

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y MANUFACTURERA



**“IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
AUTOMÁTICO PARA LA FORMULACIÓN DE PASTA
LAVAVAJILLAS”**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO QUÍMICO

POR MODALIDAD DE: ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

**PRESENTADO POR:
ROBERTO JOSÉ QUIROZ CHÁVEZ
PROMOCIÓN 93-II**

LIMA – PERÚ

2002

Dedicatoria:

Dedico el esfuerzo del presente trabajo, a mi esposa mis hijos y mi familia que siempre están contribuyendo con mi desarrollo personal y profesional. Gracias al cariño que nos une y el apoyo mutuo me da la suficiente energía para ir logrando metas importantes en mi vida y en esta ocasión como la de obtener mi título como Ingeniero Químico.

Además dedico esta experiencia para cualquier persona interesada en este tema y espero que les sea de mucha utilidad cuando consulten los capítulos de este informe de suficiencia.

RESUMEN

El presente trabajo está enfocado a mostrar como automatizar un proceso, en este caso específicamente el de Elaboración de una Crema Lavavajillas.

Antes de llegar al objetivo del tema se ha creído conveniente tocar conceptos como el de qué es un detergente y como está compuesto, ya que el lavavajillas, es un tipo de detergente. Además, se describen las materias primas, se explican condiciones de operación a las que se deben elaborar el lavavajillas, como se prepara, que composición debe de tener y que variables se miden para determinar la calidad del producto.

Luego de esta parte, empezamos a describir la distribución de los equipos del proceso y como funcionan e interactúan entre sí, proponiendo una distribución por sistemas de adición de materiales, que tienen características comunes de adición.

Antes de entrar a la definición del control de los sistemas propuestos tocamos algunos conceptos de modo de control, de tal manera que se entienda porqué la elección de este.

Por último, se describe la lógica de programación para el funcionamiento de estos sistemas y se comience el proceso de preparación de un lote de lavavajillas, además como se están comunicando diferentes instrumentos.

A parte del diagrama de Flujo de instrumentación se han realizado gráficos ilustrativos tipo catálogos, para que se entienda la lógica de interacción de los instrumentos del sistema de control.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN

2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN LAVAVAJILLAS
 - 2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE UN LAVAVAJILLAS
 - 2.1.1 Detergencia
 - 2.1.2 Factores que influyen en la detergencia
 - 2.1.3 Tensioactivos
 - 2.1.3.1 Clasificación de los Tensioactivos
 - 2.1.3.2 Propiedades e los Tensioactivos
 - 2.1.4 Reforzadores

 - 2.2 MATERIAS PRIMAS USADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL LAVAVAJILLAS
 - 2.2.1 Soda Cáustica
 - 2.2.2 Acido Alquibenceno Sulfónico Ramificado (HRAS)
 - 2.2.3 Silicato de Sodio
 - 2.2.4 Perfume
 - 2.2.5 Colorantes
 - 2.2.6 Carbonato de Calcio
 - 2.2.7 Carbonato de Sodio

 - 2.3 CRITERIOS DE OPERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE LAVAVAJILLAS
 - 2.3.1 Neutralizado
 - 2.3.2 Mezclado
 - 2.3.3 Cantidades de Material para la Preparación de un Lote de 400 Kg de lavavajillas

2.3.4 Composición de la pasta lavavajillas

2.4 CALIDAD DEL PRODUCTO

3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DEL PROCESO E
IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL PARA LA
PRODUCCIÓN AUTOMÁTICA DEL LAVAVAJILLAS

3.1 SISTEMAS DEL PROCESO DE LAVAVAJILLAS

3.1.1 Sistema de Neutralizado / Mezclado y Transferencia de Pasta

3.1.2 Sistema de Adición de los Materiales Líquidos

3.1.3 Sistema de Adición de los Materiales Sólidos

3.1.3.1 Sistema de Adición de Carbonato de Sodio

3.1.3.2 Sistema de Adición de Carbonato de Calcio

3.1.4 Sistema de Adición de Perfume y Colorante

3.1.4.1 Sistema de Adición de Perfume

3.1.4.2 Sistema de Adición de Colorante

3.2 CONTROL AUTOMÁTICO DEL PROCESO

3.2.1 Modo de Control

3.2.1.1 Control de dos Posiciones o Control ON-OFF

3.2.1.2 Control Proporcional

3.2.1.3 Control Integral

3.2.1.4 Control Derivativo

3.2.2 Automatización de los Sistemas de Adición

3.2.2.1 Control de Adición de Líquidos

3.2.2.1.1 Instrumentos Importantes del Sistema de Control

3.2.2.2 Control de Adición de Sólidos

3.2.2.2.1 Proceso de Descarga de un sólido contenido en la
Tolva de Prepesado

3.2.2.2.2 Proceso de Llenado de la Tolva de Prepesado

3.2.2.2.3 Instrumentos Importantes del Sistema de Control

3.2.2.3 Control de Adición del Perfume y Colorante

3.2.2.4 Control de Bomba de Transferencia / Recirculación y
Agitación

3.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC

3.3.1 Selección del Controlador Lógico Programable

3.4 LOGICA DE LA PROGRAMACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DE
UN LOTE

3.5 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EMPLEADOS

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

I. INTRODUCCION

En el presente trabajo se muestra un sistema de control automático para la preparación de lavavajillas, donde previamente se hablará de propiedades fisicoquímicas de un lavavajillas en general, los materiales usados, aspectos de calidad y elaboración de un lavavajillas. Finalmente, se entrará al tema de la automatización del proceso de elaboración del lavavajillas, que constituye el objetivo central.

El proceso de elaboración de Lavavajillas, es por lotes y se lleva a cabo en un tanque reactor en el cual se realizan las dos partes del proceso, que son el neutralizado donde se forma la molécula del tensioactivo principalmente, y el mezclado que consiste en agregar materiales reforzadores y aditivos en el lavavajillas para lograr la homogenización final.

Para la preparación de un lote es importante la cantidad adicionada y la secuencia de adición de los materiales, así como las condiciones de agitación a la que debe someterse el proceso para obtener una pasta de calidad y de buena consistencia.

En consecuencia la automatización consiste en la preparación automática del lote con la ayuda de un controlador lógico programable o PLC, que controlará las adiciones de materiales y la agitación respectiva para la obtención de una pasta o crema lavavajillas homogénea.

Finalmente, el Operador podrá controlar el proceso usando un dispositivo de interfase, donde tendrá acceso a las cartas de preparación y podrá crear las que se puedan presentar para efectos de pruebas de formulación futuras, también tendrá la opción de trabajar en forma manual la preparación de un lote.

El diseño de este sistema de control es más realista porque permite mejorar la productividad en el proceso de elaboración, ya que operando de forma manual necesitará de más de un operador, y si es automático un solo operador estará manejando y controlando el proceso productivo. Además, se asegura que la preparación de lote a lote es muy similar porque los tiempos ya no dependen del operador sino que son definidos en la programación del PLC, permitiendo de esta manera poder tener un control estadístico del proceso más real y exacto.

II. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN LAVAVAJILLAS

2.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE UN LAVAVAJILLAS

Un lavavajillas es un tipo de detergente y en tal sentido debemos tocar conceptos de detergencia y características de un detergente en general.

2.1.1 Detergencia:

Es la capacidad o poder de remover y suspender en agua la suciedad retenida o depositada en un sustrato, mediante la acción química de un producto (el detergente) con ayuda de agitación mecánica.

El detergente actúa disminuyendo la tensión superficial del agua, y de esta manera el agua penetra y moja la superficie a limpiar, quedando la suciedad suspendida en el agua.

2.1.2 Factores que influyen en la detergencia:

a) Dureza del agua: La dureza del agua es causada por la presencia de sales minerales, principalmente de Calcio (Ca^{+2}) y Magnesio (Mg^{+}) y algunas veces de Hierro (Fe), haciendo que el detergente pierda efectividad. Estas aguas cuando se hierven o se les añade detergente, reaccionan formando precipitados insolubles.

b) Relación suciedad / material: La suciedad o mugre es cualquier sustancia que se pega o deposita en la ropa o en cualquier superficie sólida. Puede ser de origen sintético o natural. Hay tres tipos de suciedad: Grasosa, tierra o polvo y de azúcar soluble.

El material a lavar puede ser de dos tipos: Sintético o natural.

La relación suciedad / material tiene un efecto muy importante en el lavado. Cuando la suciedad y el material son de naturaleza similar (ambos naturales o

sintéticos) la remoción de la suciedad es más difícil, ya que el sucio cubre y penetra en la tela debido a la afinidad.

Por el contrario cuando la suciedad y el material son de naturaleza distinta (uno natural y el otro sintético) es más fácil la remoción de la suciedad, debido a que ésta permanece sólo en la superficie de la tela y no llega a introducirse entre las fibras.

c) Tensión Superficial: Es una propiedad que tienen los líquidos, y es la resistencia que ofrece la superficie libre del líquido al ser penetrado por un cuerpo.

La superficie libre de los líquidos puede compararse a una película elástica en tensión, similar al pellejo de un tambor. Ejemplo: Si una aguja de acero se coloca horizontalmente sobre agua, flota como si su densidad fuera menor que la de este líquido; pero, si se inclina ligeramente, perfora esa película y se hunde.

2.1.3 Tensioactivos:

Un detergente tiene tres partes importantes: El tensioactivo, que es el principal responsable de la detergencia; los reforzadores que refuerzan la acción del tensioactivo, y los aditivos que le dan características especiales al detergente como olor, suavidad después del lavado etc.

El tensioactivo o agente de superficie activa es el agente básico en la formulación del detergente. Es un agente humedecedor que reduce la tensión superficial del agua. La tensión superficial hace que el agua forme gotas sobre una superficie y no pueda humedecerla fácilmente y es cuando el tensioactivo hace disminuir esta tensión superficial permitiendo que el agua se extienda y moje la superficie, para el caso de las prendas hace que penetre fácilmente en el tejido de la ropa para remover la suciedad.

El tensioactivo en relación con el agua y el aire forman la espuma. Aunque la espuma no ejerce ninguna función de remoción de suciedades, el consumidor la relaciona con la limpieza, por lo que es importante tomar en cuenta esta característica.

El tensioactivo tiene la siguiente estructura: Una parte hidrofóbica (la cadena de hidrocarburos), que rehuye el agua y una hidrofílica que busca y gusta del agua. En el agua la oposición de fuerzas entre estos dos extremos ayuda a romper la tensión superficial del agua, haciendo que esta moje las superficies. Se muestra en fig. (1). El extremo hidrofóbico es atraído por la mugre, mientras que el hidrofílico no lo es. En el remojo de la prenda la mugre es entonces rodeada por el tensioactivo y con la ayuda de la agitación se consigue su remoción de la tela.

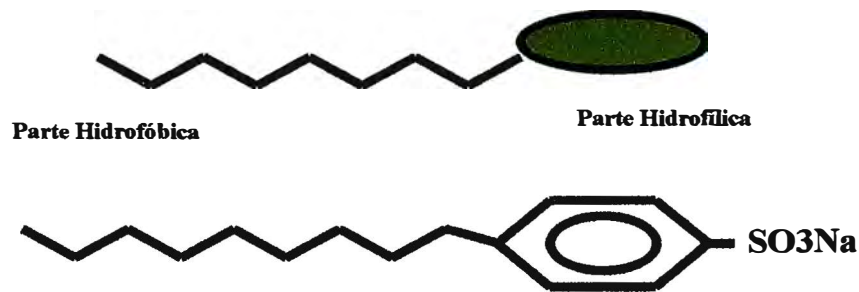


Figura 1

También en el agua pueden formarse miscelas, que son reservas de moléculas tensioactivas, que en cualquier momento pueden separarse y actuar sobre la mugre. La miscela se forma porque se juntan varias moléculas tensioactivas, uniéndose internamente por sus extremos hidrofóbicos y externamente por sus extremos hidrofílicos.

2.1.3.1 Clasificación de los Tensioactivos:

Los Tensioactivos trabajan por varios mecanismos, pero generalmente se clasifican por su carga eléctrica en el agua. Esto se debe a la estructura química de cada uno. Se dividen en dos tipos principalmente: Tensioactivos iónicos y no iónicos.

Los tensioactivos iónicos se ionizan en solución de agua con carga negativa o positiva. Los de carga negativa son llamados aniónicos y son los más usados para la limpieza por sus excelentes propiedades de limpieza y una alta formación de espuma. Los de carga positiva son llamados catiónicos y se les encuentra como agentes activos en suavizantes, materiales desinfectantes y limpiadores de baños.

Los tensioactivos no iónicos no se ionizan en solución y por lo tanto no tienen carga eléctrica. Son resistentes a la dureza del agua y limpian bien las suciedades tipo grasa.

2.1.3.2 Propiedades de los Tensioactivos:

Son difíciles de evaluar debido a la interrelación de sus características.

Detergencia: Generalmente cuando aumenta la cadena de hidrocarburos del tensioactivo, mejora la detergencia. En la mayoría de los casos, hay un punto donde la solubilidad del tensioactivo decrece rápidamente por el aumento de su peso molecular. Esto trae como consecuencia una reducción de la detergencia.

Formación de espuma: La espuma no es un buen indicador del poder de limpieza del tensioactivo. Depende del tipo de tensioactivo, del largo de la cadena de hidrocarburos, de la cantidad de ramificaciones de la cadena y de las condiciones de lavado (temperatura y dureza).

Solubilidad: En general la solubilidad del tensioactivo disminuye conforme aumenta su peso molecular.

Suavidad: Depende primeramente del tipo de activo. Mejora ligeramente al aumentar el peso molecular. Los tensioactivos varían en una escala del 1 al 10, desde muy suaves hasta ligeramente irritantes.

2.1.4 Reforzadores:

Se adicionan a la formulación de los detergentes para mejorar o proteger la eficiencia de limpieza del tensioactivo. Tienen cuatro funciones importantes:

- a) Ablandan el agua, desactivando los minerales pesados por secuestación (los minerales se mantienen en solución), precipitación (removiendo minerales como materiales insolubles), o por intercambio de iones (reacción química reversible). A pesar de que el Calcio y el Magnesio no precipitan a los tensioactivos aniónicos, como lo hacen con jabón, interfieren en la eficiencia del lavado.
- b) Ayudan a emulsificar las suciedades de aceites y grasas, disgregándolas en pequeños glóbulos.
- c) Algunos reforzadores suspenden la suciedad que ha sido retirada de la ropa y previenen que vuelvan a sedimentarse sobre las superficies limpias.
- d) Proveen un adecuado nivel de alcalinidad, que ayuda en la limpieza. Además sirven como buffers, manteniendo el nivel de alcalinidad apropiado en el agua de lavar.

Los reforzadores básicamente corresponden a los grupos de fosfatos, carbonatos, silicatos, citratos y aluminosilicatos.

2.2 MATERIAS PRIMAS USADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL LAVAVAJILLAS

2.2.1 Soda Cáustica:

La soda cáustica es un álcali fuerte cuyo nombre químico es hidróxido de sodio, y en el proceso de fabricación de lavavajillas se utiliza una solución de hidróxido de sodio al 50% en agua, con 38.5% en peso de Na_2O y el resto en peso es agua.

Los cristales de soda son muy higroscópicos, es decir absorben agua. Al añadirsele agua genera calor, reacciona violentamente (explosiona) con ácidos concentrados y solventes que contengan cloro, reacciona con algunos metales (aluminio, zinc, cobre, latón y cromo), liberando gases de hidrógeno inflamable y explosivo.

Función de la Soda Cáustica:

La soda cáustica es usada en el proceso de fabricación del lavavajillas para neutralizar el ácido alquil benceno sulfónico ramificado (HRAS) formando finalmente la pasta neutralizada y paralelamente ajustar el pH en un rango de 9 a 10 en la fabricación de pasta neutralizada.



Especificación de la Soda Cáustica:

% en peso de Na ₂ O	38.5% Objetivo
	37.0% Mínimo

Ocasionalmente se analiza hierro, cuando el producto tiene un color cremoso.

Criterios de Seguridad para el manejo de la Soda Cáustica:

Toda empresa dentro de la definición de su Visión, Misión y Propósitos no debe de olvidar que uno de los fundamentos importantes es la Seguridad Industrial, y debe de partir de principios de seguridad como:

- Nada de lo que se haga justifica una lesión.
- La Seguridad es tarea de cada integrante de la Empresa.
- La Seguridad puede ser administrada.

Además hay que ser concientes de que siempre se debe tener CERO ACCIDENTES, eliminando las causas que pueden ser por comportamientos o actos inseguros (personas) y condiciones inseguras (equipos e instalaciones). Esto significa que los programas o estrategias deben de estar enfocadas en eliminar estas causas, y uno de estos programas es el Manejo de Sustancias Riesgosas, las cuales si no las manipulamos correctamente nos pueden causar daños.

Para reconocer los daños que pueden causar estas sustancias se debe de interpretar su rombo de seguridad el cual nos indica el tipo de daño y su magnitud.

A continuación se muestra el Rombo de Seguridad de la soda cáustica :



3-0-1

Del rombo de seguridad se deduce que la soda cáustica es:

(3) Muy peligroso para la salud , es sumamente reactivo para el tejido humano.

(0) No hay peligro de inflamación, no es combustible.

(1) Material con reactividad estable en condiciones normales, pero puede volverse inestable a temperatura y presiones elevadas. Al reaccionar con el agua produce calor suficiente para encender cualquier material combustible cercano. Casi todas sus reacciones son exotérmicas, es decir liberan calor.

La parte de color blanca, siempre indica alguna característica especial del material y no necesariamente todos los materiales lo tienen.

2.2.2 Acido Alquibenceno Sulfónico Ramificado (HRAS):

El HRAS es la materia prima más importante en el proceso de la elaboración de un lavavajillas y a partir de esta se obtiene el tensioactivo. El HRAS es un ácido proveniente de la reacción del alquil benceno ramificado con gases de azufre, TRIOXIDO DE AZUFRE (SO₃)

Función del HRAS:

El HRAS o la mezcla ácida reacciona con el hidróxido de sodio o soda cáustica para formar el activo, más conocido como el tensioactivo, que le da el poder limpiador al lavavajillas.

La reacción que se lleva a cabo se vió anteriormente en el acápite referente a la Soda cáustica.



Especificaciones del HRAS

Concentración	96% como mínimo
Color	80 color Klett , mínimo 65

Criterios de Seguridad para el manejo del HRAS

A continuación se presenta el rombo de seguridad del HRAS:



3-1-2

Del rombo de seguridad se deduce que el HRAS es

- (3) Muy peligroso para la salud
- (1) Tiene un punto de flasheo a 205 °C
- (2) Experimenta reacciones exotérmicas

2.2.3 Silicato de Sodio:

El silicato de sodio también es conocido con el nombre de vidrio soluble, y resulta de la reacción entre la sílice y el hidróxido de sodio.

La relación entre la sílice y el óxido de sodio es conocida como ratio y su valor es de 1.6, y ambos representan los sólidos de este material que en peso llegan al 48%.

Función del Silicato de Sodio:

El silicato es usado en el proceso de neutralización para darle una propiedad al lavavajillas de ser inhibidor de la corrosión al momento de usarse en el lavado como utensilios de metal.

Especificaciones del Silicato de Sodio:

La razón de $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ es de 1.6 (relación en peso)
48% de solidos $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O}$ (en peso, y el resto es agua).

Criterios de Seguridad para el manejo del Silicato de Sodio:

A continuación se muestra el rombo de seguridad para el silicato de sodio:



3-0-0

Del rombo de seguridad se dice que el silicato de sodio es:

(3) Muy peligroso para la salud

(0) No hay peligro de inflamación, no es combustible

(0) Reactividad escasa

2.2.4 Perfume:

También es considerada una materia prima peligrosa por el grado de inflamabilidad. En el proceso de elaboración de lavavajillas se utiliza perfumes de fragancias que pueden ser limón, floral y otras fragancias de fruta, que le dan al lavavajillas un agradable olor.

Medidas de protección técnica

Almacenar en lugar fresco, seco, en contenedores llenos, cerrados herméticamente, protegidos de la luz.

Mantener alejados de posibles fuentes de encendido. Asegurar una adecuada circulación de aire y salida de emanaciones en áreas de almacenaje y operativas.

2.2.5 Colorantes:

Al igual que en el perfume, existen colorantes diversos para darle mejor apariencia al lavavajillas, y pueden ser verdes, rosados, amarillos, azules, etc.

2.2.6 Carbonato de Calcio (CaCO_3):

El carbonato de calcio, más conocido como tiza, calcita o avagonita, tiene la función de actuar como un abrasivo o agente pulidor en la formulación del lavavajillas y se adiciona en la parte del mezclado. El carbonato de calcio usado en el proceso es micronizado, esto significa que es un polvo muy fino.

Es una sal en polvo de color blanco y es inerte en medio alcalino. Se descompone en medio ácido. En un Ph de 7 se descompone liberando anhídrido carbónico y sal de calcio.

Las especificaciones de dicha materia prima son:

Total de Carbonato	97 % como mínimo
Humedad	1.0% como máximo

2.2.7. Carbonato de Sodio (Na_2CO_3):

El Carbonato de sodio, se añade en la parte del mezclado con la finalidad de mantener la solución de lavado con pH alcalino para el máximo rendimiento del activo o surfactante.

Este carbonato de sodio es del tipo ligero, o sea de granos muy finos.

Las especificaciones de dicha materia prima son:

Total Na_2O 58% mínimo

Color e impurezas Por una inspección visual, el color debe ser blanco y debe estar libre de material extraño.

Densidad aparente 0.48 Kg/L mínimo / 1.10 Kg/L máximo

2.3 CRITERIOS DE OPERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE LAVAVAJILLAS

La elaboración de un lavavajillas se realiza en 2 etapas, La primera que se le denomina neutralización ya que en esta ocurre la neutralización del HRAS para formar el tensioactivo, y la segunda que es el mezclado, en donde se agregan los carbonatos y el perfume. Denominada mezclado porque se busca formar una pasta uniforme. Ambas etapas se realizan en un mismo tanque reactor.

2.3.1 Neutralizado:

El objetivo es neutralizar el ácido alquil benceno sulfónico ramificado y formar la molécula tensioactiva.

Los dos materiales más comunes usados para la neutralización del ácido es el hidróxido de sodio o el carbonato de sodio.

La reacción que se produce usando Hidróxido de Sodio es altamente exotérmica. El calor de neutralización puede tomar aproximadamente 13.6 Kcal por cada mol de agua formada.

Para este caso se forma una cama básica agregando el agua, la soda cáustica y el silicato, en forma simultánea y sin agitación.

Luego se agrega el ácido alquil benceno sulfónico ramificado (HRAS). Para agregarlo es necesario agitarlo a velocidades entre 60 y 75 RPM, como en el mismo tanque se mezcla el agitador es de forma helicoidal, no siendo muy efectivo para neutralización por lo que hay que recircular con una bomba, ya que si no se recircula la reacción se torna muy violenta.

En caso de que se cuenten con 2 tanques uno para neutralización y otro para el mezclado, cada uno tendrá su propio agitador con diseños diferentes y no se necesitará recircular.

Otro punto importante es la velocidad de adición del HRAS, la cual puede variar entre 17.5 a 19.5 Kg/min para un tanque de 400 Kg de capacidad, para otros tamaños de tanque hay que realizar pruebas para determinar la velocidad más adecuada para el proceso.

La reacción balanceada es la siguiente:



El AB-SO₃Na (Alquil benceno sulfonato de sodio) es el tensioactivo que debe de ir en la fórmula; el AB-SO₃H representa el activo del HRAS y el Na₂O representa la cantidad presente de soda cáustica y el resto es agua.

2.3.2 Mezclado:

La pasta ya neutralizada es mezclada con materiales sólidos como los carbonatos de calcio y sodio, el colorante y el perfume. La suspensión (pasta) resultante, de composición uniforme y libre de grumos, es trasladada a envase donde se procederá a envasar dicho producto.

2.3.3 Cantidades de Material para la preparación de un lote de 400 Kg de Lavavajillas:

Agua	72.60 kg.
Soda	14.32 Kg.
Hras	77.64 kg.
Silicato	14.68 Kg.
Carbonato de Sodio	32.32 kg.
Carbonato de Calcio	186.52 Kg.
Colorante	1.24 kg.
Perfume	0.68 Kg.

2.3.4 Composición de la Pasta Lavavajillas:

Los porcentajes presentados en el siguiente cuadro son en peso:

Tensioactivo	20 %
Sílice	1.15 %
Carbonato de Sodio	8.08 %
Carbonato de Calcio	46.63 %
Colorante	0.02 %
Perfume	0.12 %
Agua	24 %

2.4 CALIDAD DEL PRODUCTO

Otro aspecto importante como la Seguridad es la Calidad, ya que siempre hay que brindar productos de alto valor agregado, donde se mantenga la calidad.

En tal sentido, la empresa debe de aplicar los programas necesarios para asegurar y mantener los cero defectos que siempre se busca, además la eficiencia del

producto debe ser tal que el cliente quede satisfecho y sienta que el valor del producto sea el correcto.

En esta parte no nos enfocaremos en los programas de Calidad, tan solo mencionaremos aspectos de calidad de la pasta en sí.

Se consideran variables y atributos que hay que medir en la pasta lavavajillas para determinar su calidad.

Las variables son:

VARIABLES DEL PRODUCTO	FRECUENCIA	LÍMITES
Humedad	3 veces para 8 horas de producción	24 – 26 %
PH	3 veces para 8 horas de producción	10 – 10.5
% de Activo (Tensioactivo)	3 veces para 8 horas de producción	18 – 24 %

Los atributos son:

ATRIBUTOS DEL PRODUCTO	FRECUENCIA	LÍMITES
Color	3 veces para 8 horas de producción	De acuerdo a un estándar
Olor	3 veces para 8 horas de producción	De acuerdo a un estándar

III DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DEL PROCESO E IMPLANTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL PARA LA PRODUCCIÓN AUTOMÁTICA DEL LAVAVAJILLAS

Antes de iniciar la automatización del proceso es importante conocerlo, por lo que esta sección justamente trata de describir los sistemas que conforman el proceso en su primera parte y en su segunda parte tratar el tema de la automatización.

Básicamente el proceso productivo del lavavajillas es por lotes, es decir que se prepara una cantidad de pasta, se transfiere para su envasado y se comienza otro periodo igual.

Debido a la naturaleza de este proceso, se tiene el sistema propiamente dicho de la preparación del lavavajillas, que es el tanque reactor con su sistema de agitación y bombeo, y los sistemas de adición de los materiales al tanque reactor.

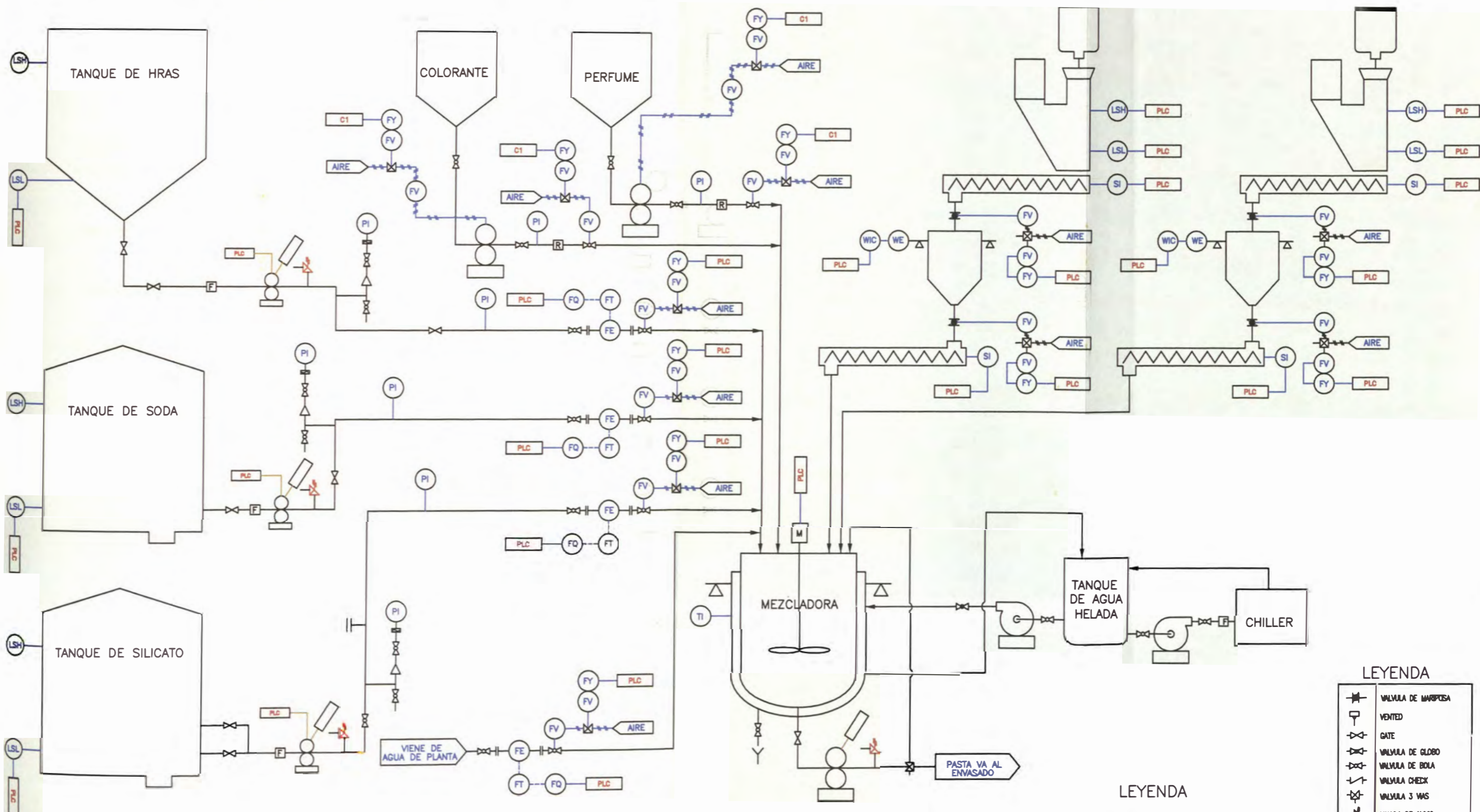
La automatización consiste en que estos sistemas de adición agreguen al tanque reactor en cantidad correcta y en los tiempos definidos los materiales, que la agitación y la recirculación en el tanque reactor se den de acuerdo a lo programado, hasta completar la preparación del lote.

3.1 SISTEMAS DEL PROCESO DE LAVAVAJILLAS

El proceso de elaboración del lavavajillas lo podemos separar en los siguientes sistemas:

- a) Sistema de Neutralizado / Mezclado y Transferencia de Pasta
- b) Sistema de Adición de Materiales Líquidos
- c) Sistema de Adición de Materiales Sólidos
- d) Sistema de Perfume y Colorante

Los sistemas de adición han sido definidos de acuerdo al estado físico de los materiales (sólido o líquido) y por las cantidades requeridas para el proceso.



- LEYENDA
- PI INDICADOR DE PRESION
 - TI INDICADOR DE TEMPERATURA
 - LSL CONTROL DE NIVEL BAJO
 - LSH CONTROL DE NIVEL ALTO
 - FE SENSOR DE FLUJO MASICO
 - FQ TOTALIZADOR DE PESOS
 - WE SENSOR DE PESO
 - WIC SUMADOR DE PESOS
 - C1 CONTROLADOR PERFUME/COLORANTE

- LEYENDA
- VALVULA DE MARIPOSA
 - VENTED
 - GATE
 - VALVULA DE GLOBO
 - VALVULA DE BOLA
 - VALVULA CHECK
 - VALVULA 3 VAS
 - VALVULA DE ALMO
 - REDUCTOR
 - BRIDA
 - BOMBA CENTRIFUGA
 - BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO
 - REGULADOR DE CAUDAL
 - FILTRO

SISTEMA DE PASTA
DIAGRAMA DE FLUJO

3.1.1 Sistema de Neutralizado / Mezclado y Transferencia de Pasta:

Este sistema consta del Tanque Reactor, la Bomba de Recirculación / Transferencia, y dentro de este sistema se tiene el panel de control del proceso donde se centraliza el controlador lógico programable, y los dispositivos que sirven de interfase entre el operador y los equipos del proceso.

Tanque Reactor:

Es un tanque de acero inoxidable 316L, que tiene una chaqueta de enfriamiento con agua helada, ya que la reacción de neutralización es exotérmica y hay que mantener la pasta a 48 °C.

Tiene un agitador tipo helicoidal el cual es movido por un sistema de transmisión de motoreductor con faja de 15 HP, el agitador en dos extremos tiene un raspador que sirve para mantener limpia la pared interna del tanque reactor y evitar que se quede pasta pegada por el sistema de enfriamiento que tiene por su pared exterior.

Se trabaja con el agitador girando a 68 RPM. Las alimentaciones llegan a la tapa del tanque reactor, incluyendo en la tapa una ventana de inspección con puerta con un seguro.

En la siguiente tabla se muestran algunas de sus dimensiones:

Diámetro interno (Di)	820 mm
Altura 1 (H1)	790 mm
Altura 2 (H2)	140 mm
Volumen neto	117 gl

En el gráfico (fig. 2) podemos observar un tanque donde se especifica cada una de sus partes (Di,H1 y H2), las cuales han sido detalladas en el cuadro anterior.

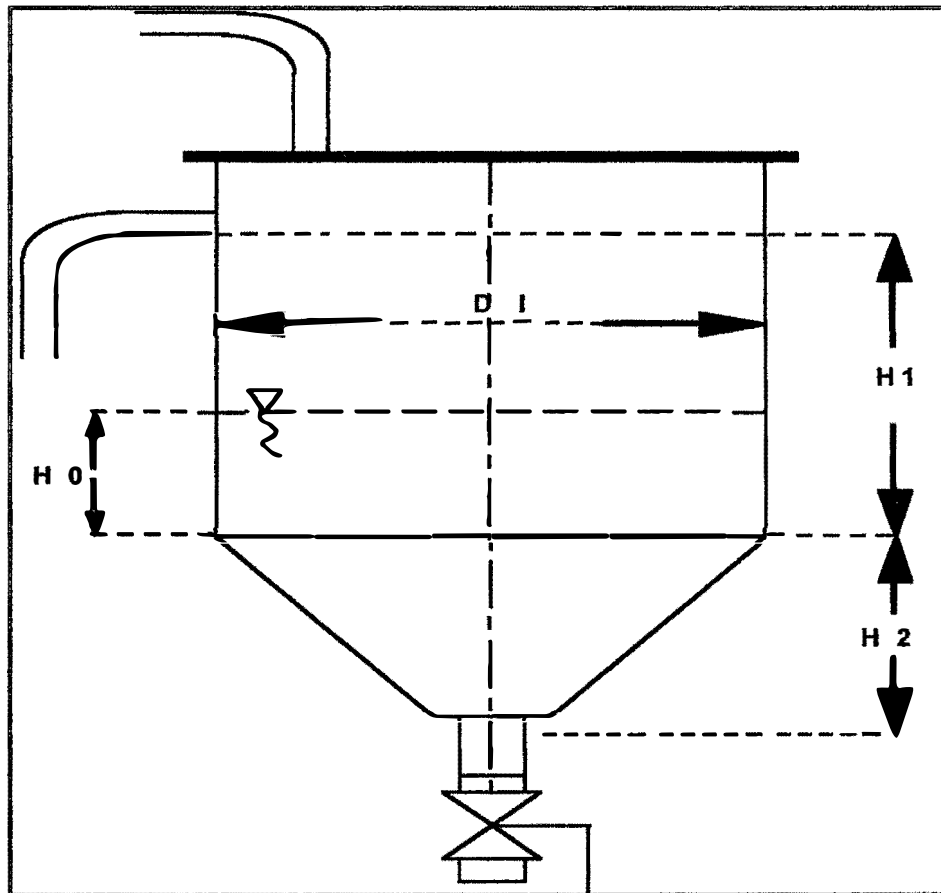


Figura 2

Bomba de Transferencia:

Esta bomba durante la preparación del lavavajillas se usa para recircular y ayudar al agitador a homogenizar la pasta, llegado el momento de transferir la pasta se cambia la posición de la válvula de tres vías a la de transferencia al Envasado.

A continuación se muestra un cuadro con algunas características de la bomba:

Marca	Viking
Tipo	Desplazamiento Positivo
Modelo	LL125
Capacidad nominal	140 GPM a 520 RPM

Este gráfico (fig. 3), muestra este sistema:

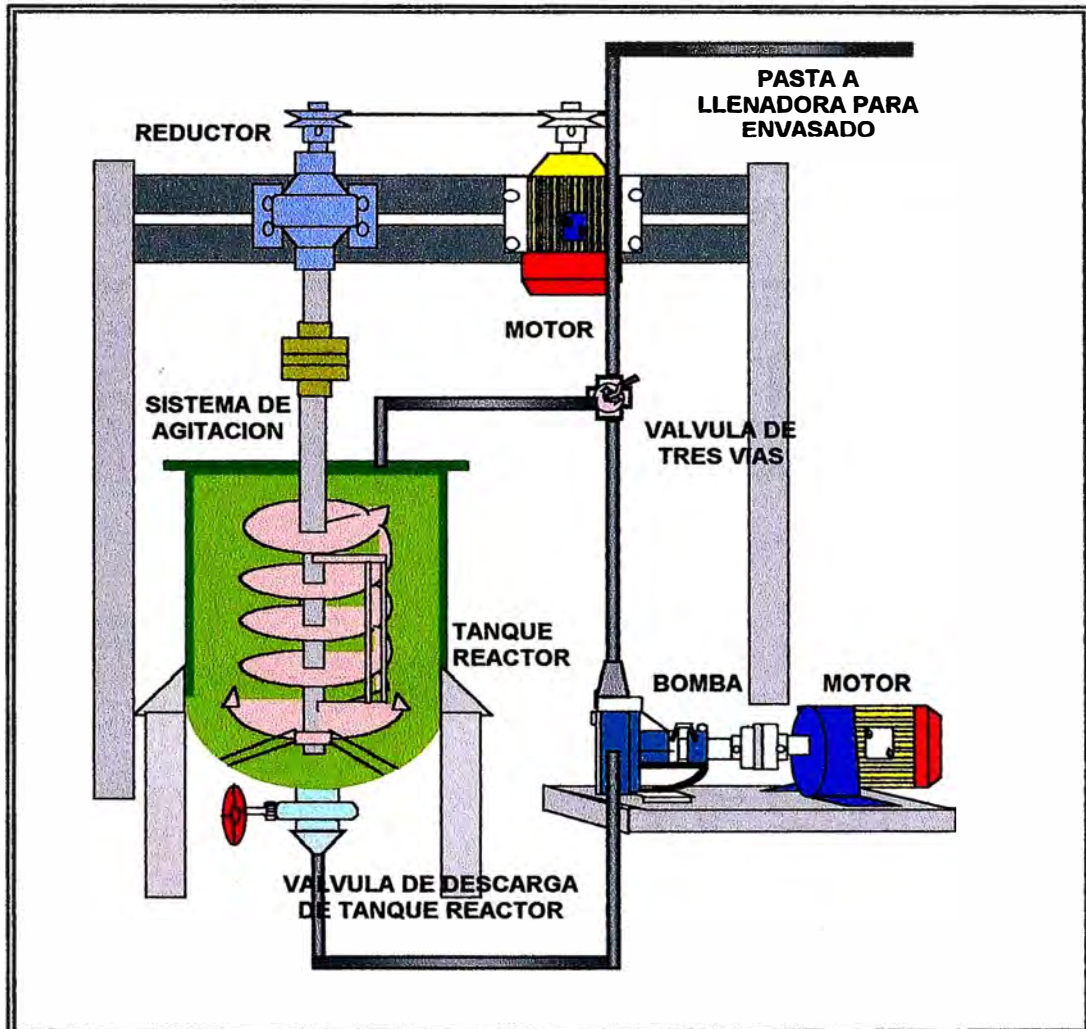


Figura 3

3.1.2 Sistema de Adición de los Materiales Líquidos:

Los sistemas líquidos están conformados por la alimentación del Acido Sulfónico, Silicato de Sodio, Soda Cáustica y Agua.

Estos constan de un Tanque de Almacenamiento, Bomba de Alimentación, Medidores de Flujo Másico y las válvulas automáticas accionadas por actuadores electroneumáticos.

En el caso del agua se usa una línea que constantemente tiene agua ya que el tanque de agua se encuentra en otra zona de la planta y desde esta se alimenta a las demás zonas.

Las líneas de soda, silicato, agua, perfume y colorante, convergen en una sola línea de entrada al tanque reactor. La línea del ácido entra sola al tanque reactor.

Una representación de un sistema líquido es la siguiente (fig 4):

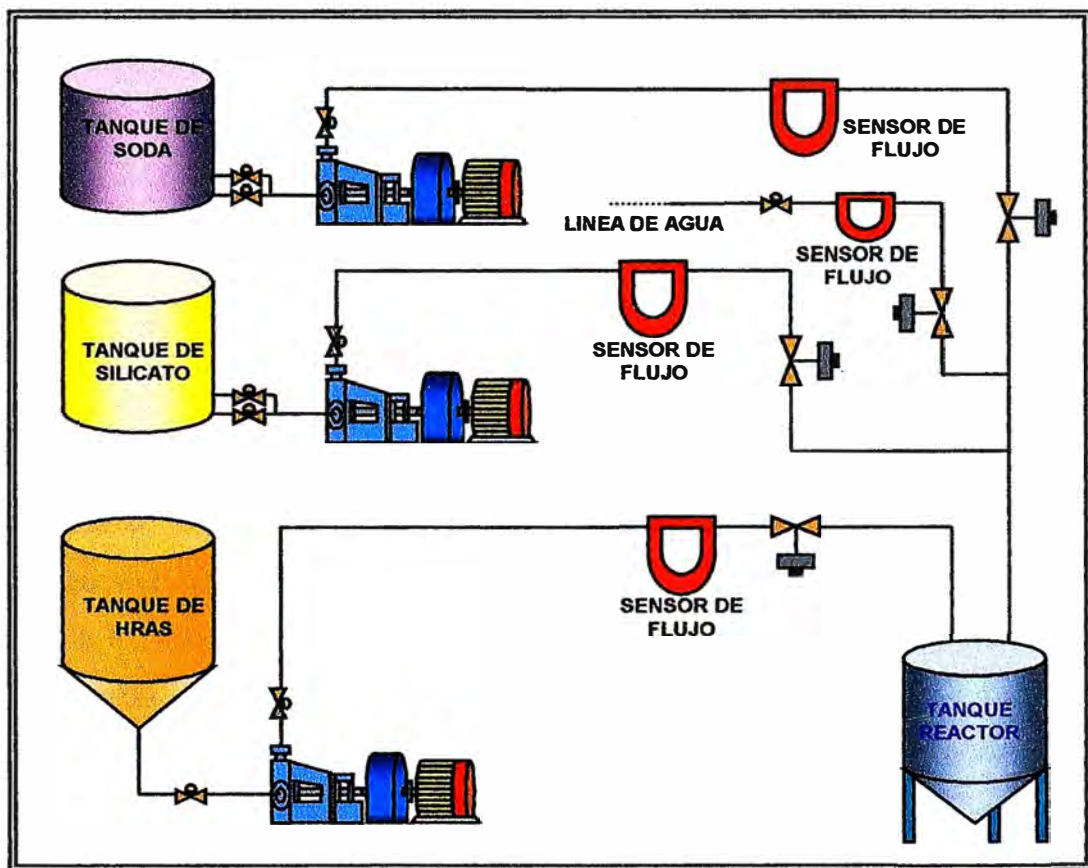


Figura 4

3.1.3 Sistema de Adición de Materiales Sólidos:

Básicamente los materiales sólidos son los carbonatos de sodio y de calcio, cuyos sistemas son idénticos. Entonces solo se describirá completamente a uno de ellos, tan solo indicar que ambos convergen en un solo punto para la entrada al tanque reactor.

3.1.3.1 Sistema de Adición de Carbonato de Sodio:

Este sistema consta de los siguientes subsistemas:

- a) Descarga de Jumbos de Carbonato de Sodio, y almacenamiento del producto.
- b) Prepesado de Carbonato de Sodio.
- c) Adición de Carbonato de Sodio.

a) Subsistema de descarga de Jumbos y almacenamiento del Carbonato

Este subsistema está compuesto por los siguientes equipos:

Tecele para elevación y transporte de Jumbos

Los carbonatos de sodio y calcio, vienen en jumbos o supersacos de una tonelada de capacidad. Son bolsas grandes con cuatro asas en la parte superior y una manga de descarga en la parte inferior.

Estos son levantados por un tecele que tiene una capacidad de 2 toneladas, y corre sobre un riel fijo, con topes en los extremos, por seguridad.

El tecele es eléctrico y sus movimientos son controlados por un operador mediante un control remoto manual.

Tolva de Pre-Llenado:

Esta tolva sirve para poder descargar el jumbo a otra tolva grande de almacenamiento del carbonato.

Consiste en una cabina de dos metros de altura cuya parte superior tiene la forma de una pirámide trunca invertida que sirve de apoyo al jumbo. La parte intermedia tiene dos cavidades con manga por donde ingresan los brazos del operador para poder abrir la manga del jumbo. Finalmente, en la parte inferior tiene una malla con huecos de $\frac{1}{4}$ ", que sirve para retener los grumos compactados que se han

formado en el jumbo, y una paleta giratoria cuya función es romper los grumos y dosificar el producto a la tolva de almacenamiento.

El movimiento del eje de la paleta es detectado por un sensor de proximidad, el cual envía constantemente información al PLC, para que el operador pueda ver si está o no funcionando la paleta.

Tolva de Almacenamiento:

La Tolva de Almacenamiento de Carbonato de Sodio, tiene una forma trapezoidal, con pendientes adecuadas al ángulo de deslizamiento del producto.

En la parte superior tiene el ingreso del producto, un filtro de mangas que cumple la función de control del polvo generado, evitando la contaminación ambiental y un ingreso para una persona en casos de limpieza.

En la parte inferior tiene una cavidad de alimentación al gusano transportador.

La tolva tiene dos sensores de nivel, uno de nivel alto que al detectar el producto detiene la rotación de la paleta dosificadora y los huecos de la malla de la tolva de pre-llenado quedan tapados, cortándose la alimentación del carbonato. El otro es de nivel bajo, que cuando deja de detectar producto, activa una alarma de falta de producto para que el operador al darse cuenta alimente nuevamente la tolva.

La capacidad de la tolva es de 2 toneladas.

b) Subsistema de Prepesado de Carbonato de Sodio:

Este subsistema está compuesto por:

Gusano Transportador y Sensor de Rotación

Es un gusano helicoidal cuya función es de transportar el carbonato de sodio desde la tolva de almacenamiento, hacia la tolva de prepesado, a razón de 50 Kilos por minuto.

El movimiento del gusano transportador es detectado por un sensor de proximidad, el cual envía constantemente información al PLC

A la salida del gusano transportador hay una unión flexible con la tolva de prepesado y en esta hay una válvula mariposa de 8" de diámetro, la cual es accionada por un actuador neumático de doble efecto.

La finalidad de esta válvula es cerrar la salida del gusano transportador, cuando este pare por haber completado la carga transportada.

A la válvula de mariposa se le ha instalado un micro switch de posición con la finalidad de indicar al PLC la posición de esta válvula. Si la válvula está cerrada dará una señal que bloquee el arranque del gusano transportador.

Tolva de Prepesado:

La tolva de prepesado es una tolva de forma tronco cónico y de acero inoxidable, esta tolva está colgada de unos tirantes a la estructura de la tolva, dejando una luz entre la tapa y la tolva, y en la parte inferior también está suelta de tal forma que no oponga resistencia a las celdas de carga.

La Tolva de Prepesado es una tolva que aceptará la cantidad de carbonato de sodio que le indique el programa del PLC, la transmisión de este peso lo efectúan las celdas de carga.

Celdas de Carga:

Las celdas de carga son tres y tienen la forma de una S que se usan en instalaciones por tensión y de una capacidad de 100 lbs cada una (para el caso de carbonato de calcio son de 200 lbs), estas celdas de carga sostienen la tolva de prepesado a través de barras regulables y roscadas en sus extremos.

Se cuenta con una caja sumadora que en la práctica suma el promedio de los pesos de cada celda de carga y se lo trasmite al PLC.

En la salida de la tolva de prepesado, se ha instalado una válvula de mariposa de 6" de diámetro, y también es accionada por un actuador neumático de doble efecto.

La finalidad de esta válvula es cerrar la salida de la tolva de prepesado, cuando se inicie un nuevo ciclo de llenado de la misma.

También lleva un micro switch de posición con la finalidad de indicar al PLC la posición de esta válvula. Si la válvula está cerrada dará una señal para que arranque el gusano transportador.

c) Subsistema de Adición de Carbonato de Sodio:

Compuesto por el gusano alimentador, sensor de rotación y manguera flexible.

El gusano alimentador es helicoidal y su función es alimentar el carbonato de sodio desde la tolva de prepesado, hacia el tanque reactor a razón de 50 Kilos por minuto.

El movimiento de este gusano alimentador es detectado por un sensor de proximidad, el cual envía constantemente información al PLC.

La manguera flexible es la entrada del sólido al tanque reactor

3.1.3.2 Sistema de Adición de Carbonato de Calcio:

Este sistema de adición de carbonato de calcio es semejante al de carbonato de sodio incluso las mismas dimensiones excepto la capacidad de las celdas que son de 200 lbs cada una, por eso no se describirá.

Hay que recalcar que los jumbos de carbonatos son trasladados desde los almacenes hasta el área del proceso, con vehículos montacarga, sobre una base de madera llamada comúnmente parihuela.

De acuerdo a las necesidades de cada planta, también estos carbonatos pueden venir en bolsas de 50 Kg.

En la fig. 5 se muestra uno de estos sistemas:

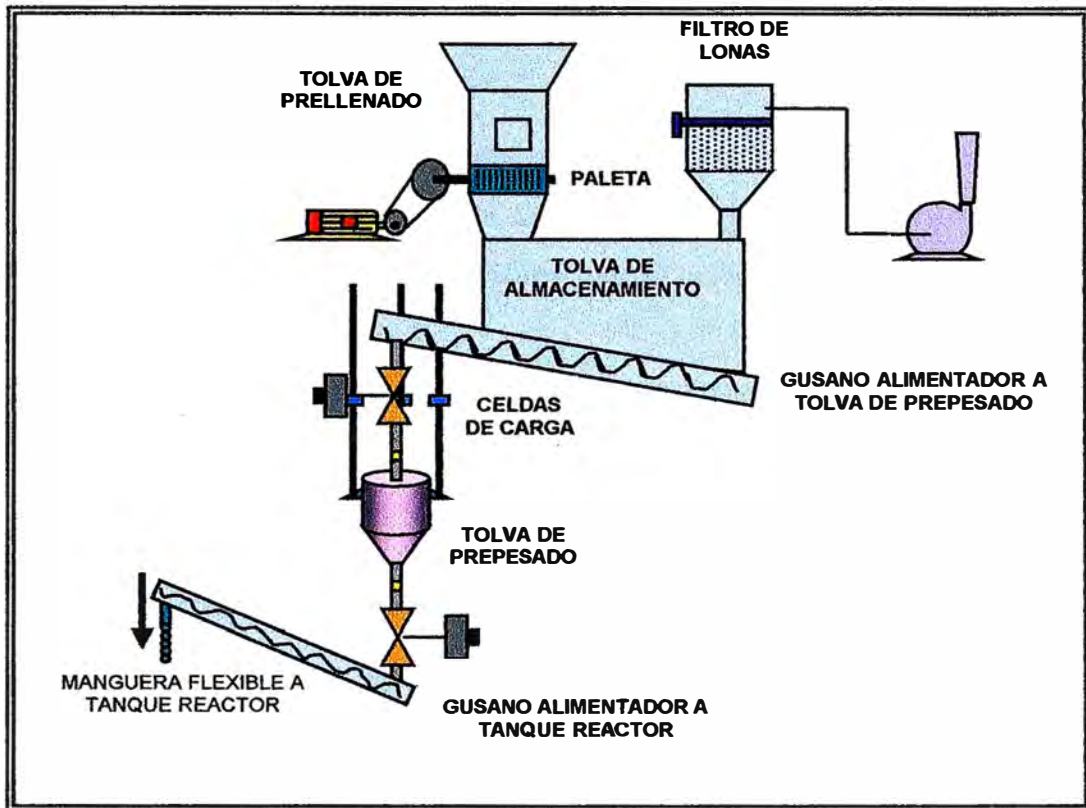


Figura 5

3.1.4 Sistema de Adición de Perfume y Colorante:

3.1.4.1 Sistema de Adición de Perfume:

El sistema de perfume consta de: una bomba de diafragma de alimentación, un tanque de almacenamiento, una bombita de diafragma para alimentación al proceso y un controlador que controla la adición de perfume.

Bomba de Diafragma de Alimentación: Es una bomba operada por aire, de desplazamiento positivo, autocebante. Es de polipropileno, y trabaja con flujos hasta de 14 GPM y a la presión máxima de 110 psig. Su función es bombear el perfume hasta el tanque de almacenamiento.

Tanque de Almacenamiento: Es un tanque de acero inoxidable con un sistema de rebose en caso de derrame y un sistema de venteo por seguridad, este almacena el perfume usado para el proceso.

Bomba de Diafragma de Alimentación al Proceso: Es una bombita pequeña como la anterior, pero la diferencia es que la alimentación de aire está controlada por una electroválvula, la cual sirve para alimentar el perfume al proceso.

Controlador de Flujo: La bombita de diafragma descarga una cantidad de fluido repetible en el proceso por cada carrera de diafragma, entonces el controlador cuenta las carreras y controla la bomba de modo que se puedan dosificar cantidades específicas, repetibles.

3.1.4.2 Sistema de Adición de Colorante:

El sistema de colorante consta de: un tanque con agitador donde se prepara el colorante, una bombita de diafragma como la de perfume que es controlada por el mismo controlador anterior.

Tanque de Colorante: Es un tanque de acero inoxidable que consta con una alimentación de agua y un agitador para diluir y preparar el colorante.

Hay que resaltar que el perfume llega en cilindros metálicos de 180 Kg y el colorante llega en baldes de 30 Kg, y que a pesar de que entran en cantidades pequeñas son materiales costosos por lo que su adición es muy cuidadosa.

Con esta descripción breve de los equipos y su función que cumplen en el proceso productivo del lavavajillas, estaremos listos para definir la estrategia de control automática del proceso de elaboración.

El siguiente gráfico (fig 6), muestra este sistema

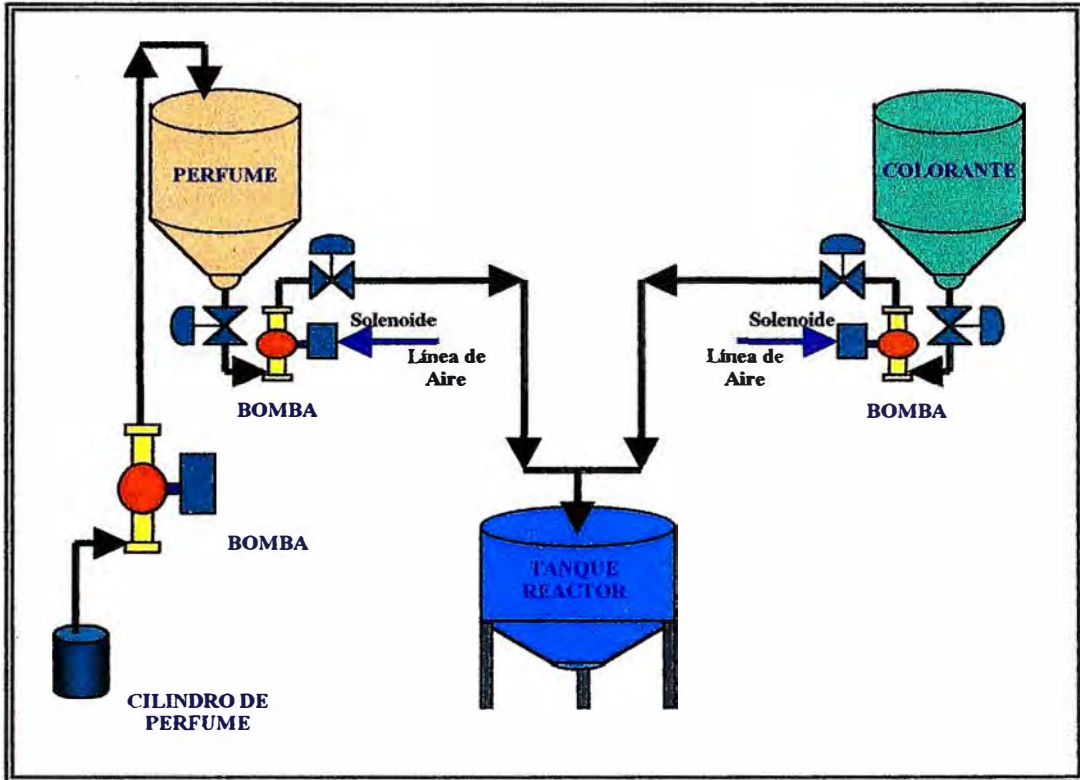


Figura 6

A continuación (fig. 7), un diagrama total del Proceso:

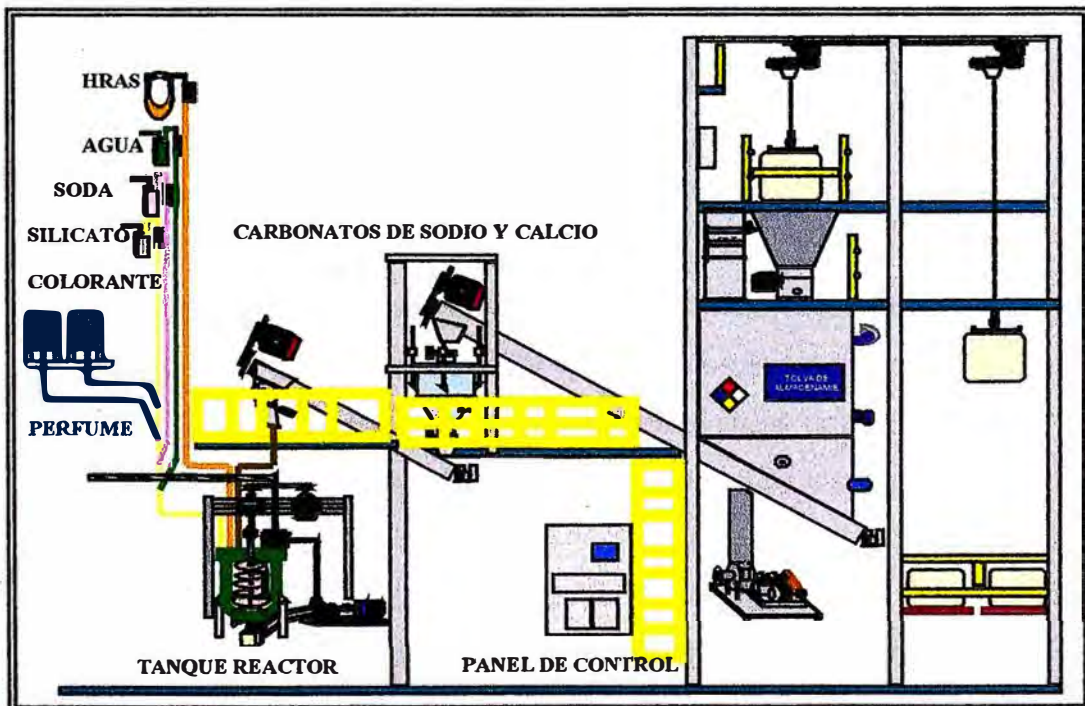


Figura 7

3.2 CONTROL AUTOMATICO DEL PROCESO

Dada la naturaleza del proceso se usará un modo de control de dos posiciones o control on-off, aplicando una estrategia de retroalimentación.

Por esto revisaremos previamente algunos conceptos generales.

3.2.1 Modo de Control:

Un modo de control es una respuesta particular del controlador a una variación de la medición o error, y las cuatro respuestas básicas son:

- Dos posiciones
- Proporcional
- Integral
- Derivativa

Hay variaciones sobre estas respuestas básicas entre los diferentes fabricantes de instrumentación de control. Algunas veces estas respuestas son identificadas por distintos nombres, o están cuantificadas en diferentes unidades. La respuesta derivativa puede ser generada de distintas maneras y son variables los grados de interacción posibles entre los modos proporcional, integral y derivativo.

3.2.1.1 Control de dos Posiciones o Control ON-OFF:

La respuesta de dos posiciones es la forma más simple de lazo de control de retroalimentación. Una función de control de dos posiciones tiene solo dos salidas posibles 100 ó 0 %, y solo toma en consideración el signo del error.

Su principal desventaja es la permanente variación cíclica y su principal ventaja es su bajo costo. No siempre requiere de un controlador, la misma función puede ser creada con alarmas, contactos, salidas digitales y relés.

Para este caso de adiciones la desventaja de la variación cíclica no trae muchos problemas, puesto que el sensor y el elemento final de control la válvula están

cerca de la descarga del material, reduciendo los tiempos muertos por la caída de los materiales que pudieran causar errores en las cantidades adicionadas.

3.2.1.2 Control Proporcional:

Se basa en el principio de que la magnitud de la respuesta del controlador debe de ser proporcional a la magnitud del error.

3.2.1.3 Control Integral:

Se basa en el principio de que la respuesta debe ser proporcional tanto a la magnitud como a la duración del error.

3.2.1.4 Control Derivativo:

La acción derivativa se basa en el principio de que el controlador debe responder también a la velocidad de variación de la medición, aun cuando el error real sea pequeño.

3.2.2 Automatización de los Sistemas de Adición:

La automatización está centrada básicamente al control automático de las adiciones y las condiciones de neutralizado y mezclado, por tal motivo se ha dividido en tres sistemas de adición y uno específico de control de bomba y agitador del tanque reactor

Los sistemas involucrados son los siguientes:

- a) El control de Adición de Líquidos.
- b) El control de Adición de Sólidos.
- c) El control de Adición de Perfume y Colorante.
- d) El control de bomba de transferencia / recirculación y agitador.

Todos ellos gobernados por el controlador lógico programable, y el operador interactuando con el proceso por medio de dispositivos de interfase a través de los cuales programa las recetas, recibe información y controla las alarmas.

3.2.2.1 Control de Adición de Líquidos:

El gráfico (fig. 8), muestra la lógica de control para este sistema:

Siguiendo el gráfico, la lógica es como sigue:

Al iniciar el proceso el PLC manda varias señales a la vez, como:

- El PLC activa el motor de la bomba de alimentación del material
- Ordena que el totalizador del trasmisor se ponga en cero (resetea).
- Ordena que el trasmisor active la bobina principal del medidor de flujo.
- Activa la bobina del actuador electroneumático y se abre la válvula de alimentación del líquido en cuestión.

En el momento que pasa el fluido por el sensor se produce el efecto coriolis y retroalimenta al trasmisor; que inmediatamente envía señal al PLC.

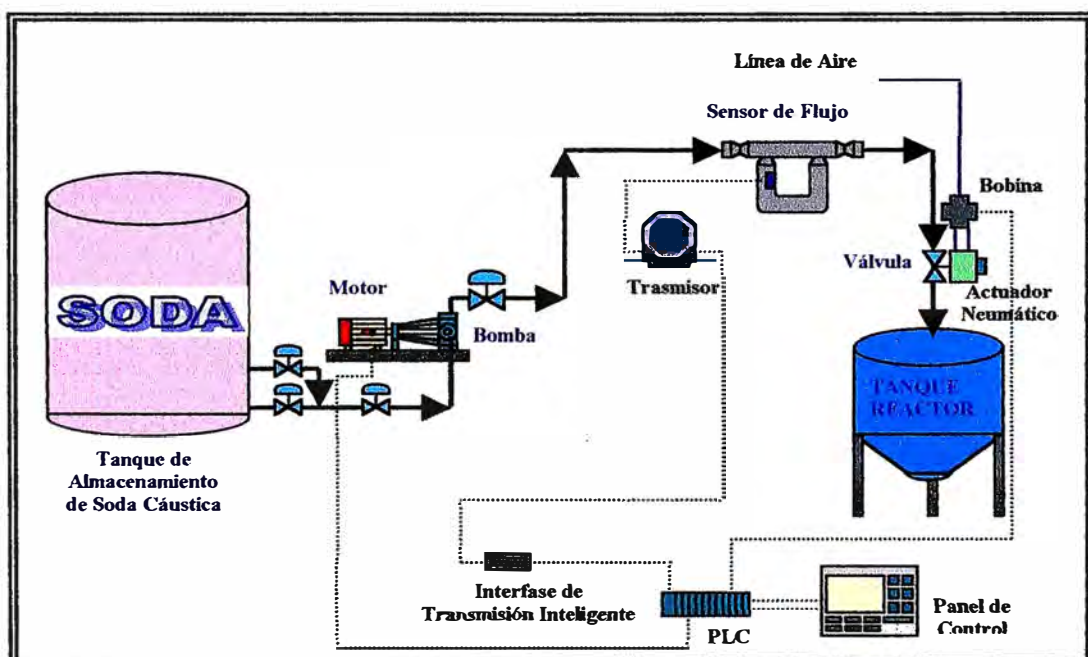


Figura 8

El PLC emite la salida al panel de control (Panel View), donde se observa los Kgs. de material que se está adicionando.

En el momento en que el peso se iguala al peso definido (set), el PLC ordena las siguientes actividades:

- Para El PLC desactiva el motor de la bomba de alimentación del material.
- En el panel de control se observa el valor final que registra el totalizador del transmisor.
- Desactiva la bobina del actuador electroneumático y la válvula se vuelve a cerrar.

3.2.2.1.1 Instrumentos Importantes del Sistema de Control:

Sensores de Flujo Másico:

Los sensores se basan en el principio de coriolis para determinar el flujo másico. Estos se seleccionan con los siguientes criterios:

- % de error de flujo con respecto al flujo másico siendo el máximo de $\pm 1\%$.
Esto indica de cuan precisos son estos sensores.
- % de error en ajuste de densidad, siendo el máximo 0.01%, otro complemento de precisión del sensor.
- Presión de la bomba.
- Velocidad del fluido y # de Reynolds.

El Trasmisor del sensor procesa la señal y proporciona información a la salida.

Es el cerebro del sistema y proporciona tres acciones:

- Primero envía una corriente pulsante a una bobina de accionamiento del sensor que ocasiona una pequeña vibración en las tuberías

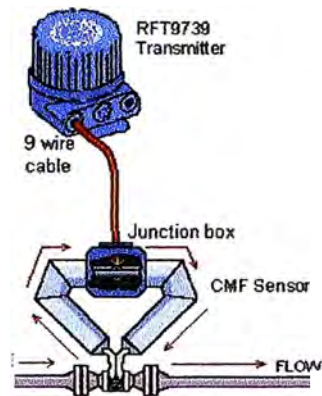


Figura 9

- Segundo procesa las señales que envía el sensor, hace los cálculos y proporciona las salidas hacia los equipos que recibirán los datos

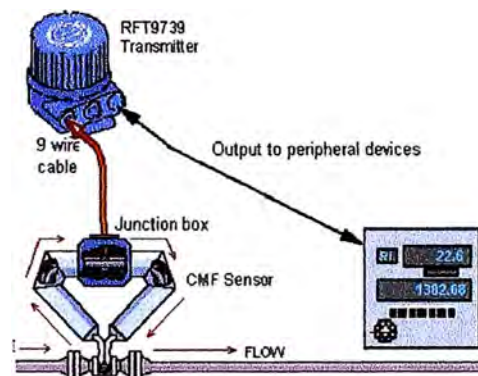


Figura 10

- Por último el trasmisor se comunica con un sistema de control o un operador a través de una Interfase Hombre-Máquina

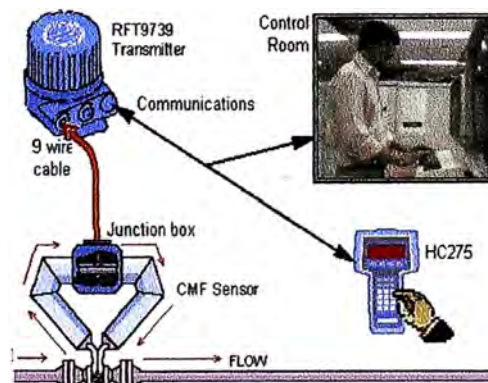


Figura 11

Interfase de Trasmisión Inteligente:

Conocido como el transmisor inteligente (Smart Transmitter) que provee una interfase de comunicación entre el controlador PLC y los transmisores de los sensores de flujo, ya que estos envían su señal a través de una red de protocolo HART y es transformada a una red de protocolo Remote I/O (RIO), que es la que recibe el PLC.

Dispositivo de Interfase o Panel de Control Principal:

Es un dispositivo de interfase, tiene una pantalla digital a colores y que es sensible al tacto. Es funcional y puede incluir alarmas en una lista, que notifica al operador cuando ocurre algo, mostrando un mensaje y botones para que responda.

Permite el ingreso de caracteres y exposición en diferentes pantallas de acuerdo a sus necesidades.

Para nuestro caso tenemos pantallas de opción manual y automático, donde se puede cambiar adiciones, bloquear actividades de programación y otras funciones que permitan operar y transferir la pasta.

Se comunica con el PLC usando el protocolo DH+ pero puede optar por DH-485, Remote I/O, o RS-232.

DH+, es una red de área local diseñada para apoyar programas que necesitan comunicación entre componentes que están instalados a cierta distancia en la industria.

3.2.2.2 Control de Adición de Sólidos:

La lógica es la siguiente:

3.2.2.2.1 Proceso de Descarga de un sólido contenido en la Tolva de Prepesado:

En el siguiente gráfico (fig. 12), se muestra el control de este sistema:

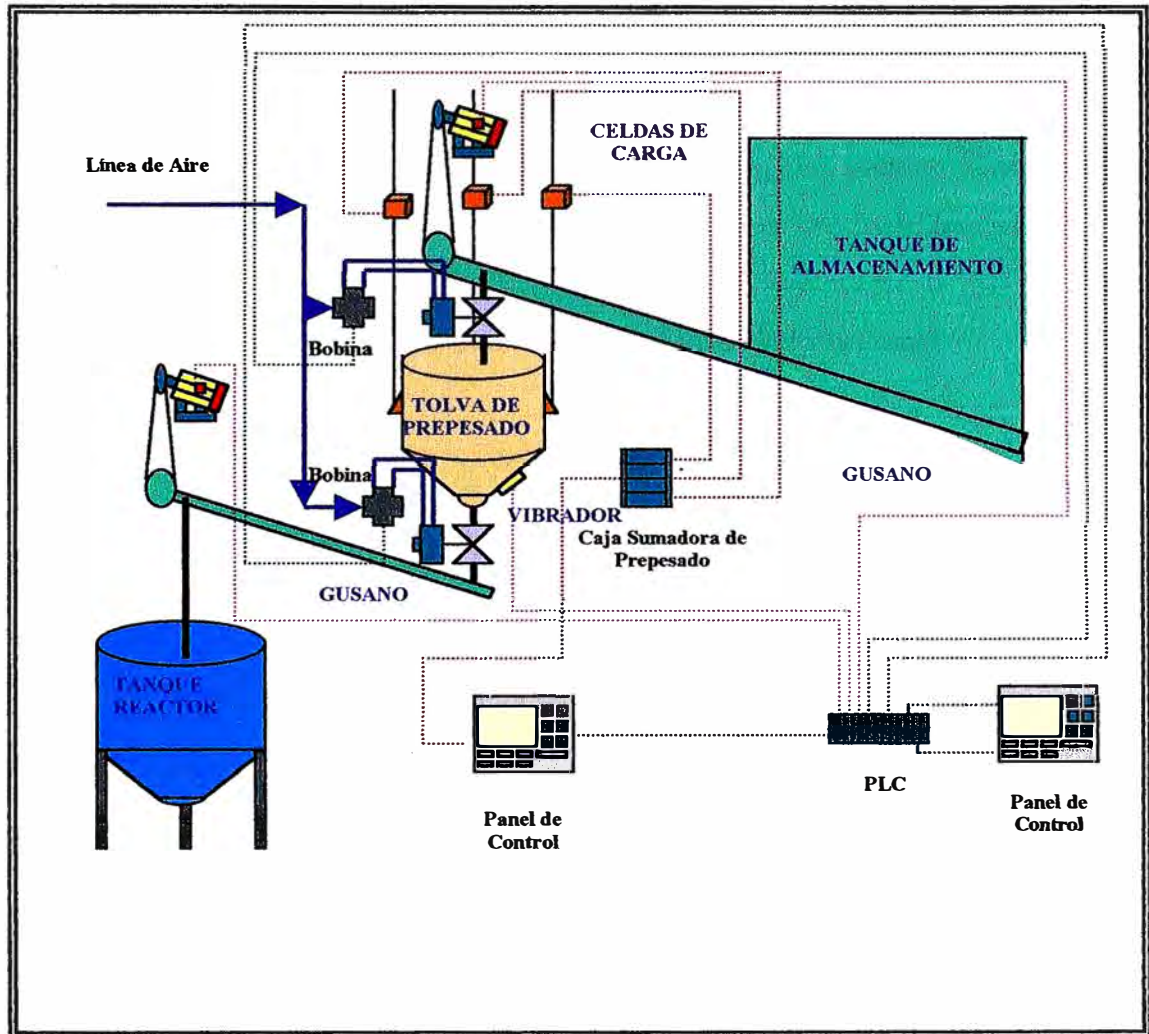


Figura 12

El PLC, envía varias señales:

- Activa la bobina para que el actuador de la válvula alimentadora a tanque reactor la abra.
- También inicia a funcionar el motor del gusano alimentador a tanque reactor.
- El totalizador del panel de control para las celdas de carga comienza a disminuir el peso de acuerdo como se descarga la tolva de prepesado.

Cuando el totalizador del panel de control para las celdas de carga ha llegado a cero, el PLC recibe la señal y envía las siguientes órdenes:

- Hace que se cierre la válvula alimentadora y activa el vibrador.
- Luego de los 10 segundos se abre nuevamente la válvula alimentadora por 5 segundos y se vuelve a cerrar, (esta actividad se repite por 3 veces).
- En la última se cierra la válvula y se apaga el vibrador.
- Finalmente luego de 20 segundos más se apaga el gusano alimentador al tanque reactor, porque en este tiempo ya todo el producto ha caído.

3.2.2.2.2 Proceso de Llenado de la Tolva de Prepesado:

En el momento en que se ha terminado la alimentación al tanque reactor y la tolva está vacía, el PLC ordena lo siguiente:

- Activa la bobina para que el actuador de la válvula alimentadora a la tolva de prepesado la ponga en posición de abertura.
- Se activa el motor del gusano alimentador a la tolva de prepesado.

En el momento de llenado de la tolva de prepesado las tres celdas están sensando el peso y están mandando la señal a la caja sumadora, que a su vez está comunicando al panel de control para las celdas, y cuando este indica que el peso ha llegado al valor requerido o seteado, el PLC ordena cerrar la válvula de alimentación a la tolva y parar el gusano.

3.2.2.2.3 Instrumentos Importantes del Sistema de Control:

Dispositivo de Interfase o Panel de Control para celdas de carga:

Tiene 2 pantallas alfanuméricas, fluorescentes al vacío y un teclado de membrana sensible al tacto.

Una de las pantallas se usa para indicar valores de peso y la otra indica la tara, unidades de peso, mensajes al operador, errores y otros mensajes.

Usa un voltaje de 15 voltios para excitar o manejar hasta 10 celdas de 350 ohmios. Para este caso usa la red del protocolo de comunicación RIO (traduce la señal analógica a digital), para comunicarse con el PLC.

Celda de Carga:

Para este caso se usan celdas de carga para Módulo de Pesaje de Tensión, tienen la forma de S y consisten en una serie de placas que se comportan como resistencias al ser excitadas con tensión, esa resistencia tiene una relación con el peso.

En el gráfico (fig 13) se muestra la instalación de una Celda de Carga

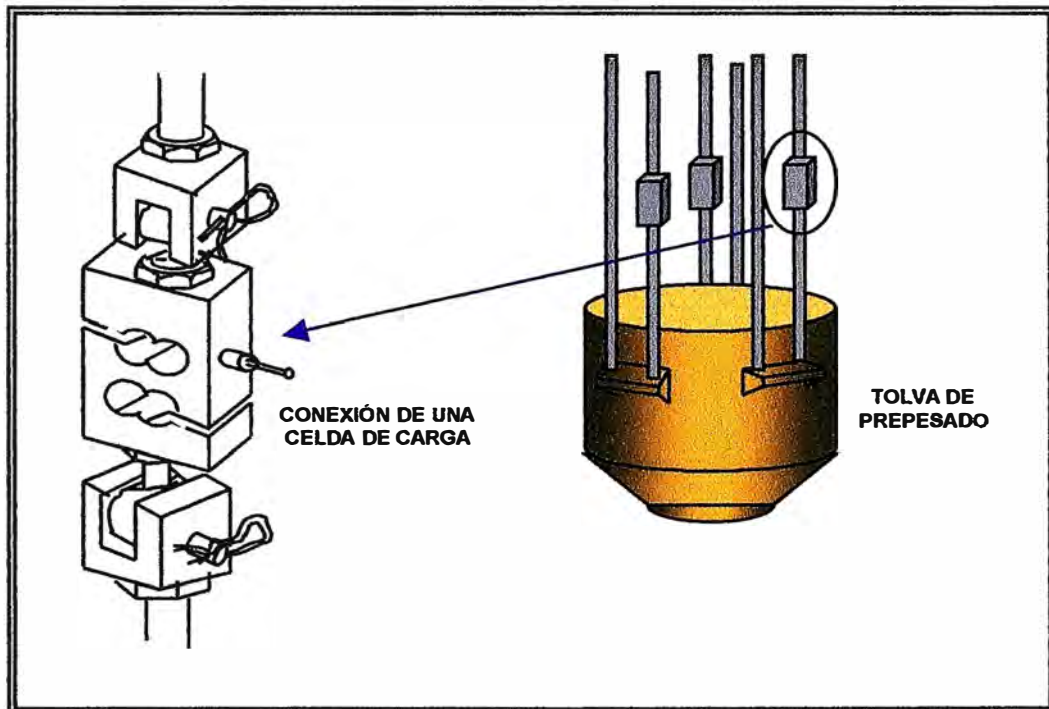


Figura 13

3.2.2.3 Control de la Adición del Perfume y Colorante:

En el caso de este sistema específicamente existe un controlador que se enlaza con el PLC, y en este caso el PLC hace el papel de controlador maestro.

El gráfico (fig 14), muestra el control de este sistema :

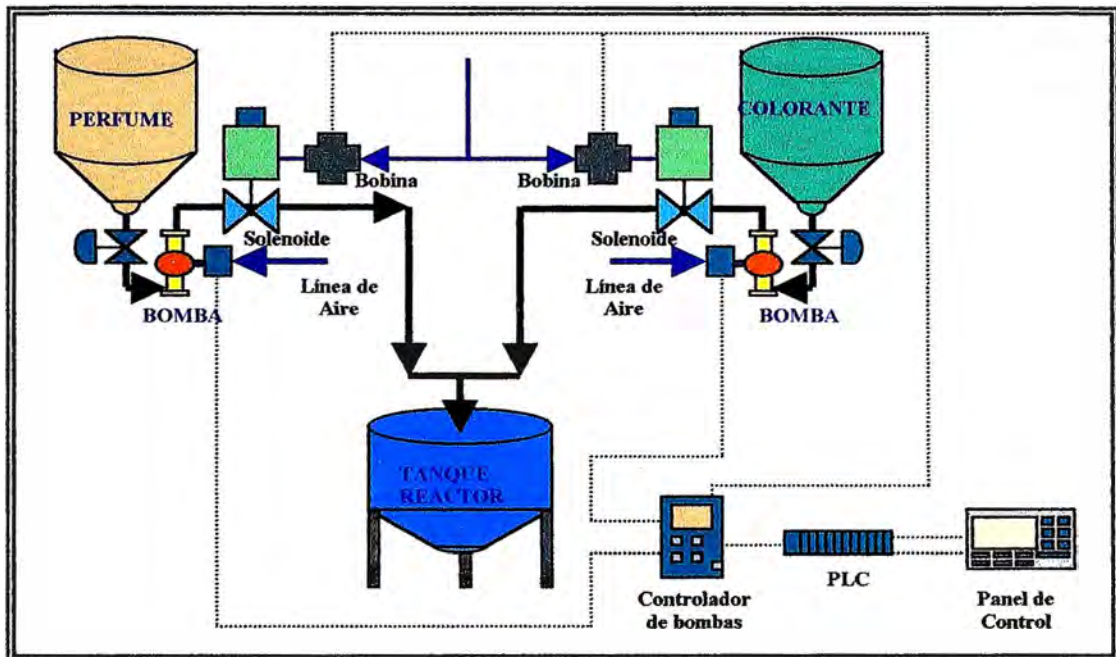


Figura 14

La lógica es la siguiente:

El PLC, envía un pulso al controlador de las bombas de perfume o colorante, y se activa el solenoide de la bomba y bobina de actuador de válvula de alimentación respectiva.

En ese instante se darán la cantidad de pulsos calibrados en la bomba para dar la cantidad de material deseado.

Al final el controlador envía parar el diafragma de la bomba de colorante o perfume y cerrar la válvula de alimentación respectiva.

En este caso el PLC solo actúa como un pulsador, que activa el controlador de las bombas.

3.2.2.4 Control de Bomba de Trasferencia/Recirculación y Agitación:

Se mostrará en un gráfico como el PLC directamente activa los motores de bomba y agitador.

Esto se refleja en el siguiente gráfico (fig 15)

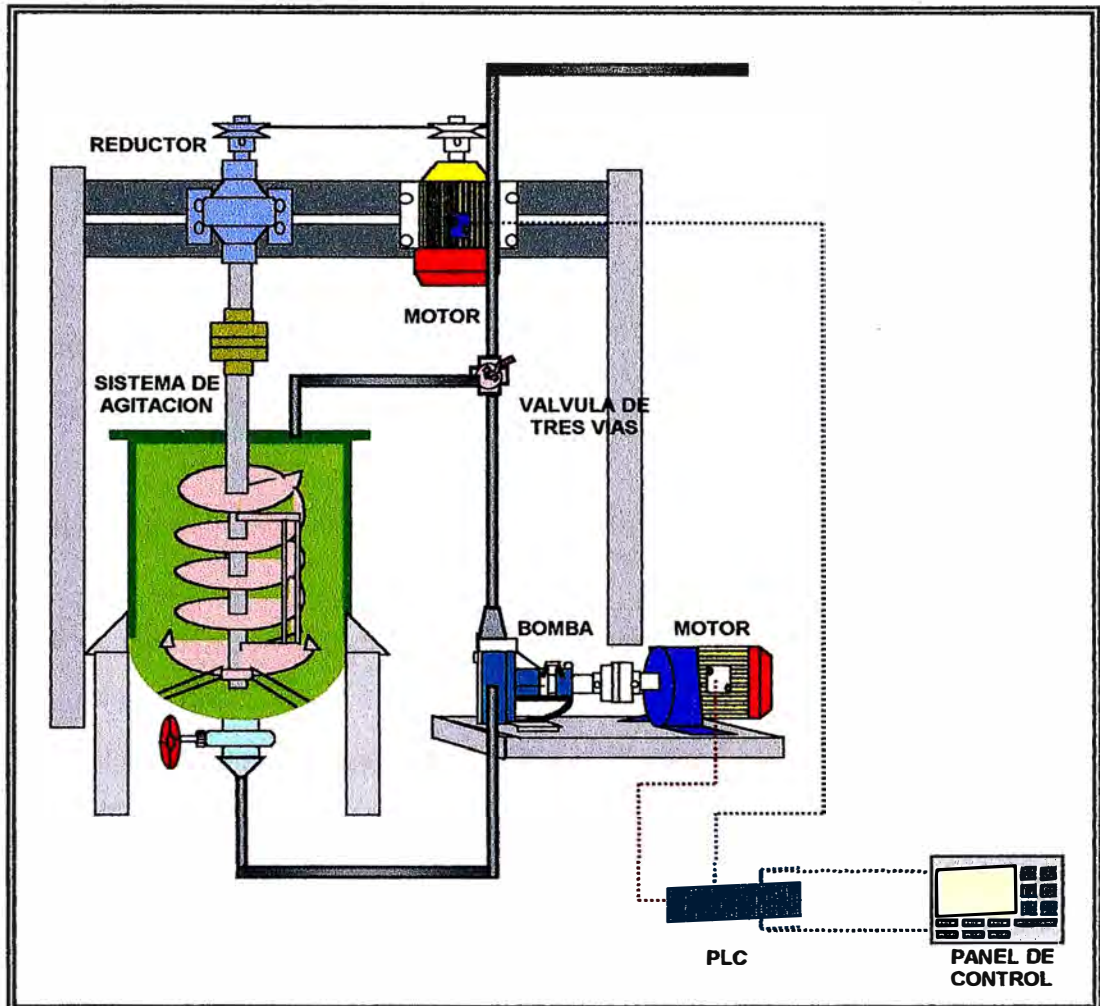


Figura 15

3.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC

En esta parte no se trata de hacer un desarrollo de lo que es un PLC, sino algunos criterios tomados en cuenta para su selección en este caso de automatización.

Por el nivel de control local que se ha definido, ha sido necesario usar una red de E/S remotas universales (RIO)

Una de las características de esta red es la compatibilidad con muchos dispositivos ya que es una norma común existente, y otra es que la puesta en marcha y mantenimiento es más fácil puesto que esta red coloca las E/S más cerca de los detectores y actuadores.

3.3.1 Selección del Controlador Lógico Programable:

Para la selección de un PLC, hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Requisitos de E/S

Requisitos de memoria

Requisitos de comunicación

Para este caso se escogió un PLC con algunas características como:

- Dos puertos configurables DH+ y un máximo de 1024 E/S remotas universales
- Puerto en serie configurable RS-232, 422, 423A
- Está basada en chasis y acepta una amplia gama de aplicaciones.
- Controla todo el proceso, y tiene una configuración de maestro/esclavo para el caso de control distribuido.

3.4 LOGICA DE LA PROGRAMACIÓN PARA LA PREPARACIÓN AUTOMÁTICA DE UN LOTE

La lógica de la preparación de un lote se ha dividido por etapas:

- La primera que se trata de la caída en forma simultánea de agua, soda y silicato, y cuando han caído los tres se inicia otra etapa. Esta etapa se caracteriza porque el agitador y la bomba están apagados.
- La segunda etapa inicia con la caída de HRAS, y en forma simultánea el agitador y bomba comienzan a funcionar. Luego de 60 segundos comienza a caer el colorante y terminada esta etapa se ha realizado la reacción de neutralización.

- En la tercera etapa caen los sólidos y perfume completándose el batido, primero espera 60 segundos para que comience a caer el carbonato de sodio; luego se espera 30 segundos para el inicio de la caída del carbonato de calcio. Inmediatamente, luego de haber caído todo el carbonato de calcio, comienza a caer por último el perfume.
- Finalmente, 60 segundos después de haber caído el perfume se para la bomba y el agitador, quedando lista la pasta para ser transferida al Envasado.

El gráfico (fig 16), muestra la lógica descrita en las líneas anteriores

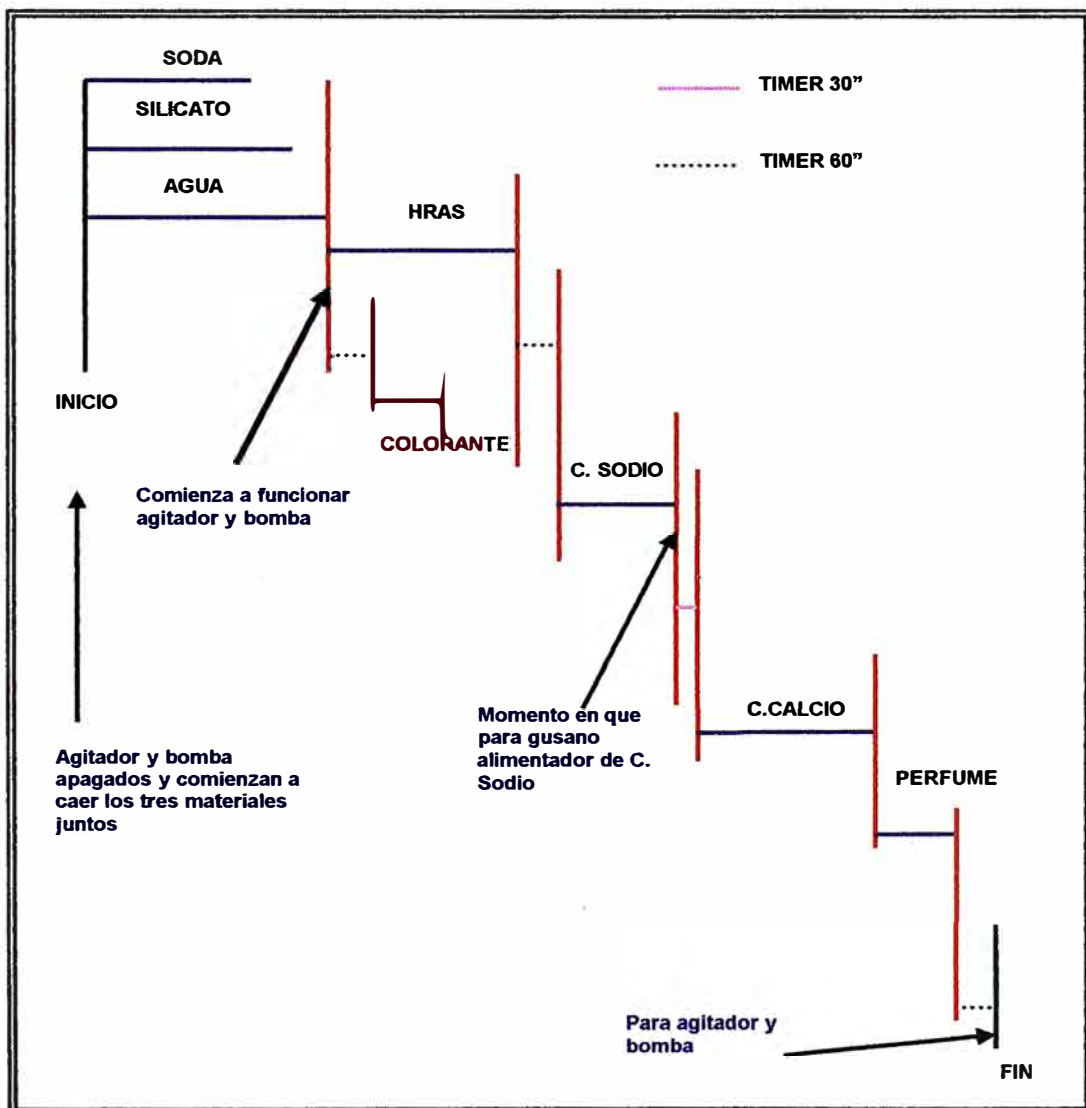


Figura 16

3.5 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EMPLEADOS

El siguiente gráfico (fig. 17) muestra las utilidades de comunicación que tiene el PLC elegido y como es compatible con diversos tipos de equipos debido a su manera múltiple de comunicarse.

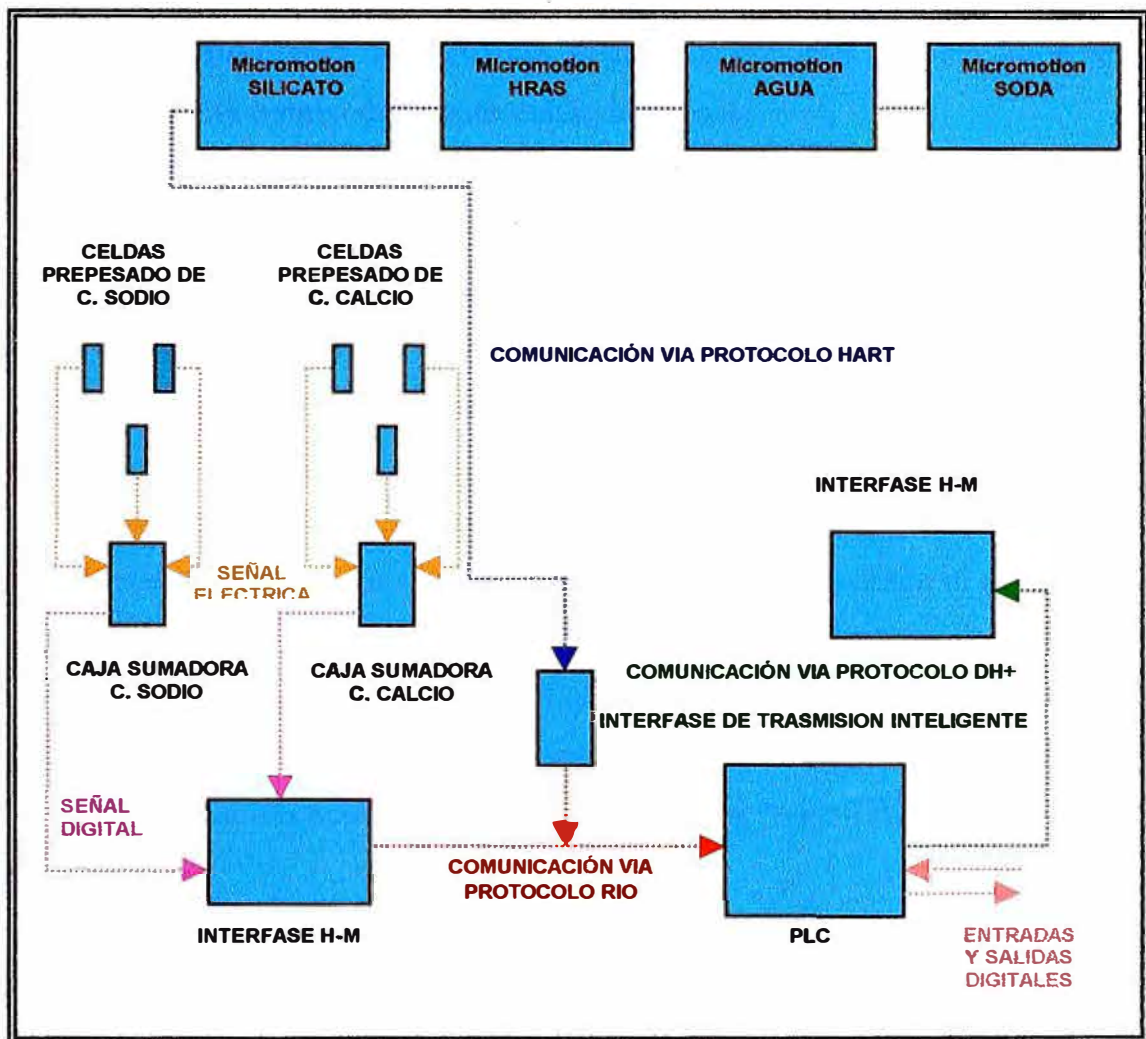


Figura 17

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La experiencia de este trabajo, nos indica que se puede automatizar incluso, la transferencia de la pasta hasta el envasado realizando las siguientes actividades:

- Colocando celdas de carga a la batidora, pero no por tensión sino por compresión, para que cuando lleguen a un peso mínimo de pasta se detenga la bomba de transferencia de la pasta.
- Cambiar la válvula manual de recirculación / transferencia, por una electroneumática para que cuando se inicie el batido se ponga en posición de recirculación y cuando la bomba reciba señal de solicitud de transferencia, se ponga en dicha posición.
- Para que la bomba reciba señal de solicitud de transferencia se debe construir un Tanque Pulmón con un sensor de nivel ultrasónico con nivel mínimo y máximo de pasta (antes de Llenadora, en Envase).El Ladder debe de tener una condición si es que el nivel está desde el mínimo hasta el máximo, solo se activa la bomba para transferencia de lo contrario espera el proceso hasta llegar al nivel mínimo para comenzar.
- El PLC aún tiene capacidad para todas estas entradas y salidas, y la programación actual está quedando con esa flexibilidad de cambios más adelante.

2. Siempre la selección del equipo es importante, no solo por las características de diseño como exactitud, reproducibilidad, rangeabilidad, o span ; si no también la comunicación entre los mismos que sea compatible o adaptables unos a otros.

3. Aprovechando las bondades del PLC elegido, se puede generar sistemas de registro de información, como tiempo de funcionamiento de los motores, registro de fallos y tiempos de adición y preparado, etc; data que para estos sistemas por lotes es importante para el análisis de fallas y otros.

4. En la realidad este tipo de proyectos para áreas de Proceso significan grandes ahorros por productividad, ya que le dan al operador mayor flexibilidad y puede realizar más actividades de las que normalmente hace.
5. Un aspecto muy importante en sistemas por lotes es tratar de lograr la reproducción idéntica de cada uno de ellos, que haciéndolo de manera manual sería difícil de controlar; por lo tanto la preparación automática de los lotes permite controlar más adecuadamente nuestro proceso.
6. Otra cosa importante es controlar los inventarios de materias primas, ya que en forma manual las variaciones de ganancia y pérdida pueden sobrepasar un 3 % que es bastante. Con este sistema se llega a niveles por debajo o igual al 1 %.
7. Para este tipo de proyectos es recomendable pedir catálogos de los proveedores de equipos y entender bien nuestras necesidades y las bondades que ofrecen y que tan compatibles son con los equipos existentes.
8. Para la planta en que se ha desarrollado este proyecto se recomienda que en un futuro el tamaño de la batidora tiene que crecer en 2 veces más su tamaño actual, para hablar de un proyecto interesante en caso de que se aumente el volumen de producción.
9. Se recomienda preparar todo un plan de entrenamiento para los operadores para operar y validar los equipos involucrados en este tipo de proyectos.

V. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- P&G, Manual de Detergentes y Jabones, Mayo 2001, Sección 5
- Wilden, Pump & Engineering Co.,RB 6 S-015P, Julio 1995, Pág. 3-6
- Fisher- Rosemount, Elite Sensor, Instruction Manual, Enero 1998, Pág. 37
- Fisher - Rosemount, Field - Mount Transmitter, Instruction Manual, Version 3, Enero 1997, Pág. 71
- Mettler Toledo, Weigh Module, System Hand Book, 15598500A, Marzo 1999, Cap. 3 / 9
- Mettler Toledo, Jaguar PLC and Analog Interfase, A14884200A, Agosto 1997, Cap. 1
- Collado Emerson, Copias de Instrumentación y Control, Curso de Actualización de Conocimientos, Mayo 2001, Cap. 4
- Allen Bradley, PLC-5 / 1771 System, Enero 1998, Sección 8