

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SEMIELABORADO A
BASE DE PULPA DE FRUTA**

John Fredy Marín Montoya

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA – ÁREA AUTOMÁTICA
MEDELLÍN
2014**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE SEMIELABORADO A
BASE DE PULPA DE FRUTA**

John Fredy Marín Montoya

Trabajo de grado para optar al título de
Magíster en Ingeniería – Área Automática

DIRECTOR

Manuel J. Betancur

Ingeniero Electrónico, PhD

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA – ÁREA AUTOMÁTICA

MEDELLÍN

2014

NOTAS DE ACEPTACIÓN

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Firma
Nombre
Jurado 1

Firma
Nombre
Jurado 2

Medellín, Septiembre de 2014

AGRADECIMIENTOS

“A Dios.

A mi esposa por su paciencia y sacrificio, a mi hijo por sus sonrisas e invitaciones a jugar, a mi madre y mi tía-madre, por su incondicional apoyo”

DECLARACIÓN ORIGINALIDAD

“Declaro que esta tesis (o trabajo de grado) no ha sido presentada para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad”. Art. 82 Régimen Discente de Formación Avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana

John Fredy Marín Montoya

98660415

Septiembre de 2014

CONTENIDO

CONTENIDO	1
LISTA DE FIGURAS.....	3
LISTA DE TABLAS	4
GLOSARIO	5
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO 1	11
OBJETIVO.....	12
ESTADO DEL ARTE.....	13
CAPÍTULO 2	14
ETAPAS DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO.....	15
PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO.....	15
ADICIÓN DE PULPAS.....	16
DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS.....	16
PREPARACIÓN DE JARABE.....	17
HOMOGENIZACIÓN.....	18
PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO.....	18
CAPÍTULO 3	20
ARQUITECTURA DE CONTROL.....	21
ARQUITECTURA PROPUESTA.....	21
CAPÍTULO 4	25
SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....	26
CONSIDERACIONES GENERALES.....	26
PRESIÓN.....	27
FLUJO.....	30
TEMPERATURA.....	33
CONDUCTIVIDAD.....	35
NIVEL.....	36
MASA.....	37

CAPÍTULO 5	40
DESCRIPCIÓN FUNCIONAL	41
ADICIÓN DE PULPAS.....	41
DESCRIPCIÓN	41
OPERACIONES MANUALES	41
FUNCIONAMIENTO.....	41
DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS	45
DESCRIPCIÓN	45
OPERACIONES MANUALES	45
FUNCIONAMIENTO.....	45
PREPARACIÓN DE JARABE	49
DESCRIPCIÓN.....	49
OPERACIONES MANUALES	49
FUNCIONAMIENTO.....	49
HOMOGENIZACIÓN.....	53
DESCRIPCIÓN	53
OPERACIONES MANUALES	53
FUNCIONAMIENTO.....	53
PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO	56
DESCRIPCIÓN.....	56
OPERACIONES MANUALES	57
FUNCIONAMIENTO.....	57
CAPÍTULO 6	67
RECETA MAESTRA	68
ESTRATEGIAS DE CONTROL	76
CONTROL DE TEMPERATURA POR MEDIO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR	76
MEDICIÓN DE NIVEL.....	78
CONTROL DE FLUJO.....	79
CAPÍTULO 7	81
MONTAJE	82
ADICIÓN DE PULPA.....	82
DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS	86
PREPARACIÓN DE JARABE	90
HOMOGENIZACIÓN	94
PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO.....	98
CONCLUSIONES	104
REFERENCIAS.....	107
ANEXOS	111

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO ADICIÓN DE PULPA.....	42
FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS	46
FIGURA 3. DIAGRAMA DE FLUJO PREPARACIÓN DE JARABE	50
FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO HOMOGENIZACIÓN	54
FIGURA 5. DIAGRAMA DE FLUJO PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO.....	59
FIGURA 6. DIAGRAMA DE FLUJO INGREDIENTES.....	60
FIGURA 7. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA ESTRUCTURA FÍSICA. MULTI-CAMINO.....	71
FIGURA 8. CAMPOS EN LA RECETA MAESTRA PARA EL ENCABEZADO	73
FIGURA 9. CAMPO EN LA RECETA MAESTRA PARA EL TAMAÑO DEL LOTE	73
FIGURA 10. CAMPOS EN LA RECETA MAESTRA PARA LOS INGREDIENTES.....	74
FIGURA 11. CAMPO EN LA RECETA MAESTRA QUE INFORMAN LAS CARACTERÍSTICAS DE °BRIX DEL PRODUCTO TERMINADO	74
FIGURA 12. CAMPOS EN LA RECETA MAESTRA PARA EL CÁLCULO DE AJUSTES DEL PRODUCTO SEMIELABORADO	75
FIGURA 13. CAMPOS EN LA RECETA MAESTRA PARA EL CÁLCULO DE AZÚCAR	75
FIGURA 14. CAMPOS EN LA RECETA MAESTRA QUE DESCRIBEN EL ORDEN DE LA PREPARACIÓN	76
FIGURA 15. SISTEMA DE CALENTAMIENTO UTILIZANDO UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE DOS ETAPAS .	77
FIGURA 16. SISTEMA DE CALENTAMIENTO UTILIZANDO UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE UNA ETAPA ..	78
FIGURA 17. SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL	79
FIGURA 18. SISTEMA DE CONTROL DE FLUJO PARA LA TRANSFERENCIA DE PULPA HACIA EL SISTEMA DE PASTEURIZACIÓN	80
FIGURA 19. ADICIÓN DE PULPAS	82
FIGURA 20. DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS	86
FIGURA 21. PREPARACIÓN DE JARABE	90
FIGURA 22. HOMOGENIZACIÓN	94
FIGURA 23. PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO	98

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. SELECCIÓN DE MANÓMETROS	29
TABLA 2. SELECCIÓN TRANSMISOR DE PRESIÓN	30
TABLA 3. SELECCIÓN TRANSMISOR DE FLUJO MAGNÉTICO	32
TABLA 4. SELECCIÓN TRANSMISOR DE FLUJO MÁSIKO	32
TABLA 5. SELECCIÓN TERMÓMETRO DE CARÁTULA	34
TABLA 6. SELECCIÓN TRANSMISOR DE TEMPERATURA.....	34
TABLA 7. SELECCIÓN TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD.....	35
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS DE CONDUCTIVIDAD DE PRODUCTO	36
TABLA 9. SELECCIÓN TRANSMISOR DE NIVEL.....	37
TABLA 10. SELECCIÓN DE LA CELDA DE CARGA Y LA UNIDAD CONTROLADORA	38
TABLA 11. INGREDIENTES REQUERIDOS PARA UNA PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO	68
TABLA 12. LISTA DE VARIABLES ADICIÓN DE PULPAS.....	83
TABLA 13. INTERCAMBIO DE SEÑALES ADICIÓN DE PULPA.....	85
TABLA 14. LISTA DE VARIABLES DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS.....	87
TABLA 15. INTERCAMBIO DE SEÑALES DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS	89
TABLA 16. LISTA DE VARIABLES PREPARACIÓN DE JARABE.....	91
TABLA 17. INTERCAMBIO DE SEÑALES PREPARACIÓN DE JARABE	93
TABLA 18. LISTA DE VARIABLES HOMOGENIZACIÓN	95
TABLA 19. INTERCAMBIO DE SEÑALES HOMOGENIZACIÓN	97
TABLA 20. LISTA DE VARIABLES PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO.....	99
TABLA 21. INTERCAMBIO DE SEÑALES PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO	101
TABLA 22. OPERACIONES DEL PROCESO DE SEMIELABORADO	102

GLOSARIO

Los términos utilizados en esta propuesta de automatización son los términos y definiciones que se describen en las normas ANSI/ISA – 88.01 – 1995 Control por lotes, parte 1: modelos y terminología, ANSI/ISA – 88.02 – 2001 Control por lotes, parte 2: estructuras de datos y directrices para lenguajes, la norma ANSI/ISA – 5.1 – 2009, símbolos e identificación de instrumentos, los relacionados en la norma ANSI/ISA – 51.1 1979 (R1993) y la ANSI/ISA-95.00.01-2010 - Sistemas de control e integración empresarial–Parte 1: modelos y terminología.

Sin embargo, algunos términos propios de la propuesta se relacionan en el siguiente listado:

Batch: Tipo de proceso en el que se procesa materia y energía en cantidades finitas.

Blending: mezcla.

CIP: Por sus siglas en inglés, *Clean In place*. Limpieza en el sitio. Es el proceso de limpieza interna de los equipos por el cual se aseguran las condiciones sanitarias de las instalaciones para su uso en las diferentes etapas de la preparación de semielaborado.

COP: Por sus siglas en inglés, *Clean On Place*. Limpieza sobre el sitio. Es el proceso de limpieza interna de los equipos por el cual se aseguran las condiciones sanitarias de las instalaciones para su uso en las diferentes etapas de la preparación de semielaborado.

HMI: Por sus siglas en inglés, *Human Machine Interface*, Interface Humano Máquina. Interfaz de operador para la administración y gestión del proceso de semielaborado.

Homogenización: Proceso por el cual los sólidos contenidos en la pulpa son tratados hasta llevarlos a tamaños de partículas de similar tamaño.

Lote: Ver BATCH.

MES: Por sus siglas en inglés *Manufacturing Execution System*, sistemas de ejecución de manufactura. Referido a los sistemas por medio de los cuales se realiza la gestión de los sistemas de manufactura y sirve de interface entre estos procesos y los sistemas de gestión empresarial.

Pasteurización: es un proceso térmico por medio del cual se reducen los agentes patógenos en un líquido, generalmente para consumo humano.

PFD: Por sus siglas en inglés *Process Flow Diagram*, diagrama de flujo de proceso. Es la representación esquemática de un proceso que muestra la transformación y flujo de materia y/o energía.

P&ID: por sus siglas en inglés *Piping and Instrumentation Diagram*, Diagrama de instrumentos y tubería que muestra la interconexión de los equipos de proceso y los instrumentos usados para su control.

PLC: Por sus siglas en inglés *Programmable Logic Controller*, controlador lógico programable. Es una unidad de control, hardware con conexión física al proceso capaz de controlarlo total o parcialmente.

SCADA: Acrónimo; *Supervisory Control And Data Acquisition* (Supervisión, Control y Adquisición de Datos).

Semielaborado: Producto elaborado a base de pulpa de fruta. Proceso de preparación que precede la pasteurización, en el que se han agregado todos los ingredientes y se ha llevado el producto a sus condiciones de diseño

Spryball: Elemento para la limpieza de tanques muy utilizado en la industria de alimentos.

TAG: Etiquetas utilizadas por los controladores lógicos programables para definir sus variables. Suele suceder que las variables definidas en los diagramas P&ID se corresponden con las etiquetas en los programas de PLC.

Stand Alone: Control independiente. Se refiere a los controladores o estrategias de control para que operan de manera autónoma, sin necesidad de equipos externos.

Variador de velocidad: o convertidor de frecuencia, es un equipo electrónico, que utiliza técnicas como PWM, para generar señales de frecuencia variable con las que se puede controlar la velocidad de motores de corriente alterna. También existen, aunque en menor proporción, variadores de velocidad para motores de corriente directa.

RESUMEN

La propuesta de automatización de la que trata el presente trabajo, está orientada al proceso industrial de preparación de jugos a base de pulpa de fruta en cinco de sus etapas: la adición de pulpa, la disolución de sólidos, la preparación de jarabe, la homogenización de ingredientes y la preparación de jugo semielaborado. La automatización de este proceso no puede llevarse a cabo en su totalidad, debido a que no se cuenta con las condiciones técnicas para el manejo de los ingredientes a granel en ninguna de sus etapas, de forma tal que los sistemas tomen los ingredientes, en las cantidades requeridas, en cada una de ellas.

Este documento se estructura de la siguiente manera: comienza con el planteamiento de los objetivos del proyecto y el estado del arte. Luego, se presentan las descripciones de cada una de las etapas que constituye el proceso de preparación de semielaborado, la arquitectura de control, la selección de instrumentos y la descripción funcional de cada una de las etapas. Estas especificaciones se acompañan de los diagramas de flujo y los diagramas de proceso, correspondientes a cada etapa del proceso de preparación del jugo semielaborado los cuales se incluyen en los documentos anexos. Seguidamente, se muestra la estructura de la receta maestra y las recomendaciones para la instalación y montaje de los diferentes instrumentos, así como las consideraciones para la programación e integración de las etapas del proceso, los listados de variables y las tablas de intercambio de señales entre procesos. Por último se exhiben las conclusiones, las referencias bibliográficas y los documentos anexos del proyecto.

Palabras clave: semielaborado, pulpa, proceso, automatización, control por lotes, integración.

ABSTRACT

The automation proposal in this paper focusses on the industrial process development of juices preparation, based on fruit pulp in five stages: pulp addition, dissolution of solids, syrup preparation, ingredients homogenization and preparation of semifinished juice. The automation of this process can not be implemented completely, because there are not technical conditions for the handling of bulk ingredients in any of its stages, so that systems take the ingredients in the quantities needed, in each of them.

The paper is structured as follows: It begins with the approach of the project objectives and state of art. Then, it shows some descriptions of each of the steps that constitute the semifinished juice preparation process, the control architecture, the choice of tools and the functional description of each of the stages. These specifications are accompanied by flow diagrams and process diagrams, corresponding to each stage of the process of semifinished juice preparation, that are included in the attached documents. Next, the structure of the master recipe and requirements for the installation and assembly of the different equipments, as well as considerations for programming and integration of process steps, lists of variables and tables of exchanging signals between processes, are shown. Finally the conclusions, glossary, references and annexes of project documents are presented.

INTRODUCCIÓN

Esta propuesta de trabajo de grado práctico, con una aplicación en la industria, pretende ir más allá de la exploración de los conceptos académicos, pasando por el desarrollo de métodos que permitan poner en práctica no sólo los conceptos aprendidos en el plan de estudios, sino que permite generar enfoques diferentes para la utilización de las herramientas aquí planteadas en proyectos similares o, en términos generales, de automatización.

Este trabajo se centra en el desarrollo de una propuesta para la automatización de un proceso industrializado de preparación de bebidas no alcohólicas a base de pulpa de fruta, la cuales una aplicación puntual y existente en la industria de alimentos, sector bebidas, en la categoría de jugos.

Por la naturaleza del proceso, de los productos y de las técnicas de preparación que se llevan a cabo durante su producción, las herramientas requeridas para llevar a cabo el propósito de automatización son las que se describen en la norma ISA-S88 [1], [2]; además de otras que la complementan [3], pues se hace uso de algunas técnicas requeridas en el control de procesos continuos para la preparación de lotes finitos de producto que son empacados mediante procesos discretos.

El desarrollo de la industria de alimentos ha permitido el crecimiento de técnicas y tecnologías fundamentada en conceptos de higiene e inocuidad, con los que se busca garantizar la calidad de sus productos y satisfacer necesidades de un mercado. Este documento plantea el uso de herramientas tecnológicas con las que se pretende desarrollar modelos de producción más eficientes y versátiles, capaces de satisfacer los requerimientos de una industria dinámica.

El proceso que se utilizará para el desarrollo de esta propuesta de automatización es uno en el que se ejecutan cinco subprocesos por separado, en una configuración independiente y aislada una de la otra, para obtener un producto semielaborado. Estos procesos son: la preparación de jarabe, la disolución de sólidos, la adición de pulpa de fruta, la homogenización y la preparación de semielaborado. Con un proceso posterior, la pasteurización [4], busca garantizar las condiciones de inocuidad del producto terminado y finalmente envasado. En la industria de bebidas estas etapas de proceso, por lo general, se agrupan en el 'proceso de preparación'. Sin embargo, la etapa de pasteurización corresponde a un proceso altamente especializado y su operación resulta en una tarea totalmente independiente y sin incidencia directa en el proceso de preparación de semielaborado, por tal razón queda excluido del alcance de este proyecto. Cada uno de estos subprocesos opera con un controlador independiente, algunos con HMI, y todos ellos son coordinados e integrados directamente por el operario.

Las operaciones manuales que actualmente tiene el proceso de preparación se llevarán, hasta donde es posible, a procesos automatizados por controlador, integrados en un único propósito. Al

final se tienen algunos procesos semiautomáticos, condicionados a operaciones y confirmaciones de procesos llevadas a cabo por un operario y que son actividades en esencia manuales, tales como la adición de ingredientes, pulpa, azúcar y pruebas de calidad. Con este conjunto de operaciones se deberá obtener un producto final acorde con las condiciones de diseño, homogéneo e identificable por el consumidor y el mercado. En síntesis, un proceso reproducible.

La propuesta en este proyecto se basa en la integración de los subprocesos que conforman la preparación de semielaborado, dinamizar el proceso de preparación tanto para las actividades manuales como para las automáticas, y de esta forma permitir la preparación de otro tipo de productos en iguales o similares condiciones, reevaluar la utilización de multiplicidad de controladores aplicando topologías y arquitecturas de control existentes y desarrollar una infraestructura que permita un crecimiento tanto vertical como horizontal [5], es decir, que integre las diferentes dependencias de la empresa, y fundamentado en una norma que describa la preparación por lotes, por ejemplo la ISA-S88.

Se hace una propuesta para la caracterización de los instrumentos requeridos en la implementación de la propuesta de automatización, y se realizan algunas recomendaciones para su montaje. Se presenta la arquitectura de control propuesta y se presentan los diagramas PFD y P&ID de cada uno de los procesos automatizados e integrados, estos planos no se elaborarán atendiendo el rigor de la norma ANSI/ISA – 5.1 – 2009, ya que por tratarse un desarrollo sobre un proceso existente, se desea mantener el estilo en la presentación de los planos acordes a los equipos y procesos que no hacen parte del alcance de este proyecto. Al final se mencionan los controladores de lazo cerrado requeridos en esta propuesta.

La arquitectura de red para la integración horizontal de los procesos tiene dos enfoques, uno centrado en la preparación con una configuración distribuida, en la que se integran la adición de la pulpa, la homogenización y la preparación de semielaborado; la otra como una configuración maestro esclavo, en la que se integran a la preparación de semielaborado la preparación de jarabe simple y la disolución de sólidos. Con esta propuesta se pretende obtener un esquema flexible y disponible para el desarrollo de métodos de producción para otro tipo de productos y sus procesos complementarios, como por ejemplo, manejo de producto con alta densidad de pulpa.

Al final se tiene una propuesta de un proceso automático para la preparación de jugos a base de pulpa de fruta en una arquitectura abierta y escalable, sin condiciones para la producción única de los productos descritos en este proyecto.

CAPÍTULO 1

Presentación

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo, el que corresponde al proyecto de grado para optar al título de maestría en ingeniería en la Universidad Pontificia Bolivariana, consiste en desarrollar una propuesta para la automatización del proceso de preparación de jugo semielaborado a base de pulpa de fruta.

Para lograr el cumplimiento de este objetivo se precisa del desarrollo de algunas actividades complementarias, fundamentales para el cumplimiento del objetivo principal. Estas son:

- Definir, especificar y desarrollar las etapas que son necesarias para la preparación de jugo semielaborado.
- Definir, especificar y desarrollar las actividades que constituyen cada una de las etapas de la propuesta de automatización de semielaborado.
- Definir la arquitectura de control apropiada para la ejecución de integral del proceso.
- Especificar los instrumentos requeridos en la medición de las variables y que son fundamentales para la preparación de jugo semielaborado.

ESTADO DEL ARTE

La demanda de productos de bebidas refrescantes que satisfaga un número creciente de consumidores ha impulsado la industria de alimentos a desarrollos cada vez más exigentes [6] y con un concepto hacia lo natural u orgánico, pero manteniendo un estilo vanguardista y revolucionario [7].

Las bebidas con contenido de pulpa representan una propuesta para un mercado alternativo, que demanda productos naturales, con una tendencia en el estilo hacia lo saludable y orgánico [8].

Los desarrollos en el campo de la automatización aplicables a la industria de bebidas [9] han estado ampliamente marcados por los desarrollos realizados en la industria cervecera y en las bebidas carbonatadas (*softdrinks*).

A pesar de que a través de la historia se han realizado innumerables intentos por hacer evolucionar el mercado y lograr que este llegue de manera efectiva al consumidor final [10] y por ende a la producción masiva de bebidas naturales, sólo en la última parte del siglo XX se logró un crecimiento sostenible llegando hasta el punto que hoy en día las exigencias del consumidor demandan productos con conceptos alternativos y con tendencia hacia lo natural.

La industria de bebidas se encuentra en la actualidad en un avanzado estado de desarrollo con altos niveles de automatización para cada uno de los procesos, como lo es por ejemplo en la aplicación de las redes de campo [11].

La industria de bebidas comprende un amplio sector de la industria de alimentos y bebidas sociales como por ejemplo, los lácteos, las agua planas y con sabores, las bebidas gaseosas, las bebidas a base de pulpa y las bebidas alcohólicas en la que la aplicación de los desarrollos tecnológicos no se han hecho esperar [12].

El impulso de esta industria ha estado fuertemente impulsado por la industria de las bebidas alcohólicas, en especial la cervecera [10], que ha servido de fundamento para el desarrollo tecnológico de la elaboración de bebidas, tanto alcohólicas como no alcohólicas [13].

CAPÍTULO 2

Descripción

ETAPAS DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO

A continuación, se presentan las etapas que constituyen el proceso de preparación de semielaborado a base de pulpa. Se realiza una breve descripción de las etapas de tratamiento de adición de pulpa, preparación del jarabe simple, disolución de sólidos, homogenización y preparación de semielaborado.

PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO

El procedimiento de preparación consiste en la estructuración organizada, secuencial y, en algunos casos paralelo, de una serie de operaciones en las que se permiten procesar los ingredientes necesarios para lograr la preparación del semielaborado.

Se describen las secuencias, de modo general, que se deben seguir para llevar a cabo la elaboración del semielaborado y se realizan algunas consideraciones con relación a la automatización de cada uno de estos procesos.

En el anexo A, se presentan los diagramas de proceso '101 PFD – Adición de pulpas', '102 PFD – Disolución de sólidos', '103 PFD – Preparación de jarabe', '104 PFD – Homogenización', y '105 PFD – Preparación de semielaborado', para cada una de las etapas que se desarrollan en estas celdas de proceso.

En la práctica, celdas de proceso como la preparación de jarabe y la disolución de sólidos pueden hacer parte de un proceso independiente que garantiza el producto correspondiente en una unidad de almacenamiento intermedia, jarabe y sólidos disueltos para el presente caso, la cual si hace parte activa de las recetas de lote. Para la propuesta de automatización se ha tomado como referencia una instalación existente, como se muestran en los diagramas PFD del anexo A, sin mayores modificaciones al proceso.

Al iniciar la producción de un lote, en la receta para la gestión del proceso se deben seleccionar las unidades de preparación que se utilizarán, lo mismo que el producto y la cantidad a preparar. De este modo el sistema comienza realizando la reserva de las unidades físicas requeridas en la preparación y ejecutando los cálculos de las cantidades que se requieren de cada uno de los ingredientes que conformarán el producto final. El desarrollo de la receta de preparación excede los alcances de este proyecto.

Se hace una descripción de la operación de cada una de las etapas que constituyen la preparación del semielaborado. Se presentan las unidades físicas más importantes de cada proceso, resaltando su funcionalidad en el proceso general de preparación de semielaborado y se hace una presentación gráfica del proceso mediante los correspondientes diagramas PFD.

Para todas y cada una de las etapas del proceso de preparación de semielaborado, se tienen como entradas al proceso los volúmenes de las soluciones de limpieza, en las concentraciones y temperaturas que se definen según los diferentes programas de lavado. De igual manera la salida corresponde a los mismos volúmenes de esas soluciones a temperatura y concentración definidas para el retorno.

ADICIÓN DE PULPAS

Existen dos tipos de pulpa con las que se pueden realizar la preparación del semielaborado y que pueden ser tratadas con los equipamientos propuestos, estas son, pulpa aséptica y pulpa congelada.

En el anexo A se muestra el diagrama PFD de la etapa de adición de pulpa '101 PFD –Adición de pulpa', correspondiente a este sistema.

La cantidad de agua requerida para iniciar los procesos de la etapa de adición de pulpa siempre será constante. La cantidad total de agua requerida dependerá de cantidad de pulpa necesaria para el lote. Para el tratamiento de la pulpa congelada, esta etapa del proceso inicia con un calentamiento y recirculación de una mezcla de agua y pulpa hasta que se alcanza un valor prefijado de temperatura, momento en el cual la pulpa comienza a ser transferida a la siguiente etapa del proceso. En el caso de utilizar pulpa aséptica, esta etapa comienza haciendo el llenado inicial de agua y una vez se alcanza el nivel mínimo se comienza a adicionar la pulpa hasta que finalmente toda la pulpa es transferida.

El sistema tiene un sensor de flujo que mide el volumen de agua requerido para el tratamiento de la pulpa, la adición de la pulpa se realiza de modo manual y la cantidad requerida depende del tamaño del lote. Las entradas al sistema corresponden al volumen de agua y a la masa, en kilogramos, de pulpa aséptica y/o congelada. La salida del sistema es el masa de la pulpa en estado líquido y a temperatura ambiente.

La unidad utilizada para la adición de pulpa consta de un tanque raspador en el que es vaciada la pulpa congelada y en el que se destruyen los trozos grandes de hielo permitiendo un acelerado descongelamiento de la pulpa. Esta unidad también es utilizada para la transferencia de la pulpa aséptica, pero es utilizada como un 'tanque pulmón'. El trasiego de la pulpa se realiza con una bomba de desplazamiento positivo, diferente a la utilizada para el trasiego de la pulpa descongelada.

Tal como puede observarse en el anexo A '101 PFD – Adición de pulpas' y como se ha descrito, el sistema tiene dos salidas para la pulpa dependiendo del tipo que se esté utilizando. La pulpa congelada pasa previamente por la etapa de homogenización antes de ser adicionada a la etapa de preparación de semielaborado y la pulpa aséptica pasa directamente al sistema de semielaborado.

DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS

Algunos de los ingredientes requeridos para la producción del semielaborado, pueden llegar a representar un volumen importante dentro de la receta. Para ellos resulta recomendable el uso de una unidad especial de preparación y desde la cual son enviados a la unidad de preparación de semielaborado. Esta etapa del proceso se ha denominado disolución de sólidos. En el anexo A '102 PFD – Disolución de sólidos' se muestra el diagrama PFD para dicha etapa.

En esta unidad sólo es posible realizar la preparación de un ingrediente a la vez y se cuenta con la posibilidad de aplicar fases de calentamiento y agitación, según sean requeridas. El calentamiento se realiza por medio de inyección de vapor en una unidad de calentamiento embebida en el tanque de disolución de sólidos.

Como entradas del sistema se tienen: el volumen de agua requerido para una disolución de los sólidos, el cual es medido a través de un sensor de flujo que se encuentra en la línea suministro de agua de la unidad y el ingrediente sólido a diluir, el cual se adiciona manualmente. La salida del sistema es la masa, en kilogramos, del ingrediente diluido.

Al sistema se le ingresa de manera automática, según se indica en la receta, una cantidad de agua equivalente a la cantidad requerida para la disolución del ingrediente. Una vez se tenga una cantidad mínima de agua, se procede a iniciar la fase de calentamiento, recirculación y agitación. Una vez alcanzada la temperatura de disolución se procede a vaciar el (los) ingrediente(s) de manera manual. Una vez agregados los ingredientes, el sistema continúa agitándose por un periodo de tiempo predefinido en la receta, para posteriormente enviar el ingrediente diluido hacia la unidad de preparación.

PREPARACIÓN DE JARABE

La preparación del jarabe se realiza por lotes, esto es, se elabora únicamente la cantidad necesaria para cada lote de preparación de producto semielaborado. En el anexo A '103 PFD – Preparación de jarabe', se muestra el diagrama PFD de dicha etapa.

El sistema de preparación de jarabe se compone de dos unidades para la preparación, que trabajan independientemente uno del otro. Las siguientes son algunas de las restricciones con las que cuenta el sistema de preparación de jarabe:

- Solo se puede hacer una preparación de jarabe al tiempo en una de las dos unidades disponibles.
- Es posible realizar consecutivamente varias preparaciones de jarabe, alternando la operación entre las dos unidades de preparación, con o sin una separación entre preparaciones, definida por una fase de agua a volumen fijo.
- Es posible realizar limpieza a una o simultáneamente a las dos unidades de preparación.
- Es posible realizar limpieza en una de las unidades, mientras que en la otra unidad el sistema se encuentre en cualquier otra fase de la preparación de jarabe.

El equipamiento para la preparación de jarabe cuenta con dos unidades para la preparación, un equipo para el vaciado de azúcar – *blending* –, un filtro de salida, una estación para la transferencia de producto, que a su vez se utiliza para la recirculación del jarabe, y una estación de transferencia de las soluciones de limpieza, a través de los circuitos de retorno de limpieza.

Como entradas al sistema para la preparación del jarabe simple se tienen el volumen de agua de producto y la cantidad de azúcar, en kilogramos, la cual se realiza manualmente. En el suministro de agua se tiene un sensor de flujo volumétrico que mide la cantidad de agua que se ingresa para la preparación del jarabe, según requiere el lote de producción. Dado que para esta propuesta la producción de jarabe es por lotes, la adición de azúcar se realiza en cantidades fijas que dependen de la cantidad de semielaborado a preparar, siempre limitados por la capacidad máxima de las unidades. La salida del sistema es el volumen de jarabe transferido a las unidades de preparación.

Para comenzar el proceso de preparación de jarabe el sistema, en la unidad de preparación seleccionada, se ingresa un volumen inicial de agua, seguidamente, y luego de alcanzar una cantidad mínima, la unidad de preparación inicia las fases de agitación y recirculación. La

recirculación se hace pasando por el equipo donde se hace la mezcla de agua con azúcar, el *blending*, el sistema de calentamiento y retorna nuevamente a la unidad de preparación. Mientras el sistema está en constante circulación, se continúa agregando agua y azúcar hasta completar el volumen requerido por el lote. El jarabe queda listo para producción cuando se ha agregado toda el agua y la azúcar requerida por el lote, y una vez se han cumplido los tiempos de agitación y recirculación.

HOMOGENIZACIÓN

La etapa de homogenización, según pudo apreciarse en el modo de operación de la etapa de adición de pulpas, funciona siempre que se esté trabajando con pulpa congelada. Esta etapa del proceso está constituida por dos unidades de almacenamiento con una sola vía de salida, tal y como puede apreciarse en el anexo A '104 PFD – Homogenización'.

La pulpa a homogenizar proviene de la etapa de adición de pulpa e ingresa directamente a la unidad seleccionada en la receta, aunque se cuenta con la posibilidad de iniciar el proceso de homogenización con una cantidad predeterminada de agua, una vez haya iniciado el proceso de descogelamiento de pulpa. Esta condición no es necesaria para llevarlo a cabo, pero se recomienda asegurar la homogeneidad y facilitar la ejecución de este proceso.

Cada unidad sirve para el almacenamiento temporal de la pulpa a ser homogenizada y, si es necesario, pueden utilizarse ambas unidades en la preparación de un lote. Esta celda de preparación está compuesta por: dos unidades de almacenamiento de pulpa, un molino coloidal – para la homogenización de la pulpa –, un filtro de salida, una bomba de desplazamiento positivo y una bomba para el retorno de las soluciones de limpieza.

Esta etapa del proceso tiene dos entradas y una salida. Una de las entradas es el volumen de pulpa proveniente del sistema de adición de pulpa, y el volumen de agua, que regularmente se utiliza para los enjuagues y avances finales de producto. La salida del sistema es el volumen de pulpa homogenizada, la cual es transferida a la celda de preparación de semielaborado.

Una vez seleccionada la unidad o unidades a utilizar se procede a transferir la pulpa atendiendo la solicitud del sistema de adición de pulpa. Dependiendo del tipo de pulpa es posible que se requiera ingresar una cantidad prefijada de agua. Una vez alcanzado un nivel mínimo en la unidad seleccionada, se enciende un agitador mecánico que se apagará únicamente cuando el nivel caiga por debajo del valor de referencia mínimo. Una vez se alcance el nivel mínimo y se tenga la solicitud de envío de pulpa desde el sistema de preparación de semielaborado, se encenderá el homogenizador y se iniciará la transferencia.

PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO

La etapa de preparación de semielaborado, la constituyen las celdas de proceso donde se lleva a cabo la elaboración final del jugo semielaborado a base de pulpa. Hace parte de esta celda de proceso una unidad para la preparación de ingredientes. En la anexo A '105 PFD – Preparación de semielaborado', se muestra el correspondiente diagrama PFD. En él también puede apreciarse la unidad de preparación de ingredientes.

La etapa de preparación de semielaborado está compuesta por una unidad de ingredientes y dos unidades de preparación. La operación en esta etapa está limitada a las siguientes acciones:

- Solo puede realizarse una preparación al tiempo en una unidad. Mientras esto ocurre en la otra unidad no puede llevarse a cabo ninguna tarea.
- Mientras se realiza el envío desde una unidad en la otra pueden llevarse a cabo rutinas de limpieza o una nueva preparación.
- Pueden realizarse rutinas de limpieza en una o ambas unidades de preparación al tiempo.

La unidad seleccionada para la preparación implica la utilización de la unidad de ingredientes. El proceso de preparación inicia agregando un volumen predefinido de agua, seguido de los ingredientes en el orden especificado en la receta del producto a preparar. La preparación del semielaborado se realiza siguiendo una secuencia para la adición de ingredientes en dos etapas. La primera obedece al orden normal de la preparación según se define en la receta y la segunda obedece a un balance de masa. Esto se debe a que las condiciones físico-químicas de la pulpa, que son variables, provocan un desbalance en la fórmula que requiere ser ajustado, en mayor o menor medida, en todos los casos.

Las entradas de esta etapa son: la masa de jarabe, registrada a través de un medidor de flujo másico, el volumen de agua, registrado a través de un medidor de flujo volumétrico, el volumen de los ingredientes diluidos previamente y la masa de la pulpa, sensada a través de un medidor de flujo másico. Algunas de estas entradas pueden utilizarse de manera simultánea, esto depende del producto a preparar. La salida del sistema es el flujo de producto semielaborado transferido a la etapa de pasteurización.

El detalle de la operación de este y los demás sistemas se podrá apreciar cuando se presenten los correspondiente diagramas P&ID.

CAPÍTULO 3

Arquitectura de control

ARQUITECTURA DE CONTROL

La arquitectura o estructura del sistema de control de la propuesta de automatización del proceso de preparación de semielaborado se plantea para satisfacer los siguientes requerimientos:

1. Ser abierta.
2. Ser escalable, tanto horizontal como verticalmente.
3. Permitir un manejo integrado del proceso.

De esta manera se busca que la arquitectura de control contribuya con una flexibilidad [5], que permita el desarrollo de nuevos productos.

La arquitectura de control facilita la integración de las cinco etapas que conforman el proceso de preparación de semielaborado.

ARQUITECTURA PROPUESTA

Se propone una arquitectura bajo un esquema de control distribuido para integrar mediante un único controlador la adición de pulpa, la homogenización, la disolución de sólidos y la preparación de jugo semielaborado y además se propone, mediante una arquitectura maestro-esclavo, la integración de la etapa de preparación de jarabe.

La figura 'Arquitectura de control' del anexo C, muestra la arquitectura propuesta para la automatización del proceso de preparación de semielaborado.

Todo lo relacionado con las rutinas de limpieza, CIP, quedan por fuera del alcance de este proyecto y serán enunciadas donde se considere necesario sin que ello implique profundizar sobre su operación. Debe tenerse en cuenta que los equipamientos de limpieza corresponden a suministros de un fabricante especializado en equipos de esta índole para la industria de alimentos.

La preparación de jarabe hace parte fundamental de la preparación del semielaborado, sin embargo esta unidad de preparación suele ser un sistema totalmente independiente debido a que el jarabe también es utilizado para otros procesos como, por ejemplo, la preparación de bebidas carbonatadas, bebidas energizantes, aguas saborizadas, entre otros. Se dispone, en la arquitectura de control, independientemente para que no sea considerado de manera exclusiva para la preparación del semielaborado, como sí sucede con los otros subprocesos.

Las unidades definidas como la preparación del jarabe, la pasteurización, el CIP y el llenado tendrán su propia unidad controladora, en la medida de que algunos productos nuevos requieran procesos completos que bajo ninguna circunstancia puedan ser realizados con los equipos

existentes, entonces se deberán hacer las evaluaciones correspondientes para integrar los nuevos equipamientos a los equipos descentralizados y si esos procesos requerirán una unidad de control independiente.

Si alguna unidad existente satisface total o parcialmente una necesidad o requerimiento nuevo, entonces se realizarán los ajustes necesarios y correspondientes, tanto en la unidad de preparación como en los equipos de control.

Las funciones de preparación se realizarán, como se ha dicho, bajo una arquitectura distribuida, un PLC denominado PLC-preparación coordinará todas las funciones requeridas para la preparación del semielaborado y será además el encargado de coordinar las interacciones con las otras unidades de preparación independientes, e inmediatas con el proceso de preparación, como lo son el CIP y la pasteurización para este caso. Las unidades con unidad descentralizada son adición de pulpa, homogenización, disolución de sólidos y semielaborado.

A la hora de dimensionar los equipos se debe considerar que tanto en hardware como en software, el nivel de ocupación no sea mayor al 70 %, en el peor de los casos.

En cada una de las unidades de procesamiento de producto se tienen terminales remotas de entradas y salidas, analógicas y digitales, para la conexión de los sensores y actuadores.

A nivel de equipos de control se propone la implementación de una red de control [14], en esta red se realizará la comunicación de las unidades de control, además en este nivel de la red se encuentran las terminales remotas de entradas y salidas, paneles HMI, arrancadores suaves y variadores de velocidad.

Los equipos de control propuestos, además de los módulos remotos para entrada y salida de señales, para la preparación de semielaborado son los siguientes:

Jarabe simple: convertidor de frecuencia o variador de velocidad, para la regulación de flujo en el circuito de recirculación de azúcar 103-PMP1. El panel HMI es requerido para el aseguramiento de las operaciones locales del sistema, como por ejemplo, confirmación de la adición de azúcar.

Adición de pulpa: arrancador suave para asegurar el funcionamiento de la bomba 101-PMP4.

Homogenización: convertidores de frecuencia o variadores de velocidad, para la regulación de las velocidades la bomba de envío de producto 104-PMP2 y el molino homogenizador 104-MC1, regulación requerida según la pulpa a transferir.

Disolución de sólidos: convertidor de frecuencia o variador de velocidad, requerida para la regulación de la bomba 102-PMP2, especialmente en las fases de recirculación, para lograr, entre otros aspectos la correcta adición de sólidos.

Semielaborado: panel de operación requerido específicamente para las operaciones manuales del sistema, tales como la adición de ingredientes, aseguramientos de las masas finales de los lotes y las confirmaciones de calidad.

La interconexión entre sistemas se realiza en una red de gestión de datos como una red industrial Ethernet, a través de un switch de red en una configuración física en estrella, de este modo si se tiene algún problema en un proceso, este puede ser atendido sin necesidad de afectar los demás procesos. La comunicación e interconexión entre procesos se realiza en esta red. El intercambio de señales entre sistemas se realiza a través de este medio de comunicación. Este switch interconectará los equipos en una red de proceso, este mismo equipo interconectará con la red de datos de la empresa a través de otro switch que integrará el proceso a la intranet de la empresa.

En el esquema presentado en la figura 'Arquitectura de control' del anexo C, se muestran otros elementos y sistemas que no hacen parte del alcance de este proyecto, sin embargo se hace una breve descripción de ellos a continuación.

El CIP o limpieza interna, es el proceso encargado de realizar los procesos de limpieza a los diferentes circuitos. Los circuitos de limpieza comprenden las tuberías y equipos o mezcla de ambos. Algunas consideraciones importantes sobre este sistema son las siguientes:

- La limpieza se realiza siguiendo algunos procesos químicos y mecánicos. Químicos por las soluciones que se utilizan y que atacan cualquier riesgo biológico que pueda llegar a afectar la inocuidad del producto en preparación. Mecánico porque debe garantizarse algunos efectos en los equipos tales como la velocidad de flujo (Reynolds), turbulencias, escurridos, entre otros.
- Algunos pasos de la limpieza de equipos se pueden realizar a temperatura ambiente o altas temperaturas. Estas condiciones dependen de las soluciones químicas a utilizar y de los componentes utilizados en los diferentes procesos.
- El equipo de CIP es un equipo maestro, desde el punto de vista del proceso de limpieza, esto es, las temperaturas, concentraciones, velocidades de flujo (aquellas que son controlables), los pasos o etapas de limpieza y el tiempo requerido para cada uno de ellos, son controlados por este equipo y obedecen a recetas previamente establecidas por el usuario.
- Los circuitos de limpieza se ejecutan a discreción del usuario y obedecen a recorridos en circuito cerrado de las soluciones previamente establecidas por el usuario.

El proceso físico de la pasteurización normalmente es desarrollado por equipos suministrados por empresas especializadas en el tema. En la mayoría de los casos, estos equipos se ubican físicamente en el área de envasado y la única interacción con el sistema de preparación se limita a la solicitud de producto. Los equipamientos para su limpieza hacen parte integral del mismo.

Luego de la pasteurización, que puede considerarse como la etapa final del proceso de preparación, sigue la etapa de llenado. Entre la llenadora y el equipo de pasteurización debe haber una coordinada operación que garantice que el proceso de pasteurización se lleve a cabo satisfactoriamente y de manera continuada, pese a las interrupciones que pueda presentarse con el llenado.

En la red de control se propone la instalación de una terminal HMI, en la que se dupliquen algunas o todas las funciones operativas del sistema SCADA para facilitar la operación del operario de

preparación. Adicionalmente se propone la instalación de una terminal para un sistema SCADA, un servidor que tendrá las funciones de almacenamiento de información, sistema de reportes e interconexión con sistemas de jerarquía mayor, como los sistemas de ejecución de manufactura, MES.

Además de plantear reservas en el switch de procesos se esquematizan espacios para futuras aplicaciones o procesamiento de otro tipo productos, tales como dos PLC adicionales, un panel de operación y un monitor o estación de trabajo adicional.

CAPÍTULO 4

Selección de instrumentos

SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

En este capítulo se presentan algunas consideraciones para la selección de los instrumentos que serán utilizados en las diferentes etapas de la preparación de semielaborado. Se realiza una conceptualización sobre los equipos requeridos con el fin de limitar su selección dentro de la oferta que tiene en el mercado por parte de los fabricantes de equipos e instrumentos.

Como se ha mencionado, esta propuesta de automatización se realiza en un proceso existente en el que ya se realizaban algunas mediciones importantes para el proceso. Implícito en la propuesta se incluyen cambios en las especificaciones y la implementación de algunas mediciones que se consideran de vital importancia en el proceso de preparación de semielaborado.

Previo a las especificaciones y requerimientos puntuales que se hacen para cada instrumento en su respectiva aplicación, se realizan algunas consideraciones generales que aplican, en igual medida, para todos los casos presentados.

Algunas de las consideraciones técnicas que se exponen pueden representar costos significativos en los equipos e instrumentos, sin embargo la consideración principal que se debe tener en cuenta ya eleva por sí los costos: los instrumentos seleccionados serán utilizados en la industria de alimentos, muchos de ellos estarán en contacto directo con un producto que es para consumo humano. Así que las consideraciones económicas pasarán a un segundo plano y se limitarán las consideraciones expuestas a asuntos técnicos únicamente.

CONSIDERACIONES GENERALES

Los instrumentos y equipos seleccionados deben ser de fabricación para la industria de alimentos y sus materiales deben ser grado alimenticio, esto significa que los elementos utilizados no deben desprender partículas, ni olor ni sabor.

Las áreas donde se encuentran las unidades que tienen instalados equipos e instrumentos son por su naturaleza limpias y secas, sin embargo, de manera rutinaria se llevan a cabo procesos COP y CIP, en los que se utilizan agentes ácidos y alcalinos que pueden atacar químicamente algunos materiales. Algunos de estos procesos de lavado y limpieza pueden llevarse a cabo a altas temperaturas, con el fin de incrementar la acción del agente químico, entre otros aspectos.

La construcción física de los instrumentos y equipos que están en el proceso, debe ser tal que su instalación sea aséptica e higiénica. Esto significa que:

- Las conexiones y los materiales deben ser sanitarias.
- No deben quedar líquidos atrapados en ellos.
- En sintonía con la instalación, estos se puedan auto-drenar.

- Los instrumentos externos, o que queden expuestos, deben soportar chorros directos de agua.
- De fácil instalación/desinstalación en especial para las actividades de calibración.

Términos como higiénico y sanitario, referidos a la instrumentación de procesos para la industria de alimentos, implican una serie de consideraciones que de plano descarta mucha de la instrumentación existente en el mercado. Por ejemplo, los materiales con los que se construyen estos elementos no deben desprender olor ni sabor, deben ser resistentes a la corrosión, deben tener un grado de pulimiento tal que no permita el crecimiento bacteriano y microbiano, debe ser resistente a ataques químicos, según las especificaciones de las soluciones de limpieza, debe soportar temperaturas cercanas a los 90 °C y en la medida de lo posible, utilizar métodos para la medición no invasivos.

Con las características tenidas en cuenta en la selección de los instrumentos, se pretende asegurar unas condiciones de medición que favorezcan la preparación del semielaborado en el desarrollo de cada una de sus etapas, se refiere esto a una alta repetitividad, una baja histéresis, una alta precisión, la escala adecuada, un bajo error, alta linealidad, rapidez en su respuesta, señales de salida normalizada, entre otros aspectos.

Desde luego, obtener los mejores valores de estas características incrementa los costos de los instrumentos y su exigencia tiende a volver los proyectos inviables, es por ello que a la luz de la necesidad de la aplicación y de sus márgenes de tolerancia, sin sacrificar la calidad del producto y su proceso, se debe encontrar el punto de equilibrio entre las características del equipo e instrumento y sus costos.

A continuación se presentan las consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de realizar la selección de los instrumentos y equipos de control. Al final se hará una recomendación específica para cada uno de los casos propuestos.

PRESIÓN

La medición de la presión en este proyecto tiene dos propósitos fundamentales. Primero para el monitoreo local de la variable presión en aquellos puntos dónde se tiene un especial interés, como por ejemplo:

1. La descarga de las bombas centrifugas.
2. El monitoreo de la presión de los servicios industriales como el vapor, aire y agua.

Aunque estas mediciones podrían llevarse al sistema de monitoreo y control, SCADA, resulta de especial interés su verificación local porque de plano se hace una inspección *in situ* de la operación de un proceso que en apariencia está bien o porque no se considera necesario el registro de esta variable en el sistema SCADA.

Para la medición de la presión localmente como punto de interés, se recomienda el uso de manómetros analógicos, sobre los que se resaltan las siguientes características.

Escala: la selección de la escala depende de los valores absolutos en los que la variable tiene su rango de operación. La escala debe seleccionarse de forma tal que permita una fácil y rápida lectura. Todos los instrumentos deben tener las mismas unidades para que no se genere la confusión cuando se realice una lectura. En otras circunstancias la confusión puede darse por tener instrumentos con diferentes rangos de medición donde pueden utilizarse equipos con una misma escala.

Rango: el rango de la medición se recomienda seleccionar de forma tal que el instrumento no se vea afectado por los valores máximos de la medición. Se debe tener en cuenta la presión nominal del equipo y se sugiere elegir el instrumento de medición con un 20 % mayor de este valor, ya que este porcentaje suele especificar la presión de diseño de los sistemas de aire comprimido.

La temperatura de operación: algunos instrumentos se utilizarán para la medición de la presión de vapor, por ejemplo, por lo que es necesario considerar altas temperaturas de operación en las cercanías del instrumento.

La medición de la presión en la descarga de las bombas centrifugas generalmente presenta una alta variación, este efecto puede anularse si se incluye un instrumento cuya aguja esté sumergida en glicerina. Para estos casos se debe tener en cuenta las consideraciones sobre la conexión al proceso que debe tener.

Para la instalación de instrumento de medición en las tuberías de vapor se recomienda la instalación de un sifón tipo R o U, según se instale en tubería vertical u horizontal, tal como se muestran en el plano de instalación. Para otros procesos el manómetro puede instalarse directamente.

En la *Tabla 1. Selección de manómetros*. Selección de manómetros, se muestra las características recomendadas para la selección de este tipo de instrumentos.

Tabla 1. Selección de manómetros

MEDICIÓN DE PRESIÓN					
Tipo de instrumento	Manómetro				
Indicación	Local				
Tipo de conexión	Roscada/vertical				
Plano de instalación	Recomendación de instalación - Manómetro				
Selección del equipo					
Característica	Punto de aplicación				
	Agua de servicio	Vapor	Aire	Retorno condensado	Retorno de CIP
Sanitario	Si	No	Si	No	Si
Glicerina	No	No	No	No	Si
Precisión [%]	Según requerimientos de proceso				
Rango de operación [psi]	150	200	150	100	100
Temperatura de operación [°C]	100	250	100	100	100
Escala	Según requerimientos de proceso				
Tipo de salida	Análoga				
Material	Inoxidable	Acero	Inoxidable	Acero	Inoxidable
Tipo	Bourdon				

Para el control del proceso, y como lectura primaria en algunos casos, la presión se medirá electrónicamente a través del uso de transmisores de presión, este modo de realizar la medición de la presión se efectúa en los siguientes casos y por las siguientes razones:

1. Los sistemas de filtración como presión diferencial para conocer el estado de saturación de los filtros.
2. En el sistema venturi para conocer, indirectamente, el estado de la presión de vacío.
3. Como medida de nivel mediante la medición de la columna de presión de los líquidos en los tanques de proceso.

Aunque los sistemas relacionados en los ítems 1 y 2 hacen referencia a una presión diferencial, este concepto se lleva al sistema de control mediante algoritmos que realizan el monitoreo de la presión de entrada y salida en el filtro del sistema de disolución de sólidos.

La medida de estos puntos se realizará utilizando equipos electrónicos, los cuales estarán disponibles para ser llevados a un sistema SCADA.

Para el uso de los transmisores de presión se recomienda tener las siguientes consideraciones en relación con el instrumento a seleccionar:

La aplicación: define, entre otros aspectos, la tecnología requerida y el tipo de conexión al proceso.

Tipo de salida: el tipo de salida define o está definido por los periféricos de entradas y salidas I/O del sistema de control, entre los que pueden mencionarse redes de sensor-actuador o redes de control.

En la *Tabla 2. Selección transmisor de presión*, se muestra la recomendación en relación con las características mínimas que se deben tener en cuenta para la selección de este tipo de instrumentos.

Tabla 2. Selección transmisor de presión

MEDICIÓN DE PRESIÓN				
Tipo de instrumento	Transmisor de presión			
Indicación	Remota			
Plano de instalación	Anexo D – Medición de presión			
Selección del equipo				
Característica	Punto de aplicación			
	Columna de presión	Diferencia de presión - Filtración	Diferencia de presión - Venturi	Avance de CIP
Sanitario	Si	Si	Si	Si
Histéresis		≤ 1 %		
Linealidad		≤ 1 %		
Repetitividad		≤ 1 %		
Precisión (Con relación al SPAN)		≤ 1 %		
Rango de operación [psi]		Según requerimientos de proceso		
Temperatura de operación [°C]	100	250	100	100
Rango		Según requerimientos de proceso		
Tipo de salida [mA]		4.0 - 20.0		
Conexión al proceso	Roscada sanitaria	Clamp	Roscada sanitaria	Clamp

FLUJO

Las consideraciones propias del proceso definen algunos aspectos para la medición de flujo como por ejemplo, el canal de medición es cerrado, algunos fluidos pueden contener sólidos en suspensión, como la pulpa, otros contienen sólidos disueltos, como el jarabe, y todos los fluidos tienen algún porcentaje importante de conductividad.

Los criterios, tanto la para la selección de las tecnologías, como de los equipos posibles para su uso se listan en la *Tabla 3. Selección transmisor de flujo magnético* y *Tabla 4. Selección transmisor de flujo másico*. Aunque el factor económico es un factor decisivo para que finalmente se instale uno u otro equipo este no será tenido en cuenta para el presente análisis y se presentará una propuesta que en cualquier caso podría resultar viable.

La medición de flujo en este sistema es de vital importancia puesto que con base en ella se realiza la medición de todos los componentes que son utilizados para la preparación del producto semielaborado en todas sus etapas. En relación con esta variable se realizan algunas de las recomendaciones más importantes, pues para las mediciones de flujo de sólidos disueltos y jarabe, se pasa de medir el volumétrico al másico.

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriormente expuestas y con base en que la realización de la medición de fluidos presentan densidades diferentes, se propone utilizar para la medición de flujo másico equipos que operen bajo el principio de coriolis y para la medición volumétrica instrumentos que utilicen el principio de medición por inducción magnética.

Algunos aspectos importantes que se deben tener en cuenta para realizar la selección de estos instrumentos son los siguientes:

Sólidos en suspensión: debe tenerse en cuenta que el trasiego de pulpa implica la existencia de sólidos en suspensión. Esta especificación regularmente no se encuentra en las hojas de datos, sin embargo el fabricante las suministra previa solicitud. Es posible encontrar equipos que alcancen hasta un 90 % de sólidos en suspensión.

Las condiciones de limpieza: es importante especificar las condiciones de limpieza CIP a las que se enfrentará el equipo, pues con ello se define el material de fabricación del mismo. Las temperaturas para el CIP pueden llegar a superar los 60 °C.

Se debe tener en cuenta que algunos medidores vienen con características especiales para la medición de gases, por lo que es importante tener claro las condiciones del fluido que será medido, inclusive si éste tiene una mezcla de fluidos en diferente fase.

Estos instrumentos suelen ser multivariable, lo que significa que es posible medir, además de la masa transferida, otras variables como: la temperatura, la densidad, la concentración y la viscosidad. Debe tenerse en cuenta que la información de algunas de estas variables se obtienen mediante cálculos que realiza el equipo, es decir, son medidas indirectas.

La *Tabla 3. Selección transmisor de flujo magnético* relaciona algunas de las consideraciones que se deben tener en cuenta para la selección de un medidor de flujo magnético y la *Tabla 4. Selección transmisor de flujo másico* muestra lo propio para un medidor de flujo másico.

Tabla 3. Selección transmisor de flujo magnético

MEDICIÓN DE FLUJO - MAGNÉTICO	
Tipo de instrumento	Medidor de flujo
Indicación	Remota - La indicación local puede ser opcional
Tipo de conexión	Clamp
Plano de instalación	Anexo D – Medición de flujo magnético
Selección del equipo	
Característica	Punto de aplicación
	Agua de producto Ingredientes Sólidos disueltos
Principio de medición	Inducción magnética
Rango de medición	Depende de la velocidad del fluido
Error máximo en la medición [%]	≤ 1 %
Precisión [l]	0.1
Histéresis [%]	≤ 1 %
Repetitividad [%]	≤ 1 %
Valor de la conductividad	≥ 100 μS/cm
Alimentación eléctrica	110 VAC
Tipo de salida	Análoga / pulsos por unidad de volumen

Tabla 4. Selección transmisor de flujo másico

MEDICIÓN DE FLUJO - MÁSIKO	
Tipo de instrumento	Medidor de flujo
Indicación	Remota
Tipo de conexión	Clamp
Plano de instalación	Anexo D – Medición de flujo másico
Selección del equipo	
Característica	Punto de aplicación
	Pulpa Jarabe
Sólidos en suspensión	≤ 20 %
Principio de medición	Coriolis
Rango de medición	Depende de la velocidad del fluido
Error máximo en la medición [%]	≤ 1 %
Repetitividad [%]	≤ 1 %
Precisión [%]	≤ 1 %
Histéresis [%]	≤ 1 %
Alimentación eléctrica	110 VAC
Tipo de salida	Análoga / pulsos por kilogramo

TEMPERATURA

Los procesos de calentamiento son utilizados para facilitar la disolución de sólidos, en la preparación de jarabe simple y acelerar el descongelamiento de la pulpa.

Las temperaturas alcanzadas en esta etapa del proceso no son muy altas, 65 °C la máxima, sin embargo los procesos de limpieza pueden realizarse a temperaturas mayores, cercanas a los 80 °C, pero los controles de temperatura de los procesos de lavado se realizan por medio de la unidad de limpieza. La unidad de limpieza CIP no hace parte del alcance de este proyecto.

Todos los procesos de calentamiento deben ser controlados automáticamente por lo que, en aquellos circuitos donde aplique, deberán instalarse los sensores y transmisores correspondientes, sin embargo se recomienda la instalación de indicadores locales que permitan realizar un monitoreo de esta variable *in situ*. Aunque podría utilizarse transmisores con indicación local, se sugiere instalarlos por separado con el fin de tener una redundancia que permita detectar errores en la operación.

Los sensores de temperatura para la indicación local, al igual que los manómetros, deben permitir una fácil y rápida lectura de la variable en referencia.

Dadas las bajas temperaturas que se manejan para el desarrollo de este proyecto, casi cualquier sensor de temperatura resulta adecuado para cualquiera de las aplicaciones requeridas, sin embargo dadas las condiciones que tienen los sensores tipo Pt 100, este elemento resulta apropiado para casi todas las aplicaciones.

Es importante, dependiendo del tipo de conexión del sensor utilizado, utilizar compensación por temperatura.

La Tabla 5. Selección termómetro de carátula muestra los criterios que se deben tener en cuenta para la selección del termómetro de carátula y en la *Tabla 6. Selección transmisor de temperatura* para la selección del transmisor de temperatura. Por considerar los rangos de operación poco críticos para la operación, la selección del sensor podría realizarse por cualquiera de las tecnologías disponibles.

Tabla 5. Selección termómetro de carátula

MEDICIÓN DE TEMPERATURA					
Tipo de instrumento	Termómetro de carátula				
Indicación	Local				
Tipo de conexión	NPT trasera / lateral				
Plano de instalación	Anexo D – Medición local de temperatura				
Selección del equipo					
Característica	Punto de aplicación				
	Calentamiento de pulpa	Sistema de calentamiento disolución de sólidos	Sistema de calentamiento preparación de jarabe	Suministro de vapor	Tanques
Sanitario	No	No	No	No	Si
Histéresis [%]			≤ 1		
Linealidad [%]			≤ 1		
Precisión [%]		Según requerimientos de proceso			
Rango de operación [°C]		Según requerimientos de proceso			
Escala		Según requerimientos de proceso			
Tipo de salida		Análoga			

Tabla 6. Selección transmisor de temperatura

TRANSMISOR DE TEMPERATURA			
Tipo de instrumento	Transmisor de temperatura		
Sensores compatibles	Termopares, RTD		
Indicación	Remota		
Tipo de conexión del sensor	Sanitaria		
Selección del equipo			
Característica	Punto de aplicación		
	Disolución de sólidos	Preparación de jarabe	Adición de pulpa
Sanitario		Si	
Histéresis [%]		≤ 1	
Linealidad [%]		≤ 1	
Precisión [%]		≤ 1	
Rango de operación [°C]	150	150	150
Escala	Según requerimientos de proceso		
Tipo de salida [mA]		4.0 - 20.0	
Conexión al proceso del sensor		Clamp	

CONDUCTIVIDAD

La medición de esta variable se realiza únicamente para el sistema de homogenización de pulpa y esencialmente servirá de referente para establecer los cambios de fase, dados por los empujes de pulpa que se hacen con agua desde el sistema de adición de pulpa y por los que se hacen desde el sistema de homogenización hacia el sistema de semielaborado, y de esta forma, contar con un sistema redundante que permita controlar la cantidad de agua que ingresa a los sistemas con los empujes de agua.

Para la medición de conductividad es importante tener como referencia tanto las condiciones de proceso como las de limpieza.

La *Tabla 7. Selección transmisor de conductividad* muestra los criterios que se deben tener en cuenta para la selección del transmisor de conductividad y con el cual se mide la mezcla de agua de producto y pulpa.

Tabla 7. Selección transmisor de conductividad

MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD		
Tipo de instrumento	Transmisor de conductividad	
Indicación	Remota con opción local	
Tipo de conexión	Rosca sanitaria	
Plano de instalación	Anexo D – Medición de conductividad	
Selección del equipo		
Característica	Punto de aplicación	
	Entrada sistema de homogenización	Salida sistema de homogenización
Sanitario		Si
Histéresis [%]		≤ 1
Linealidad [%]		≤ 1
Precisión [%]		≤ 0.5
Rango de operación [S]		≥ 0.1
Temperatura de operación [°C]		≥ 100
Escala	Según requerimientos de proceso	
Tipo de salida [mA]		4.0 - 20.0

La *Tabla 8. Características de conductividad de producto* muestra las características del proceso en relación con la conductividad. Aquí producto se refiere a la mezcla de agua y pulpa, tanto a la que entra como a la que sale al sistema de homogenización.

Tabla 8. Características de conductividad de producto

CONDUCTIVIDAD		
Producto	Unidad	Conductividad
Agua	mS	150
Agua más pulpa	mS	≤ 50

NIVEL

Como la presente propuesta trata sobre una recomendación para la automatización de un proceso, esto implica que el proceso ya se realizaba siguiendo algún método estándar. Uno de los cambios importantes a realizar consiste en desplazar la medición de nivel de los tanques por un tipo de medición más apropiada al proceso, esto es la medición másica.

La medición de nivel deberá continuar, al menos para el personal encargado de las producciones, pues con base en los niveles se realizan algunos procesos necesarios para la logística de la producción, en especial para las tareas de envasado.

Se tienen dos tipos de medición de nivel. Por lo poco crítico que resulta hacer un control de nivel en la unidad de adición de pulpa, se propone utilizar sondas discretas de nivel para la detección del nivel bajo, medio y alto. Para las unidades de preparación de jarabe, disolución de sólidos y homogenización se instalarán sensores de presión en la parte inferior de los tanques, con el fin de tener una medida continua del nivel por medio de la medición de la columna de presión que genera el fluido contenido en las unidades.

La *Tabla 9. Selección transmisor de nivel* muestra las características recomendadas para el transmisor de nivel.

Tabla 9. Selección transmisor de nivel

TRANSMISOR DE NIVEL		
Tipo de instrumento	Transmisor de nivel	
Indicación	Remota	
Tipo de conexión	Rasante	
Plano de instalación	Anexo D – Medición de nivel	
Selección del equipo		
Característica	Punto de aplicación	
	Tanque de preparación y proceso	Tanques de disolución
Sanitario		Si
Histéresis [%]		≤ 1
Linealidad [%]		≤ 1
Precisión [%]		≤ 1
Rango de operación [psi]	Según requerimientos de proceso	
Escala	Según requerimientos de proceso	
Tipo de salida [mA]		4.0 - 20.0
Conexión al proceso		Roscada

MASA

La medición de la masa es la más importante que se realiza en la preparación del semielaborado, pues debido a que la densidad de la pulpa no es una constante, esta genera una variación en el volumen contenido y, para mantener las condiciones de diseño del producto, es necesario realizar la preparación con base en la masa referenciados en la cantidad de pulpa requerida para el lote, independiente del volumen.

La propuesta para la medición de la masa consiste en la instalación de celdas de carga sobre las patas de las unidades de preparación de semielaborado. La información del peso de la preparación, junto con la medida de la densidad de producto, permiten conocer el volumen contenido en la preparación y que como se ha dicho, es de vital importancia para las actividades relacionadas con la logística de la producción en planta, en especial para las tareas de envasado.

Una medición de la masa también se realiza en el registro del jarabe simple, los sólidos disueltos y la pulpa de fruta. Este tema fue tratado en la medición de flujo.

Las consideraciones generales más importantes a tener en cuenta para la selección de los módulos de pesaje son las siguientes:

- Se instalaran módulos de pesaje en los tanques de preparación de semielaborado únicamente.

- La selección debe considerar el peso muerto del sistema, es decir, la unidad de preparación vacía.
- La preparación incluye una fase permanente de agitación, lo que puede introducir ruido en el sistema de medición, por lo que se recomienda el uso de tecnologías que incluyan algoritmos especiales que filtren este tipo de señales.
- Las conexiones de entrada y salida del sistema introducen rigidez al sistema afectando la capacidad de medición; tecnologías recientes han introducido métodos de medición que no requieren de conexión flexible en las tuberías de entrada y salida de los tanques en el proceso de preparación, sin embargo son necesarias algunas consideraciones en su instalación como por ejemplo, no fijarla a un soporte anclado al piso o a paredes en trayectos de tubería inferiores o iguales a 3 metros, con un tramo recto de llegada al tanque de al menos un metro.
- La cantidad de sensores de peso así como a la capacidad requerida por cada una de ellos dependen de la geometría de la unidad de preparación, su peso bruto, su fuerza estructural, su estabilidad y la cantidad de soportes. En la práctica se requieren al menos tres sensores y, para la mayoría de los casos, no más de ocho; el objetivo es lograr una distribución uniforme del peso que se desea medir.

La *Tabla 10. Selección de la celda de carga y la unidad controladora* muestra las características recomendadas para la medición por peso utilizando celdas de carga, y con las cuales se pretende realizar una medición de la masa.

Tabla 10. Selección de la celda de carga y la unidad controladora

MEDICIÓN DE MASA	
Tipo de instrumento	Celdas de carga
Indicación	Remoto
Tipo de conexión	Soporte
Plano de instalación	Sugerencia de instalación - Celdas de carga
Selección del equipo	
Característica	Tanques de preparación de semielaborado
Material	No
Material de las celdas	Inoxidable
Linealidad [%] - Unidad controladora	≤ 0.1
Sensibilidad [mV/V] - Celda de carga	≤ 10
Capacidad por celda	Según requerimientos de proceso
Tipo de salida [mA] – Sumador/Controlador	4.0 - 20.0

Desde el punto de vista del proceso, esta propuesta plantea la integración de procesos operativos que funcionan bajo arquitectura *stand alone*, la reutilización de algunos equipamientos existentes, tales como válvulas, bombas, estaciones reguladoras de vapor, entre otros, podrán ser tenidos en

cuenta para la implementación de la propuesta, ya que no es el interés el desarrollo de modificaciones al proceso existente sino mejorar las técnicas de medición y lograr su integración.

Para los equipos de control como los PLC y los variadores, hay también una variada oferta con múltiples posibilidades como las que se ofrece para la instrumentación de procesos, sin embargo, se debe tener presente algunas consideraciones importantes a la hora de elegir este tipo de equipos.

Los variadores de velocidad o convertidores de frecuencia, los hay para todo tipo de motor y en casi todos los rangos de potencia. En la práctica los criterios de potencia, tensión de alimentación y corriente del motor son suficientes para hacer la elección de un variador adecuado, sin embargo algunos fabricantes ofrecen equipos de características especiales con los que se logra un mejor desempeño en determinadas aplicaciones, tales como:

Manejo de cargas cuadráticas. De hecho los variadores de velocidad son ideales para el manejo de carga variable, como los son las bombas centrífugas, no obstante algunos fabricantes ofrecen funciones especiales en sus equipos con los que se logra minimizar los impactos que este tipo de carga tiene sobre el motor, además de mejorar su rendimiento en términos de ahorro energético.

Control de armónicos: algunos fabricantes ofrecen filtros integrados en sus equipos para el control de armónicos, esto es importante en especial cuando la potencia del variador es de 10 kW o superior.

Otras consideraciones técnicas son la facilidad de interpretar las alarmas (interfaz con el operario), la facilidad de integración a redes de control y realizar su configuración. Además de esto se deben tener presente aspectos como el soporte técnico local y la consecución de repuestos.

En relación con los PLC aspectos como la cantidad de entradas y salidas, la capacidad de memoria y velocidad de procesamiento, cantidad de temporizadores, facilidad para implementación de redes de control y redes de sensor/actuador, la integración o implementación de equipos o instrumentos de diferentes fabricantes, entre otros, están presentes en casi toda la oferta del mercado local.

En una fábrica se suele considerar una familia de controladores PLC, o hasta dos, para todos los proyectos de automatización que allí se desarrollen, además de haber considerado las condiciones técnicas, es importantes también aquí tener presente el soporte técnico interno y soporte especializado así como la consecución de repuestos y accesorios.

Para el desarrollo de este proyecto el PLC que se seleccione debe contar con una característica importante, y es la posibilidad de descentralizar la operación. Si bien la ejecución de los algoritmos se lleva a cabo en un PLC central o maestro, en cada una de las áreas de preparación se cuenta con una extensión de él, a la que son conectadas las diferentes entradas y salidas del proceso, así como equipos periféricos de otros fabricantes, esto es, variadores de velocidad, pantallas HMI entre otros.

CAPÍTULO 5

Descripción funcional

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL

ADICIÓN DE PULPAS

DESCRIPCIÓN

Esta descripción funcional trata sobre las operaciones que se lleva a cabo en la etapa de adición de pulpas. La pulpa puede ser congelada y/o aséptica.

Al inicio de la ejecución del PLC, el programa se posiciona en la fase de reposo. Ante un fallo en el fluido de energía eléctrica que interrumpiese el programa en alguna de sus fases o secuencias la memoria del programa de gestión de recetas deberá continuar con el desarrollo del programa justo en el punto donde estaba ejecutándose antes de efectuarse el fallo.

El desarrollo de las rutinas de esta parte del proceso puede hacerse de modo paralelo al de otras etapas. Si es del caso, debe estar disponible para continuar a petición de otras áreas. Un protocolo de comunicaciones entre los diferentes procesos permitirá un flujo controlado de operaciones entre las diferentes etapas y entre los diferentes procesos, otorgando atributos de seguridad en todo momento y siempre que no se produzcan fallos en fluido de energía eléctrica.

Las operaciones que se describen en esta etapa del proceso se elaboran con base en la *Tabla 22. Operaciones del proceso de semielaborado*, la cual describe las operaciones que se realizan en cada etapa.

OPERACIONES MANUALES

Las operaciones manuales están dadas por la adición de pulpas, las cuales utilizan el mismo método y equipos.

FUNCIONAMIENTO

La siguiente descripción de funcionamiento está hecha con base en la figura '101 P&ID – Adición de pulpas', del anexo B y la *Figura 1. Diagrama de flujo adición de pulpa*.

El cargue de recetas para el uso de las unidades de este sistema predeterminará el empleo de la ruta para pulpa aséptica o pulpa congelada.

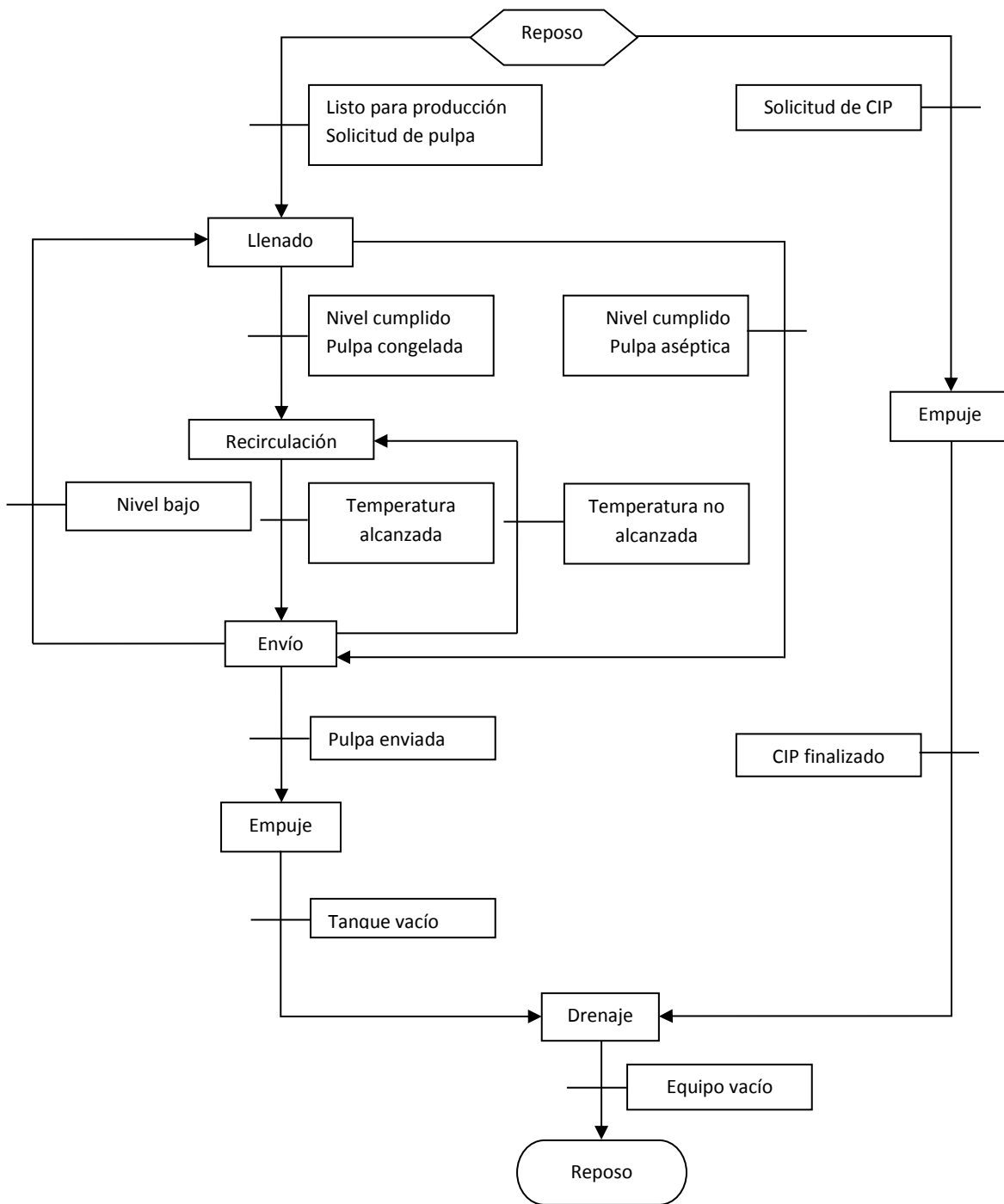


Figura 1. Diagrama de flujo adición de pulpa

Operación de reposo

En esta operación se hace una verificación del estado de inactividad de las unidades que componen el proceso de adición de pulpas. Se hace también una validación del tiempo que ha transcurrido desde la última realización del proceso de limpieza; si ha excedido las horas de inactividad configuradas en el sistema de gestión, la única operación que podrá ejecutarse es la de CIP. El programa de CIP que se ejecute dependerá de los criterios de calidad.

El proceso pasará a la operación de CIP si hay una solicitud de limpieza por parte del sistema de gestión.

El proceso pasará a la operación de llenado cuando:

1. Las unidades del sistema se encuentren listas para producción.
2. Se tenga la señal de solicitud de envío de pulpa.

Operación de llenado

En esta operación se preparan los equipos para iniciar el procesamiento de la pulpa. Una cantidad prefijada de agua se ingresa al tanque 101-TK1, a través de la válvula 101-AV2 y es medida por el sensor 101-F1. Los interruptores de nivel 101-L1, 101-L2 y 101-L3 verificarán que el agua se encuentre entre los niveles permitidos.

El sistema pasa a la operación de recirculación cuando se haya alcanzado el nivel mínimo de agua en el tanque 101-TK1.

Los lotes de pulpa requeridos por la receta se agregan de manera consecutiva. Un lote de semielaborado puede contener solo pulpa aséptica, solo congelada o una mezcla de pulpa aséptica y congelada. En cualquier caso la adición se realiza por separado. Si la preparación de un lote incluye los dos tipos de pulpa todo el conjunto se envía por la ruta de pulpa congelada.

Operación de recirculación

Si se ha seleccionado una receta con pulpa congelada, una vez alcanzado el nivel mínimo, el sistema permite la adición de pulpas y comienza una recirculación en un circuito que incluye la bomba 101-PMP4 y se abren las válvulas 101-AV5, 101-AV8 y/o 101-AV9, pasando por el intercambiador tubular 101-ST1. La temperatura de descongelamiento está determinada por la receta. La cantidad inicial de agua que ingrese al sistema será de forma tal que permita la recirculación de agua más pulpa congelada por el sistema y no supere el nivel máximo en el tanque 101-TK1.

Esta operación no aplica cuando el sistema trabaja con pulpa aséptica.

El sistema pasará a la operación de envío cuando se haya alcanzado el valor de referencia para la temperatura de descongelamiento.

Operación de envío

Si el sistema alcanza el nivel máximo de agua registrado por el sensor 101-L3, el sistema no permitirá la adición de más pulpa congelada. Cuando se alcance la temperatura de descongelamiento se abre la válvula 101-AV7 permitiendo el paso hacia las unidades de homogenización.

Si se ha seleccionado una receta con pulpa aséptica la cantidad inicial de agua que ingresa al tanque 101-TK1 es la misma que si fuera pulpa congelada. Cuando se alcanza el nivel mínimo permite la adición de pulpa e inmediatamente se envía al sistema de preparación de semielaborado. El sistema detiene el envío de pulpa si se alcanza el nivel mínimo y se queda en espera por el ingreso de pulpa si no se ha terminado de agregar toda la pulpa correspondiente a la cantidad del lote, el cual determina la cantidad de adiciones de pulpa que el sistema debe hacer.

El sistema pasará a la operación de empuje cuando se haya agregado la pulpa predeterminada por receta.

Operación de empuje

En esta operación el sistema hace el cargue con una cantidad prefijada de agua que luego es utilizada para arrastrar la pulpa que pueda haber en el sistema hasta la unidad de preparación. La ruta que el sistema utilizará está determinada por el tipo de pulpa utilizado. Si el sistema utiliza ambos tipos de pulpa, el sistema realizará un único empuje por la ruta de la pulpa congelada. El sistema pasara a la operación de drenaje cuando el tanque 101-TK1 se encuentre vacío.

Operación de drenaje

El sistema realiza un cargue predeterminado de agua utilizando el *spryball* para realizar un enjuague del tanque que será drenado manualmente a través de las válvulas 101-AV13, 101-AV14 y 101-AV15.

El sistema pasará a la operación de reposo cuando el tanque 101-TK1 se encuentre vacío.

DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS

DESCRIPCIÓN

Esta descripción funcional describe las operaciones que se siguen en la etapa de disolución de sólidos y la posterior transferencia al sistema de preparación de semielaborado.

Con el cargue de la receta, el programa se posiciona en la fase de reposo. Ante un fallo en el fluido de energía eléctrica que interrumpiese el programa en alguna de sus operaciones o secuencias la memoria de programa de gestión de recetas deberá continuar con el desarrollo del programa justo en el punto donde estaba éste antes de efectuarse el fallo.

El desarrollo de las rutinas de las unidades de este proceso puede ejecutarse de modo paralelo a las rutinas de otras unidades. Debe estar disponible para continuar a petición de otras áreas si así es requerido.

Un protocolo de comunicaciones entre los diferentes procesos permitirá un flujo controlado de operaciones entre las diferentes etapas y los diferentes procesos, otorgando atributos de seguridad en todo momento.

Las operaciones que se describen en esta etapa del proceso se realizan con base en la *Tabla 22. Operaciones del proceso de semielaborado*.

OPERACIONES MANUALES

La operación manual que se desarrolla en esta parte del proceso, es la adición de sólidos al tanque 102-TK2, por la parte superior del mismo.

FUNCIONAMIENTO

La siguiente descripción funcional está hecha con base en la *Figura 2. Diagrama de flujo disolución de sólidos* y la figura '102 P&ID – Disolución de sólidos', del anexo B.

Los ingredientes sólidos que serán diluidos en esta etapa del proceso, deben estar dispuestos en el sistema antes de ponerlo en marcha.

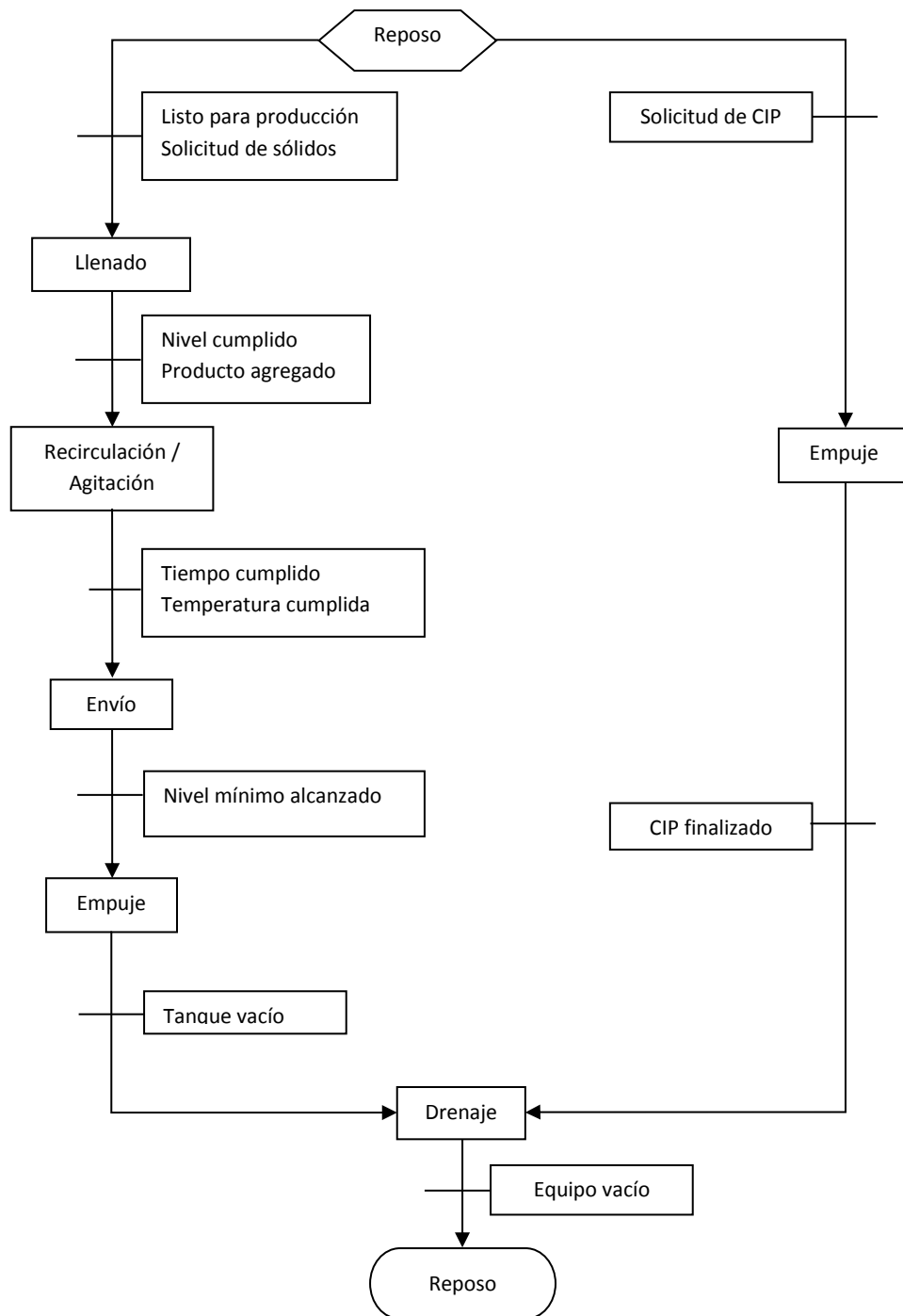


Figura 2. Diagrama de flujo disolución de sólidos

Operación de reposo

En esta operación se hace una verificación del estado de inactividad de las unidades que componen la etapa de disolución de sólidos. También se hace una validación del tiempo que ha transcurrido desde la última realización del proceso de limpieza, si ha excedido las horas de inactividad configuradas en el sistema de gestión, la única operación que podrá ejecutarse es la de CIP. El programa de CIP que se ejecute dependerá de los criterios de calidad.

El proceso pasará a la operación de CIP si existe la solicitud de por parte del sistema de control.

El proceso pasará a la operación de llenado cuando:

1. Las unidades se encuentren listas para disolución.
2. Se tenga solicitud de envío de producto.

Operación de llenado

En esta operación se preparan los equipos para iniciar el proceso de disolución de sólidos. Una cantidad prefijada de agua se ingresa al tanque 102-TK1, a través de la válvula 102-AV6 y es medida por el sensor 102-F1. El medidor de nivel analógico 102-L1, permite que ingrese una cantidad de agua prefijada de agua que depende de la cantidad de sólidos a diluir.

El sistema pasa a operación de recirculación cuando se haya alcanzado el nivel mínimo en el tanque 102-TK1

Operación de recirculación

Una vez completado el nivel mínimo para recirculación se activa el circuito correspondiente el cual está compuesto por las válvulas 102—AV5, 102—AV10, 102—AV13, 102—AV14 y 102—AV8, el venturi 102-CP1, el mezclador 102-CP2, la bomba helicoidal 102-PMP2 y, desde luego, el tanque 102-TK1

El agua es calentada en el tanque 102-TK1, que es un tanque encamisado calentado por vapor. Cuando el agua alcanza una temperatura mínima, prefijada por el usuario, se enciende el agitador y pueden agregarse manualmente los sólidos a diluir. Cuando se alcanza la temperatura de referencia y se haya completado la adición de los sólidos, se inicia un contador de tiempo, con el que se asegura la disolución total de los sólidos.

Se procede con la operación de envío cuando se ha cumplido el tiempo de agitación/recirculación del sólido diluido a la temperatura de referencia.

Operación de envío

En esta operación los equipos quedan disponibles para enviar los sólidos diluidos al sistema de preparación de semielaborado cuando se tenga la correspondiente solicitud de envío. Si la solicitud de envío existe previamente a la activación de la rutina de envío, el sistema completará sus ciclos hasta que esté listo para proceder con el envío. Si el sistema termina antes de que aparezca tal solicitud, el sistema quedará en la operación de recirculación/agitación, a una temperatura prefijada por el usuario.

Durante toda la operación de envío se activan las válvulas 102—AV8, 102—AV10, 102—AV13, 102—AV14, 102-AV17, 102-AV18, 102-AV20 y 102-AV21, el Venturi 102-CP1, el equipo mezclador 102-CP2, la bomba helicoidal 102-PMP2. El programa de recirculación se apaga y continúa en marcha el sistema de agitación.

Se procede con la operación de empuje cuando se alcanza un nivel mínimo en el tanque, tal nivel puede ser cero.

Operación de empuje

Al inicio de esta operación se ingresa una cantidad prefijada de agua con la que se forma en la tubería una mezcla de agua-sólido diluido, esta cantidad inicial se denominará volumen uno o inicial y, paralelamente, se activará el circuito de recirculación, con el que se hará un primer enjuague de este circuito. Cuando se haya completado el volumen uno, se cerrará la recirculación y se ingresará un volumen dos o de compensación de agua con el que se pretende asegurar el envío del producto al sistema de semielaborado. El volumen dos depende en gran medida de la cantidad de agua que contendrá la tubería al final del envío.

Se procede con la operación de drenaje cuando se haya completado la operación de envío, esto es, agregado el volumen dos y el tanque se encuentre vacío.

Operación de drenaje

En esta operación el sistema ingresa una cantidad mínima de agua que circula por el tanque durante un tiempo prefijado por el usuario y que, finalmente, es drenada por la válvula 102-AV23, hasta que el equipo quede totalmente vacío.

PREPARACIÓN DE JARABE

DESCRIPCIÓN

Esta descripción funcional desarrolla las operaciones que se siguen en la etapa de preparación de jarabe y la posterior transferencia al sistema de preparación de semielaborado.

Con el cargue de la receta, el programa se posiciona en la operación de reposo. Ante un fallo en el fluido de energía eléctrica que interrumpiese el programa en alguna de sus operaciones o secuencias la memoria de programa de gestión de recetas deberá continuar con el desarrollo del programa justo en el punto donde estaba antes de efectuarse el fallo.

El desarrollo de las rutinas de las unidades de este proceso pueden ejecutarse de modo paralelo a las rutinas de otras unidades. Si es del caso debe estar disponible para continuar a petición de otras áreas.

Un protocolo de comunicaciones entre los diferentes procesos permitirá un flujo controlado de operaciones entre las diferentes etapas y procesos, otorgando atributos de seguridad en todo momento.

Las operaciones que se describen en esta etapa del proceso se elaboran con base en la *Tabla 22. Operaciones del proceso de semielaborado.*

OPERACIONES MANUALES

Las operaciones manuales que se desarrollan en esta parte del proceso, son las adiciones de azúcar, a través del mezclador 103-TB1 al sistema, para prepararse en uno de los tanques 103-TK1 o 103-TK2.

FUNCIONAMIENTO

La siguiente descripción funcional está hecha con base en la *Figura 3. Diagrama de flujo preparación de jarabe* y la figura '103 P&ID – Preparación de jarabe', del anexo B.

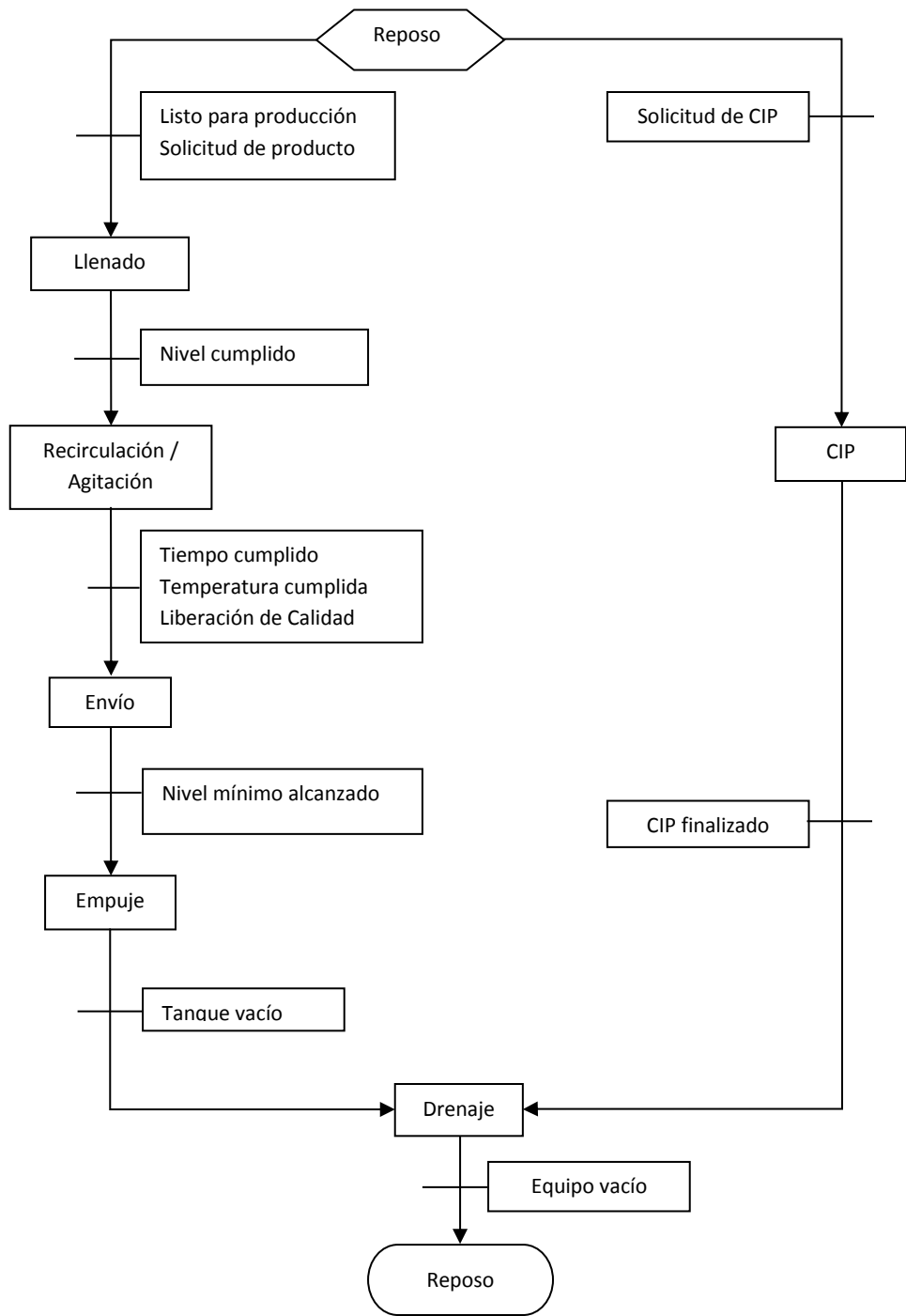


Figura 3. Diagrama de flujo preparación de jarabe

Operación de reposo

En esta operación se hace una verificación del estado de inactividad de las unidades que componen el proceso de preparación de jarabe simple, en especial la unidad de preparación seleccionada. Se hace una validación del tiempo que ha transcurrido desde la última realización del proceso de limpieza, si ha excedido las horas de inactividad configuradas en el sistema de gestión, la única operación que podrá ejecutarse es la de CIP. El programa de CIP que se ejecute dependerá de los criterios de calidad.

El proceso pasará a la operación de CIP si hay una solicitud por parte del sistema de control.

El proceso pasará a la operación de llenado cuando:

1. Las unidades se encuentren listas para la preparación.
2. Se tenga solicitud de envío de jarabe.

Operación de llenado

En esta operación se preparan los equipos para iniciar el proceso de preparación de jarabe. Una cantidad prefijada de agua se ingresa a la unidad seleccionada, a través de las válvulas 103-AV3 y 103-AV6 y registrando lo medido por el sensor 103-F1. El sensor de nivel análogo 103-L1 y 103-L2, permite que ingrese una cantidad de agua prefijada que depende de la cantidad de jarabe simple a preparar.

El sistema pasa a operación de recirculación cuando se haya alcanzado el nivel mínimo en la unidad seleccionada.

Operación de recirculación

Una vez completado el nivel mínimo para recirculación se activa uno de los siguientes circuitos dependiendo de la unidad seleccionada. El circuito correspondiente al tanque 103-TK1 está compuesto por las válvulas 103-AV9, 103-AV5, 103-AV4, la bomba 103-PMP2, el motor de la tolva de azúcar 103-PMP3, el intercambiador de calor tubular 103-ST1 y desde luego el tanque 103-TK1. El circuito del tanque 103-TK2 está contituido por las válvulas 103-AV11, 103-AV6, 103-AV7, la bomba 103-PMP2, el motor de la tolva de azúcar 103-PMP3, el intercambiador de calor tubular 103-ST1 y desde luego el tanque 103-TK2.

El agua es calentada por medio del intercambiador tubular 103-ST1, él utiliza vapor para ganar temperatura. Cuando el agua alcanza un nivel mínimo durante la recirculación se enciende el agitador de la unidad y puede agregarse manualmente el azúcar, además de activarse la válvula 103-AV18.

El valor de referencia de la temperatura del agua, posteriormente jarabe, es ajustado por el usuario.

Cuando se alcanza la temperatura de referencia y se haya completado la adición de azúcar, se inicia un contador de tiempo con el que se asegura la disolución total del azúcar.

Se procede con la operación de envío cuando se ha cumplido el tiempo de agitación/recirculación del azúcar diluido a la temperatura de referencia.

Operación de envío

En esta operación los equipos quedan disponibles para enviar el jarabe al sistema de preparación de semielaborado cuando se tenga la correspondiente solicitud. Si la solicitud de envío existe previamente a la activación de la fase de envío, el sistema completará sus ciclos hasta que esté listo para proceder con el envío. Si el sistema termina antes de que aparezca tal solicitud, el sistema quedará en fase de recirculación/agitación, a una temperatura prefijada por el usuario.

Durante la fase de envío, y dependiendo de la unidad en uso, se activan las válvulas 103—AV10, 103—AV14, 103—AV15, el filtro 103-FS1 y la bomba 103-PMP2 para el envío desde el tanque 103—TK1 y las válvulas 103—AV12, 103—AV14, 103—AV15, el elemento filtrante 103-FS1 y la bomba 103-PMP2 para el envío desde el tanque 103—TK2. La recirculación y la agitación continúan en marcha hasta la finalización del envío del empuje.

Si el filtro 103-FS1 se satura, entonces se activará la vía por el filtro 103-FS2 activando las válvulas 103-AV16 y 103-AV17.

Se procede con la operación de empuje cuando se alcanza un nivel mínimo en el tanque, tal nivel puede ser cero.

Operación de empuje

Al inicio de esta operación se ingresa una cantidad prefijada de agua con la que se forma en el circuito de recirculación una mezcla de agua-jarabe, esta cantidad inicial se denominará volumen uno o inicial. Cuando se haya completado el volumen uno o inicial, se cerrará el circuito de recirculación y se agregará un volumen dos o de compensación de agua con el que se pretende asegurar el envío del producto al sistema de semielaborado. El volumen dos depende de la cantidad de agua que contendrá la tubería al final del envío.

Se procede con la operación de drenaje cuando se haya completado la operación de envío, esto es, agregado el volumen dos y el tanque se encuentre vacío.

Operación de drenaje

En esta operación al sistema ingresa una cantidad mínima de agua que circula por la unidad seleccionada durante un tiempo prefijado por el usuario y que, finalmente, será drenada por las válvulas 103-AV19 y 103-AV20, hasta que el equipo quede totalmente vacío.

HOMOGENIZACIÓN

DESCRIPCIÓN

Esta descripción funcional detalla las operaciones que se siguen en la etapa de homogenización y la posterior transferencia al sistema de preparación de semielaborado.

Con el cargue de la receta, el programa se posiciona en la operación de reposo. Ante un fallo en el fluido de energía eléctrica que interrumpiese el programa en alguna de sus operaciones o secuencias, la memoria de programa de gestión de recetas deberá continuar con el desarrollo del programa justo en el punto donde estaba antes de efectuarse el fallo.

El desarrollo de las rutinas de las unidades de este proceso puede ejecutarse de modo paralelo a las rutinas de otras unidades. Si es del caso debe estar disponible para continuar a petición de otras áreas si así es requerido.

Un protocolo de comunicaciones entre los diferentes procesos permitirá un flujo controlado entre las diferentes operaciones y procesos, otorgando atributos de seguridad en todo momento.

Las operaciones que se describen en esta etapa del proceso se elaboran con base en la *Tabla 22. Operaciones del proceso de semielaborado*.

OPERACIONES MANUALES

Este sistema no contiene operaciones manuales.

FUNCIONAMIENTO

La siguiente descripción funcional está hecha con base en la *Figura 4. Diagrama de flujo homogenización* y la figura '104 P&ID – Homogenización', del anexo B.

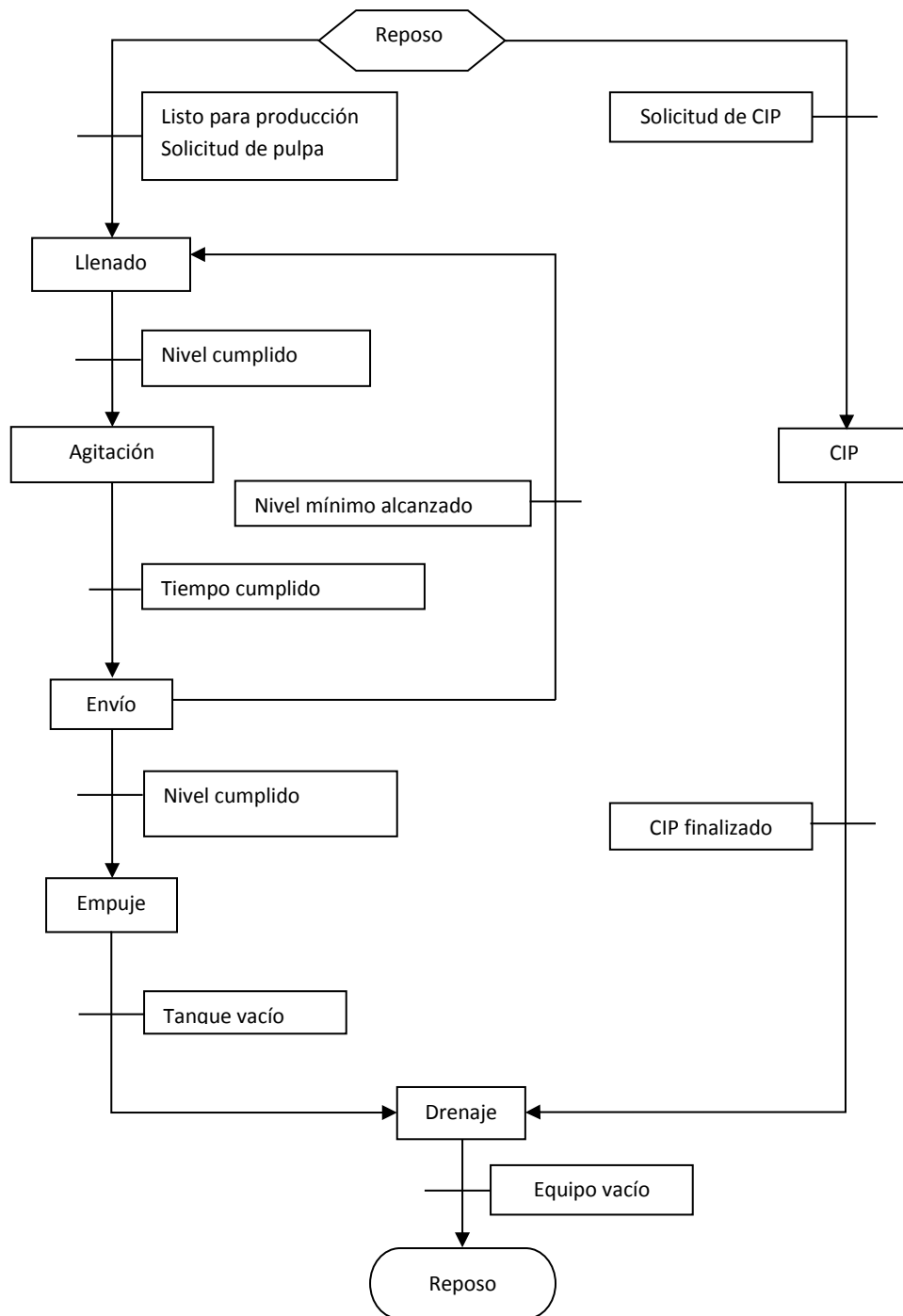


Figura 4. Diagrama de flujo homogenización

Operación de reposo

En esta operación se hace una verificación del estado de inactividad de las unidades que componen el proceso de Homogenización, en especial la unidad seleccionada. Se hace una validación del tiempo que ha transcurrido desde la última realización del proceso de limpieza, si ha excedido las horas de inactividad configuradas en el sistema de gestión la única operación que podrá ejecutarse es la de CIP. El programa de CIP que se ejecute dependerá de los criterios de calidad.

El proceso pasará a la operación de CIP si hay una solicitud por parte del sistema de control.

El proceso pasará a la operación de llenado cuando:

1. Las unidades se encuentren disponibles para homogenización.
2. Se tenga la solicitud de envío de pulpa.

Operación de llenado

En esta operación se preparan los equipos para iniciar el proceso de homogenización de la pulpa. Una cantidad prefijada de agua ingresa a la unidad seleccionada, a través de las válvulas 104-AV7 o 104—AV10, dependiendo de la unidad seleccionada, y usando la medida del medidor 104-F1. El medidor de nivel analógico 104-L1 o 104-L2 permite asegurar que ingrese una cantidad prefijada de agua.

La cantidad de agua que ingresa al sistema es constante. Alcanzado el nivel mínimo se enciende el agitador mecánico. No siempre es necesario que ingrese una cantidad inicial de agua, depende de la pulpa que se esté tratando.

Se procede con la operación de envío cuando se ha alcanzado el nivel de referencia para envío.

Operación de envío

En esta operación los equipos quedan disponibles para enviar la pulpa homogenizada al sistema de preparación de semielaborado cuando se tenga la correspondiente solicitud. Si la solicitud de envío existe previamente a la activación de la operación de envío, el sistema completará sus ciclos hasta que esté listo para proceder con el envío. Si el sistema termina antes de que aparezca tal solicitud, éste quedará en operación de agitación.

Durante la operación de envío y dependiendo del estado de la unidad en uso, se activan las válvulas 104—AV11, 104—AV18, la bomba 104-PMP2, el homogenizador 104-MC1, pasando por el filtro 104-ST1 para el envío desde el tanque uno o se activan las válvulas 104—AV12, 104—AV19,

la bomba 104-PMP2, el homogenizador 104-MC1, pasando por el filtro 104-ST1 para el envío desde el tanque dos.

El sistema pasa a operación de llenado si el nivel mínimo es alcanzado y no se tiene notificación de que el sistema de adición de pulpa ha terminado sus ciclos. Las operaciones posteriores de llenado no se realizan con agua, el envío es pausado hasta que el sistema recupere nivel con producto proveniente del sistema de disolución de pulpas.

Se procede con la operación de empuje cuando se alcanza un nivel mínimo en el tanque, tal que su nivel sea cero y se tenga notificación de finalización de envío desde la unidad de adición de pulpas.

Operación de empuje

En esta operación se ingresa una cantidad prefijada de agua con la que se pretende asegurar el envío del producto al sistema de semielaborado. Este volumen de agua depende de la cantidad de agua que contendrá la tubería al final del envío.

Se procede con la operación de drenaje cuando se haya completado la operación de envío.

Operación de drenaje

En esta operación el sistema ingresa una cantidad mínima de agua que posteriormente será drenada por las válvulas 104-AV11, 104-AV18, 104-AV14 y 104-AV16 para el tanque 104-TK1 y 104-AV12, 104-AV19, 104-AV15 y 104-AV17 para el tanque 104-TK2, hasta que el equipo quede totalmente vacío.

PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO

DESCRIPCIÓN

Esta descripción funcional detalla las operaciones del proceso de semielaborado. El proceso siguiente es la etapa de pasteurización y excede el alcance de este proyecto, aunque se explican las condiciones de envío, éstas se establecen como la frontera del proyecto.

Con el cargue de la receta, el programa se posiciona en la operación de reposo. Ante un fallo en el fluido de energía eléctrica que interrumpiese el programa en alguna de sus operaciones o secuencias la memoria de programa de gestión de recetas deberá continuar con el desarrollo del programa justo en el punto donde estaba antes de efectuarse el fallo.

El desarrollo de las rutinas de las unidades de este proceso puede llevarse a cabo de modo paralelo a las rutinas de otras unidades. Si es del caso debe estar disponible para continuar a petición de otras áreas.

Un protocolo de comunicaciones entre los diferentes procesos permitirá un flujo controlado entre las diferentes operaciones y procesos, otorgando atributos de seguridad en todo momento.

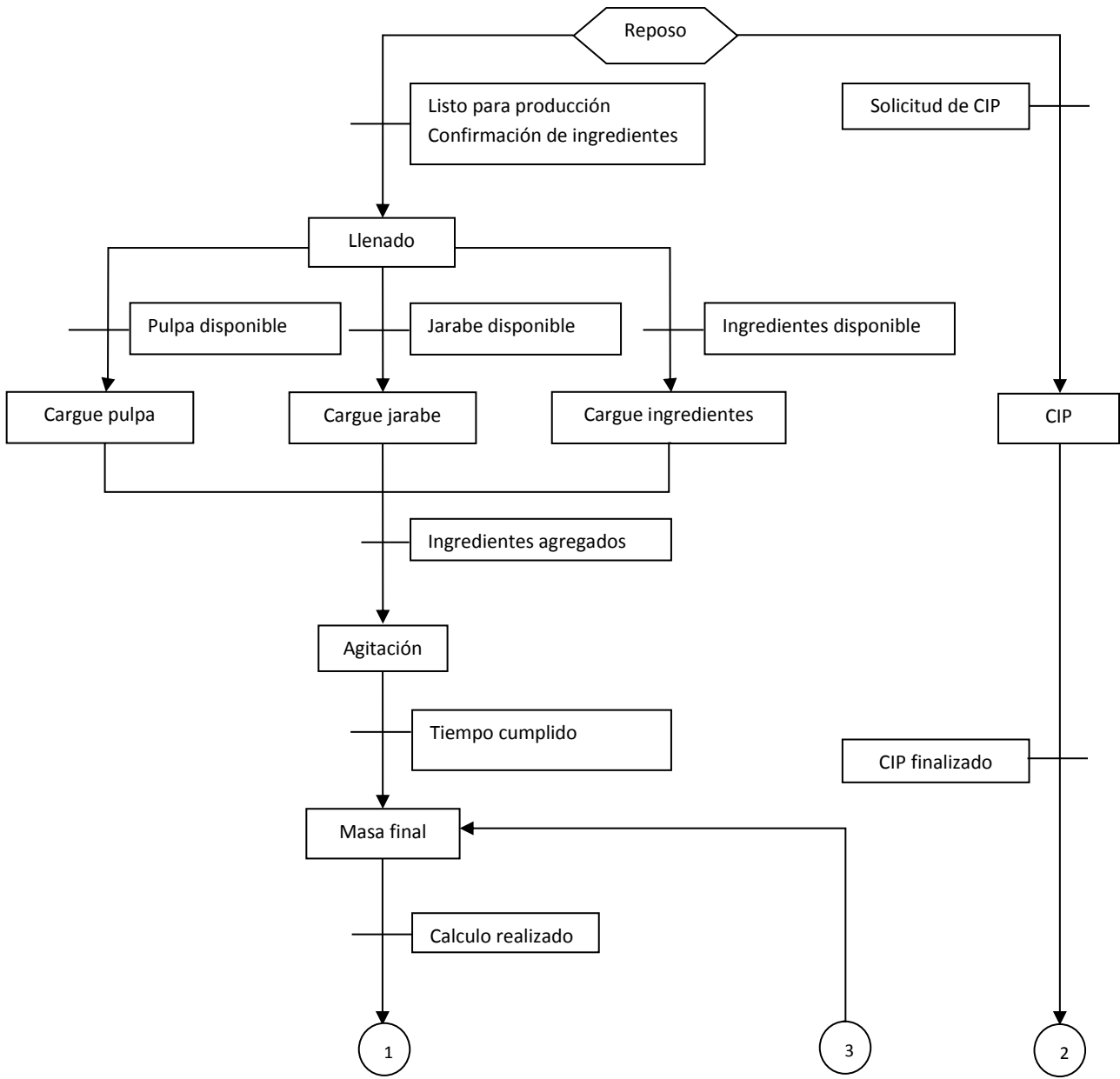
Las operaciones que se describen en esta etapa del proceso se elaboran con base en la *Tabla 22. Operaciones del proceso de semielaborado.*

OPERACIONES MANUALES

Las operaciones manuales en esta etapa del proceso están constituidas por la adición de ingredientes al sistema, el cual cuenta con una descripción funcional anexa de este apartado.

FUNCIONAMIENTO

La siguiente descripción funcional está hecha con base en la *Figura 5. Diagrama de flujo Preparación de semielaborado*, la *Figura 6. Diagrama de flujo Ingredientes* y el diagrama '105 P&ID – Preparación de semielaborado' del anexo B.



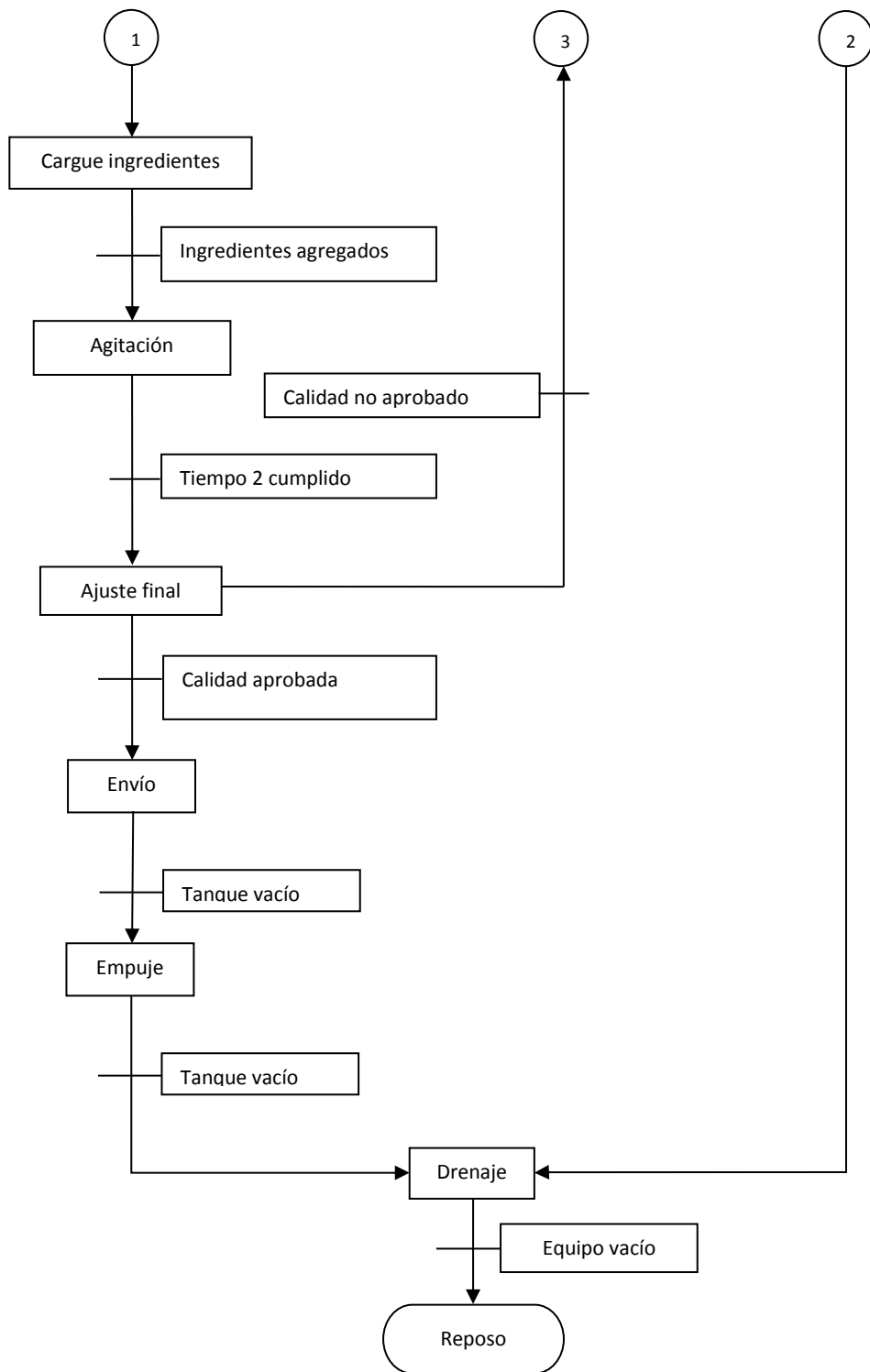


Figura 5. Diagrama de flujo Preparación de semielaborado

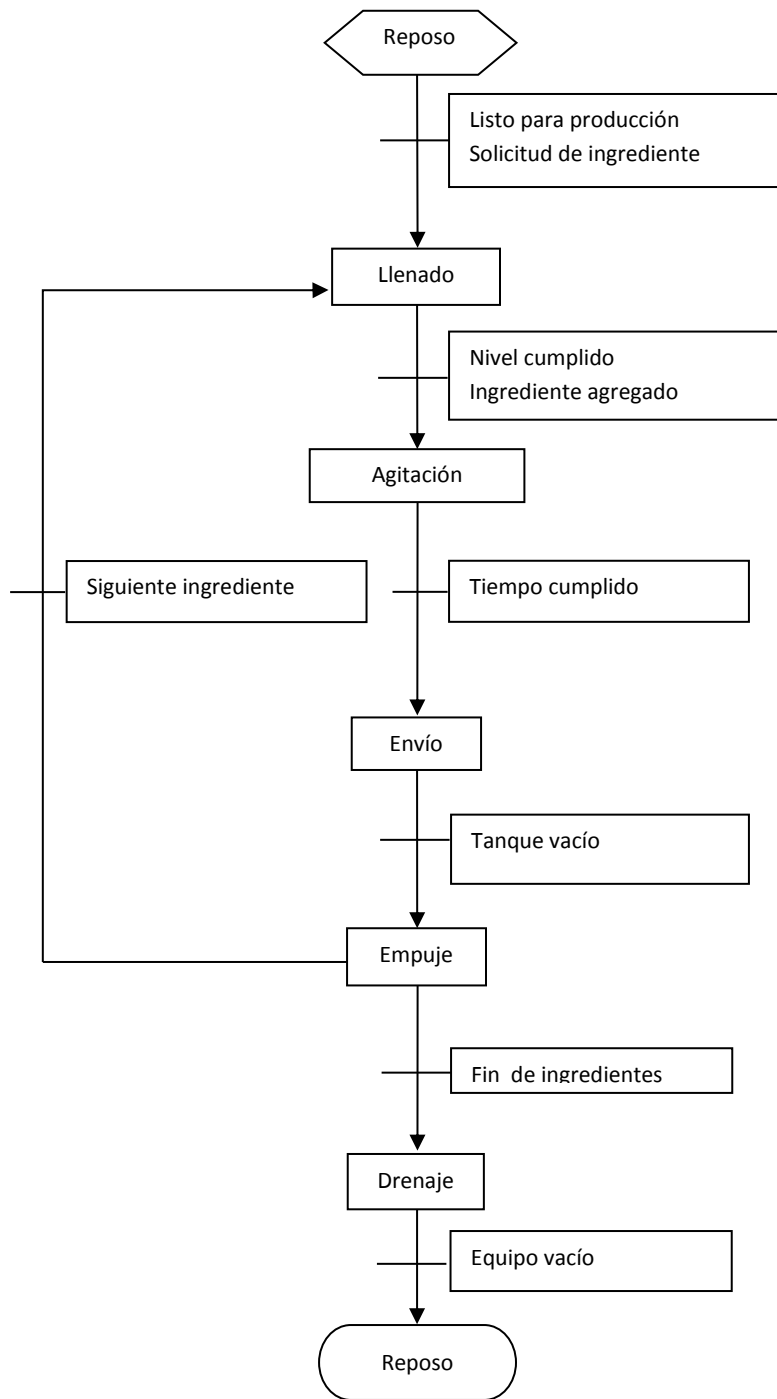


Figura 6. Diagrama de flujo Ingredientes

Operación de reposo

En esta operación se hace una verificación del estado de inactividad de las unidades que componen el proceso de preparación de semielaborado, en especial la unidad seleccionada. Se hace una validación del tiempo que ha transcurrido desde la última realización del proceso de limpieza, si ha excedido las horas de inactividad configuradas en el sistema de gestión, la única operación que podrá ejecutarse es la de CIP. El programa de CIP que se ejecute dependerá de los criterios de calidad.

El proceso pasará a la operación de CIP si así lo solicita el sistema de control.

El proceso pasará a la operación de llenado cuando:

1. Las unidades se encuentren disponibles para preparación.
2. Se tenga confirmación de envío de jarabe.
3. Se tenga confirmación de envío de pulpa.
4. Se tenga confirmación de envío de ingredientes.

Operación de llenado

En esta operación se preparan los equipos para iniciar el proceso de preparación de semielaborado a base de pulpa. Una cantidad prefijada de agua se ingresa a la unidad seleccionada, a través de las válvulas 105-AV12 y 105-AV13 para ingresar al tanque 105-TK1 o 105-AV14 y 105-AV15 para ingresar al tanque 105-TK2, dependiendo de la unidad seleccionada, y usando lo medido por el sensor 105-F1. El medidor de nivel analógico 105-L1 o 105-L2, permite asegurar que ingrese una cantidad prefijada de agua a los tanques 105-TK1 y 105-TK2 respectivamente.

La cantidad inicial de agua que ingresa al sistema es constante. Alcanzado el nivel mínimo se enciende el agitador mecánico.

Se procede con la operación de cargue de pulpa cuando se ha alcanzado el nivel de referencia y cuando exista la solicitud de envío de pulpa.

Se procede con la operación de cargue de jarabe cuando se ha alcanzado el nivel de referencia y cuando exista la solicitud de envío de jarabe.

Se procede con la operación de cargue de ingredientes cuando se ha alcanzado el nivel de referencia y cuando exista la solicitud de envío de ingredientes.

Es desarrollo de las operaciones cargue de pulpa, cargue de ingredientes y cargue de jarabe pueden ejecutarse en paralelo.

Operación cargue de pulpa

Dependiendo de la pulpa que se va a transferir al sistema de preparación, la solicitud de envío se realiza al sistema de adición de pulpas o al sistema de homogenización de pulpas. El primer caso sucede cuando la pulpa que se va a transferir es pulpa aséptica, que no requiere ser homogenizada, el segundo caso sucede cuando se va a transferir pulpa congelada que requiere ser homogenizada. Si el lote a preparar requiere de los tipos de pulpa, toda la pulpa ingresa a través del sistema de homogenización.

La transferencia de pulpa al sistema de semielaborado es posible siempre que en el sistema se tenga una señal de confirmación de solicitud de envío de pulpa. La pulpa que proviene del sistema de homogenización ingresa al tanque 105-TK1 por medio de las válvulas 105-AV37, 105-AV3 y 105-AV4 e ingresa al tanque 105-TK2 por medio de las válvulas 105-AV37, 105-AV5 y 105-AV6. El producto es medido a través de 105-F2. La pulpa que proviene del sistema de adición de pulpa ingresa al tanque 105-TK1 por medio de las válvulas 105-AV38, 105-AV3 y 105-AV4 e ingresa al tanque 105-TK2 por medio de las válvulas 105-AV38, 105-AV5 y 105-AV6. El producto es medido a través de 105-F2.

Se permite el paso a la operación de agitación, cuando se recibe la confirmación que la pulpa ha sido transferida.

Operación cargue de ingredientes

Esta operación es, en esencia, una secuencia de operaciones que aseguran la adición de ingredientes que están programados en la receta que se encuentre en marcha. La operación de reposo se resume como la operación de inactividad de las rutinas de semielaborado.

Se consideran como ingredientes los sólidos disueltos, los cuales ingresan a la unidad de preparación de semielaborado por medio de las válvulas 105 – AV39, 105 – AV16 y 105 – AV17, tanque 105—TK1 y por medio de las válvulas 105 – AV39, 105 – AV18 y 105 – AV19 al tanque 105—TK2. La adición de todos los ingredientes son medidos por medio del sensor 105 – F4. Los otros ingredientes son llevados a la unidad de preparación de semielaborado a través de las válvulas 105 – AV40, 105 – AV16 y 105 – AV17 al tanque 105—TK1 y por las válvulas 105 – AV40, 105 – AV18 y 105 – AV19 al tanque 105—TK2.

La operación de llenado se pone en marcha cuando se tiene la señal de confirmación para la adición de ingrediente, esto significa que, cuando se tiene confirmación de producción desde los tanques 105—TK1 o 105—TK2, se procede con la operación de llenado del tanque de ingredientes.

Operación de llenado

En esta operación el tanque de ingredientes es llenado con agua con una cantidad prefijada por el usuario, la cual es cuantificada por el medidor 105-F1. Cuando se alcanza el nivel mínimo del tanque se enciende el agitador, si el ingrediente a agregar lo tiene así programado.

El ingrediente es agregado manualmente y una vez se confirme por el usuario que el ingrediente se agregó, se procede con la operación de agitación.

Operación de agitación

Básicamente en esta operación se desarrolla un conteo de tiempo de agitación del ingrediente antes de ser enviado al tanque de preparación de semielaborado. Si el ingrediente no tiene configurado tiempo de agitación, el agitador no se enciende en la operación de llenado y este es enviado al tanque de preparación de semielaborado una vez el usuario confirme que lo ha agregado.

Una vez se haya cumplido el tiempo de agitación se procede con la operación de envío.

Operación de envío

El ingrediente diluido es enviado al tanque de semielaborado. La operación termina cuando el tanque alcanza su nivel mínimo.

Se procede con la operación de empuje cuando el nivel en el tanque de preparación es cero.

Operación de empuje

La operación de empuje consiste en un llenado del tanque 105-TK3, con un volumen prefijado por el operario y que es medido por 105-F1. Una vez completado el nivel, el contenido de agua es enviado al tanque de preparación de semielaborado.

El volumen del tanque de preparación permite asegurar que su contenido, en la operación de empuje, logra depositar el ingrediente en el tanque de preparación.

Si aún está pendiente por adicionar ingredientes se procede de nuevo con la operación de llenado.

Si todos los ingredientes ya han sido llevados a la preparación se procede con la operación de drenaje.

Operación de drenaje

En esta operación se hace un llenado con un valor prefijado por el operario, llenado que posteriormente es drenado por la válvula 105-AV17 o 105-AV19.

Se procede con la operación de reposo cuando el tanque se encuentra totalmente vacío.

Operación de reposo

En esencia esta operación corresponde a la operación de reposo de todo el conjunto de Semielaborado – 105.

La transferencia de ingredientes se realiza al tanque 105-TK1 por medio de las válvulas 105-AV16 y 105-AV17 e ingresa al tanque 105-TK2 por medio de las válvulas 105-AV18 y 105-AV19.

Esta operación permite el paso a la operación de agitación, cuando se recibe la confirmación de que los ingredientes han sido transferidos.

Operación cargue de jarabe

Dado que la preparación de jarabe simple se realiza por lote, esto es, se prepara lo requerido para el lote de semielaborado, la transferencia del jarabe se realiza de manera total. El sistema de preparación de jarabe, objeto de esta automatización no permite realizar cantidades parciales ni producción continua, carece de sistemas de almacenamiento y sistemas de rechazo de jarabe fuera de especificación.

La transferencia de jarabe al sistema de semielaborado es posible siempre que en el sistema se tenga una señal de solicitud de envío de jarabe. El jarabe simple ingresa al tanque 105-TK1 por medio de las válvulas 105-AV7 y 105-AV8 e ingresa al tanque 105-TK2 por medio de las válvulas 105-AV9 y 105-AV10. El producto es medido a través de 105-F3

Esta operación permite el paso a la operación de agitación, cuando se recibe la confirmación que el jarabe ha sido transferido.

Operación de agitación

En todo momento y siempre que el tanque donde se esté preparando el semielaborado tenga el nivel requerido, el sistema de agitación se encontrará encendido. Una vez se tengan las confirmaciones de que ha sido enviada la pulpa, el jarabe y los ingredientes, iniciará un temporizador que registrará el tiempo mínimo que debe agitarse el semielaborado antes de

realizar el primer chequeo de calidad. El tiempo y la velocidad de agitación son configurados por el operario.

Esta operación permite el paso a la operación de adición de ingredientes, cuando el cálculo haya finalizado

Operación masa final

En esta operación la agitación continúa, se toma una muestra del contenido en la preparación para determinar el ajuste final, las entradas y las salidas están inactivas. En la ejecución de la operación “masa final” se realiza el cálculo para determinar tanto los ingredientes finales como sus cantidades.

El cálculo se realiza en la receta y dependiendo de las características de la pulpa, pueden darse dos situaciones, que la masa final se ajuste con agua o que la fórmula quede descompensada y se requieran ingredientes adicionales.

En cualquier caso, las adiciones posteriores se manejarán como adición de ingredientes.

Esta operación permite el paso a la operación de ajuste final, cuando el tiempo de agitación ha finalizado.

Operación ajuste final

La operación de ajuste final es una operación de validación del final de la receta, realizada a partir de los análisis físico-químicos de calidad del producto semielaborado.

Si la formulación se ha descompensado es necesario realizar un nuevo cálculo de masa final para el ajuste a un nuevo volumen.

Esta operación permite el paso a la operación de masa final, cuando los parámetros físico-químicos de calidad no son cumplidos satisfactoriamente.

Esta operación permite el paso a la operación de envío, cuando el producto semielaborado es aprobado por calidad.

Operación de envío

En esta operación los equipos quedan disponibles para enviar el producto semielaborado a los sistemas subsecuentes, pasteurización y llenado, cuando se tenga la correspondiente solicitud de envío. Si la solicitud de envío existe previamente a la activación de la operación de envío, el

sistema completará sus ciclos hasta que esté listo para proceder con el envío. Si el sistema termina antes de que aparezca tal solicitud, el sistema quedará en operación de agitación, a una temperatura prefijada por el usuario por un tiempo no definido. En la práctica esto equivale a un tiempo máximo permitido para el almacenamiento de producto semielaborado preparado de 12 horas.

Durante la operación de envío y, dependiendo de la unidad en uso, se pueden activar las válvulas 105—AV24, 105—AV30, 105—AV31 y la bomba 105-PMP2, si el envío se realiza desde el tanque 105-TK1 o las válvulas 105—AV25, 105—AV34, 105—AV35 y la bomba 105-PMP2, si el envío se realiza desde el tanque 105-TK2.

La agitación del tanque continúa hasta que el nivel se encuentre por debajo del nivel mínimo de agitación.

Se procede con la operación de empuje cuando se alcanza un nivel mínimo en el tanque, tal que su nivel sea cero y se tenga confirmación de la notificación de finalización de envío.

Operación de empuje

En esta operación se ingresa una cantidad prefijada de agua con la que se pretende asegurar el envío del producto al sistema siguiente. Este volumen de agua depende de la cantidad de agua que contendrá la tubería al final del envío.

Se procede con la operación de drenaje cuando se haya completado la operación de envío.

Operación de drenaje

En esta operación el sistema ingresa una cantidad mínima de agua que posteriormente será drenada por las válvulas 105-AV31 y 105-AV36 para el tanque 105-TK1 y 105-AV35 y 105-AV36 para el tanque 105-TK2, hasta que el equipo quede totalmente vacío.

CAPÍTULO 6

Receta maestra

RECETA MAESTRA

Con el fin de contextualizar el desarrollo de este proyecto en el marco de la norma ISA-S88 [1], se procede a realizar una descripción de cada una de sus etapas. Se hará referencia a una preparación genérica (sin cantidades y con nombres igualmente genéricos), que servirá de modelo para la realización de las descripciones de cada proceso, la descripción de áreas y para la creación de recetas específicas.

Para un producto genérico se tendrán los ingredientes tal como se relacionan en la *Tabla 11. Ingredientes requeridos para una preparación de semielaborado*, especificados en la misma unidad y sin valor específico.

Tabla 11. Ingredientes requeridos para una preparación de semielaborado

TABLA DE INGREDIENTES	
Ingrediente	Unidad
Pulpa de fruta 1	kg
Pulpa de fruta 2	kg
Agua	kg
Jarabe	kg
Ingrediente 1	kg
Ingrediente 2	kg
Ingrediente 3	kg
Ingrediente 4	kg
Ingrediente 5	kg

Algunos ingredientes, por su naturaleza, se especifican en otras unidades, sin embargo es necesario realizar la conversión de unidades para mantener la uniformidad de la receta, en relación con los instrumentos de medida que se disponen en el proceso, kilogramos para este caso. Las cantidades referentes al tamaño del lote, dependen del producto semielaborado que se vaya a preparar.

El proceso presentado en este proyecto es del tipo por lotes (*batch*) [1], no obstante el desarrollo de sus etapas toman un tiempo limitado y en algunas de ellas se requiere la implementación de controles que presentan un comportamiento semejante al de un proceso continuo.

El proceso de preparación se ha denominado preparación de semielaborado, y está compuesto por las etapas de adición de pulpa, homogenización y la preparación de semielaborado. Aunque las etapas de preparación de jarabe y disolución de sólidos hacen parte de la preparación de semielaborado desde el punto de vista de la norma ISA-S88, se han dejado intencionalmente por fuera del proceso de preparación con el fin de tener un proceso segmentado, permitir un crecimiento desde el punto de vista de proceso y de la plataforma de control.

En cada una de estas etapas se tienen operaciones de procesos manuales, automáticas semiautomáticas o una mezcla de estas. Las operaciones manuales se limitan a aquellas en las que se requiere adicionar algún tipo de ingrediente, como por ejemplo la pulpa, los sólidos a diluir y, en términos generales, los ingredientes. Al final de cada etapa se tienen dos operaciones importantes a realizar, el empuje y el drenaje. Con la primera de ellas se asegura que cantidad procesada en determinada etapa es debidamente enviada a la etapa siguiente. Con el drenaje se asegura que las unidades de procesamiento queden completamente vacías y sin residuos de producto después de la ejecución de cada proceso. En los procesos de tratamiento de sólidos, algunos solubles y otros no, es importante tener en cuenta las operaciones de recirculación o agitación, con el fin de mantener homogeneidad en el producto y evitar precipitaciones de los sólidos en suspensión.

Las fases que se siguen en el desarrollo de las diferentes operaciones se analizarán en detalle cuando se traten cada una de las etapas del proceso de preparación del semielaborado.

En cuanto al modelo físico no se hará ninguna referencia a los niveles superiores, excepto al área, la cual se denominará como área de preparación. Cada una de las cinco etapas de preparación, es decir las celdas de proceso, contiene al menos una unidad de preparación, como es el caso del tanque de disolución de sólidos. Otras celdas de proceso contienen dos unidades de preparación con las que se pretende una dinámica flexible en los procesos de preparación y limpieza. Para el caso de la celda de preparación de semielaborado, una unidad de preparación se compone de un tanque de preparación y de un tanque de ingredientes. El tanque de ingredientes es común a los dos tanques que se muestran en el correspondiente diagrama de instrumentos y tubería.

La descripción de las celdas de proceso que se utilizan en este proyecto, con las funciones tal como se describe para cada una de ellas, son las siguientes:

Preparación de jarabe: se compone de dos unidades de proceso, de operación independiente. Tienen una entrada común de agua, una única alimentación de azúcar (lo que implica que solo se puede preparar jarabe en una unidad al tiempo), una salida de jarabe y una única línea de retorno de las soluciones de limpieza, lo que no impide que se realicen rutinas de limpieza a las dos unidades de preparación de jarabe al tiempo, siempre que se realicen las mismas fases al tiempo. La preparación del jarabe se realiza por lote, con un tamaño máximo limitado por la capacidad operativa de cada tanque.

La celda de preparación de jarabe simple se compone de dos tanques, una unidad de adición y mezcla de azúcar, una unidad de filtración y un circuito común de recirculación de jarabe.

Adición de pulpa: se compone de una unidad para la adición de pulpa, que puede estar en estado congelado o en una presentación pastosa, no diluida o concentrada, denominada pulpa 'aséptica'. La pulpa se ingresa a la unidad de manera manual, el agua requerida para el proceso de descongelamiento y la operación del sistema de calentamiento, para el tratamiento de la pulpa congelada, operan de manera automática. Cuando se trabaje con pulpa congelada, el sistema inicia con una recirculación de la pulpa pasando por el sistema de calentamiento hasta que alcanza

una temperatura dada por las condiciones del proceso de descongelamiento, seguidamente la pulpa se envía al proceso de homogenización a la vez que parte de la pulpa descongelada se utiliza para el calentamiento de la pulpa nueva que ingresa al sistema. Cuando se trabaja con pulpa aséptica, ésta pasa directamente al proceso de preparación de semielaborado, sin necesidad de realizar la fase de calentamiento ni la etapa de homogenización.

El sistema de disolución de pulpa se compone de un tanque recibidor que contiene un destructor de hielo, una bomba para el empuje de la pulpa, un sistema de calentamiento tubular, grado alimenticio, y un sistema de recirculación. Se cuenta con dos salidas de producto dependiendo si se está tratando pulpa aséptica o congelada y se cuenta con una línea de retorno de limpieza.

Homogenización: en este sistema se homogeniza la pulpa que viene congelada. La pulpa aséptica viene con un tratamiento de homogenización previo, por lo que no es tratada en esta etapa.

La etapa de homogenización se compone de dos unidades para el almacenamiento temporal de la pulpa. La pulpa es recibida y, dependiendo de la cantidad, se recibe primero en uno y luego en el otro tanque, de forma tal que toda la pulpa congelada procesada en el sistema de adición de pulpa sea transferida de manera continua. A la salida se tiene un molino coloidal que descompone las fibras de pulpa en un tamaño definido por las características de diseño del producto y posteriormente es transferida al proceso de preparación de semielaborado. El sistema de homogenización se compone de una entrada de pulpa, una de agua, una de salida de pulpa y una de retorno de limpieza.

Disolución de sólidos: los sólidos en referencia corresponden a un ingrediente más que por los volúmenes y las condiciones de disolución requieren un tratamiento especial, por lo general a alta temperatura para facilitar el proceso de disolución.

La disolución de sólidos está compuesta por un tanque especial que permite calentar su contenido, el cual circula sobre sí mismo, un tanque de sólidos vertical, un venturi, un mezclador y una bomba de desplazamiento positivo. Tiene una entrada de agua, una salida de producto, una entrada y una salida para la limpieza. Los sólidos son agregados manualmente al tanque de sólidos vertical.

Preparación del semielaborado: la etapa de preparación de semielaborado corresponde al eje central de este proyecto.

La preparación de semielaborado consta de dos tanques de preparación y de un tanque de ingredientes. Tiene una entrada correspondiente a cada componente de la receta, esto es, una entrada para la pulpa, una para el jarabe, una para los ingredientes, en el que se incluyen los sólidos disueltos y una para el agua.

Debe respetarse un orden de adición para todos los componentes de la preparación, sin embargo es posible que algunos de ellos puedan agregarse paralelamente. El tamaño máximo del lote está determinado por la cantidad de pulpa que se requiere en una preparación, de forma similar se

dimensiona la unidad de preparación o tanques de esta etapa, es decir, con la cantidad máxima de pulpa a utilizar.

Aunque se tienen dos tanques de preparación solo es posible llevar a cabo una preparación al tiempo, sin embargo, es posible realizar cualquiera de las siguientes actividades en paralelo:

- Enviar desde un tanque, mientras que se prepara en el otro.
- Enviar desde un tanque y realizar limpieza en el otro.
- Realizar limpieza en ambos tanques al tiempo.

Las unidades de preparación de semielaborado tienen una salida de producto y una salida de soluciones de limpieza.

En relación con la clasificación de las celdas de proceso se tiene lo siguiente:

Clasificación por el número de productos. El alcance del proyecto limita el número de productos a uno, jugos a base de pulpa de fruta. Aunque referido a esta categoría podrían procesarse otros productos como los néctares. Con algunas modificaciones al proceso podría también realizarse preparaciones de productos como el té. No se hará referencia al procesamiento de estos productos por lo que la clasificación por esta característica la ubica en un proceso mono producto.

Clasificación por la estructura física. La estructura que se define por esta clasificación es multi-camino, tal como se puede apreciar en la *Figura 7. Clasificación según la estructura física. Multi-camino.*

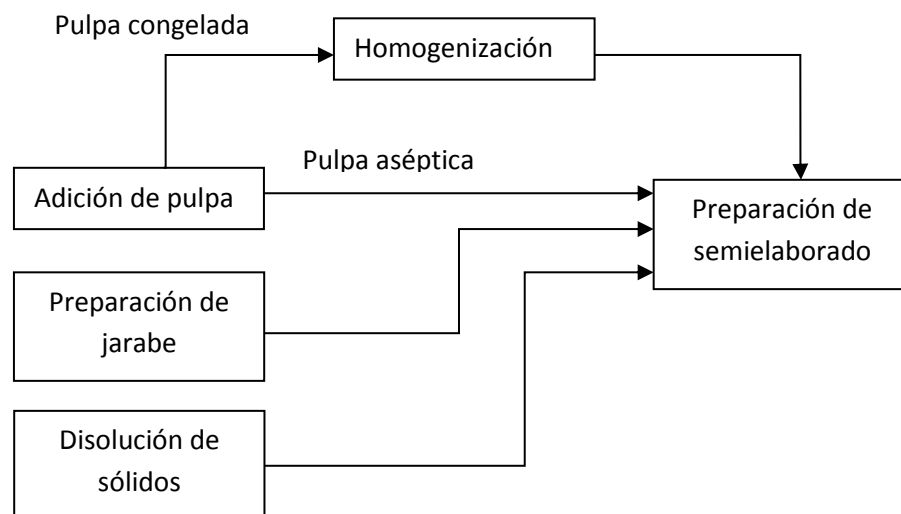


Figura 7. Clasificación según la estructura física. Multi-camino

De la *Figura 7. Clasificación según la estructura física. Multi-camino*, puede observarse que el multi-camino está condicionado al tipo de pulpa que se utiliza en una preparación así como la desagregación que se ha realizado con la preparación de los ingredientes. Sin embargo, debe observarse en los diagramas del anexo B que en cada celda de preparación se tienen hasta dos unidades de preparación, por lo que el multi-camino tiende a ser más visible en la medida que se detalla en la estructura física del área de preparación.

En relación con el concepto de preparación por lotes es importante anotar que aunque los procesos puedan iniciar de modo automático, según se programen en la receta maestra, estos están condicionados a que le sean agregados los ingredientes de modo manual, por ejemplo: la pulpa en la celda de adición de pulpas, los sólidos en la celda de disolución de sólidos, el azúcar en la celda de preparación de jarabe y los ingredientes en la celda de preparación de semielaborado. Las cantidades a agregar en cada etapa del proceso, dependen de la cantidad del lote que se desea preparar.

En relación con las recetas la norma ISA-S88 [1] especifica 4 niveles, el alcance de este proyecto involucra la descripción de una receta maestra y deja por fuera las recetas general y de sitio. En la receta maestra se incluye la receta de control y algunos de sus parámetros son definidos por el tamaño del lote a preparar. Para el desarrollo de este proyecto la receta maestra fue creada de manera independiente, sin necesidad de ser especificada mediante una receta de sitio, y es presentada de manera general en el anexo E 'Receta maestra'.

La receta general es aquella que se ejecuta a nivel corporativo dentro de una empresa y es transversal a muchas de sus áreas, entre ellas las de los procesos productivos. La receta de sitio es una receta que está especificada para ejecutarse en un área física en particular, de esta se genera la receta maestra que es la que se encarga de gestionar las operaciones que se lleva a cabo en las celdas de proceso.

La receta maestra se elaboró tomando como referencia los ingredientes que se especificaron en la *Tabla 11. Ingredientes requeridos para una preparación de semielaborado*. La relación que se tiene entre la receta maestra y los diferentes procesos y equipamientos se detalla a medida que se va profundizando en cada una de las etapas del proceso y para la creación de la receta maestra se crearon los campos que describen las características de la preparación y se detallan a continuación.

Encabezado. En el encabezado tal como se observa en la *Figura 8. Campos en la receta maestra para el encabezado*, tiene la información general de la receta. Se tiene el tipo de producto, el nombre, su categoría, los responsables por su creación y aprobación, la fecha de la última revisión, su estado operativo y la versión de la receta.

SEMIELABORADO						
INFORMACIÓN GENERAL						
Producto:		Creado por:		Categoría:		Versión
Fecha de la última revisión:		Aprobado por:		Estado:		

Figura 8. Campos en la receta maestra para el encabezado

Cantidad del lote a preparar. En la *Figura 9. Campo en la receta maestra para el tamaño del lote*, se muestra un campo en la receta con el que se realiza el cálculo de la cantidad de ingredientes requeridos para una preparación determinada. Para el cálculo se requiere la información de las cantidades de ingredientes en una unidad de receta base, generalmente para cada 1000 kg.

Tamaño del lote	2
-----------------	---

Figura 9. Campo en la receta maestra para el tamaño del lote

Ingredientes. En la *Figura 10. Campos en la receta maestra para los ingredientes*, se muestran las cantidades de ingredientes por cada 1000 kilogramos de producto semielaborado que se desee preparar. En este esquema para la receta, el agua se ha separado en dos cantidades diferentes con el fin de tener un mejor control sobre la receta, ya que además de las cantidades inicial y final de agua, una parte del componente de agua de la preparación es utilizada para los empujes y disolución de los ingredientes.

Como en esta propuesta la cantidad de preparación está definida en kilogramos, es necesario que todos los ingredientes queden expresados en las mismas unidades para facilitar el proceso de medición y preparación.

Componentes	Cantidad por componente * 1000 kg de formulado	Unidades de medida:	Cantidad por componente	Nota
Jarabe		kg	0,0000	
Pulpa 1		kg	0,0000	
Pulpa 2		kg	0,0000	
Ingrediente 1		kg	0,0000	
Ingrediente 2		kg	0,0000	
Ingrediente 3		kg	0,0000	
Ingrediente 4		kg	0,0000	
Ingrediente 5		kg	0,0000	
Agua inicial		kg	0,0000	
Agua final		kg	0,0000	

Figura 10. Campos en la receta maestra para los ingredientes

Datos del producto. Es importante llevar en la receta un registro de los parámetros del producto terminado, con el fin de que sean validadas las condiciones de diseño del producto terminado. En la *Figura 11. Campo en la receta maestra que informan las características de °Brix del producto terminado*, se muestran los campos correspondientes a los datos del producto terminado.

Datos de producto		
°Brix Real del Jarabe:	°Brix	
Azúcar (kg/l de jarabe)	kg	

Figura 11. Campo en la receta maestra que informan las características de °Brix del producto terminado

Datos de ajuste. El principal ingrediente del producto semielaborado es la pulpa de fruta y puede presentar alguna variación en sus características fisicoquímicas. Al realizar la preparación del producto semielaborado según la receta, es posible que haya que realizar ajustes para obtener finalmente las condiciones específicas del producto final. En la *Figura 12. Campos en la receta maestra para el cálculo de ajustes del producto semielaborado*, se muestran los campos de las mediciones que se deben realizar con el fin de calcular los ajustes que se deben realizar en la receta maestra para obtener el producto terminado según lo especificado.

Datos para realizar los cálculos de ajuste de semielaborado	
°Brix	
AT	

Figura 12. Campos en la receta maestra para el cálculo de ajustes del producto semielaborado

Cálculo de azúcar. El jarabe es uno de los ingredientes a los que debe realizarse un cálculo para que las unidades en la receta sean coherentes con los demás ingredientes. Como el azúcar viene en unidades de kilogramo, es necesario conocer la cantidad demandada a partir de la cantidad de jarabe requerido por la receta. En la *Figura 13. Campos en la receta maestra para el cálculo de azúcar*, se muestran los campos de la receta maestra que son necesario para determinar la cantidad de azúcar requerida para la preparación del jarabe.

Cantidad de azúcar del lote			
Componentes	Cantidad por componente * 1000 kg de JT	Unidades de medida	Cantidad total de azúcar en kg
Azúcar necesario		kg	0,0000

Figura 13. Campos en la receta maestra para el cálculo de azúcar

Orden la preparación. Las operaciones y fases que se realizan para cada una de las etapas que tienen lugar en la ejecución de la receta se describen en la *Figura 14. Campos en la receta maestra que describen el orden de la preparación*, el cual define las fases de cada etapa de la receta, con los comentarios a que haya lugar para cada una de las operaciones. Se describen los parámetros de receta y equipo que tienen lugar durante el desarrollo de la receta.

ORDEN DE PREPARACIÓN								
Información del ingrediente		Fórmula					Parámetros de equipo	
etapas de la receta - fases	Comentario	Variable	Unidad	Modo	Parámetro entrada	Parámetro de salida	Unidad requerida	Comentarios

Figura 14. Campos en la receta maestra que describen el orden de la preparación

Estas descripciones relacionan la norma ISA-S88 con los alcances del proyecto, alguno detalles relacionados con el proceso y el control en cada una etapa o unidad se detalla y especifica en la medida que son tratados en el desarrollo de esta propuesta.

ESTRATEGIAS DE CONTROL

En lo relacionado a la estrategia de control, se hará referencia al modo de operación de los procesos más importantes en cada una de las etapas que constituyen el proceso de preparación de jugo semielaborado.

En algunos procedimientos se requiere la ejecución de rutinas de control específicas, con una operación semejante a un sistema en continuo, estas operaciones por lo regular se llevan a cabo por un breve tiempo, y en otros casos se realiza el monitoreo con el fin de llevar a cabo alguna acción cuando se alcancen los valores de referencia.

Se tratarán las variables más importantes que, desde el punto de vista conceptual, aplican para muchos de los procedimientos que se llevan a cabo en el proceso de preparación de semielaborado.

Conceptualmente se hará la explicación de cuatro controladores requeridos para el proceso. Uno de ellos corresponde a un sistema de control de temperatura a través de un intercambiador de calor, el otro corresponde a un sistema de calentamiento utilizando un tanque encamisado. Un tercero es requerido para un sistema de control de nivel y por último se tiene el control de flujo de salida de producto hacia el sistema de pasteurización.

CONTROL DE TEMPERATURA POR MEDIO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR

Por seguridad alimentaria no es recomendable realizar el calentamiento de producto directo con vapor, salvo que este sea grado alimenticio. El control de temperatura con un sistema que utiliza intercambiador de calor es requerido para las etapas de disolución de pulpa y para la preparación

de jarabe en sistemas totalmente similares, no obstante la propuesta de control se realiza con base en el sistema de adición de pulpa.

En el anexo B '101 P&ID – Adición de pulpas' se observa que el sistema de calentamiento para obtener las condiciones de temperatura en la pulpa de fruta se realiza del siguiente modo: se utiliza vapor grado alimenticio para calentar un circuito cerrado de agua, esta agua caliente es posteriormente utilizada para calentar la pulpa. En la *Figura 15. Sistema de calentamiento utilizando un intercambiador de calor de dos etapas*, puede observarse el esquema de los circuitos de calentamiento.

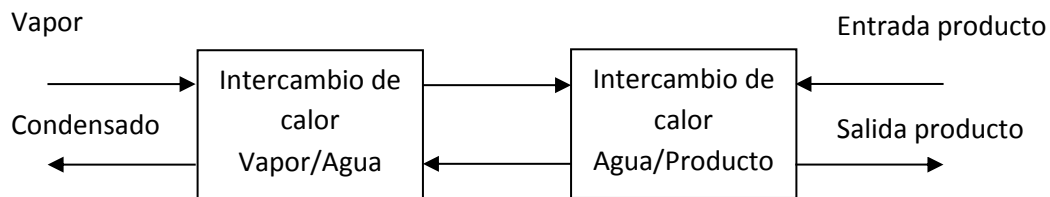


Figura 15. Sistema de calentamiento utilizando un intercambiador de calor de dos etapas

La dificultad para este sistema de control radica en el intercambio de calor intermedio que tiene el sistema y que este sistema, por si mismo, representa pérdidas importantes de energía por la múltiple transferencia ya que se presentan pérdidas por cada una de las transferencias de energía que el sistema tiene.

El modelo matemático debe contemplar las pérdidas generadas por cada intercambio de energía, las cuales dependen, entre otros factores, del tipo de intercambiador de calor, de la temperatura de entrada y salida del producto, de las velocidades de fluido intermedio y del producto.

Los sistemas de intercambio de calor, mostrados en la *Figura 15. Sistema de calentamiento utilizando un intercambiador de calor de dos etapas*, pueden ser de dos tipos. El primer tipo puede ser de una primera etapa de calentamiento directo vapor-agua con una segunda etapa constituida por un intercambiador de calor tubular, y el segundo tipo lo constituye un sistema en el que la segunda etapa es un intercambiador de calor a placas. Una reforma que puede representar mejoras significativas desde el punto de vista energético es la sustitución del intercambio de calor directo por un sistema de placas.

Los sistemas de intercambio de calor como los del primer tipo, los que incluye un sistema de intercambio de calor tubular es como el que se incluye en el sistema de adición de pulpa, los del segundo tipo son como los que se incluyen en el sistema de preparación de jarabe.

El otro sistema donde se lleva a cabo el intercambio de calor es como el que se muestra en el anexo B '102 P&ID – Disolución de sólidos', donde la disolución y el proceso de calentamiento se

realiza en una unidad o tanque de disolución. En la *Figura 16. Sistema de calentamiento utilizando un intercambiador de calor de una etapa*, se muestra el esquema de este proceso.

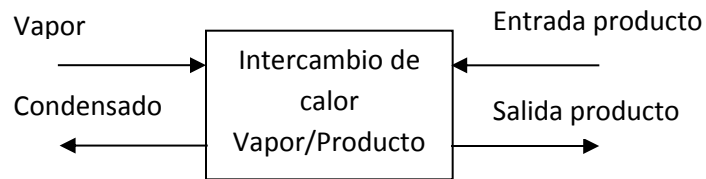


Figura 16. Sistema de calentamiento utilizando un intercambiador de calor de una etapa

En este proceso de calentamiento no se tiene una etapa intermedia de calentamiento lo que beneficia la realización del modelo matemático simplificando el conjunto de ecuaciones requeridas para su descripción.

Para ambos casos de transferencia de calor, el suministro de energía es el mismo, vapor grado alimenticio, y los niveles de calor requerido en el producto (pulpa, jarabe y sólidos disueltos), es muy similar por lo que se puede proponer un circuito de regulación de vapor, tal como el que se muestra en el anexo D 'Planos de montaje – Suministro de vapor'.

MEDICIÓN DE NIVEL

Cuando se inicia el proceso de adición de pulpa, en especial cuando se procesa pulpa congelada, es importante realizar su transferencia de manera continua de forma tal que pueda garantizarse el proceso de descongelamiento. De manera consecuente es necesario realizar la homogenización de la pulpa y su posterior transferencia al sistema de preparación de semielaborado.

Para lograr una transferencia continua se deben asegurar las siguientes condiciones al proceso:

1. Flujo permanente de pulpa desde el sistema de adición de pulpa.
2. Permiso de transferencia de pulpa hacia el sistema de preparación de semielaborado.
3. Disponibilidad de uso de las dos unidades de almacenamiento del sistema de homogenización.
4. Medición continua del nivel en el punto más bajo posible.

No es necesario realizar un control de nivel, por lo tanto en la propuesta de automatización no se contempla su ejecución ya que en una medición continua del nivel pueden establecerse puntos analógicos para la realización de acciones como desviar la transferencia a la segunda unidad, detener la transferencia o la recepción de pulpa, entre otras acciones. Sin embargo es posible la ejecución de un control más fino de forma que permita regular la transferencia de pulpa homogenizada tal como se muestra en la *Figura 17. Sistema de control de nivel*.

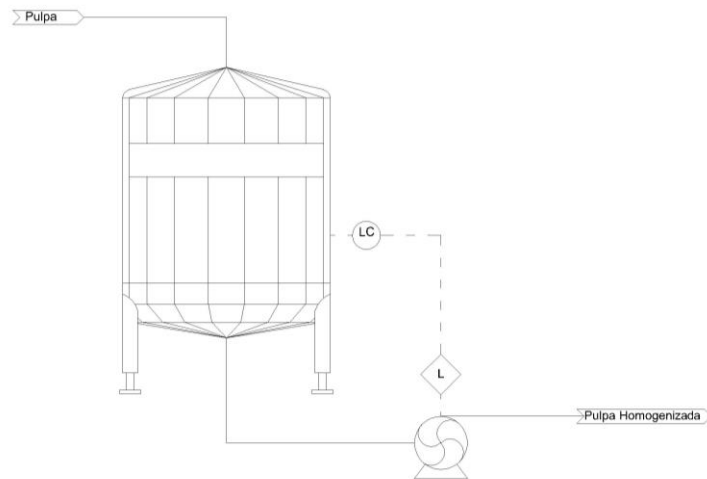


Figura 17. Sistema de control de nivel

CONTROL DE FLUJO

La transferencia del jugo semielaborado debe realizarse acorde al requerimiento de la etapa de pasteurización. La disposición física de estos equipos es larga, mayor a 50 metros, por lo que el control de flujo es necesario, no solo para garantizar las condiciones del proceso sino también para evitar situaciones que puedan poner en riesgo las instalaciones, como los golpes de ariete.

En la *Figura 18. Sistema de control de flujo para la transferencia de pulpa hacia el sistema de pasteurización*, se presenta el esquema de la propuesta de control para la regulación de flujo de envío del jugo semielaborado hacia el sistema de pasteurización.

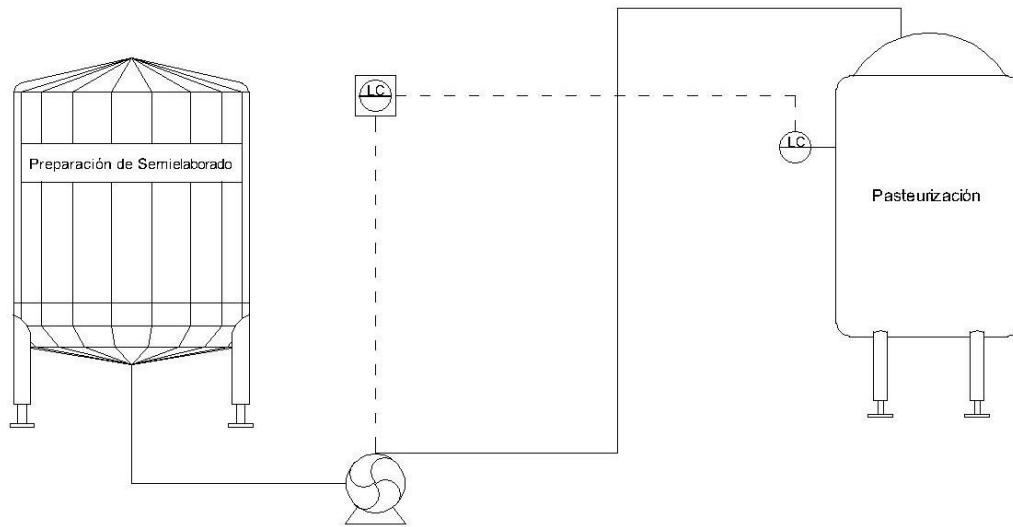


Figura 18. Sistema de control de flujo para la transferencia de pulpa hacia el sistema de pasteurización

El flujo transferido depende del nivel en la unidad o tanque receptor en el sistema de pasteurización, por esta circunstancia el flujo de envío del jugo semielaborado es manipulado por el sistema de pasteurización.

CAPÍTULO 7

Montaje

MONTAJE

A continuación se presentan algunas consideraciones que se deben tener en cuenta para la adecuada instalación de los instrumentos de campo que se utilizan en las diferentes etapas del proceso de preparación de semielaborado, estas consideraciones se realizan tomando como referencia las recomendaciones de los correspondientes fabricantes.

Se presentarán las propuestas para la instalación de los sensores de presión, flujo, temperatura, conductividad y nivel.

En relación con el montaje y la programación de las diferentes unidades de control, y teniendo en cuenta los diagramas de instrumentos y tuberías que se presentan en el anexo B, se presentan las tablas de etiquetas o *tag*, para cada una de las etapas de cada proceso así como las tablas con las consideraciones mínimas para la comunicación entre cada uno de las diferentes etapas.

ADICIÓN DE PULPA

EL sistema de adición de pulpa que se propone para la automatización es como el que se muestra en la *Figura 19. Adición de pulpas*.



Figura 19. Adición de pulpas

Tal como se muestra en el plano '101 - P&ID adición de pulpas', que aparece en anexo B, Diagramas de flujo, y de acuerdo a la descripción funcional de esta etapa del proceso, el control de temperatura es de gran importancia para la el trasiego de la pulpa, en el caso que se esté tratando con pulpa congelada, en el anexo D Planos de montaje – 'Medición de temperatura' de temperatura, se presenta la recomendación para la adecuada instalación del sensor de temperatura a la salida del intercambiador de calor tubular. El transmisor de temperatura es de configuración remota, para instalar en el armario eléctrico.

El montaje del sensor de temperatura debe garantizar una lectura permanente del fluido calentado a la salida del intercambiador, ya que en este punto se obtienen las condiciones de temperatura de la pulpa requeridas para el proceso.

La propuesta de instalación de los instrumentos de indicación local, se realiza con base en los termómetros bimetálicos de la serie EL de la marca ASHCROFT [14], para la instalación del transmisor de temperatura se ha tomado como referencia el transmisor de temperatura Sitrans TR200/TR300 de la marca Siemens [15]. Para la instalación del sensor de temperatura, se ha tomado como referencia el elemento 7MC1006-1DA1 [16], de la marca Siemens.

Con referencia en el diagrama de instrumentos y tubería del sistema de adición de pulpa se elabora la lista de variables con el que se cuenta para el sistema donde se desarrolla esta etapa del proceso, este listado se presenta en la *Tabla 12. Lista de variables Adición de pulpas*.

Tabla 12. Lista de variables Adición de pulpas

ADICIÓN DE PULPAS	
TAG	Descripción
101-AV1	Entrada CIP
101-AV2	Entrada de agua de producto
101-AV3	Salida tanque CIP
101-AV4	Descarga bomba CIP
101-AV5	Recirculación/salida de pulpa congelada
101-AV6	Salida de pulpa aséptica
101-AV7	Salida pulpa (congelada) hacia sistema de homogenización
101-AV8	Recirculación 1
101-AV9	Recirculación 2
101-AV10	Bypass 1 bomba de desplazamiento positivo
101-AV11	Bypass 2 bomba de desplazamiento positivo
101-AV12	Entrada regulada de vapor
101-AV13	Drenaje tanque de pulpa
101-AV14	Drenaje salida tanque de pulpa
101-AV15	Drenaje salida bomba de desplazamiento positivo
101-AV16	Suministro de vapor-entrada válvula reguladora

ADICIÓN DE PULPAS	
TAG	Descripción
101-MV1	Entrada de agua de producto
101-MV4	Drenaje salida pulpa aséptica
101-MV6	Drenaje intercambiador tubular
101-MV7	Drenaje condensado
101-MV8	Entrada de agua intercambiador agua-vapor
101-MV9	Suministro de vapor-salida válvula reguladora
101-MV10	Suministro de vapor-bypass válvula reguladora
101-MV12	Suministro de vapor-entrada
101-SV1	Válvula anti retorno- Suministro de CIP
101-SV2	Válvula anti retorno-Suministro agua de producto
101-SV3	Válvula de seguridad-Circuito de calentamiento de pulpa congelada
101-SV4	Válvula de seguridad-Entrada de agua caliente intercambiador agua-vapor
101-SV5	Válvula de seguridad-Entrada de agua fría intercambiador agua-vapor
101-SV6	Válvula de seguridad-Entrada de vapor
101-SST1	Filtro entrada de Vapor
101-PMP1	Bomba de CIP
101-PMP2	Bomba de agua caliente
101-PMP3	Bomba de desplazamiento positivo
101-PMP4	Bomba de cavidad progresiva
101-SG1	Visor de producto
101-L1	Interruptor de nivel mínimo
101-L2	Interruptor de nivel medio
101-L3	Interruptor de nivel máximo
101-P1	Presión salida de la pulpa
101-P2	Presión salida válvula entrada de vapor
101-P3	Presión entrada válvula entrada de vapor
101-F1	Flujo magnético entrada de agua
101-T1	Transmisor de temperatura-salida de pulpa congelada
101-T2	Transmisor de temperatura-salida de agua caliente
101-T3	Transmisor de temperatura-salida de pulpa intercambiador tubular
101-TK1	Tanque de pulpa

ADICIÓN DE PULPAS	
TAG	Descripción
101-SB1	Raspador de pulpa
101-SB2	Volteador de canecas
101-ST1	Intercambiador tubular
101-ST2	Intercambiador agua-vapor

Con el fin de tener una coordinación entre las actividades manuales y la operación con los otros sistemas de preparación en los que se llevan a cabo las demás etapas de preparación del jugo semielaborado, se propone la ejecución de tal coordinación a través del listado de intercambio de señales que se muestra en la *Tabla 13. Intercambio de señales adición de pulpa*. Esta tabla es una referencia tanto para las actividades internas de la unidad, así como para la operación conjunta con las demás unidades.

Tabla 13. Intercambio de señales adición de pulpa

INTERCAMBIO DE SEÑALES							
Desde adición de pulpas				Hacia adición de pulpas			
Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción	Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción
101.DO-1	BOOL	1	Listo para producción/CIP	101.DI-1	BOOL	1	Solicitud de CIP
101.DO-1	BOOL	0	Equipo en reposo				
101.DO-2	BOOL	1	En producción	101.DI-2	BOOL	1	Solicitud de envío de pulpa
101.DO-2	BOOL	0	Pulpa enviada				
101.DO-3	BOOL	1	En CIP	101.DI-3	BOOL	1	Pulpa agregada
101.DO-3	BOOL	0	CIP finalizado				
101.DO-4	BOOL	1	Equipo en pausa	101.DI-4	BOOL	1	Pulpa congelada
				101.DI-4	BOOL	0	Pulpa aséptica
101.DO-5	BOOL	1	Listo para envío				
101.DO-5	BOOL	0	No listo para envío				
101.DO-6	BOOL	1	Nivel bajo				
101.DO-6	BOOL	0	Nivel cumplido				
101.DO-7	BOOL	1	Solicitud de pulpa				
101.DO-8	BOOL	1	Temperatura alcanzada				

INTERCAMBIO DE SEÑALES							
Desde adición de pulpas				Hacia adición de pulpas			
Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción	Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción
101.DO-8	BOOL	0	Temperatura no alcanzada				
101.DO-9	BOOL	1	Tanque/Equipo vacío				

DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS

El sistema que se muestra en la *Figura 20. Disolución de sólidos*, es el que corresponde al de disolución de sólidos, el cual es objeto de la propuesta de automatización para este proyecto.



Figura 20. Disolución de sólidos

Con referencia en el plano '102 - P&ID disolución de sólidos', que aparece en el anexo B, Diagramas de flujo y de acuerdo a la descripción funcional de esta etapa del proceso, el control del

estado del sistema de filtración permite asegurar un flujo constante de producto hacia la etapa de preparación de semielaborado. En el anexo D Planos de montaje – ‘Medición de presión’, se presenta la recomendación para la instalación del elemento que medirá esta variable.

Para la presentación de la propuesta, la medición de la presión se realiza para monitorear permanentemente el nivel de saturación del sistema de filtración, monitoreando permanentemente la presión entre la entrada y la salida del filtro.

Para la instalación del sensor de presión se ha tomado como referencia el PI2797 de la marca IFM-Efector [17], este elemento cuenta con un diseño mecánico de forma tal que se realiza una conexión sanitaria al proceso, útil para aplicaciones de la industria de alimentos.

Con referencia en el diagrama de instrumentos y tuberías del sistema de disolución de sólidos se elabora la lista de variables del sistema, el cual se muestra en la *Tabla 14. Lista de variables disolución de sólidos.*

Tabla 14. Lista de variables disolución de sólidos

DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS	
TAG	Descripción
102-AV1	Entrada de CIP
102-AV2	CIP tanque/CIP línea 1
102-AV3	Paso CIP entrada de recirculación tanque
102-AV4	Retorno de CIP tanque
102-AV5	Recirculación/entrada tanque
102-AV6	Entrada de agua de producto
102-AV7	Entrada CIP a tanque
102-AV8	Salida tanque
102-AV9	Bypass en CIP para mezclador de polvos
102-AV10	Entrada venturi
102-AV11	Salida mezclador de polvos
102-AV12	CIP tanque/CIP línea 1
102-AV13	Salida <i>mixer</i>
102-AV14	Salida bomba helicoidal
102-AV15	Salida bomba de CIP
102-AV16	Recirculación/retorno de CIP
102-AV17	Salida de producto
102-AV18	Entrada al filtro/Bypass
102-AV19	Bypass
102-AV20	Entrada filtro
102-AV21	Salida filtro
102-AV22	Salida filtro/Bypass

DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS	
TAG	Descripción
102-MV23	Drenaje - entrada de filtro
102-MV1	Entrada de vapor-Corte
102-MV2	Válvula entrada válvula reguladora de vapor
102-MV3	Bypass válvula reguladora de vapor
102-MV4	Válvula salida válvula reguladora de vapor
102-MV5	Drenaje - Salida de producto
102-MV7	Drenaje - Salida de filtro
102-MV8	Entrada de agua
102-MV9	Drenaje de condensado tanque
102-SST1	Filtro entrada de vapor
102-SV1	Válvula de seguridad entrada de vapor
102-SV2	Válvula de seguridad filtro de partículas
102-PMP1	Bomba de CIP
102-PMP2	Bomba helicoidal
102-L1	Nivel tanque de producto
102-P1	Entrada filtro de partículas
102-P2	Salida filtro de partículas
102-P3	Entrada venturi
102-P4	Salida venturi
102-P5	Entrada válvula reguladora de vapor
102-P6	Salida válvula reguladora de vapor
102-T1	Tanque de producto
102-AG1	Agitador Tanque
102-AG2	Agitador mezclador de polvos
102-F1	Entrada de agua de producto
102-TK1	Tanque de producto
102-TK2	Mezclador de polvos
102-CP1	Venturi
102-CP2	Mezclador
102-SST2	Filtro de partículas

Con el fin de tener una coordinación entre las actividades manuales y la operación con los otros sistemas de preparación en los que se realizan las demás etapas de preparación del jugo semielaborado se propone ejecutarla a través del listado de intercambio de señales que se muestra en la *Tabla 15. Intercambio de señales disolución de sólidos*. Esta tabla es una referencia tanto para las actividades internas de la unidad, así como para la operación conjunta con las demás unidades.

Tabla 15. Intercambio de señales disolución de sólidos

INTERCAMBIO DE SEÑALES							
Desde disolución de sólidos				hacia disolución de sólidos			
Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción	Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción
102.DO-1	BOOL	1	Listo para disolución/CIP	102.DI-1	BOOL	1	Solicitud de CIP
102.DO-1	BOOL	0	Equipo en reposo				
102.DO-2	BOOL	1	En disolución	102.DI-2	BOOL	1	Solicitud de envío de producto
102.DO-2	BOOL	0	Disolución finalizada				
102.DO-3	BOOL	1	En CIP	102.DI-3	BOOL	1	Sólidos/Producto agregado
102.DO-3	BOOL	0	CIP finalizado				
102.DO-4	BOOL	1	Equipo en pausa				
102.DO-5	BOOL	1	Listo para envío				
102.DO-5	BOOL	0	No listo para envío				
102.DO-6	BOOL	1	Temperatura cumplida				
102.DO-7	BOOL	1	Nivel cumplido				
102.DO-8	BOOL	1	Tiempo cumplido				
102.DO-9	BOOL	1	Nivel mínimo alcanzado				
102.DO-9	BOOL	1	Tanque/equipo vacío				

PREPARACIÓN DE JARABE

La imagen de la *Figura 21. Preparación de jarabe*, se muestra la unidad de mezcla (*blending*) y almacenamiento de la preparación de jarabe, sobre la que se propone desarrollar la propuesta de automatización en lo que a esta etapa se refiere.



Figura 21. Preparación de jarabe

Tal como se muestra en el plano '103 - P&IDde preparación de jarabe', que aparece en anexo B, Diagramas de flujo, y de acuerdo a la descripción funcional de esta etapa del proceso, el control de nivel es necesario para la preparación de jarabe, el cual es realizado por lotes, ya que según la condición de nivel, se ejecutan los procesos que requiere la unidad para lograr la disolución del azúcar.

En este proceso, el control de temperatura es importante para contribuir en la disolución de azúcar. En este proceso hay una participación de actividades manuales y se sugiere la visualización local de la temperatura del jarabe en preparación. En el anexo D Planos de montaje – 'Medición local de temperatura', se presenta la recomendación para la adecuada instalación de este instrumento.

En el anexo D Planos de montaje – ‘Medición de nivel’, se presenta la recomendación para la adecuada instalación del medidor de nivel para instalar en la base de la unidad de preparación de jarabe.

La propuesta de instalación de los instrumentos de medición de nivel, utilizando la columna de presión, se realiza con base en el transmisor de presión VEGABAR 55 [18], de la marca VEGA, el cual se ha elegido también considerando el diseño mecánico que permite una instalación sanitaria, adecuada para la industria de alimentos.

Con referencia al diagrama de instrumentos y tubería del sistema de preparación de jarabe se elabora la lista de variables con las que se cuentan para el sistema donde se desarrolla esta etapa del proceso, este listado se presenta en la *Tabla 16. Lista de variables preparación de jarabe*.

Tabla 16. Lista de variables preparación de jarabe

JARABE SIMPLE	
TAG	Descripción
103-AV1	Entrada de CIP tanque 2
103-AV2	Entrada de CIP tanque 1
103-AV3	Entrada de agua de producto tanque 1
103-AV4	Recirculación/drenaje tanque 1
103-AV5	Entrada tanque 1
103-AV6	Entrada tanque 2
103-AV7	Recirculación/drenaje tanque 2
103-AV8	Entrada de agua de producto tanque 2
103-AV9	Salida recirculación tanque 1
103-AV10	Salida envío de producto tanque 1
103-AV11	Salida recirculación tanque 2
103-AV12	Salida envío de producto tanque 2
103-AV13	Válvula reguladora entrada de vapor
103-AV14	Entrada filtro 1
103-AV15	Salida filtro 1
103-AV16	Entrada filtro 2
103-AV17	Salida filtro 2
103-AV18	Salida tolva de azúcar
103-AV19	Drenaje envío de producto
103-AV20	Drenaje salida intercambiador de calor tubular
103-MV4	Entrada de agua
103-MV5	Drenaje intercambiador agua-vapor
103-MV6	bypass entrada de vapor
103-MV7	Salida válvula reguladora entrada de vapor

JARABE SIMPLE	
TAG	Descripción
103-MV8	Entrada válvula reguladora entrada de vapor
103-MV9	Entrada de vapor
103-MV10	Entrada de agua de producto
103-MV11	
103-SV1	Toma muestras tanque 1
103-SV2	Toma muestras tanque 2
103-SV3	Válvula de seguridad intercambiador agua-vapor
103-SV4	Válvula de seguridad entrada vapor
103-SST1	Filtro entrada de vapor
103-PMP1	Bomba de envío de producto
103-PMP2	Bomba recirculación de producto
103-PMP3	<i>Blending</i> (Mezclador agua-azúcar)
103-PMP4	Bomba de agua caliente
103-L1	Nivel del tanque 1
103-L2	Nivel del tanque 2
103-T1	Temperatura en el tanque 1
103-T2	Temperatura en el tanque 2
103-T3	Temperatura de recirculación
103-T4	Temperatura del agua caliente
103-P1	Presión entrada de los filtros
103-P2	Presión salida de los filtros
103-P3	Presión bomba de recirculación
103-P4	Presión salida válvula reguladora entrada de vapor
103-P5	Presión entrada válvula reguladora entrada de vapor
103-AG1	Agitador tanque 1
103-AG2	Agitador tanque 2
103-F1	Transmisor de flujo entrada de agua de producto
103-FS1	Filtración 1 de azúcar
103-FS2	Filtración 2 de azúcar
103-TB1	Tolva de azúcar

JARABE SIMPLE	
TAG	Descripción
103-TK1	Tanque 1
103-TK2	Tanque 2
103-ST1	Intercambiador tubular
103-ST2	Intercambiador agua-vapor

Con el fin de tener una coordinación entre las actividades manuales y la operación con los otros sistemas de preparación en los que se realizan las demás etapas de preparación del jugo semielaborado se propone la ejecución de ésta a través del listado de intercambio de señales que se muestra en la *Tabla 17. Intercambio de señales preparación de jarabe*. Esta tabla es una referencia tanto para las actividades internas de la unidad, así como para la operación conjunta con las demás unidades.

Tabla 17. Intercambio de señales preparación de jarabe

INTERCAMBIO DE SEÑALES							
Desde jarabe simple				hacia Jarabe simple			
Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción	Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción
103.DO-1	BOOL	1	Listo para producción/CIP	103.DI-1	BOOL	1	Solicitud de CIP
103.DO-1	BOOL	0	Equipo en reposo				
103.DO-2	BOOL	1	En preparación	103.DI-2	BOOL	1	Solicitud de envío de jarabe
103.DO-2	BOOL	0	Preparación finalizada				
103.DO-3	BOOL	1	En CIP	103.DI-3	BOOL	1	Jarabe agregado
103.DO-3	BOOL	0	CIP finalizado				
103.DO-4	BOOL	1	Equipo en pausa	103.DI-4	BOOL	1	Liberación de calidad
103.DO-5	BOOL	1	Listo para envío				
103.DO-5	BOOL	0	No listo para envío				
103.DO-6	BOOL	1	Nivel cumplido				
103.DO-7	BOOL	1	Tiempo cumplido				

INTERCAMBIO DE SEÑALES							
Desde jarabe simple				hacia Jarabe simple			
Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción	Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción
103.DO-8	BOOL	1	Temperatura cumplida				
103.DO-9	BOOL	1	Nivel mínimo alcanzado				
103.DO-10	BOOL	1	Tanque/equipo vacío				

HOMOGENIZACIÓN

El sistema de homogenización es como el que se muestra en la *Figura 22. Homogenización*, el cual corresponde al sistema que se pretende automatizar.



Figura 22. Homogenización

Tal como se muestra en el plano '104 - P&ID homogenización', que aparece en anexo B, Diagramas de flujo, y de acuerdo a la descripción funcional de esta etapa del proceso, el control de conductividad es utilizado para determinar, con cierto grado de precisión, en qué momento se tiene una fase de mezcla pulpa-agua en transferencia de pulpa, tanto en la entrada como en la salida del sistema.

El montaje del sensor de conductividad debe garantizar una lectura permanente del flujo ya que con su lectura se realizan los cortes de envío y se minimizan las pérdidas de pulpa. En el anexo D Planos de montaje – 'Medición de conductividad', se presenta la recomendación para la adecuada instalación del sensor que mide esta variable.

La propuesta de instalación del medidor de conductividad se realiza con base en el elemento ACM500 [19], de la marca KROHNE, el cual ha sido diseñado para aplicaciones sanitarias.

Tomando como referencia el diagrama de instrumentos y tubería del sistema de homogenización se elabora la lista de variables con las que se cuenta para el sistema donde se desarrolla esta etapa del proceso, este listado se presenta en la *Tabla 18. Lista de variables Homogenización*.

Tabla 18. Lista de variables Homogenización

HOMOGENIZACIÓN	
TAG	Descripción
104-AV1	Suministro de CIP
104-AV2	Retorno de CIP
104-AV3	Entrada de pulpa/CIP a tanque 1
104-AV4	Entrada de pulpa/CIP a tanque 2
104-AV5	Drenaje/entrada de pulpa a tanque 1
104-AV6	Entrada de pulpa/CIP a tanque 1
104-AV7	Entrada de agua de producto a tanque 1
104-AV8	Drenaje/entrada de pulpa a tanque 2
104-AV9	Entrada de pulpa/CIP a tanque 2
104-AV10	Entrada de agua de producto a tanque 2
104-AV11	Salida tanque 1
104-AV12	Salida tanque 2
104-AV13	Entrada CIP línea de envío
104-AV14	Salida CIP tanque 1
104-AV15	Salida CIP tanque 2
104-AV16	Drenaje/retorno de CIP tanque 1
104-AV17	Drenaje/retorno de CIP tanque 2
104-AV18	Válvula anti-mezcla salida tanque 1
104-AV19	Válvula anti-mezcla salida tanque 2
104-AV20	Bypass entrada bomba de desplazamiento positivo

HOMOGENIZACIÓN	
TAG	Descripción
104-AV21	Bypass salida bomba de desplazamiento positivo
104-AV22	Bypass entrada molino homogenizador
104-AV23	Bypass salida molino homogenizador
104-AV24	Lubricación molino homogenizador
104-SV1	Toma muestra tanque 1
104-SV2	Toma muestra tanque 2
104-SV3	Válvula anti-retorno entrada de pulpa
104-MV1	Entrada de agua de producto
104-MV2	Drenaje retorno de CIP
104-PMP1	Retorno de CIP
104-PMP2	Bomba de desplazamiento positivo
104-SG1	Visor entrada de producto
104-SG2	Visor salida de producto
104-C1	Sensor conductividad de entrada
104-C2	Sensor conductividad de salida
104-L1	Medición de nivel tanque 1
104-L2	Medición de nivel tanque 2
104-T1	Temperatura tanque 1
104-T2	Temperatura tanque 2
104-F1	Medición de agua de producto de entrada
104-AG1	Agitador tanque 1
104-AG2	Agitador tanque 2
104-P1	Entrada filtro
104-P2	Salida filtro
104-P3	Salida molino homogenizador
104-TK1	Tanque 1
104-TK2	Tanque 2
104-ST1	Filtro

Con el fin de tener una coordinación entre las actividades manuales y la operación con los otros sistemas de preparación en los que se realizan las demás etapas de preparación del jugo semielaborado se propone la ejecución de ésta a través del listado de intercambio de señales que se muestra en la *Tabla 19. Intercambio de señales homogenización*. Esta tabla es una referencia tanto para las actividades internas de la unidad, así como para la operación conjunta con las demás unidades.

Tabla 19. Intercambio de señales homogenización

INTERCAMBIO DE SEÑALES							
Desde homogenización				hacia homogenización			
Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción	Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción
104.DO-1	BOOL	1	Listo para producción/CIP	104.DI-1	BOOL	1	Solicitud de CIP
104.DO-1	BOOL	0	Equipo en reposo				
104.DO-2	BOOL	1	En homogenización	104.DI-2	BOOL	1	Solicitud de envío de pulpa
104.DO-2	BOOL	0	homogenización finalizada				
104.DO-3	BOOL	1	En CIP				
104.DO-3	BOOL	0	CIP finalizado				
104.DO-4	BOOL	1	Equipo en pausa				
104.DO-5	BOOL	1	Listo para envío				
104.DO-5	BOOL	0	No listo para envío				
104.DO-6	BOOL	1	Nivel cumplido				
104.DO-6	BOOL	0	Nivel mínimo cumplido				
104.DO-7	BOOL	1	Tiempo cumplido				
104.DO-8	BOOL	1	Solicitud de producto				
104.DO-9	BOOL	1	Tanque /equipo vacío				

PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO

El sistema que se muestra en la *Figura 23. Preparación de semielaborado*, corresponde al sistema de preparación de jugo semielaborado, que es objeto de la propuesta de automatización.



Figura 23. Preparación de semielaborado

Tal como se muestra en el plano '105 - P&ID Preparación de semielaborado', que aparece en anexo B, Diagramas de flujo, y de acuerdo a la descripción funcional de esta etapa del proceso, la medición de flujo es de gran importancia para control de la preparación de las recetas, en el anexo D. Planos de montaje – 'Medición de másico' y 'Medición de flujo magnético' se presentan las recomendaciones para la adecuada instalación de los sensores de flujo que son requeridos en el sistema de preparación de jugo semielaborado.

La propuesta de instalación de los instrumentos de medición, se realiza para los sensores volumétricos que utilizan como principio de medición la inducción electromagnética [20], equipos de la marca Endress and Hauser y los másicos que utilizan el principio de medición por coriolis [21] equipos Emerson.

Tomando como referencia el diagrama de instrumentos y tubería del sistema de preparación de semielaborado se presenta la lista de variables con las que se cuenta para el sistema donde se desarrolla esta etapa del proceso, este listado se presenta en la *Tabla 20. Lista de variables preparación de semielaborado*.

En las etapas de adición de pulpa, disolución de sólidos y preparación de jarabe, se utiliza el vapor como fuente de energía para generar el calor requerido por cada uno de estos procesos. En el anexo D. Planos de montaje – ‘Suministro de vapor’ se presentan una recomendación de estación reguladora de vapor que podría utilizarse para cada uno de ellos.

Tabla 20. Lista de variables preparación de semielaborado

PREPARACIÓN SEMIELABORADO	
TAG	Descripción
105-AV1	Entrada CIP tanque de ingrediente
105-AV2	No asignado
105-AV3	Entrada CIP/pulpa tanque 1
105-AV4	Drenaje/entrada pulpa tanque 1
105-AV5	Entrada CIP/pulpa tanque 2
105-AV6	Drenaje/entrada pulpa tanque 2
105-AV7	Entrada jarabe tanque 1
105-AV8	Drenaje/entrada jarabe tanque 1
105-AV9	Entrada jarabe tanque 2
105-AV10	Drenaje/entrada jarabe tanque 2
105-AV11	Agua de producto-Bypass tanques
105-AV12	Entrada de agua de producto tanque 1
105-AV13	Drenaje/entrada de agua de producto tanque 1
105-AV14	Entrada de agua de producto tanque 2
105-AV15	Drenaje/entrada de agua de producto tanque 2
105-AV16	Entrada de ingredientes tanque 1
105-AV17	Drenaje/entrada de ingredientes tanque 1
105-AV18	Entrada de ingredientes tanque 2
105-AV19	Drenaje/entrada de ingredientes tanque 2
105-AV20	Entrada pulpa/CIP tanque 1
105-AV21	Entrada pulpa/CIP tanque 2
105-AV22	Entrada de agua de producto tanque de ingredientes
105-AV23	Salda tanque de ingredientes
105-AV24	Salida tanque 1
105-AV25	Salida tanque 2
105-AV26	Entrada bypass de agua tanque 1
105-AV27	Entrada bypass de agua tanque 2
105-AV28	Salida CIP taque 1
105-AV29	Drenaje/salida CIP tanque 1
105-AV30	Salida producto tanque 1
105-AV31	Drenaje/salida producto tanque 1
105-AV32	Salida CIP taque 2
105-AV33	Drenaje/salida CIP tanque 2

PREPARACIÓN SEMIELABORADO	
TAG	Descripción
105-AV34	Salida producto tanque 2
105-AV35	Drenaje/salida producto tanque 2
105-AV36	Drenaje Salida de producto
105-AV37	Entrada de pulpa desde homogenización
105-AV38	Entrada de pulpa desde adición de pulpas
105-AV39	Entrada de sólidos disueltos
105-AV40	Entrada de ingredientes
105-MV1	Entrada de agua de producto
105-MV2	Entrada de pulpa/CIP
105-MV3	Entrada de jarabe
105-MV4	Drenaje salida CIP
105-PMP1	Retorno de CIP
105-PMP2	Envío de producto
105-PMP3	Envío de ingredientes
105-F1	Medición agua de producto
105-F2	Medición pulpa
105-F3	Medición de jarabe simple
105-F4	Medición de ingredientes
105-L1	Nivel tanque 1
105-L2	Nivel tanque 2
105-L3	Nivel tanque ingredientes
105-P1	Presión de envío de ingredientes
105-T1	Temperatura tanque 1
105-T2	Temperatura tanque 2
105-AG1	Agitador tanque 1
105-AG2	Agitador tanque 2
105-AG3	Agitador tanque ingredientes
105-TK1	Tanque 1
105-TK2	Tanque 2
105-TK3	Tanque de ingredientes

Con el fin de tener una coordinación entre las actividades manuales y la operación con los otros sistemas de preparación en los que se realizan las demás etapas de preparación del jugo semielaborado se propone la ejecución de ésta a través del listado de intercambio de señales que se muestra en la *Tabla 21. Intercambio de señales Preparación de semielaborado*. Esta tabla es una referencia tanto para las actividades internas de la unidad, así como para la operación conjunta con las demás unidades.

Tabla 21. Intercambio de señales Preparación de semielaborado

INTERCAMBIO DE SEÑALES							
Desde preparación de semielaborado				hacia preparación de semielaborado			
Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción	Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción
105.DO-1	BOOL	1	Listo para producción/CIP	105.DI-1	BOOL	1	Solicitud de CIP
105.DO-1	BOOL	0	Equipo en reposo				
105.DO-2	BOOL	1	En preparación	105.DI-2	BOOL	1	Solicitud de envío de producto
105.DO-2	BOOL	0	Preparación finalizada				
105.DO-3	BOOL	1	En CIP	105.DI-3	BOOL	1	Confirmación de ingrediente agregado
105.DO-3	BOOL	0	CIP finalizado				
105.DO-4	BOOL	1	Equipo en pausa	105.DI-4	BOOL	1	Finalización de adición de ingredientes
105.DO-4	BOOL	1	Solicitud de pulpa aséptica	105.DI-5	BOOL	1	Pulpa disponible
105.DO-5	BOOL	1	Solicitud de jarabe	105.DI-6	BOOL	1	Jarabe disponible
105.DO-6	BOOL	1	Solicitud de ingredientes	105.DI-7	BOOL	1	Ingredientes disponibles
105.DO-7	BOOL	1	Listo para envío	105.DI-8	BOOL	1	Calculo realizado
105.DO-7	BOOL	0	No listo para envío				
105.DO-8	BOOL	1	Tiempo cumplido	105.DI-9	BOOL	1	Ingredientes agregados
105.DO-9	BOOL	1	Tiempo 2	105.DI-10	BOOL	1	Calidad aprobado

INTERCAMBIO DE SEÑALES							
Desde preparación de semielaborado				hacia preparación de semielaborado			
Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción	Etiqueta (tag)	Tipo	Valor / Estado	Descripción
			cumplido				
105.DO-10	BOOL	1	Tanque ingredientes vacío	105.DI-10	BOOL	0	Calidad no aprobado
105.DO-11	BOOL	1	Tanque/equipo vacío				

Para llevar a cabo una programación organizada de las funciones y tareas en el PLC, se definen las siguientes operaciones básicas que serán configurables por el usuario en la aplicación de gestión y administración de las preparaciones.

Para la programación de estas operaciones que se describen en la *Tabla 22. Operaciones del proceso de semielaborado*, es necesario asociar la(s) unidad(es) y equipo(s) con los parámetros propios de cada una de ellas.

Tabla 22. Operaciones del proceso de semielaborado

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Reposo	Verificación de la inactividad de la o las unidades, inconsistencias en los niveles y tiempo transcurrido desde el último CIP.
Llenado	Se realiza un llenado con agua hasta que se alcanzan los niveles requeridos por la receta. En la homogenización-104, el llenado se realiza con una mezcla pulpa-agua desde adición de pulpas-101.
CIP	Se realiza un llenado con agua hasta que se alcanzan los niveles requeridos por la receta. En la homogenización-104, el llenado se realiza con una mezcla pulpa-agua desde adición de pulpas-101.
Recirculación	Una vez alcanzados los niveles mínimos para recirculación, se permite el paso de producto por los diferentes elementos que configuran un circuito de recirculación. Si el circuito de recirculación implica un calentamiento, este iniciará posterior a la recirculación.
Envío	Envío de producto. Al pasar por debajo de los niveles mínimos no se activan las operaciones de llenado. Espera el estado de unidad vacía para continuar con la siguiente operación.

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
Empuje	Comienza con un llenado de agua de producto de acuerdo a la configuración realizada por el usuario para el empuje de producto en la tubería.
Drenaje	Realiza un procedimiento de enjuague y posterior aseguramiento del vaciado de la unidad.
Cargue pulpa	Realiza la medición de pulpa que ingresa a la unidad de semielaborado-105. Puede realizarse de modo paralelo con la adición de ingredientes y jarabe. Operación posterior al cargue de agua inicial realizado en la operación de llenado.
Cargue Ingredientes	Realiza la adición de ingredientes que ingresa a la unidad de semielaborado-105. Puede realizarse de modo paralelo con la adición de pulpa y jarabe. Operación posterior al cargue de agua inicial realizado en la operación de llenado.
Cargue jarabe	Realiza la medición de jarabe que ingresa a la unidad de semielaborado-105. Puede realizarse de modo paralelo con la adición de ingredientes y pulpa operación posterior al cargue de agua inicial realizado en la operación de llenado.
Masa final	Realiza el cálculo de la masa contenida en la unidad para determinar la cantidad de agua de producto requerida para finalizar el lote.
Ajuste final	Si posterior a la masa final se establece que son necesarios ingredientes diferentes al agua, se realizan los cálculos correspondientes para determinar, tanto los ingredientes como sus respectivas cantidades.
Agitación	Una vez alcanzados los niveles mínimos para la agitación. Los tiempos necesarios para la agitación comienzan cuando se alcanzan los niveles mínimos, y se pausan cuando por alguna circunstancia los niveles están por debajo de los mínimos.

CONCLUSIONES

El proceso de preparación de semielaborado lo constituyen cinco etapas con procedimientos claramente definidos, estos son: adición de pulpa, disolución de sólidos, preparación de jarabe, homogenización y preparación de semielaborado. En cada una de estas etapas se realiza un procesamiento de ingredientes en las cantidades que son requeridas por el lote de jugo semielaborado. Esta desagregación del proceso permite una ejecución detallada y controlada de cada una de los procedimientos que se ejecutan en cada una de las etapas.

La propuesta de automatización expuesta en este documento tiene algunos propósitos implícitos para el proceso y los equipos. En relación con los equipos, específicamente con los de control, se logra una actualización de su plataforma, al implementar equipos que permitan la integración de las diferentes etapas del proceso en una única unidad de control bajo una arquitectura combinada. En relación con el proceso y siguiendo la línea que se presenta con los equipos de control, se logra una integración de éstos al permitir que su ejecución esté determinada por la realización de cada uno de ellos dándose paso en relación con el orden dado por una receta maestra.

Aunque el proceso que se propone automatizar actualmente tiene una instrumentación instalada, esta no es suficiente y se encuentra desactualizada, la instrumentación que se propone utilizar tiene por objetivo mejorar significativamente la medición de las variables que son de especial interés para cada una de las etapas del proceso. Una de las mejoras significativas en relación con la instrumentación puede notarse en la ejecución de la receta maestra en el modo de medición de los ingredientes, ya que la tendencia en esta propuesta es la de realizarla con base en la masa (peso) que cada uno contiene, algo de suma importancia puesto que tiene en cuenta las variaciones, que en relación con los sólidos contenidos, trae consigo el ingrediente principal; la pulpa.

La propuesta de automatización implica flexibilidad en diferentes aspectos del proceso, principalmente la de permitir el desarrollo de productos que están en la misma línea de preparación, en este orden de ideas, se tiene una reforma a los procesos, modificando su concepción original.

La arquitectura de control propuesta evoluciona de un concepto tipo isla, en la que los controladores de cada proceso se encuentran aislados uno del otro en un proceso que es administrado a discreción del operador, a un concepto totalmente integrado. La propuesta permite, además de la integración de las diferentes etapas del proceso, un mayor control del proceso. Tal como se observó en el diagrama de la arquitectura de control, los equipos sugeridos y su disposición permiten un crecimiento horizontal permitiendo incorporación de procesos nuevos y complementarios, de modo similar es posible una integración vertical, permitiendo una gestión del proceso tanto a nivel operativo como administrativo, a través de herramientas tales como los sistemas de ejecución de manufactura, MES.

Las listas de *tags* permiten la identificación de las variables y de los elementos de campo (equipos e instrumentos), con esto es posible la realización de una programación ordenada y compatible con los PLC, el sistema SCADA, sistemas HMI y los sistemas MES.

Con el propósito de que se tenga una adecuada coordinación entre cada una de las etapas de preparación del semielaborado, es necesario establecer un “lenguaje” de comunicación entre cada una de las etapas de proceso, para ello se construyen las listas o tablas de intercambio de señales en las que se exponen las condiciones necesarias para el desarrollo de los procesos de manera coordinada y conjunta.

La selección de instrumentos se realiza teniendo en cuenta la consideración principal para este proyecto, condición sanitaria para la industria de alimentos. Con esta premisa se realiza la selección de los diferentes equipos e instrumentos de campo y se plantea su instalación tomando como referencia las recomendaciones ofrecidas por el fabricante y con las cuales se pretende obtener su mejor desempeño.

Finalmente la propuesta implementada no será una solución totalmente automatizada, esto puede observarse en los modos de adición de ingredientes puesto que en cada una de sus etapas estos procedimientos se realizan de modo manual. Aunque en algunos equipos los ingredientes se agregan por medio de un sistema automático, como es el caso de la adición de la pulpa, esta debe disponerse en las cantidades requeridas por el lote de preparación. La adición de los ingredientes en el sistema de preparación de semielaborado se realiza a través de cantidades fijas de agua, la cual actúa como medio para disolver ingredientes en estado líquido y sólido, dificultando el procedimiento para cuantificar el ingrediente adicionado a la preparación.

La implementación de una receta maestra permite una ejecución centralizada y ordenada de los lotes de preparación de jugo semielaborado a base de pulpa de fruta. Bajo este concepto la preparación se centra en la ejecución del proceso en la etapa de preparación de semielaborado – 105, coordinando a través de él la ejecución de las demás etapas.

La ejecución de una receta maestra permite, a su vez, la elaboración de recetas de control ajustadas a cada etapa del proceso de elaboración, esto permite estructurar desde cada celda de proceso la preparación de un lote de semielaborado, ejecutando procedimientos elementales y sencillos de manera coordinada en un único propósito, condicionado por los requerimientos de cada proceso.

REFERENCIAS

La propuesta de automatización que se presenta en esta obra parte de un proceso que, desde el punto de vista procedimental, está claramente definido, por lo que gran mayoría de las consultas requeridas fueron realizadas al personal de investigación y desarrollo donde labora el autor, y por solicitud expresa del director de ésta área, tales consultas no están referenciadas en ningún punto.

- [1] ANSI/ISA, «BATHC CONTROL, Part 1: Models and Terminology,» *ANSI/ISA 88.01*, 1995.
- [2] ANSI/ISA, «BATHC CONTROL, Part 2: Data structures and guidelines for languages,» *ANSI/ISA 88.02*, 2001.
- [3] ANSI/ISA, «ENTERPRISE-CONTROL SYSTEM INTEGRATION, Part 1: Models and Terminology,» *ANSI/ISA 95.00-01*, 2000.
- [4] P. R. Ashurst, *Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices*, 2da., 2005.
- [5] J. M. Huidobro Moya y R. J. Millán Tejedor, *Redes de datos y convergencia IP*, Madrid: Alfaomega, 2007.
- [6] L. S. J. a. S. M. Harnack, «Soft drink consumption among Children and adolescents: Nutritional consequences,» *Journal of the American dietetic association*, pp. 436 - 441, 1999.
- [7] L. Chen, *Beverages and health*, Waltham: Academic press, 2013.
- [8] M. Fernández, «The Effect of soft drink availability in elementary school on consumption,» *journal of the american dietetic association*, pp. 1445 - 1452, 2008.
- [9] K. E. Clark, «Cell control in process industries: food, paper and pharmaceutical,» *ISA transactions*, pp. 71 - 80, 1990.
- [10] H. K. H. a. B. F. Weisser, «Use of computer aided management information systems in the food and beverage industry in Germany,» *Food control*, pp. 162 - 169, 1991.
- [11] N. a. Y. M. Mahalik, «Extending fieldbus standards to food processing and packaging industry: A review,» *Computer Standards &*, 2009.
- [12] A. Deuel, «The benefits of a manufacturing execution system for plantwide automation,» *ISA Transactions*, p. 586 – 598, 1994.
- [13] A. P. L. B. R. a. M. S. Sanchez, «Hybrid modeling and dynamic simulation of automated batch

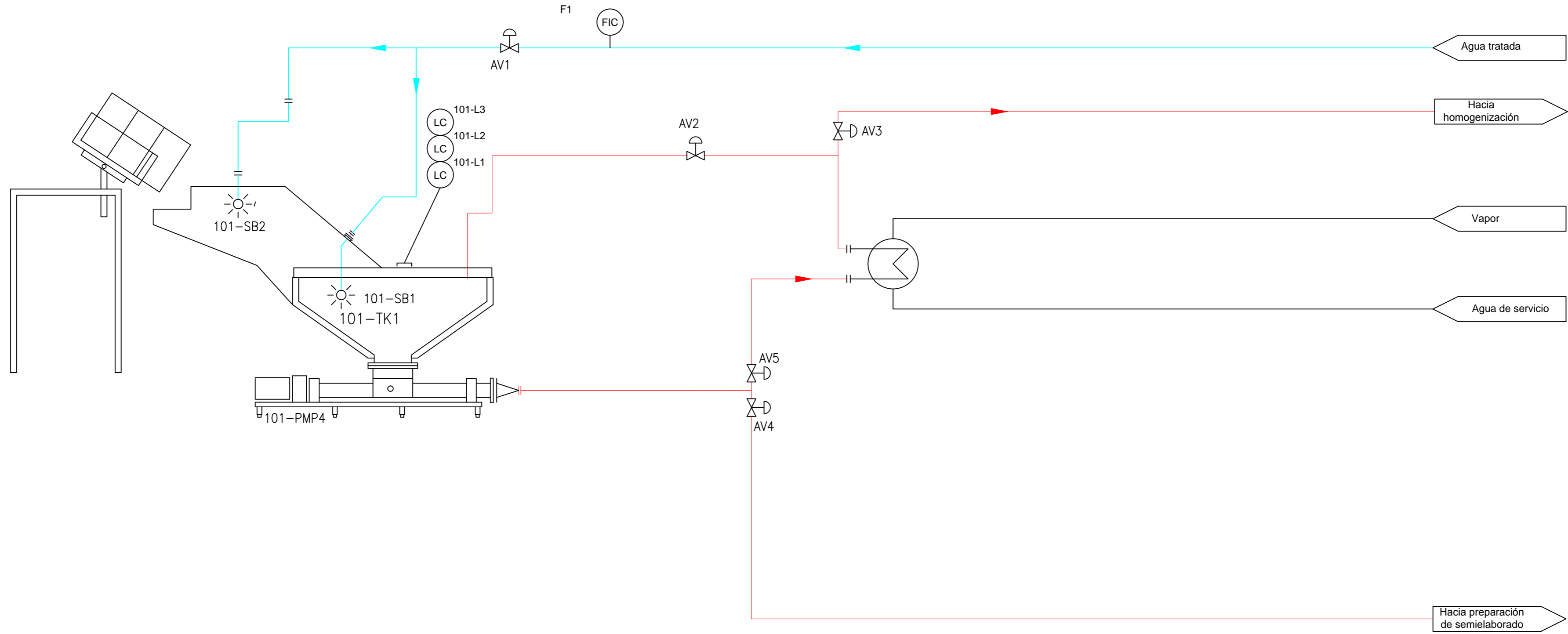
plants,» *ISA Transactions*, p. 401 – 420, 2003.

- [14] ashcroft, «www.ashcroft.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.ashcroft.com/products/thermometers/bimetal/upload/AshBM-EL.pdf>. [Último acceso: Diciembre 2013].
- [15] Siemens, «www.siemens.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=es&objid=7NG3033.....&caller=view>. [Último acceso: Diciembre 2013].
- [16] Siemens, «www.siemens.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=es&objID=10806943&subtype=133200>. [Último acceso: Diciembre 2013].
- [17] ifm-electronic, «www.ifm-electronic.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: http://tds.ifm-electronic.com/tentacle/uk/PI2797.pdf?requestId=7d04865e6c2fe842&locale=en_GB. [Último acceso: Diciembre 2013].
- [18] vega, «www.vega.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.vega.com/downloads/PD/ES/36845-ES.PDF>. [Último acceso: Diciembre 2013].
- [19] krohne, «www.krohne.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: http://www.krohne-downloadcenter.com/dlc/MA_ACM_500_es_050504.pdf. [Último acceso: Diciembre 2013].
- [20] endress, «www.endress.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.ii.endress.com/eh/sc/europe/io/en/home.nsf/#product/10H>. [Último acceso: Diciembre 2013].
- [21] emerson, «www.emersonprocess.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Micro%20Motion%20Documents/3000_PDS_ENG_PS-00291_E_web.pdf. [Último acceso: Diciembre 2013].
- [22] J. I+D, Interviewee, *Ing. de Alimentos*. [Entrevista]. 01 06 2013.
- [23] J. M. S. P. C. F. a. A. I. Enrique Maldonado, *Autómatas Programables, Entorno y Aplicaciones*, Barcelona: ITES-Paraninfo, 2005.
- [24] J. Love, *Process automation handbook: a guide to theory and practice*, Verlag, London: Springer, 2007.
- [25] W. Van de Kamp, *Teoría y práctica de medición de niveles*, Endress and Hauser, 2008.

- [26] M. a. W. J. Altendorf, Flow Handbook, Endress and Hauser, 2006.
- [27] J. a. R. J. L. Balcells, Autómatas Programables, Barcelona: Alfaomega-Marcombo, 1998.
- [28] J. C. Á. A. J. C. C. R. F. J. F. M. O. G. J. G. Miguel A. Pérez García, Instrumentación Electrónica, Madrid: Thomson, 2005.
- [29] R. Penin-Aquilino, Sistemas SCADA, Alfaomega, 2007.
- [30] Z. Verwater-Lukszo, «A practical approach to recipe improvement and optimization in the batch processing industry,» *Computers in Industry*, pp. 279 - 300, 1998.

ANEXOS

ADICIÓN DE PULPA – 101



Convenciones

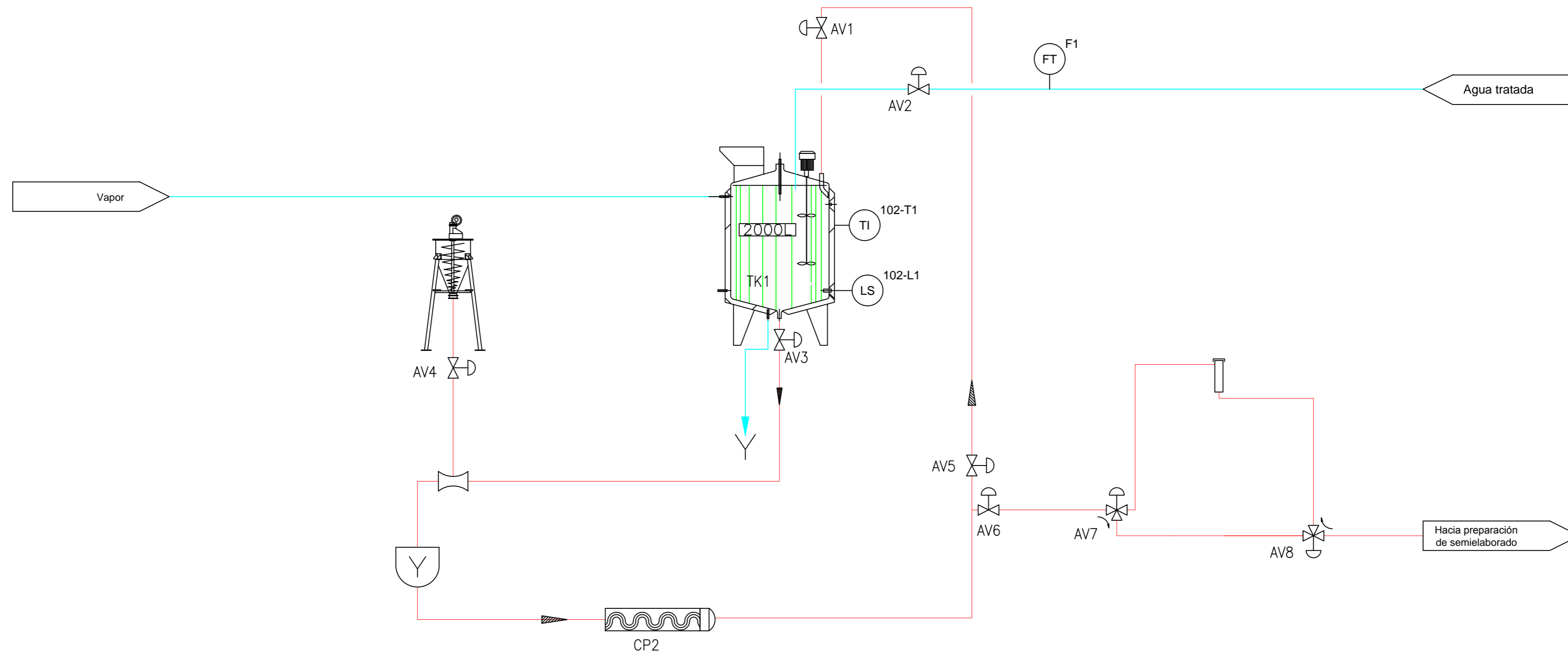
	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo A PFD - Adición de pulpa			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Sep. 2014		Plano N° 105
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Este documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados.

DISOLUCIÓN DE SÓLIDOS – 102

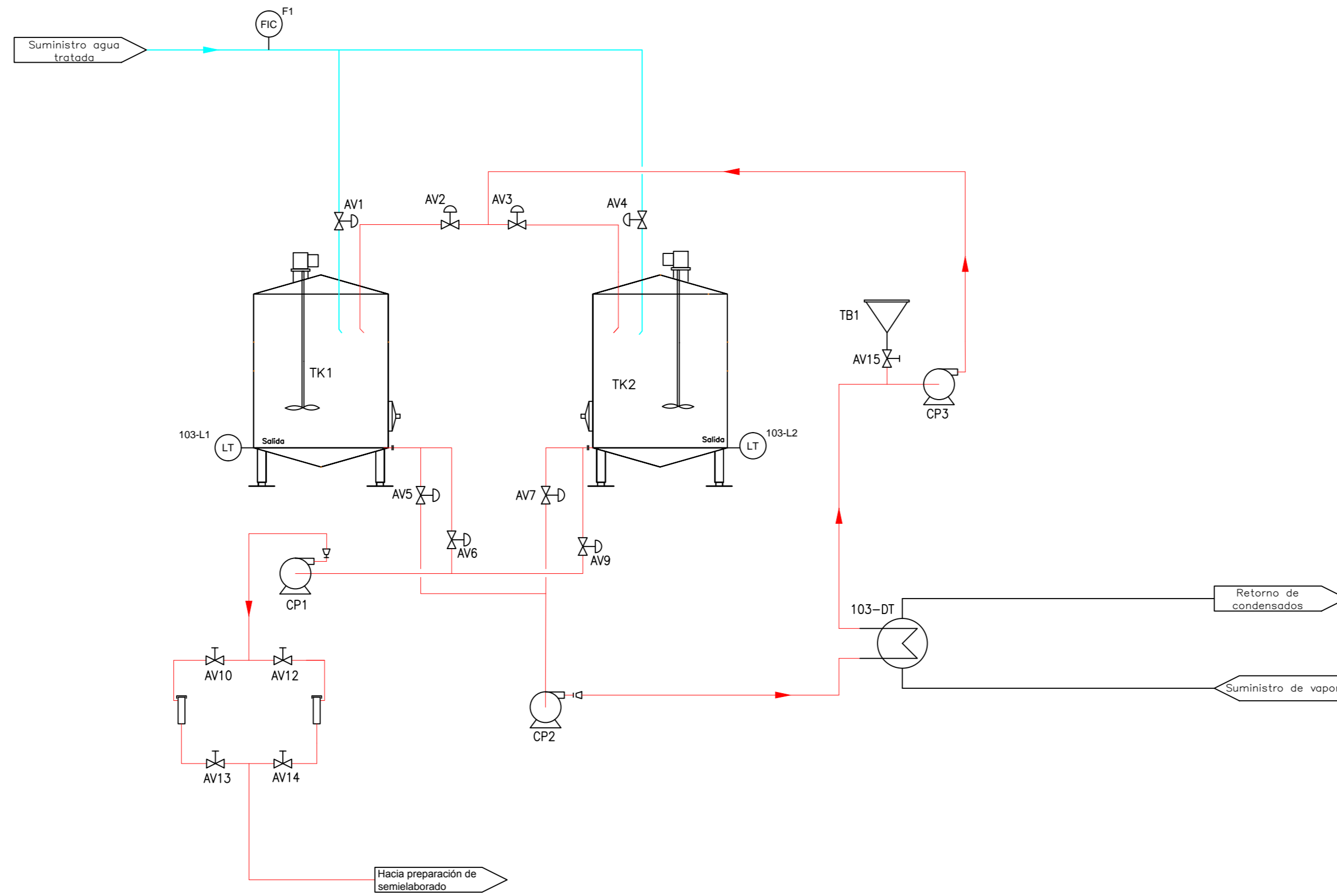


Convenciones

	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo A PFD - Disolución de sólidos			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Sep. 2014		Plano N° 102
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

PREPARACION JARABE – 103

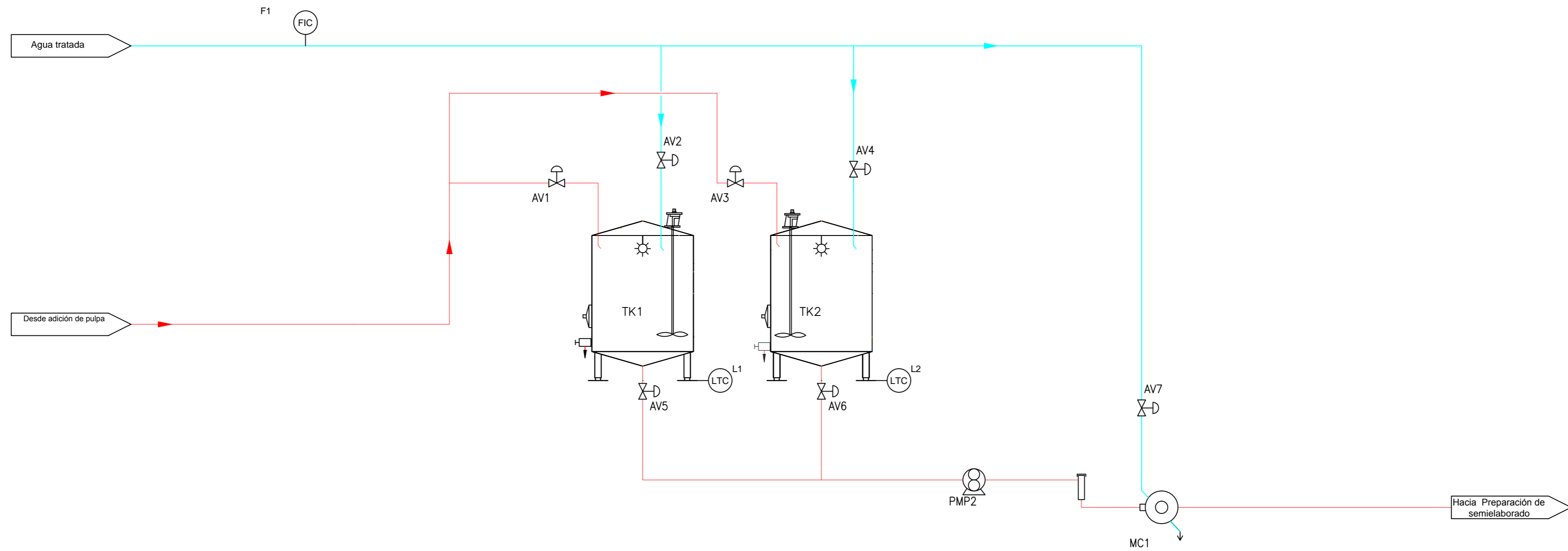


Convenciones

	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSIICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo A PFD - Preparación de jarabe			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N°: 103
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

HOMOGENIZACIÓN – 104

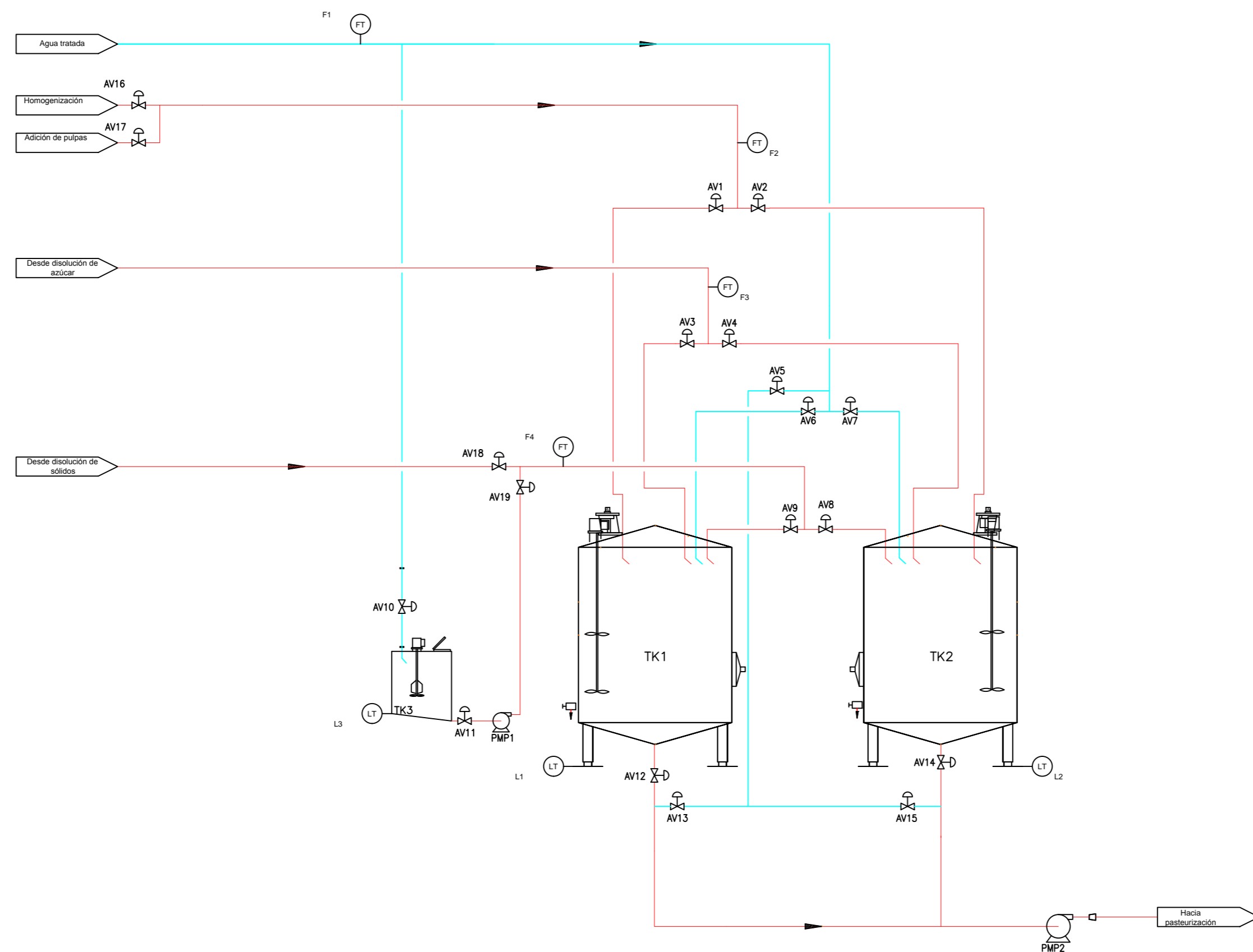


Convenciones

	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo A PFD - Homogenización			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Sep. 2014		Plano N° 104
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO – 105



Convenciones

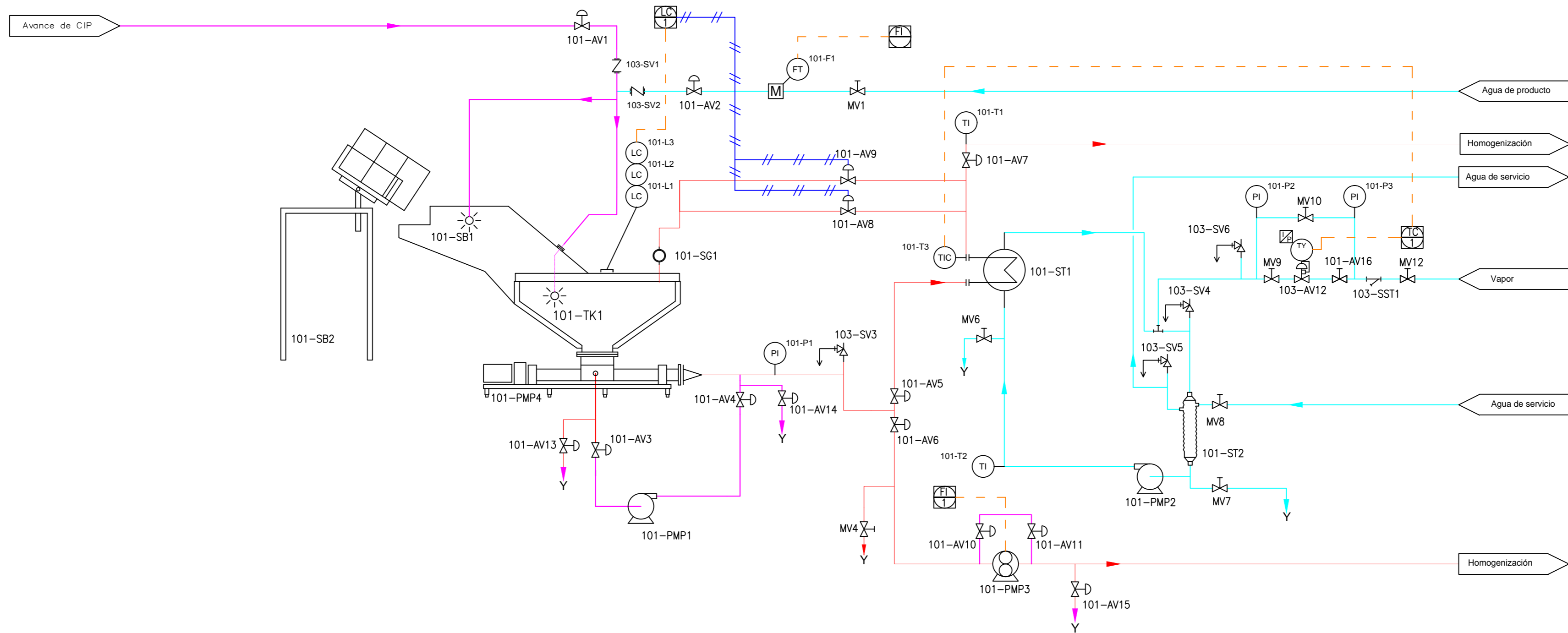
	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSIICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo A PFD - Preparación de semielaborado			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N°: 105
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Este documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados.

ADICIÓN DE PULPA - 101



Convenciones

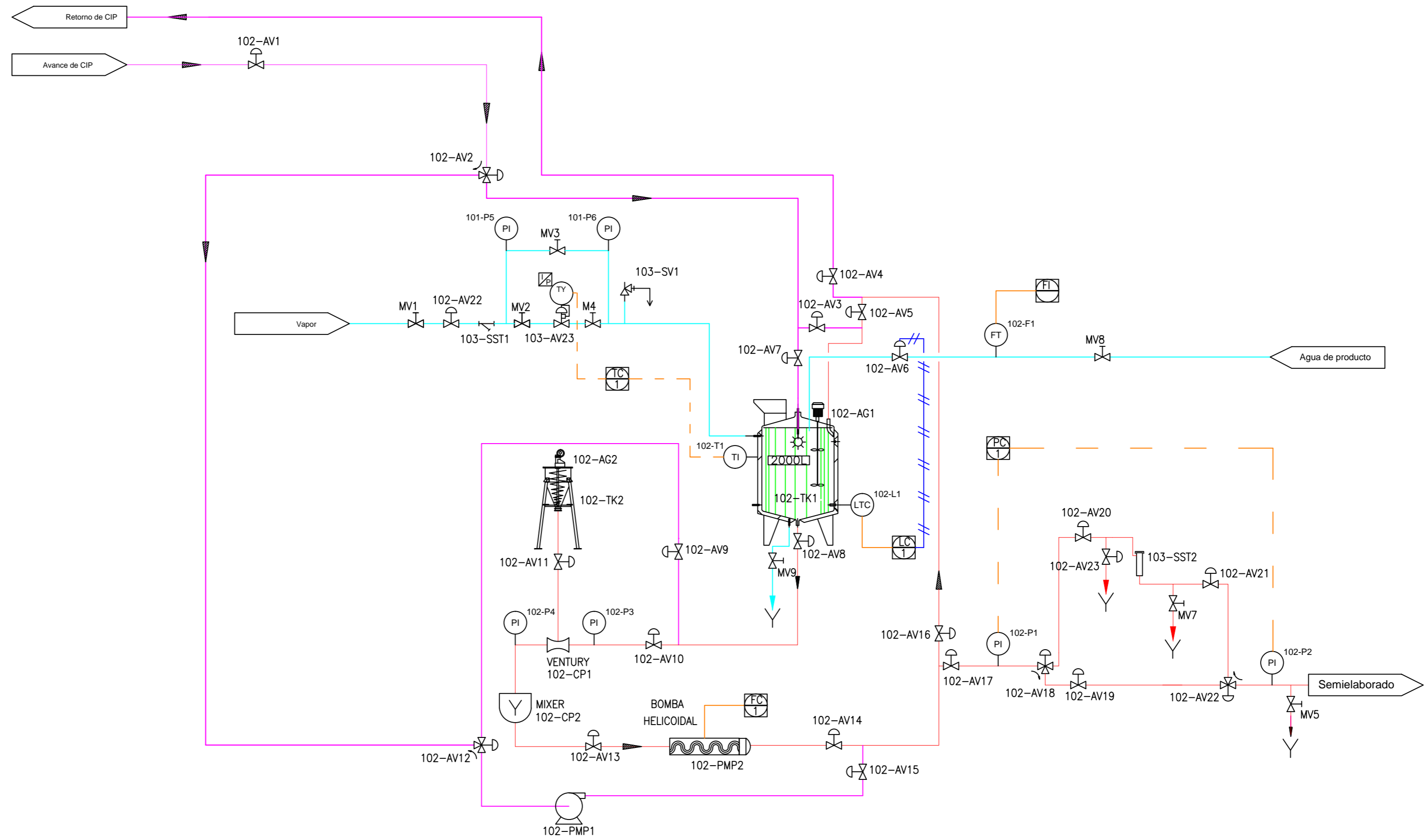
	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo B P&ID - Adición de pulpa			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N°: 101
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Este documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados.

DISOLUCIÓN DE SOLIDOS – 102

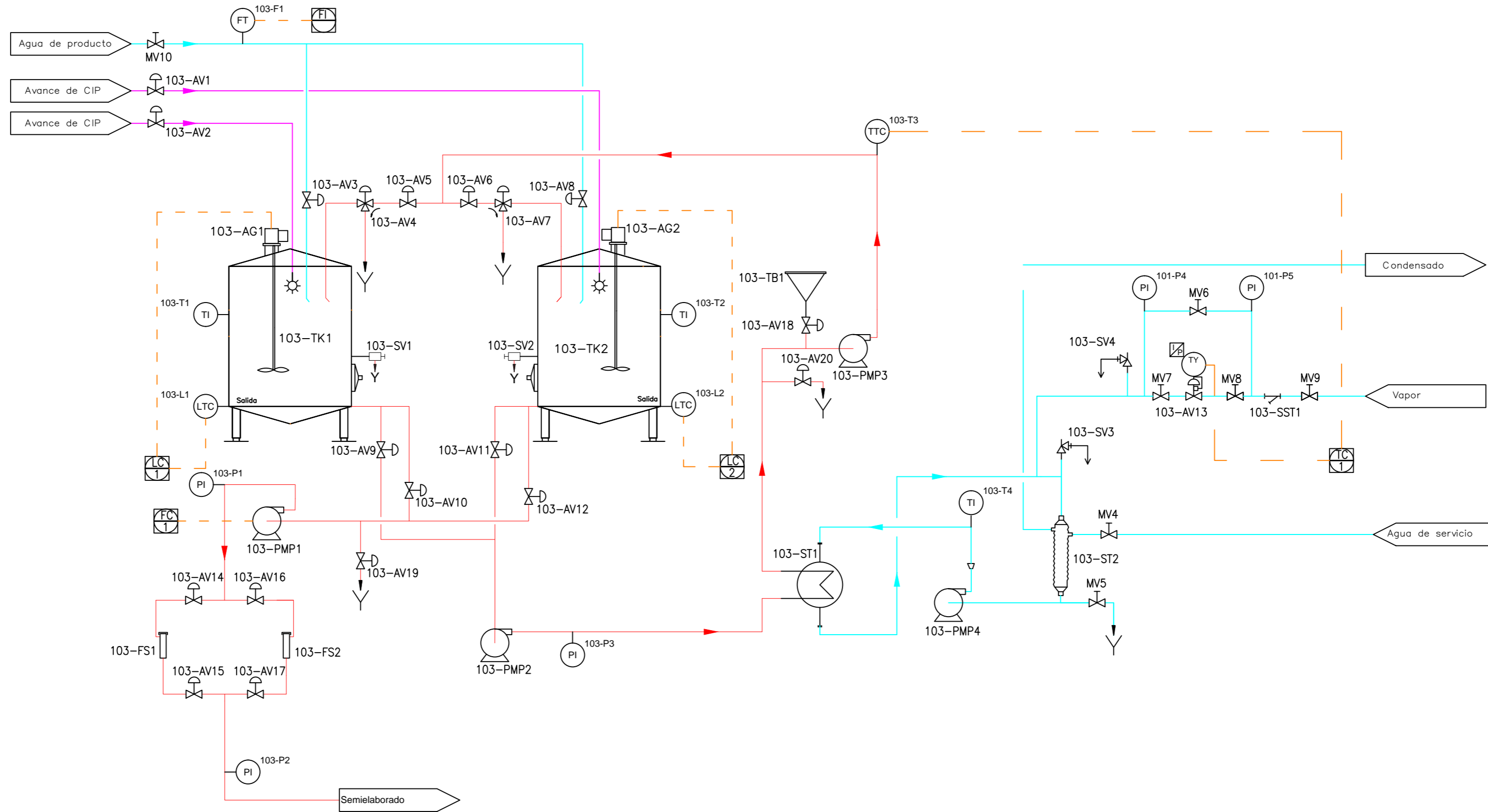


Convenciones

	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LINEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LINEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LINEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Universidad Pontificia Bolivariana Facultad de Ingeniería Maestría en Ingeniería			
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo B P&ID - Disolución de sólidos			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N°: 102
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

PREPARACION JARABE – 103

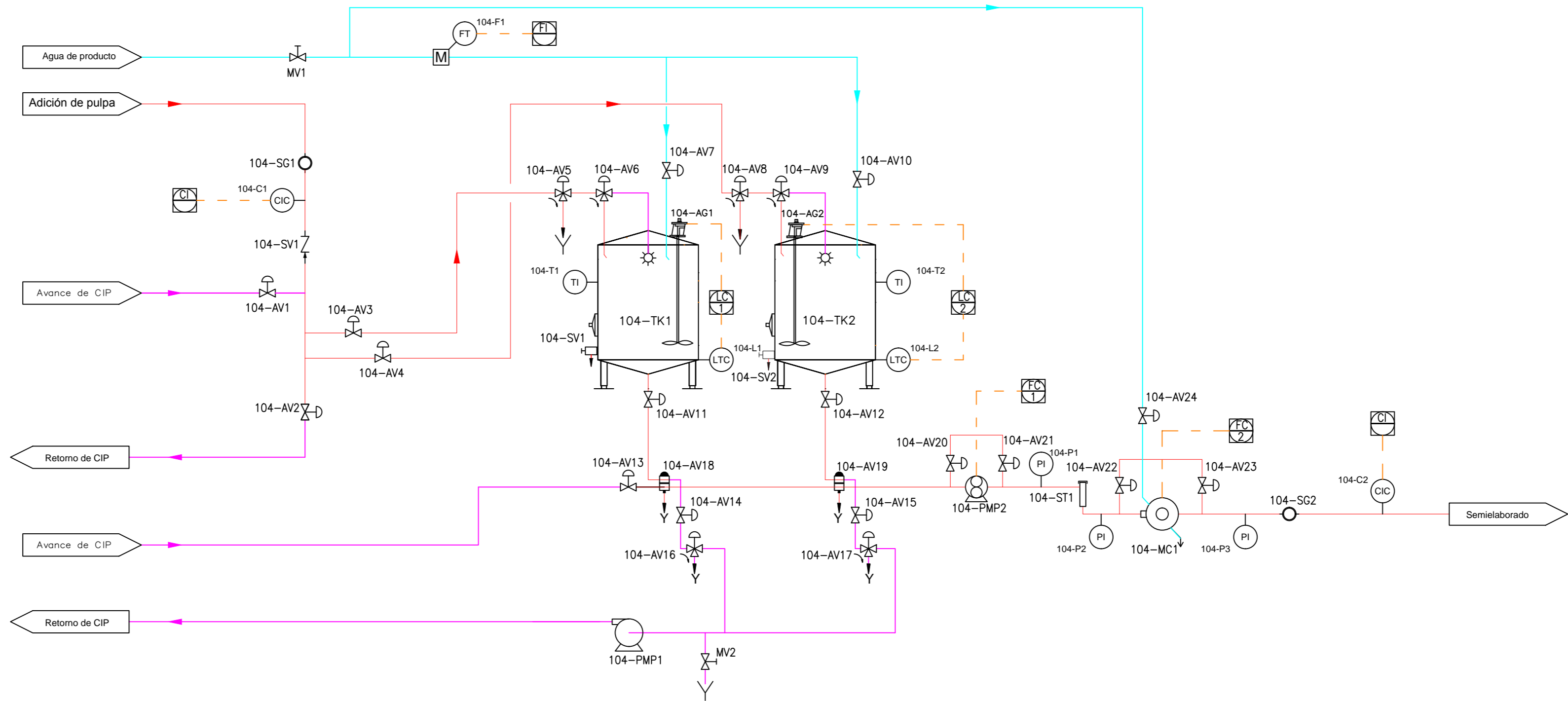


Convenciones

	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MÁGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSIICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo B P&ID - Preparación de jarabe			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Sep. 2014		Plano N° 103
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

HOMOGENIZACIÓN – 104

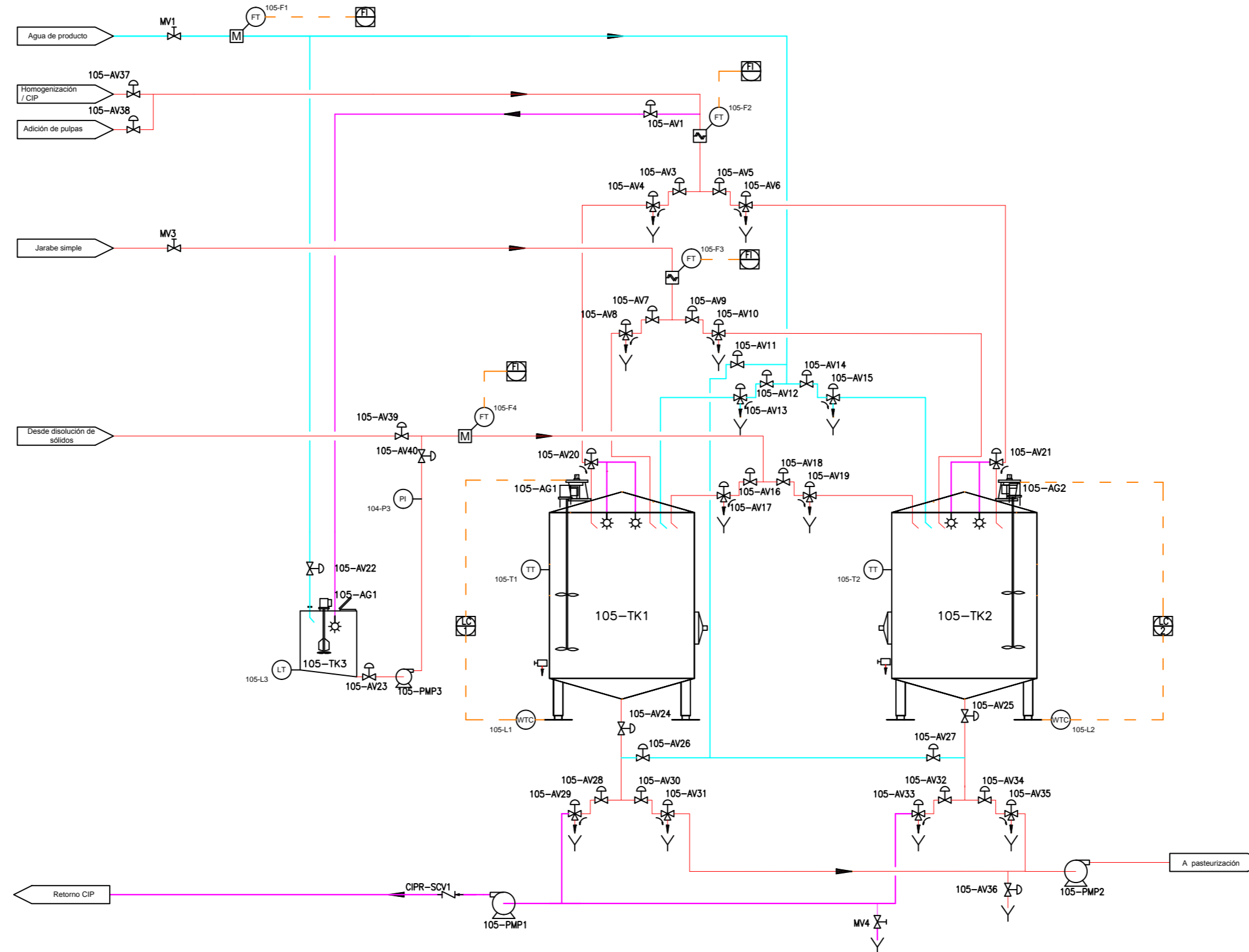


Convenciones

	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSSICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo B P&ID - Homogenización			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N°: 104
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

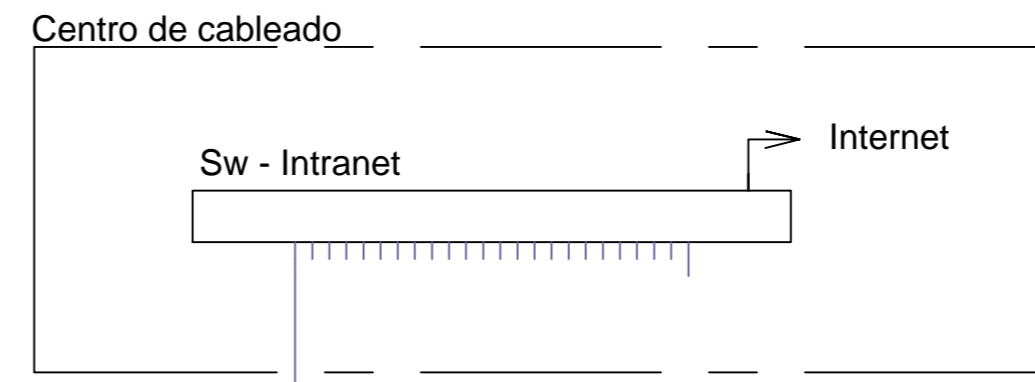
PREPARACIÓN DE SEMIELABORADO – 105



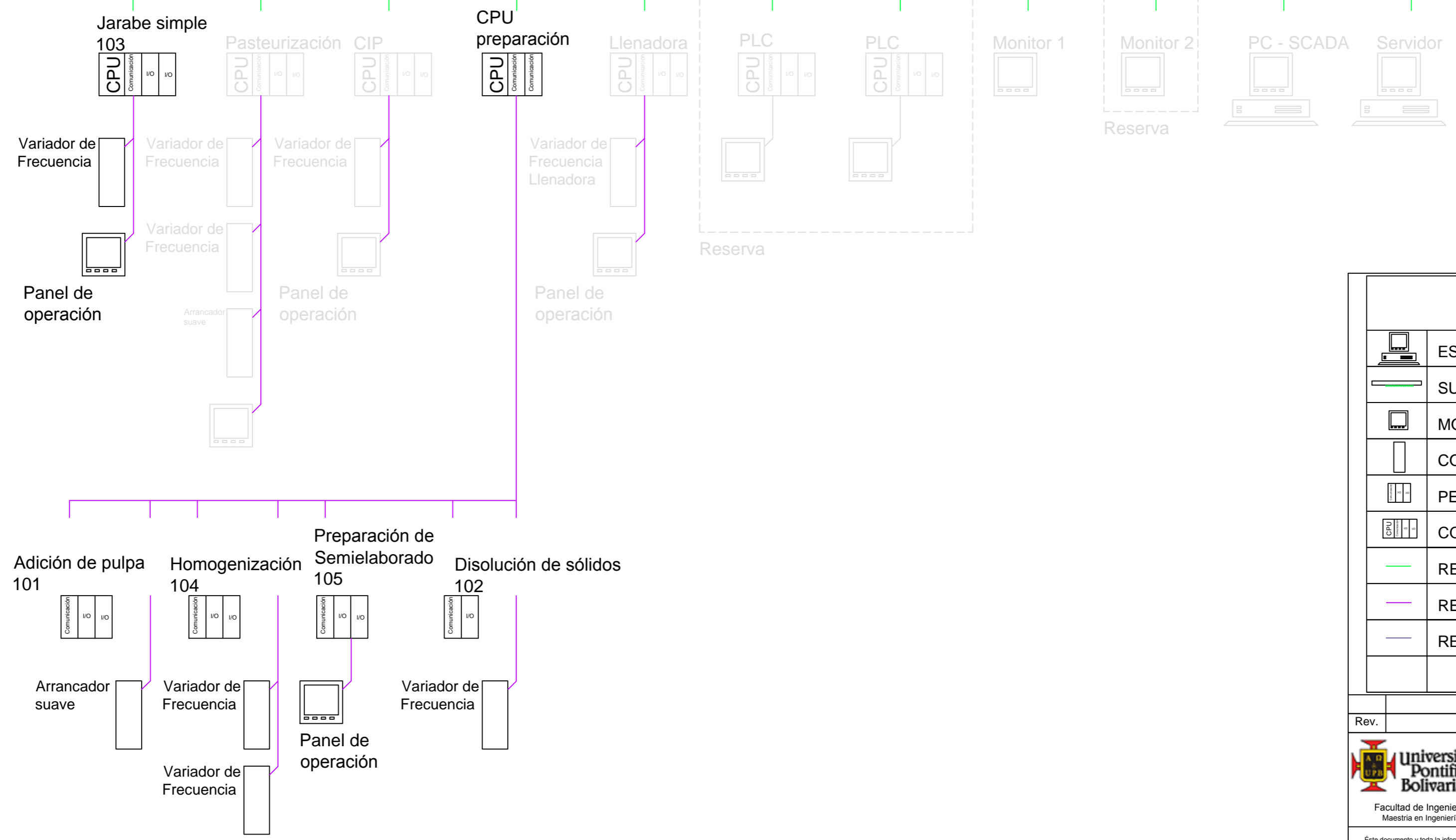
Convenciones

	ADICIÓN DE PULPA		FILTRO EN Y		FILTRO		TANQUE DE INGREDIENTES		LÍNEA DE PRODUCTO
	VÁLVULA AUTOMÁTICA		ENTRADA DE SERVICIOS		HOMOGENIZADOR		TRANSMISOR DE FLUJO		LÍNEA DE SERVICIOS
	VÁLVULA ANTIRRETORNO		SALIDA DE SERVICIOS		BLENDER		INDICADOR DE PRESIÓN		LÍNEA DE LIMPIEZA CIP
	VÁLVULA MANUAL		DRENAJE		MEZCLADOR DE POLVO VERTICAL		TRANSMISOR DE TEMPERATURA		SEÑAL ELÉCTRICA
	VÁLVULA DE SEGURIDAD		VÁLVULA DE 3 VÍAS		TANQUE ENCAMISADO		TRANSMISOR DE NIVEL		SEÑAL NEUMÁTICA
	BOMBA CENTRIFUGA		VISOR		MEDIDOR DE FLUJO MAGNÉTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE NIVEL		
	BOMBA DE LÓBULOS		TANQUE		MEDIDOR DE FLUJO MÁSIICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE FLUJO		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBULAR		VÁLVULA TOMAMUESTRA		MEZCLADOR ESTÁTICO		TRANSMISOR CONTROLADOR DE CONDUCTIVIDAD		
	VÁLVULA AUTOREGULADA		SPRAY BALL		BOMBA HELICOIDAL		INDICADOR DE TEMPERATURA		
	INTERCAMBIADOR DE CALOR		VÁLVULA ANTI-MEZCLA		VENTURI		CONTROLADOR DE NIVEL		

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo B P&ID - Preparación de semielaborado			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N° 105
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Switch - Equipos preparación
16 puertos
Red de proceso



Convenciones	
	ESTACIÓN DE TRABAJO / PC
	SUICHE DE COMUNICACIONES
	MONITOR / PANEL DE OPERACIONES - HMI
	CONVERTIDOR DE FRECUENCIA / ARRANCADOR SUAVE
	PERIFERIA DESCENTRALIZADA
	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE - PLC
	RED DE PROCESO
	RED DE CONTROL
	RED DE GESTIÓN

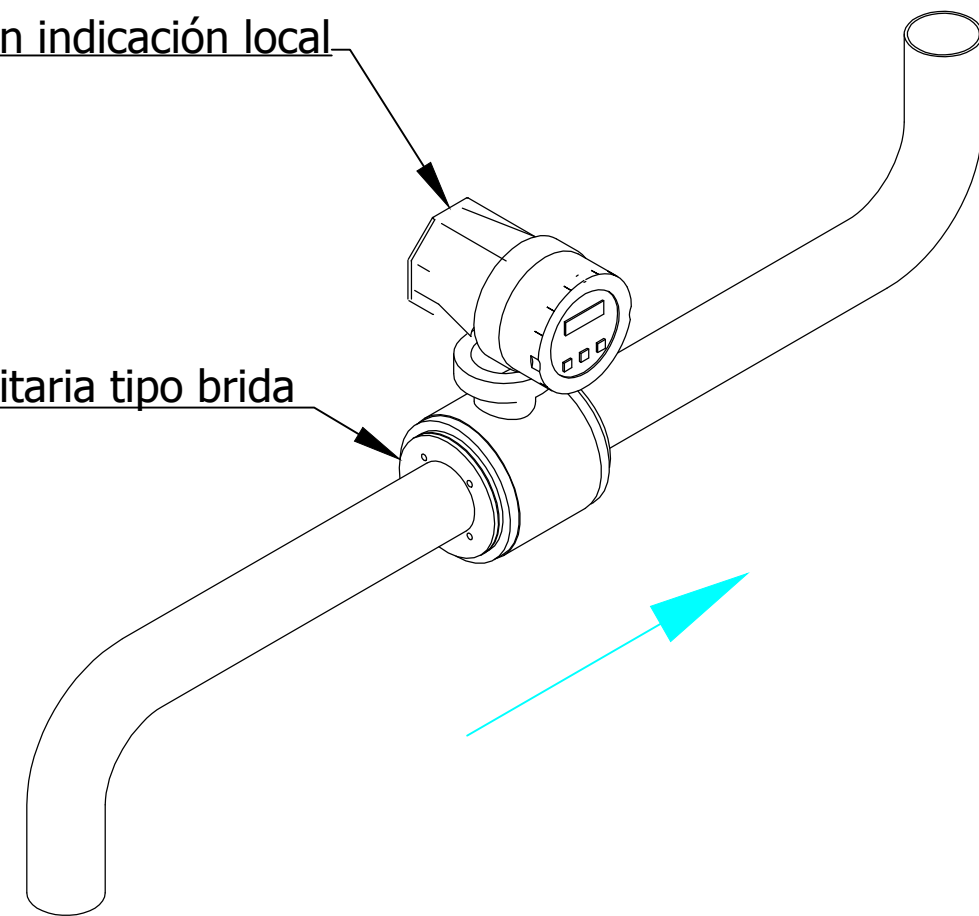
Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo C - Arquitectura de control			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N°: 1
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



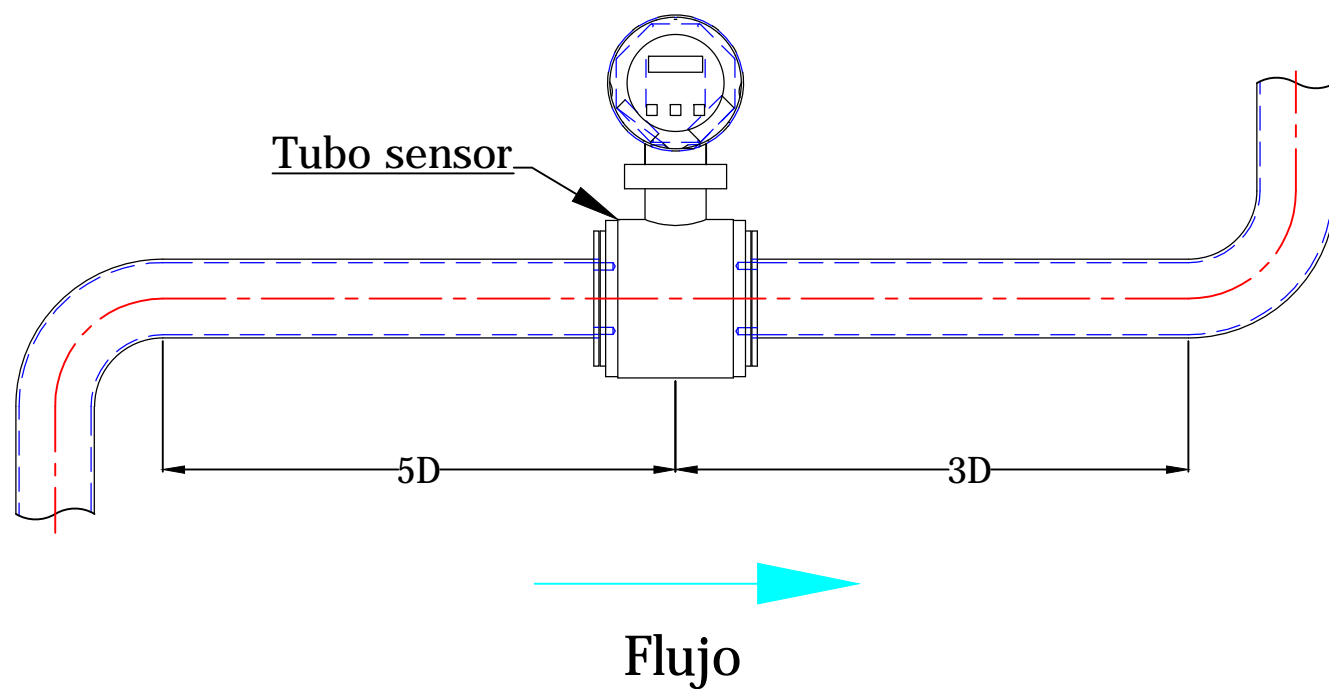
Este documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados.

Transmisor con indicación local

Conexión sanitaria tipo brida



Tubo sensor



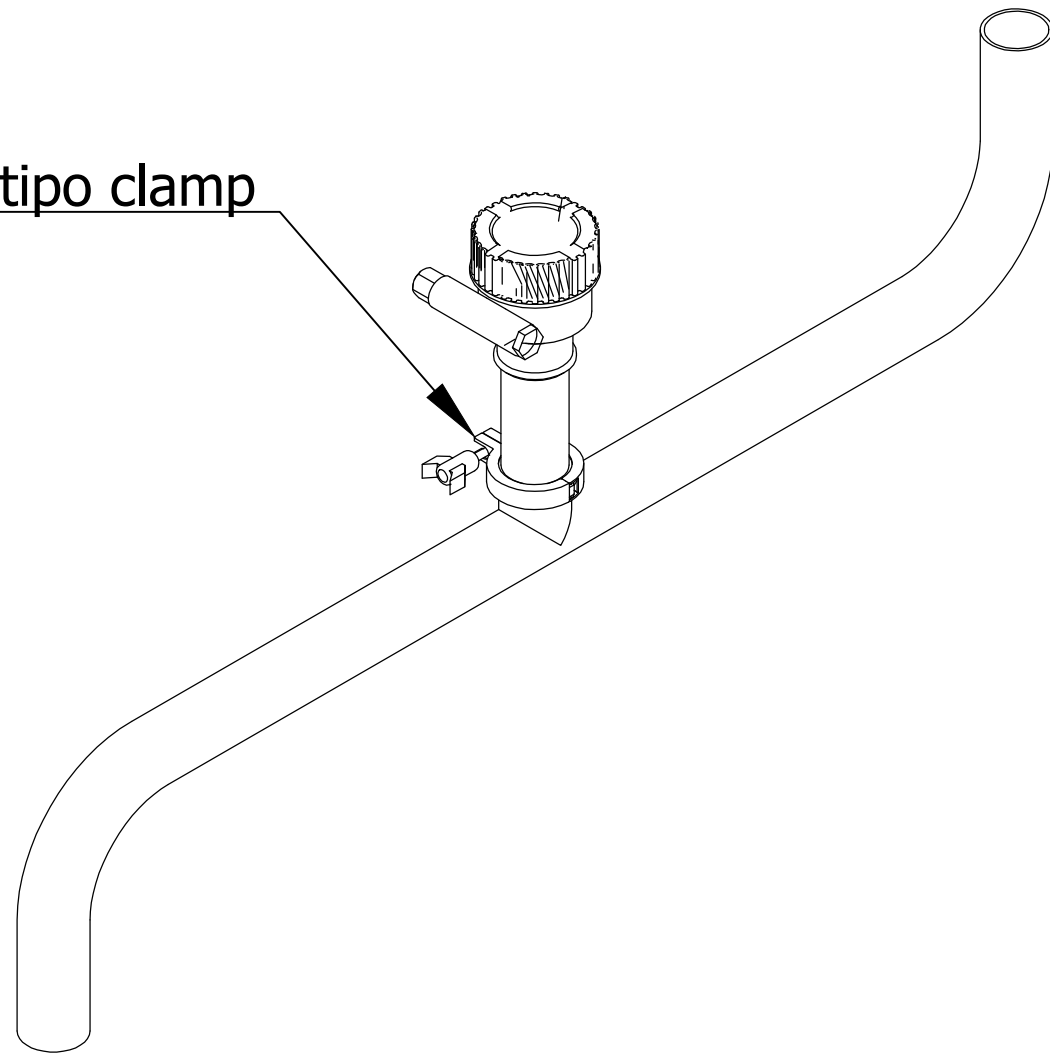
Recomendaciones para la instalación sensor de flujo magnético

1. El sensor se debe instalar acorde al sentido del flujo tal como se indica en la carcasa.
2. Se debe respetar una distancia anterior y posterior al centro del tubo sensor, de forma tal que se garantice por el sensor un flujo laminar.
3. La tubería debe tener una inclinación descendente de aproximadamente de 2 % en contraflujo.
4. Los materiales constructivos del sensor deben ser acordes con la aplicación. Electrodo en material inoxidable, recubrimiento en material adecuado para la industria de alimentos y conexión al proceso sanitaria.
5. El equipo debe especificarse para la realización de limpieza interna en caliente.
6. El equipo debe especificarse para limpieza externa.
7. No instalar en sensor en puntos donde se puedan generar espacios de aire, como una instalación horizontal en la parte más alta o en una columna de descenso.
8. No instalarlo en la succión de las bombas.

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo D - Medición de flujo magnético			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N° D-1
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

Este documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados

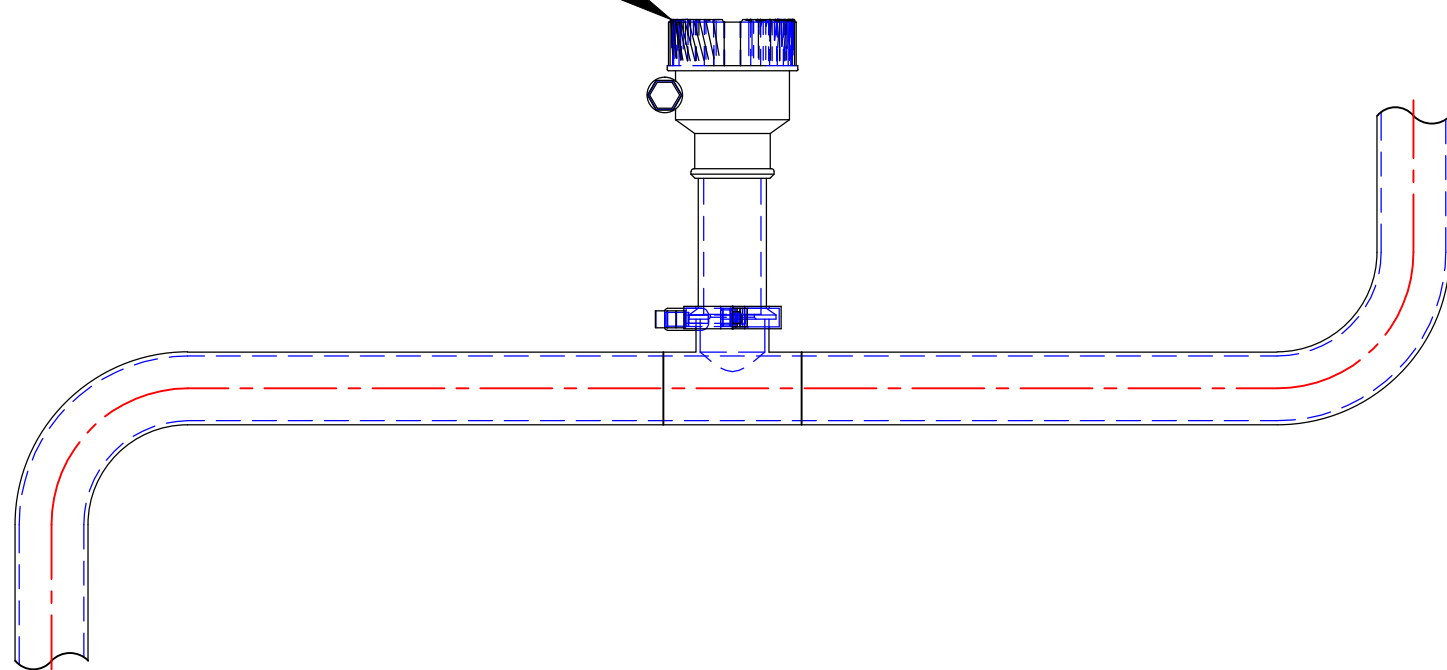
Conexión sanitaria tipo clamp



Recomendaciones para instalar el sensor medidor de presión

1. Instalarlo verticalmente.
2. El material constructivo en contacto con el producto sea acorde a la aplicación, Inoxidable en 316.
3. La conexión al proceso debe ser tipo sanitaria.
4. El sensor seleccionado debe estar preparado para la realización de CIP en caliente.

Transmisor con indicación local



Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo D - Medición de presión			Esc.: Sin
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N° D-2
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

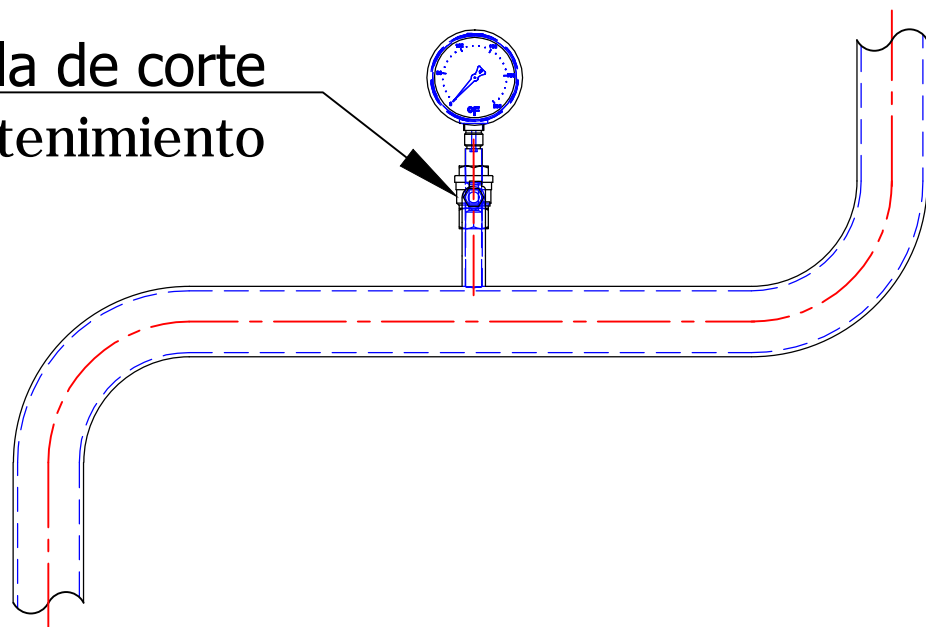


Éste documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados

Termómetro de indicación local



Válvula de corte para mantenimiento



Recomendaciones para la instalación del manómetro

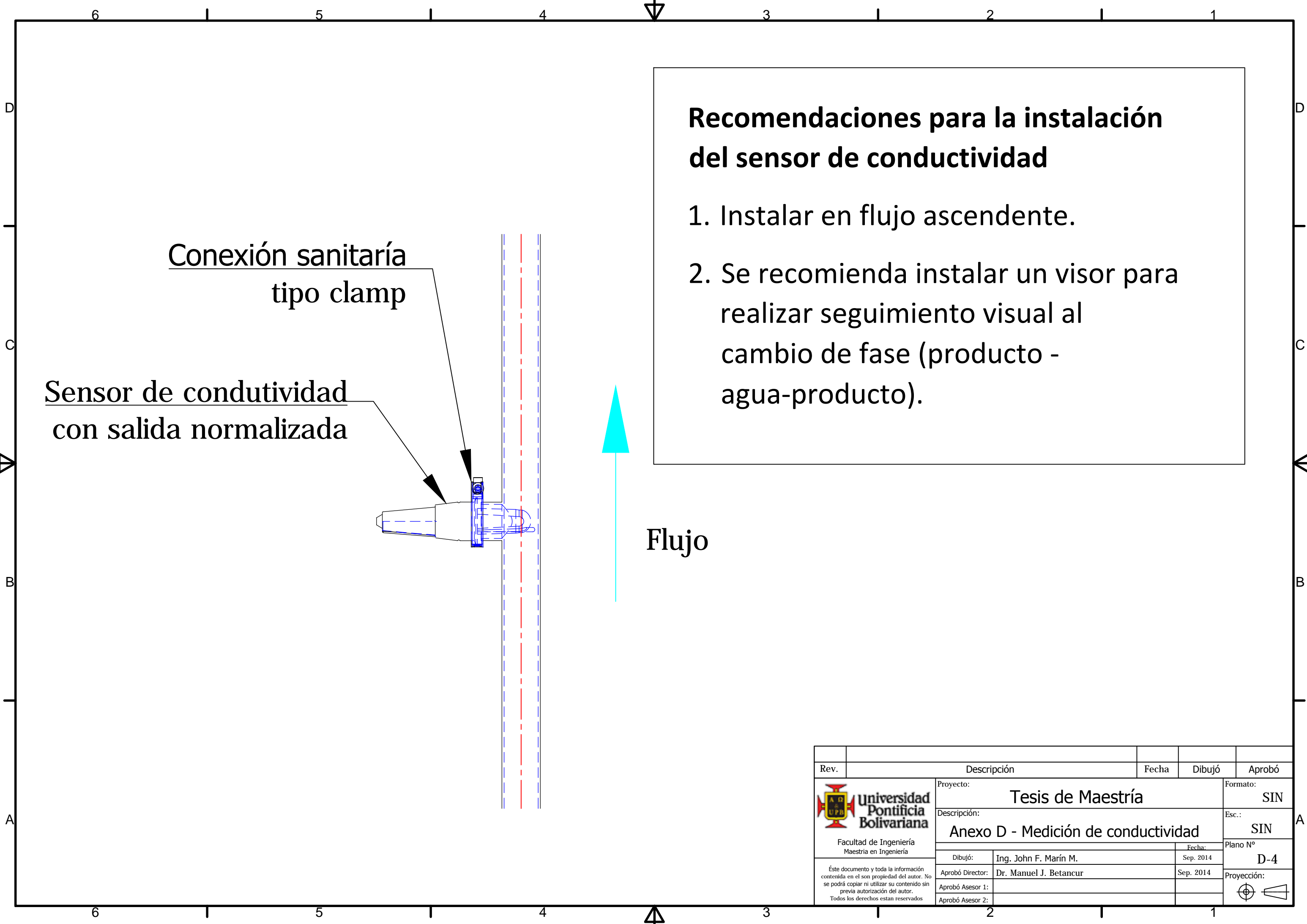
1. Instalar válvula de corte para el mantenimiento del instrumento.
2. Utilizar instrumento con conexión vertical.
3. Utilizar instrumento para aplicaciones sanitarios.
4. El material constructivo en contacto con el producto sea acorde a la aplicación. Inoxidable en 316.
5. La conexión al proceso debe ser sanitaria.

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo D - Medición local de temperatura			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N° D-3
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería

Éste documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados

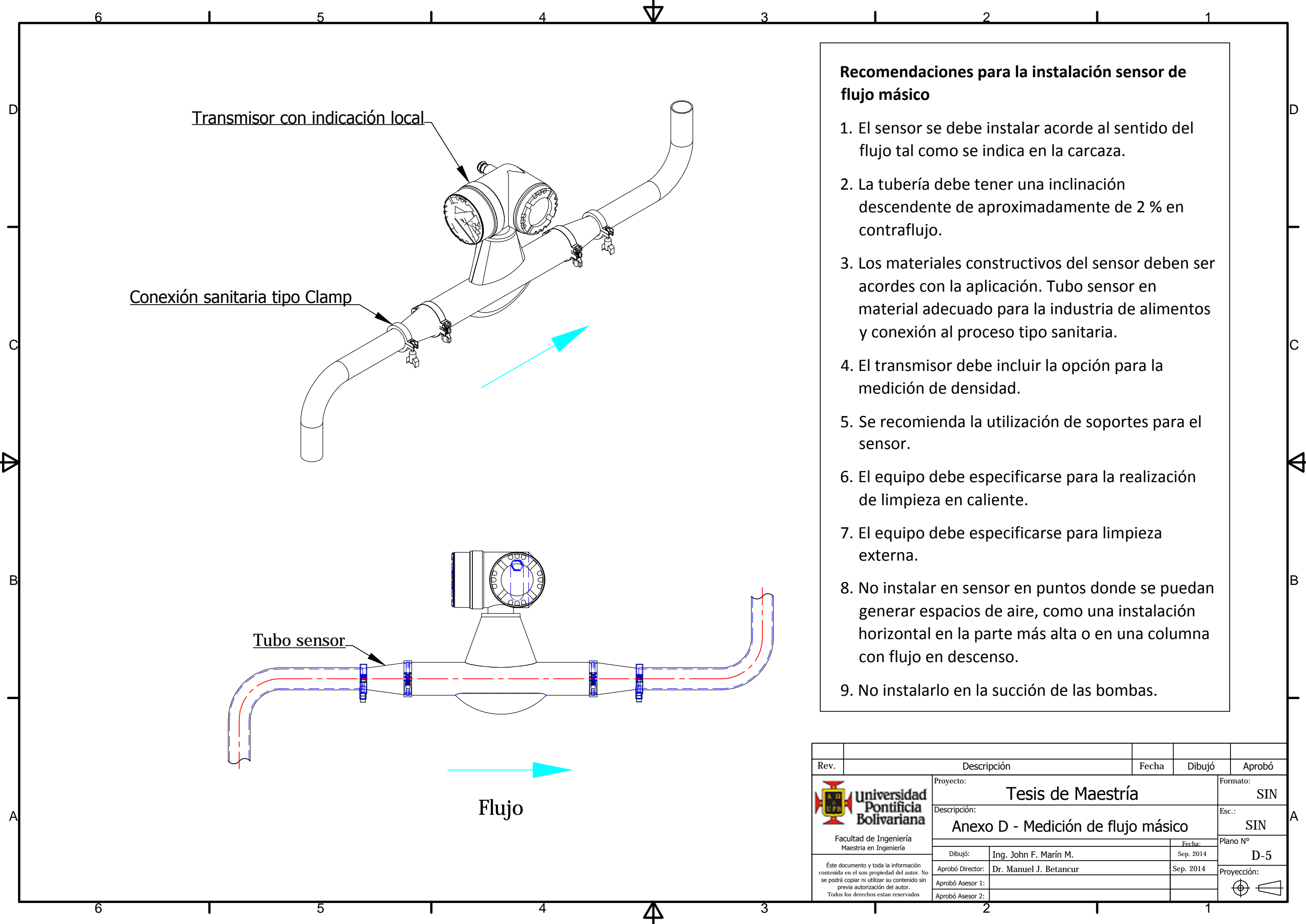


Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo D - Medición de conductividad			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N° D-4
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería

Éste documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados



Transmisor con indicación local

Conexión sanitaria tipo Clamp

Tubo sensor

Flujo

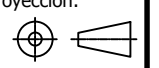
Recomendaciones para la instalación sensor de flujo másico

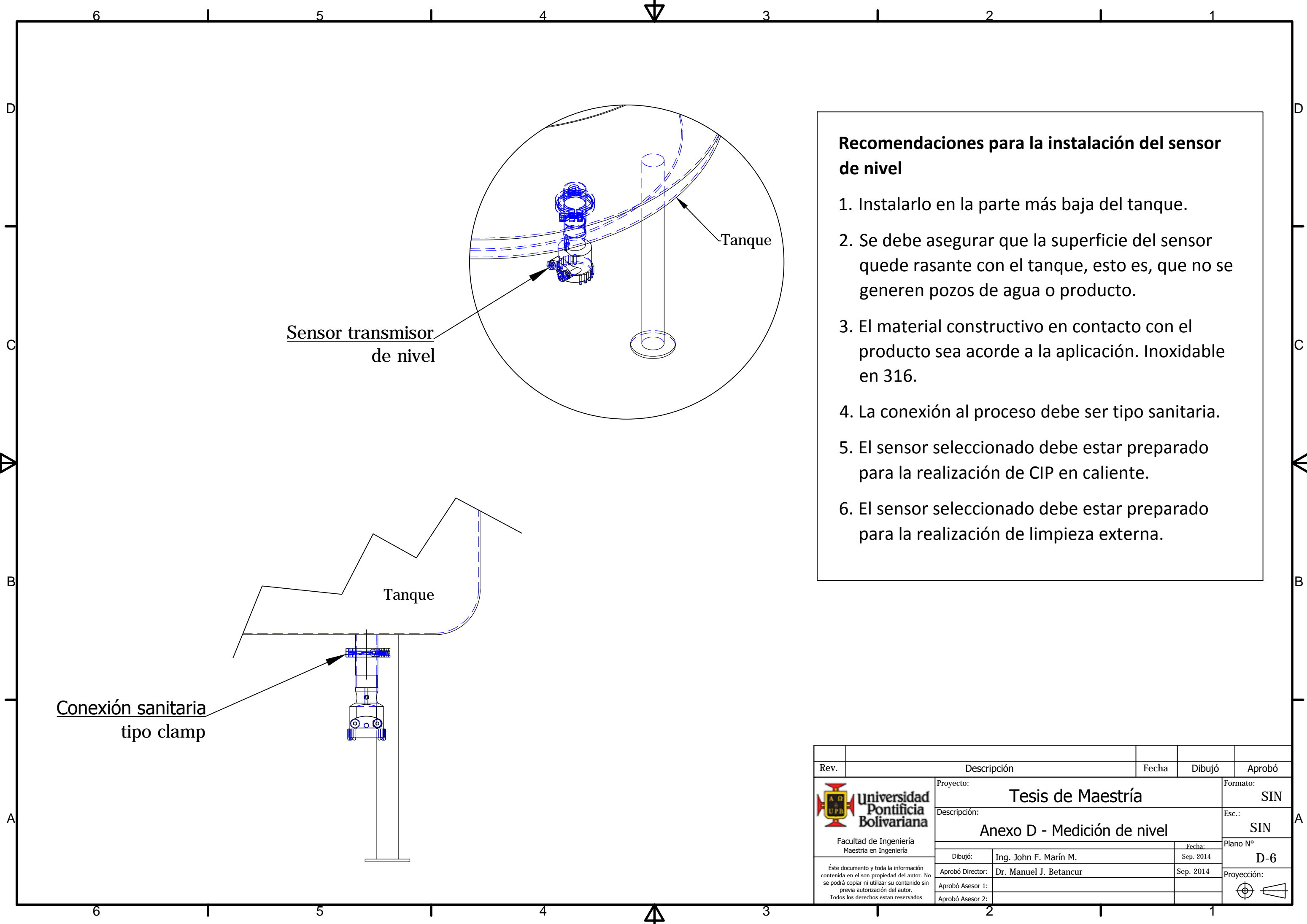
1. El sensor se debe instalar acorde al sentido del flujo tal como se indica en la carcasa.
2. La tubería debe tener una inclinación descendente de aproximadamente de 2 % en contraflujo.
3. Los materiales constructivos del sensor deben ser acordes con la aplicación. Tubo sensor en material adecuado para la industria de alimentos y conexión al proceso tipo sanitaria.
4. El transmisor debe incluir la opción para la medición de densidad.
5. Se recomienda la utilización de soportes para el sensor.
6. El equipo debe especificarse para la realización de limpieza en caliente.
7. El equipo debe especificarse para limpieza externa.
8. No instalar en sensor en puntos donde se puedan generar espacios de aire, como una instalación horizontal en la parte más alta o en una columna con flujo en descenso.
9. No instalarlo en la succión de las bombas.

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo D - Medición de flujo másico			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N° D-5
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Este documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados.



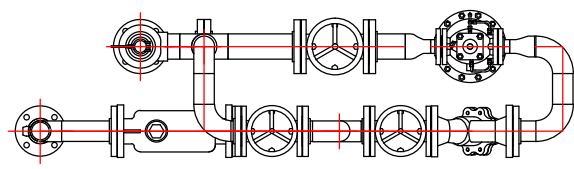
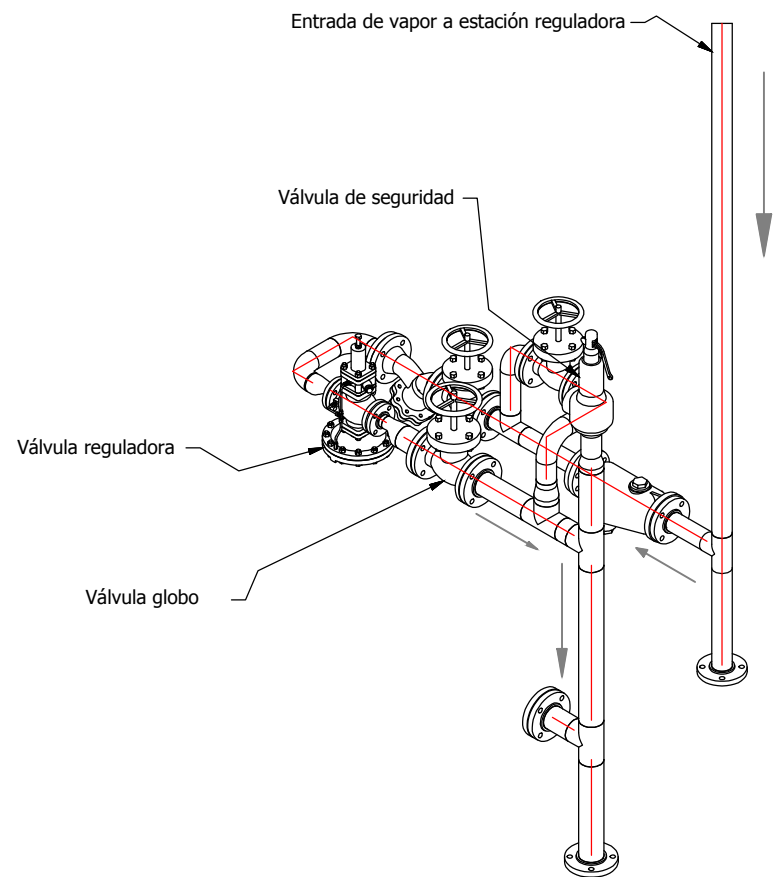
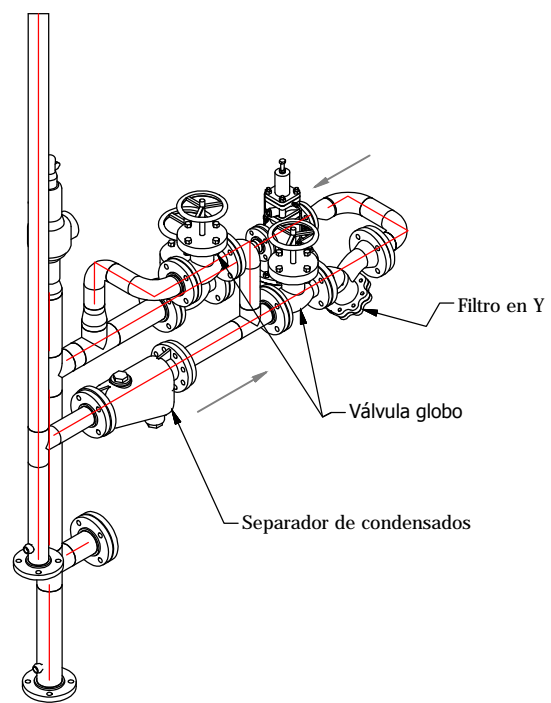


- Recomendaciones para la instalación del sensor de nivel**
1. Instalarlo en la parte más baja del tanque.
 2. Se debe asegurar que la superficie del sensor quede rasante con el tanque, esto es, que no se generen pozos de agua o producto.
 3. El material constructivo en contacto con el producto sea acorde a la aplicación. Inoxidable en 316.
 4. La conexión al proceso debe ser tipo sanitaria.
 5. El sensor seleccionado debe estar preparado para la realización de CIP en caliente.
 6. El sensor seleccionado debe estar preparado para la realización de limpieza externa.

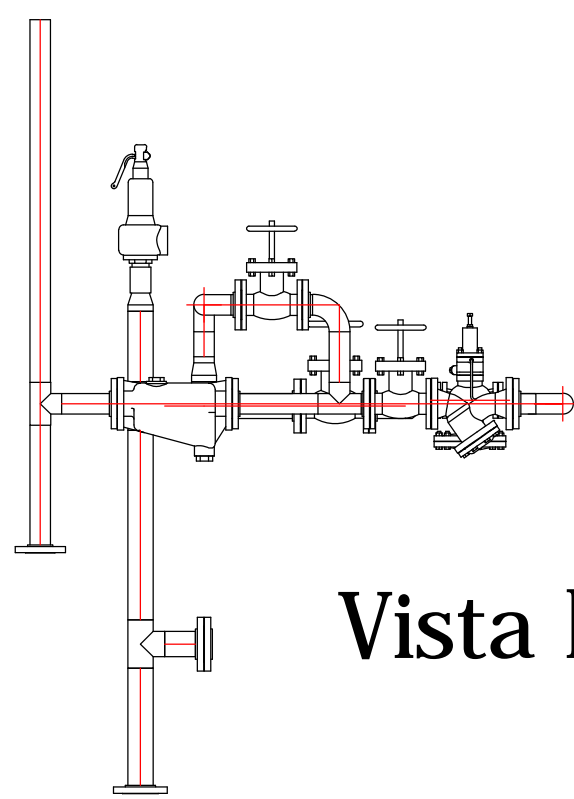
Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo D - Medición de nivel			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N°: D-6
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			

 **Universidad Pontificia Bolivariana**
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería

Éste documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados.



Vista superior

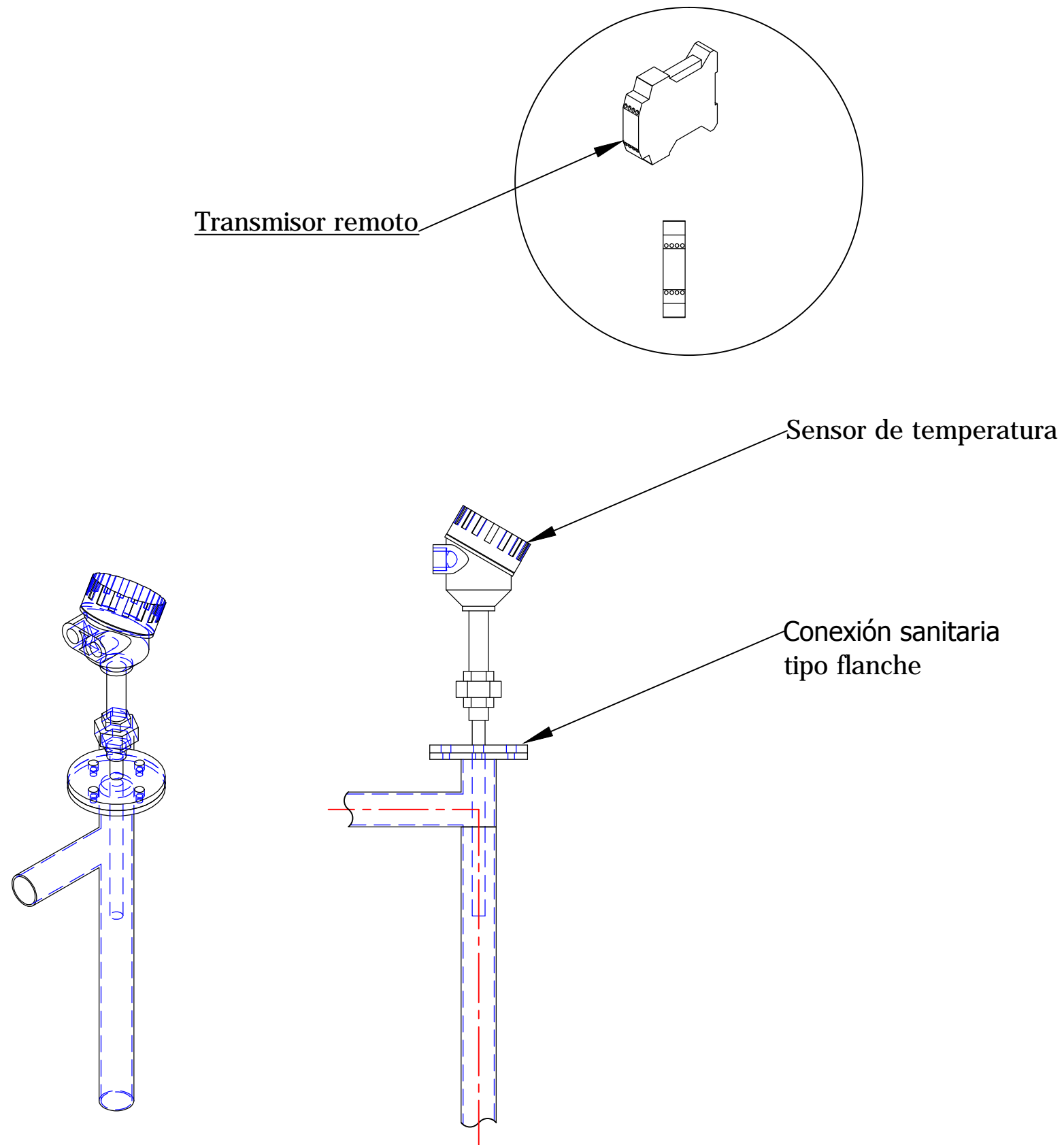


Vista lateral

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo D - Suministro de vapor			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N° D-7
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Éste documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados.



Recomendaciones para la instalación del sensor de temperatura

1. Utilizar cables de pares trenzados y/o apantallados y aislados de cables de potencia
2. Utilizar cables con recubrimiento termoestable
3. Utilizar cables de una sección de 2,5 mm²
4. El transmisor debe instalarse al interior de un armario eléctrico
5. Instalar la sonda de temperatura utilizando un pozo térmico
6. La conexión al proceso debe ser sanitaria

Rev.	Descripción	Fecha	Dibujó	Aprobó
	Proyecto: Tesis de Maestría			Formato: SIN
	Descripción: Anexo D - Medición de temperatura			Esc.: SIN
	Dibujó: Ing. John F. Marín M.	Fecha: Sep. 2014		Plano N° D-8
	Aprobó Director: Dr. Manuel J. Betancur	Sep. 2014		Proyección:
	Aprobó Asesor 1:			
	Aprobó Asesor 2:			



Éste documento y toda la información contenida en él son propiedad del autor. No se podrá copiar ni utilizar su contenido sin previa autorización del autor. Todos los derechos están reservados

Semielaborado					
INFORMACIÓN GENERAL					
Producto:		Creado por:		Categoría:	
Fecha de la última revisión:		Aprobado por:		Estado:	
					Versión

Tamaño del lote 2

Componentes	Cantidad por componente * 1000 kg de formulado	Unidades de medida:	Cantidad por componente	Nota
Jarabe		kg	0,0000	
Pulpa 1		kg	0,0000	
Pulpa 2		kg	0,0000	
Ingrediente 1		kg	0,0000	
Ingrediente 2		kg	0,0000	
Ingrediente 3		kg	0,0000	
Ingrediente 4		kg	0,0000	
Ingrediente 5		kg	0,0000	
Agua inicial		kg	0,0000	
Agua final		kg	0,0000	

Datos de producto	
*Brix Real del Jarabe:	*Brix
Azúcar (kg/l de jarabe)	kg

Datos para realizar los cálculos de ajuste de semielaborado	
*Brix	
AT	

Cantidad de azúcar del lote			
Componentes	Cantidad por componente * 1000 kg de JT	Unidades de medida	Cantidad total de azúcar
Azúcar necesario		kg	0,0000

Información del ingrediente		ORDEN DE PREPARACIÓN						Parámetros de equipo		
etapas de la receta - fases	Comentario	Fórmula						Unidad requerida	Comentarios	
		Variable	Unidad	Modo	Parámetro entrada	Parámetro de salida				
Adición pulpa	Reserva equipo				Equipo listo para producción			101-TK1		
	Adición agua		Volumen	litros	Automático		Volumen de agua inicial			
	Recirculación	Se ejecuta cuando se inicia el lote				Automático	Volumen alcanzado		101-PMP4	Se omite con aseptica
	Calentar		Temperatura	°C	Automático	Condiciones de vapor	Agua caliente		101-ST1	
	Adición pulpa 1		Unidades	U	Manual	Confirmación por el usuario	Pulpa lista para transferir			
	Transferencia		Volumen	litros	Automático	En proceso de envío				
	Adición pulpa 2		Unidades	U	Manual	Confirmación por el usuario	Pulpa lista para transferir			
	Transferencia		Volumen	litros	Automático	En proceso de envío				
Transferencia	Adición agua		Volumen	litros	Automático		Pulpa enviada			
Drenaje							Equipo vacío			
Transferencia	Transferencia					Equipo liberado				
Homogenización	Reserva equipo				Equipo listo para producción			104-TK1/104-TK2	Uno o ambos	
	Adición pulpa	Depende de la adición de pulpa, excepto para pulpa aseptica	Volumen	litros	Automático	Pulpa lista a la entrada	Pulpa lista para enviar			
	Agitación		Volumen	litros	Automático	Volumen alcanzado				
	Transferencia		Volumen	litros	Automático		En proceso de envío	104-MC1/104-PMP2		
	Transferencia	Adición agua	Volumen	litros	Automático		Pulpa enviada			
Disolución de sólidos	Drenaje						Equipo vacío			
	Transferencia	Transferencia					Equipo liberado			
	Reserva equipo				Equipo listo para producción			102-TK1		
	Adición agua		Volumen	litros	Automático	Equipo vacío				
	Recirculación	Se ejecuta cuando se inicia el lote				Automático	Sólidos agregados		102-CP1/102-PMP2	
	Agitación		Tiempo	s	Automático	Volumen alcanzado				
	Calentar		Temperatura	°C	Automático		Temperatura alcanzada			
	Adición sólidos (ingrediente 1)		Unidades	U	Manual	Confirmación por el usuario	Cantidad agregada			
Transferencia	Volumen		litros	Automático	Sólidos diluidos			103-ST2		
Transferencia	Adición agua		Volumen	litros	Automático		Sólidos enviados			
Drenaje							Equipo vacío			
Transferencia	Transferencia						Equipo liberado			
Preparación de jarabe simple	Reserva equipo				Equipo listo para producción			103-TK1/103-TK2		
	Adición agua		Volumen	litros	Automático	Equipo vacío				
	Recirculación	Se ejecuta cuando se inicia el lote				Automático	Volumen alcanzado		103-PMP2/103-ST1/103-PMP3	
	Adición de azúcar		Masa	kg	Manual	Confirmación por el usuario	Cantidad agregada			
	Agitación		Tiempo	s	Automático	Volumen alcanzado				
	Transferencia		Volumen	litros	Automático		En proceso de envío			
Transferencia	Adición agua		Volumen	litros	Automático		Jarabe enviado			
Drenaje							Equipo vacío			
Preparación semielaborado	Transferencia	Transferencia					Equipo liberado			
	Reserva equipo				Equipo listo para producción			105-TK3 y (105TK1 o 105-TK2)		
	Adición agua		Volumen	litros	Automático	Equipo vacío				
	Agitación		Tiempo	s	Automático	Volumen alcanzado				
	Adición pulpa					Pulpa lista para envío				
	Adición jarabe					Jarabe listo para envío				
	Adición sólidos (ingrediente 1)					Sólidos listos para envío				
	Adición ingrediente 2		Masa	kg	Manual	Confirmación por el usuario	Ingredientes agregados			
	Adición ingrediente 3		Masa	kg	Manual	Confirmación por el usuario	Ingredientes agregados			
	Adición ingrediente 4		Masa	kg	Manual	Confirmación por el usuario	Ingredientes agregados			
	Adición ingrediente 5		Masa	kg	Manual	Confirmación por el usuario	Ingredientes agregados			
	Balance final de masa						Liberación de calidad			
	Transferencia						En proceso de envío			
Transferencia	Adición agua		Volumen	litros	Automático		Jarabe enviado			
	Drenaje						Equipo vacío			
	Transferencia						Equipo liberado			