para instalar posteriormente un módulo de interfase.

Módulos de Función Desempeñan “funciones especiales”:

- ✓ Conteo.
- ✓ Posicionamiento.
- ✓ Control en lazo cerrado.

Módulos de Comunicaciones: Proporciona las siguientes posibilidades a la red:

- ✓ Conexiones Punto a Punto
- ✓ PROFIBUS
- ✓ Ethernet Industrial.

Accesorios: Conectores de Bus y conectores frontales.

Estructura de Memoria del Controlador SIMATIC S7-300.

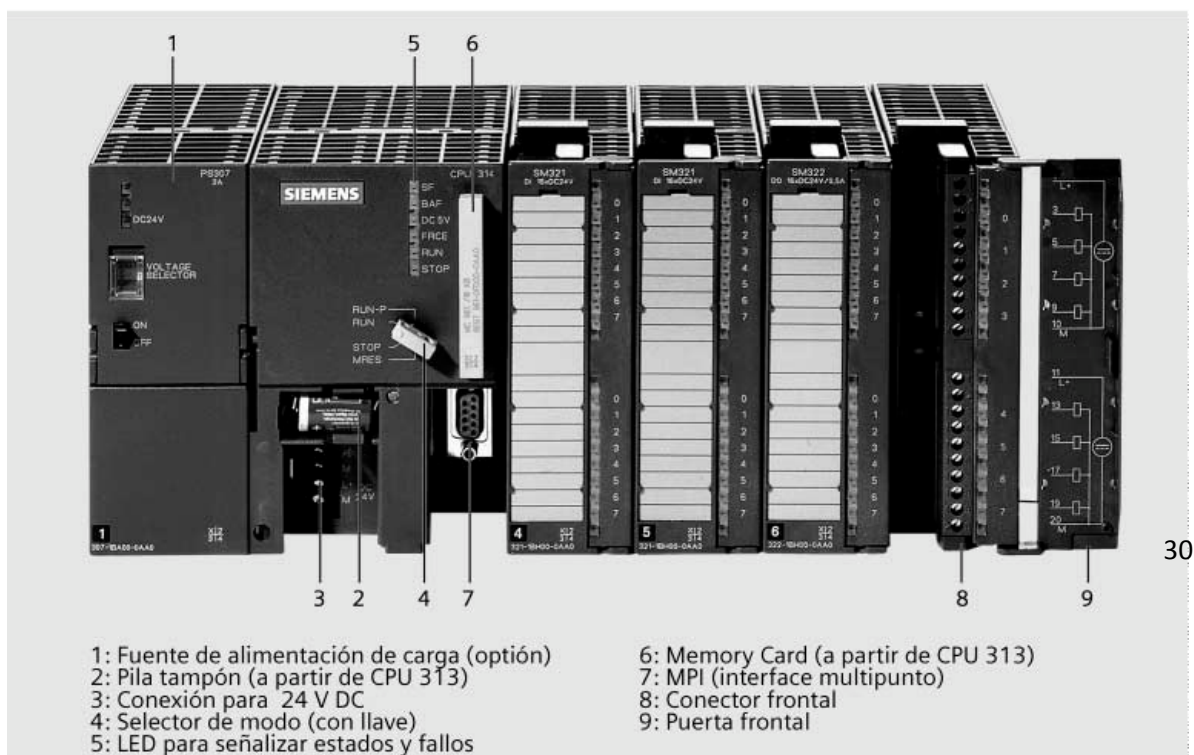
La Memoria de un PLC S7-300 viene dividida en tres partes: Memoria de Carga, Memoria de Sistema y Memoria de Trabajo.

La Memoria de Carga se encuentra en la SIMATIC Micro Memory Card (MMC) y equivale al tamaño de la misma. Sirve para guardar bloques lógicos y bloques de datos, e información del sistema (configuración, enlaces, parámetros del módulo, etc.). Los bloques que no se consideran relevantes para la ejecución, se guardan en la memoria de carga. También es posible almacenar en ella, todos los datos de configuración de un proyecto.

La Memoria de Sistema está integrada al CPU y no se puede ampliar y contiene las áreas de operandos Marcas, Temporizadores y Contadores, las imágenes de proceso de entradas y salidas y los datos locales.

La Memoria de Trabajo está integrada al CPU y no se puede ampliar. Sirve para procesar el código y los datos de programa del usuario. Este procesamiento tiene lugar exclusivamente en el área de la memoria de trabajo y en la memoria del sistema. El CPU tiene una memoria remanente libre de mantenimiento, es decir, no requiere pila de respaldo para el funcionamiento. Gracias a la remanencia se mantiene el contenido de la memoria tras desconectar la alimentación y un re arranque completo (en caliente). El programa guardado en la memoria de carga (MMC) es remanente también.

Figura 2.4 Partes que conforman un PLC SIMATIC S7-300





Fuente: Siemens ST 70



3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de grado se basa en un estudio de campo conformado por dos tipos de investigación: descriptiva y documental. En primer lugar el estudio de campo según Cázares, Christen, Jaramillo, Villaseñor y Zamudio (2000, p. 18), Consiste en la observación, directa y en vivo, de cosas, comportamiento de personas, circunstancias en que ocurren ciertos hechos. Por su parte, la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2005, p, 7) señala que los estudios de campo consisten en el análisis sistemático del problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos en el desarrollo. Las técnicas utilizadas en el trabajo de campo para el desarrollo de este material son: la entrevista, la grabación, la fotografía, etc.

La investigación descriptiva consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores. En la ciencia fáctica, la descripción cosiste, según Bunge, en responder a las siguientes cuestiones: ¿Qué es?- Correlato. ¿Cómo es? - Propiedades. ¿Dónde está?- Lugar. ¿De qué está hecho? -Composición. ¿Cómo están sus partes, si las tiene, interrelacionadas? - Configuración. ¿Cuánto?- Cantidad.

La investigación documental basándose en las consideraciones hechas por Cázares, Christen, Jaramillo, Villaseñor y Zamudio (2000, p. 18), depende fundamentalmente de la información que se recoge o consulta en documentos, como documento escritos, libros,



periódicos, revistas, actas notariales, tratados, encuestas y conferencias escritas; documentos fílmicos, como películas, diapositivas, fílmicas; documentos grabado, como discos, cintas y casetes, incluso documentos electrónicos como páginas web.

3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para lograr todos los objetivos planteados en el presente trabajo de estudio, se deben seguir y emplear las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de información:

- **Observación:** a partir de la observación, el investigador puede percibir y obtener toda la información a partir de esquemas y planos con algún objetivo referente a la investigación. La técnica de observación se realizó en primer lugar haciendo un recorrido por toda la planta asociada a nuestra investigación, de manera tal que se observara aspectos referentes al diseño, colocación de los equipos, ubicación e identificación de entradas y salidas del lazo de control, y cualquier detalle referente al proceso en cuestión.

- **Revisión Documental:** en este punto se procede a recopilar toda la información referente al proceso como libros, revistas, manuales de operación, internet, documentos digitalizados, catálogos, entre otros. Esta técnica utilizada tiene como fin recopilar y precisar cualquier dato técnico relacionado con el proceso, sus equipos, y las redes industriales. Finalizado el recorrido por la planta, luego de ubicar, identificar todos los equipos, observar y detectar todas las variables, entradas y salidas del proceso se continuó con la investigación en la web, con el fin de entrar a la página de cada una de las marcas de los equipos utilizados en la planta, y así conseguir toda la data necesaria y referente a los equipos e instrumentos incorporados en el proceso.



- **Entrevistas no estructuradas:** En la presente investigación se aplicó la técnica de entrevistar a cada uno de los operadores, supervisores, e ingenieros a cargo de la planta en estudio, al igual que al personal de instrumentación y programación de la empresa, los cuales tienen información referente a toda la parte instrumental de cada una de las plantas. Con esto se logro obtener todas las opiniones acerca del proceso y así recopilar mayor información de la planta y por supuesto de todo el proceso.

3.3 DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología del estudio a seguir se desarrollo a partir de sub-metas, es decir se comenzó buscando solucionar cada etapa, para así ir logrando concluir con cada objetivo especifico, y de esta manera al final lograr terminar de manera satisfactoria con el objetivo general planteado en este trabajo de investigación. Por lo tanto el diseño fue estructurado de la siguiente manera:

- **Análisis previo de la información:** en esta primera parte se realizo un estudio básico sobre la problemática presentada en la planta NC4 de CAVIM, de esta manera se recaudo información de manera general, tomando en cuenta sobre todo lo referente al uso de los PLC siemens S7- 300, el cual es el programador que se quería usar en la todas las plantas de la empresa, su utilización y compatibilidad con los equipos ya instalados en la planta.

- **Estudio preliminar del área del problema:** consiste en hacer un recorrido por la planta en estudio, con el fin de ubicar de manera clara todos los equipos y componentes involucrados en el proceso, haciendo a la vez un inventario completo de los mismos. De igual forma se continuó haciendo entrevistas a los operadores y personal de la planta, para así recolectar la mayor cantidad de información sobre la maquinaria, equipos y componentes relacionados.

- **Análisis de los equipos:** se estudiarán a fondo todas las características de las unidades, equipos y variables involucradas en el proceso de la planta.
- **Análisis y selección del PLC:** en este punto se buscará identificar y determinar de manera clara que el tipo de PLC requerido por la empresa es compatible y realmente es posible utilizarlo en esta parte de la planta. En nuestro caso como ya se ha repetido, el PLC requerido por la empresa CAVIM es el PLC S7-300.
- **Simulación del proceso:** para fines académicos se procederá a realizar una simulación de la planta en estudio, y así comprobar la utilidad y funcionalidad del proceso con la nueva programación instalada.

3.4 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

FASE I: Llevar a cabo el levantamiento de información de planos, manuales de operación y sistema de control a fin de conocer detalladamente el proceso y elaborar un diagnostico detallado del sistema de instrumentación y control.

- Actividad 1.1: Se emprende la búsqueda de la documentación existente en la planta, como Planos, Manuales de Operación, Lista de Señales e Instrumentación, entre otros.
- Actividad 1.2: Una vez obtenida toda la información posible, se procede a organizarla para su próximo análisis, esto a fin de conocer el proceso actual a cabalidad, para elaborar así, un diagnostico detallado del mismo.

FASE II: Elaboración de la propuesta de actualización

- Actividad 2.1: Una vez analizado el desarrollo del proceso y diagnosticado su estado actual, se procede a plantear las propuestas de mejora, tomando como referencia la

optimización del proceso a nivel de software de programación y las necesidades planteadas por los operarios de la planta.

FASE III: Elaboración de la ingeniería básica de la planta

- Actividad 3.1: Actualización de la lista de instrumentación de planta.
- Actividad 3.2: Dimensionado del PLC. Listado de Entradas/Salidas.
- Actividad 3.3: Actualización del esquema de automatización e instrumentación.

FASE IV: Diseño del sistema Scada

- Actividad 4.1: Para fines académicos, se elaborara la simulación del proceso a través de un sistema de observación y supervisión SCADA bajo el Software Intouch 10.0



4.1 RECOPIACIÓN DE DATOS ACTUALES DE LA PLANTA

A lo largo de la primera fase del desarrollo del proyecto de actualización del sistema de instrumentación y control del sector NC4 de la planta de Nitrocelulosa en la empresa CAVIM, se recolectó documentación de la planta y del proceso:

- Plano P&I Nitración: compuesto por información de Proceso e Instrumentación de la planta.
- Listado de Instrumentación: descripción de todos los elementos de control existentes en la planta.
- Archivo de programación del PLC Siemens S5.

Además, se contó con el apoyo del personal a cargo de su funcionamiento, quienes por medio de entrevistas, dieron a conocer las deficiencias y necesidades presentes en planta y de acuerdo a lo cual se planteara la propuesta de mejora correspondiente.

4.2 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECOLECTADA

4.2.1 Archivo de programación del Siemens S5: el archivo facilitado por la empresa, que describe el proceso actual desarrollado por el PLC, fue analizado por medio del simulador *S5/S7 for Windows* a fin de ser extraído para su próxima modificación adecuada al software *Step7*.

El simulador permitió el acceso al programa, descrito este en lenguaje AWL, para ser luego llevado al modo de escalera en busca de mayor facilidad al momento de su interpretación.

4.2.2 Programación actual instalada:

El programa se encuentra bajo el software Step 5 de Siemens, instalado en el PLC S5-115U con un CPU 942. Conformado por 3 módulos de salida y 5 módulos de entrada con las siguientes características:



- ✓ Modulo digital: 32 salidas digitales, 32 x DC 24 V 0,5 A.
- ✓ Modulo digital: 32 entradas digitales, 32 x DC 24 V.

Estos para permitir el acceso a 150 Entradas y 93 Salidas correspondientes al sistema.

Por su parte el programa se divide en un bloque general llamado OB1, donde se hace el llamado a todas las funciones que lo componen, dispuestas estas de la siguiente manera:

- PB1: se encarga de inicializar todas las variables presentes en el proceso.
- PB2: esta compuesto de dos bloques de función, FB2 y FB3. Este bloque se encarga, de manera general, de energizar y desconectar todo lo referente a motores.

Los bloques de función FB2 y FB3 se utilizaron con el fin de hacer el programa más estructurado y evitar repetir instrucciones en diferentes bloques.

- PB3: Se encarga de activar o desactivar cualquier alarma o indicador perteneciente al proceso. El bloque PB3 está compuesto por un bloque de función FB4 que se encarga de evitar la repetición de instrucciones en diferentes secciones del bloque PB3.
- PB4: Se encarga de abrir y cerrar cualquier válvula presente en el proceso.

Para ver el programa en su totalidad, refiérase al Anexo A.

4.2.3 Lista de Entradas/Salidas del PLC:

Las 150 Entradas y 93 Salidas ocupadas en el PLC Siemens S5 están asociadas a instrumentos ya instalados del proceso, en las tablas 4.1 y 4.2 se presenta un muestreo de algunas de ellas.

El contenido completo de señales se refleja en el Anexo B.



Tabla 4.1. Lista de entradas del S5 (PLC actualmente operativo en la planta)

ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE
E 4.0	P101-O	E 5.0	P102A-OL	E 6.0	P103-O
E 4.1	P101-I	E 5.1	P102A-IL	E 6.1	P103-I
E 4.2	P101-OL	E 5.2	P102A-K1M	E 6.2	P103-OL
E 4.3	P101-IL	E 5.3	P102B-O	E 6.3	P103-IL
E 4.4	P101-K1M	E 5.4	P102B-I	E 6.4	P103-K1M
E 4.5	P101-TROU	E 5.5	P102B-OL	E 6.5	P105-O
E 4.6	P102A-O	E 5.6	P102B-IL	E 6.6	P105-I
E 4.7	P102A-I	E 5.7	P102B-K1M	E 6.7	P105-OL

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 4.2 Lista de salidas S5 (PLC actualmente operativo en la planta)

SALIDA	NOMBRE	SALIDA	NOMBRE	SALIDA	NOMBRE
A 24.0	P101-MOT	A25.0	P104-LAMP	A26.0	R102-MOT
A 24.1	P101-LAMP	A25.1	P105-MOT	A26.1	R102-LAMP
A 24.2	P102A-MOT	A25.2	105-LAMP	A26.2	F101-MOT
A 24.3	P102A-LAMP	A25.3	P107-MOT	A26.3	F101-LAMP
A 24.4	P102B-MOT	A25.4	P107-LAMP	A26.4	F102-MOT
A 24.5	P102B-LAMP	A25.5	EMERG OK	A26.5	F102-LAMP
A 24.6	P103-MOT	A25.6	R101-MOT	A26.6	Z101-MOT
A 24.7	P103-LAMP	A25.7	R101-LAMP	A26.7	Z101-LAMP

Fuente: Elaboración propia.

4.3 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN.

Una vez analizado el desarrollo del proceso y diagnosticado su estado actual, se procede a plantear las propuestas de mejora, tomando como referencia la optimización del proceso a nivel de software de programación y las necesidades planteadas por los operarios de la planta.



De acuerdo a los resultados de entrevistas realizadas a los operadores de la planta, y bajo previa autorización de quien lleva su Gerencia, se propone realizar una serie de ajustes en el programa actual del PLC:

- **Sistema de control para el surtido de Acido Sulfonítrico a las nitradoras:** un sistema de medición de nivel ubicado en el tanque B-104 regula, por medio de la Válvula 148HVK, el paso del acido hacia las nitradoras, estando este obstruido si, al momento de iniciar el proceso el nivel de dicho tanque no se encuentra entre un 40% y 70% de su capacidad.

Sistema de medición de nivel (149LIA)

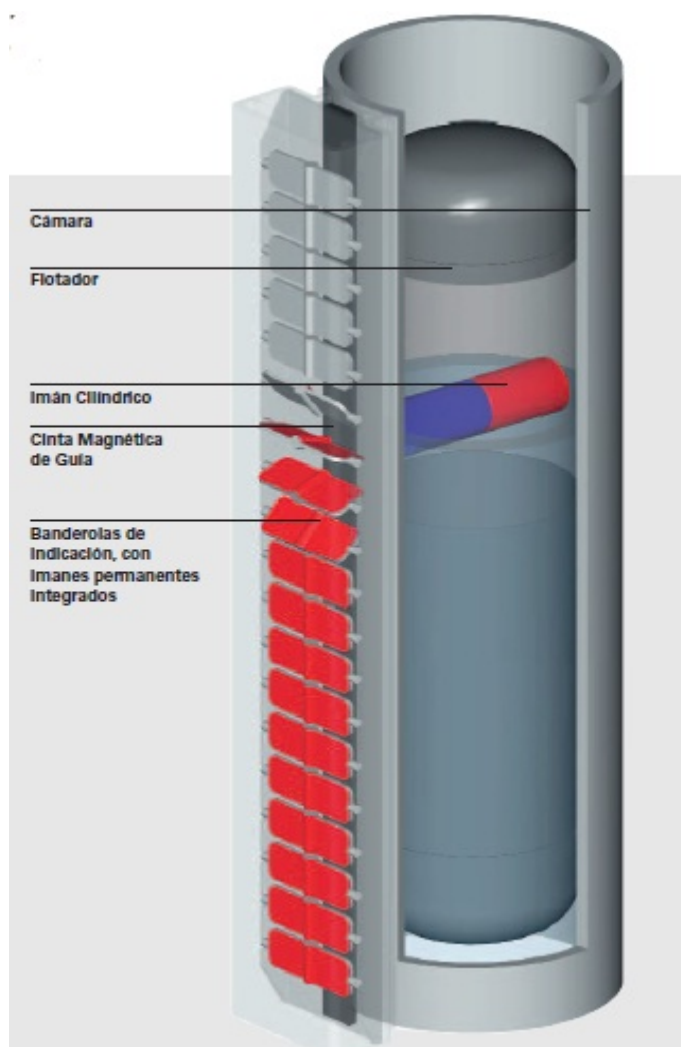
En vista de las características corrosivas del fluido y de la disposición de un tanque cerrado, se plantea una medición de nivel por medio de un instrumento de tipo flotante y funcionamiento magnético que se basa en el empleo de un imán cilíndrico permanente que induce un movimiento en las banderolas de indicación y garantiza la actuación repetitiva del rail ubicado en la pared de la cámara según sea el movimiento determinado por el flotante. Ver figura 4.1.

El instrumento cumple la función de indicador, transmisor y alarma de nivel. Se propone la instalación del mismo de modo que indique el nivel de forma local y controle la válvula de tipo ON/OFF correspondiente por medio de la señal de alarma; siendo ésta de posición normal abierta, al encontrarse el tanque lleno a un 40% de su capacidad, la valvula es activada y se cierra.

Tal alarma funciona con sensores de alta y baja, en este caso, solo se tomara en cuenta el sensor de baja puesto que el control se ejerce para niveles menores a cierto valor. De acuerdo a esto, se suma una entrada al PLC correspondiente al sensor a utilizar.

Entrada asignada: E125.0 - 149 LIA

Figura 4.1 Instrumento de medición de nivel.

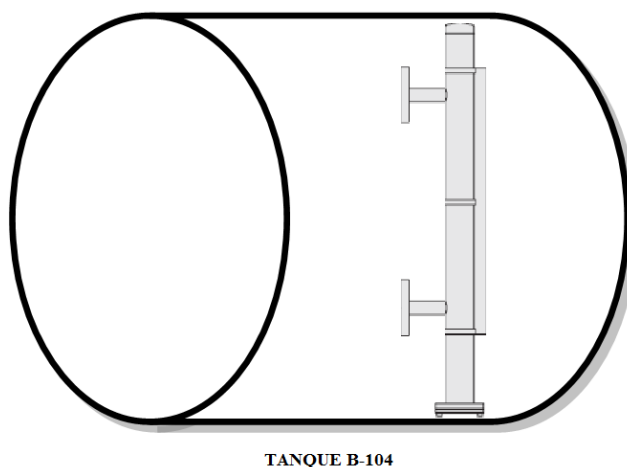


Fuente: Catalogo WEKA. Indicadores de nivel.

ESPECIFICACION: Indicador de nivel WEKA Smart-Line modelo 34000-K.

El tanque B-104 se encuentra bridado de modo que la instalación mas apropiada, además de mas económica, es la mostrada en la figura 4.2.

Figura 4.2 Instalacion del Instrumento de medición de nivel.



Fuente: Elaboracion propia.

Para mayor información acerca del producto, refiérase al Anexo D.

Cálculo y selección de la Válvula 148HVK:

Para el cálculo de la válvula de control es necesario contar tanto con datos del proceso, como de la estructura instalada en la sección donde se pretende incluir tal elemento:

Flujo de acido en la tubería (q) 66,045 gpm

Caída de presión en válvula (ΔP) 3 psi

Gravedad especifica del producto 1,7

Diámetro de tubería 80 mm



El dimensionado de la válvula de control consiste en el cálculo del Coeficiente de flujo de la válvula (C_v), una vez que se conoce el C_v requerido y el tipo de válvula a utilizar es posible obtener el tamaño de la misma con base en el catalogo del fabricante.

Entonces, si:

$$C_v = q \sqrt{\frac{Gf}{\Delta P}}$$

De acuerdo a los datos ya expuestos, se obtiene un valor de $C_v = 49,71$. Tomando en cuenta una apertura de la válvula de 81% y el diámetro de la tubería, se ubica, en las tablas propuestas en el catalogo del fabricante mostrado en el Anexo C, un valor de C_v cercano y mayor al calculado. Lo que nos lleva a la selección del modelo DN40 de SpiraxSarco.

ESPECIFICACIÓN: *Válvula esférica M45 ISO, dimensión DN40. SpiraxSarco.*

- **Sistema de enfriamiento del tanque Post-Nitrador:** la activación del mezclador ubicado en el tanque B-104 acciona la apertura de la válvula 148HVK de tipo ON/OFF, sustituyendo esta a la válvula manual actualmente instalada y permitiendo así el paso de agua hacia la tubería que rodea el tanque con la función de disminuir la temperatura del mismo.

Cálculo y selección de la Válvula 155HVK:

Flujo de agua en la tubería (q) 26,418 gpm

Caída de presión en válvula (ΔP) 2 psi

Gravedad especifica del agua 1

Diámetro de tubería 50 mm

De acuerdo a la ecuación para el cálculo del coeficiente de caudal de la válvula, se obtiene un $C_v = 18,68$.



Repitiendo criterio de selección ya mencionado se propone el modelo DN25 de SpiraxSarco.

ESPECIFICACIÓN: *Válvula esférica M45 ISO, dimensión DN25. SpiraxSarco.*

4.4 INGENIERIA BASICA

4.4.1 Lista de señales I/O:

Las tablas 4.3 y 4.4 mostradas a continuación presentan la lista detallada de las 151 señales de Entrada y 95 señales de Salida del PLC Siemens S7-300.

Tabla 4.3.1 Lista de entradas del S7-300 (Primera parte)

ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION	ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION
E 4.0	P101-O	Interruptor apagar Bomba	E 5.0	P102A-OL	Interruptor apagar Bomba manual
E 4.1	P101-I	Interruptor encender Bomba	E 5.1	P102A-IL	Interruptor encender Bomba manual
E 4.2	P101-OL	Interruptor apagar Bomba manual	E 5.2	P102A-K1M	Contactador Bomba encendida
E 4.3	P101-IL	Encender Bomba manual	E 5.3	P102B-O	Interruptor apagar Bomba
E 4.4	P101-K1M	Contactador Bomba encendida	E 5.4	P102B-I	Interruptor encender Bomba
E 4.5	P101-TROU	Contactador Bomba en movimiento	E 5.5	P102B-OL	Interruptor apagar Bomba manual
E 4.6	P102A-O	Interruptor apagar Bomba	E 5.6	P102B-IL	Interruptor encender Bomba manual
E 4.7	P102A-I	Interruptor encender Bomba	E 5.7	P102B-K1M	Contactador Bomba encendida
E 6.0	P103-O	Interruptor apagar Bomba	E 7.0	P105-IL	Interruptor encender Bomba manual
E 6.1	P103-I	Interruptor encender Bomba	E 7.1	P105 K1M	Contactador Bomba encendida
E 6.2	P103-OL	Interruptor apagar Bomba manual	E 7.2	P105 - trou	Contactador Bomba en movimiento
E 6.3	P103-IL	Encender Bomba manual	E 7.3	147 PA	Preción Acido residual P-1.04 marcha
E 6.4	P103-K1M	Contactador Bomba encendida	E 7.4	P107 -OL	Interruptor apagar Bomba manual
E 6.5	P105-O	Interruptor apagar Bomba	E 7.5	P107 -IL	Interruptor encender Bomba manual
E 6.6	P105-I	Interruptor encender Bomba	E 7.6	P107 - K1M	Contactador Bomba encendida
E 6.7	P105-OL	Interruptor apagar Bomba manual	E 7.7	NC5 Ready	Señal NC5 lista

Fuente: Elaboración propia



Tabla 4.3.2 Lista de entradas del S7-300 (Segunda parte)

ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION	ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION
E 8.0	W104-k1m	Refrigeración encendida	E 9.0	R102-I	Interruptor encender agitador
E 8.1	W104-trou	Refrigeración en movimiento	E 9.1	R102-OL	Apagar agitador manual
E 8.2	R101-O	Interruptor apagar agitador	E 9.2	R102-IL	encender agitador manual
E 8.3	R101-I	Interruptor encender agitador	E 9.3	R102-K1M	Contactador agitador encendido
E 8.4	R101-OL	Apagar agitador manual	E 9.4	F101-O	Apagar Filtro
E 8.5	R101-IL	encender agitador manual	E 9.5	F101-I	Encender Filtro
E 8.6	R101-K1M	Contactador agitador encendido	E 9.6	F101-OL	Apagar Filtro manual
E 8.7	R102-O	Interruptor apagar agitador	E 9.7	F101-IL	Encender Filtro manual
E 10.0	F101-K1M	Contactador filtro encendido	E 11.0	Z101-K1M	Contactador centrifuga en movimiento
E 10.1	F102-O	Apagar Filtro	E 11.1	Z101-K2M	Contactador centrifuga en movimiento 2
E 10.2	F102-I	Encender Filtro	E 11.2	Z102-OL	Apagar motor de centrifuga Z102
E 10.3	F102-OL	Apagar Filtro manual	E 11.3	Z102-IL	Encender motor de centrifuga Z102
E 10.4	F102-IL	Encender Filtro manual	E 11.4	Z102-K1M	Motor en movimiento
E 10.5	F102-K1M	Contactador filtro encendido	E 11.5	Z101-O	Centrifuga apagar
E 10.6	Z101-OL	Centrifuga apagar manual	E 11.6	Z102-OL	Centrifuga encender
E 10.7	Z101-IL	Centrifuga encender manual	E 11.7		
E 12.0	IMERGE-OFF	Emergencia	E 13.0	102 HVK-OL	Cerrar válvula
E 12.1	HQ/LQ	Desconexión de Bocina	E 13.1	102 HVK-IL	Abrir válvula
E 12.2			E 13.2	102 HVK-OP	Sensor válvula abierta
E 12.3	LT	Test de lamparas	E 13.3	102 HVK-CL	Sensor válvula cerrada
E 12.4			E 13.4		
E 12.5	BS4 AUTOM	Modo automático	E 13.5	103 HVK-IL	Abrir válvula
E 12.6	BS4 MANUA L	Modo manual	E 13.6	103-HVK-I	Abrir válvula
E 12.7			E 13.7	104 HVK-O	Cerrar válvula

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 4.3.3 Lista de entradas del S7-300 (Tercera parte)

ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION	ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION
E 14.0	104 HVK-I	Abrir válvula	E 15.0	111HVK-IL	Abrir válvula
E 14.1	104 HVK-OL	Cerrar válvula	E 15.1	113 HVK-IL	Abrir válvula
E 14.2	104 HVK-IL	Abrir válvula	E 15.2	115 HVK-IL	Abrir válvula
E 14.3	104 HVK-OP	Sensor Válvula abierta	E 15.3	118 HVK-IL	Abrir válvula
E 14.4	104 HVK-CL	Sensor Válvula cerrada	E 15.4	120 HVK-I	Abrir válvula
E 14.5	105 HVK-I	Abrir válvula	E 15.5	120 HVK-II	Abrir válvula
E 14.6	105 HVK-IL	Abrir válvula	E 15.6	120 HVK-IL	Abrir válvula manual
E 14.7	109 HVK-IL	Abrir válvula	E 15.7	120 HVK-IIL	Abrir válvula manual
E 16.0	120.1 NORMA	Sensor válvula 120.1 abierta	E 17.0	144 HVK OP	Sensor válvula abierta
E 16.1	120.1-R102	Sensor válvula 120.1 cerrada	E 17.1	144 HVK CL	Sensor válvula cerrada
E 16.2	120.2 NORMA	Sensor válvula 120.2 abierta	E 17.2	151 HVK-OL	Cerrar válvula
E 16.3	120.2-R102	Sensor válvula 120.2 cerrada	E 17.3	151 HVK-IL	Abrir válvula
E 16.4	120.3 NORMA	Sensor válvula 120.3 abierta	E 17.4	151 HVK OP	Sensor válvula abierta
E 16.5	120.3-R102	Sensor válvula 120.3 cerrada	E 17.5	151 HVK CL	Sensor válvula cerrada
E 16.6	102.4 NORMA	Sensor válvula 120.4 abierta	E 17.6	152 HVK-I	Abrir válvula
E 16.7	120.4-R102	Sensor válvula 120.4 cerrada	E 17.7	152 HVK-IL	Abrir válvula manual
E 18.0	112 FC-MAN	Controlador caudal en manual	E 19.0	144 HVK-I	Energizar válvula
E 18.1	112 FC-O	Apagar controlador	E 19.1	145 HVK-I	Energizar válvula
E 18.2	112 FC-I	Encender controlador	E 19.2	131 T OK	Sensor de temperatura ok
E 18.3	150 LC-MAN	Controlador caudal en manual	E 19.3	133 T OK	Sensor de temperatura ok
E 18.4	134 LC-O	Apagar válvula	E 19.4		
E 18.5	134 LC-I	Encender Válvula	E 19.5		
E 18.6	134 L3K-S+	Sensor LC	E 19.6		
E 18.7	106 FC-MAN	Controlador caudal en manual	E 19.7		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3.4 Lista de entradas del S7-300 (Cuarta parte)

ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION	ENTRADA	NOMBRE	DESCRIPCION
E 20.0	101 LA+/-	Sensor nivel post-nitrador R-1.01	E 21.0	122SS-	Sensor de Velocidad
E 20.1	106FA+/-	Alimentación a centrifuga	E 21.1	122SSo-	Sensor de velocidad 1
E 20.2	110 FA+/-	Alimentación agua de lavado	E 21.2	123SA-	Control de empuje centrifuga
E 20.3	112FA+/-	Alimentación agua de transporte	E 21.3	124XA+	Control de vibraciones
E 20.4	112 F So-	Sensor 112 FICAS	E 21.4	124XAo+	Vibración- desconexión de la centrifuga
E 20.5	114FA	Alarma de caudal 114 FA	E 21.5	124X OK	Vibración centrifuga ok
E 20.6	119FS-	Alarma seguridad caudal 114 FA	E 21.6	127TA+	Temp. Maxima de aceite centrifuga
E 20.7	121PA+	Alarma de incendios centrifuga	E 21.7	128TA+	Temp. Post-nitrador R-1.01
E 22.0	158PA-	Agua fria - presión	E 23.0	150LSO+	Nivel max. R-1.02 para pulpa de NC
E 22.1	130LA+/-	Nivel B-1.01 A, acido de lavado 1	E 23.1	157FA-	Agua fria circulación- fallo
E 22.2	131TA+	Temperatura del acido de lavado 1	E 23.2	129PSA-	Agua de proceso- presión
E 22.3	132LA+/-	Nivel B-1.01 B, acido de lavado 2	E 23.3	160PA-	Aire comprimido- presión
E 22.4	133TA+	Temperatura de acido de lavado 2	E 23.4	149 LIA	Nivel de B-101
E 22.5	134LA+/-	Nivel B-1.02 para acido diluido	E 23.5	P502-K1M	Bomba en movimiento
E 22.6	135TA+	temperatura B-1.02	E 23.6		
E 22.7	150LAS+/-	Nivel R-1.02 para pulpa de NC	E 125.0	149 LIA	Nivel de B-104

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4.1 Lista de salidas del S7-300 (Primera parte)

SALIDA	NOMBRE	DESCRIPCION	SALIDA	NOMBRE	DESCRIPCION
A 24.0	P101-MOT	Bomba P-1.01	A25.0	P104-LAMP	Bomba P- 1.04 y lámpara
A 24.1	P101-LAMP	Lámpara P-1.01	A25.1	P105-MOT	Bomba P-1.05
A 24.2	P102A-MOT	Bomba P-1.02 A	A25.2	P105-LAMP	Lámpara P-1.05
A 24.3	P102A-LAMP	Lámpara P-1.02 A	A25.3	P107-MOT	Bomba P-1.07
A 24.4	P102B-MOT	Bomba P-1.02 B	A25.4	P107-LAMP	lámpara P-1.07
A 24.5	P102B-LAMP	Lámpara P-1.02 B	A25.5	EMERG OK	Alarma de emergencia
A 24.6	P103-MOT	Bomba P-1.03	A25.6	R101-MOT	Agitador Post-Nitrador RR-1.01
A 24.7	P103-LAMP	Lámpara P-1.03	A25.7	R101-LAMP	Lámpara RR-1.01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4.2 Lista de salidas del S7-300 (Segunda parte)

SALIDA	NOMBRE	DESCRIPCION	SALIDA	NOMBRE	DESCRIPCION
A26.0	R102-MOT	Agitador recipiente/pulpa RR-1.02	A27.0	Z102-MOT	Motor bomba/aceite de centrifuga Z-1.02
A26.1	R102-LAMP	Lámpara RR-1.02	A27.1	Z102-LAMP	Lámpara Z-1.02
A26.2	F101-MOT	Motor filtro de acido F-1.01	A27.2	P101-K2	Bobina del convertidor frecuencia P101
A26.3	F101-LAMP	Lámpara F-1.01	A27.3	P105-K2	Bobina del convertidor frecuencia P105
A26.4	F102-MOT	Motor filtro de acido F-1.02	A27.4	110FICA	Regulador alimentación agua/lavar
A26.5	F102-LAMP	Lámpara F-1.02	A27.5	RESET124X	Reseteo de todo el proceso
A26.6	Z101-MOT	Motor centrifuga Z-1.01	A27.6	SIG TO NC5	Señal lista a NC5
A26.7	Z101-LAMP	Lámpara Z-1.01	A27.7	HORN 3K3	Bobina 3K3
A32.0	102 HV-V	Válvula fondo R-1.01	A33.0	113 HVK-VS	Enjuague de tambor
A32.1	102 HV-S	Lámpara válvula de fondo R-1.01	A33.1	115 HVK-VS	Enjuague de laberinto
A32.2	103 HV-VS	Enjuague acido de P-1.01 y tubería	A33.2	118 HVK-VS	Enjuague de caja trasera
A32.3	104 HVK-V	Alimentación NC/acido a centrifuga	A33.3	120.12.NOR MAL	Válvula 120 HVK Y1/Y2 cerrada
A32.4	104 HVK-S	Lámpara de válvula 104 HVK	A33.4	120.12 R102	Válvula 120 HVK Y1/Y2 abierta
A32.5	105 HVK-VS	Enjuague acido tubería a centrifuga	A33.5	120.34 NORM	Válvula 120 HVK Y3/Y4 cerrada
A32.6	109 HVK-VS	Enjuague de caja de acido	A33.6	120.34 R102	Válvula 120 HVK Y3/Y4 abierta
A32.7	111 HVK-VS	Enjuague de caja descarga/distribución	A33.7	120 La NOR	Lámpara 120 HVK Y1/Y2
A34.0	120 R102	Lámpara 120 HVK Y3/Y4	A35.0	152 MV+LA	Enjuague agua/ P-1.05 y tubería de transp.
A34.1	144 MV op	Válvula 144 HVK abrir	A35.1	106FC-MAN	Controlador de caudal 106 en manual
A34.2	144 MV clo	Válvula 144 HVK cerrar	A35.2	112FC MAN	Controlador de caudal 112 en manual
A34.3	144 LQA cl	Lámpara 144 HVK cerrada	A35.3	112FC oper	Controlador de caudal 112 automático
A34.4	145 HVK-MV	Válvula 145 HVK	A35.4	150FC MANU	Controlador de caudal 150 en manual
A34.5	145 LA op	Lámpara 145 HVK	A35.5	134 LC MV	Válvula 134 HVK
A34.6	151 HVK-MV	Válvula de fondo para pulpa R-1.02	A35.6	134 LC-LAMP	Lámpara 134 HVK
A34.7	151 LA ope	Lámpara de válvula 151 HVK-MV	A35.7	148 HVK	Válvula de bloqueo de acido

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 4.4.3 Lista de salidas del S7-300 (Tercera parte)

SALIDAS	NOMBRE	DESCRIPCION	SALIDAS	NOMBRE	DESCRIPCION
A36.0	101LA+/-	Nivel post-nitrador R-1.01	A37.0	124XA+	Control de vibraciones
A36.1	106FA +/-	Alimentación a centrifuga	A37.1	124XAo+	Vibración- desconexión de la centrifuga
A36.2	110FA+/-	Alimentación agua de lavado	A37.2	127TA+	Temp. Máxima de aceite centrifuga
A36.3	112FA+/-	Alimentación agua de transporte	A37.3	128TA+	Temp. Post-nitrador R-1.01
A36.4	114FA	Alarma de caudal 114	A37.4	129PA-	Agua de proceso- presión
A36.5	121PA	Alarma de incendios centrifuga	A37.5	130LA+/-	Nivel B-1.01 A, acido de lavado 1
A36.6	122SS	Número mínimo de revolucione Z-1.01	A37.6	131TA+	Temperatura del acido de lavado 1
A36.7	123SA-	Control de empuje centrifuga	A37.7	132LA+/-	Nivel B-1.01 B, acido de lavado 2
A38.0	133TA+	Temperatura de acido de lavado 2	A39.0	P502	Bomba para agua de transporte
A38.1	134LA+/-	Nivel B-1.02 para acido diluido	A39.1	NC5 FREE	Liberación transp. pulpa hacia estabilización
A38.2	135TA+	temperatura B-1.02	A39.2	W104	Grupo de refrigeración de agua fría
A38.3	150LA+/-	Nivel R-1.02 para pulpa de NC	A39.3	155 HVK	Válvula 155 HVK
A38.4	150Lo+	Nivel máx. R-1.02 para pulpa de NC	A39.5	0,5 HZ	Frecuencia de los temporizadores
A38.5	157FA	Agua fría circulación-fallo	A39.6	1,0 HZ	Frecuencia de los temporizadores
A38.6	158PA	Agua fría – presión	A39.7	2,0 HZ	Frecuencia de los temporizadores
A38.7	160PA-	Aire comprimido-presión	A125.0	148 HVK	Valvula 148 HVK

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Lista de instrumentación

La lista de instrumentación recopila datos básicos del total de actuadores e instrumentos de medición instalados en NC4, permitiendo tener, según sea el caso, referencia del punto de medición, ubicación y/o función del elemento, rango de operación, set point, fluido de trabajo y tipo de medición que realiza. Agrupa un total de 57 componentes, distribuidos entre válvulas de control y elementos de medición de presión, nivel, flujo, temperatura y velocidad.

Para tener acceso a la lista de instrumentación diríjase al Apéndice A.

4.4.3 Programa actualizado

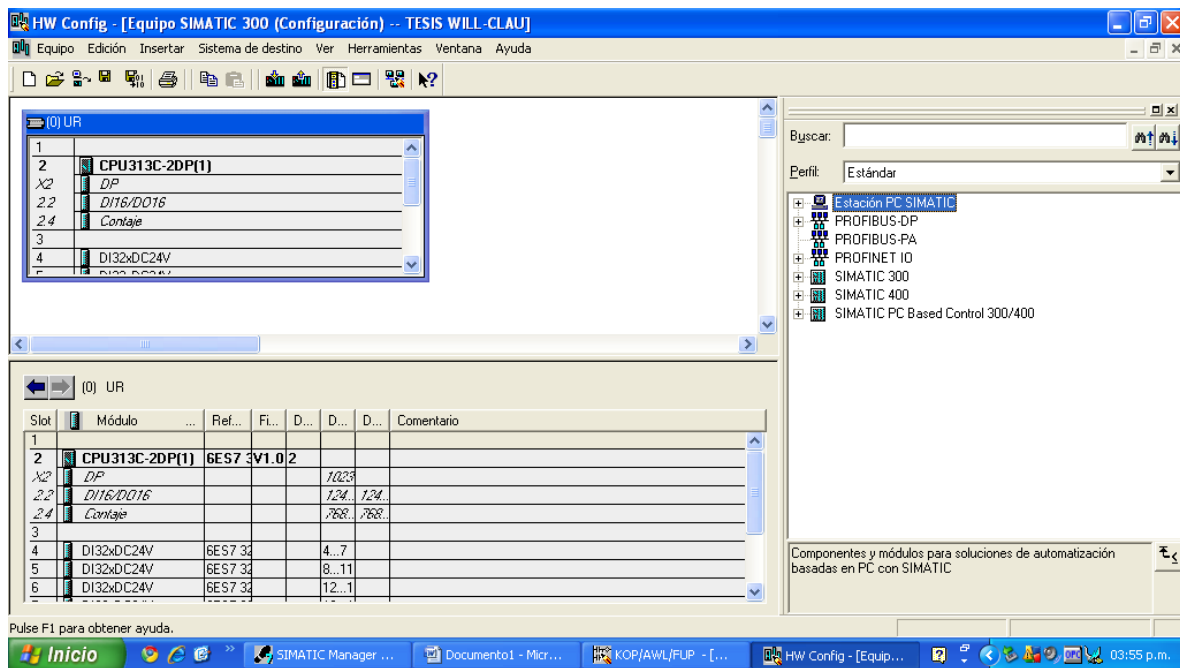
La reingeniería planteada en este trabajo propone, en uno de sus objetivos, la actualización del PLC en general y por ende, del programa de automatización. De acuerdo a los requerimientos de la empresa de trabajo CAVIM, se plantea:

PLC Simatic S7-300 con CPU 313C-2DP.

Este PLC incluye un modulo de entrada/salida de 16 entradas y 16 salidas Digitales, DI16/DO16.

Adicionalmente se propone instalar 5 módulos de entradas digitales de 32 puertos cada uno (DI32xDC24V) y 3 módulos de salidas digitales de 32 puertos cada uno (DO32xDC24V/0,5 A). En la figura 4.3 se muestra la configuración del hardware.

Figura 4.3 Configuración del hardware.

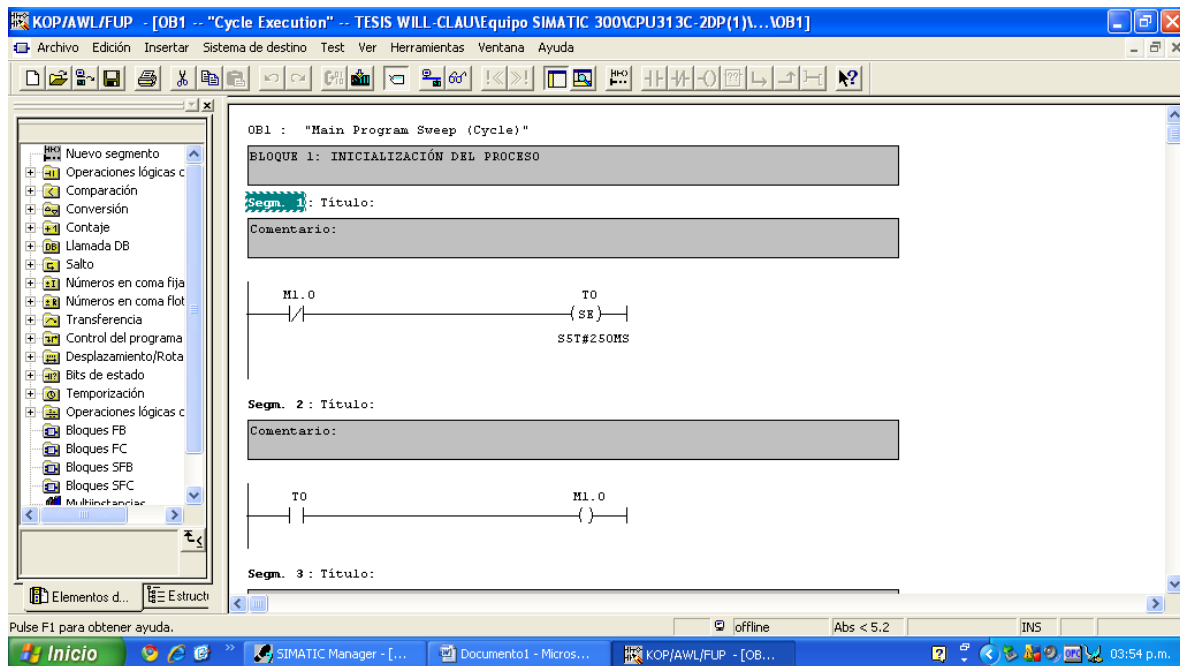


Fuente: SIMATIC Manager.

Estructura del Programa:

El programa está disponible bajo el Software Simatic Manager de Siemens S7 en la plataforma de Step 7. Ver figura 4.4. Está estructurado por un bloque OB1 que representa la totalidad del mismo y dentro del cual se hace el llamado a todas las funciones y bloques que componen el programa en S7.

Figura 4.4 Ambiente Step 7



Fuente: SIMATIC Manager.

Para fines de acceso a zonas específicas del programa, se subdivide el OB1 en bloques de función que llevan a cabo operaciones por separado:

- Bloque 1: Se encarga de ejecutar el Reset de todas las variables del proceso, además inicializa los temporizadores que se utilizan en el transcurso del programa.



- Bloque 2: se encargara de ejecutar cualquier actividad de energizar o desconectar un sistema de motores que, de acuerdo a su uso final se dividirá en Motores, bombas, agitadores, entre otros.
- Bloque 3: se encarga de la activación y desconexión de alarmas de seguridad, indicadores y responsables de registros del sistema en la planta.
- Bloque 4: se encarga de energizar y desconectar cualquier elemento final de control, es decir, abrir o cerrar cualquier válvula presente en la ejecución del proceso del preparado de Nitrocelulosa.

Para ver el programa en su totalidad, refiérase al Apéndice B.

4.4.4 Manual de operación

4.4.4.1 Instalaciones y proceso de la Planta NC4:

Antes de iniciar cualquier proceso y energizar un área determinada de la planta, se debe verificar y asegurarse que no haya ninguna falla o que estén activadas alarmas, las cuales deben ser visualizadas y colocadas en estado normal luego de solventar la falla ocurrida. Luego de asegurarse que todas las condiciones son aptas para iniciar el proceso, se procede a lo siguiente:

El siguiente proceso es ejecutado de manera manual y apoyándose del tablero de control local en el área de las nitradoras, de manera tal que solo se dará una breve explicación ya que no tiene mandos desde el sistema de control central y el PLC.

Todo el proceso comienza con la colocación de la celulosa dentro de las nitradoras (R-1.03 A- H), luego se procede a abrir la válvula para permitir la entrada del acido, asegurándose que el tanque contenedor del acido (B- 1.04) está cargado entre un 30 y un 80 % de acido.

En 1 hora se pretende tener aproximadamente 375 kg de NC, por lo cual se deben preparar de 13 a 14 cargas de nitración por hora, lo que significa que las



nitradoras deben ser llenadas en una secuencia de aproximadamente 4,5 min, debido a que el proceso de separación del ácido de la NC en la centrifuga es continuo y exige un flujo regular en el proceso de alimentación con pulpa de NC/ácido.

Para lograr este proceso las cargas de nitración que se producen en intervalos de aproximadamente 4,5 minutos son vaciadas en el post Nitrador R- 1.01 una a una.

Vaciado de emergencia:

No se puede excluir la posibilidad de que se produzcan reacciones de descomposición en los recipientes de nitración R-1.03 A-H durante los procesos de nitración.

Tal descomposición hace inutilizable al producto, el cual debe ser eliminado por separado.

Cumpliendo el deseo de los técnicos de CAVIM, por consiguiente, fue provista una descarga de emergencia para la nitración.

Con la válvula de compuerta (válvula No. 205 SA) se puede cerrar la descarga en el post-nitrador y el producto contaminado puede ser descargado junto al ácido, vía la llave esférica (válvula no. 206 HA) en un recipiente a ser aún provisto.

Separación de NC / Acido y Recuperación de Acido Adherente

Partiendo del agitador R-1 .01, la pulpa de NC/ ácido es puesta en circulación por medio de la bomba

P-1 .01 que es regulada según el número de revoluciones. Vía una derivación de este sistema circular con medición inductiva y regulación de caudal (FICA 106 y SIC 108, bomba controlada por frecuencia) la pulpa de NC/ ácido es alimentada a la centrífuga.

El ácido concentrado se centrifuga para a continuación ser conducido al colador vibratorio F-1 .02. Las fibras de NC contenidas en el ácido son separadas y arrastradas por



agua al recipiente para recoger la NC/ pulpa de agua R-l .02. La NC que contiene ácido se lava en la centrífuga de empuje de dos escalones en 3 zonas con agua en contracorriente.

Este ácido de la última (tercera) zona, lavado con agua, se recoge en el recipiente B-l.01 A para después ser alimentado a la segunda etapa de lavado mediante la bomba centrífuga P-l.02 A (ácido de lavado 1).

El ácido, ya más concentrado, se recoge en el recipiente B-l.01 B a fin de ser alimentado a la primera zona de lavado mediante la bomba centrífuga P-l .02 B (ácido de lavado 2).

El ácido diluido, que sale centrifugado de esta zona, pasa por el colador vibratorio F-l .01 al recipiente para ácido diluido B-l.02, del cual es circulado vía un refrigerador de ácido W-1.03 por medio de la bomba para ácido diluido P-l.03.

Vía la regulación de nivel LICA 134 el ácido recuperado se bombea al depósito de ácidos para fines de tratamiento posterior.

Las fibras de NC separadas en el colador vibratorio F-l .01 son arrastradas por el agua hasta llegar al recipiente de pulpa R-l .02.

Los recipientes para ácido de lavado B-1.01 A y B están provistos de las regulaciones de nivel LICA 130 y LICA 132, las cuales aseguran que el ácido que llegue es alimentado a la zona de lavado siguiente respectiva vía los refrigeradores de ácido W-1.01 y W-1.02.

Los refrigeradores de ácido W-1.01 a W-1.03 son alimentados con agua fría que proviene del grupo generador de agua fría W-1.04 con el recipiente intermedio B-l .07 y la bomba P-1.07.



Las indicaciones locales de temperatura TIA 131, 133 y 135 con alarmas de temperatura máxima en la central de mando (S 402/ S 403) sirven para el control de las las temperaturas del ácido.

La NC que sale humedecida con agua y ácido de la centrífuga cae por un pozo de de caída en el tanque de pulpa instalado por debajo de la centrífuga (mezclador-agitador R-1.02).

Con agua de transporte de la pileta B-5.03 vía la bomba P-5.02 la NC es arrastrada y transportada al recipiente de pulpa. La cantidad de agua de transporte se ajusta y regula con el regulador FICAS 112.

La NC, convertida de tal manera en consistencia transportable por bomba (densidad de pulpa aprox. 3 - 3,5 %), es conducida a la estabilización con la bomba P-1 .05.

El nivel del tanque R-1.02 es medido y se regula por el número de revoluciones de la bomba P-1.05.

Mando y Manejo de la Planta de Recuperación de Acido Adherido

La recuperación del ácido adherido es controlada y operada desde una central de mando.

En esta central de mando se hallan instalados los armarios de distribución con todos los interruptores, las indicaciones y los reguladores necesarios así como el mando de programa almacenado (control lógico programable PLC) automático. Los dibujos anexos, incluyendo la leyenda pertinente, describen detalladamente los elementos de manejo y mando del cuadro de mando central S-4.02 y S-4.03.

Además de ello, existen indicaciones y elementos de manejo locales:

**S-4.04:**

- Para la operación del post-Nitrador R-1.01 especialmente durante el vaciado de la planta o al cambiar el producto.
- Para manejar el recipiente de pulpa R-l .02 para el transporte de la pulpa de NC a la estabilización especialmente durante el vaciado de la planta

S-4.05 (Ubicado directamente al lado de la centrífuga):

- A fin de conectar y desconectar la centrífuga y los interruptores pertinentes para enjuagar las diferentes zonas en la centrífuga, en particular cuando es desconectada y limpiada.

Armario de Distribución Central: Recuperación de Ácidos

Ubicado en un espacio fresco y cerrado se encuentran los armarios de instalación de las redes del PLC, en las puertas de los cuales se hallan los paneles de mando central S402, S403. A continuación, en las tablas 4.5.1-3 se especifica la función de cada interruptor perteneciente al panel central S402 y la distribución de los mismos se muestra en la figura 4.5.

Tabla 4.5.1 Mando central S402 (Primera parte)

Alarmas	
121 PA +	Alarma de incendios centrífuga
Interruptor de emergencia	Interruptor total
Reset	Reposición para start nuevo
101 LA+/-	Nivel post-Nitrador R- 1.01
128 TA+	Temperatura post-Nitrador R- 1.01
106 FA+/-	Alimentación a centrífuga, desviación de la regulación
123 SA-	Control de empuje centrífuga
122 SS	Número mínimo de revoluciones centrífuga alcanzado= liberación para alimentación
124 XA+	Control de vibraciones
124 XA++	Vibración- desconexión de la centrífuga
127 TA+	Temperatura máxima de aceite de la centrífuga
110 FA+/-	Alimentación de agua de lavado



Tabla 4.5.1 Mando central S402 (Continuacion)

112 FA+/-	Alimentación de agua de transporte
130 LA+/-	Nivel B- 1.01 A; ácido de lavado 1
131 TA +	Temperatura; ácido de lavado 1
132 LA +/-	Nivel B- 1.01 B; ácido de lavado 2
133 TA +	Temperatura; ácido de lavado 2
Indicadores y Reguladores	
101 LIA	Indicador de nivel post-Nitrador
128 TIA	Indicador de temperatura post-Nitrador
106 FICA	Regulador de Volumen de Paso, pulpa de NC; alimentación a centrífuga
	debajo de ello: Conmutación del regulador a manual o automático

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 4.5.2 Mando central S402 (Segunda parte)

Indicaciones de posición de válvulas	
Lámpara encendida	Válvula está abierta
Lámpara apagada	Válvula está cerrada
114 FA-	Barrido de aire del eje de la centrífuga
115 HVK	Enjuague del laberinto de la centrífuga
118 HVK	Enjuague de caja trasera de la centrífuga (piso de empuje)
111 HVK	Laberinto de caja de descarga centrífuga
113 HVK	Enjuague tambor centrífuga
109 HVK	Enjuague caja centrífuga (sala de ácidos)
Reguladores	
110 FICA	Regulador para alimentación de agua para lavar.
130 LICA	Regulador de nivel ácido de lavado 1; recipiente B- 1.01 A
132 LICA	Regulador de nivel ácido de lavado 2; recipiente B- 1.01 B
107 PI	Indicación de presión en la tubería de alimentación de NC/ácido a la centrífuga
122 SIS	Indicación de número de revoluciones de centrífuga
112 FICA	Regulador para agua de transporte (enjuague pozo centrífuga)
131 TIA	Indicación de temperatura ácido de lavado 1
133 TIA	Indicación de temperatura ácido de lavado 2

Fuente: Elaboracion propia.

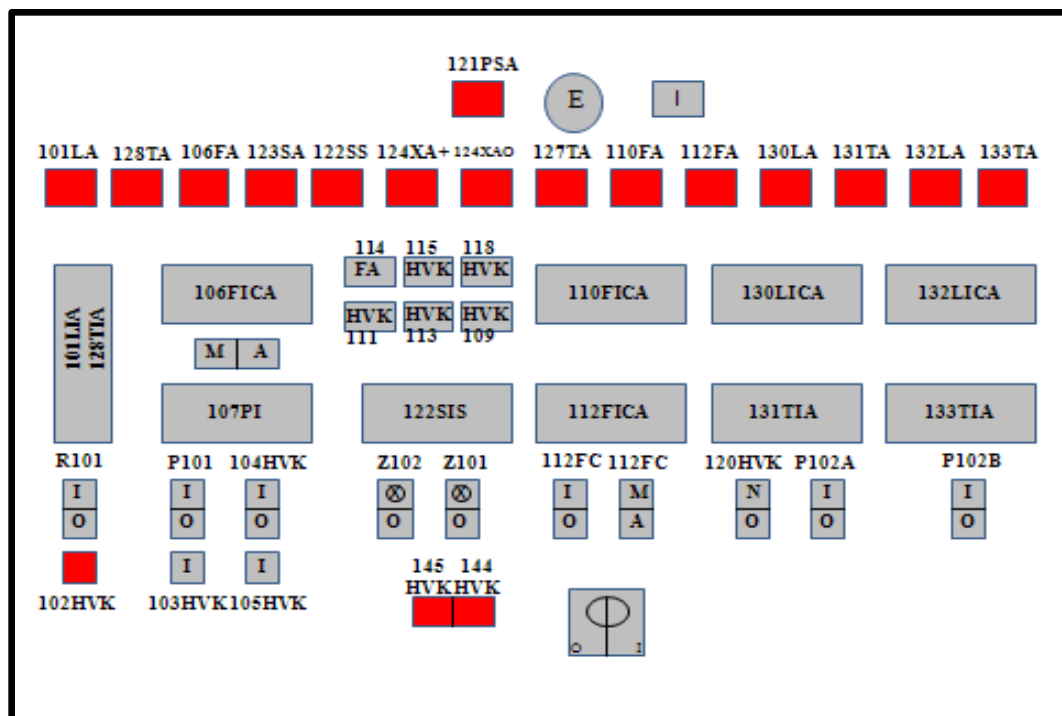


Tabla 4.5.3 Mando central S402 (Tercera parte)

Interruptores	
R- 1.01	Interruptor para agitadora en el post-nitrado R- 1.01
P- 1.01	Interruptor para bomba P- 1.01; arranque alimentación a la centrífuga
104 HVK	Alimentación de NC/ácido la centrífuga; abierta/cerrada
Correspondiente a ello:	
102 HVK	Indicación válvula de fondo post-Nitrador R- 1.01
103 HVK	Pulsador; enjuague de ácido de bomba P- 1.01 y tubería
105 HVK	Pulsador; enjuague de ácido de tubería de alimentación centrífuga
Régimen de marcha centrífuga	
Z 102	Bomba de aceite
Z 101	Accionamiento de centrífuga
Agua de transporte	
Correspondiente a regulador 112 FICA	
112 FC	Regulador conectado/ desconectado
112 FC	Regulador mando manual/ automático
Salida de filtrado- conmutación	
120 HVK	Posición normal= cerrado: salidas de filtrado por separado Posición de vaciado= abierto: todas las salidas de filtrado a R- 1.02
Bombas de ácido de lavado	
P- 1.02 A	Conectada/ desconectada
P- 1.02 B	Conectada/desconectada
Circulación de pulpa de NC/ácido	
144 HVK	Indicación parar
145 HVK	Indicación enjuagar
Interruptor maniobrado por llave	Post-Nitrador; conmutación en manejo Local S 404 para vaciar totalmente post-Nitrador R- 1.01

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5 Distribución del mando central S402.



Fuente: Elaboración propia.

Mando central S403

Seguidamente, en las tablas 4.6.1-2 y figura 4.6, la definición y distribución de cada interruptor perteneciente al panel central de mando S403.

Tabla 4.6.1 Mando central S403(Primera parte)

Alarmas	
129 PA-	Agua de proceso – presión
158 PA-	Agua fría – presión
160 PA-	Aire comprimido – presión
150 LA +/-	Recipiente R-l .02 para pulpa de NC
150LA++	Recipiente R-l .02 para pulpa de NC MAX
134 LA +/-	Recipiente B-1.02 para ácido diluido- nivel
135 TA +	Recipiente B-1.02 – temperatura
157 FA-	Agua fría circulación – fallo
P-5.02	Bomba para agua de transporte – conectada



Tabla 4.6.1 Mando central S403. Alarmas (Continuación)

P-1.07	Bomba para agua fría – conectada
W-1.04	Grupo de refrigeración de agua fría -
147 PA-	Acido residual – presión

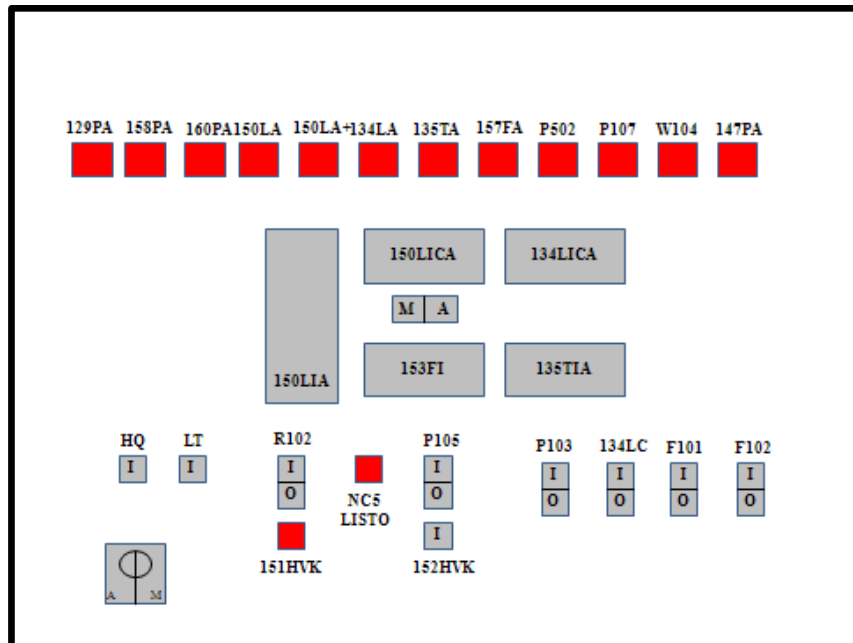
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.6.2 Mando central S403 (Segunda parte)

Indicaciones y Reguladores	
150 LIA	Tanque de pulpa R-1.02 - indicador de nivel
150 LICA	Tanque de pulpa R-1.02 - regulador de nivel debajo de ello: Conmutación: manual / automático
134 LICA	Recipiente de ácido diluido B-1.02 - Regulador de nivel
153 FI	Indicación caudal punto de medición FIFqlS 153 Transporte de pulpa hacia las autoclaves La indicación de la cantidad transportada se encuentra En el cuadro de distribución S 503 en la estabilización.
135 TIA	Indicación temperatura en recipiente de ácido diluido B-1 .02
Interruptores de mando e indicadores	
HQ	Desconexión de bocina
LT	Test lámparas
R 102	Agitadora recipiente pulpa R- 1.02; conectada/desconectada
151 HVK	Válvula de fondo recipiente de pulpa R- 1.02; abierta
NC5 listo	Liberación para el transporte de pulpa hacia la estabilización. La señal para esto viene del cuadro de mando local de NC5 en la estabilización
P 105	Bomba para el transporte de la pulpa hacia la estabilización; conectada/desconectada
152 HVK	Válvula para enjuagar tubería de pulpa; abrir
P 103	Bomba para transportar ácido diluido al depósito; conectada/desconectada
134 LC	Regulador nivel para recipiente ácido diluido B- 1.02; conectado/desconectado
F 101	Interruptor para filtro de ácido: F- 1.01
F 102	Interruptor para filtro de ácido: F- 1.02
Interruptor con llave	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.6 Distribución del mando central S403.



Fuente: Elaboración propia

Mando local S404

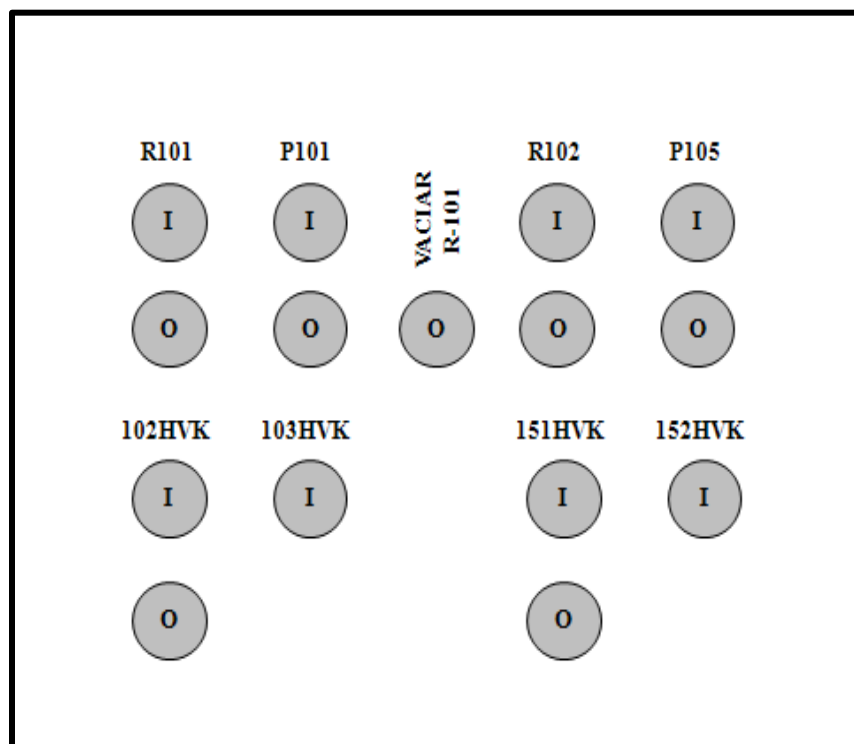
En el caso de los paneles locales S404 y S405, los interruptores se definen y ubican de la forma mostrada en las tablas 4.7 y 4.8, y figuras 4.7 y 4.8 respectivamente.

Tabla 4.7 Mando local S404

Post-Nitrador R- 1.01	
R 101	Agitadora RR- 1.01 Conectada/desconectada
P 101	Bomba P. 1.01 Conectada/desconectada
102 HVK	Válvula de fondo Abierta/cerrada
103 HVK	Pulsador enjuague de ácido Bomba P- 1.01 y tubería de transporte
Parar circulación	Conexión especial para vaciar el Post-Nitrador R-1.01
Recipiente para Pulpa R- 1.02	
R 102	Agitadora RR- 1.02 Conectada/desconectada
P 105	Bomba P. 1.05 Conectada/desconectada
151 HVK	Válvula de fondo Abierta/cerrada
152 HVK	Pulsador enjuague de ácido Bomba P- 1.05 y tubería de transporte

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.7 Distribución del mando local S404.



Fuente: Elaboración propia

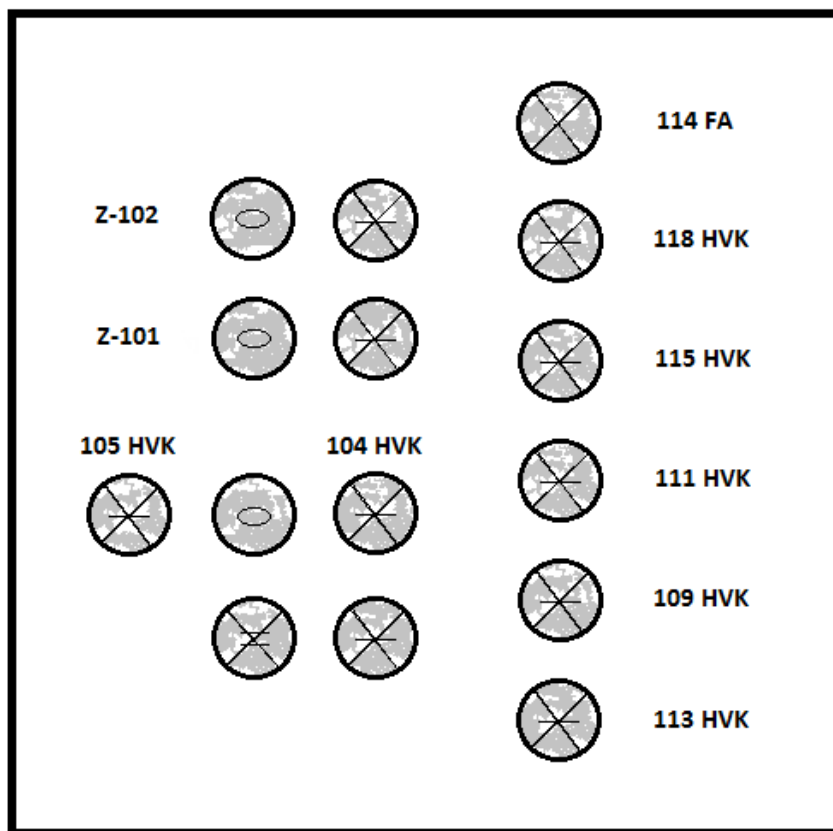
Mando local S405

Tabla 4.8 Mando local S405

Interruptores para mando y limpieza	
Z- 1.02	Bomba de aceite; conectada/ desconectada
Z- 1.01	Accionamiento de centrifuga; conectada/ desconectada
105 HVK	Enjuague ácido de lavado
104 HVK	Alimentación a la centrifuga
120 HVK	Conmutación salida de filtrado; Posición I= normal Posición II= abiertas todas las salidas en R- 102
118 HVK	Enjuague caja trasera
115 HVK	Enjuague de laberinto
111 HVK	Enjuague de caja de descarga/ distribución
109 HVK	Enjuague de caja de ácido
113 HVK	Enjuague de tambor

Fuente: Elaboracion propia.

Figura 4.8 Distribución del mando local S405.



Fuente: Elaboración propia

4.4.4.2 Proceso de la planta NC4.

Enclavamiento de la activación

La centrifuga:

Según el plano de enclavamiento, comenzando con la conexión de la bomba de aceite Z-1.02, la centrifuga no podrá ser conectada, si previamente no fue conectado y accionado, respectivamente, las siguientes instrucciones:

- 114 FIA: barrido del laberinto con aire.
- 115 HVK: enjuague del laberinto con agua por medio del FI 116 Y el FI 117.



- 118 HVK: enjuague de la caja trasera centrífuga (piso de empuje).

Todas estas medidas garantizan que cualquier nitrocelulosa posiblemente existente previamente fue humedecida con agua y por lo tanto desactivada.

Solo cuando el piso de empuje de la centrífuga oscila, por medio de:

- 123 SSA: movimiento de empuje existe.
- 139 GS: la puerta de la centrífuga está cerrada. (Contactor externo, fuera del programa).

Ahora si se puede accionar la centrífuga Z-1.01.

Cuando se ha alcanzado el número mínimo de 50 r.p.m., automáticamente se conectaran vía 115 HVK la así llamada enjuagadora anular de laberinto 116 FI y la enjuagadora de laberinto 117 FI.

Una vez que el número de revoluciones ha llegado a 200 por minuto, este enjuague se vuelve a desconectar vía 115 HVK, ya que por causa de la fuerza centrífuga queda sin efecto.

Ciclo de NC/ Acido:

Para la conexión de NC/ ácido, se deben cumplir las siguientes condiciones previas:

R-1.01: El agitador debe estar activado.

- 147 PA: Se activa el acido residual como acido de enjuague.
- 104 HVK: la válvula para la alimentación de producto debe estar cerrada.

Solo ahora es que cuando la bomba P-1.01 puede ser puesta en marcha.

Luego al pulsar la tecla P 101 se inicia la secuencia automática de procesos:



- 106 FIC: el regulador se conecta a manual.
- 103 HVK: válvula de enjuague de ácido abre por aproximadamente 10 s.
- P-1.01: la bomba se pone en marcha, dependiendo del número de revoluciones correspondientes a 106 FIC.
- 102 HVK: la válvula de fondo del R- 1.01 se abre.
- 103 HVK: la válvula se cierra.

Alimentación a centrífuga:

Previamente deben de haberse realizadas las siguientes conexiones no integradas en el enclavamiento:

- P-5.02: bomba para agua de transporte.
- W-1.04: generación de agua fría.
- F-1.01: filtro para ácido residual.
- F-1.02: filtro para ácido diluido.
- 151 HVK: se debe cerrar la válvula de fondo en R-1.02.

Las siguientes conexiones están integradas en el enclavamiento y se activan por medio de la tecla Alimentación de pulpa Z-1.01, pero solo cuando se ha alcanzado un número de revoluciones que constituye por lo menos 90 % del número nominal de revoluciones y cuando el agitador RR-1.02 está en marcha:

- 120 HVK: salida de filtrado se coloca en posición normal.
- 111 HVK: enjuague de caja, periódico.
- 112 FIC: agua de transporte.
- 104 HVK: alimentación a la centrífuga.



- 106 FIC: alimentación reglaje del caudal conmuta a automático después de aproximadamente 10 s.

La alimentación de los líquidos de lavado vía las bombas P-1.02 A + B y del agua de lavado vía el regulador 110 FIC se realizan más o menos simultáneamente con la activación de la alimentación de la pulpa.

La alimentación de los líquidos de lavado no está incluida en el enclavamiento.

Enclavamiento de desactivación:

La deficiencia de un elemento en la red de enclavamiento causa ciertos procesos de desconexión.

Desconexión de la centrifuga:

Se efectúa automáticamente por las siguientes alarmas:

- 121 PSA: alarma de incendio.
- 112 FA: deficiencia de agua de transporte.
- 139 GS: contacto de puerta.
- 124 XSA: control de vibraciones.
- 133 SSA: falta de empuje (control de números de empujes)

La desconexión de la centrifuga tiene el siguiente consecutivo y/o simultáneo efecto:

- 104 HVK: alimentación de la pulpa se cierra.
- 105 HVK: enjuague de ácido se abre por aproximadamente 5 s.
- 106 FIC: regulador del caudal conecta al manual y la bomba P-1.01 transporta con el número de revoluciones ajustado por ultimo.



- Z 101: accionamiento centrifuga parar.
- P 102 A: bomba acido de lavado 1 parar.
- P 102B: bomba acido de lavado 2 parar.
- 110 FIC: agua de lavado cerrar.
- 120 HVK: salida de filtrado conmutar en R-1.02.

Cuando el número de revoluciones del tambor es < 200 r.p.m.:

- 109 HVK: enjuague de caja abre por aproximadamente 3 min.
- 118 HVK: enjuague de caja trasera abre por aproximadamente 1 min.
- 111 HVK: enjuague de caja de descarga abre por aproximadamente 1 min.
- 113 HVK: enjuague de tambor interior abre por aproximadamente 1 min.
- 115 HVK: enjuague de laberinto abre y vuelve a cerrarse cuando $n < 50$ r.p.m.
- 112 FIC: regulador para agua de transporte conmuta a manual.

Desconexión por interruptor “centrifuga 0”:

Al pulsar el interruptor centrifuga 0 en el armario de distribución central S 402 o bien en el armario local S405 tiene como consecuencia la desconexión normal como esta descrita en el punto anterior. Sin embargo antes es necesario cerrar la alimentación del producto “104 HVK” a mano.

Parada por interruptor de emergencia:

Lo mismo ocurre si la planta es parada mediante el interruptor de emergencia.

En este caso, adicionalmente se cierra la alimentación de: NC/acido y el transporte de pulpa se conmuta a circulación vía 104 HVK.



La tubería de alimentación es enjuagada con ácido por aproximadamente 10 s. vía 105 HVK.

Parada de emergencia por incendio:

En caso de incendio en la centrifuga causado por descomposición o deflagración de nitrocelulosa se producen espontáneamente gases de combustión, lo cual resulta en el incremento de la presión en la caja de la centrifuga.

En este caso vía registrador de presión 121 PSA se provoca la inundación de la cabina interior y la desconexión de emergencia con los siguientes procesos:

Resultando simultáneamente:

- Alimentación de pulpa 104 HVK desconectada.
- Bomba de aceite Z-1.02 desconectada.
- Accionamiento tambor Z-1.01 desconectado.
- Salida de filtrado 120 HVK conmutando en R- 1.02.
- Enjuague de tambor 113 HVK abierto.
- Inundación de cavidad interior de centrifuga.
- Abrir conexiones de enjuague 109, 111, 115, 118 HVK tal como en el caso de desconexión normal.

Generación de agua fría:

En la recuperación de ácido adherido realizada en contracorriente con ácido de lavado y agua, las temperaturas de los ácidos y del ácido diluido suben debido a las entalpías de mezcla.



Este calor de reacción, el cual es producido de forma continuada, es evacuado como agua fría de aproximadamente 10 °C vía los refrigeradores de W- 1.01, W- 1.02, W-1.03.

La temperatura del ácido diluido finalmente transportado al depósito de ácido mediante la bomba P- 1.03 asciende a aproximadamente 20 °C.

El sistema de generación de agua fría consiste en el grupo de refrigeración accionado por un electromotor y con una capacidad de aproximadamente 6500 Kcal/h con enfriamiento por agua.

El agua de refrigeración necesaria se obtiene del ciclo de agua de refrigeración de la torre refrigeradora existente.

La bomba P- 1.07 mantiene en circulación al agua fría que sale del recipiente B- 1.06 y pasa por el grupo de refrigeración.

La presión de elevación 158 PIA se indica localmente. Cualquier fallo activa las alarmas 158 PA y 157 FA en la central de mando S402.

La temperatura de salida (en el tubo de alimentación) del agua fría 156 TI es medida localmente.

Puntos adicionales de medición para el agua fría calentada se encuentran detrás de cada refrigerador de ácido (141, 142, 143 TI) respectivamente, así como delante de las entradas del grupo de refrigeración de agua fría (159 TI).

Transporte de pulpa NC a la estabilización en NC5:

El transporte de la pulpa de NC se efectúa con la bomba P- 1.05 y debe ser coordinado junto con el personal de servicio de la estabilización.

Solo cuando este libera el transporte y cuando también el agitador R- 1.02 está en marcha, la bomba P- 1.05 podrá ser conectada.



Al pulsar la tecla, el ciclo se desarrolla automáticamente:

- Válvula de enjuague 152 HVK se abre por aproximadamente 15 s.
- Bomba P- 5.01 se conecta.
- Válvula de descarga 151 HVK se abre.
- Válvula de descarga 152 HVK se cierra.

El transporte de la pulpa puede ser parado desde el cuadro de distribución S 403 o bien desde el cuadro de distribución S503 en NC5.

Al parar la bomba “P-1 05 “pasa lo siguiente:

- Válvula de descarga de fondo 151 HVK se cierra.
- Válvula de enjuague 152 HVK se abre por aproximadamente 15 s.
- Bomba P- 1.05 se desconecta.

Puesta en marcha:

Nitración: se divide en pasos:

- Llenar ácido y alimentar línteres: 4,5 min.
- Nitrar: 29,0 min.
- Vaciar: 2,0 min.

Con un tiempo de duración total del proceso de 35,5 min.

De este modo aproximadamente 13 cargas por hora llegan a ser nitradas.

Las cantidades de dosificación para línteres y ácido quedan más o menos inalteradas.



Correcciones en la relación de dosificaciones de línteres: ácido – es decir reducción del modulo de acido- podrán hacerse.

La concentración de los ácidos de nitración y de la temperatura de los ácidos queda inalterada.

En marcha de régimen normal la nitración se inicia antes de poner en marcha la centrifuga Z- 1.01, ya que pasan aproximadamente 50 min. Hasta que la centrifuga empiece a ser alimentada.

El post- Nitrador R- 1.01 empieza a operarse con un nivel de carga aproximadamente de un 65 %, es decir el post- Nitrador debe haber sido llenado aproximadamente con 5 cargas de nitración para que este nivel este alcanzado y pueda iniciarse el proceso de centrifugación.

Después de llenado el post- Nitrador R- 1.01 con la primera carga, deberá ponerse en marcha el agitador RR- 1.01.

Centrifuga y recuperación de acido adherido:

Puesta en marcha de la centrifuga:

Local:

- Agua de refrigeración para refrigerador de aceite: válvula de mano 166 abrir.
- Barrido de aire FIA 114: válvula de mano 178 abrir y con la válvula 179 ajustar a 3 Nm³/h
- Enjuague de caja trasera: abrir 118 HVK.
- En el rotámetro FIS 119 con válvula 163 ajustar 3 m³/ h

Después de 30 s. este enjuague se vuelve a parar.

Cuadro de mando local S405:



- Bomba de aceite Z- 1.02 conectar.
- Accionamiento de centrifuga Z- 1.01 conectar.

Una vez que el número de revoluciones ha llegado a 50 r.p.m. el enjuague del laberinto 115 HVK se conecta automáticamente.

En el rotámetro FI 116 las cantidades de agua de enjuague son ajustadas con válvulas de mano 161 en 1, 2 m³/h y en el rotámetro FI 117 son fijadas en 1,5 m³/h con la válvula numero 159.

Una vez alcanzado un de revoluciones > 200 r.p.m. esta enjuagadura se para automáticamente.

El numero de revoluciones de la centrifuga se desprende del armario central S402.

Puesta en marcha del ciclo de la pulpa:

Central de mando S402 y S403:

Una vez alcanzado el nivel del relleno de aproximadamente 65 % lo que corresponde aproximadamente a 5 cargas de nitración- indicador de nivel LIA 101 en la central de mando S403 se pone en marcha el ciclo de NC/ acido mediante la bomba P-1.01.

Manejo local S404 u operación central desde el armario de distribución S402.

Antes de que la bomba P- 1.01 pueda ser puesta en marcha, debido al bloqueo de conexión deberán cumplirse con las siguientes condiciones.

- 104 HVK: alimentación pulpa en centrifuga Z- 1.01 cerrada.
- RR-1.01: agitador en marcha.
- P- 1.04: bomba para acido residual igual acido de enjuague en marcha.



(Conectar local) Señalización en PA 147.

Al pulsar la llave de puesta en marcha P- 1.01 (vaciar R-1.01) circulación de pulpa, los siguientes procesos se suceden automáticamente:

- Regulador 106 FIC (cantidad de pulpa) conectar a manual.
- El número probable de revoluciones de la bomba P-1.01 (valor empírico) es ajustado en el regulador.
- 103 HVK válvula de enjuague abre por aproximadamente 10 s.
- P-1.01 bomba se conecta.
- 102 HVK: válvula de descarga en post- nitrador R- 1.01 se abre.
- 103 HVK: válvula de enjuague se cierra.

La cantidad de circulación no es medida en lugar de eso, la presión en la tubería de retorno se indica central PI 107.

En el regulador 106 FIC el numero de revoluciones de la bomba puede ser ajustado de manera que coincide con el valor inicial para la alimentación a la centrifuga.

Alimentación del producto a la centrifuga:

Antes de que el producto pueda ser alimentado a la centrifuga, debe haberse cumplido con las siguientes condiciones:

1. La bomba P- 5.02 para agua de transporte debe estar en marcha (arranque local en depósito para agua B-5.03).
2. La generación de agua fría con la unidad W- 1.04 para la refrigeración de los ácidos lavados debe estar en marcha. La bomba P-1.07- conexión local- debe estar en marcha.



Indicación de la presión es local y en PA 158 y aviso de fallo FA 157 en la central de mando S403.

La temperatura de agua fría- medición local en TI 156- debe ascender a 10 °C

3. Los accionamientos de vibración para los filtros F-1.01 y F-1.02 deben estar conectados (local o en S403) y el agua de enjuague para la descarga de los finos debe correr.

Regular cantidad de agua en FI 140 (válvulas 176 VF y 177 VF).

4. La válvula de descarga de fondo 151 HVK de recipiente de pulpa R- 1.02 debe de estar cerrada.

5. La alimentación de los ácido de lavado a la centrifuga debe estar conectada.

120 HVK: salida de filtrado en posición normal.

Conectar reguladores 130 LIC y 132 LIC a manual y reajustar valor nominal (niveles en aproximadamente 70 %).

Arrancar bombas P- 1.02 A y B.

Ajustar regulador 110 FIC (agua de lavado) en valor nominal de aproximadamente 560 1.

Conectar reguladores 130 LIC y 132 LIC a automático.

En este momento la tecla de arranque alimentación pulpa Z- 1.01 deberá ser pulsada iniciándose, por lo tanto, el desarrollo automático siguiente:

- 111 HVK: conecta (lavado periódico de la caja de descarga).
- 104 HVK: para alimentación de pulpa abrir



- 106 FIC: conecta después de aproximadamente 10 s. a automático y ajusta la cantidad de alimentación en valor nominal (valor empírico).
- 112 FIC: agua de transporte abre y el regulador conecta a automático (valor nominal pre ajustado aproximadamente 10, 7 m³/h).

Ajuste de recuperación de ácidos adheridos:

La cantidad de ácido lavado- la eficiencia del lavado- depende de la alimentación del agua de lavado por el regulador FIC 110.

Cuanto más grande la alimentación con agua, tanto más ácido es lavado.

Dado que el ácido lavado- ácido diluido- debe llegar a la de nitración y a la reconcentración, en lo que concierne a la eficiencia de lavado y la concentración de ácido diluido abra que encontrar la relación que permita realizar la desnitración justificándose el consumo de energía.

Esto se logra con una concentración total de ácido (ácido nítrico y ácido sulfúrico) de aproximadamente el 60%.

Los valores exigidos deben ser alcanzados mediante el control analítico del ácido diluido en conexión con la alimentación del agua en FIC 110.

Transporte de pulpa hacia estabilización en NC5:

La puesta en circuito del transporte de pulpa de NC hacia la estabilización en NC5 siempre debe estar coordinada con el personal de servicio de NC5.

La liberación para el transporte de pulpa es realizada pulsando la tecla respectiva para cada autoclave Llenar de los cuadros de mando locales S509/ S510 en NC5.

Esta señal es transmitida al cuadro de mando S 403, en el cual la lámpara NC5 listo señala en luz intermitente que el transporte de la pulpa/ NC ha de suceder.



El transporte mismo debe ser iniciado pulsando la tecla vaciar R-1.02 / P 105 en el cuadro de mando S403, el proceso mismo se desarrolla automáticamente.

En el cuadro de mando S 503 en NC5 luce lámpara 1 en el tablero respectivo señalando que la autoclave está siendo llenada.

La cantidad deseada para el llenado de la autoclave es ajustada en el contador en el cuadro de mando central S503 en NC5, cuando la cantidad ajustada ha sido transportada esto se señala por una luz intermitente de la lámpara autoclave llena. A continuación, pulsando la tecla P- 105 Stop en el cuadro de mando S 503, el transporte de pulpa/ NC debe de ser terminado (desarrollo automático).

La lámpara autoclave llena deja de mostrar luz intermitente, sin embargo continua luciendo hasta que el proceso siguiente llenado es iniciado.

Parada:

Bajo condiciones la planta es operada de forma continua por 24 h diarias y solamente durante los fines de semana es parada totalmente.

Paradas parciales son efectuadas en caso de cambiarse el producto o interrupciones necesarias de corta duración.

La parada siempre es realizada desde el comienzo del desarrollo del proceso, es decir primero se finaliza la nitración y nitradora por nitradora es vaciada en la post-nitradora, enjuagada posteriormente con acido de B-1.04 y parada.

Vaciado de la post-nitradora:

La bomba P-1.01 transporta la pulpa de NC/acido a la centrifuga sin embargo, una parte de la cantidad transportada es circulada de vuelta -como ajustado- a la post-nitradora.



El nivel en R-1.01 baja y desde un cierto punto la alarma de nivel 101 LA es activada.

A más tardar en este momento el regulador de cantidades FICA 106 en el cuadro de mando S402 debe ser conectado a manual y la cantidad transportada debe ser reducida manualmente.

El vaciado interior es efectuado desde el cuadro de mando local S404.

Con el interruptor LLAVE “vaciado total” el manejo es conmutado de S402 a S404.

Visualmente la disminución del nivel es controlada.

El enjuague con acido es iniciado abriendo las válvulas de acido 132 y 133 HA todavía antes de que el órgano agitador más bajo sea visible.

Al aparecer este órgano agitador mas bajo el agitador debe desconectarse.

Mediante el acido de enjuague la pulpa de NC/acido es diluido de tal manera que después de poco tiempo la circulación puede ser desconectada pulsando la tecla “parar circulación pulpa”.

La válvula 144 HVK cierra y la válvula de enjuague de acido 145 HVK abre por aproximadamente 10 s. Las válvulas de enjuague de acido 132 HA y 133 HA son cerradas manualmente.

A continuación, pulsando la tecla “0” vaciado R-1.01 se cierra la válvula de fondo 102 HVK.

Con la tecla “0” P101 la bomba P-1.01 es desconectada y automáticamente la tubería y la bomba son enjuagadas con acido vía 103 HVK.

Ahora la centrifuga puede ser desconectada.

Parar la centrifuga:



La centrifuga se para cuando se pulsa la letra “0” centrifuga Z-1.01 con la siguiente secuencia automática:

- 104 HVK: alimentación de pulpa cierra.
- 105 HVK: enjuagadura de acido abre por aproximadamente 5 s.
- ZM 101: accionamiento de tambor desconecta.
- P-1.02 A: bomba para acido de lavado 1 se desconecta.
- P-1.02 B: bomba para acido de lavado 2 se desconecta.
- 110 FIC: válvula de agua lavado cierra.
- 120 HVK: salida de filtrado son todas conmutadas a salida por R-1.02.

El número de revoluciones disminuye y el giro del tambor se ralentiza.

Cuando alcanzado un número de revoluciones < 200 r.p.m., automáticamente son iniciados los procesos de enjuague.

Se abren las válvulas orientadas al tiempo HVK 109, 111, 113, 115 y 118.

Al abrir la válvula 113 HVK, la NC que se halla en el tambor de la centrifuga es flotada en el recipiente de pulpa R-1.02 por medio de un fuerte chorro de agua.

También todas las demás aguas de enjuague afluyen a este recipiente.

Cuando alcanzado un número de revoluciones menor a 50 r.p.m. la válvula 115 HVK cierra.

Una vez parado el tambor, pulsando la tecla “0” bomba de aceite Z-1.02, el empuje es desconectado.

Limpiar la centrifuga:

Para evitar que se depositen residuos de la NC en la centrifuga, se recomienda limpiar una vez a la semana la zona de rotación y empuje y la cámara de ácido de la centrifuga con un chorro de agua de alta presión y controlarla visualmente por residuos.

Vaciar del recipiente de pulpa de NC:

La bomba P-1.05 transporta todavía la pulpa de NC a la estabilización en NC5.

Una parte de la cantidad transportada es retomada al recipiente de pulpa- como ajustado por la válvula de membrana 145 VM.

El nivel en R-1.02 baja y una vez llegado a un cierto punto, la alarma de nivel es activado. A más tardar en este momento el regulador de nivel 150 LICA en el cuadro de mando S403 debe ser conectado a manual.

El vaciado posterior procede desde el cuadro de mando local S404 bajo supervisión.

Durante el vaciado del mezclador-se baja el nivel y los órganos agitadores ya no se sumergen en el líquido. El recipiente y el agitador son limpiados con una manguera de agua así que la NC es arrastrada al cono. Una vez que el recipiente está vacío, en el cuadro de mando local S404 es desconectado el agitador y, pulsando la tecla “0” vaciado R-1.02, es cerrado.

Al pulsar la tecla enjuaga se abre la válvula de agua 152 HVK en régimen de impulsos. Al final la bomba P-1.05 es desconectada.

4.4.4.3 Descripción del programa del PLC S7-300 del proceso de la nitrocelulosa

El programa descrito a continuación está conformado por un bloque general OB1 en el cual se hace el llamado a 4 bloques de funciones identificados como:

1. FB1: se ejecutan las instrucciones para inicializar todo el proceso



2. FB2: se ejecutan las instrucciones para energizar y desconectar todos los motores incluidos en el proceso.

3. FB3: se ejecutan las instrucciones referentes a las alarmas y lámparas del proceso.

4. FB4: se ejecutan las instrucciones que permiten abrir o cerrar las válvulas HVK de todo la planta.

A continuación se explicará a detalle cada uno de estos bloques, indicando cada salida que se activa, según el orden de aparición en el programa de PLC:

Bloque 1: bloque de inicialización del proceso

El bloque está conformado por 61 segmentos, en los cuales se procede a hacer lo siguiente:

- Inicialización de los contactos de frecuencia con los nombres: “0,5 Hz”, “1.0 Hz” y “2,0 Hz”, los cuales son utilizados para determinar la frecuencia de los motores que así lo requieran y los tiempos de titilación de las lámparas y alarmas del proceso.
- Desactivación e inicialización de la bocina de indicación de alarmas con el nombre de: “Horn 3k3”.
- Enclavamiento de dos memorias internas importantes como: “M0.4” y “M5.3”, las cuales permiten iniciar en automático el proceso donde intervienen las bombas P-1.01 y P-1.05 respectivamente.
- Activación a manual de los controladores de caudal: “106 FC” y “150 FC” que son los que determinan la variación de la frecuencia en las bombas P-1.01 y P-1.05 respectivamente
- Activación de los controladores de caudal “112 FC” y “110 FICA”.
- Reseteo de todo el sistema en el proceso por medio del contacto “RESET 124X”.



- Activación de la alarma y lámpara de emergencia “Emerge-ok”.
- Activación de la señal de aceptación por parte de la planta de estabilización para lograr la transición de la pulpa de NC de NC4 a NC5.

Bloque 2: Bloque de activación y desconexión de motores:

El bloque está conformado por 153 segmentos en los cuales se ejecutan una serie de instrucciones y condiciones para lograr energizar y desconectar tanto las bombas como los filtros, los agitadores y la centrifuga. Cada grupo de segmentos permite ejecutar un arranque o parada de un motor determinado, como se explica a continuación:

- Activación y desconexión tanto de los filtros como de las lámparas de “F- 1.01” y “F- 1.02” utilizados en la separación del ácido de la pulpa de NC.
- Activación y desconexión de la bomba y su respectiva lámpara “P- 1.02 A” y “P- 1.02 B”, las cuales son utilizadas para retornar el ácido a las diferentes etapas de la centrifuga, como se explico anteriormente en el apartado #####.
- Activación y desconexión de las bombas y las lámparas para “P- 1.03” y “P- 1.07”, destinadas para el transporte de ácido diluido al depósito y el transporte de agua fría a los intercambiadores de calor, respectivamente.
- Activación y desconexión de las bombas y las lámparas para “P- 1.01” y “P- 1.05”, destinadas al transporte de la NC/ácido a la centrifuga y el transporte de la pulpa de NC a la planta de estabilización NC5.
- Activación y desconexión de los agitadores como motores y lámparas de “RR- 10.1” y “RR- 1.02”, destinados a ejecutar el proceso de hacer nitrar la NC/ácido en el post Nitrador R- 1.01 y el proceso de mezclar y mantener la pulpa de NC en el Tanque R- 10.2 respectivamente.
- Conexión y desconexión del motor y la lámpara de recirculación de aceite de la centrifuga “Z- 1.02.
- Conexión y desconexión del motor y la lámpara de la centrifuga.



Bloque 3: Bloque de conexión y desconexión de las alarmas y lámparas de la planta

En este bloque está conformado por 147 segmentos donde se ejecutan todas las instrucciones que permiten la activación o desconexión de las alarmas de todos los instrumentos indicadores de caudal, temperatura, nivel y otras variables que son importantes en la ejecución del proceso de la NC en la planta. A continuación se describen las alarmas incluidas en el proceso:

Cuando algún parámetro se exceda en el proceso se activara la alarma respectiva y permanecerá una luz completamente encendida, hasta tanto no sea desactivada.

- Indicación de las alarmas 101 LA y 106 FA, que indican una alerta por alta del nivel y del caudal respectivamente.
- Indicación de las alarmas 110 FA y 112 FA, que indican una alerta por alta del caudal.
- Indicación de las alarmas 121 PS y 114 PS, que indican una alerta por alta de presión.
- Indicación de las alarmas 122 SS y 123 SA, que indican una alerta por alta de velocidad.
- Indicación de las alarmas 124 XA y 124 XAo, que indican una alerta por alta de vibraciones.
- Indicación de las alarmas 127 TA y 128 TA, que indican una alerta por alta de temperatura.
- Indicación de las alarmas 129 PA y 130 LA, que indican una alerta por alta de presión y nivel respectivamente.
- Indicación de las alarmas 131 TA y 132 LA, que indican una alerta por alta de temperatura y nivel respectivamente.



- Indicación de las alarmas 135 TA y 150 LA, que indican una alerta por alta de temperatura y nivel respectivamente.
- Indicación de las alarmas 150 Lo y 157 FA, que indican una alerta por alta de nivel y cauda respectivamente.
- Indicación de las alarmas 158 PA y 160 PA, que indican una alerta por alta de presión.
- Indicación de la activación y funcionamiento de la bomba P- 1.04.
- Indicación de que el sistema de enfriamiento esta activo y funcionando correctamente “W- 1.04”.
- Señal de activación de bomba para agua de transporte P- 5.02.

Bloque 4: Bloque de accionamiento de válvulas de la planta

Este bloque conformado por 50 segmentos, realiza acciones que permiten ejecutar la apertura o el cierre de las válvulas HVK.

Las válvulas que se usan en el proceso están normalmente cerradas y su accionamiento se describe a continuación:

- Se inicia con la activación de la válvula y la lámpara de indicación de “102 HVK”.
- Activación de la válvula y lámpara de 103 HVK.
- Activación tanto de la válvula como de la lámpara 104 HVK.
- Activación de la válvula y la lámpara 105 HVK.
- Activación de la válvula y la lámpara 109 HVK.
- Activación de la válvula y la lámpara 111 HVK.
- Activación de la válvula y la lámpara 113 HVK.
- Activación de la válvula y la lámpara 115 HVK.
- Activación de la válvula y la lámpara 118 HVK.



- Activación de las lámparas 120 HVK en su estado normal (cerrada).
- Activación de las lámparas 120 HVK en su estado activo (abierta).
- Activación de la lámpara de 144 HVK (se activa cuando está cerrada).
- Activación de la válvula 144 HVK para cerrar.
- Activación de la válvula 144 HVK para abrir.
- Activación de la válvula y la lámpara 145 HVK.
- Activación de la válvula 120 HVK en su estado normal (cerrada).
- Activación de la válvula 120 HVK en su estado activo (abierto).
- Activación de la lámpara 151 HVK.
- Activación de la válvula y la lámpara 152 HVK.
- Activación de la válvula y la lámpara 134 HVK.
- Activación de la válvula 151 HVK.

4.4.5 Planos de conexión del sistema de control

En el apéndice C se presenta el esquema de conexión de alimentación de energía al sistema de control.

4.4.6 Lista de cableado

Las redes de control comprenden un amplio sistema de conexión que logra, desde el suministro de energía, hasta la comunicación entre la central de control y los elementos que conforman las entradas y salidas del sistema. La lista de cableado presenta un informe detallado de dimensiones, nivel de tensión y ruta de los cables que permiten tales acciones. Para tener acceso a la lista de cableado diríjase al Apéndice D.

4.5 Sistema SCADA

4.5.1 Simulación bajo software InTouch 10.0

Para fines académicos de ilustración y demostración del correcto funcionamiento de la programación trabajada, se hace uso de la interfaz grafica Intouch 10.0. Para llevar a cabo esto, se requiere de la comunicación entre el PLC y el software de simulación. Debido a la limitación del PLC Siemens S7-300 disponible en la facultad, en cuanto a la cantidad de entradas/salidas, se simulara solo los segmentos más representativos del sistema, dejando a un lado procesos simples de acción directa y funcionamiento similar a otros incluidos en la ilustración, siendo así posible comprobar su adecuado desempeño.

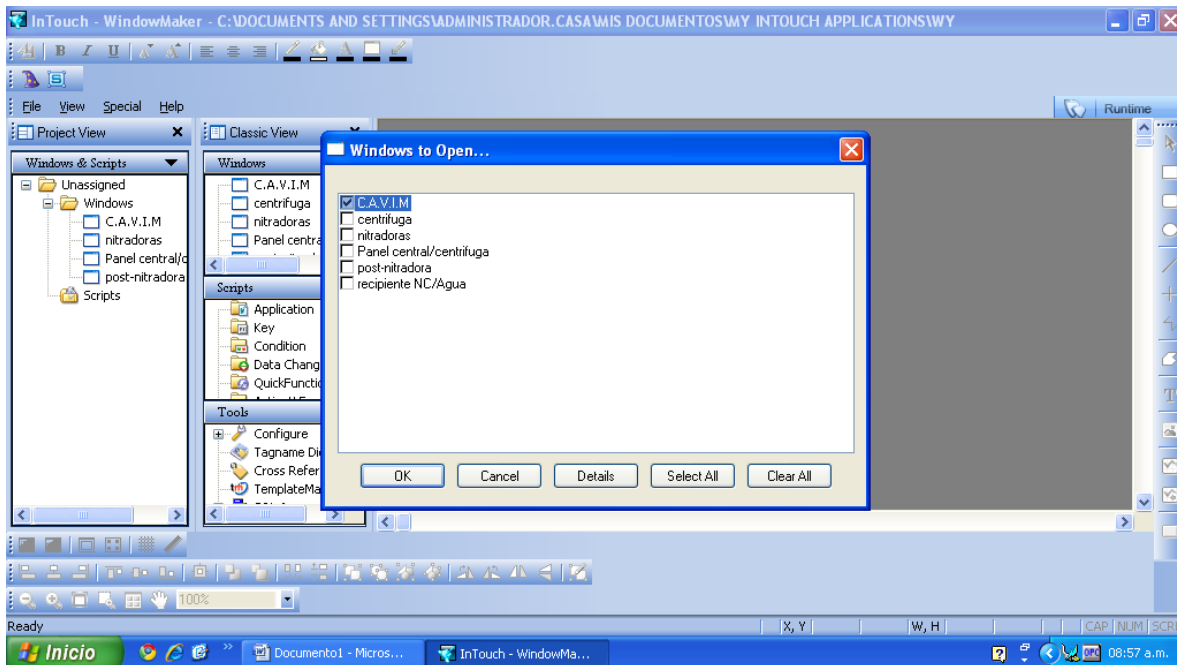
Para realizar el control del proceso se dispone de un programa en lenguaje de contacto realizado en Step7 (Administrador Simatic para programar PLC S7 300) y algunos scripts en el sistema SCADA InTouch.

Una vez cargado el programa al autómatas se procede a realizar la comunicación con el sistema supervisorio SCADA por medio del IBH OPC Server el cual permitirá leer los datos del PLC Siemens S7 300 y transferirlos al OPC Link.

Para mas información relativa a la configuración del PLC y comunicación con la interfaz grafica refiérase al trabajo de grado presentado por Linarco J. Pérez V. (2009): *“desarrollo de estrategias didácticas a la formación teórico-práctica con el sistema scada intouch para el laboratorio de automatización insdustrial II”*.

A continuación se presenta el proceso de diseño y elaboración del sistema supervisorio SCADA bajo el software InTouch 10.0. En la fig. 4.9 se muestra el ambiente del simulador Intouch 10.0, donde se tiene acceso a todas las ventanas utilizadas por el usuario para el desarrollo del diseño.

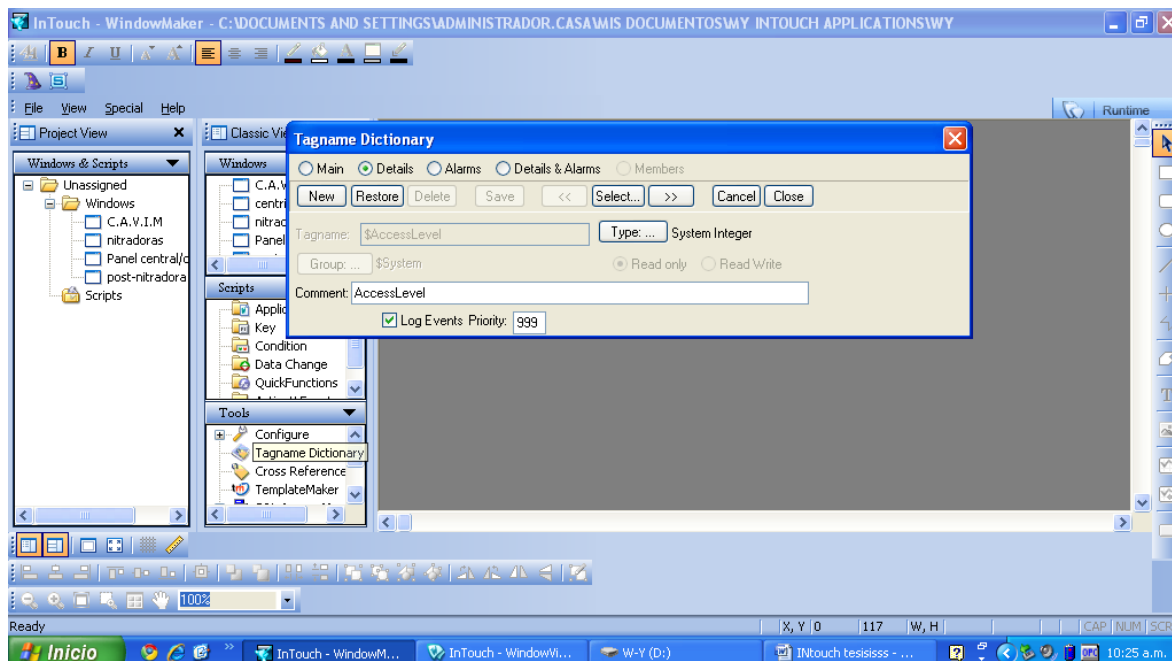
Figura 4.9 Ambiente InTouch.



Fuente: Simulador Intouch.

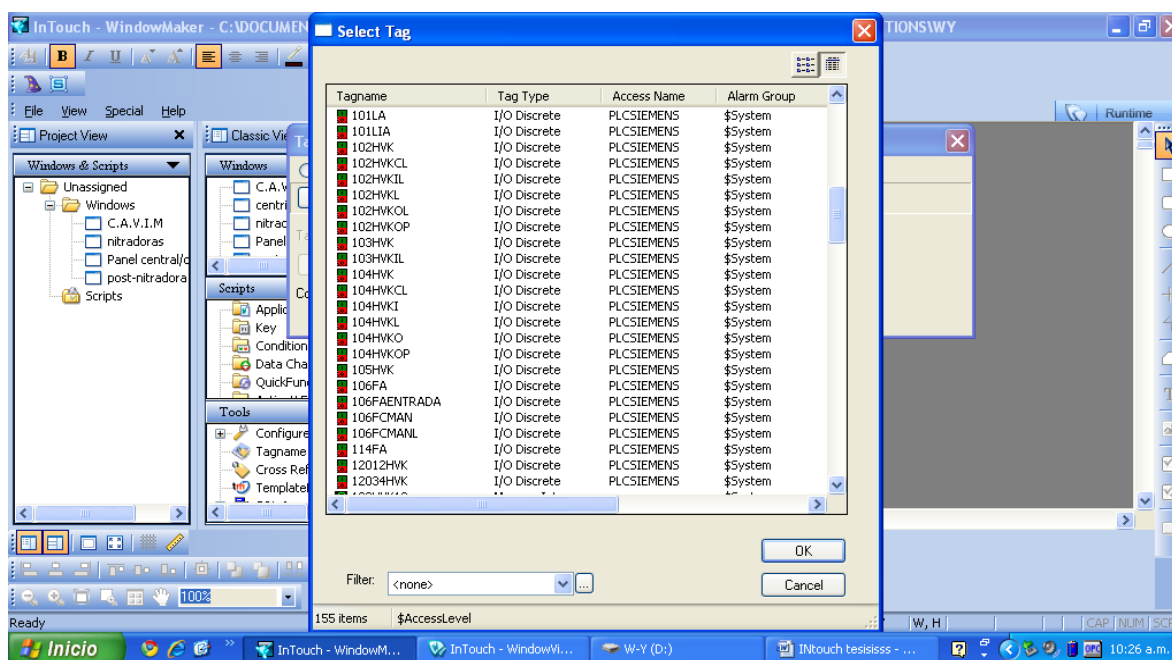
Para lograr la comunicación con el PLC se introducen en el simulador una serie de variables (Tags) que hacen la función de etiquetas asignadas a cada objeto utilizado en la simulación, algunos de los tags utilizados se observan en las figuras 4.10 y 4.11.

Figura 4.10 Directorio de Tagname.



Fuente: Intouch.

Figura 4.11 Lista de Tags Utilizados.



Fuente: Intouch

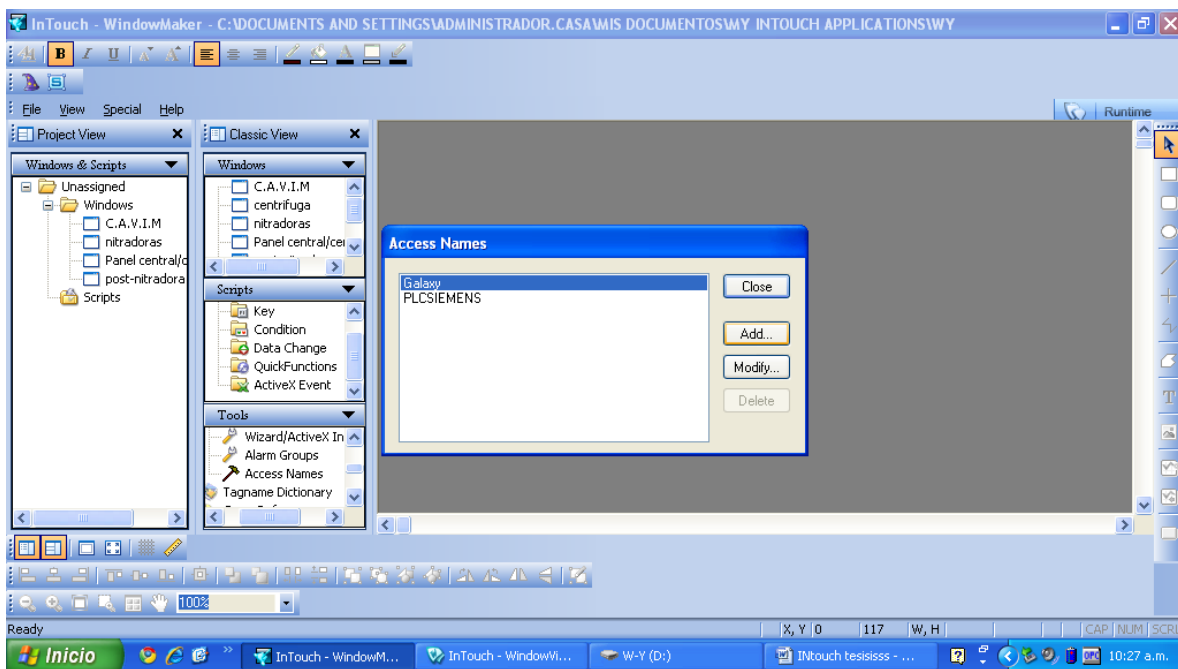
Ademas debe configurarse el *Access Name*, en este caso se utilizo el nombre de PLCSIEMENS en mayuscula, donde se establece los siguientes parametros:

Application Name: OPClink.

Topic Name: PLCs7300.

Los demas parametros se dejan por defecto. La ilustracion se muestra a continuacion en la figura 4.12 y 4.13.

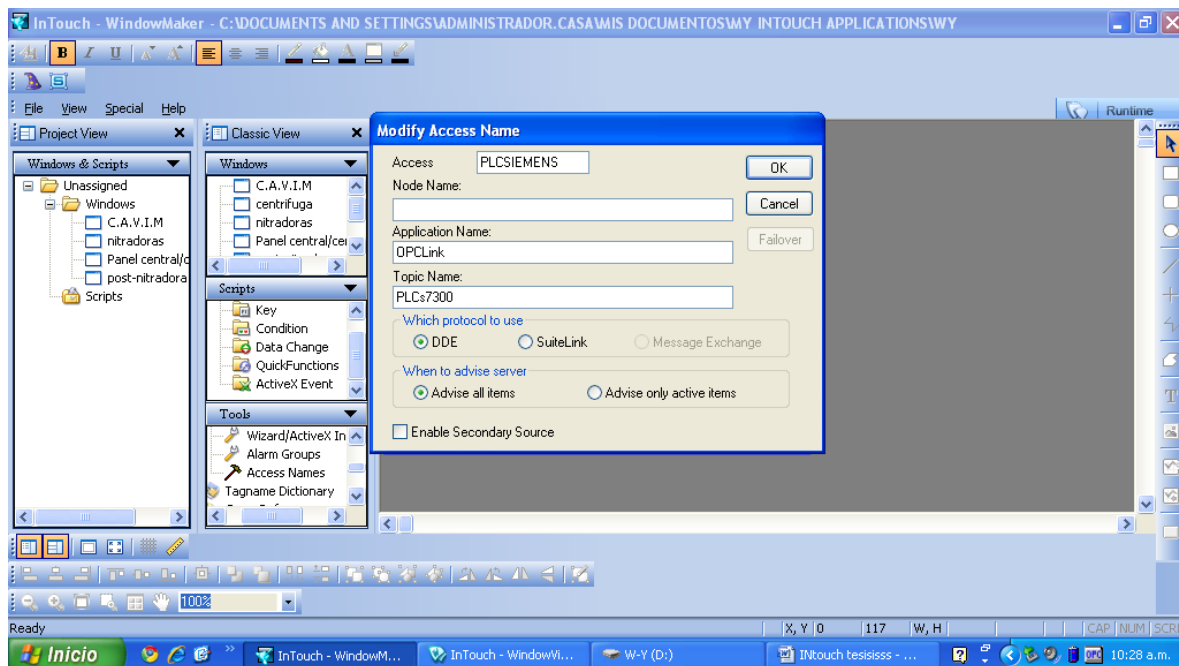
Figura 4.12 Access Name



Fuente: Intouch.



Figura 4.13 Configuración del Access Name.

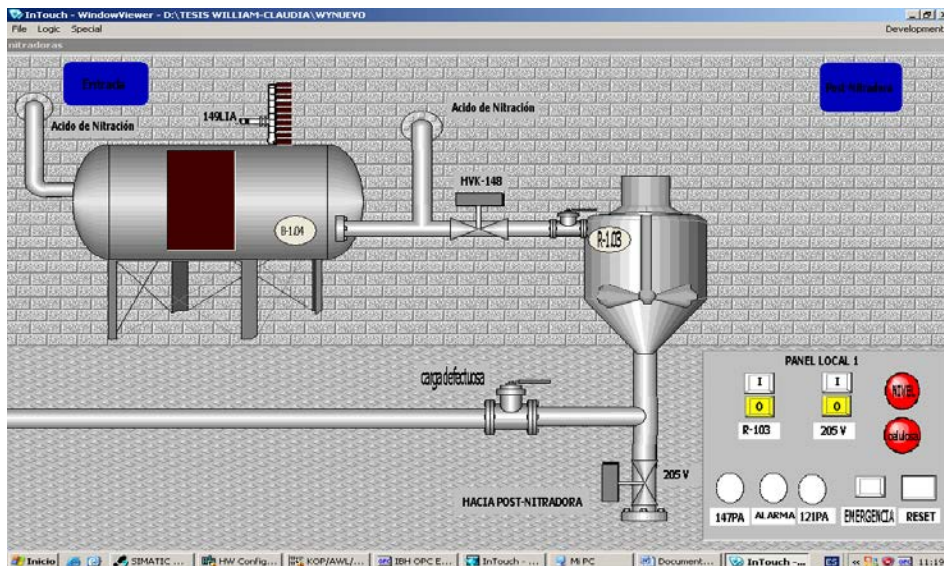


Fuente: Intouch.

En esta simulación se utilizarán 5 ventanas con sus respectivos paneles de control para dar una idea del proceso real del sector NC4 de la planta, entre ellas tenemos:

- 1) Se simula la primera etapa del proceso donde intervienen el tanque B-101 y un total de 8 nitradoras (R-103 A/H) con sus respectivas válvulas y agitadores (Ver figura 4.14). Se muestra el funcionamiento del lazo de control de nivel propuesto en el trabajo de reingeniería, surtiendo ácido desde el tanque contenedor hacia una de las nitradoras, proceso que es similar para las 7 restantes.

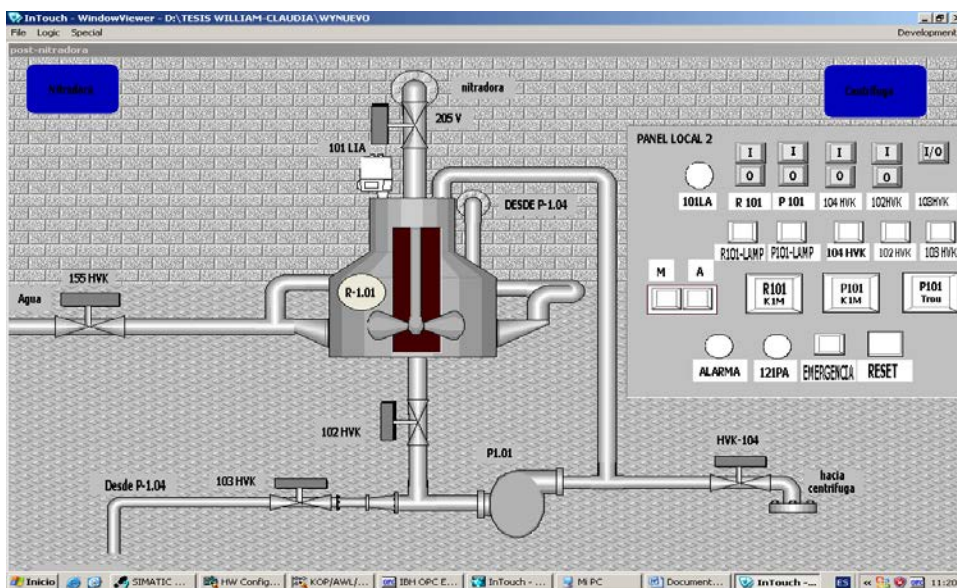
Figura 4.14 Primera etapa del proceso.



Fuente: Intouch.

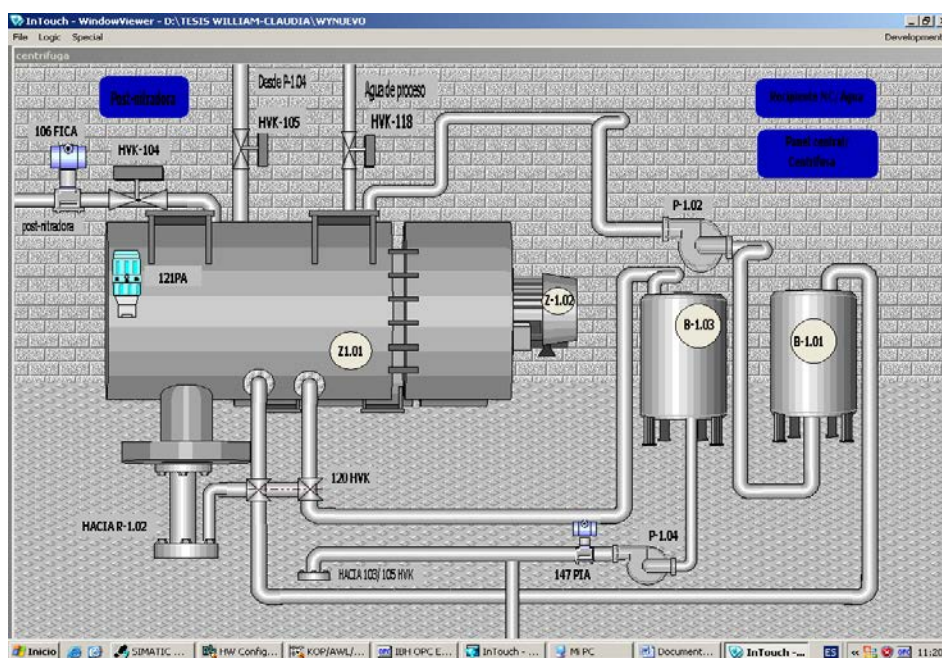
- 2) Post-nitrador: la figura 4.15 representa como la mezcla celulosa-acido es almacenada y agitada en un tanque recolector para, pasado un tiempo, ser impulsada por la bomba P1.01 a la centrifuga (Z-101).

Figura 4.15 Post-nitrador.



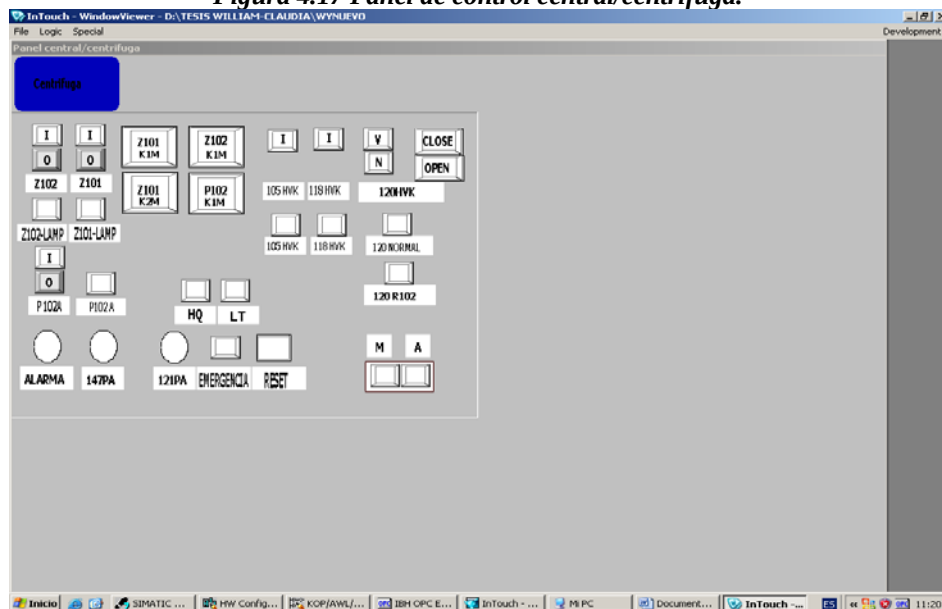
Fuente: Intouch.

Figura 4.16 Centrifuga.



4) Panel de control central/centrifuga: en el panel mostrado en la figura 4.17 se distribuyen todos los pulsadores, interruptores y alarmas que se utilizan en la centrifuga y proceso en general.

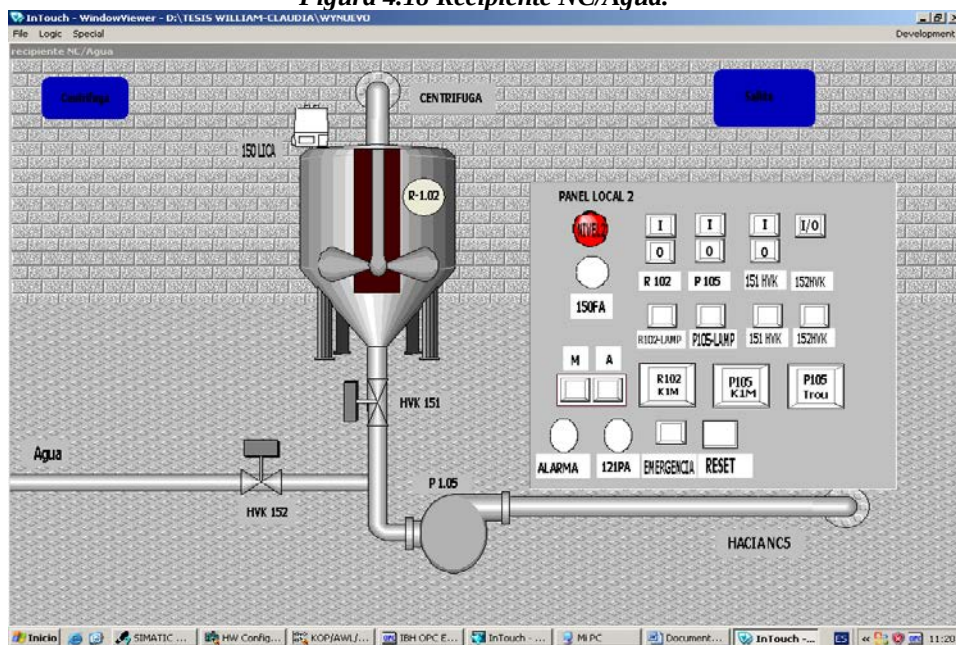
Figura 4.17 Panel de control central/centrifuga.



Fuente: Intouch.

5) Recipiente de NC/agua: en esta ventana se observa como la nitrocelulosa en estado óptimo se almacena en un tanque, donde es agregada agua y se agita por un tiempo, hasta que finalmente la nitrocelulosa es transportada a la etapa NC5 de la planta donde se trabaja con la estabilización de la NC. Ver figura 4.18.

Figura 4.18 Recipiente NC/Agua.



Fuente: Intouch.

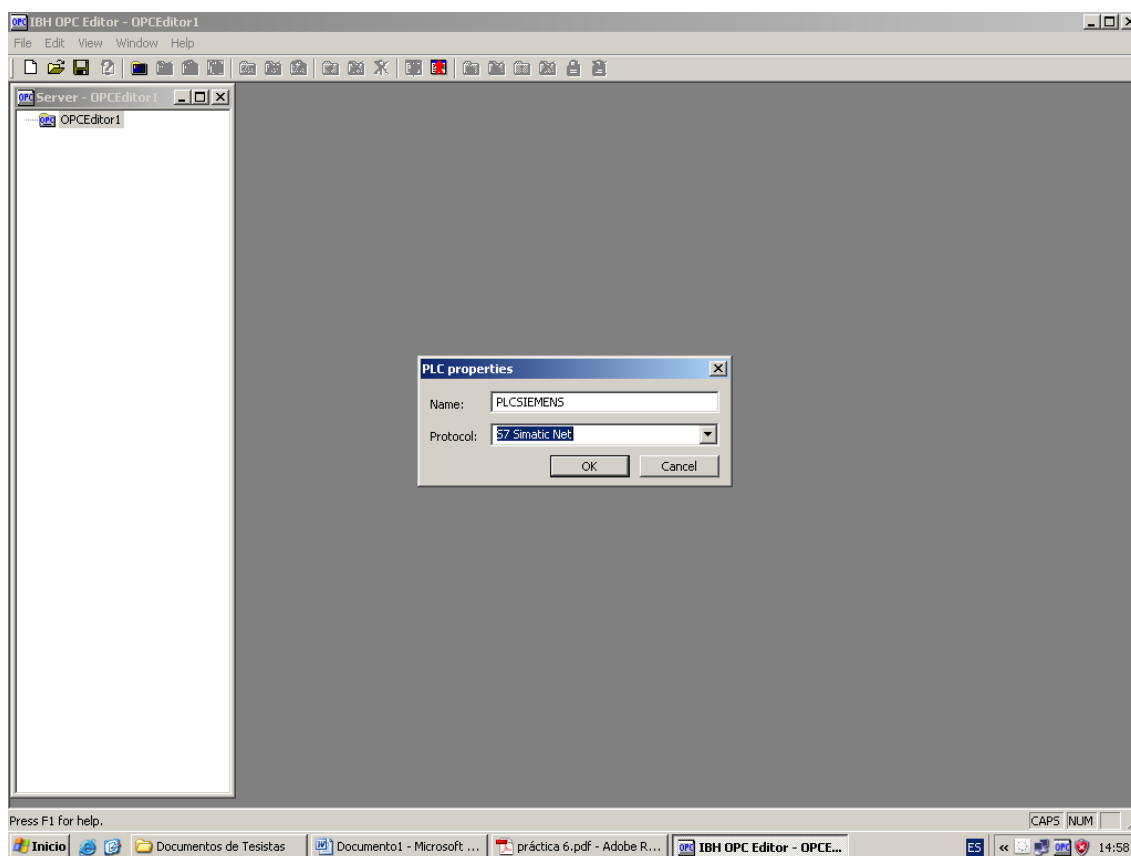
4.5.2 IBH OPC

El servidor IBH OPC permite conectar sistemas SCADA con PLC's de la serie SIMATIC S5 y S7, siendo incluso posible obtener data de varios PLC simultaneamente.

La configuracion del servidor es realizada via OPCEditor, quien permite leer los datos del PLC Siemens S7-300 y transferirlos al OPC Link.

Una vez creado el nuevo proyecto y configurado el PLC a utilizar, se procede a agregar las variables que se pretende simular. En las figuras 4.19 y 4.20 se muestra el ambiente de los pasos mencionados.

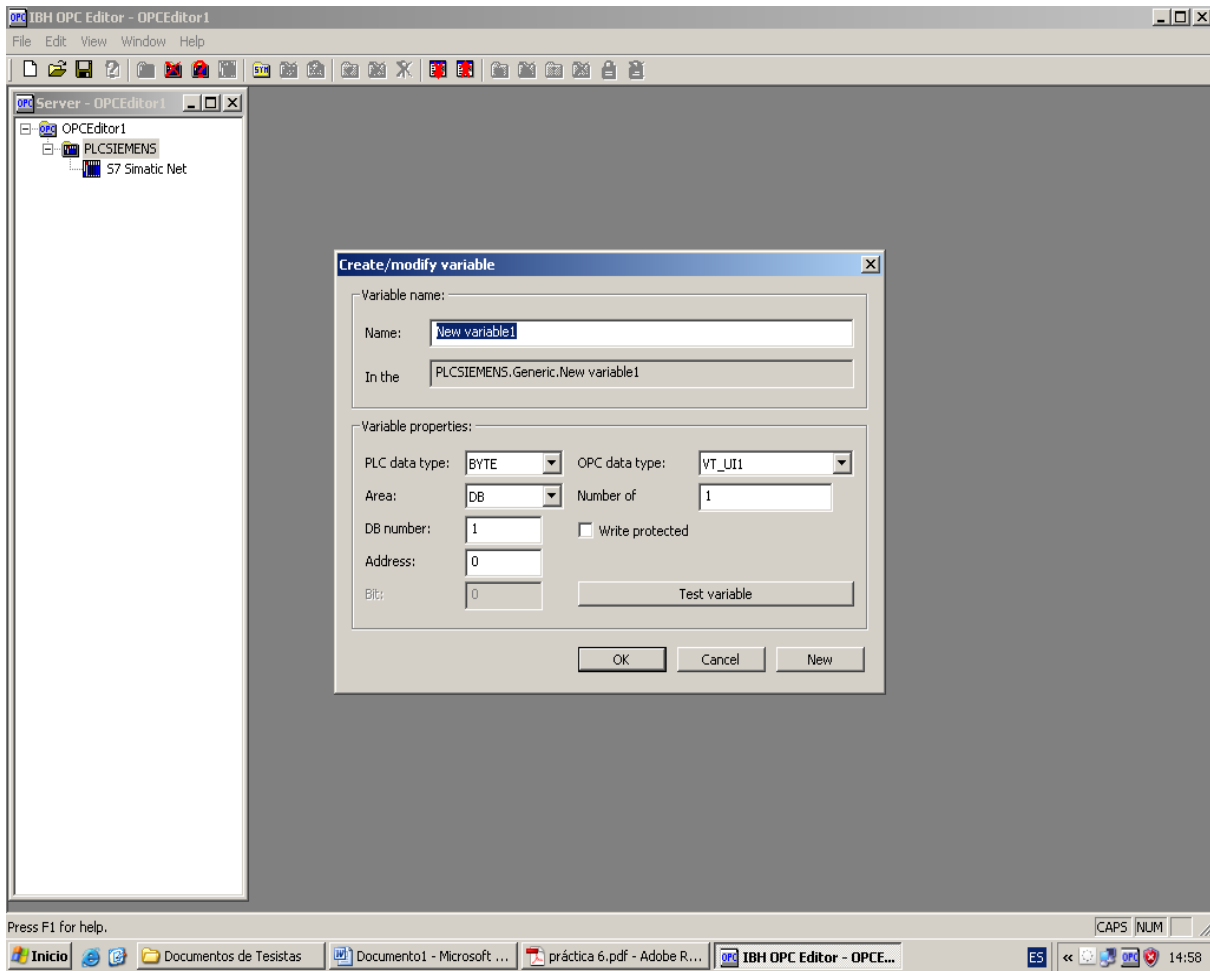
Figura 4.19 Configuración del PLC.



Fuente: OPCEditor.



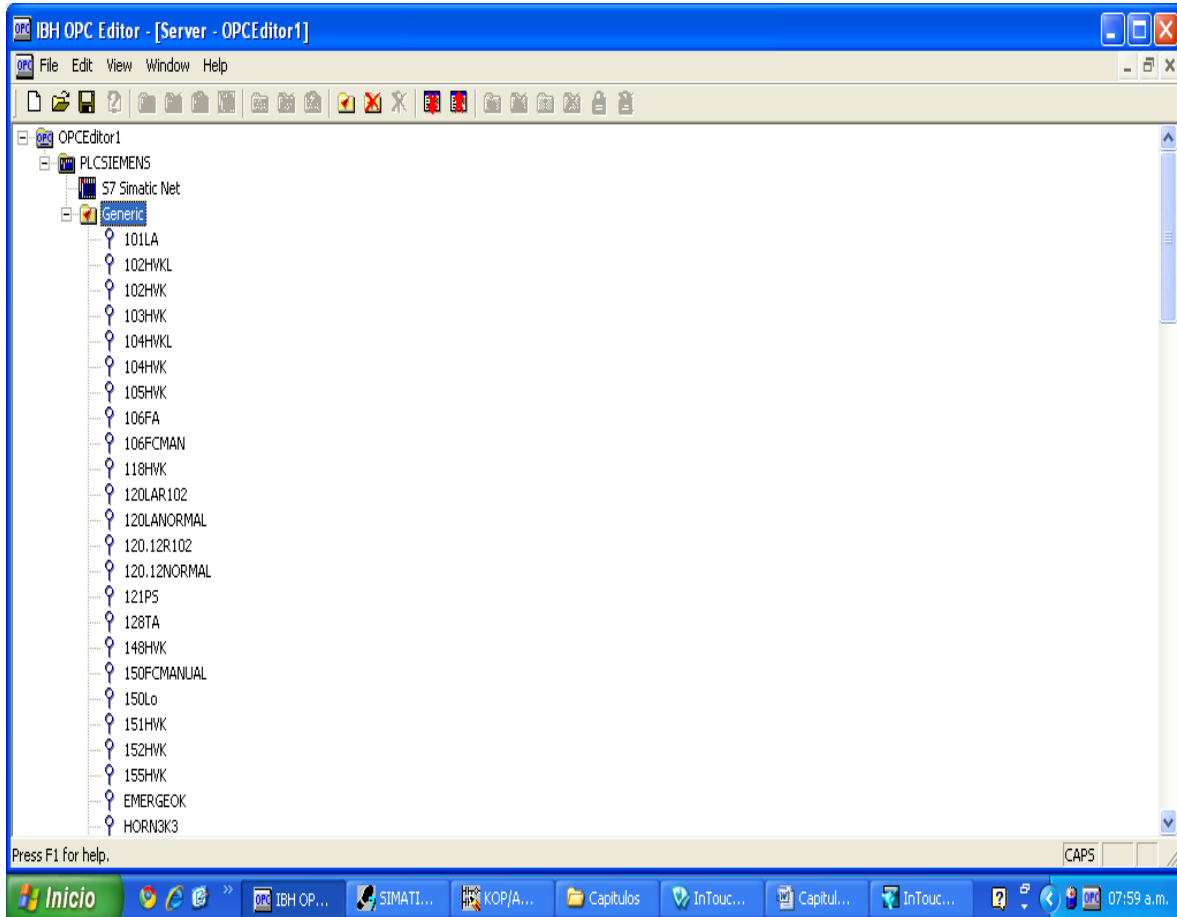
Figura 4.20 Creación de las variables.



Fuente: OPCEditor.

Una vez agregadas todas las variables a conectar se muestran tabuladas de la forma mostrada en la figura 4.21.

Figura 4.21 Lista de variables.

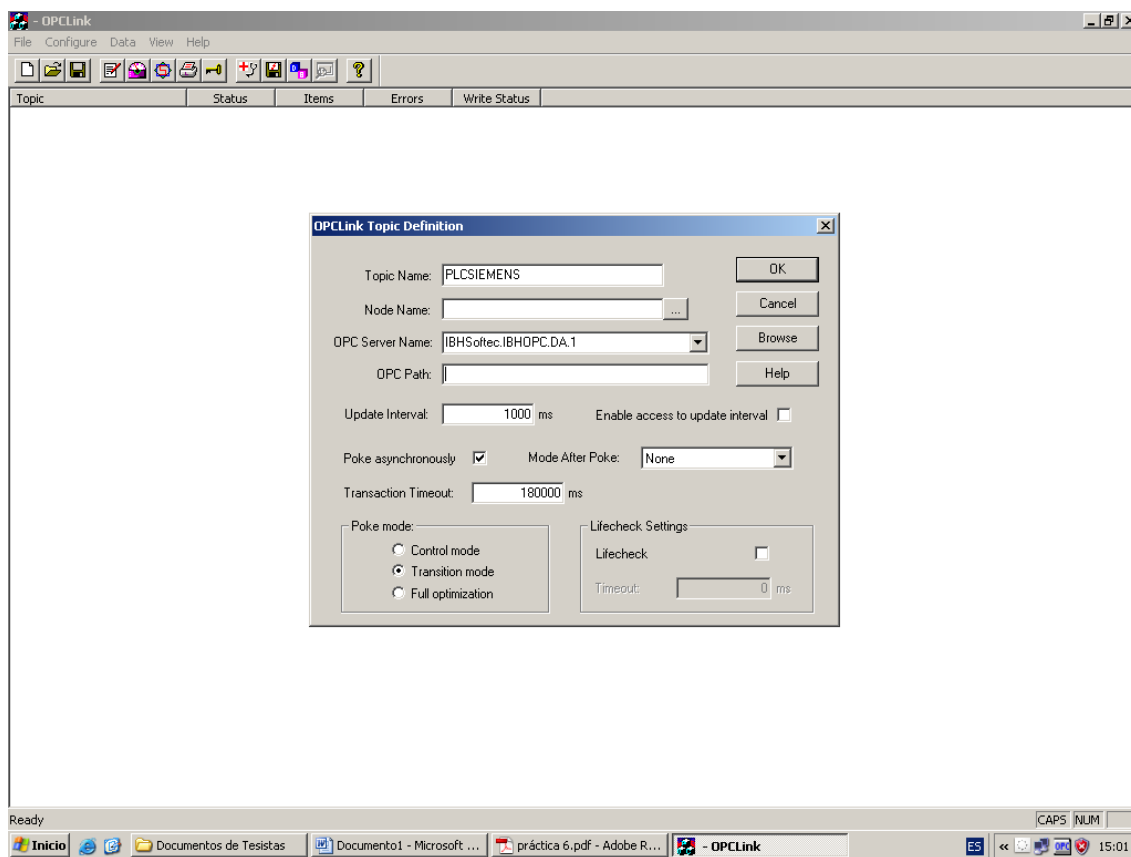


Fuente: OPCEditor

Sigue la configuración del OPC Link, quien permite que se establezca la conexión entre el InTouch y el IBH OPCEditor para, de este modo, completar la cadena de comunicación con el PLC.

En la figura 4.22 se muestra la ventana que ofrece la posibilidad de asignar un Topic name al proyecto, el cual debe coincidir con el access name del InTouch, además del OPC Server name, en el cual se selecciona la opción *IBHSoftec.IBHOPC.DA.1*.

Figura 4.22 OPC Link.



Fuente: OPC Link.



CONCLUSION

A partir del estudio realizado, dentro de la evaluación de la instrumentación y esquemas de control y del sistema de automatismo de la planta se observó la necesidad de complementar el sistema de control así como implementar una serie de modificaciones en el programa asociado al PLC, siendo el alcance del proyecto.

Con el desarrollo de la Ingeniería Básica de la propuesta se elaboró la documentación necesaria para realizar la especificación de instrumentos, conexión y distribución física de la planta, esto con el propósito de satisfacer los requerimientos a nivel de instrumentación que presenta la unidad.

La ejecución del proyecto permitirá obtener como beneficio la optimización de los procesos mediante la incorporación de instrumentos con tecnología inteligente, monitoreo en tiempo real de variables de proceso, mejoras en tiempo de respuestas operacionales, incremento de los índices de confiabilidad de las mediciones, seguridad de las operaciones y reducción de los costos de mantenimiento.

Es importante destacar que un buen diseño de Ingeniería se logra conociendo ampliamente toda la información relacionada con las condiciones operacionales de los procesos y de la correcta aplicación de los conceptos, principios y normas para el diseño de instrumentos, así como del funcionamiento del Controlador Lógico Programable (PLC) y sus software asociados.



RECOMENDACIONES

- Como principal recomendación se debe ejecutar el proyecto siguiendo los lineamientos descritos en el presente trabajo.
- Al momento de implementar el diseño planteado en este proyecto se deberá tomar en cuenta que toda la información se ofrece en lenguaje Ladder para un sistema S7- 300, con su respectivo CPU y todo su Hardware incorporado.
- Además de la programación en el PLC se recomienda, para una mejor visualización del proceso en campo, la utilización de una interfaz grafica como sistema supervisorio, pudiéndose además tener acceso a las variables de proceso a través del mismo. Se recomienda el uso del sistema de SCADA InTouch.
- Comúnmente luego del diseño, rediseño y ejecución de los proyectos, las modificaciones hechas en el proceso de la planta no son actualizadas o reflejadas en planos, también suele suceder que los planos de construcción de los proyectos no son entregados al personal indicado, haciendo difícil la realización de mantenimiento de las instalaciones y realización de nuevas tesis o proyectos que se puedan basar en el mismo tema. Por ello, se recomienda que toda la información, programación, software en general y planos de instrumentación presentados en este trabajo sean entregados ante el personal del sector NC4 de la planta de Nitrocelulosa en CAVIM para su posterior revisión, registro e identificación.
- Además se sugiere extender el trabajo desarrollado a las otras etapas de Nitrocelulosa, con el propósito de mejorar el rendimiento de la planta en general. Y para fines académicos se recomienda que toda esta información sea utilizada para futuros estudios con el Siemens S7-300, lo que ayudaría a complementar la didáctica de estudio de la materia correspondiente al tema.

ANEXOS

En este segmento se agrupa una serie de información complementaria al trabajo. Se muestran los siguientes archivos:

- ✓ **Anexo A:** Programa actual instalado en planta.
- ✓ **Anexo B:** Lista de Entradas/Salidas del PLC actual.
- ✓ **Anexo C:** Catalogo SpiraxSarco, dimensionado de las válvulas esféricas M45 ISO para el control de fluidos.
- ✓ **Anexo D:** Catalogo WEKA. Indicadores de nivel.
- ✓ **Anexo E:** Data sheet de los elementos propuestos.

ANEXO A

**PROGRAMA ACTUAL INSTALADO EN PLANTA
(ANEXO ELECTRONICO)**

OB1

SPA PB 1

SPA PB 2

SPA PB 3

SPA PB 4

BE

PB1:

UN M 1.0

L KT 025.0

SE T 0

U T 0

= M 1.0

U M 1.0

UN M 1.1

S M 1.2

U M 1.0

U M 1.1

R M 1.2

UN M 1.0

U M 1.2

S M 1.1

UN M 1.0

UN M 1.2

R M 1.1

U M 1.2

= A 39.5

U M 1.2

UN M 1.3

= M 1.4

S M 1.3

UN M 1.2

R M 1.3

U M 1.4

U M 1.5

= M 1.6

U M 1.4

UN M 1.5

UN M 1.6

S M 1.5

U M 1.6

R M 1.5

U M 1.5

= A 39.6

U	M 1.5	=	M 3.1
UN	M 2.0	O	M 3.1
=	M 2.1	O	M 3.2
S	M 2.0	=	M 3.0
UN	M 1.5		
R	M 2.0	U	E 12.1
U	M 2.1	R	A 27.7
U	M 2.2	***	
=	M 2.3		
U	M 2.1	U(	
UN	M 2.2	U	E 4.1
UN	M 2.3	U	E 14.4
S	M 2.2	O	M 4.0
U	M 2.3	)	
R	M 2.2	U	E 12.5
U	M 2.2	U(	
=	A 39.7	O	E 8.6
***		O	E 12.4
		)	
ON	M 0.1	UN	T 88
O	M 0.1	U(	
=	M 0.1	O	E 17.0
		O	E 12.4
U	E 12.5	)	
L	KT 075.0	U(	
SA	T 1	U	E 4.0
U	E 12.6	UN	E 12.4
L	KT 075.0	O	
SA	T 2	U	E 12.4
		U	E 4.2
U	E 12.5	)	
U	T 1	U(	
=	M 3.2	O	E 4.5
U	E 12.6	O	T 5
U	T 2	O	E 4.1

)		L	KT 300.1
=	M 4.0	SE	T 88

U(		U	M 4.0
U	E 4.1	L	KT 150.1
U	E 14.4	SI	T 5
O	M 4.0	U	M 4.0
)		L	KT 100.1
U	E 12.5	SE	T 6
U(			
O	E 8.6	UN	M 4.0
O	E 12.4	U	M 40.0
)		=	M 4.1
UN	T 88	U	M 4.0
U(		=	M 40.0
O	E 17.0		
O	E 12.4	U	A 32.0
)		U	E 13.2
U(		U	M 4.0
U	E 4.0	L	KT 200.1
UN	E 12.4	SA	T 7
O			
U	E 12.4		
U	E 4.2	U(	
)		ON	A 32.0
U(			
O	E 4.5	ON	E 13.2
O	T 5	ON	M 4.0
O	E 4.1	)	
)		U	E 12.5
=	M 4.0	U	T 7
***		=	M 4.2
UN	E 7.3	UN	A 32.3

U M 40.5
= M 40.6
U A 32.3
= M 40.5

U(
O M 4.1
O M 4.3
O M 40.6
)
UN E 18.7
= M 4.3
U E 12.4
= M 40.4
O M 4.3
O E 18.7
= A 35.1

U(
O E 6.6
O M 5.3
)
U E 12.5
UN E 7.7
U(
O E 9.3
O E 12.4
)
U(
U E 6.5
UN E 12.4
O
U E 12.4
U E 6.7

)
U(
O E 6.6
O T 15
O E 7.2
)
= M 5.3

U M 5.3
L KT 600.1
SI T 15
U M 5.3
L KT 100.1
SE T 16

UN M 5.3
U M 40.1
= M 5.4
U M 5.3
= M 40.1

U A 34.6
U E 17.4
U M 5.3
L KT 200.1
SA T 17

U(
ON A 34.6
ON E 17.4
ON M 5.3
)
U E 12.5
U T 17

= M 5.5

 U(
 O M 5.4
 O M 5.6
)
 UN E 18.3
 = M 5.6
 O M 5.6
 O E 18.3
 = A 35.4

 U E 11.1
 U E 21.1
 = M 5.0

 UN M 5.0
 U M 40.2
 = M 5.1
 U M 5.0
 = M 40.2

 UN E 14.3
 U M 180.0
 = M 180.1
 U E 14.3
 = M 180.0

 U(
 O E 18.2
 O A 35.3
)

U E 18.1
 U(
 O M 5.0
 O E 12.6
)
 UN M 180.1
 = A 35.3
 U(
 O M 5.2
 O M 5.1
)
 UN E 18.0
 = M 5.2
 O E 18.0
 O M 5.2
 = A 35.2

 U E 12.1
 U(
 ON E 21.3
 ON E 21.4
)
 = A 27.5

 U E 12.0
 O
 UN E 12.0
 U M 1.2
 = A 25.5

 U A 33.2
 UN E 20.6
 U M 1.1

O E 12.3
 = A 39.1

 U M 40.6
 U E 11.0
 U E 11.4
 L KT 600.2
 SS T 82
 ON E 11.0
 ON E 11.4
 O E 14.0
 O E 14.2
 R T 82
 NOP 0
 NOP 0
 NOP 0

 U M 3.2
 U A 35.3
 U E 10.0
 U E 10.5
 U A 32.3
 O M 3.1
 S A 27.4
 U E 14.4
 UN A 35.3
 U M 3.2
 R A 27.4
 NOP 0
 BE

PB2:

U(
 O E 9.4
 O M 3.1
)
 U(
 O E 9.6
 O M 3.2
)
 = M 251.0
 U E 9.5
 U M 3.2
 O
 U E 9.7
 U M 3.1
 = M 251.1
 U E 10.0
 = M 251.2
 U M 0.1
 = M 251.3

 U(
 O E 10.1
 O M 3.1
)
 U(
 O E 10.3
 O M 3.2
)
 = M 251.4
 U E 10.2
 U M 3.2
 O
 U E 10.4
 U M 3.1
 = M 251.5

U E 10.5
= M 251.6
U M 0.1
= M 251.7

SPA FB 3
NAME: MOTST-D2
SM1 : MB 10

U M 10.0
= A 26.2
U M 10.1
= A 26.3
U M 10.4
= A 26.4
U M 10.5
= A 26.5

U E 4.6
U(
O E 5.0
O M 3.2
)
= M 251.0
U E 4.7
U M 3.0
O
U E 5.1
U M 3.1
= M 251.1
U E 5.2
= M 251.2
O M 5.0
O M 3.1
= M 251.3

U E 5.3
U(
O E 5.5
O M 3.2
)
= M 251.4
U E 5.4
U M 3.0
O
U E 5.6
U M 3.1
= M 251.5
U E 5.7
= M 251.6
O M 5.0
O M 3.1
= M 251.7

SPA FB 3
NAME: MOTST-D2
SM1 : MB 11

U M 11.0
= A 24.2
U M 11.1
= A 24.3
U M 11.4
= A 24.4
U M 11.5
= A 24.5

U(
O E 6.0
O M 3.1

)		=	A 25.3
U(		U	M 12.5
O	E 6.2	=	A 25.4
O	M 3.2	***	
)			
=	M 251.0	U	T 6
U	E 6.1	L	KT 100.0
U	M 3.2	SV	T 77
O			
U	E 6.3	U(	
U	M 3.1	O	E 4.2
=	M 251.1	O	M 3.2
U	E 6.4	)	
=	M 251.2	U(	
U	M 0.1	O	T 7
=	M 251.3	O	M 4.0
		O	M 3.1
U	E 7.4	)	
=	M 251.4	=	M 251.0
U	E 7.5	U	T 77
U	M 3.0	U	M 3.2
=	M 251.5	O	
U	E 7.6	U	E 4.3
=	M 251.6	U	M 3.1
U	M 0.1	=	M 251.1
=	M 251.7	U	E 4.4
		=	M 251.2
SPA	FB 3	O	E 17.0
NAME: MOTST-D2		O	E 12.4
SM1 : MB 12		=	M 251.3
U	M 12.0		
=	A 24.6	U	T 16
U	M 12.1	L	KT 200.0
=	A 24.7	SV	T 78
U	M 12.4		

U(
 O E 6.7
 O M 3.2
)
 U(
 O T 17
 O M 5.3
 O M 3.1
)
 = M 251.4
 U T 78
 U M 3.2
 O
 U E 7.0
 U M 3.1
 = M 251.5
 U E 7.1
 = M 251.6
 U M 0.1
 = M 251.7

SPA FB 3
 NAME: MOTST-D2
 SM1 : MB 13

U M 13.0
 = A 24.0
 U M 13.1
 = A 24.1
 U M 13.4
 = A 25.1
 U M 13.5
 = A 25.2
 = A 27.6

 U E 4.4

U A 24.0
 L KT 200.0
 SE T 64
 U T 64
 L KT 600.0
 SE T 65
 U T 64
 UN T 65
 O
 U E 4.4
 U E 4.5
 = A 27.2

 U E 7.1
 U A 25.1
 L KT 200.0
 SE T 66
 U T 66
 L KT 600.0
 SE T 67
 U T 66
 UN T 67
 O
 U E 7.2
 U E 7.1
 = A 27.3

U M 3.0
 U E 8.2
 U E 8.4
 = M 251.0
 U E 8.3
 U M 3.2
 O

U E 8.5
 U M 3.1
 = M 251.1
 U E 8.6
 = M 251.2
 U M 0.1
 = M 251.3

 U M 3.0
 U E 8.7
 U E 9.1
 = M 251.4
 U E 9.0
 U M 3.2
 O
 U E 9.2
 U M 3.1
 = M 251.5
 U E 9.3
 = M 251.6
 U M 0.1
 = M 251.7

U E 11.2
 U E 11.6
 = M 251.0

 U A 33.2
 U E 20.6
 L KT 400.1
 SE T 91
 U E 11.4
 UN E 11.0
 L KT 300.2
 SE T 9

 U T 91
 U E 11.3
 U M 3.0
 = M 251.1
 U E 11.4
 = M 251.2
 UN T 9
 = M 251.3

SPA FB 3
 NAME: MOTST-D2
 SM1 : MB 14

U M 14.0
 = A 25.6
 U M 14.1
 = A 25.7
 U M 14.4
 = A 26.0
 U M 14.5
 = A 26.1

SPA FB 3
 NAME: MOTST-D2
 SM1 : MB 15

U M 15.0
 = A 27.0
 U M 15.1
 O
 U M 1.5
 U T 91
 = A 27.1

 U E 10.6

U	E 11.5		
UN	T 82	NAME:	MOTST-SD
=	M 251.0	BEZ :	A-SM ABY
U	E 10.7		
U	E 20.5	U	M 251.1
U	M 3.0	U	M 251.2
=	M 251.1	S	M 252.2
U	E 11.0	UN	M 251.0
=	M 251.2	R	M 252.2
U	E 11.1		
=	M 251.3	U	M 251.1
U	E 11.4	UN	M 252.2
U	E 12.0	O	M 252.2
=	M 251.4	U(	
U	E 21.5	O	M 251.1
U	E 21.4	O	M 251.2
U	E 21.2	)	
=	M 251.5	U(	
U	E 11.0	O	M 251.3
L	KT 150.2	ON	M 251.6
SE	T 68	)	
U	T 68	U	M 251.4
=	M 251.6	U	M 251.5
		U	M 251.0
SPA	FB 2	=	M 252.0
NAME:	MOTST-SD		
A-SM:	MB 16	U	M 251.2
U	M 16.0	U	M 251.3
=	A 26.6	O	
U	M 16.1	U	M 251.2
=	A 26.7	UN	M 251.3
***		U	M 2.2
BE		O	
		U	M 252.2
FB2:		UN	M 251.2

UN M 251.3
UN M 251.4
U M 1.5
O
U M 252.2
UN M 251.2
UN M 251.3
U M 251.4
U M 1.2
O E 12.3
= M 252.1

U M 252.2
UN M 252.0
U M 252.3
S A 27.7
U M 252.0
= M 252.3

L MB 252
T =A-SM

BE

FB3:

NAME: MOTST-D2

BEZ : SM1 ABY

L =SM1
T MB 252

U M 251.3
U M 251.0

U M 251.1
U M 251.2
S M 252.2
ON M 251.0
R M 252.2

U(
O M 251.1
O M 251.2
)

U(
UN M 252.2
U M 251.1
O M 252.2
)
U M 251.3
U M 251.0
= M 252.0

U M 252.2
UN M 251.2
UN M 251.3
U M 1.5
O
U M 252.2
UN M 251.2
U M 251.3
U M 1.2
O M 251.2
O E 12.3
= M 252.1

U M 252.2
UN M 252.0
U M 252.3

S A 27.7
U M 252.0
= M 252.3

U M 251.7
U M 251.4
U M 251.5
U M 251.6
S M 252.6
ON M 251.4
R M 252.6

U(
O M 251.5
O M 251.6
)
U(
UN M 252.6
U M 251.5
O M 252.6
)
U M 251.7
U M 251.4
= M 252.4

U M 252.6
UN M 251.6
UN M 251.7
U M 1.5
O
U M 252.6
UN M 251.6
U M 251.7

U M 1.2
O M 251.6
O E 12.3
= M 252.5
U M 252.6
UN M 252.4
U M 252.7
S A 27.7
U M 252.4
= M 252.7

L MB 252
T =SM1
BE

PB3:

U E 20.0
= M 20.0
U E 20.1
= M 20.4

SPA FB 4

NAME: NEUOE-D

SM1 : MB 20

U M 20.1
= A 36.0
U M 20.5
= A 36.1

U E 20.2
= M 21.0

U E 20.3
= M 21.4

SPA FB 4
NAME: NEUOE-D
SM1 : MB 21

U M 21.1
= A 36.2
U M 21.5
= A 36.3

U E 20.7
= M 22.4

SPA FB 4
NAME: NEUOE-D
SM1 : MB 22

U M 22.5
= A 36.5

U E 20.5
O
UN E 20.5
U M 1.5
O
U E 12.3
= A 36.4

U E 21.1

= M 23.0
U E 21.2
= M 23.4

SPA FB 4
NAME: NEUOE-D
SM1 : MB 23

U M 23.1
= A 36.6
U M 23.5
= A 36.7

U E 21.3
= M 24.0
U E 21.4
= M 24.4

SPA FB 4
NAME: NEUOE-D
SM1 : MB 24

U M 24.1
= A 37.0
U M 24.5
= A 37.1

U E 21.6
= M 25.0
U E 21.7
= M 25.4

SPA FB 4

NAME: NEUOE-D

SM1 : MB 25

U M 25.1
= A 37.2
U M 25.5
= A 37.3

U E 23.2
= M 26.0
U E 22.1
= M 26.4

SPA FB 4

NAME: NEUOE-D

SM1 : MB 26

U M 26.1
= A 37.4
U M 26.5
= A 37.5

U E 22.2
= M 27.0
U E 22.3
= M 27.4

SPA FB 4

NAME: NEUOE-D

SM1 : MB 27

U M 27.1
= A 37.6
U M 27.5
= A 37.7

U E 22.4
= M 28.0
U E 22.5
= M 28.4

SPA FB 4

NAME: NEUOE-D

SM1 : MB 28

U M 28.1
= A 38.0
U M 28.5
= A 38.1

U E 22.6
= M 29.0
U E 22.7
= M 29.4

SPA FB 4

NAME: NEUOE-D

SM1 : MB 29

U M 29.1
= A 38.2
U M 29.5
= A 38.3

U E 23.0
= M 30.0
U E 23.1

O M 0.1
= M 30.4

SPA FB 4
NAME: NEUOE-D
SM1 : MB 30

U M 30.1
= A 38.4
U M 30.5
= A 38.5

U E 22.0
= M 31.0
U E 23.3
= M 31.4
SPA FB 4
NAME: NEUOE-D
SM1 : MB 31

U M 31.1
= A 38.6
U M 31.5
= A 38.7

UN T 88
O
U T 88
U M 1.5
O
U E 12.3
= A 25.0

U E 8.0
O
UN E 8.0
U M 1.5
O
U E 12.3
= A 39.2

U E 23.5
O
UN E 23.5
U M 1.5
O
U E 12.3
= A 39.0

BE

FB4:

NAME: NEUOE-D
BEZ : SM1 EBY

L =SM1
T MB 250
UN M 250.0
U M 250.3
S A 27.7
S M 250.2
U E 12.1

R M 250.2
U M 250.0
= M 250.3
UN M 250.0
UN M 250.2
O
U M 250.2
U M 1.5
O E 12.3
= M 250.1

UN M 250.4
U M 250.7
S A 27.7
S M 250.6
U E 12.1
R M 250.6
U M 250.4
= M 250.7
UN M 250.4
UN M 250.6
O
U M 250.6
U M 1.5
O E 12.3
= M 250.5
L MB 250
T =SM1
BE

PB4:

U(
O E 13.1

O A 32.0
)
U E 13.0
U M 3.1
O(
U T 6
U E 4.4
U E 4.5
U M 4.0
L KT 100.1
SE T 81
NOP 0
NOP 0
NOP 0
U T 81
)
= A 32.0

UN E 13.2
U A 32.0
O
UN A 32.0
UN E 13.3
L KT 100.1
SE T 69
U A 32.0
UN E 13.2
U M 1.5
O
U T 69
U M 1.2
O E 13.2
O E 12.3

= A 32.1

U T 69

UN M 40.1

S A 27.7

U T 69

= M 40.1

U(

O T 5

O M 4.2

)

U M 3.2

O E 13.5

O E 13.6

= A 32.2

U(

O E 14.0

O E 14.2

O A 32.3

)

U E 13.7

U E 14.1

U M 4.0

U E 20.4

U E 5.2

U E 5.7

U M 4.6

U E 10.0

U E 10.5

U E 11.1

U E 21.1

U E 23.0

U E 12.0

= A 32.3

UN A 32.3

UN E 14.4

U E 14.3

L KT 050.1

SA T 8

U A 32.3

UN E 14.3

O

UN A 32.3

UN E 14.4

L KT 100.1

SE T 70

U A 32.3

UN E 14.3

U M 1.5

O

U T 70

U M 1.2

O E 14.3

O E 12.3

= A 32.4

U T 70

UN M 40.2

S A 27.7

U T 70

= M 40.2

U(

UN A 32.3

UN E 14.3

U T 8
 O E 14.5
 O E 14.6
)
 U E 11.1
 U E 21.1
 = A 32.5

 U E 11.1
 U E 21.1
 U E 14.3
 U M 4.0
 U E 14.3
 S M 4.4
 O E 12.6
 O T 11
 R M 4.4

 U M 4.4
 UN E 11.0
 UN E 21.1
 U E 12.5
 = M 4.5
 U M 4.5
 L KT 060.2
 SE T 10
 U M 4.5
 L KT 180.2
 SE T 11
 UN E 20.7
 U E 11.1
 U E 11.4
 L KT 180.2
 SV T 12

U M 4.0
 U E 14.3
 U A 32.3
 UN T 72
 L KT 100.1
 SE T 71
 U T 71
 L KT 180.2
 SE T 72

 U E 21.0
 U E 11.0
 UN T 74
 L KT 060.2
 SE T 73
 U T 73
 L KT 090.3
 SE T 74

 U M 3.0
 U(
 O T 12
 O
 U M 4.5
 U E 21.0
)
 O
 U M 3.0
 U E 14.7

= A 32.6

U M 4.5
U E 21.0
O
U M 4.0
U E 14.3
U A 32.3
UN T 71

O
U M 3.0
U E 15.0
O
U M 3.0
U T 12
= A 32.7

U M 4.5
U E 21.0
O
U M 3.0
U T 12
O
U M 3.0
U E 15.1
= A 33.0

U E 21.0
U E 11.0
UN T 73
O
U M 4.5

U E 21.0
O
U M 3.0
U E 15.2
O
U M 3.0
U T 12
= A 33.1

U(
O T 12
O
U M 4.5
U E 21.0
O E 15.3
O
U(
U E 15.3
U E 19.2
U E 19.3
O A 33.2
)
UN E 11.4
UN E 12.6
UN M 4.5
)
U M 3.0
= A 33.2

U E 16.0
U E 16.2
U E 16.4
U E 16.6

= M 4.6
U E 16.1
U E 16.3
U E 16.5
U E 16.7
= M 4.7

U A 33.3
UN M 4.6
O
U A 33.4
UN M 4.7
L KT 100.1
SE T 75

U A 33.3
UN M 4.6
U M 1.5
O
U T 75
U M 1.2
O M 4.6
O E 12.3
= A 33.7

U A 33.4
UN M 4.7
U M 1.5
O
U T 75
U M 1.2
O M 4.7
O E 12.3
= A 34.0

U T 75
UN M 40.3
S A 27.7
U T 75
= M 40.3

O E 17.1
O E 12.3
= A 34.3

U(
O E 19.0
ON E 12.7
O A 34.2
)

UN A 34.1
U E 12.4
U M 3.0
= A 34.2

U(
ON E 12.4
)
U M 3.0
= A 34.1

U E 19.1
U M 3.0
O
U E 17.1
UN T 14
U A 34.2
U M 3.0
= A 34.4

O	A 34.4	=	A 33.6
O	E 12.3	***	
=	A 34.5		

U	E 17.1
U	A 34.2
L	KT 200.1
SE	T 14

U(	
O	E 15.4
O	
U	E 15.7
U	E 12.6
O	A 33.3
O	
U	M 4.4
UN	E 11.0
U	E 12.5
)	
UN	M 4.7
=	A 33.3
=	A 33.5

U(	
O	E 15.5
O	
U	E 15.6
U	E 12.6
O	A 33.4
)	
UN	M 4.6
=	A 33.4

U	A 34.6
UN	E 17.4
O	
UN	A 34.6
UN	E 17.5
L	KT 100.1
SE	T 76

U	A 34.6
UN	E 17.4
U	M 1.5
O	
U	T 76
U	M 1.2
O	E 12.3
O	E 17.4
=	A 34.7

U(	
O	T 15
O	M 5.5
)	
U	M 3.2
O	
U(	
O	E 17.6
O	E 17.7
)	
U	M 3.0
=	A 35.0

U(
O E 18.5
O M 130.0
)
U E 18.4
U M 3.0
= M 130.0

U(
O E 18.6
O E 18.5
)
U M 130.0
= A 35.5

U M 130.0
UN A 35.5
O
U M 2.2
U A 35.5
O
U E 12.3
= A 35.6

U(
O E 17.2
O A 34.6
)
U E 17.3
U M 3.1
O(
U T 16
U E 7.1
U E 7.2
U M 5.3
L KT 100.1
SE T 80
NOP 0
NOP 0
NOP 0
U T 80
)
= A 34.6

BE

ANEXO B

LISTA DE ENTRADAS/SALIDAS DEL PLC ACTUAL

ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE
E 4.0	P101-O	E 5.0	P102A-OL	E 6.0	P103-O
E 4.1	P101-I	E 5.1	P102A-IL	E 6.1	P103-I
E 4.2	P101-OL	E 5.2	P102A-K1M	E 6.2	P103-OL
E 4.3	P101-IL	E 5.3	P102B-O	E 6.3	P103-IL
E 4.4	P101-K1M	E 5.4	P102B-I	E 6.4	P103-K1M
E 4.5	P101-TROU	E 5.5	P102B-OL	E 6.5	P105-O
E 4.6	P102A-O	E 5.6	P102B-IL	E 6.6	P105-I
E 4.7	P102A-I	E 5.7	P102B-K1M	E 6.7	P105-OL

ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE
E 7.0	P105-IL	E 8.0	W104-K1M	E 9.0	R102-I
E 7.1	P105-K1M	E 8.1	W104-TROU	E 9.1	R102-OL
E 7.2	P105-TROU	E 8.2	R101-O	E 9.2	R102-IL
E 7.3	147 PA	E 8.3	R101-I	E 9.3	R102-K1M
E 7.4	P107-OL	E 8.4	R101-OL	E 9.4	F101-O
E 7.5	P107-IL	E 8.5	R101-IL	E 9.5	F101-I
E 7.6	P107-K1M	E 8.6	R101-K1M	E 9.6	F101-OL
E 7.7	---	E 8.7	R102-O	E 9.7	F101-IL

ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE
E 10.0	F101-K1M	E 11.0	Z101-K1M	E 12.0	IMERGE-OFF
E 10.1	F102-O	E 11.1	Z101-K2M	E 12.1	HQ/LQ
E 10.2	F102-I	E 11.2	Z102-OL	E 12.2	---
E 10.3	F102-OL	E 11.3	Z102-IL	E 12.3	LT
E 10.4	F102-IL	E 11.4	Z102-K1M	E 12.4	P101-Leer f
E 10.5	F102-K1M	E 11.5	Z101-O	E 12.5	BS4-AUTOM
E 10.6	Z101-OL	E 11.6	Z102-O	E 12.6	BS4MANUAL
E 10.7	Z101-IL	E 11.7	---	E 12.7	BS6-R101

ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE
E 13.0	102HVK-OL	E 14.0	104HVK-I	E 15.0	111HVK-IL
E 13.1	102HVK-IL	E 14.1	104HVK-OL	E 15.1	113HVK-IL
E 13.2	102HVK-OP	E 14.2	104HVK-IL	E 15.2	115HVK-IL
E 13.3	12HVK-CL	E 14.3	104HVK-OP	E 15.3	118HVK-IL
E 13.4	---	E 14.4	104HVK-CL	E 15.4	120HVK-I
E 13.5	103HVK-IL	E 14.5	105HVK-I	E 15.5	120HVK-II
E 13.6	103HVK-I	E 14.6	105HVK-IL	E 15.6	120HVK-IL
E 13.7	104HVK-O	E 14.7	109HVK-IL	E 15.7	120HVK-IIL

ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE
E 18.0	112FC-MAX	E 19.0	144HVK-I	E 20.0	101 LA+/-
E 18.1	112FC-O	E 19.1	145HVK-I	E 20.1	106FA+/-
E 18.2	112FC-I	E 19.2	131T-OK	E 20.2	110 FA+/-
E 18.3	150LC-MAN..	E 19.3	133T-OK	E 20.3	112FA+/-
E 18.4	134LC-O	E 19.4	---	E 20.4	112 F So-
E 18.5	134LC-I	E 19.5	---	E 20.5	114FA
E 18.6	134L3K-S+	E 19.6	---	E 20.6	119FS-
E 18.7	106FC-MAN	E 19.7	---	E 20.7	121PA+

ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE	ENTRADA	NOMBRE
E 21.0	122SS-	E 22.0	158PA-	E 23.0	150LSO+
E 21.1	122SSo-	E 22.1	130LA+/-	E 23.1	157FA-
E 21.2	123SA-	E 22.2	131TA+	E 23.2	129PSA-
E 21.3	124XA+	E 22.3	132LA+/-	E 23.3	160PA-
E 21.4	124XA0+	E 22.4	133TA+	E 23.4	---
E 21.5	124X -OK	E 22.5	134LA+/-	E 23.5	P502-K1M
E 21.6	127TA+	E 22.6	135TA+	E 23.6	---
E 21.7	128TA+	E 22.7	150LAS+/-	E 23.7	---

SALIDA	NOMBRE	SALIDA	NOMBRE	SALIDA	NOMBRE
A 24.0	P101-MOT	A25.0	P104-LAMP	A26.0	R102-MOT
A 24.1	P101-LAMP	A25.1	P105-MOT	A26.1	R102-LAMP
A 24.2	P102A-MOT	A25.2	105-LAMP	A26.2	F101-MOT
A 24.3	P102A-LAMP	A25.3	P107-MOT	A26.3	F101-LAMP

A 24.4	P102B-MOT	A25.4	P107-LAMP	A26.4	F102-MOT
A 24.5	P102B-LAMP	A25.5	EMERG OK	A26.5	F102-LAMP
A 24.6	P103-MOT	A25.6	R101-MOT	A26.6	Z101-MOT
A 24.7	P103-LAMP	A25.7	R101-LAMP	A26.7	Z101-LAMP

SALIDA	NOMBRE	SALIDA	NOMBRE	SALIDA	NOMBRE
A27.0	Z102-MOT	A32.0	102 HV-V	A33.0	113 HVK-VS
A27.1	Z102-LAMP	A32.1	102 HV-S	A33.1	115 HVK-VS
A27.2	P101-K2	A32.2	103 HV-VS	A33.2	118 HVK-VS
A27.3	P105-K2	A32.3	104 HVK-V	A33.3	120.12.NORM
A27.4	110FICA	A32.4	104 HVK-S	A33.4	120.12 R102
A27.5	RESET124X	A32.5	105 HVK-VS	A33.5	120.34 NORM
A27.6	SIG TO NC5	A32.6	109 HVK-VS	A33.6	120.34 R102
A27.7	HORN 3K3	A32.7	111 HVK-VS	A33.7	120 La NOR

SALIDAS	NOMBRE	SALIDAS	NOMBRE	SALIDAS	NOMBRE
A34.0	120 R102	A35.0	152 MV+LA	A36.0	101LA+/-
A34.1	144 MV op	A35.1	106FC-MAN	A36.1	106FA +/-
A34.2	144 MV clo	A35.2	112FC MAN	A36.2	110FA+/-
A34.3	144 LQA cl	A35.3	112FC oper	A36.3	112FA+/-
A34.4	145 HVK-MV	A35.4	150FC MANU	A36.4	112FS0-
A34.5	145 LA op	A35.5	134 LC MV	A36.5	121Ps+
A34.6	151 HVK-MV	A35.6	134 LC-LAMP	A36.6	112SS-
A34.7	151 LA ope	A35.7	----	A36.7	123SA-

SALIDAS	NOMBRE	SALIDAS	NOMBRE	SALIDAS	NOMBRE
A37.0	124XA+	A38.0	133TA+	A39.0	P502
A37.1	124XAo+	A38.1	134LA+/-	A39.1	NC5 FREE
A37.2	127TA+	A38.2	135TA+	A39.2	W104
A37.3	128TA+	A38.3	150LA+/-	A39.3	----
A37.4	129PA-	A38.4	150Lo+	A39.4	----
A37.5	130LA+/-	A38.5	157FA	A39.5	0,5 HZ
A37.6	131TA+	A38.6	158PA	A39.6	1,0 HZ
A37.7	132LA+/-	A38.7	160PA-	A39.7	2,0 HZ

APENDICES

A continuación se muestra una serie de documentos componentes de la Ingeniería Básica que contempla la propuesta:

- ✓ **Apéndice A:** Lista de instrumentación.
- ✓ **Apéndice B:** Programación propuesta.
- ✓ **Apéndice C:** Planos de conexión del sistema de control.
- ✓ **Apéndice D:** Lista de cableado.
- ✓ **Apéndice E:** P&I de la propuesta.