

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ACTUALIZACIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE
ADHESIVOS EN BASE A AGUA**

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Fernández F., Roberto A.
Hernández T., Daniel E.
Para optar al título
de Ingeniero Mecánico.

CARACAS, 2002

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ACTUALIZACIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE ADHESIVOS EN BASE A AGUA

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Rafael D'Andrea

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Gustavo Mora

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Fernández F., Roberto A.
Hernández T., Daniel E.
Para optar al título
de Ingeniero Mecánico.

CARACAS, 2002

ÍNDICE GENERAL

	pp.
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTOS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
RESEÑA HISTÓRICA DE LA COMPAÑÍA NATIONAL STARCH & CHEMICAL	3
CAPITULO I ACTUALIZACIÓN DE LA LÍNEA DE FABRICACIÓN	5
1.1 Proceso de Fabricación de Adhesivos en Base a Agua	6
1.1.1 Descripción del Proceso Productivo	6
1.1.2 Descripción del Proceso Operacional	6
1.2 Descripción de los Equipos e Instalaciones del Proceso de Fabricación de Adhesivos en Base a Agua	9
1.2.1 Área de PVA	9
1.2.2 Mezzanina de PVA	9
1.2.3 Reactores	9
1.3 Planteamiento del Problema	11
1.4 Estudio del Flujo de Materiales del Proceso	13
1.5 Propuesta para la Actualización de la Línea de Fabricación de Adhesivos en Base a Agua	16
CAPITULO II MARCO TEORICO	17
2.1 Introducción	18
2.2 Análisis Estructural	19
2.2.1 Modelo Conservador	19
2.2.2 Mezzanina del área de PVA	19
2.2.3 Elementos de Acero	19
2.2.4 Elementos de Concreto	20

2.2.5 Sobrecarga	21
2.2.6 Condición de Plena Carga	22
2.2.7 Método del Área Tributaria	22
2.2.8 Flecha	22
2.3 Estudio de Tuberías	24
2.3.1 Elementos Impulsores	24
2.3.2 Consideraciones sobre los fluidos a transportar	25
2.3.3 Ecuaciones a utilizar	26
2.3.4 Schedule	27
2.4 Automatización	28
2.4.1 Control de Procesos	28
2.4.2 Entradas y Salidas Distribuidas	30
2.4.3 Redes de Comunicación	31
2.4.4 Protocolos de Comunicación	32
2.4.5 Modelos de Sistemas de Automatización	32
CAPITULO III ANÁLISIS ESTRUCTURAL	38
3.1 Introducción	39
3.2 Cálculo de los Pesos de los Reactores	40
3.3 Descripción de las Vigas y Columna a utilizar en el Proyecto	42
3.4 Cálculo de Momentos Admisibles de las Vigas en Estudio	43
3.5 Análisis de los Elementos de Estructura Civil involucrados en el Proyecto	45
3.5.1 Análisis de la Viga B (I 240) entre 1-2	49
3.5.2 Análisis de la Viga 2 (I 280 x 2)	53
3.5.3 Análisis de la Columna A-3 (HEB 180)	57
3.5.4 Análisis de las Fundaciones	61
3.6 Diseño y Reubicación de una Nueva Sala de Control	64
CAPITULO IV ESTUDIO DE TUBERÍAS	67
4.1 Introducción	68
4.2 Determinación del Punto de Operación de las Bombas	68

4.3 Caída de Presión en la Líneas de Suministro de Agua, Vapor y PVA	73
CAPITULO V AUTOMATIZACIÓN	77
5.1 Introducción	78
5.2 Elaboración del Plano P&ID	79
5.3 Conteo de las Señales presentes en el Sistema	80
5.4 Investigación y Análisis de los Diferentes Tipos de Protocolos y Redes Utilizadas para la Comunicación	81
5.4.1 Tipos de Protocolos Utilizados para la Comunicación	81
5.4.2 Tipos de Red Comunicación	85
5.5 Selección del Sistema de Automatización a Utilizar	88
5.6 Selección de la Solución a Implementar para la Automatización del Proceso	90
CAPITULO VI ANÁLISIS DE COSTOS	93
6.1 Introducción	94
6.2 Costos Involucrados en la Estructura Civil y Reubicación de los Reactores	95
6.2.1 Costo por concepto de Acero	98
6.2.2 Costo por concepto de Concreto	101
6.2.3 Costo por concepto de Excavaciones	103
6.2.4 Costo por concepto de Reubicación de los Reactores	104
6.2.5 Costo Total por Ampliación de la Estructura Civil	105
6.3 Costos Involucrados en la Modificación de la Red de Tuberías	106
6.3.1 Costo de la Instalación de una Nueva Red de Tuberías para la Mezzanina PVA	107
6.3.2 Costo de la Instalación de la Modificación Propuesta	108
6.4 Precios de los Equipos Seleccionados para la Automatización	110
6.4.1 National Instruments	111
6.4.2 Rockwell Automation	111
6.4.3 Honeywell	112
6.4.4 Equipo Seleccionado	112

6.5 Costo Total del Proyecto	114
6.6 Tiempo de Ejecución del Proyecto	115
CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
7.1 Conclusiones	118
7.2 Recomendaciones	122
BIBLIOGRAFÍA	123
APÉNDICE	
1 Análisis Estructural	
2 Estudio de Tuberías	
3 Automatización	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	pp.
Tabla N°1 “Resumen de los Pesos de los Reactores”	41
Tabla N°2 “Características de los Perfiles I”	43
Tabla N°3 “Características del Perfil HEB 180”	43
Tabla N°4 “Momentos Admisibles de las Vigas en Estudio”	44
Tabla N°5 “Listado Total de las Señales Requeridas en la Automatización del Proceso”	80
Tabla N°6 “Cantidad de Acero en kgs Necesarias para la Ampliación de la Mezzanina PVA”	98
Tabla N°7 “Costos por concepto de las Diferentes Actividades de Ampliación Estructural”	105
Tabla N°8 “Tiempos de las Diferentes Actividades del Proyecto”	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	pp.
Figura N°1 “Flujo de Materiales en el Proceso Actual”	14
Figura N°2 “Diseño Propuesto para el Flujo de Materiales”	15
Figura N°3 “Tipos de Perfiles utilizados”	42
Figura N°4 “Mezzanina – Diseño Actual”	46
Figura N°5 “Mezzanina – Diseño Propuesto”	47
Figura N°6 “Viga B (I 240) entre 1-2”	49
Figura N°7 “Diagramas de Cargas, Corte y Momento de la Viga B (I240) entre 1-2”	51
Figura N°8 “Viga 2 (I 280x2)”	53
Figura N°9 “Diagramas de Cargas, Corte y Momento de la Viga 2 (I 280x2)	55
Figura N°10 “Columna A-3 (HEB 180)”	57
Figura N°11 “Fundación”	61
Figura N°12 “Dimensiones Finales de las Fundaciones”	63
Figura N°13 “Sala de Control - Vista Lateral - Vista Posterior”	65
Figura N°14 “Sala de Control”	66
Figura N°15 “Punto de Operación de la Bomba de Agua”	71
Figura N°16 “Punto de Operación de la Bomba de PVA”	72

*A mis padres y a mi hermano
A la memoria de mi abuela Trina*

Roberto Fernández F.

A mis Padres y a mi hermano
A la memoria de mi abuelo Pantaleón
A Rosa, Cristina y Mora
A Yarilde
A Rafé

Daniel E. Hernández T.

AGRADECIMIENTOS

A las siguientes personas, por habernos brindado su valioso apoyo y colaboración, tanto personal, como profesional durante el desarrollo de este trabajo:

Ing. Rafael D'Andrea

Ing. Gustavo Mora

Ing. Antonio Güell

Ing. Maria Rodríguez de Prato

Ing. José Luis Perera

Ing. José Roldan

Ing. José Barriola

Ing. Pedro Alvarenga

Ing. Igor Alvarado

Arq. Eduardo E. Hernández

y a todas las demás personas que de una u otra forma contribuyeron a la elaboración de este trabajo.

A todos ustedes, muchas gracias.

Fernández F., Roberto A., Hernández T., Daniel E.,

ACTUALIZACION DE LA LINEA DE FABRICACION DE ADHESIVOS EN BASE A AGUA

**Tutor Académico: Prof. Ing. D'Andrea, Rafael. Tutor Industrial: Ing. Mora,
Gustavo. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería
Mecánica. 124 pág.**

Proceso de fabricación, automatización, cálculos estructurales, análisis de costos.

En el presente trabajo se realiza la actualización y modernización de la línea de fabricación de adhesivos en Base a Agua; para lo cual se realizaron las siguientes actividades preliminares: inventario de los equipos involucrados en el proceso, conocimiento y familiarización con el proceso productivo y de fabricación, elaboración de los planos de instrumentación y tuberías (P&ID), y de estructura civil actuales; identificar y solucionar los aspectos críticos que afectan el proceso productivo y la calidad de sus productos. Seguidamente, después de involucrarnos con el proceso y puntualizar aquellos aspectos a optimizar, procedimos a construir la propuesta para la actualización de la línea de fabricación, involucrando las siguientes actividades: diseño y análisis de costos por concepto de la redistribución de los reactores, lo cual implica una ampliación de la estructura civil de la mezzanina de PVA y la redistribución de las líneas de tuberías asociadas; cálculos estructurales y de tuberías, además de considerar sus costos; diseñar una nueva sala de control; recopilación de datos para el estudio de la automatización; investigar y hacer el contacto con las empresas acerca de los posibles sistemas de automatización a implementar; solicitar cotización por los equipos preseleccionados, seleccionar la empresa con la mejor propuesta de sistema; diseñar un esquema para el flujo de materiales; reportar el costo total del proyecto. Al final del proyecto concluimos que la propuesta servirá para la optimización del proceso de fabricación en general, gracias a las modificaciones y actualizaciones anteriormente nombradas.

INTRODUCCION

El presente Trabajo Especial de Grado titulado “Actualización de la línea de fabricación de adhesivos en Base a Agua”, tiene como objeto presentar una propuesta de modernización que contribuya a mejorar la calidad de los procesos y de los productos en el área de fabricación de adhesivos en Base a Agua, de la compañía National Starch & Chemical.

Denominaremos área de PVA al área de fabricación de adhesivos en Base a Agua, esto debido a que uno de los ingredientes principales de este adhesivo es una emulsión de agua y Polivinil Acetato. El área de PVA es una mezzanina formada por una estructura civil de acero y concreto, integrada fundamentalmente por 5 reactores encargados de efectuar la tarea de fabricación, a través de un proceso de agitación y mezcla, acompañado de calentamiento y enfriamiento.

Para elaborar la propuesta de modernización del proceso, debimos realizar varias actividades preliminares, tales como: hacer un inventario de los equipos involucrados en el proceso de fabricación; investigar y familiarizarnos con el proceso; actualizar y elaborar los planos de instrumentación y tuberías, así como también los de la estructura civil de la mezzanina; indagar aquellos aspectos del suministro, fabricación y descarga, que puedan influir en la calidad del producto e identificar los errores y fallas más frecuentes y representativos.

Posteriormente, después de conocer el proceso, los elementos que lo integran, y las posibles fallas, procedimos a construir la propuesta de actualización y modernización para el área de PVA, la cual involucrará las siguientes actividades: redistribución del flujo de materiales en el área de producción, abarcando lo concerniente a materia prima, producto en fabricación, producto terminado y almacenamiento; redistribución de los reactores, lo que implica la ampliación y

modificación de la estructura civil de la mezzanina, y reubicación de los reactores; redistribución de las líneas de tuberías; actualización y mejora del sistema automatizado; así como la reubicación y diseño de una nueva sala de control, integrada principalmente por la consola de control y un pequeño laboratorio para el control de calidad.

Cada uno de los puntos anteriormente mencionados serán desarrollados a un nivel básico de ingeniería, aunque en casos como la mejora de la automatización y el diseño y chequeo de la estructura civil se hizo un análisis de mayor profundidad; es importante acotar que estas actividades fueron realizadas bajo la orientación y asesoría de profesionales especialistas en las respectivas áreas.

Finalmente se reportará el costo del proyecto, donde se presentarán detalladamente los precios y costos de los elementos y actividades involucradas en la solución propuesta, de esta manera, se tendrá a disposición toda la información necesaria a la hora de ejecutar este proyecto.

RESEÑA HISTORICA DE LA COMPAÑÍA NATIONAL STARCH & CHEMICAL

La compañía Adgovenca perteneciente al grupo Corimon-Pegamon, comenzó sus operaciones en Caracas a finales de los sesenta, produciendo principalmente adhesivos en base a agua, almidones y solventes. Posteriormente para el año 1.976 se traslada a la ciudad de Charallave, debido a un incremento progresivo en el volumen de producción, lo cual requería una ampliación del espacio físico, además esta zona era muy atractiva en aquel momento, ya que se proyectaba iba a tener un gran desarrollo industrial y comercial con el valor agregado de la construcción del plan ferroviario nacional.

Esta nueva planta contará con dos líneas de producción de adhesivos; la línea de Hot Melt y la línea de adhesivos en base agua o PVA, llamada de esta forma debido a que este producto se fabrica a partir de una emulsión de polivinil-acetato y agua. Es en esta última área donde enfocaremos nuestro trabajo; nuestro objetivo será mejorar la productividad de esta línea y la calidad de sus productos, principalmente a través de mejoras en el sistema automatizado.

Para finales de los ochenta la compañía National Starch & Chemical compra gran parte de las acciones de Adgovenca, siendo accionista mayoritario, implementando su tecnología y procesos en la misma, esto implicó una diversificación en la gama de productos de la empresa, incluyendo así la producción de caseínas, dextrinas, emulsiones poliméricas y alcoholes (polioles).

Para aquel tiempo y hasta hace tres años, la compañía operaba bajo el nombre de Adgovenca, aunque se regía por los procedimientos de National Starch & Chemical. Hoy en día la compañía posee el nombre de National Starch & Chemical.

En el momento en que National Starch & Chemical asume el control de la empresa en el año 1.988, se tenían instalados tres reactores en la línea de fabricación de adhesivos en base a agua, los cuales eran: el reactor TB 40, con capacidad de 4.000 litros; el TB 60, con capacidad de 6.500 litros y el TB 70, con capacidad de 7.000 litros, todos con la característica de poder fabricar los diversos productos de la línea en base agua.

Debido al incremento en la demanda de caseínas, se construye e instala en el año 1.991 un reactor especial para la fabricación de este producto, aunque en un futuro será utilizado para otros adhesivos. Este reactor tiene una capacidad de 3.500 litros y se conoce como TB 35.

Posteriormente en el año 1.994 debido al período de recesión en que se encontraba el país, se comienzan a manejar menores volúmenes de producción, por lo cual se instala el reactor experimental TB 6, de capacidad para 1.000 litros, con el propósito de fabricar menores cantidades de producto, además de hacer más rentable su comercialización y ser más competitivo en el mercado.

Debido a que el 80% de los procesos son reacciones químicas, las cuales involucran enfriamiento y calentamiento, se instala un chiller en el año de 1.997, con la finalidad de contribuir a un mejor rendimiento en el proceso de fabricación.

Actualmente los principales consumidores de adhesivos en base a agua de la compañía son: cervecerías Polar, Brahma, Regional, Tabacalera Nacional y otras empresas en el Caribe y Pacto Andino. Entre los competidores de la compañía se cuentan: Couttenye, Henkel, Intequim y Químicas Victoria.

A nivel mundial, la compañía National Starch & Chemical, perteneciente al grupo ICI, está dedicada principalmente a la producción de pegamentos, almidones, polímeros, compuestos sintéticos, y otros químicos. Emplea a más de 10.000 personas en 150 instalaciones ubicadas en 38 países de los 5 continentes.

CAPITULO I
ACTUALIZACIÓN DE LA
LÍNEA DE FABRICACIÓN

1.1 Proceso de Fabricación de Adhesivos en Base a Agua

Con el objeto de explicar y familiarizar al lector con el propósito del trabajo, serán desarrollados los procesos productivos y operacionales inmersos en la fabricación de adhesivos en Base a Agua; a fin de conocer el funcionamiento y comenzar a destacar las variables críticas a actualizar u optimizar en el desarrollo de la propuesta de modernización. Seguidamente se explicarán estos puntos.

1.1.1 Descripción del Proceso Productivo

A continuación se enunciarán secuencialmente las actividades que se realizan durante el proceso productivo para la fabricación de adhesivos en Base a Agua.

- Traslado de las materias primas del almacén al área de preparación
- Preparación de la materia prima
- Traslado de la materia prima al área de fabricación
- Carga de la materia prima en el reactor a utilizar
- Fabricación del producto
- Control de calidad
- Descarga y envase del producto terminado
- Traslado al almacén.

1.1.2 Descripción del proceso operacional

El proceso operacional para la fabricación de adhesivos en Base a Agua consiste fundamentalmente en el desarrollo de las siguientes actividades:

Se recibe la orden de producción, donde se indica qué producto se va a fabricar, la receta de fabricación, en qué cantidad, y en qué reactor se va a mezclar.

La planta fabrica alrededor de 30 productos diferentes en la línea de PVA, por lo que se está variando constantemente la “receta” para elaborar el adhesivo.

Se selecciona la carga de agua y se agrega en el reactor seleccionado. Luego se arranca el motor del mezclador y se procede a agregar manualmente (y mezclar al mismo tiempo) varias materias primas (productos químicos), algunos a granel, y otros en estado líquido o sólido. Los ingredientes adicionales agregados a la base de PVA dependen del producto que se desee fabricar.

Durante el proceso de mezclado en algunos casos se realizan una serie de pasos de calentamiento y enfriamiento del contenido del reactor, los cuales variarán en temperatura y tiempo dependiendo del producto que se desee fabricar. El calentamiento se hace empleando vapor sobrecalentado, procedente de una caldera, y el enfriamiento con agua procedente de un chiller. En el caso del vapor, este se inyecta a la chaqueta del reactor o directamente a la mezcla, según se requiera, y en el caso del agua de enfriamiento, solamente se hace fluir por la chaqueta.

El operador registra el tiempo de cada paso del proceso y abre o cierra las válvulas de paso de vapor y agua de enfriamiento según se necesite desde la consola de control. Existen lazos de control para el flujo de agua y para el control de temperatura, que se encargan de regular automáticamente estos procesos a través de válvulas autorreguladoras. Es de hacer notar que no se estudiará la automatización de los equipos de servicio (chiller, caldera), aunque sí su relación con el proceso.

Luego de completadas las fases de mezcla e intercambio de calor, se realiza el control de calidad correspondiente y ajustes de ser necesario, para luego dejarse reposar el producto hasta alcanzar la temperatura para poder ser envasado.

La fase de descarga se puede realizar de dos maneras: descargando directamente el producto debajo del reactor, o a través de la máquina llenadora.

En la descarga directa del producto debajo del reactor, el procedimiento es el siguiente: se abre manualmente una válvula de bola, y por efecto de la gravedad se deja fluir el producto a un envase dispuesto para su almacenamiento. Resaltamos, que se dispone de tres tipos de envases para el almacenamiento de los productos, los cuales son: cuñetes de 20 y 30 Kg, tambores de 200 litros, y pailas de 1000 litros.

En la descarga a través de la maquina llenadora, el procedimiento es el siguiente: se conecta un extremo de la manguera a la boca de descarga del reactor, y el otro extremo esta acoplado a la boca de succión de la bomba, la descarga de la bomba esta conectada a la válvula de llenado a través de otra manguera. Seguidamente se colocan el o los envases (se puede llenar un máximo de 4 tambores o una paila) sobre la balanza, luego se indica al controlador la capacidad del envase a llenar y se presiona el botón de accionamiento del proceso de llenado. Posteriormente el controlador procederá a posicionar la válvula, y luego ordenará la apertura para comenzar la descarga. Simultáneamente el peso será censado y de esta manera al llegar a un set point, el controlador enviará una señal a la válvula y ésta se detendrá.

Finalizada la etapa de descarga, se procede a etiquetar el envase y trasladarlo al almacén, para luego ser despachado al cliente.

1.2 Descripción de los Equipos e Instalaciones del Proceso de Fabricación de Adhesivos en Base a Agua

En este punto serán presentadas la descripción y características más importantes de las instalaciones y equipos involucrados en el proceso de fabricación de adhesivos en Base a Agua.

1.2.1 Área de PVA

El área de fabricación de adhesivos en Base a Agua, es comúnmente llamada área de PVA, esto debido a que uno de los ingredientes principales de este adhesivo es una emulsión de agua y Polivinil Acetato. El área de PVA es una mezzanina formada por una estructura civil de acero y concreto, integrada fundamentalmente por 5 reactores encargados de efectuar la tarea de fabricación, a través de un proceso de agitación y mezcla, acompañado de calentamiento y enfriamiento. A continuación daremos las características de la mezzanina y cada uno de los reactores.

1.2.2 Mezzanina de PVA

La mezzanina de PVA es el área física destinada a soportar a los reactores del proceso de fabricación, está formada por una estructura de vigas y columnas de acero, un pasillo central de concreto, piso de lamina estriada de acero y una sala para el control automatizado del proceso.

1.2.3 Reactores

En este segmento presentaremos las características y propiedades más comunes de los cinco reactores, a fin de conceptuar el propósito y el funcionamiento de éstos.

Un reactor es un tanque cilíndrico con fondo plano o semiesférico, fabricado en acero al carbono, el cual es utilizado para efectuar la preparación de un producto a fabricar. Está formado por: un juego de aspas y un sistema motriz, encargados de realizar la tarea del mezclado de las diferentes materias primas necesarias; puede o no tener chaqueta, dependiendo de si se requiere o no inyección directa de vapor sobrecalentado; la chaqueta también se puede utilizar para realizar un proceso de enfriamiento con agua procedente de un chiller.

Las especificaciones de los cinco reactores del proceso, los componentes que los integran, y de algunos equipos de servicio, están incluidas la sección de anexos.

1.3 Planteamiento del Problema

La realización de este trabajo se fundamenta en el hecho de que actualmente el proceso de fabricación de adhesivos en Base a Agua presenta ciertas deficiencias en lo referente al flujo de materiales y operatividad del proceso, lo que ocasiona que el producto terminado no resulte con la calidad deseada, además de presentarse excesos de tiempo en su producción.

Analizando con más detalle los aspectos previamente expuestos, podemos identificar como deficiencias del proceso los siguientes puntos.

Referente al *flujo de materiales* conseguimos que:

El almacén de las materias primas y el de producto terminado, están ubicados en sitios poco estratégicos, lo cual genera cruces de líneas vinculadas a las actividades del suministro y descarga de materiales.

El área destinada para el ingreso de las materias primas en la mezzanina de PVA, es de muy poca dimensión, lo que limita las cantidades que puedan ser suministradas en determinado momento.

El área utilizada en la mezzanina para colocar la materia prima mientras se espera el momento de su carga al reactor, no es la adecuada, debido a que se utiliza el espacio lateral a los lados del reactor, lo cual entorpece las actividades del operador.

El procedimiento de descarga se realiza debajo de la mezzanina, en ambos lados de la misma, no teniendo un espacio físico adecuado para tal actividad, además de poner en peligro la seguridad del operador.

Referente a la *operatividad del proceso* conseguimos que:

Debido a que gran parte de las operaciones del proceso son ejecutadas, accionadas y supervisadas por el operador, es posible incurrir en errores por parte del humano, bien sea por distracción, mala lectura de la receta, negligencia, fatiga, y otros. Una revisión de los reportes de producción evidencia que en la mayoría de los casos no se consigue la calidad deseada en los productos a causa de estos factores.

Actualmente el sistema automatizado, no es autónomo, por lo cual necesita de un operador que realice las diferentes tareas asociadas al proceso de fabricación, por esta razón y apoyándonos en el punto anterior, se pueden cometer errores de operación que afectarán la calidad de los productos.

El sistema tiene un nivel básico de automatización el cual realiza tareas sencillas como abrir y cerrar válvulas o encender y apagar motores.

1.4 Estudio del Flujo de Materiales del Proceso

Actualmente el flujo de materiales del proceso de fabricación de adhesivos en Base a Agua es bastante desorganizado (ver Figura N°1), debido a que gran parte de las líneas de flujo se intersectan, generando retrasos y un limitado control de las diferentes actividades.

La siguiente propuesta tiene como finalidad, diseñar un sistema para el flujo estratégico de los materiales en el proceso. Este sistema será orientado a proporcionar una mejor disposición y control del proceso, lo cual se logrará distribuyendo organizadamente las actividades de: suministro y preparación de las materias primas; fabricación de los productos; y descarga y almacenamiento de los productos terminados.

Uno de los aspectos principales que abarca esta propuesta, consiste en la redistribución lineal, tanto como se permita, de las actividades involucradas, a fin de evitar los cruces entre las líneas de flujo. Esta propuesta, a su vez, implica proponer una nueva ubicación y modificación de las diferentes áreas del proceso (almacén, preparación, fabricación, y descarga). Más adelante en capítulos siguientes, serán explicadas con mayor detalle, estas modificaciones.

Finalmente, en la Figura N°2 , se muestra el modelo propuesto para la nueva redistribución del flujo de los materiales en el proceso, donde se observa un mejor control y organización de las actividades involucradas.

1.5 Propuesta para la Actualización de la Línea de Fabricación de Adhesivos en Base a Agua

Después de estudiar el proceso de fabricación y analizar la problemática expuesta en la sección de planteamiento del problema, consideramos necesario proponer una solución, dando origen al desarrollo de este trabajo, la cual tiene como aspectos fundamentales los siguientes:

Proponer un nuevo esquema para el flujo de materiales, que permita tener una distribución de las actividades, tan lineal como sea posible, con el objeto de hacer más eficiente al proceso.

El esquema propuesto para el flujo de materiales mostrado en la Figura N°2, implica una serie de modificaciones, tales como: redistribución y posterior reubicación de los reactores, para lo cual tendremos que realizar una ampliación de la estructura civil de la mezzanina de PVA; reubicar las diferentes líneas de tuberías y la maquina llenadora; y diseñar una nueva sala de control, y proponer un nuevo espacio para ella.

Por otro lado, y no menos importante, se estudiará la propuesta para un nuevo sistema de automatización a implementar al proceso de fabricación, para lo cual se hará una investigación acerca de las tecnologías y tendencias actuales para la automatización de procesos industriales, de manera de obtener un sistema más independiente y autónomo, que pueda realizar las tareas y supervisarlas por si mismo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Este capítulo de marco teórico tiene como objeto, presentar los diversos conceptos, términos y demás elementos de interés a utilizar en el desarrollo del trabajo, los cuales serán agrupados en bloques asociados a los diferentes temas a tratar en el proyecto.

Es importante resaltar que la información expuesta en este capítulo fue adquirida por medio de referencias bibliográficas y electrónicas (Internet), además de la obtenida a través de reuniones con personal especializado en las diferentes áreas estudiadas.

Aunque sería recomendable comenzar esta base teórica con conceptos tan básicos como la definición de número e impulso eléctrico, consideramos que el lector tiene un nivel suficiente como para comprender y manipular estas nociones fundamentales necesarias para el desarrollo de este trabajo.

Como se mencionó previamente, este capítulo será dividido en varios bloques, tales son: análisis estructural, análisis de tuberías, y automatización. A continuación serán desglosados los bloques anteriormente mencionados.

2.2 Análisis Estructural

A continuación se presentará una descripción de los conceptos, términos y componentes relacionados al estudio de la ampliación estructural; de esta manera serán sustentados los cálculos, análisis y demás criterios planteados en el desarrollo del capítulo de ampliación estructural y reubicación de los reactores.

2.2.1 Modelo Conservador

En términos generales nos referiremos a un modelo conservador, cuando el elemento en estudio se encuentre del lado de la seguridad.

2.2.2 Mezzanina del área de PVA

En esta mezzanina se encuentran los cinco reactores dispuestos para el proceso de fabricación de adhesivos en base a agua; la estructura que la conforma está compuesta principalmente por los siguientes elementos, vigas y columnas de acero, losa de concreto, lámina estriada de acero, fundaciones, y otros elementos menores que integran el conjunto. Actualmente la mezzanina tiene una extensión lateral donde se sitúa la sala de control (ver figura), además de contar con un área para el suministro de materia prima por medio de un montacargas.

2.2.3 Elementos de Acero

Vigas

Una viga es una barra generalmente dispuesta horizontalmente en la que actúan fuerzas transversalmente a su eje. Para el caso en estudio consideraremos que las vigas soportan cargas puntuales y distribuidas, además de estar apoyadas en sus extremos.

Columnas

Una columna es una barra dispuesta verticalmente en la cual las cargas se aplican en la dirección de su eje. Para el caso en estudio consideraremos que las columnas soportaran cargas puntuales provenientes de las reacciones de las vigas, y estas a su vez transmitirán las cargas a las fundaciones.

Las vigas en estudio son de la serie IPN o serie I, y las columnas son de la serie HEB (ver anexos). Ambos elementos están fabricados en acero estructural al carbono corriente AE-25 según norma COVENIN, con una tensión cedente (F_y) de 2500 kgf/cm^2 (ver anexos). De igual forma se puede emplear acero estructural al carbono corriente DIN St-37, con una tensión cedente muy parecida de 2400 kgf/cm^2 .

Lámina Estriada

Consideraremos a una lámina estriada, como un elemento de acero utilizado para proporcionar una superficie de antirresbalante y adherente. La lámina en estudio posee un espesor de 6 mm, y se tomará como peso unitario del acero el valor de 7850 kgf/m^3 .

2.2.4 Elementos de Concreto

Losa

Es una losa maciza de concreto de 24 cm de espesor. Se tomará como peso unitario del concreto el valor de 2500 kgf/m^3 .

Fundaciones

Las fundaciones son los elementos encargados, principalmente, de soportar las cargas verticales, impedir los movimientos horizontales, y contribuir con la resistencia del suelo de manera que la estructura no la venza. Sus componentes principales son una zapata y un pedestal, este último es utilizado generalmente para proporcionar un amarre a la estructura por medio de unas vigas de riostra, las cuales van unidas entre pedestales adyacentes.

Para el caso en estudio se considerarán zapatas cuadradas con una dimensión mínima por lado de 1 m, y una altura de 24 cm; y el pedestal de 20 cm por lado, y una altura entre 1–1,5 m.

Con estas observaciones se realizará el diseño y la revisión de las fundaciones, a fin de garantizar que éstas posean las dimensiones requeridas para soportar la estructura. Se considerará la resistencia admisible del suelo como $\sigma_{\text{adm suelo}} = 1 \text{ kgf/cm}^2$, éste es un valor conservador, para un suelo con una capacidad de soporte razonable.

2.2.5 Sobrecarga

Consideramos un valor de sobrecarga de 300 kgf/m^2 (ver anexos) para tomar en cuenta el efecto de las cargas variables debidas al uso de la estructura como consecuencia del personal, materiales y equipos sobre la plataforma de la misma; de esta manera se obtiene un sobredimensionamiento y un factor de seguridad que nos permiten hacer un análisis conservador de la estructura de la mezzanina, equipos y su contenido en plena operación.

2.2.6 Condición de Plena Carga

Se considerará que una viga se encuentra a plena carga, cuando el valor del M_{servicio} esté próximo al valor del $M_{\text{admisible}}$; en este caso aunque las consideraciones hayan sido conservadoras, se aplicará un valor de corrección para garantizar que la viga no falle.

2.2.7 Método del Área Tributaria

Este método es utilizado para el diseño o revisión de las vigas y columnas que conforman a una estructura, y consiste en el análisis de todas las cargas que inciden sobre ésta a fin de chequear que la resistencia de la misma sea la adecuada.

El procedimiento consiste en seleccionar una viga o columna a estudiar, luego se tomará para ambos lados de la misma, la distancia media entre ésta y el próximo elemento que cumpla la misma función, y se analizan las cargas en esa región. Igualmente se deben considerar las reacciones de vigas, y los apoyos de equipos, los cuales son representados como cargas concentradas.

2.2.8 Flecha

Se define como la deformación según una línea curva del eje longitudinal de una viga por la acción de cargas transversales. Para el caso en estudio, siendo conservadores, consideraremos que la viga no presenta flecha excesiva, cuando se cumpla con la siguiente relación:

$$\frac{L}{d} \leq \frac{56000 \text{ kgf/cm}^2}{F_y} \times \frac{M_{\text{admisible}}}{M_{\text{servicio}}}$$

donde,

L = luz o longitud de la viga

d = altura de la viga

Esta es una ecuación utilizada en ingeniería civil para comprobar la flecha en vigas simplemente apoyadas que soportan sistemas de piso con acabados susceptibles a dañarse por deformaciones excesivas (como paredes de mampostería). Se considera como conservadora para el caso de la mezzanina en referencia, debido a que ésta puede soportar mayores deformaciones sin riesgo de daños; esto gracias a que muchas vigas en la estructura poseen continuidad en sus apoyos, es decir no son simplemente apoyadas, lo cual a su vez reduce las flechas.

Se tomará el valor de la tensión de cedencia $F_y = 2500 \text{ kgf/cm}^2$, y se utilizará la fracción ($M_{adm} / M_{servicio}$) como factor de corrección en los casos en que la viga esté en condición de plena carga, de esta manera se tendrá la siguiente relación:

$$\frac{L}{D} \leq \frac{56000 \text{ kgf/cm}^2}{2500 \text{ kgf/cm}^2} \times \frac{M_{admisible}}{M_{servicio}}$$

Obteniendo,

$$\frac{L}{d} \leq 22,4 \times \frac{M_{admisible}}{M_{servicio}}$$

2.3 Estudio de Tuberías

A continuación explicaremos las bases teóricas utilizadas para desarrollar el chequeo de la modificación propuesta para el sistema de tuberías.

Para asegurar un buen funcionamiento de las líneas, revisaremos el punto de operación de la bomba de suministro de agua, y el de la bomba para la línea de PVA, también calcularemos la caída de presión en las líneas de agua, PVA y vapor sobrecalentado.

2.3.1 Elementos Impulsores

A continuación, describiremos los elementos que impulsan al agua, y a la emulsión de PVA. La bomba en la línea de agua es una bomba centrífuga (turbomáquina), y la bomba en la línea de PVA es una bomba de engranes internos (máquina de desplazamiento positivo).

Consideraremos a una turbomáquina como aquella cuyo elemento principal es un rotor, a través del cual pasa un fluido de forma continua, cambiando su cantidad de movimiento, este cambio se transforma en una entrega de energía de la máquina al fluido, o del fluido a la máquina.

Una máquina de desplazamiento positivo es aquella cuyo órgano principal (rotor, émbolo o pistón) con movimiento uniforme (rotativo o alternativo) cede energía al fluido, o el fluido a ella, en forma de energía de presión, creada por la variación de volumen.

2.3.2 Consideraciones sobre los fluidos a transportar

Consideraremos al agua, y a la emulsión de agua y polivinil-acetato como fluidos incompresibles, es decir, que no experimentan cambios significativos de densidad en el tiempo. El vapor sobrecalentado se estudiará bajo el modelo de fluido compresible, el cual es aquel que varía su densidad en el tiempo.

Al trabajar con fluidos incompresibles, debemos cuidar de no crear condiciones para que se dé el fenómeno de cavitación, el cual ocurre cuando en el flujo hay presiones locales menores a la presión de vapor del líquido, lo que ocasiona que se formen burbujas localmente. Este fenómeno puede ser muy dañino cuando las burbujas son transportadas a regiones de mayor presión, lo cual puede ocasionar su implosión, y de esta manera generar picos de presión locales que podrían dañar la pared del tubo.

De igual manera, debemos garantizar una velocidad moderada en la apertura y cierre de válvulas, de manera de no producir el conocido golpe de ariete, el cual además de impactar los obturadores de las válvulas, genera expansiones y contracciones elásticas de las tuberías, lo que puede conducir a una fractura o agrietamiento de los tubos.

Aún cuando los fenómenos de cavitación y golpe de ariete ocasionan daños considerables al presentarse en una tubería, estos no serán abordados en este estudio, debido a recomendaciones de especialistas, además que escapan a los objetivos de este trabajo.

2.3.3 Ecuaciones a utilizar

Para obtener el punto de la operación de la bomba de agua, utilizamos la curva suministrada por el fabricante (curva de la bomba), y la siguiente ecuación:

$$H = \frac{P_{II} - P_I}{\gamma} + (Z_{II} - Z_I) - \sum hf_s - \sum hf_d$$

donde:

el subíndice *II* : hace referencia al tanque de descarga,

el subíndice *I* : se refiere al tanque de succión,

P: es la presión absoluta en el tanque referido, [Pa]

γ : representa el peso específico del fluido, [kgf/m³]

Z : simboliza la altura del tanque correspondiente, [m]

hf_s : indica las pérdidas hidráulicas en la succión [m], y,

hf_d : pérdidas hidráulicas en la descarga [m].

esta ecuación también genera una curva (curva del sistema). Al graficar las dos curvas y hallar su punto de intersección, habremos conseguido el punto de operación de la bomba.

Para hallar el punto de operación de la bomba de PVA, es más sencillo aún, tomaremos la curva de operación correspondiente a la viscosidad del fluido y la presión de trabajo, al conocer el caudal de operación deseado, trazaremos una recta de caudal constante. Al intersectar estas dos rectas, sabremos a qué velocidad debe girar la bomba, y llamaremos a este punto, el punto de operación de la bomba.

Si las dos bombas son suficientes para trabajar en el nuevo sistema, posteriormente pasaremos a considerar las caídas de presión en las líneas de agua, PVA y vapor sobrecalentado. Para ello, utilizaremos la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h_L$$

donde:

ρ : representa la densidad del fluido [kg/m³]

g : es la aceleración de la gravedad [m/s²]

h_L : son las pérdidas hidráulicas [m].

De esta forma estimaremos la caída de presión en las líneas. Si la caída de presión es menor o igual a un valor de referencia, la consideraremos aceptable.

2.3.4 Schedule

En algunas secciones hacemos referencia al *schedule* de la tubería, este es un número que hace referencia al espesor de la pared del tubo, aunque sin indicarlo directamente. Mientras mayor sea el schedule, mayor será el espesor de la pared, y por tanto, la presión admisible. El schedule se calcula según la siguiente fórmula:

$$Sch = 1000 * \frac{P_{adm}}{S_y}$$

donde:

P_{adm} : representa la presión admisible, y,

S_y : indica la tensión cedente del material de la tubería.

Debemos hacer mención de dos aspectos de cálculo, el primero, que si observamos detenidamente la ecuación, no importan las unidades que se utilicen para la presión y la tensión cedente mientras que sean las mismas, dado que están en un cociente, y los factores de conversión se igualarán; el segundo aspecto se refiere a que en ésta formula no se considera la tolerancia estándar del espesor de pared, la cual tiene un valor de 12,5 %, por tanto, sugerimos multiplicar por 0,875 el valor arrojado por la ecuación, para de esta forma conseguir un resultado más acertado.

2.4 Estudio de la Automatización

Este segmento del capítulo de marco teórico, se enfoca en exponer las nociones necesarias para el estudio y comprensión de la automatización del proceso productivo. A continuación serán presentados los conceptos más relevantes relacionados a diversas áreas de la automatización.

2.4.1 Control de Procesos

Definición de Control de Procesos

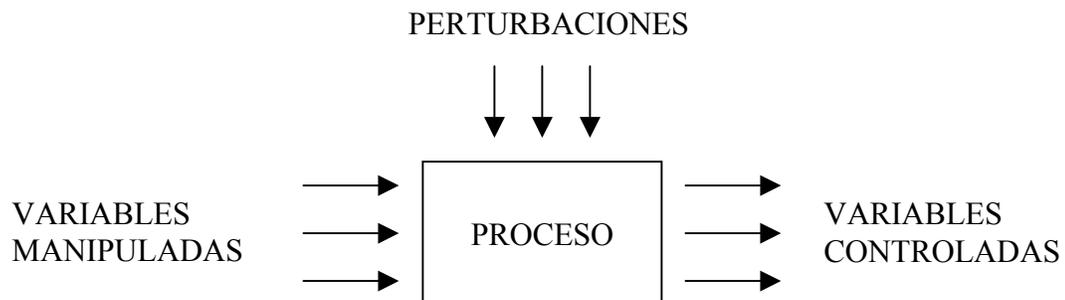
Las operaciones asociadas al control de procesos siempre han existido en la naturaleza. Podemos definir control natural de procesos como una operación que regula características físicas internas de importancia para un organismo viviente. Ejemplos de regulación natural en los humanos incluyen temperatura corporal, presión sanguínea y ritmo cardíaco.

Los primeros humanos consideraron necesarios algunos parámetros ambientales externos para mantener la vida. Esta regulación puede ser definida como un control artificial de proceso, o simplemente control de procesos. Este tipo de control de procesos se logra a través de la observación de un parámetro, comparación con un valor deseado, y una acción de control para llevar el parámetro lo más cerca posible al valor deseado.

El término control automático de procesos fue ampliamente usado cuando las personas aprendieron a adaptar procedimientos de regulación automático para hacer más eficiente la manufactura de productos o procesamiento de material. Dichos procedimientos son llamados automáticos porque no se requiere de intervención humana para su regulación.

Todos los sistemas de proceso consisten de tres factores principales: variables manipuladas, perturbaciones y variables controladas. Las variables controladas son condiciones como temperatura, nivel y posición, que deben ser mantenidas a un valor deseado o set point. Para cada variable controlada, hay una variable manipulada asociada. En el control de procesos, la variable manipulada normalmente es flujo, y este flujo normalmente es manipulado con una válvula de control.

Las perturbaciones afectan el proceso y tienden a alejar las variables controladas de su valor deseado o condición de set point. El sistema de control debe ajustar la variable manipulada de tal manera que el set point de la variable controlada se mantenga a pesar de las perturbaciones. El set point puede ser cambiado, por lo tanto la cantidad manipulada debe ser cambiada para ajustar la variable controlada al nuevo valor deseado.



Sistema de Control de Lazo Abierto

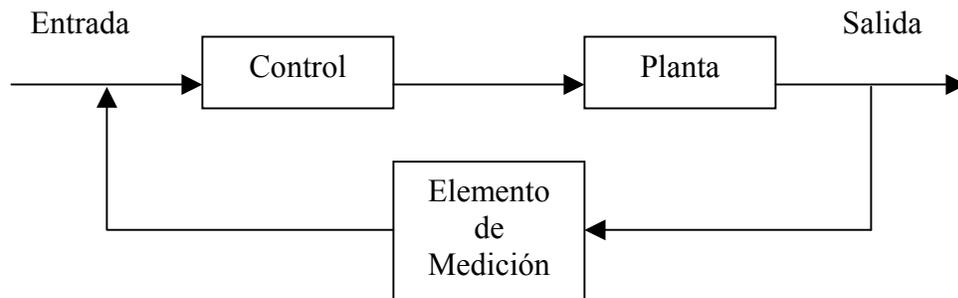
Es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida. En un sistema de control de lazo abierto ni se mide ni se retroalimenta para la comparación con la entrada.



El control de lazo abierto presenta como desventaja la pérdida de precisión. Sin retroalimentación, no hay garantía de que las acciones de control aplicadas a las señales de entrada tengan el efecto deseado.

Sistema de Control de Lazo Cerrado

Son sistemas retroalimentados en el cual la señal de error actuante que es la diferencia entre la señal de entrada y la retroalimentación (que puede ser ó no una función de la señal de salida) entra al detector de error o control para reducir el error y llevar a la salida del sistema al valor deseado.



2.4.2 Entradas y Salidas Distribuidas

Cuando se necesita distribuir medición y control en campo, se necesita software y hardware de entrada / salida conectado en red y optimizado para desempeñarse de manera confiable en un ambiente industrial.

Beneficios de las Entradas y Salidas Distribuidas

Un sistema de entradas y salidas distribuidas, permite reemplazar cables largos de señales por un solo cable de red de bajo costo, lo cual puede ahorrar cantidades significativas de tiempo y dinero durante la instalación y el mantenimiento; además de evitar los problemas por distorsión de señal cuando se utiliza cableado de larga distancia para señales análogas.

Los sistemas de entrada/salida bien diseñados, incluyen características especiales para aumentar la confiabilidad y la mantenibilidad de los sistemas distribuidos. La inteligencia local es capaz de proporcionar diagnósticos para identificar problemas de mantenimiento lo cual maximiza el rendimiento del sistema. Es más, los sistemas distribuidos inteligentes con procesamiento pueden ayudar a implementar control confiable para operaciones críticas.

2.4.3 Redes de Comunicación

Utilizaremos el termino red de comunicación al arreglo de computadores interconectados que permitirá intercambiar información. La red es el medio físico a través del cual se va a realizar la comunicación, la cual será regulada por un protocolo de comunicación.

La finalidad de este intercambio de información es compartir recursos, lograr una alta confiabilidad, y ahorrar dinero. Los recursos se comparten de manera de hacer que todos los programas, los equipos y especialmente los datos estén disponibles para cualquier usuario de la red. La alta confiabilidad se logra al contar con fuentes alternativas de suministro, significa que si uno de los equipos falla, los otros serán capaces de hacer su trabajo, aunque se reduzca el rendimiento. Ahorramos dinero si construimos un sistema compuesto por computadoras personales debido a que tienen una relación precio rendimiento mejor que los grandes computadores.

2.4.4 Protocolos de comunicación

El protocolo de comunicación de la red es un software altamente estructurado, que provee las reglas y convenciones para que la comunicación se establezca y desarrolle manera efectiva. Básicamente un protocolo es un acuerdo entre las partes que se comunican sobre como va a proceder las comunicación.

Para reducir la complejidad de su diseño muchas redes están organizadas como una serie de capas o niveles, cada una construida sobre la inferior. El número de capas y el nombre, el contenido y función de cada una difieren de red a red, sin embargo en todas las redes el propósito de cada capa es ofrecer ciertos servicios a las capas superiores de modo que no tengan que ocuparse del detalle de la implementación real de los servicios.

Como analogía, cuando una mujer es presentada a un hombre, ella puede elegir entre extender su mano para saludar o no extenderla. El, a su vez, puede decidir estrechar su mano o besarla, dependiendo, por ejemplo, de si ella es una abogado en una reunión de negocios o una princesa en un baile de gala. Si se viola el protocolo la comunicación será más difícil, si no imposible.

2.4.5 Modelos de Sistemas de Automatización

A continuación se mostrarán varios sistemas de automatización, los cuales serán analizados con la finalidad de seleccionar el o los más adecuados a implementar para la automatización del proceso de fabricación de adhesivos en base a agua. Después de realizar un estudio de los sistemas de automatización más utilizados actualmente en procesos, pre-seleccionamos aquellos que se ajustan a nuestros requerimientos, de ésto llegamos a los siguientes sistemas:

- Sistema de Control Distribuido (DCS)
- Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA)
- Sistemas Híbridos de Control
- Interfaz Humano-Maquina (HMI)

Sistema de control distribuido (DCS)

Un sistema de control distribuido es una implementación destinada a ser utilizada en medianas y grandes aplicaciones, donde se tienen varias unidades de procesamiento distribuidas en el espacio de la planta, Para el manejo eficiente de una planta de este tipo, deben controlarse las unidades de proceso de manera distribuida, y monitorear su comportamiento de manera centralizada.

Una ventaja se evidencia en que una falla local, sólo afectará al lazo relacionado con el dispositivo que falló, por lo que no hará fallar otros componentes o al sistema completo.

El DCS funciona en base al principio del “token ring”, o red en anillo con paso de fichas. El principio de funcionamiento es que hay una “ficha” que esta circulando por la red, y solo podrá comunicarse con el servidor aquella máquina que tenga la “ficha” en su poder. El ciclo de tiempo de la “ficha” puede ajustarse de acuerdo a nuestras necesidades.

Una ventaja aparente es que siempre todas las máquinas podrán enviar o recibir datos del servidor casi instantáneamente, sin causar una congestión en la red, decimos aparente porque si la máquina 1 acaba de transmitir, pasa la “ficha” a la máquina 2, la cual comenzará a comunicarse con el servidor, y repentinamente la máquina 1 necesita transmitir urgentemente, no podrá, debido a que la “ficha” esta en poder de la máquina 2, y deberá esperar a que la “ficha” dé la vuelta completa en el anillo para poder transmitir, lo cual podría generar un descontrol en la operación normal de la máquina 1 (en sistemas grandes o mal configurados).

Como vemos, el DCS presenta características muy atractivas, tales como su seguridad y el manejo de gran cantidad de lazos PID asociados con número de señales alrededor de 10.000.

Al sumar el número de señales presentes en el proceso de fabricación de adhesivos en base a agua, observamos que tenemos un total de 45 señales en campo, lo cual no sustenta la implementación de un DCS, ya que esta sería una solución para instalaciones de mediano o gran tamaño y de un costo elevado, lo cual no amerita el proceso actual.

Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA)

Un sistema industrial de control y medición consiste de un servidor (generalmente llamado unidad terminal maestra o MTU); uno o más datos de campo compartidos y unidades de control o remotos (usualmente llamados estaciones remotas, unidades terminales remotas o RTUs), y una serie de software estándar o especiales utilizados para monitorear o controlar los elementos de datos de campo localizados remotamente. Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) contemporáneos exhiben predominantemente características de control de lazo abierto y utilizan predominantemente comunicaciones de larga distancia, aunque algunos elementos de control de lazo cerrado y/o comunicaciones de corta distancia pueden estar presentes.

Los sistemas SCADA utilizan computadores y protocolos de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos sistemas son parte integral de complejas instalaciones industriales porque son capaces de recolectar rápidamente información de un gran número de fuentes, y se presenta al operador de forma amigable.

Sistemas similares a los SCADA, son rutinariamente vistos en fabricas, plantas de tratamiento, etc. Estos son frecuentemente referenciados como sistemas de control distribuido (DCS). Ellos tienen funciones similares a los sistemas SCADA, pero las unidades de monitoreo y control de datos en campo están usualmente localizadas dentro de un área de menor dimensión. La comunicación puede ser vía una red de área local (LAN), y será normalmente confiable y de alta velocidad. Además, un DCS usualmente emplea cantidades significantes de control de lazo cerrado.

Los sistemas SCADA aumentan la eficiencia del control y monitoreo de procesos al proporcionar información actualizada que permita tomar a tiempo decisiones operacionales. El SCADA puede tener un DCS como una de sus fuentes de información. Una de las desventajas del SCADA, es que si ocurre una falla en una parte del sistema, esta se propagará por todo el sistema, debido a la función de control y supervisión originada de un sistema supervisorio. Uno de sus atractivos esta en que maneja procesos “batch” (por lotes, o “recetas”)

Por otro lado, los sistemas SCADA generalmente cubren grandes áreas de extensión geográfica, apoyándose en una variedad de sistemas de comunicación que son normalmente menos confiables que un LAN. Controles de lazo cerrado son menos deseables en esta situación.

El SCADA es utilizado para monitorear y controlar plantas y equipos. El control será automático o iniciado por comandos de operación. La adquisición de data se realiza inicialmente por un chequeo que hace el RTU de las señales de entrada en campo conectadas al mismo (también es llamado PLC – controlador lógico programable). Esta función generalmente se realiza de manera rápida. El servidor central chequeará el RTU (usualmente a una velocidad mas moderada). La data es procesada para detectar condiciones de alarma, y si la alarma es presente, será mostrada una lista especial de alarmas. La data puede ser principalmente de tres tipos; data analoga, data digital, y data de pulso.

La principal interfaz con el operador es un formato gráfico, en el que se muestra una representación de la planta o de los equipos (mímico). La data actual es mostrada como figuras gráficas sobre un fondo estático. Como la data vaya variando en el campo, la data se mostrará actualizada. Por ejemplo, una válvula puede ser mostrada como abierta o cerrada. Datos analógicos pueden ser mostrados como un número o gráficamente. El sistema puede tener muchos formatos de muestra, y el operador puede seleccionar cualquiera de ellas en cualquier momento.

Sistemas Híbridos de Control

Al hablar de sistemas híbridos de control, nos referimos a un modelo de automatización en el cual trabajan en conjunto diferentes tipos de sistemas. De esta manera, no se limita la automatización de un proceso a un sistema en particular, y se ve enriquecido con las diferentes ventajas proporcionadas por esta combinación de sistemas.

Como un ejemplo bastante representativo podemos considerar un sistema híbrido conformado por sistemas de control centralizado, a su vez estos controlados por un DCS, y este controlado por un sistema SCADA. Es importante acotar que todos pueden ser manipulados de manera independiente, proporcionando un acceso a los diferentes sistemas por varios mecanismos, ya sea directamente al control centralizado en campo, o por medio de los diferentes niveles de control superiores.

Actualmente los sistemas híbridos son muy utilizados a la hora de implementar un proceso de automatización, no importando la magnitud del mismo. Podemos concluir la ventaja de utilizar un sistema híbrido como aquel que posee las ventajas más representativas de cada uno de los sistemas que lo componen, tales como: ampliaciones y optimizaciones que se deseen.

Interfaz Humano Maquina (HMI)

Aunque un HMI es considerado como un sistema de automatización, es importante acotar que más que esto, es el medio que permite la comunicación entre el operador y el controlador de un sistema automatizado.

Se considera como un HMI a cualquier sistema de comunicación existente entre el operador y sistema automatizado. Por consiguiente, podemos considerar que el HMI se encuentra presente en cualquier sistema de automatización, llámese DCS, SCADA, híbrido, etc. El HMI es el mecanismo a través del cual el operador puede interactuar con el programa de automatización.

CAPITULO III
ANÁLISIS ESTRUCTURAL

3.1 Introducción

El presente capítulo tiene como finalidad, realizar todos los estudios pertinentes, asociados a la propuesta de ampliación de la estructura civil, reubicación de los reactores, y diseño y reubicación de una nueva sala de control.

Uno de los aspectos principales de este capítulo, se enfoca en examinar la propuesta para la ampliación de la estructura civil de la mezzanina PVA. Esta propuesta abarca a su vez diferentes actividades asociadas, como análisis y diseño de los elementos de acero y concreto requeridos; y las excavaciones necesarias para la construcción de las fundaciones.

De igual forma, y no menos importante, se presenta el análisis que implica la reubicación de tres de los reactores del proceso, motivada por la propuesta de modernización de la línea de fabricación de adhesivos en Base a Agua.

Ambos estudios, tanto de la ampliación de la estructura civil, como la reubicación de los reactores, son precedidos por el cálculo de los pesos de los reactores, ya que resulta necesario el conocimiento de éstos para los estudios anteriormente mencionados.

Finalmente, se presentará el diseño de una nueva sala de control acompañado del área propuesta para su ubicación.

A continuación serán desarrolladas y explicadas las diferentes actividades involucradas en la propuesta de ampliación de la mezzanina PVA.

3.2 Cálculo de los Pesos de los Reactores

Esta sección tiene como finalidad desarrollar el cálculo de los pesos de los reactores, de manera de poder tener conocimiento del peso en particular de cada reactor involucrado en el proceso de fabricación.

A continuación se mostrará detalladamente como se efectuará el cálculo del peso de cada reactor, tanto vacío como lleno.

Para los cálculos del volumen de acero de los reactores; en general, se considerará al reactor dividido en tres secciones: la sección cilíndrica lateral, la sección inferior (casquete esférico, o circular plana) y la sección circular plana superior.

$$\text{Volumen total de acero del reactor} = \text{volumen del prisma rectangular} + \\ \text{volumen de la sección plana} + \text{volumen del casquete esférico}$$

Consideraremos que:

d: diámetro del reactor

$r = r_e$: radio del reactor

r_i : radio interno del reactor, donde $r_i = r_e - t$

l: longitud, donde $l = 2 \times \pi \times r$

h: altura

t: espesor

fracción: altura del casquete esférico / diámetro del reactor

Para el cálculo de la sección cilíndrica, se evaluará como un prisma de sección rectangular, donde consideraremos el volumen como el producto de $l \times h \times t$, siendo igual a $2 \times \pi \times r \times h \times t$

Para el cálculo de la sección plana, se evaluará como un disco, donde consideraremos el volumen como: $\pi \times r^2 \times t$

Para el cálculo de la sección del casquete esférico, consideraremos el volumen como: $4\pi/3 \times (r_e^3 - r_i^3) \times \text{fracción}$.

Para el cálculo del peso de los reactores vacíos, consideraremos el peso unitario del acero (ρ_{ACERO}) = 7850 kgf/m³, entonces:

$$\text{Peso del reactor vacío} = \text{Volumen total de acero} \times \rho_{ACERO}$$

Para el cálculo del peso de los reactores llenos, consideraremos

$$\text{Peso del reactor lleno} = \text{peso del reactor vacío} + \text{peso del producto}$$

Seguidamente, se presentará una tabla con los pesos previamente calculados de los cinco reactores involucrados en el proceso de fabricación (si se desea ver en detalle los cálculos de los pesos de los reactores, ir al apéndice 1).

Tabla N°1

“Resumen de los Pesos de los Reactores”

Reactores	Pesos	
	Vacío	Lleno
TB-6	174 kgf	1174 kgf
TB-35	434 kgf	3934 kgf
TB-40	612 kgf	4612 kgf
TB-60	871 kgf	6871 kgf
TB-70	842 kgf	7842 kgf

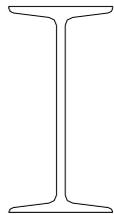
3.3 Descripción de las Vigas y Columna a utilizar en el Proyecto

En esta sección se expondrán las características de los diferentes perfiles de las vigas y columna a utilizar en el proyecto para ampliación de la estructura civil, y reubicación de los reactores de la mezzanina PVA. De igual forma serán presentados los momentos admisibles de los diferentes perfiles en estudio, ya que éstos, son de suma importancia para el análisis estructural.

Principalmente se trabajará con dos tipos de perfiles, el I y el HEB, esto debido a que seremos conservadores y utilizaremos, como sea posible, los mismos perfiles que posee la estructura actual, a fin de conservar la uniformidad en la misma.

A continuación observamos un corte transversal de los perfiles; de esta manera se aprecia la geometría presente en ambos modelos.

PERFIL I



PERFIL HEB

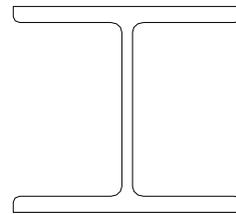


Figura N°3

“Tipos de Perfiles utilizados”

Seguidamente serán presentadas a través de unas tablas, las características necesarias de los diferentes tipos de perfil a utilizar en el proyecto.

Tabla N°2

“Características de los Perfiles I”

Perfil	Peso Unitario (P)	Altura (d)	Modulo de Sección (Sx)
I 120	11,1 kgf/m	120 mm	54,5 cm ³
I 140	14,3 kgf/m	140 mm	81,8 cm ³
I 180	21,9 kgf/m	180 mm	160 cm ³
I 240	36,2 kgf/m	240 mm	353 cm ³
I 280	47,9 kgf/m	280 mm	542 cm ³

Tabla N°3

“Características del Perfil HEB 180”

Perfil	Peso Unitario (P)	Área (A)	Radio de Giro (Rx)	Radio de Giro (Ry)
HEB 180	51,2 kgf/m	65,3 cm ²	7,66 cm	4,57 cm

En el siguiente segmento se expondrán los valores de los momentos admisibles asociados a los difernetes perfiles a estudiar en el proyecto.

3.4 Cálculo de Momentos Admisibles de las Vigas en Estudio

Seguidamente, serán calculados los momentos admisibles de los diferentes perfiles de viga utilizados tanto en la estructura actual, como en la propuesta de ampliación estructural de la mezzanina. Se realizará un cálculo tipo, mostrando la ecuación y la metodología utilizada para el cálculo de los momentos.

Cálculo tipo:

$$M_{admisible} = 0,6 \times Fy \times Sx$$

El coeficiente 0,6 indica que trabajaremos con el 60 % de la tensión de fluencia del acero, la cual tiene un valor de $Fy = 2500 \text{ kgf/cm}^2$, conociendo estos datos se calculará el momento admisible para una viga I 120 con un módulo de sección de $Sx = 54,5 \text{ cm}^3$.

$$M_{admisible} = 0,6 \times 2500 \text{ kgf/cm}^2 \times 54,5 \text{ cm}^3 = 81750 \text{ kgf.cm} \approx 818 \text{ kgf.m}$$

Finalmente se muestra en la tabla siguiente, los valores de los momentos admisibles de los perfiles de viga a estudiar en el proyecto.

Tabla N°4

“Momentos Admisibles de las Vigas en Estudio”

Viga	Momento Admisible
I 120	818 kgf.m
I 140	1227 kgf.m
I 180	2400 kgf.m
I 240	5295 kgf.m
I 280	8130 kgf.m
I 280 x 2	16260 kgf.m

3.5 Análisis de los Elementos de Estructura Civil involucrados en el Proyecto

En esta sección se presentará como primer punto, el montaje actual de la estructura civil de la mezzanina PVA (ver figura N°4), a fin de presentar la situación actual de la misma. De igual forma se mostrarán los planos de planta y vista correspondientes (ver planos 1 y 2 en el apéndice 1), previamente elaborados por los autores.

Posteriormente se mostrará la solución propuesta para la ampliación de la estructura civil de la mezzanina PVA (ver figura N°5), junto con los planos de planta y vistas correspondientes (ver planos 3 y 4 en el apéndice 1).

Es de acotar que en el plano de planta propuesto, serán señalizadas las vigas horizontales con letras, y las vigas verticales con números, a fin de identificar los tramos y secciones de la estructura que se vayan a estudiar, de esta manera, se podrá realizar un análisis de la estructura civil más organizado.

Seguidamente, después de conocer los detalles de estructura civil de ambos modelos (actual y modificado), se procederá a realizar el estudio o revisión de los componentes del montaje propuesto, a razón de chequear si esta ampliación de la estructura civil de la mezzanina, es capaz de soportar la nueva redistribución de los reactores.

A fin de estudiar los elementos estructurales por concepto de la ampliación de la mezzanina, se mostrarán a continuación los cálculos más representativos correspondientes al diseño y chequeo de las vigas, columnas y fundaciones implicadas en el proyecto, (si se desea ver en detalle todos los cálculos asociados, ir al apéndice 1).

Como primer punto, se mostrará el estudio de un segmento de una de las vigas horizontales de la mezzanina PVA; la cual soporta una fracción de la carga transmitida por: un reactor, losa de concreto, lámina estriada de acero, sobrecarga y el peso de sí misma. De estas solicitaciones, se generarán reacciones en sus dos apoyos, que a su vez, serán cargas puntuales transmitidas a las vigas verticales que la sostienen. (ver análisis de la Viga B entre 1-2)

Posteriormente se expondrá un análisis muy similar al anterior, a una de las vigas verticales de la mezzanina; la cual estará solicitada por un conjunto de cargas puntuales, producto de las reacciones por parte de los segmentos de vigas horizontales que inciden sobre ésta; e igualmente estará solicitada por el peso propio de la misma. Después de considerar todas las cargas puntuales y distribuidas aplicadas sobre la viga en estudio, se reportarán las reacciones en sus dos apoyos, que posteriormente serán consideradas como las cargas verticales aplicadas sobre las columnas que soportan la mezzanina. (ver análisis de la Viga 2)

Luego de haber calculado la mayor carga puntual aplicada a una columna de la estructura, se estudiará su comportamiento, a fin de expresar si ésta es capaz de soportar o no la carga aplicada. (ver análisis de la Columna A-3)

Finalmente, se mostrará el cálculo relacionado al diseño de las fundaciones, considerando la carga transmitida a través de la columna, más un factor extra de carga para mayor seguridad, obteniendo así las dimensiones que tendrán el pedestal y la zapata de la fundación. (ver análisis de la Fundación)

Seguidamente, serán presentados los análisis estructurales anteriormente mencionados:

3.6 Diseño y Reubicación de una Nueva Sala de Control

Producto de la propuesta para reubicación de los reactores, se plantea simultáneamente la reubicación y el diseño de una nueva sala de control, debido a que el proyecto tiene como objeto modernizar y actualizar algunas de las instalaciones físicas involucrados en el proceso.

Siendo más precisos, y apoyados en orientación mostrada en Plano N°3, la nueva sala de control estará ubicada en la esquina noroeste de la mezzanina; situada al lado del área propuesta para el acceso vía escalera (ver Figuras N°5 y N°13). Se busca situar la nueva sala de control en ese lugar con la intención de proporcionar las siguientes ventajas: no interferir con el acceso de la materia prima a la mezzanina, al igual que no entorpecer las labores de carga a los reactores; permitir al operador tener una visual más amplia del proceso, ya que éste podrá divisar las áreas de: almacén y suministro de materia prima, fabricación, y descarga y almacén de producto terminado.

De igual forma la nueva sala de control estará integrada por los siguientes elementos (ver Figura N°14): una consola de control moderna y acorde a los requerimientos del proceso; un gabinete Nema 4, para resguardar y proteger los equipos de automatización; y un área destinada para realizar labores básicas de control de calidad del producto fabricado, compuesta por un viscosímetro Brookfield, un medidor de PH, y un pequeño horno. Para una mejor descripción de los elementos que integran la consola de control y equipos para automatización, remitirse al final del capítulo de automatización, donde se muestran los equipos seleccionados para tal fin.

De esta manera se propone situar la nueva sala de control en un lugar estratégico, donde se puedan desarrollar y aplicar las diferentes actividades de control del proceso; además de contar con una eficiente redistribución de los elementos internos que la integran.

CAPITULO IV
ESTUDIO DE TUBERIAS

4.1 Introducción

En este segmento se estudiará la modificación propuesta para la red de tuberías del área de producción. Esta modificación es consecuencia directa de la reubicación de los reactores, y consiste en prolongar las líneas de suministro de agua, vapor sobrecalentado y PVA para hacerlas llegar a la nueva ubicación de los reactores. Las longitudes de tubería necesarias, así como sus costos, están detalladas en la sección correspondiente del capítulo de análisis de costos.

Para chequear el sistema y determinar si tendremos las condiciones deseadas, se revisarán principalmente 3 aspectos:

- El punto de operación de la bomba de suministro de agua.
- El punto de operación de la bomba de suministro de PVA.
- La caída de presión en las líneas de suministro de agua, vapor y PVA.

4.2 Determinación del Punto de Operación de las Bombas

Para determinar el punto de operación de la bomba de suministro de agua, consideraremos las pérdidas en el tramo recto y en los accesorios, calcularemos las pérdidas hasta el reactor TB-60 (el último en recibir el fluido), y consideraremos que si la bomba puede suplir agua a ese tanque, debe ser suficiente para suministrar de manera eficiente al resto de los tanques que le preceden. Las pérdidas en el tramo recto y en los accesorios dependerán de las características de la tubería y del caudal que se desee transportar, estas pérdidas se tomaron de las tablas del Crane.

De antemano conocemos la altura y presión en el tanque de succión y en el tanque de descarga (ambos abiertos a la atmósfera, con la succión a una altura de 2 m, y la descarga a 7 m), y una vez obtenidas las pérdidas, sustituimos estos valores en la siguiente ecuación:

$$H = \frac{P_{II} - P_I}{\gamma} + (Z_{II} - Z_I) - \sum hf_s - \sum hf_d \quad (i)$$

donde:

el subíndice II : hace referencia al tanque de descarga,

el subíndice I : se refiere al tanque de succión,

P : es la presión absoluta en el tanque referido, [Pa]

γ : representa el peso específico del fluido, [kgf/m³]

Z : simboliza la altura del tanque correspondiente, [m]

hf_s : indica las pérdidas hidráulicas en la succión [m], y,

hf_d : pérdidas hidráulicas en la descarga [m].

Estas pérdidas de succión y de descarga serán evaluadas según la siguiente ecuación:

$$h_f = \frac{L}{100} \cdot H_f + \sum K \cdot \frac{c^2}{2 \cdot g} \quad (ii)$$

donde:

L : longitud de tramo recto de tubería [m],

H_f : pérdidas hidráulicas por cada 100 m de tubería [adimensional],

K : pérdidas hidráulicas debidas a los accesorios [adimensional],

$\frac{c^2}{2 \cdot g}$: energía cinética del fluido [m].

Los valores de H_f , K y la energía cinética, serán extraídos de las tablas mostradas en los anexos. Al tomar diferentes valores de caudal para la succión y la descarga, conseguiremos valores para estos parámetros, luego los sustituiremos en la ecuación ii y hallaremos las pérdidas hidráulicas de succión y de descarga.

Posteriormente, sustituiremos en la ecuación (i) todos los valores conseguidos, y obtendremos diferentes valores de H (correspondientes a ciertos valores de caudal), los cuales serán representados en una gráfica, y obtendremos una curva que llamaremos *curva del sistema*. A través del fabricante de la bomba, disponemos de la curva de operación de la bomba (mostrada en los anexos). Dibujaremos estas dos curvas en una misma gráfica, y de haber un punto de corte, llamaremos a éste el *punto de operación de la bomba*. Consideraremos que el sistema opera de la forma deseada si el punto de operación de la bomba está cercano al caudal que se requiere, o si tiene un valor cercano a éste. Los cálculos se detallan en el apéndice.

Debemos acotar, que aunque es necesario hacer un estudio de cavitación para el sistema, este no se hará, debido a que solamente estamos agregando un tramo recto horizontal de tubería de 3 m, además estamos tratando una modificación muy leve del sistema, el cual opera de forma correcta, consideramos que este tipo de modificación no altera el funcionamiento del mismo, y que este detalle de cálculo escapa de los objetivos de este trabajo.

Las líneas de suministro de agua y PVA se revisarán con el procedimiento antes descrito, aunque haciendo la salvedad de que el sistema de suministro de agua trabaja con una bomba centrífuga (turbomáquina) y la línea de PVA con una bomba de engranes internos (máquina de desplazamiento positivo).

Finalmente, el punto de operación de la bomba de agua está ubicado en $Q = 175$ l/min y $H = 6,5$ m, como se puede observar en la Figura N° 15.

Para determinar el punto de operación de la bomba de PVA, seguiremos el procedimiento descrito en el capítulo de Marco Teórico, tomaremos una recta de caudal constante y la haremos intersectarse con la recta correspondiente a la bomba, éste punto de corte será el punto de operación de la bomba de suministro de PVA.

Este punto de operación está ubicado en $Q = 50$ GPM y $\text{rpm} = 84$, como se puede observar en la Figura N° 16.

4.3 Caída de Presión en las Líneas de Suministro de Agua, Vapor y PVA

Por otro lado, también calcularemos la caída de presión, según la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h_L$$

en la cual se toman en cuenta la densidad del fluido, la aceleración gravitacional y las pérdidas hidráulicas (debidas a la rugosidad de la tubería y la velocidad del fluido). Para evaluar las pérdidas hidráulicas es necesario conocer la rugosidad de la tubería, la cual será tomada del diagrama de Moody (mostrado en los anexos), en donde consideraremos el número de Reynolds (relaciona la velocidad del fluido y el diámetro de la tubería con la viscosidad cinemática) del fluido y una tubería lisa.

Para evaluar la caída de presión en las líneas de suministro de agua, vapor sobrecalentado y PVA, seguiremos el procedimiento expuesto en el Capítulo de Marco Teórico.

Vapor

Datos:

densidad (δ) = 2,1422 kg/m³

T = 600 °C

P = 110 psi

V = 10 m/s

$\mu = 3,258 \times 10^{-5}$ Pa.s

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{3,258 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}}{2,1422 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1,251 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,0762 \text{ m}}{1,251 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 50099 \approx 50100 \approx 5 \cdot 10^4$$

$f = 0,021$ entramos al diagrama de Moody con el valor del número de Reynolds para tubería lisa

$$\text{luego } hf = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2g} = \frac{0,021 \cdot 3\text{m} \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{0,0762 \text{ m} \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 4,214 \text{ m}$$

entonces la caída de presión

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h_L = 2,1422 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4,214 \text{ m} = 88,55 \text{ Pa} = 0,0128 \text{ psi}$$

Agua

Datos:

$$P = 40 \text{ psi}$$

$$\rho = 994,21 \text{ kgf/m}^3$$

$$T = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 150 \text{ l/min} = 0,0025 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\nu = 0,885 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Diametro} = 3''$$

$$A = \frac{\Pi \cdot D^2}{4} = 0,0046 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0025 \frac{m^3}{h}}{0,0046 m^2} = 0,54 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{0,54 \frac{m}{s} \cdot 0,0762 m}{0,885 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 46495 \approx 4,65 \cdot 10^4$$

$f = 0,022$ entramos al diagrama de Moody con el valor del número de Reynolds para tubería lisa

$$\text{luego } hf = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2g} = \frac{0,022 \cdot 3m \cdot \left(0,54 \frac{m}{s}\right)^2}{0,0762 m \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} = 0,0129 m$$

entonces la caída de presión

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h_L = 994,21 \frac{kgf}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,0129 m = 125,81 Pa = 0,0182 psi$$

PVA

Datos:

$$P = 40 \text{ psi}$$

$$\rho = 1200 \text{ kgf/m}^3$$

$$T = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 150 \text{ l/min} = 0,0025 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\nu = 0,0042 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Diametro} = 3''$$

$$A = \frac{\Pi \cdot D^2}{4} = 0,0046 m^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0025 \frac{m^3}{h}}{0,0046 \frac{m^2}{h}} = 0,54 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{0,54 \frac{m}{s} \cdot 0,0762 \frac{m}{s}}{0,0042 \frac{m^2}{s}} = 9,7971 \approx 10$$

$f = 0,019$ entramos al diagrama de Moody con el valor del número de Reynolds para tubería lisa

$$\text{luego } hf = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2g} = \frac{0,019 \cdot 3m \cdot \left(0,54 \frac{m}{s}\right)^2}{0,0762 \frac{m}{s} \cdot 2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2}} = 0,0111 m$$

entonces la caída de presión

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h_L = 1200 \frac{kgf}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,0111 m = 130,88 Pa = 0,019 psi$$

Como podemos observar en los cálculos, las caídas de presión son despreciables en relación a las presiones que se manejan en las líneas, por tanto se consideran aceptables. Podemos seguir suministrando los fluidos de forma eficiente con los elementos impulsores que existen actualmente.

CAPITULO V
AUTOMATIZACIÓN

5.1 Introducción

Este capítulo se enfoca en estudiar el sistema de instrumentación y control automatizado que funciona actualmente en la línea de fabricación de adhesivos en Base a Agua, con el fin de proponer una modificación orientada a la mejora del control del proceso, que a su vez pueda ser implementada con el fin de mejorar la calidad de los productos terminados elaborados en dicha área productiva.

La propuesta en el área de automatización, tiene por objeto fundamental mejorar la calidad del proceso de fabricación, y por tanto del producto terminado, a través de un mejor control de los diferentes parámetros involucrados, tales como calentamiento, enfriamiento, velocidad del mezclador y adición de materia prima, lo cual lograremos a partir de la actualización y modernización de los elementos de control de válvulas y motores que operan directamente el proceso de fabricación.

Esto involucra una serie de actividades tales como: el conocimiento del proceso productivo en rasgos generales y los problemas más relevantes que han afectado la calidad de los productos terminados, elaboración de un plano actualizado de instrumentación y tuberías (P&ID), realizar el conteo de las señales presentes en el sistema, evaluar las necesidades y requerimientos de la línea de fabricación, analizar los diferentes modelos de sistemas de automatización, investigar sobre alternativas en el mercado, seleccionar los dispositivos y tecnologías a emplear, y finalmente proponer un diseño del sistema de automatización para el proceso, algunos de estos aspectos han sido ampliados en los puntos correspondientes a planteamiento del problema y propuesta de actualización. Además se hará un estudio de costos de la solución planteada, basado en cotizaciones suministradas por proveedores y contratistas.

Seguidamente, teniendo un previo conocimiento del proceso de fabricación y su operatividad, además de conocer los problemas más relevantes que han afectado la calidad de los productos terminados; se procederá a desarrollar y explicar las diferentes actividades relacionadas a este capítulo de automatización.

5.2 Elaboración del Plano P&ID

En esta sección presentaremos los pasos realizados para la elaboración de un plano de instrumentación y tuberías actualizado; para lo cual nos basamos en un plano actual existente proporcionado por la compañía, en donde se muestra una propuesta de montaje a querer implementar por parte de la misma. Seguidamente procedimos a corroborar que todos los equipos e instrumentos señalados en este plano se encontraran en campo y estuviesen operativos.

De las observaciones en campo encontramos que algunos equipos señalados en el plano no se encontraban instalados y otros no estaban operativos, en ambos casos se eliminaron dichos equipos e instrumentos del plano; por otro lado conseguimos algunos equipos existentes en campo los cuales no estaban presentes en el plano. Esta información de dichas irregularidades fue informada al ingeniero encargado del área, para solicitar su aprobación para la elaboración del plano actualizado del proceso.

Una vez aprobadas las correcciones, procedimos a desarrollar el plano actualizado del proceso, en el programa AutoDesk AutoCad 2000. A este plano se agregaron aquellos equipos no existentes en el plano facilitado por la empresa, asimismo se hicieron las correcciones pertinentes de aquellos equipos no operativos y no encontrados en campo. El plano elaborado se muestra en la sección de anexos como plano N°5.

5.3 Conteo de las Señales presentes en el Sistema

Para la realización del conteo de las señales necesarias para la modernización del proceso automatizado, se realizaron las siguientes tareas; basándonos en el inventario de equipos del proceso y en el plano P&ID actualizado, se construyeron tablas donde se contabilizaron y clasificaron detalladamente todas las señales de los equipos e instrumentos involucrados (ver la sección de apéndice). Posteriormente se elaboró una tabla donde se sintetizan todas las señales (Tabla N°5); esta tabla servirá posteriormente como herramienta fundamental para la selección del sistema de automatización a implementar.

Seguidamente se muestra la tabla con el listado total de señales.

Tabla N°5

“Listado Total de las Señales Requeridas en la Automatización del Proceso”

	DIGITALES			ANALOGICAS		
	DC		AC	4-20 mA	1-5 V	TERMOCUPLAS
	220 V	110 V	12-36 V			
I	-	-	1	2	-	4
O	-	34	-	4	-	-

5.4 Investigación y Análisis de los Diferentes Tipos de Protocolos y Redes Utilizados para la Comunicación

5.4.1 Tipos de Protocolos Utilizados para la Comunicación

En esta sección serán explicados y estudiados los principales protocolos de comunicación utilizados en aplicaciones de control de procesos.

Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus (FF) es una red completamente digital, serial, de dos vías, con velocidad de transmisión de datos de 31,25 kbit/s con interconexión de equipos en campo, tales como sensores, actuadores y controladores. Fieldbus es una red de área local (LAN) para instrumentos usados en la automatización de procesos y manufactura, con capacidad incorporada para distribuir las aplicaciones de control a través de la red.

El ambiente Fieldbus es el nivel base del grupo de redes digitales en la jerarquía de redes de planta.

El Fieldbus retiene las características deseables de un sistema analógico de 4-20 mA, como :

- Una interfaz física estandarizada para el cableado,
- Instrumentos alimentados por bus en un par de cableado sencillo,
- Opciones de seguridad intrínsecas

Observación: un “bus” es un medio compartido de información que funciona a una frecuencia dada y con un ancho de datos específico.

Además Foundation Fieldbus permite:

- Reducir el cableado y sus terminales, debido a los múltiples instrumentos en un solo cable,
- Reducir las cargas en el cuarto de los equipos de control, debido a la posible distribución de algunos controles y funciones de entrada/salida de los instrumentos de campo.

Beneficios de FieldBus

Beneficios significativos se logran en el ciclo de vida de sistemas de control a través de la aplicación de la tecnología Fieldbus.

- Reduce el grupo de cables y de paneles ordenadores;
- Reduce el número de barreras intrínsecas de seguridad;
- Reduce el número de convertidores de entrada/salidas;
- Reduce el número de fuentes de poder y gabinetes;
- Reduce el tamaño del cuarto de equipos;
- Configuración remota de dispositivos;
- Mayor cantidad de información a disposición de las operaciones;
- Aumento de la precisión en las medidas;
- Fácil evolución debido a los bloques funcionales estandarizados;
- Mejora en la sofisticación y flexibilidad de los instrumentos, y;
- Mejora en los tiempos de ejecución, debido a la menor cantidad de equipos, mejores autodiagnósticos y diagnósticos remotos.
- Alta inmunidad al ruido.
- Configuración remota de los equipos.
- Algunos dispositivos FieldBus tienen la capacidad de ser servidores (host), por lo que si falla el servidor central, ellos pueden resolver la emergencia temporalmente.

Interconexión Fieldbus – Ethernet de alta velocidad

Un protocolo de comunicación es utilizado para interconectar dispositivos Fieldbus de 31,25 kbit/s, y hacerlos accesibles a la red principal Ethernet de alta velocidad (High Speed Ethernet) corriendo a 100 Mbit/s o 1 Gbit/s. La interfaz de subsistemas de E/S (Entrada/Salida) tales como DeviceNet y Profibus pueden ser organizados en bloques funcionales estándares de FF. Las E/S de interfaz del subsistema puede ser conectado a 31,25 kbit/s Fieldbus o HSE.

Como todos los mensajes de 31,25 kbit/s FF son transmitidos en la HSE utilizando protocolos estándar de Ethernet, equipos comerciales HSE recién adquiridos como switches y routers pueden ser utilizados para crear grandes redes. Por supuesto, toda la red HSE, o parte de ella, puede ser redundante para lograr el nivel de tolerancia de falla requerido para la aplicación.

NetLinx

NetLinx es una red de arquitectura abierta, que utiliza la tecnología de los sistemas abiertos. Utilizan los mismos lenguajes de comunicación y comparten los mismos servicios de las redes abiertas. Los dispositivos electrónicos se conectan directamente a la red local existente, lo que permite mayor flexibilidad y reduce los costos de instalación.

Ethernet/IP

Es un protocolo de control, configuración, recolección de datos sobre el estándar Ethernet TCP/IP, para proveer servicios para las aplicaciones de automatización.

- Basado en NetLinx y puede comunicarse efectivamente con cualquier red basada en NetLinx;
- Red comercial de alta velocidad (10/100 Mbps);
- Capaz de transferir grandes archivos de datos como mensajes cortos;
- Abierto, respaldado por la ODVA , ControlNet International, IAONA, y Asociación Industrial de Ethernet; y,
- Los productos están disponibles o en desarrollo por más de 60 proveedores.

DeviceNet

Control, configuración y recolección de data basado en una red CAN, incorporando CIP (Control and Information Protocol), el cual proporciona las aplicaciones necesarias para una automatización industrial sencilla.

- Basada en la red abierta de arquitectura NetLinx, y puede comunicarse eficientemente con cualquier red basada en NetLinx;
- Soporta velocidades mayores a 500 kbps. Diseñado para proveer comunicación a bajo costo para dispositivos sencillos tales como sensores, válvulas, motores de arranque y estaciones de operación de interfaz;
- Abierto, respaldado por ODVA, CENELEC, y estándares IEC; y,
- Miles de productos están disponibles en más de 400 proveedores en el mundo.

DeviceNet digitalmente se enlaza presionando botones, sensores, actuadores, PLCs y otros dispositivos industriales. Es reducido el costo de instalación y mantenimiento de múltiples cables discretos con un solo cable que maneja tanto comunicación como distribución de la potencia.

Data Highway 485 (DH-485)

Estación de operación de interfaz, y dispositivo programador para cubrir pequeños paquetes de datos a ser comunicados y compartidos.

- Comunicación entre un máximo de 32 nodos a 19,2 kbps para configuración y recolección de data.

DF1 Semi-Duplex (Half-Duplex)

Es una comunicación bidireccional alternada, donde el protocolo esclavo DF1 Semi-Duplex está incluido en la línea MicroLogix de Micro-PLCs. Este protocolo de red abierta permite al MicroLogix comunicarse como un nodo esclavo en redes DF1 servidor/esclavo que soporten hasta 254 dispositivos de respuesta con un solo iniciador (servidor).

DF1 Full-Duplex

Es una comunicación bidireccional simultanea; que para comunicación punto a punto, elimina la necesidad de un hardware de interfaz adicional para conexión con un PC, permite programación remota vía modem.

5.4.2 Tipos de Red de Comunicación

Seguidamente serán expuestos los diferentes tipos de red de comunicación más utilizados en sistemas, de manera de orientar al lector acerca de los diversos protocolos existentes.

Ethernet

El módulo de interfaz Ethernet para FieldPoint se conecta directamente a redes Ethernet de 10 y 100 Mb/s, proporcionando un sistema de E/S distribuido de alto desempeño. Con opciones como reporte por excepción o comunicaciones debido a eventos, Ethernet FieldPoint es ideal para entradas y salidas en redes multiusuarios y aplicaciones SCADA.

Además se puede utilizar el módulo para LabVIEW en tiempo real (FP-2000 y FP-2010), lo cual proporciona una solución basada en Ethernet y definida por el usuario. Cuando se usa los módulos FP-20XX con LabVIEW en tiempo real, se puede incorporar aplicaciones de medición y control al módulo de red y garantizar un desempeño confiable e independiente del computador servidor.

El poder del ambiente de desarrollo gráfico LabVIEW, así como la conectividad sin esfuerzo a redes, proporciona un rendimiento y flexibilidad incomparable. También se puede utilizar memoria no volátil para el almacenamiento local de datos y un puerto serial para conectividad a dispositivos y sistemas periféricos.

Serial

Con los módulos de interfaz serial FP-1000 y FP-1001 para RS-232 y RS-485 respectivamente, es posible implementar fácilmente aplicaciones de E/S y adquisición de data basada en PC. La conveniente interfaz RS-232 se acopla directamente al puerto de comunicación del PC, mientras que la RS-485 proporciona una red de bajo costo y larga distancia (1.2 Km) para FieldPoint.

Inalámbrico

Cuando el cableado es difícil o muy costoso se dispone de una comunicación inalámbrica para el sistema FieldPoint. El radio módem FieldPoint adapta el FieldPoint RS-232 a una frecuencia de radio (RF) de amplio espectro y licencia libre utilizando tecnología de salto de frecuencia para máxima confiabilidad e inmunidad al ruido.

5.5 Selección del Sistema de Automatización a Utilizar

A partir de la información recopilada en la investigación hecha sobre los sistemas de automatización más acordes a las necesidades del proyecto, se llegó a la conclusión siguiente.

Recomendamos adoptar la instalación de un sistema SCADA debido a los siguientes requerimientos del proceso:

- Control, supervisión y monitoreo,
- Adquisición y manipulación de data,
- Control de lazos,
- Recolección rápida de información de un gran número de fuentes,
- Interacción fácil y amigable del operador con el sistema,
- Capacidad de trabajar con el sistema FieldBus,
- Manejo de recetas,
- Capacidad de generar reportes, despliegues e históricos,
- Comunicación de corta distancia.

Luego de definir el modelo de sistema de automatización que mejor se adapta al proyecto, procedimos a llevar a cabo el contacto con empresas especializadas en el área, con el objeto de familiarizarnos con el sistema SCADA, y de obtener información sobre sus productos asociados a este sistema.

En la sección de apéndice, se muestra la información facilitada por 3 empresas especialistas en el área de automatización de procesos, con el propósito de poseer tres opciones diferentes de automatización para nuestra propuesta; a la vez que obtendremos documentación técnica y precios de sus equipos.

Es importante señalar que la información suministrada por las compañías consultadas, es la correspondiente a aquellos equipos que consideramos son los más indicados para nuestro proceso, luego de haberlos preseleccionado apoyándonos en información contenida en los catálogos de los fabricantes, y en opiniones aportadas por personal técnico especializado de dichas empresas.

5.6 Selección de la Solución a Implementar para la Automatización del Proceso

Después de estudiar y analizar los aspectos técnicos y económicos de los sistemas de automatización ofertados, llegamos a la selección del sistema ofertado por la compañía National Instruments (N.I.). En las secciones de apéndice y anexos, se encuentran las especificaciones y costos del sistema FieldPoint y del paquete LabVIEW, respectivamente.

Nos decidimos por esta solución debido a que:

- Presenta un costo 85% menor, aproximadamente, al sistema Plantscape ofertado por la empresa Honeywell. Este sistema se presenta sobredimensionado a los requerimientos técnicos del proceso, de igual forma podemos mencionar que éste es utilizado para el control de grandes sistemas, por lo cual no amerita su implementación en el proceso a automatizar.
- Se descarta el sistema Plantscape de Honeywell como solución, debido a su costo aproximado de US\$ 35.000,00, además de ser un sistema de gran capacidad para grandes aplicaciones industriales. Por otra parte, por condiciones de la compañía National Starch & Chemical, la automatización del proceso debía ser la más efectiva en relación costo/beneficio.
- Además de que el costo del sistema FieldPoint es 20% menor, aproximadamente, que el sistema Micrologix 1500 de Rockwell (Allen Bradley); National Instruments se compromete a entregar sus equipos en 15 días hábiles o menos, a partir de la fecha de colocación de la orden de compra, a diferencia de Rockwell que realiza sus entregas entre 3 y 5 semanas.
- La programación del sistema Micrologix 1500 es en escalera, lo cual es un lenguaje complejo y poco intuitivo, por lo que se necesitaría recibir entrenamiento o contratar a un integrador para hacer la programación del

sistema. Por otra parte, el paquete LabVIEW ofertado por N.I. es un lenguaje visual basado en ambiente Windows de fácil programación y amigable al operador.

- El sistema FieldPoint a diferencia del Micrologix 1500 tiene una capacidad ilimitada de crecimiento modular, debido a que trabaja en base Ethernet.
- Los sistemas de automatización de N.I. son considerados como instrumentos de laboratorio, debido a que son de alta precisión (5 cifras decimales) y tienen una resolución de 16 bits la cual es similar a la de los instrumentos en campo.
- Por otro lado, el sistema FieldPoint tiene la capacidad de trabajar con el protocolo FieldBus, simplemente sustituyendo el módulo del controlador, FP-2000, por el módulo FP-3000 que es un controlador compatible con Foundation FieldBus.
- National Instruments no dispone de servicios de instalación, programación y mantenimiento en Venezuela, sin embargo proporciona un adiestramiento básico a sus clientes para la instalación y programación de sus sistemas, y cuentan con un servicio de asistencia para la puesta en marcha, donde se realizará un chequeo de la instalación y programación de los equipos antes del arranque; además de contar con un servicio de línea 800 totalmente gratuito para sus clientes con personal capacitado para la resolución de problemas.

Además del sistema FieldPoint y el software LabVIEW, se necesitan los siguientes equipos y accesorios, cuyos costos no se incluyen en la oferta presentada:

- Diseño de la consola de control (mueble)
- Un gabinete NEMA 4, el cual está diseñado para funcionar en interiores y exteriores, protege los equipos que contiene ante el polvo y la lluvia, salpicaduras y chorros directos de agua, y la formación de hielo.

- Un equipo de interfaz hombre maquina, el cual consta de:
 - 1 PC Pentium IV 1 GHz
 - 1 HD de 20 Gb
 - 1 Unidad de tape de 20 Gb
 - Memoria de 512 Mb
 - Sistema operativo Windows 2000
 - Mouse de 3 botones
 - Monitor de 21’’

- Ingeniería
 - Desarrollo del programa del controlador
 - Instalación en campo
 - Cableado estructurado (cables y regletas)
 - Ubicación de consola de control y gabinete
 - Consultas
 - Pruebas punto a punto
 - Puesta en marcha
 - Manuales “As Built”
 - Manuales de operación en español
 - Cursos de operación y mantenimiento

CAPITULO VI
ANÁLISIS DE COSTOS

6.1 Introducción

El presente capítulo tiene por finalidad, presentar los precios y costos asociados a la ejecución del proyecto de la propuesta de actualización. Este análisis será realizado considerando las diferentes actividades inmersas en la propuesta, de esta manera serán desarrollados los precios y costos de éstas actividades, para lo cual distribuiremos éste análisis de costos en relación a la actividad a ejecutar, obteniendo así tres grupos fundamentales de gastos, los cuales se refieren a las tareas de redistribución y reubicación de los reactores y las labores relacionadas a éste punto; redistribución de las líneas de tuberías; y propuesta optimizada de automatización para el proceso.

Finalmente, después de haber obtenido los precios y costos de las diferentes actividades vinculadas al proyecto, presentaremos su costo total, en el cual serán considerados los costos anteriormente mencionados. Por otro lado, presentaremos un pequeño análisis donde aparezcan los tiempos de ejecución de las actividades del proyecto, y expresaremos un tiempo estimado para la realización del mismo.

Seguidamente serán desarrollados y explicados los precios y costos del proyecto por concepto de: redistribución y reubicación de los reactores; redistribución de las líneas de tuberías; y propuesta optimizada de automatización.

6.2 Costos Involucrados en la Estructura Civil y Reubicación de los Reactores

Este contexto tiene por finalidad explicar detalladamente los costos involucrados en la ampliación estructural de la mezzanina de PVA, además de considerar los costos por reubicación de tres de los reactores del proceso. Posteriormente se agruparán todos estos costos generando así un costo único, al cual se le sumará el 14,5 % de su valor por concepto del I.V.A. (impuesto al valor agregado); y de esta manera habremos calculado el costo total por ampliación de la estructura civil.

Podemos dividir los costos relacionados a la ampliación de la mezzanina y reubicación de los reactores en cuatro sectores de interés. Estos sectores se refieren a los costos por conceptos de: acero, concreto, excavaciones y de reubicación de los reactores; de igual forma serán presentados los tiempos de ejecución de las diferentes actividades mencionadas.

A continuación se presentará una breve explicación de los costos de las diferentes actividades involucradas, producto de la ampliación de la estructura civil de la mezzanina PVA.

Costo por concepto de Acero

En este segmento se presentarán las vigas y columnas necesarias para la ampliación estructural, señalando sus longitudes, cantidades y pesos totales asociados por tipo de perfil. Seguidamente se sumarán los pesos totales asociados a los diferentes perfiles utilizados, de manera de obtener la cantidad total de acero en kgs necesarios para la ampliación estructural de la mezzanina.

Posteriormente se sumará a la cantidad total de acero, el 10 % de la misma, de manera de contrarrestar las pérdidas de material en las etapas de suministro y fabricación. Por último, ya teniendo un nuevo valor para el peso total de acero, se multiplicará éste por el precio del acero en el mercado, y de esta manera se obtendrá el costo total por concepto de acero.

Costo por concepto de Concreto

El análisis de costos por concepto de concreto, será estudiado fundamentalmente por dos componentes; su precio en el mercado, y el cálculo de los volúmenes de concreto necesarios para la ampliación estructural.

El volumen de concreto necesario para la ampliación estructural, se encuentra presente en las fundaciones, y en la losa de concreto de la mezzanina, por tal razón enfocaremos el estudio en primer lugar, en calcular los volúmenes de concreto presentes en estos elementos, posteriormente se sumarán ambos valores a fin de obtener el volumen total de concreto.

Por último habiendo calculado el volumen total del concreto y sabiendo el precio del mismo, podremos obtener multiplicando ambos valores, el costo por concepto de concreto.

Costo por concepto de Excavaciones

En este punto se analizarán los costos referentes a las excavaciones necesarias, para la posterior construcción de las fundaciones. El estudio de estos costos dependerá principalmente de dos factores; el precio de las excavaciones en el mercado (el cual viene dado por m³ excavados), y el volumen a excavar.

Seguidamente, teniendo conocimiento de estos valores, se multiplicarán y de esa manera se obtendrá el costo por concepto de excavaciones.

Costo por concepto de Reubicación de los Reactores

En esta sección se presentará el costo concerniente a la reubicación de tres de los reactores del proceso; para este estudio se investigará el precio promedio en el mercado para realizar esta actividad. Posteriormente se sumará a ese precio, un 20% más del mismo con el propósito de contrarrestar los imprevistos; luego ese valor se multiplicará por tres, y se obtendrá finalmente el costo total para la reubicación de los reactores.

6.2.1 Costos por concepto de Acero

A continuación se analizará el costo involucrado en la estructura por concepto del acero. Para este estudio serán necesarios, la cantidad de acero a utilizar en la ampliación de la estructura y el precio del acero a nivel comercial. Luego con estos datos se calculará el costo por concepto del acero.

Seguidamente se mostrará una tabla con las longitudes y cantidades de acero en kgs, necesarias para la ampliación de la estructura.

Tabla N°6

“Cantidad de Acero en kgs Necesaria para la Ampliación de la Mezzanina PVA”

Perfil	Peso Unitario	Cantidades / Longitudes	Peso Total
I 120	11,1 kgf/m	2 x 2110 = 4220 2 x 2620 = 5240 4 x 800 = 3200 4 x 2010 = 4020 6 x 1000 = 6000 6 x 1440 = 8640 18x2530 = 45540 + <hr/> 76860 mm = 76,86 m	11,1 kgf/m x 76,86 m = 853,15 kg
I 140	14,3 kgf/m	4x1660 = 6640 mm = 6,64 m	14,3 kgf/m x 6,64 m = 94,95 kg
I 180	21,9 kgf/m	1x2530 = 2530 mm = 2,53 m	21,9 kgf/m x 2,53 m = 55,41 kg
I 240	36,2 kgf/m	4x2620 = 10480 mm = 10,48 m	36,2 kgf/m x 10,48 m = 379,38 kg
I 280	47,9 kgf/m	2x6700 = 13400 mm = 13,4 m	47,9 kgf/m x 13,4 m = 641,86 kg
HEB 180	51,2 kgf/m	2x4100 = 8200 mm = 8,2 m	51,2 kgf/m x 8,2 m = 419,84 kg
TOTAL DE ACERO =			2444,59 kg

El total de acero a utilizar en la ampliación de la estructura será modificado cuando se le sume un 10% de su valor. Esto con la intención de contrarrestar las pérdidas de material, ya que las vigas son vendidas a estándares de longitud, los cuales muy posiblemente no correspondan exactamente con las longitudes calculadas.

De esta manera se tendrá:

$$\text{Total de Acero} = 2444,59 \text{ kg} + 10 \% = (2444,59 + 244,46) \text{ kg} =$$

$$\text{Total de Acero} = \mathbf{2689,05 \text{ kg}}$$

A nivel industrial el precio del acero es 1200 Bs/kg (este es un valor utilizado para grandes construcciones civiles), para nuestro caso en particular, se duplicará éste valor y se tendrá 2400 Bs/kg, ya que la ampliación de la estructura no es de gran magnitud y no implica una construcción civil de gran envergadura. Esta y otras informaciones de interés para el trabajo fueron suministradas por empresas contratistas.

Este precio del acero incluye las actividades de suministro, fabricación y montaje, donde; el suministro implica la compra de materia prima y traslado de la misma al lugar de interés; la fabricación esta referida al corte, esmerilado y en general a la preparación de la materia prima para el montaje; y el montaje se refiere a la instalación, soldadura, pintura, y demás procedimientos requeridos para el acabado final de la estructura.

A continuación se procederá a calcular el costo del acero necesario en la ampliación de la estructura de la mezzanina PVA.

$$\text{Costo del Acero} = \text{Precio del Acero} \times \text{Total de Acero}$$

donde,

$$\text{Precio del Acero} = 2400 \text{ Bs/kg}$$

$$\text{Total de Acero} = 2689,05 \text{ kg}$$

De esta manera se obtiene:

$$\text{Costo del Acero} = 2400 \text{ Bs/kg} \times 2689,05 \text{ kg} =$$

$$\text{Costo del Acero} = \mathbf{Bs\ 6.453.720,00}$$

El tiempo promedio para la construcción de la estructura de acero es entre 2 y 2 ½ semanas.

6.2.2 Costo por concepto de Concreto

A nivel industrial el precio del concreto es 200.000 Bs/m³ (este es un valor promedio utilizado para construcciones civiles). Para nuestro caso en particular usaremos este valor, y de esta manera estaremos considerando lo referente al suministro, la fabricación y el montaje por concepto del concreto. Esta información fue suministrada por empresas contratistas.

A continuación se calculará el volumen de concreto involucrado en la ampliación de la estructura de la mezzanina, el cual se encuentra presente en la “losa de concreto” de la mezzanina y en las “fundaciones” de la estructura.

Volumen de la losa de concreto

$$\text{Volumen de la Losa de Concreto} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor}$$

$$\text{Volumen de la Losa de Concreto} = 2,62 \text{ m} \times 1,64 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} = \mathbf{1,031 \text{ m}^3}$$

Volumen de la fundación

$$\text{Volumen de la Fundación} = \text{Volumen de la Zapata} + \text{Volumen del Pedestal}$$

donde,

$$\text{Volumen de la Zapata} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor}$$

$$\text{Volumen de la Zapata} = 1,25 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} \times 0,24 \text{ m} = 0,625 \text{ m}^3$$

y

$$\text{Volumen del Pedestal} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor}$$

$$\text{Volumen del Pedestal} = 1,1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,044 \text{ m}^3$$

Ahora:

$$\text{Volumen de la Fundación} = 0,625 \text{ m}^3 + 0,044 \text{ m}^3 = \mathbf{0,669 \text{ m}^3}$$

Como la ampliación de la mezzanina implica la necesidad de utilizar dos columnas extras HEB 180, debemos multiplicar por dos el valor calculado por fundación, teniendo:

$$\text{Volumen de las Fundaciones} = 0,669 \text{ m}^3 \times 2 = \mathbf{1,338 \text{ m}^3}$$

Después de haber calculado el volumen asociado a la losa de concreto y las fundaciones, se suman ambos valores para obtener el volumen total de concreto necesario para la ampliación de la estructura, obteniendo:

$$\text{Volumen Total de Concreto} = 1,031 \text{ m}^3 + 1,338 \text{ m}^3 = \mathbf{2,369 \text{ m}^3}$$

Seguidamente se procede a calcular el costo asociado por concepto del concreto.

$$\text{Costo del Concreto} = \text{Precio del Concreto} \times \text{Volumen Total de concreto}$$

donde,

$$\text{Precio del Concreto} = 200.000 \text{ Bs/m}^3$$

$$\text{Volumen Total de Concreto} = 2,369 \text{ m}^3$$

De esta manera se obtiene:

$$\text{Costo del Concreto} = 200.000 \text{ Bs/m}^3 \times 2,369 \text{ m}^3 =$$

$$\text{Costo del Concreto} = \mathbf{Bs 473.800,00}$$

El tiempo promedio para la construcción de las fundaciones es entre 3 y 4 días. Posteriormente después de haber construido la estructura, el tiempo promedio para construir la losa de concreto es de 1 semana.

6.2.3 Costo por concepto de Excavaciones

A continuación se calculará el costo involucrado en la ampliación de la estructura por concepto de las excavaciones. Para este estudio serán necesarios el volumen requerido a excavar, y el precio de esa actividad.

En construcciones civiles, el precio promedio por las excavaciones se encuentra en el orden de 50.000 Bs/ m³.

Inmediatamente, se calculará el volumen necesario a excavar, dado por:

$$\text{Volumen a Excavar} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Espesor}$$

$$\text{Volumen a Excavar} = 1,25 \text{ m} \times 1,25 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} = 2,3438 \text{ m}^3$$

Como la ampliación de la mezzanina implica la necesidad de utilizar dos columnas extras HEB 180, debemos multiplicar por dos el valor calculado por excavación, teniendo:

$$\text{Volumen Total a Excavar} = 2,3438 \text{ m}^3 \times 2 = \mathbf{4,688 \text{ m}^3}$$

Seguidamente se procede a calcular el costo asociado por concepto de excavación.

$$\text{Costo de Excavación} = \text{Precio de Excavación} \times \text{Volumen Total a Excavar}$$

donde,

$$\text{Precio de Excavación} = 50.000 \text{ Bs/m}^3$$

$$\text{Volumen Total a Excavar} = 4,688 \text{ m}^3$$

De esta manera se obtiene:

$$\text{Costo de Excavación} = 50.000 \text{ Bs/m}^3 \times 4,688 \text{ m}^3 =$$

$$\text{Costo de Excavación} = \mathbf{Bs \ 234.400,00}$$

El tiempo promedio para realizar las excavaciones es entre 2 y 3 días.

6.2.4 Costo por concepto de Reubicación de los Reactores

La reubicación de los reactores tiene su origen en la propuesta de actualización de la línea de fabricación de adhesivos en Base a Agua, la cual implica una redistribución de tres de los cinco reactores del proceso.

A continuación se analizarán los costos por concepto de reubicación de los reactores. Esta actividad tiene un precio aproximado de Bs 1.000.000, y comprende el desmontaje, la movilización y el montaje final de cada reactor de forma individual. Esta información fue suministrada por una empresa contratista especialista en esta actividad.

Para los fines del proyecto, se necesita reubicar los reactores TB-35, TB-60 y TB-6. Para el análisis de costos de esta actividad, utilizaremos el precio de reubicación por reactor de Bs 1.000.000, y consideraremos un 20% más de este valor para compensar imprevistos; de esta manera trabajaríamos bajo un precio de Bs 1.200.000.

Luego de haber fijado el precio para la redistribución individual de los reactores, procedemos a multiplicar por tres este valor, obteniendo así el costo que involucra la reubicación de los tres reactores anteriormente mencionados.

De esta manera se obtiene:

$$\text{Costos por Reubicación de los Reactores} = \text{Bs } 1.200.000 \times 3 =$$

$$\text{Costos por Reubicación de los Reactores} = \mathbf{\text{Bs } 3.600.000,00}$$

El tiempo promedio para la reubicación de los tres reactores es entre 2 y 3 semanas.

6.2.5 Costo Total por Ampliación de la Estructura Civil

En esta sección se agruparán todos los costos involucrados (acero, concreto, excavaciones y reubicación de los reactores), a fin de obtener el monto total. Posteriormente, después de haber obtenido un precio total que incluya todas las actividades requeridas en el proyecto de ampliación estructural, se procederá a multiplicar este costo total por el valor actual del I.V.A., el cual se tomara como el 14,5%. Finalmente obtendremos el costo total del proyecto por conceptos de ampliación estructural y de reubicación de los reactores.

A continuación se mostrará una tabla que agrupa todos los costos de las diferentes actividades de ampliación estructural.

Tabla N°7

“Costos por concepto de las Diferentes Actividades de Ampliación Estructural”

Actividades	Costos (Bs)
Costo del Acero	Bs 6.453.720,00
Costo del Concreto	Bs 473.800,00
Costo de Excavaciones	Bs 234.400,00
Costo por Reubicación de los Reactores	Bs 3.600.000,00
Costo Total = Bs 10.761.920,00	

Seguidamente, después de haber calculado el costo total, se procede a incluir el I.V.A. (14,5%) sobre éste; a fin de aportar finalmente el costo total del proyecto de ampliación de la estructura civil.

$$\text{Costo Total} = \text{Bs } 10.761.920,00 + \text{I.V.A. (14,5\%)} =$$

$$\text{Costo Total} = \text{Bs } 10.761.920,00 + \text{Bs } 1.560.478,40 =$$

$$\text{Costo Total por Ampliación de la Estructura Civil} = \text{Bs } 12.322.398,40$$

6.3 Costos Involucrados en la Modificación de la Red de Tuberías

En esta sección estimaremos los costos relacionados con la modificación planteada para la red de tuberías. Consideraremos los costos de materia prima, transporte e instalación, para una nueva instalación de toda la red en el área de producción, y sólo la instalación de la modificación, a fin de determinar cual es la opción más conveniente. Dentro del precio suministrado por la empresa contactada, se incluyen los tres conceptos anteriormente mencionados, dicho precio viene dado en Bs. por cada metro lineal de tubería, de igual manera, consideramos que al incluir el concepto de instalación estamos tomando en cuenta el desperdicio de materiales que genera esta actividad.

Costo de la Instalación de una Nueva Red en el Área de Producción

En este punto se estimarán las cantidades necesarias de tubería para instalar líneas de suministro de agua, vapor y PVA completamente nuevas, así como el precio asociado.

Costo de la Instalación de la Modificación Propuesta

En esta sección estimaremos las cantidades mínimas necesarias de tuberías para construir la modificación planteada a cada una de las líneas, para posteriormente obtener el precio de su fabricación, transporte e instalación.

6.3.1 Costo de la Instalación de una Nueva Red de Tuberías para la Mezzanina PVA

A continuación se estimará el costo relacionado a la instalación de una red de tuberías completamente nueva en el área de producción, esto se refiere a retirar las líneas existentes y colocar tuberías nuevas, según la distribución propuesta. Para este fin será necesario, conocer la cantidad de tubería a utilizar y el precio de los tubos, su transporte e instalación.

La línea de vapor sobrecalentado se construirá en tubería de acero comercial, de 3'' de diámetro y schedule 80, mientras que las líneas de agua y PVA serán fabricadas en acero comercial, de 3'' de diámetro y schedule 40. La diferencia en schedule se debe a las altas presiones que se manejan en la línea de vapor, y a consideraciones de seguridad industrial.

A través de un plano a escala, pudimos determinar que cantidades de tuberías serán necesarias.

Cantidad de tubería de acero comercial Sch. 80, 3'' = 90 m

Cantidad de tubería de acero comercial Sch. 40, 3'' = 160 m

Precio de la tubería de acero comercial Sch. 40, 3'' = 16.000 Bs./m

Precio de la tubería de acero comercial Sch. 80, 3'' = 23.000 Bs./m

Si multiplicamos las longitudes requeridas por su precio, obtendremos el costo total en bolívares de la instalación de la nueva red, de esta manera:

$$\text{Costo Total} = 90 \text{ m} \times 23.000 \text{ Bs./m} + 160 \text{ m} \times 16.000 \text{ Bs./m}$$

$$\text{Costo Total} = \text{Bs. } 4.630.000,00$$

Este costo no incluye accesorios como codos, tees, etc.

Seguidamente, después de haber calculado este costo, se procede a incluir el valor por concepto de I.V.A. (14,5 %).

$$\text{Costo Total} = \text{Bs. } 4.630.000,00 + \text{IVA (14,5 \%)} =$$

$$\text{Costo Total} = \text{Bs. } 4.630.000,00 + \text{Bs. } 671.350,00 =$$

Costo Total por construcción de la red de tuberías = Bs. 5.301.350,00

El tiempo promedio considerado para su construcción es de 4 a 5 semanas.

6.3.2 Costo de la Instalación de la Modificación Propuesta

De igual manera que en la sección anterior, estimaremos las cantidades necesarias de tuberías para construir la modificación propuesta, y luego multiplicaremos por el precio suministrado por el proveedor, de esta forma obtendremos una aproximación al costo de construir dicha reforma.

Para construir la modificación propuesta a la red de tuberías en el área de producción, serán necesarios:

Cantidad de tubería de acero comercial Sch. 80, 3'' = 50 m

Cantidad de tubería de acero comercial Sch. 40, 3'' = 70 m

Precio de la tubería de acero comercial Sch. 40, 3'' = 16.000 Bs./m

Precio de la tubería de acero comercial Sch. 80, 3'' = 23.000 Bs./m

Luego,

$$\text{Costo Total} = 50 \text{ m} \times 23.000 \text{ Bs./m} + 70 \text{ m} \times 16.000 \text{ Bs./m}$$

$$\text{Costo Total} = \text{Bs. } 2.270.000,00$$

Seguidamente, después de haber calculado este costo, se procede a incluir el valor por concepto de IVA (14,5 %).

$$\text{Costo Total} = \text{Bs. } 2.270.000,00 + \text{IVA (14,5 \%)} =$$

$$\text{Costo Total} = \text{Bs. } 2.270.000,00 + \text{Bs. } 329.150,00 =$$

Costo Total por ampliación de la red de tuberías = Bs. 2.599.150,00

El tiempo estimado para su construcción es de 2 a 3 semanas.

6.4 Precios de los Equipos Seleccionados para la Automatización

LOS PRECIOS MENCIONADOS EN ESTA SECCIÓN, FUERON SUMINISTRADOS POR COMPAÑÍAS ESPECIALIZADAS EN EL ÁREA, TALES COMO: NATIONAL INSTRUMENTS, ROCKWELL AUTOMATION Y HONEYWELL,. LA PRESELECCIÓN DE LOS EQUIPOS SE HIZO PRINCIPALMENTE EN BASE AL NÚMERO DE SEÑALES PRESENTES EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN (APROX. 50 SEÑALES), Y AL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN UTILIZADO POR ESTOS EQUIPOS.

ESTAS COTIZACIONES DE PRECIOS FUERON SOLICITADAS POR LOS AUTORES A ESTAS COMPAÑÍAS LUEGO DE ESTUDIAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS OFRECIDOS EN SUS CATÁLOGOS, Y PRESELECCIONAR LOS MÁS ADECUADOS A LAS NECESIDADES DEL PROYECTO. ADICIONALMENTE CONTAMOS CON LA COLABORACIÓN DE PERSONAL DE DICHAS EMPRESAS PARA HACER UNA PRESELECCIÓN MÁS ACERTADA.

Es necesario acotar que los precios que indicaremos más adelante sólo incluyen los de los equipos y su transporte, no incluyen su instalación, la cual puede ser solicitada, por un precio adicional, a estas compañías. Los equipos también pueden ser instalados por el personal técnico de la planta; en este caso, los

proveedores ofrecen hacer una inspección del montaje de los equipos antes de su puesta en marcha.

COMERCIALMENTE, SE ESTIMA EN US\$ 40 LA HORA DE INSTALACIÓN, PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO DE SOFTWARE, SI ES UN OPERADOR DE NIVEL MEDIO, SI SE DESEA UN MONTAJE MÁS RÁPIDO, DEBE CONTRATARSE UN OPERADOR DE MÁS ALTO NIVEL, LO CUAL ACARREA COSTOS MÁS ELEVADOS.

DENTRO DE ESTOS PRECIOS TAMPOCO SE INCLUYE EL CABLEADO NI EL GABINETE NEMA 4 NECESARIO PARA ALOJAR Y PROTEGER LOS EQUIPOS. EL CABLEADO DEBE SER TENDIDO POR TÉCNICOS CON EXPERIENCIA EN EL ÁREA, QUIENES DECIDIRÁN LA MEJOR OPCIÓN PARA COLOCAR LAS LÍNEAS (EJEMPLO: TUBERÍAS, BANDEJAS, CONDUIT).

A CONTINUACIÓN, INDICAREMOS LOS PRECIOS PROPORCIONADOS POR CADA COMPAÑÍA. SI SE DESEA UN MAYOR DETALLE DE LAS OFERTAS, LAS COTIZACIONES SE ENCUENTRAN EN LOS ANEXOS, EN DONDE SE MUESTRAN LOS PRECIOS UNITARIOS DE LOS EQUIPOS PRESELECCIONADOS, CONDICIONES DE PAGO Y OTROS ASPECTOS DE INTERÉS.

6.4.1 National Instruments

Sistema FieldPoint

Esta compañía presentó una solución por un valor de US\$ 7.411,32; el cual no incluye el impuesto correspondiente a la nacionalización de los equipos, aunque si incluye el software necesario y el flete puerta a puerta.

National Instruments ofrece entregar sus equipos en un plazo de 15 días hábiles o menos, a partir de la colocación de la orden de compra. Es de hacer notar que National Instruments ofrece un descuento de 80% en el precio del software, si se adquiere el conjunto ofrecido como solución. Es un descuento considerable si tomamos en cuenta el precio del software (US\$ 6350), dicho descuento representa, aproximadamente, US\$ 5100.

El sistema FieldPoint es un sistema modular, por lo que sólo compraremos los equipos que necesitamos (mas un 20% de capacidad adicional para futuras ampliaciones), de manera de no tener capacidad ociosa.

6.4.2 Rockwell Automation

Sistema Micrologix

Su oferta tiene un precio de US\$ 4530, la cual no incluye software, ni impuestos de nacionalización. Incluye el flete puerta a puerta, y ofrecen entregar sus equipos entre 3 a 5 semanas (o menos) a partir de la fecha de emisión de la orden de compra. Su precio es bajo, comparado con las otras ofertas, debido a que es un sistema modular, por lo que puede ser ajustado a nuestras necesidades.

6.4.3 Honeywell

Sistema Plantscape

PRESENTÓ UNA SOLUCIÓN POR US\$ 20.566. ESTA OFERTA NO INCLUYE SOFTWARE, NI IMPUESTOS DE NACIONALIZACIÓN. INCLUYE EL FLETE PUERTA A PUERTA, Y LOS EQUIPOS SERÍAN ENTREGADOS EN UN LAPSO DE 2 SEMANAS, APROXIMADAMENTE.

El precio del sistema de Honeywell es bastante elevado en comparación a las otras ofertas, debido a que es un equipo de gran capacidad (alrededor de 10.000 señales), utilizado en grandes instalaciones industriales como refinerías y plantas petroquímicas. Además, el sistema Plantscape es un sistema total (es decir, no es modular), por lo que no podemos hacerlo más pequeño y de esta forma ajustarlo a nuestros requerimientos.

6.4.4 Equipo Seleccionado

Según lo expuesto en el punto 5.6 (Selección de la Solución a Implementar para la Automatización del Proceso) del Capítulo V, referente a la propuesta de automatización del proceso, seleccionamos el sistema FieldPoint de National Instruments, esta elección motivada a factores tanto tecnológicos como económicos, principalmente por las siguientes ventajas:

- Su precio es 85% menor al del sistema PlantScape de la compañía Honeywell,
- Es más fácil de programar que el sistema Micrologix 1500 de la compañía Allen Bradley, se programa en un ambiente orientado a objetos, y no en escalera,
- El sistema FieldPoint tiene una capacidad ilimitada de crecimiento modular, debido a que trabaja en base Ethernet,
- Es un equipo de alta precisión, debido a que reporta con 5 cifras decimales, y tiene resolución de 16 bits, muy similar a la de los instrumentos en campo,
- La compañía National Instruments proporciona a sus clientes un adiestramiento básico para la instalación y programación, asistencia para la puesta en marcha, y un servicio gratuito de línea 800 para la resolución de problemas,
- Tiene la capacidad de enlazarse a una red Foundation Fieldbus,

- La compañía National Instruments ofrece un descuento de 80% en el precio del software por la compra de los equipos.

La solución de National Instruments tiene un precio de US\$ 7411,32; lo cual equivale a **Bs 6.596.074,80**; según la tasa de Bs 890 por US\$, vigente a la fecha de la cotización.

6.5 Costo Total del Proyecto

Después de haber obtenido los diferentes precios y costos asociados a la ejecución del proyecto, podemos reportar el costo total del proyecto como la sumatoria de éstos, obteniendo de esta manera:

$$\begin{aligned} \text{Costo Total del Proyecto} = & \text{Costo por concepto y Ampliación de la Estructura Civil y} \\ & \text{Reubicación de los Reactores} + \text{Costo por concepto de Tuberías} + \\ & \text{Precio por concepto de Automatización} \end{aligned}$$

Debemos resaltar que el costo final del proyecto está referido a cotizaciones y precios suministrados por proveedores y empresas contratistas, además que en los casos en que las cotizaciones presentadas no incluyeran los respectivos impuestos por nacionalización de equipos, impuesto al valor agregado y otros, fueron considerados por los autores, a fin de poder expresar un valor estimado que incluya todos los factores que intervienen en el costo total de un proyecto.

Seguidamente procederemos a efectuar el cálculo del costo total del proyecto.

$$\text{Costo total del proyecto} = \text{Bs. } 12.322.398,40 + \text{Bs. } 2.599.150,00 + \text{Bs. } 6.596.074,80$$

A continuación se presenta el costo total del proyecto de actualización de la línea de fabricación de adhesivos en Base a Agua.

$$\text{Costo Total del Proyecto} = \text{Bs. } 21.517.623,20$$

6.6 Tiempo de Ejecución del Proyecto

En esta sección mostraremos los tiempos estimados de cada una de las actividades asociadas al proyecto, apoyados en un diagrama de Gantt. El tiempo total del conjunto de todas estas actividades, representaran el tiempo de ejecución del proyecto.

Tabla N°8

“Tiempos de las Diferentes Actividades del Proyecto”

ACTIVIDADES	SEMANAS											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1) Solicitar construcción de la estructura civil	■											
2) Solicitar equipos de automatización	■											
3) Realizar excavaciones para las fundaciones		■										
4) Vaciado de las fundaciones			■									
5) Preparación de los elementos estructurales				■								
6) Montaje de los elementos estructurales					■	■	■					
7) Vaciado de la losa de concreto							■	■				
8) Reubicación de los reactores								■	■	■		
9) Redistribución de las redes de tuberías									■	■	■	
10) Instalación de los equipos de automatización											■	■
11) Puesta en marcha												■

Finalmente podemos presentar que el tiempo estimado para la ejecución del proyecto es de **12 semanas**; aproximadamente **3 meses**.

CAPITULO VII
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

Este capítulo tiene por finalidad, puntualizar y reportar los aspectos de mayor importancia y más representativos involucrados en este proyecto para la actualización y modernización de la línea de fabricación de adhesivos en Base a Agua. De igual forma se mostrarán los resultados obtenidos en las diferentes actividades desarrolladas en el trabajo, con el objeto de sustentar o no la solución propuesta.

Seguidamente, después de haber expresado todos los puntos de interés inmersos en el proyecto, se presentarán por parte de los autores, las recomendaciones a considerar para una mejor ejecución y puesta en marcha del proyecto, y las diferentes actividades que lo integran.

Es importante acotar que las conclusiones y recomendaciones que a continuación se presentarán, son producto del aprendizaje obtenido a través de la realización de este trabajo de investigación.

7.1 Conclusiones

Referente al Flujo de Materiales del Proceso

- Concluimos que el flujo de materiales, presente en el montaje actual, del proceso de fabricación de adhesivos en Base a Agua, no es el más adecuado, y no corresponde a las necesidades del proceso; por tal razón se diseñó una nueva distribución para el flujo de los materiales.

Referente al Análisis Estructural

- En general, los cálculos de diseño y chequeo de los elementos estructurales de la mezzanina de PVA, fueron satisfactorios, aunque para su desarrollo se utilizaron criterios conservadores. De igual forma, es de recalcar que uno de los cálculos realizados a una de las vigas involucradas, arrojó como resultado la falla de ésta por flexión, la cual es consecuencia del estudio conservador utilizado para el cálculo de la flecha. Para nuestro caso, la flexión de la viga no implica falla, además de que ésta transmite sus reacciones a los elementos de apoyo, proporcionándole una rigidez mayor a la que puede interpretarse por los cálculos.
- Basados en el estudio y cálculos estructurales realizados, se demuestra que la estructura civil de la mezzanina, posterior a la ampliación, es capaz de soportar la redistribución de los reactores, por consiguiente se considera que la reubicación de éstos se puede realizar con seguridad y sin ningún inconveniente.

Referente al Estudio de Tuberías

- Basados en criterios proporcionados por especialistas en el área, la ampliación y posterior chequeo de la red de tuberías producto de la reubicación de los reactores, no amerita un estudio de pérdidas de la tubería, debido a que la modificación no es significativa. No obstante, a juicio de los autores, éste estudio se realiza, a fin de sustentar las consideraciones anteriormente mencionadas de los especialistas.
- Los elementos impulsores de las líneas de agua y PVA tienen la capacidad suficiente para soportar ésta ampliación, y continuar suministrando de manera eficiente el caudal requerido por éstas líneas.
- La caída de presión en las líneas de PVA, agua y vapor sobrecalentado es despreciable, es decir, se cuenta con la presión de trabajo requerida en éstas líneas, por consiguiente, no se requiere una modificación de los elementos impulsores, caldera, tuberías y accesorios involucrados. De esta manera, podemos asegurar que el sistema de tuberías del proceso va a funcionar adecuadamente.

Referentes a la Automatización

- Es necesario para el estudio de la automatización de cualquier proceso, el conocimiento de su complejidad, así como las cantidades y tipos de señales involucradas en el mismo. Es importante contar con un plano P&ID que refleje la instrumentación, y la forma como ésta se conecta al sistema.
- Seleccionamos un sistema SCADA para la automatización del proceso; ya que después de realizar un estudio de los diferentes sistemas en el mercado, acordes a las necesidades del proceso, éste resultó ser el más adecuado.

- La incorporación al proceso de fabricación de un sistema automatizado basado en SCADA, proporciona varias ventajas, tales como: aumentar la seguridad; ejercer acciones de supervisión, control y monitoreo; puede manejar recetas, por lo que el sistema está capacitado para realizar las operaciones necesarias, a fin de obtener el producto deseado.
- En cuanto a la seguridad, ésta se ve incrementada debido a que las diferentes actividades involucradas en el proceso de fabricación, son en gran parte controladas por el sistema SCADA, por tanto se reduce la posibilidad de errores por descuido o negligencia del operador, ya que las labores de mezclado, calentamiento y enfriamiento serán coordinadas por el sistema, lo cual implica un aumento en la calidad del producto final.
- Se seleccionó para la automatización del proceso, el sistema FieldPoint de la compañía National Instruments, sobre los sistemas ofertados por las compañías Rockwell Automation y Honeywell, debido a las razones explicadas en este trabajo.

Referente a los Costos y Tiempos de Ejecución del Proyecto

- Se presenta el costo total del proyecto, por un valor de Bs. 21.517.623,20 , con un tiempo aproximado para su ejecución de tres meses. De igual forma fueron considerados todos los elementos que acarreen costos en un proyecto, tales como suministro, fabricación y montaje de las instalaciones, y la consideración del IVA. Las consideraciones anteriormente mencionadas tienen como objeto principal, que el costo presentado por concepto del proyecto sea lo más cercano al costo real, y de ésta manera disponer de toda la información necesaria al momento de tomar la decisión de ejecutarlo.

- Podemos concluir que en general, la investigación y el desarrollo de éste proyecto fue sumamente enriquecedor para los autores, ya que aportó a ellos conocimientos, criterios y valores de suma importancia para la ejecución de éste trabajo, y principalmente para su crecimiento personal y profesional.

7.2 Recomendaciones

- Se recomienda adiestrar y capacitar al personal técnico encargado de realizar las actividades relacionadas al proceso, a fin de obtener el máximo provecho con la ejecución de éste proyecto. Además de poder contar con un personal más apto y capaz para la resolución de problemas que puedan presentarse en cualquier actividad del proceso.
- Recomendamos mejorar la planificación y organización de la producción
- En lo referente a la reestructuración de la mezzanina de PVA, recomendamos la instalación de las puertas de seguridad industrial diseñadas por la compañía National Starch & Chemical, de manera de aumentar la seguridad de los operadores y del proceso.
- Recomendamos establecer una codificación para los equipos del proceso, de manera de facilitar su localización.
- Recomendamos instalar un sistema transportador de rodillos en el área de descarga de los productos terminados después de ser envasados, para facilitar su manipulación por parte del montacargas.
- Se recomienda diseñar un plan de mantenimiento asociado a las diferentes actividades del proceso, de igual forma comenzar un historial donde se registre la fecha y la actividad realizada, además de las condiciones de los diferentes equipos, de esta manera se facilitarán las próximas labores de mantenimiento y se llevará un mejor control del estado de los equipos.

BIBLIOGRAFIA

- CRANE. (1987). *Flujo de Fluidos en Válvulas, Tuberías y Accesorios*. México : Mc Graw Hill.
- Fieldbus Foundation. (1998). *Foundation Fieldbus Technical Overview FD-043 Revisión 2.0*. Austin, Texas, USA.
- Littleton, Charles. (1964). *Tubería Industrial*. México: Continental.
- National Instruments. (2002). *The Measurement and Automation Catalog*.
- Parker, Sybil. (1997). *Dictionary of Engineering* (5th Edition). New York, Mc Graw-Hill.
- Peurifoy, Robert L. (1975). *Estimación de los Costos de Construcción*. México : Diana.
- Potter, Merle C., y Wiggert David C. (1997). *Mecánica de Fluidos* (2^{da} Edición). México : Prentice Hall.
- Rockwell Automation. (2002). *Control and Information Products Guide*. Milwaukee, WI, USA.
- Tanenbaum, Andrew S. (1996). *Computer Networks* (4th Edition). Chicago: Prentice Hall.
- Texler, Daniel L. *DT Beam, Continuous Beam Analysis*. [Programa para cálculo de vigas]. (Disponible: www.dtware.com)
- Timoshenko, Stephen P., y Gere, James M. (1974). *Mecánica de Materiales*. México : Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana (U.T.E.H.A.)
- UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR. Vicerrectorado de Investigación y Postgrado. (1998). *Manual de trabajos de grado, de especialización, maestría y tesis doctorales*. Caracas : FEDUPEL.
- www.ab.com/catalogs/b113/micro1500/systems.html
- www.controleng.com

- www.fieldbus.org
- www.honeywell.com
- www.ni.com
- www.rockwellautomation.com

APÉNDICE

Esta sección tiene como finalidad presentar los diferentes aspectos desarrollados en el trabajo, que sin carecer de importancia, se consideran puntos intermedios para la ejecución de las diferentes actividades involucradas en los capítulos y demás áreas de interés del proyecto.

El apéndice estará constituido por tres divisiones, referentes a los siguientes capítulos del trabajo:

Apéndice 1 : Análisis Estructural

Apéndice 2 : Estudio de Tuberías

Apéndice 3 : Automatización

APÉNDICE 1

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Peso del reactor TB-6

Datos

$$d = 0,8 \text{ m}$$

$$r = 0,4 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

$$t = 6 \text{ mm} = 0,006 \text{ m}$$

$$\text{fracción} = 0,25 \text{ m} / 0,80 \text{ m} = 0,3125$$

Cálculos

- Volumen del prisma rectangular

$$V = 2 \times \pi \times r \times h \times t = 2 \times 3,14 \times 0,4 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,006 \text{ m} = 0,0153 \text{ m}^3$$

- Volumen de la sección plana

$$V = \pi \times r^2 \times t = 3,14 \times (0,4 \text{ m})^2 \times 0,006 \text{ m} = 0,0032 \text{ m}^3$$

- Volumen del casquete esférico

$$V = 4\pi/3 \times (r_e^3 - r_i^3) \times \text{fracción} = 4\pi/3 \times ((0,4 \text{ m})^3 - (0,396 \text{ m})^3) \times 0,3125 = 0,0035 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total de acero} = (0,0153 + 0,0032 + 0,0035) \text{ m}^3 = 0,022 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del reactor vacío} = 0,022 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kgf/m}^3 = 172,70 \text{ kgf} \approx 174 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso máximo de producto a cargar por el reactor} = 1000 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso del Reactor Lleno} = 174 \text{ kgf} + 1000 \text{ kgf} = \mathbf{1174 \text{ kgf}}$$

Peso del reactor TB-35

Datos

$$d = 1,434 \text{ m}$$

$$r = 0,717 \text{ m}$$

$$h = 1,69 \text{ m}$$

$$t = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$$

$$\text{fracción} = 0,41 \text{ m} / 1,434 \text{ m} = 0,286$$

Cálculos

- Volumen del prisma rectangular

$$V = 2 \times \pi \times r \times h \times t = 2 \times 3,14 \times 0,717 \text{ m} \times 1,69 \text{ m} \times 0,005 \text{ m} = 0,0381 \text{ m}^3$$

- Volumen de la sección plana

$$V = \pi \times r^2 \times t = 3,14 \times (0,717 \text{ m})^2 \times 0,005 \text{ m} = 0,0081 \text{ m}^3$$

- Volumen del casquete esférico

$$V = 4\pi/3 \times (r_e^3 - r_i^3) \times \text{fracción} = 4\pi/3 \times ((0,717 \text{ m})^3 - (0,712 \text{ m})^3) \times 0,286 = 0,00917 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total de acero} = (0,0381 + 0,0081 + 0,00917) \text{ m}^3 = 0,05524 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del reactor vacío} = 0,05524 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kgf/m}^3 = 433,63 \text{ kgf} \approx 434 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso máximo de producto a cargar por el reactor} = 3500 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso del Reactor Lleno} = 434 \text{ kgf} + 3500 \text{ kgf} = \mathbf{3934 \text{ kgf}}$$

Peso del reactor TB-40

Datos

$$d = 1,82 \text{ m}$$

$$r = 0,91 \text{ m}$$

$$h = 1,82 \text{ m}$$

$$t = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$$

Nota: Las secciones superior e inferior del reactor son planas

Cálculos

- Volumen del prisma rectangular

$$V = 2 \times \pi \times r \times h \times t = 2 \times 3,14 \times 0,91 \text{ m} \times 1,82 \text{ m} \times 0,005 \text{ m} = 0,052 \text{ m}^3$$

- Volumen de la sección plana

$$V = \pi \times r^2 \times t = 3,14 \times (0,91 \text{ m})^2 \times 0,005 \text{ m} = 0,013 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total de acero} = (0,052 + (0,013 \times 2)) \text{ m}^3 = 0,078 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del reactor vacío} = 0,078 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kgf/m}^3 = 612,42 \text{ kgf} \approx 612 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso máximo de producto a cargar por el reactor} = 4000 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso del Reactor Lleno} = 612 \text{ kgf} + 4000 \text{ kgf} = \mathbf{4612 \text{ kgf}}$$

Peso del reactor TB-60

Datos

$$d = 1,98 \text{ m}$$

$$r = 0,99 \text{ m}$$

$$h = 1,98 \text{ m}$$

$$t = 6 \text{ mm} = 0,006 \text{ m}$$

Nota: Las secciones superior e inferior del reactor son planas

Cálculos

- Volumen del prisma rectangular

$$V = 2 \times \pi \times r \times h \times t = 2 \times 3,14 \times 0,99 \text{ m} \times 1,98 \text{ m} \times 0,006 \text{ m} = 0,0739 \text{ m}^3$$

- Volumen de la sección plana

$$V = \pi \times r^2 \times t = 3,14 \times (0,99 \text{ m})^2 \times 0,006 \text{ m} = 0,0185 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total de acero} = (0,0739 + (0,0185 \times 2)) \text{ m}^3 = 0,1109 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del reactor vacío} = 0,1109 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kgf/m}^3 = 870,57 \text{ kgf} \approx 871 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso máximo de producto a cargar por el reactor} = 6000 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso del Reactor Lleno} = 871 \text{ kgf} + 6000 \text{ kgf} = \mathbf{6871 \text{ kgf}}$$

Peso del reactor TB-70

Datos

$$d = 2 \text{ m}$$

$$r = 1 \text{ m}$$

$$h = 2,42 \text{ m}$$

$$t = 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m}$$

$$\text{fracción} = 0,5 \text{ m} / 2 \text{ m} = 0,25$$

Cálculos

- Volumen del prisma rectangular

$$V = 2 \times \pi \times r \times h \times t = 2 \times 3,14 \times 1 \text{ m} \times 2,42 \text{ m} \times 0,005 \text{ m} = 0,076 \text{ m}^3$$

- Volumen de la sección plana

$$V = \pi \times r^2 \times t = 3,14 \times (1 \text{ m})^2 \times 0,005 \text{ m} = 0,0157 \text{ m}^3$$

- Volumen del casquete esférico

$$V = 4\pi/3 \times (r_e^3 - r_i^3) \times \text{fracción} = 4\pi/3 \times ((1 \text{ m})^3 - (0,995 \text{ m})^3) \times 0,25 = 0,0156 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total de acero} = (0,076 + 0,0157 + 0,0156) \text{ m}^3 = 0,1073 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del reactor vacío} = 0,1073 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kgf/m}^3 = 842,31 \text{ kgf} \approx 842 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso máximo de producto a cargar por el reactor} = 7000 \text{ kgf}$$

$$\text{Peso del Reactor Lleno} = 842 \text{ kgf} + 7000 \text{ kgf} = \mathbf{7842 \text{ kgf}}$$

NATIONAL INSTRUMENTS

La compañía National Instruments es una empresa dedicada a la automatización y control de procesos, orientada al diseño de equipos de alta precisión, considerados como equipos de laboratorio por algunos consumidores, ya que presentan un comportamiento similar al de instrumentos de campo.

Sistema modular FieldPoint

El sistema FieldPoint fué el único sistema acorde a las necesidades del proyecto, ofertado por la compañía National Instruments. Seguidamente serán explicados los elementos y características que lo integran.

Introducción

FieldPoint es un sistema modular de entradas y salidas distribuidas con un desempeño de grado industrial e integración de software incomparable. Con FieldPoint se puede configurar, construir y mantener fácilmente soluciones confiables de E/S distribuidas.

El sistema FieldPoint incluye una variedad de módulos de E/S aislados análogos y digitales, bases terminales, e interfaces de red que permiten una fácil conexión a tecnología de red estándares y abiertas. La compañía también incluye varias opciones de software, tales como el módulo LabVIEW en Real Time, el LookOut para control supervisorio dedicado, LabVIEW estándar, etc. Además de una utilidad de configuración fácil de usar, estos paquetes de software de National Instrument se caracterizan por incluir un servidor OPC para conexión normalizada a cualquier paquete de software compatible con OPC.

Un servidor OPC [OLE (Object Link Embedded) Process Control] es un estándar industrial que permite la conexión entre sistemas compatibles, dándole la capacidad de intercambiar datos en tiempo real entre dos o más aplicaciones, aún si son de distintos fabricantes. Debido a que OPC utiliza la tecnología DCOM, la aplicaciones de usuario pueden acceder datos de servidores OPC remotos a través de la red.

Ventajas del sistema FieldPoint:

- *Sistemas de bajo costo y fáciles de usar:* El sistema FieldPoint fue diseñado para reducir los costos totales del sistema al integrar hardware y software, lo que hace al producto ser fácil de usar. Incorpora útiles diagnósticos, módulos intercambiables que se autoidentifican, arranque y estados de salidas de fallas programables, y varias opciones de montaje y cableado.

- *Sistema modular:* El sistema FieldPoint funciona en base a una arquitectura innovadora que modula las comunicaciones, funciones de E/S. Además podemos escoger independientemente las E/S, la red industrial y el tipo de señal que mejor se adapta a una aplicación en particular. El FieldPoint incluye tres tipos de componentes que hacen posible esta flexibilidad; Los módulos de E/S, las bases y los módulos de red.
 - *Módulos E/S:* El sistema FieldPoint incluye dos tipos de módulos E/S, Los estándar de 8 y 16 canales y los módulos de canal mixto para máxima flexibilidad. Los módulos E/S proporcionan entradas y salidas discretas y análogas aisladas, para una amplia variedad de tipos de sensores y señales; Son intercambiables y autoconfigurables para fácil instalación y mantenimiento.

- *Bases Terminales:* Los módulos E/S están instalados sobre bases que proveen terminales para conexiones de cableado de campo, así como también alimentación del módulo y comunicaciones. Los módulos pueden ser conectados y desconectados sin desconectar el cableado de campo (desconexión y conexión en caliente).
- *Módulos de red:* Los módulos de red proporcionan conectividad a redes industriales. Los módulos de red se comunican con los módulos E/S a través del Bus local de alta velocidad formado por la unión de las bases. Las opciones actuales de módulos de red incluyen RS-232, RS-485, Ethernet (10 y 100 Mb/s), y Foundation FieldBus.
- *Robustez Ambiental:* El sistema FieldPoint está diseñado para operar en los ambientes agresivos de las aplicaciones industriales. Gran parte de los componentes de FieldPoint pueden operar en un amplio rango de temperatura entre -40 y 70 °C. El aislamiento de los bancos es estándar y tiene un valor de 2500 Vrms, con doble aislamiento para un voltaje de seguridad de 250 Vrms.

Equipos preseleccionados para el sistema FieldPoint:

Dentro de la gran variedad de equipos diseñados para el sistema FieldPoint, se preseleccionaron aquellos que mejor se ajustan al proyecto, en lo referente a número de señales requeridas y protocolo de comunicación a emplear.

- Módulo de Interfaz de Red (FP-2000)

Características:

- Procesador dedicado para correr LabVIEW en tiempo real

- Puede ser operado como servidor
- Memoria DRAM de 8 MB accesible al operador
- Memoria Flash de 3 MB
- Puerto serial (RS-232)
- 5 switches DIP definidos por el operador
- 4 LEDs definidos por el operador
- Rango de operación de -25 a 55 °C
- Interfaz Fast Ethernet TCP/IP
 - 100BaseTX (100 Mb/s)
 - 10BaseT (10 Mb/s)
- Comunicación por eventos
- Banda muerta en canales análogos
- Acceso seguro a Ethernet
- Diagnósticos y mantenimiento inteligentes
- Operación “HotPnP” (plug and play)
- Estados de salida de falla segura

Observacion: Si se desea conectar a una red **FieldBus** se dispone del módulo inteligente de interfaz de red FP-3000 que puede conectar hasta 9 módulos E/S FieldPoint. El FP-3000 tiene las siguientes características:

- Rápida interfaz Foundation FieldBus H1 (31,25 Kb/s)
- E/S y control inteligente
- Bloques de funciones estándar AI, AO, DI, DO, CDO y PID
- Incluye control, alarmas, tendencias, escalamiento, filtraje y enclavamientos de tipo integral
- Capacidad Link Active Schedule (Programador de enlace activo)
- Diagnóstico y mantenimiento inteligente
- Operación HotPnP (plug and play)
- Operable en temperaturas de -40 a 60 °C

- Bases de terminal universal (FP-TB-1, FP-TB-2, FP-TB-3)

Características:

- Soporta cualquier módulo estándar de 8 o 16 canales
- Conexión de cables a campo de FieldPoint
 - Terminales atornillables - FP-TB-1
 - Terminales de resorte - FP-TB-2
 - Terminales atornillables, base isotérmica – FP-TB-3
- Se pueden montar en panel o riel DIN
- Bus local para comunicaciones y alimentación del módulo
- Amplio número de terminales – simplifica el cableado
- Diseño de interconexión para una instalación de tipo industrial
- La base isotérmica FP-TB-3 aumenta la precisión para el módulo FP-TC-120.

- Fuente de Poder para FieldPoint (PS-3)

Características:

- Salida de 13.8 VDC a 4A
- Entrada 240 VAC

- Módulo de entrada de termocuplas (FP-TC-120)

Características:

- 8 entradas de termocuplas tipo J, K, T, R, S, E y B.
- Rangos configurables por software
- Resolución de 16 bits
- Rechazo de ruidos de 50/60 Hz

- Autocalibración con referencia integral estable
 - Entrada-salida aislada – 3000 Vrms
 - Operación “HotPnP” (plug and play)
 - Operable en temperaturas de –40 a 70 °C
 - Se recomienda usar la base FP-TB-3.
- Módulo de entradas analógica de 16 canales (FP-AI-111)

Características:

- 16 entradas de corriente
 - Rangos configurables por software
 - Resolución de 16 bits
 - Rechazo de ruidos de 50/60 Hz
 - Autocalibración con referencia integral estable
 - Entrada-salida aislada – 3000 Vrms
 - Operación “HotPnP” (plug and play)
 - Operable en temperaturas de –40 a 70 °C
- Módulo analógico de 8 salidas de corriente (FP-AO-200)

Características:

- 8 salidas de corriente (0-20 mA ó 4-20 mA)
- Detección de lazo de corriente abierto
- Resolución de 12 bits
- 1 mA de sobrerango
- Entrada-salida aislada
 - Aislamiento de Ruptura de 3000 Vrms
 - Voltaje de trabajo 250 Vrms
- Operación “HotPnP” (plug and play)
- Operable en temperaturas de –40 a 70 °C

- Módulo de 8 entradas discretas (FP-DI-300)

Características:

- 8 entradas de 24 VDC
- Entrada-salida aislada
 - Aislamiento de Ruptura de 3000 Vrms
 - Voltaje de trabajo 250 Vrms
- Operación “HotPnP” (plug and play)
- Alimentación a través del Bus local FieldPoint
- Operable en temperaturas de –40 a 70 °C

- Módulo de 16 salidas discretas (FP-DO-401)

Características:

- 16 salidas
- Compatible con voltajes desde 10 a 30 VDC
- Entrada-salida aislada
 - Aislamiento de Ruptura de 3000 Vrms
 - Voltaje de trabajo 250 Vrms
- Operación “HotPnP” (plug and play)
- Operable en temperaturas de –40 a 70 °C

Software seleccionados por recomendación del proveedor

Debido a la falta de conocimientos en el área, recurrimos a la experiencia del fabricante, quien nos aportó los elementos necesarios para la selección del software acorde al equipo FieldPoint anteriormente explicado, y preseleccionado como posible equipo a utilizar.

LabVIEW Real Time Professional Edition for Win 2000/NT/Me/9x, CD

Introducción

Con LabVIEW podemos construir programas gráficos, llamados instrumentos virtuales, en vez de escribir programas en base a texto. Podemos crear rápidamente interfaces de usuarios en panel del operador los cuales proporcionan control interactivo y muestran el estado del sistema. Para agregar funcionalidad a la interfaz de usuario el LabVIEW tiene la capacidad de armar diagramas de bloques intuitivamente.

Modularidad y Programación

LabVIEW utiliza un lenguaje de programación patentado diferente a la arquitectura lineal de algunos lenguajes de programación basados en texto. Debido a que el orden de ejecución es determinado por el flujo de información entre bloques como decimos que LabVIEW es un sistema capaz de realizar múltiples tareas a la vez.

Los instrumentos virtuales son modulares en su diseño, por tanto cualquier instrumento virtual puede correr como el mismo o como parte de otro instrumento virtual. Aún más, se pueden crear íconos para los instrumentos virtuales así que podemos modificar, intercambiar y combinarlos entre si para satisfacer las necesidades de aplicación.

Características del software LabVIEW

Seguidamente serán expuestas las principales características del software LabVIEW.

- Programación gráfica para instrumentación y adquisición de datos
- Paneles frontales intuitivos para el usuario y programas en diagramas de bloques
- Mayor velocidad de ejecución con el compilador interno
- Más de 650 drivers de instrumentos
- Extensa biblioteca de análisis para el procesamiento de señales, estadísticas, aproximación de curvas, matemática avanzada y análisis complejos.
- Comunicación entre procesos y entre redes usando ActiveX, DataSocket, DDE y TCP/IP.
- Disponible para Windows NT/98/95, Mac OS, HP-UX, SUN y PC de tiempo real Concurrent.
- Mejor productividad
- Desarrollo de un sistema completo de instrumentación virtual
- Sistema de desarrollo profesional para grandes aplicaciones

Seguidamente será explicado el contenido y las características del otro software a implementar recomendado por National Instruments.

LookOut

LookOut es un paquete de software de automatización altamente productivo con una interfaz fácil de usar. LookOut es utilizado para controlar, monitorear, modificar, analizar o reportar en aplicaciones de automatización industrial.

No se necesita el uso de programación para crear procesos de LookOut, esto lo hace ser el software HMI SCADA de más fácil aplicación en el mercado. Esto, combinado con la fácil instalación de red y el ambiente de desarrollo orientado a objetos, hace a LookOut una herramienta altamente productiva para crear aplicaciones de automatización industrial.

LookOut es utilizado para controlar varios tipos de aplicaciones industriales, tales como: operación de plantas químicas y petroquímicas, operación de gasoductos, operación de plantas de energía, entre otros.

La cotización de los equipos y software previamente indicados, por parte de la compañía National Instruments, se muestra en anexos.

ROCKWELL – ALLEN BRADLEY

La compañía Allen Bradley es una empresa dedicada a la automatización y control de procesos, orientada al diseño de equipos para múltiples aplicaciones de automatización. Preseleccionamos el controlador Micrologix 1500 entre la gama de equipos ofertados por la empresa, a continuación desarrollaremos las características y elementos que lo integran.

MICROLOGIX 1500/1769 SYSTEM

El Micrologix 1500 consiste de una unidad base (PLC) que provee 24 o 28 entradas o salidas básicas incorporadas, una fuente de AC o DC y un procesador que se desliza en la unidad base. Es posible complementar las entradas y salidas incorporadas de la unidad base con hasta 8 módulos 1769 Compact, de hasta 16 puntos máximo cada uno, para un total de 152 o 156 E/S máximo.

Se presenta la posibilidad de escoger entre una variedad de módulos de entradas y salidas digitales o analógicas, además de poder agregar un módulo opcional de memoria y/o reloj de tiempo real, y una herramienta de acceso de datos (DAT) opcional, para agrandar la capacidad del sistema.

Ventajas

Seguidamente serán presentadas las ventajas más significativas del sistema Micrologix 1500:

- *No requiere chasis:* la unidad base y los módulos Compact del Micrologix 1500 pueden ser montados en panel o en riel. No se necesita un chasis de E/S.
- *Entradas y salidas expandibles:* Es posible aumentar la capacidad de entradas y salidas del Micrologix 1500, agregando hasta 8 módulos Compact, estos módulos E/S son colocados directamente a la unidad base, o hasta una distancia de 1 metro, usando un cable de expansión y una fuente de poder auxiliar. Los módulos Compact pueden ser insertados y extraídos individualmente.
- *Fácil interfaz a los recursos del sistema:* 12 funciones incorporadas, disponibles solamente con el Micrologix 1500, proveen una interfaz eficiente y lógica a recursos del controlador, como contadores de alta velocidad, potenciómetros de ajuste análogo, o interrupciones temporizadas seleccionables. Los datos de las funciones son disponibles para el programa de control, facilitando el desarrollo de aplicaciones y aumentando el desempeño del controlador.
- *Amplio rango de opciones de comunicación:* el puerto RS-232 incorporado soporta los protocolos DF1 full y semiduplex, el protocolo ModBus RTU y una comunicación completa de lectura y escritura ASCII, podemos conectar el Micrologix 1500 a un DH-485, DeviceNet, o redes Ethernet, a través de módulos de interfaz de comunicación opcionales.
- *Facilidad de cableado e instalación:* los bloques terminales extraíbles de la unidad base y los módulos Compact, facilitan el cableado, la instalación o el reemplazo, a la vez que se cumple con los estándares internacionales de seguridad.

- *Ajuste y monitoreo de data-online:* la herramienta de acceso de datos (DAT), permite monitorear y ajustar datos definidos por el usuario en bits o enteros, es posible insertar o extraer el DAT mientras el controlador trabaja.
- *Sistema operativo actualizable en campo:* es posible actualizar el software utilizando la herramienta ControlFlash. Las mejoras del controlador pueden ser descargadas en el campo, protegiendo su inversión.
- *Funciones de entrada y salida de alta velocidad:* las entradas y salidas empotradas de alta velocidad permiten el desarrollo rentable de aplicaciones de alta velocidad, y de control de movimiento sencillo, sin la ayuda de sistemas de control más grandes o más dedicados.

Diseño Funcional

En esta sección serán presentadas las principales características de funcionamiento y configuración del sistema Micrologix 1500.

- *Entradas y salidas incorporadas y modulares:* la unidad base incluye 24 o 28 E/S, y es posible agregar hasta un máximo de 8 módulos E/S de un máximo de 16 puntos cada uno, para un total de 152 o 156 E/S máximo.
- *Expansión del sistema:* como se sabe, el Micrologix 1500 tiene una capacidad máxima de 8 módulos, la cual puede expandirse a 8 módulos extra en conjunto con una fuente de poder auxiliar, cable de expansión y un “End Cap” al final del último módulo auxiliar instalado. Por medio de esto podemos aumentar la capacidad del equipo.
- *Interrupciones temporizadas seleccionables (STI):* facilitan un mecanismo para resolver requerimientos de control de tiempo crítico, por ejemplo, en lazos PID o aplicaciones de movimiento. El STI es un mecanismo accionador que permite al controlador interrumpir el programa según sea definido por el usuario para recopilar datos sensibles al tiempo o iniciar salidas.

- *Interrupciones de entrada de eventos:* el equipo es capaz de soportar hasta 4 eventos de entrada interrumpidos, cada uno de los cuales permite al controlador leer una subrutina específica cuando una condición de entrada es detectada por un sensor. 8 entradas de captación de pulsos, permiten que señales muy breves sean capturadas o retenidas para el procesamiento de la entrada.
- *Potenciómetros de ajuste:* dos potenciómetros de ajuste análogo de $\frac{3}{4}$ de vuelta, con salida digital, permiten el rápido y fácil ajuste de temporizadores, contadores, set point y otros.

Opciones de Comunicación

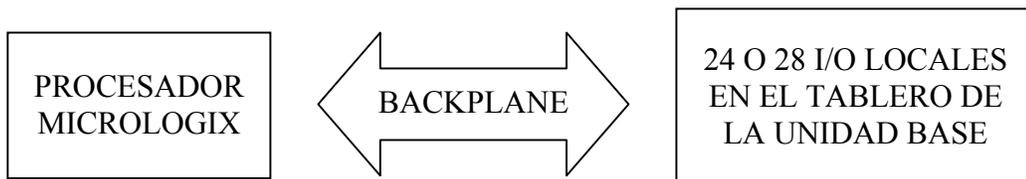
El sistema Micrologix 1500 tiene la opción de comunicarse a través de los siguientes puertos e implementaciones.

- *RS-232-C:* el Micrologix 1500 incluye un puerto RS-232-C, que soporta el protocolo DF1 full y semiduplex, reporte por excepción e intercambio de data entre niveles de comunicación. El puerto RS-232-C puede ser utilizado para la conexión directa de dispositivos de programación e interfaz con el operador (por ejemplo, un PC) y soporta programación remota por un sistema discado.
- *ASCII:* un completo comando ASCII ajustado para el puerto RS-232-C permite leer y escribir con herramientas ASCII.
- *Modbus:* a través de un puerto RS-232-C, utiliza el Micrologix 1500 como un PLC inteligente en una red SCADA existente.
- *DH-485:* podemos conectar el RS-232-C a una red DH-485 a través de un convertidor avanzado de interfaz. La red DH-485 puede conectar hasta 32 dispositivos. El puerto de comunicación permite descargar y cargar programas.

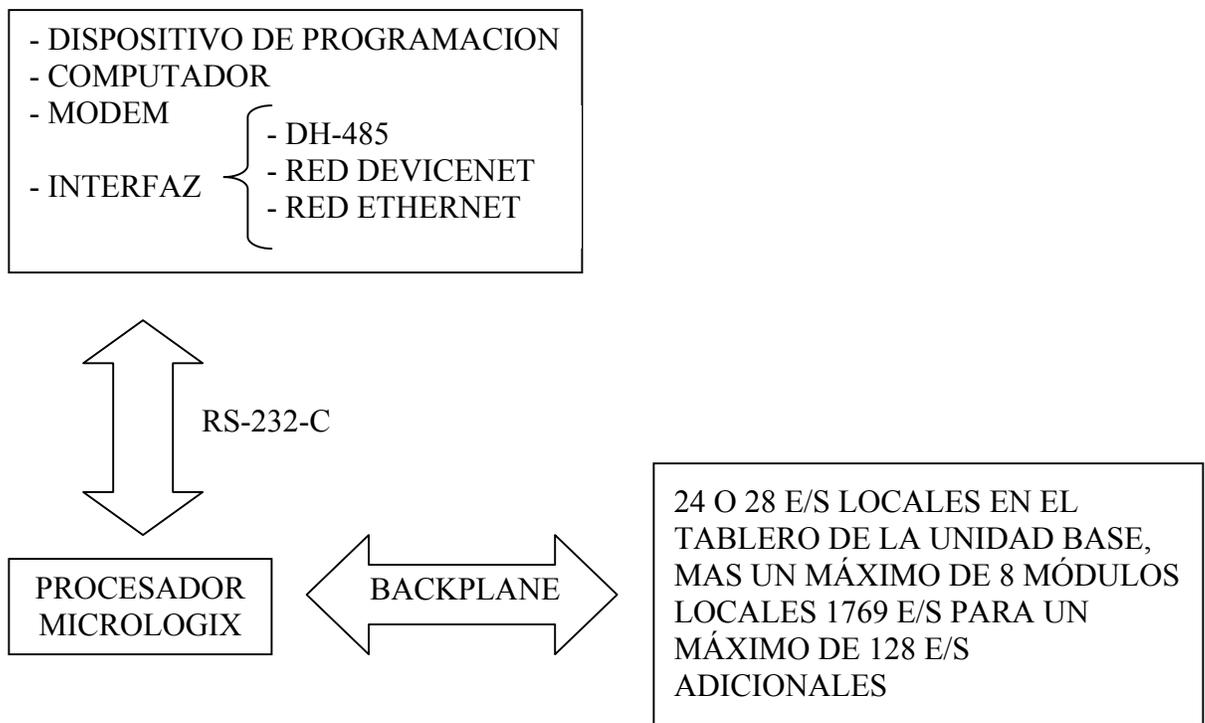
- *DeviceNet*: podemos conectar el RS-232-C a una red de hasta 64 dispositivos a través de una interfaz DeviceNet. La interfaz DeviceNet proporciona entradas y salidas como esclavo COS (cambio de estado) y capacidad de cargar y descargar programas.
- *Ethernet*: es posible conectar el Micrologix 1500 a una red Ethernet, a través de una interfaz Ethernet/RS-232-C. Este módulo soporta monitoreo, carga y descarga de programas, recolección de data y comunicación entre capas. También puede enviar mensajes de email vía SMTP y mostrar información de status y configuración a través de un servidor de Internet incorporado.
- *Interfaces con el operador*: la interfaz del operador MicroView esta diseñada para el OEM que requiere una interfaz de operador a bajo costo para el control del piso de planta y monitoreo de data. La interfaz de operador MicroView esta diseñada para comunicarse con la familia Micrologix utilizando el protocolo DF1 a través del puerto RS-232.

El sistema en estudio presenta una variedad de montajes, los cuales serán implementados, dependiendo de los requerimientos que presente el proyecto. A continuación se mostrarán varias de estas opciones, con la finalidad de proporcionar algunos modelos de montajes posibles a implementar.

Un sistema simple, puede sólo consistir en un controlador aislado con sus entradas y salidas empotradas en la unidad base y sin comunicación.



Múltiples procesadores pueden comunicarse a través de redes y compartir data, y módulos de entrada y salida local pueden ser añadidos.



Software recomendado por Rockwell para el sistema Micrologix 1500

Basados en conversaciones y recomendaciones con el personal técnico de la empresa para la implementación del software mas adecuado para el sistema Micrologix 1500, llegamos a la selección del software **RSLogix 500** versión 5.0, para la programación del equipo, el cual esta diseñado para trabajar en ambiente Windows.

El software RSLogix 500, nombrado también como el software de control inteligente contiene las siguientes características:

- Programación lógica en línea y fuera de línea;
- Programa de mantenimiento a través de la plataforma del hardware;
- Compatible con programas de DOS; y,
- Poderoso editor de base de datos.

La familia RSLogix de paquetes para programación escalera ayuda a optimizar el desempeño, ahorrar tiempo de desarrollo de proyectos y mejorar la productividad. Algunas características incluyen:

- Interfaz común para el usuario y una serie de opciones;
- Configuraciones E/S “apunte y clic”;
- Herramientas de diagnóstico;
- Diagnósticos y herramientas para resolución de problemas;
- Comunicaciones dependientes;
- Vista del proyecto consolidado;
- Lógica flexible de escalera;
- Programación simbólica;
- Edición “arrastrar y soltar” (drag & drop);
- Opciones de vista de escalera;
- Pantalla para mostrar datos al usuario;
- Vista del estado de las etiquetas;
- Configuración de fácil comunicación; y,
- Poderoso editor de base de datos y editor de grupo de símbolos, seleccionador de símbolos e importación/exportación de formato de valores separados por coma (CSV).

COMPONENTES DEL SISTEMA MICROLOGIX 1500

A continuación se nombran los equipos requeridos y opcionales para la integración del Micrologix 1500

- *Procesador, (requerido):* el procesador Micrologix 1500 es un módulo separado que se desliza en la unidad base. El procesador aloja un módulo de switcheo “sin llaves” y dos potenciómetros de ajuste análogo de $\frac{3}{4}$ de vuelta con un rango de salida digital de 0-250. El procesador también provee la interfaz para módulo de memoria y relojes de tiempo real opcionales, así como también para el DAT.
- *Unidad base (requerida):* cualquier sistema Micrologix1500 requiere una unidad base. La unidad base incluye entradas y salidas empotradas y una fuente de poder, y posee un espacio determinado para la instalación del procesador.
- *Módulos de E/S Compact series 1769 (opcionales):* existe una variedad de módulos de entradas y salidas análogos y digitales a escoger. Un máximo de 8 módulos pueden ser conectados a la unidad base, dependiendo del consumo de corriente y disipación de potencia. Los módulos individuales serán instalados a la derecha de la unidad base, o hasta una distancia de 1 metro a través de un cable de expansión, una fuente de poder auxiliar y un “End Cap” que se requiere al final del banco extra de módulos Compact.

- *Módulo de memoria y reloj de tiempo real (opcional)*: proveen memoria de respaldo y/o un reloj de tiempo real. La data del reloj de tiempo real puede ser accesada a través de programas del usuario, y permite planificar actividades de control.
- *Herramienta de acceso de datos DAT (opcional) 1764-DAT*: el DAT permite monitorear y ajustar datos definidos por el usuario en bits y enteros, provee 48 pulsadores electrónicos, 48 potenciómetros electrónicos de ajuste digital y dos teclas de función. El DAT puede ser insertado o extraído del controlador mientras el sistema se encuentra en operación.
- *Cables de expansión y “End Caps” para la unidad base del Micrologix 1500 (opcional)*: un máximo de un cable puede ser utilizado en el controlador Micrologix 1500, el cual tendrá una medida entre 305 mm y 1 m, para una configuración máxima de 2 bancos de módulos Compact E/S. El total de módulos Compact E/S en ambos bancos esta limitado a un máximo de 8, dependiendo del consumo de corriente y la disipación de potencia. Si se adhiere un segundo banco de módulos Compact E/S al sistema Micrologix 1500 se deberá incluir una fuente de poder en el segundo banco. Los módulos conectados directamente a la unidad base del Micrologix 1500 usan la potencia suministrada a través de la unidad base; por consiguiente no se deberá adherir una fuente de poder al banco conectado directamente a la unidad base del Micrologix 1500.

Observación: El último banco de módulos Compact E/S requiere un “End Cap” al final del último módulo conectado; con el objeto de indicar al controlador el fin de la cadena de módulos Compact instalados.

La distribución de los bancos de módulos Compact, tanto de la unidad base como del banco de expansión, influirá directamente en la selección del tipo de cable de expansión y del “End Cap” a utilizar.

Basados en el listado de señales totales (Tabla N°5) previamente mostrado, observamos que se tienen 34 salidas discretas de 110 VAC, las cuales se distribuirán de la siguiente manera: 12 señales se utilizarán de la unidad base del Micrologix 1500, ya que éste las proporciona. Las 22 señales restantes serán enviadas utilizando 3 módulos Compact digitales de salida de 8 puntos cada uno, lo cual proporcionará 24 puntos, y de esta manera se solventará el requerimiento de 22 señales, y se tendrán además 2 puntos sin utilizar.

Se tienen 4 salidas analógicas de 4-20 mA, para las cuales se utilizarán 2 módulos Compact analógicos de salida de 2 canales cada uno. De esta manera se cubrirán estas 4 señales del proceso.

Se tienen dos señales de entrada analógicas de 4-20 mA, para lo cual se utilizará un módulo Compact analógico de entrada de 4 canales. Asimismo se utilizarán solamente 2 señales, y restarán 2 señales libres.

Se tiene una señal de entrada digital de 24 VDC, la cual será transformada a una señal de entrada analógica de 4-20 mA por medio de un transformador local. De esta manera no será necesaria la adquisición de un módulo Compact para esta señal, sino que se utilizará una de las dos entradas libres del módulo analógico de entrada de 4-20mA.

Se tienen 4 señales de entrada analógicas de termocuplas, para lo cual se utilizará un módulo Compact de entrada de termocuplas de 6 canales. Solo se utilizarán 4 señales y las dos restantes quedarán libres.

Equipos preseleccionados para integrar el sistema Micrologix 1500

A partir del estudio de las diferentes opciones de equipos propuestas en el catálogo de Allen Bradley, llegamos a la preselección de los siguientes elementos que integrarán el sistema Micrologix 1500.

- *Procesador 1764-LRP (se utilizará la comunicación vía RS-232-C)*
- *Unidad base 1764-24AWA:* Esta unidad base consta de 12 entradas de 120 VAC, 12 salidas de relay y una fuente de poder de 120 VAC (se utilizan las 12 salidas de la unidad base para señales digitales de 110 VAC)
- *Módulos de E/S Compact series 1769*
 - *Módulo digital de salida 1769-OW8:* es un módulo que consta de 8 puntos para operar con voltajes para corriente AC y DC (se requieren 3 módulos ya que tenemos 22 salidas restantes de 110 VAC)
 - *Módulos analógicos de entrada y salida*
 - 1769-IF4: Módulo de entrada de 4 canales analógicos de corriente/voltaje (se requiere 1 solo módulo ya que tenemos 2 señales de entrada analógica de 4-20 mA)
 - 1769-IT6: Módulo de entrada de 6 canales analógicos para el control de termocuplas/mV (se requiere 1 solo módulo ya que tenemos 4 termocuplas de entrada analógica)
 - 1769-OF2: Módulo de salida de 2 canales analógicos de corriente/voltaje (se requiere 2 módulos ya que tenemos 4 salidas analógicas de 4-20 mA en el proceso)
- *Memoria 1764-MM2RTC:* proporciona 16 K de memoria tipo Word y un reloj de tiempo real

- *Herramienta de acceso de datos 1769-DAT*: permite el acceso y la manipulación de la data requerida en el proceso, de manera de proporcionar una interfaz entre el operador y el controlador.

Equipos necesarios para una futura expansión

En esta sección indicaremos los equipos necesarios para la ampliación del Micrologix 1500

- *Cable de expansión 1769-CRR1*: cable de expansión bus de 305 mm (1 ft) derecha a derecha (los bancos se colocaran uno arriba del otro, y el cable de expansión ira colocado a la derecha de ambos bancos)
- *Accesorio “End Cap” 1769-ECL*: fin de tope izquierdo (este será colocado a la izquierda del banco auxiliar de módulos, ya que a la derecha del mismo esta conectado el cable de expansión que proviene del banco de la unidad base, y por consiguiente el “End Cap” deberá situarse a la izquierda del banco de extensión de módulos, indicando el final de los módulos Compact extra colocados)
- *Fuente de poder 1769-PA4*: fuente de poder para entradas de corriente AC de 120/240 V, 4 Amp @ 5 VDC, 2 Amp @ 24 VDC.

La cotización de los equipos previamente indicados, por parte de la compañía Rockwell, se muestra en la sección de anexos.

HONEYWELL

La compañía Honeywell es una empresa dedicada a la automatización y control de procesos de gran envergadura, orientada al diseño de equipos para el control de grandes instalaciones industriales; aunque en nuestro proyecto el sistema de automatización y control es bastante simple para la utilización de equipos Honeywell, esta empresa de igual forma se adapta a nuestros requerimientos, proporcionándonos el sistema PlantScape, seguidamente desarrollaremos y explicaremos el funcionamiento y los componentes que integran al sistema.

Sistema PlantScape

PlantScape es un sistema completamente integrado con una estructura de base de datos global, basado en una nueva tecnología que incluye:

- Un poderoso servidor con Microsoft Windows NT, con muestreo dinámico de datos, alarmas, interfaz hombre - máquina, almacenamiento de históricos y funciones de reportes.
- Un controlador simple y compacto que provee control integrado real.
- Herramientas orientadas a objetos para una rápida y fácil construcción de estrategias re-usables de control.

- Una red de control en estado del arte productor/consumidor abierta.
- Un Administrador seguro en plataforma de Internet para el manejo de documentación y soporte en línea.

El sistema PlantScape provee el mas alto nivel de desempeño, flexibilidad y facilidad de uso al más bajo costo. El sistema permite aprovechar el precio, desempeño, el poder de Windows NT y la comodidad de hardware sin sacrificar funcionalidad.

El sistema provee la mejor aplicación en su clase y las tecnologías que resuelven sus necesidades de control y le dan valor agregado a su inversión.

Seguidamente será explicado el principio de funcionamiento del sistema PlantScape.

Control Integrado

La arquitectura simple e integrada del sistema reduce la complejidad y el costo de éste. Esta arquitectura provee la integración óptima de todos los componentes del sistema para asegurar una rápida implementación, una fácil operación y una integridad de datos.

El controlador Híbrido de PlantScape le permite manejar sus requerimientos de control en procesos continuos, batch, operaciones discretas o control de maquinaria, de acuerdo a las necesidades. Este controlador compacto y efectivo en costos, incluye un procesador de control para aplicaciones que requieren integrados controles regulatorios, lógica rápida, secuenciales y batch o un procesador lógico para manejo de materiales, empaque y otras aplicaciones que requieren altas velocidades (por debajo de submilisegundos) para control de máquinas discretas.

La arquitectura del sistema le permitirá iniciar con procesos pequeños y crecer el sistema en función de sus necesidades mediante un solo sistema de control, además de poder proporcionar una interfaz con otros controladores Honeywell, controladores de terceros, tales como Allen Bradley, Siemens y Modicon, entre otros. La interfaz hombre - máquina corre en ambiente Windows NT 4.0, lo cual permite un fácil acceso y programación de desplegados así como la posibilidad de tener gráficos inteligentes mediante objetos ActiveX.

Componentes que integran al sistema PlantScape

El sistema de control ofrecido por la empresa consta de tres grupos básicamente, que pueden ser expandidos o modificados con el fin de ajustarse a las necesidades del proyecto. A continuación serán indicados y explicados cada uno de ellos.

- El primer grupo son los módulos de entradas y/o salidas
- El segundo grupo es el controlador
- El tercer grupo es el servidor y/o estación de operación

Grupo de módulos de Entradas y/o Salidas

El grupo de entradas y/o salidas son los módulos que recibirán las señales de transmisores, motores, luces de indicación, etc.; Estas se clasifican como señales de entradas y/o salidas, que puede ser de tipo discreto (p.e. manejar 1 o 2 estados On/Off) o analógico (p.e. con capacidad de oscilar en un rango de 1 hasta 5 volts). Estos módulos pueden ser a través de un nuevo desarrollo con una amplia variedad de diferentes tipos de señales y variedad en densidad de puntos. Este nuevo desarrollo son los módulos compactos de (5"x5"), que ofrecen capacidad determinística de envío y recepción de datos, diagnósticos, reemplazo en caliente, terminales de

conexión remotas y locales (frente del módulo) y software de manejo y configuración (especificación técnica PS03-140).

La capacidad de modularidad y flexibilidad para el grupo de entradas y/o salidas por cada controlador es de hasta 8 racks de 7,10,13 y 17 slots, que pueden ser colocados localmente o remotamente con una capacidad de hasta tramos de 1 km con cable coaxial y hasta cinco tramos con un máximo de 5 Km total. La capacidad de módulos por control es de 64 módulos de E/S en cualquier combinación y/o hasta 32 módulos de E/S analógicas.

Grupo del Controlador

El grupo de control consta de un procesador de control C200, en rack, con fuente de poder, interfaz para red ControlNet, y opcionalmente módulos de Entradas / Salidas. La fuente de poder es separada al rack y no ocupa slots. Siempre es montada en el costado izquierdo del rack y puede ser para 24 Vdc o 120 Vac.

Grupo del Servidor y/o Estaciones de Operación

El servidor es el núcleo del sistema y cumple 3 funciones básicas:

- 1) Comunicación hacia los controladores (SCADA e Híbrido)
- 2) Estación de operación y/o servidor
- 3) Manejador de base de datos en tiempo real

PlantScape es un sistema modular de red, para control supervisorio diseñado para un alto desempeño, basando su sistema operativo en un servidor Microsoft Windows NT. Todos los elementos son altamente integrados entre sí. Por ejemplo si el usuario ha construido un módulo de control, al cargarlo se hace simultáneamente entre el procesador de control C200 y la base de datos del servidor PlantScape.

PlantScape incorpora tecnología de punta de sistemas abiertos, como Microsoft Windows NT, Ethernet TCP/IP y hardware estándar basado en plataformas Intel, que permiten una amplia facilidad en paquetes y recursos técnicos y comerciales de costos accesibles. Optimizando a la vez una amplia gama de recursos combinados entre funciones de sistemas de control supervisorio y funciones y capacidades del controlador híbrido. PlantScape permite una arquitectura simplificada para Ingeniería y Operación en un ambiente totalmente integrado.

PlantScape Process asegura una arquitectura donde el usuario tiene transparente y completo acceso a la base de datos del procesador de control C200. PlantScape también integra sus equipos Honeywell, así como otros PLC's o dispositivos, dando la oportunidad de mantener sus inversiones anteriores y logrando una integración y coordinación entre sus diferentes sistemas de automatización.

Características del sistema PlantScape

Las características de operación del sistema PlantScape son las siguientes:

- Servidor en Windows NT y estaciones de operación con Windows NT, Windows 95/98
- Múltiples estaciones de operación remotas y locales
- Interfaz a Foundation Fieldbus
- Redundancia completa en servidor
- Soporte para comunicación redundante a Unidades Terminales Remotas (RTU's).
- Acceso en tiempo real para una amplia variedad de dispositivos de proceso conectados
- Adquisición de Datos Supervisoría y Control de Controladores y Unidades Terminales Remotas
- Poderoso manejo de alarmas
- Extenso almacenaje de datos y tendencias

- Flexibilidad de reportes estándar y específicos
- Integración de vídeo en vivo
- Integración estándar industrial para red local (LAN's) y administrativa regional (WAN's)
- Integración segura de aplicaciones de terceros
- Grandes recursos para desarrollos de aplicaciones
- Documentación ActiveX y soporte para script
- Acceso seguro HTML con la estación Windows vía Safebrowse

Comunicación

La interfaz para red ControlNet, enlaza el controlador a la red de proceso o la red supervisoria. ControlNet ofrece flexibilidad y alto desempeño entre sus nodos, ya sean controladores en su red de proceso o estaciones de operación y servidor en su red supervisoria. ControlNet es un estándar abierto especificado y definido por ControlNet International del cual Honeywell es un socio fundador.

El manejo de datos a través de ControlNet es de 5Mbps/sec redundante o sencillo, y con envío y recepción determinística. El medio físico es un cable coaxial RG6 con conectores BNC en una topología de bus, ramificada. La máxima distancia en un segmento de cable de cobre es de 1 km, pero el uso de hasta 5 repetidores, puede dar hasta una distancia de 6 Km. (incluyendo segmentos), esto se disminuye de acuerdo al número de nodos y taps en la red.

ALARMAS Y EVENTOS

El sistema PlantScape provee un fácil manejo y operación de la detección de alarmas y eventos, con funciones para reporte. Una de las claves para que el operador sea efectivo es la forma de la presentación de la alarma, ofreciéndole diferentes herramientas para una rápida notificación y reconocimiento de los eventos o alarmas.

HISTORIZACIÓN

La recolección de información y almacenamiento o historización se puede realizar en un amplio rango de frecuencias y en formato de promedio o snapshots del proceso. Una gran cantidad de información puede ser manejada en línea, con almacenamiento automático para acceso ilimitado a los datos.

Tendencias

La información puede ser mostrada en varios formatos, que son flexibles para el usuario y pueden ser configurados en línea como se requieran, solamente seleccionando el punto de la base de datos. También es posible mover sus rangos y trasponer diferentes variables con diferentes rangos.

REPORTES

Los reportes pueden ser creados por el operador o utilizar los ofertados en el sistema.

VENTAJAS DEL SISTEMA PLANTScape

PlantScape esta diseñado sobre una plataforma flexible y sólida. Esta Plataforma ofrece esencialmente:

- Fácil uso y consistencia para operación
- Fácil uso para ingeniería
- Rapidez en la implantación y desarrollo

Módulos preseleccionados para conformar el sistema PlantScape

Llegamos a la preselección de los siguientes elementos que integraran el sistema PlantScape.

- *Módulo controlador C200 (TC-PRS021)*

El procesador de control C200 es un módulo del doble de ancho, ensamblado con un procesador PowerPC 603E a 100 Mhz con 8 Mbytes de RAM, con detección y corrección de error. Soporta la funcionalidad y configuración No-Redundante y Redundante. Cuatro (4) Mbytes de Memoria ROM Flash Paridad-protegida, son usados para almacenar el programa permanente y permite su actualización. Una batería de litio respalda la base de datos del controlador y opcionalmente se puede adicionar un módulo de 2 slots de batería recargable para sustituir la batería de litio. Se puede manejar opcionalmente un recubrimiento epóxico para protección a corrosión. El principio de diseño es ofrecer un procesador determinístico ofreciendo un desempeño de máximo 50ms en arquitectura.

- *Módulos de Entrada / Salida*

- Módulo de entrada analógica (TC-IAH061)

De 6 puntos, 10V y 4-20 mA

- Módulo de salida analógica (TC-OAH061)

De 6 puntos, 4-20 mA

- Módulo de termocuplas (TC-IXL061IOM),

De 6 puntos de entrada de termocuplas

- Módulo de entrada digital (TC-IDJ161)

De 16 puntos, 24 VDC

- Módulo de salida digital (TC-ODA161)

De 16 puntos, 120/220 VAC

- *Fuente de Poder (TC-FPCXX2)*

Fuente de poder de 120/240 VAC

- *Chasis (TC-FXX102)*

Rack de 0-10 ranuras para módulos, 13 Amp.

La cotización de los equipos previamente indicados, por parte de la compañía Honeywell, se muestra en los anexos.

ANEXOS

Especificaciones de los equipos involucrados en el proceso

REACTORES

TB-6

Mezclador con capacidad para 1000 kgf

Diámetro externo del reactor = 80 cm

Altura = 125cm

Sistema Motriz de Mezclado:

- **Motor (1)**

Marca:	BBC132M4
Modelo:	A 1220 / 6440
Frecuencia:	60 Hz
Velocidad:	1740 rpm

- **Reductor (1)**

Marca:	HOLBOY CROFTS
Nº:	32464214F78
Tamaño:	5
Relación:	30 / 1

- **Eje (1)**

- **Aspas (1)**

Notas:

El reactor TB-6 esta fabricado en acero al carbono de 5 mm de espesor, y posee un fondo semiesférico de 25 cm de altura y una sección cilíndrica de 1 m de altura. El suministro de vapor se hace a través de una chaqueta, y de forma directa.

TB-35

Mezclador con capacidad para 3500 kgf

Diámetro externo del reactor = 143,4 cm

Altura = 210 cm

Sistema Motriz de Mezclado:

- **Motor (2)**

Marca: US Electrical Motors

Modelo: UT-4

Frecuencia: 60 Hz

Velocidad: 1700 rpm

Potencia: 40 HP

Voltaje: 220 / 440 V

Amperaje: 64 / 32 Amp

- **Reductor (2)**

Marca: DODGE TXM

N°: 014069WM

Tamaño: TXM 300

Relación: 18 / 1

- **Ejes (2 concéntricos)**

- **Aspas (2)**

Notas:

El reactor TB-35 esta fabricado en acero al carbono de 5 mm de espesor, y posee un fondo semiesférico de 41 cm de altura y una sección cilíndrica de 169 cm de altura. El suministro de vapor se hace a través de una chaqueta, y de forma directa. El sistema de agitación consiste de dos aspas con ejes concéntricos y contrarrotantes, impulsadas por dos motores acoplados a reductores.

TB-40

Mezclador con capacidad para 4000 kgf

Diámetro externo del reactor = 182 cm

Altura = 182 cm

Sistema Motriz de Mezclado:

- **Motor (1)**

Marca:	General Electric
Modelo:	5K364BK996
Frecuencia:	60 Hz
Velocidad:	1760 rpm
Potencia:	50 / 25 HP
Voltaje:	230 / 460 V
Amperaje:	58,5 / 38 Amp

- **Reductor (1)**

Marca:	FALK
N°:	2507JFV25
Relación:	24,26 / 1

- **Eje (1)**

- **Aspas (1)**

Notas:

El reactor TB-40 esta fabricado en acero al carbono de 5 mm de espesor, además de poseer un fondo plano. El suministro de vapor se hace a través de una chaqueta, y de forma directa.

TB-60

Mezclador con capacidad para 6000 kgf

Diámetro externo del reactor = 198 cm

Altura = 198 cm

Sistema Motriz de Mezclado:

- **Motor (1)**

Marca:	AEG
Frecuencia:	60 Hz
Velocidad:	1730 rpm
Potencia:	50 HP
Voltaje:	220 / 440 V

- **Reductor (1)**

Marca:	FALK
N°:	2507JFV25
Relación:	24,26 / 1

- **Ejes (1)**

- **Aspas (1)**

Notas:

El reactor TB-60 esta fabricado en acero al carbono de 6 mm de espesor, además de poseer un fondo plano. El suministro de vapor se hace a través de una chaqueta, y de forma directa.

TB-70

Mezclador con capacidad para 7000 kgf

Diámetro externo del reactor = 200 cm

Altura = 2,42 cm

Sistema Motriz de Mezclado:

- **Motor (1)**

Marca: Robbins & Myers

Modelo: CFR4

Frecuencia: 60 Hz

Velocidad: 1755 rpm

Potencia: 25 HP

Voltaje: 220 / 440 V

Amperaje: 64 / 32 Amp

- **Reductor (1)**

Marca: Crofts

Relación: 27 / 1

- **Ejes (1)**

- **Aspas (1)**

Notas:

El reactor TB-70 esta fabricado en acero al carbono de 5 mm de espesor, y posee un fondo semiesférico de 50 cm de altura y una sección cilíndrica de 192 cm de altura. No se alimenta con vapor.

Caldera de Vapor

Diseñada de acuerdo a las normas ASME de forma cilíndrica, disposición horizontal, de tubos de humo, y fogón pirotubular interno (corrugado) para funcionamiento automático. Incluye aislamiento exterior con lana mineral y forro metálico de protección, válvulas, controles de nivel de agua, quemador de gas completo con modulación total y tablero eléctrico completamente alumbrado de fabrica.

Especificaciones:

Marca:	BABCOK & WILCOX DE VENEZUELA S.A.
Potencia:	150 BHP
Presión de trabajo:	Hasta 150 psi
Producción de vapor:	5175 lb / h
Superficie de Calefacción:	751 ft ²
Rating:	5 ft ² / hp
Combustible:	Gas Natural
Largo total:	5,181 m
Ancho total:	2,286 m
Numero de pasos de gases:	2

Bomba para el suministro de P.V.A.

Bomba de desplazamiento positivo de engranajes internos (rotor-estrella)

Especificaciones:

Marca:	Viking Pump Houdaille
Modelo:	QR124
Caudal:	300 gpm
Velocidad:	520 rpm
Máx. Presión Hidrostática:	400 psig

TB 35

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Motor 1		x		x			
1	Motor 2		x		x			
3	Celdas de carga	x					x	

VAPOR

Tubería 1 1/2"		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Termocupla/Transmisor T	x					x	
5	Válvulas de compuerta							
3	Válvulas de bola							
1	Válvula autoreguladora		x				x	
2	Válvulas de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

CONDENSADO

Tubería 1 1/2"		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

SUMINISTRO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

Tubería 1 1/2"		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Válvula de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

RETORNO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

AGUA DE PROCESO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

SUMINISTRO DE PVA

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 3"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

TB 40

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Motor		x		x			

VAPOR

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
1	Termocupla/Transmisor T	x					x	
5	Válvulas de compuerta							
3	Válvulas de bola							
1	Válvula autoreguladora		x				x	
2	Válvulas de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

CONDENSADO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

SUMINISTRO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
1	Válvula de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

RETORNO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

AGUA DE PROCESO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

SUMINISTRO DE PVA

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 3"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

TB 60

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Motor		x		x			
3	Celdas de carga	x					x	

VAPOR

Tubería 1 1/2"		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Termocupla/Transmisor T	x					x	
5	Válvulas de compuerta							
3	Válvulas de bola							
1	Válvula autoreguladora		x				x	
2	Válvulas de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

CONDENSADO

Tubería 1 1/2"		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

SUMINISTRO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

Tubería 1 1/2"		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Válvula de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

RETORNO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

AGUA DE PROCESO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

SUMINISTRO DE PVA

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 3"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

TB 70

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Motor		x		x			

AGUA DE PROCESO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

SUMINISTRO DE PVA

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 3"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

TB 6

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Motor		x		x			

VAPOR

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
1	Termocupla/Transmisor T	x					x	
5	Válvulas de compuerta							
3	Válvulas de bola							
1	Válvula autoreguladora		x				x	
2	Válvulas de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

CONDENSADO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

SUMINISTRO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
1	Válvula de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			
1	Válvula check							

RETORNO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 1 1/2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

AGUA DE PROCESO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 2"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

SUMINISTRO DE PVA

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
Tubería 3"								
2	Válvulas de compuerta							
1	Válvula de bola							
1	Válvula de control/solenoide		x		x			

SISTEMA DE AGREGADO DE EMULSIONES

TANQUES DE ALMACENAMIENTO

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Bomba Viking		x		x			
1	Medidor de flujo másico	x				x		

CHILLER

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Accionamiento		x		x			

COMPRESORES

		SEÑALES						
		I	O	D			A	
				220 V	110 V	12-36 V	4-20 mA	1-5 V
1	Compresor Atlas Copco		x		x			
1	Compresor Inaco		x		x			