

**Universidad de Matanzas
Sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química**



Título: Propuesta de mejoras tecnológicas en el proceso del alcohol de uso médico-farmacéutico de EMCOMED Matanzas

Trabajo de Diploma presentado como requisito para optar por el título académico de Ingeniero Químico

Autor: Dayan Noda Rodríguez

Tutores: Ing. Irina Pedroso Rodríguez, MSc.

Ing. Carlos R. Molina Hernández, MSc.

Matanzas, Cuba

2018

Pensamiento

Porque JEHOVÁ da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.

Proverbio del Rey Salomón 2:6

Declaración de Autoridad

Yo, Dayan Noda Rodríguez me declaro como único autor del presente trabajo de investigación realizado en el depósito de alcohol de la Unidad Empresarial de Base Mayorista de Medicamentos de Matanzas perteneciente a la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED). Además autorizo a que dicho trabajo pueda servir como material de consulta por la entidad donde se realizó y por la Universidad de Matanzas Sede Camilo Cienfuegos. Para que así conste, firma:

Nombre y Apellidos

Firma

Dedicatoria

Deseo dedicar este trabajo a:

El alfa y la omega, al principio y fin, al rey de reyes y señor de señores, nuestro amado señor Jesucristo, al Espíritu Santo y al Padre Jehová de los Ejércitos por siempre estar a mi lado durante todos estos años en que muchas veces sentía que perdía la fuerza para seguir pero él me infundía aliento para continuar y me decía no importa cuántas veces caigas yo estoy aquí para levantarte y puedas seguir adelante, este trabajo es una ofrenda de amor de mi corazón para ellos, para gloria y honra de aquel que entregó su vida por mí y pagó un precio alto en la cruz para que hoy yo pudiera estar donde estoy, por darme el valor y el lugar que había sido arrebatado a mi vida y por ver más allá, que de lo más vil y menospreciado que el mundo rechazaba, se podía sacar una gema y cambiar lo que para muchos no se podía cambiar, el corazón.

Agradecimientos

Agradezco a:

En primer lugar al Padre (Jehová), a su hijo Jesucristo y al Espíritu Santo por su fidelidad con mi vida todos estos años y su inmenso amor y paciencia.

A mis tutores Carlos Molina e Irina Pedroso por su dedicado y valioso tiempo y apoyo para que esta investigación saliera y por sus valiosos comentarios y aportes.

A toda mi familia, en especial a mi mamá, a mi papá y a mis hermanos.

A mis hermanos en el amor del señor por sus oraciones, en especial a Silvia López por siempre estar ahí presente, por el ánimo brindado y las palabras de aliento a través de sus testimonios de vida.

A mis compañeros de trabajo en especial a mi jefa Yusimí Gómez Bernal por el apoyo brindado y por su paciencia.

A todos mis profesores, por los conocimientos brindados durante todos los años de la carrera.

A todas las personas que de una forma o de otra me ayudaron a llegar hasta aquí, para convertir este sueño en realidad.

Muchas gracias

Resumen

La presente investigación se realiza en las instalaciones del depósito de alcohol de Colón de la Unidad Empresarial de Base Mayorista de Medicamentos de Matanzas en adelante (UEBMM), perteneciente a la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED), con el objetivo de proponer cambios tecnológicos en el proceso existente en la UEBMM que posibiliten un inventario en tiempo real. Las principales deficiencias encontradas fueron: el inadecuado estado de conservación de los equipos utilizados y de los depositarios, inexistencia del pictograma con las normas establecidas en los tanques y déficit instrumentación para el control y gestión de las variables. Las variables operacionales grado alcohólico y nivel cumplen con las normas establecidas, sin embargo, se encuentran fuera de control. Los principales riesgos que se detectan en el proceso son: explosiones, incendios, emisión de olor fuerte al medio durante las operaciones de recepción y despacho, desperfectos técnicos de la paila que transporta el producto y derrames del producto durante las operaciones y desperfectos técnicos en el funcionamiento de la bomba. Para mitigar las deficiencias y riesgos en el proceso se propone introducir en el proceso instrumentos para el control de la temperatura, el nivel, la presión y el flujo. Las propuestas tecnológicas de modificación arrojan un VAN igual a 228705.06 \$ y un TIR de 27,5%. La entidad tarda en recuperar la inversión en el período de un año y seis meses.

Summary

The present investigation is carried out in the facilities of the Colón Alcohol Warehouse of the Matanzas Pharmaceutical Wholesale Base Business Unit (UEBMM), belonging to the Distributor and Distributor of Medicines Company (EMCOMED), with the objective of proposing technological changes in the existing process in the UEBMM that allow a real-time. The main deficiencies found are: the inadequate state of conservation of the equipment used and the depositaries, lack of the pictogram with the rules established in the tanks and deficit instrumentation for the control and management of the variables. The alcoholic and level operational variables comply with the established norms; however, they are out of control. The main risks detected in the process are: explosions, fires, and emission of strong odor to the environment during the reception and dispatch operations, technical damages of the pallet that transports the product and spills of the product during the operations and technical defects in the operation of the pump. To mitigate the deficiencies and risks in the process, it is proposed to introduce instruments for the control of temperature, level, pressure and flow into the process. The technological proposals for modification show a VAN equal to 228705.06 \$ and TIR of 27.5%. The entity delays in recovering the investment in the period of one year and six months.

Índice

	Introducción	1-2
	Capítulo I. Análisis Bibliográfico	3
1.1	Teoría de Flujo de fluidos en tuberías, válvulas y accesorios	3
1.1.1	Flujo de fluidos a través de tuberías	3-5
1.1.2	Flujo de fluidos a través de válvulas y accesorios	5
1.2	Propiedades generales de los fluidos	5-6
1.2.1	Acción de la presión en los fluidos	6
1.2.2	Densidad o gravedad específica en los fluidos	7-8
1.2.3	Acción de la temperatura en los fluidos	8
1.2.4	Viscosidad	8
1.3	Criterio de clasificación de los tanques de almacenamiento	9
1.4	Herramientas estadísticas empleadas para el control de datos y su análisis	9-10
1.4.1	Prueba de normalidad	10
1.4.2	Prueba de hipótesis	10-11
1.4.3	Cartas o Gráficos de Control	11-12
1.4.4	Diagrama Ishikawa, espina de pescado o Causa-Efecto	12
1.4.4.1	Métodos para la construcción del Diagrama Ishikawa	13-15
1.5	Identificación de Riesgos ambientales	15
1.5.1	Conceptos fundamentales	15
1.5.2	Metodología para la identificación de Riesgos	15-16
1.6	Sistema de Control Automáticos	16
1.6.1	Control de proceso	16-17
1.6.1.1	Formas básicas de clasificar la instrumentación industrial	17-19
1.6.1.2	Criterios de selección de la instrumentación industrial	19
1.7	Autómata programable. Particularidades de SIEMENS	20
1.7.1	Breve descripción del sistema SCADA	20-21
1.7.1.1	Funciones principales y objetivos del SCADA	21
1.7.2	Ventajas de la automatización de los procesos de control	21-22
1.8	Seguridad	22
1.8.1	Seguridad de proceso	22
1.8.2	Zonas de riesgo ATEX y su clasificación	22-23
1.8.3	Mantenimientos preventivos	23
1.9	Conclusiones parciales del capítulo	23
	Capítulo II. Materiales y Métodos	24
2.1	Caracterización de la empresa, UEBMM Matanzas y el Depósito de alcohol	24-25
2.1.1	Comercialización de etanol con fines de uso médico farmacéutico en Cuba	25-26
2.2	Descripción del proceso tecnológico actual	26-28
2.2.1	Descripción de la infraestructura actual del proceso	28-32
2.2.2	Estado de la instrumentación y el control de proceso	32
2.3	Caracterización del producto en cuestión objeto de estudio	32-33
2.3.1	Otras propiedades físicas y químicas del producto	33-34
2.3.2	Aplicaciones y usos del producto	34
2.3.3	Efectos toxicológicos y ecológicos	34
2.3.3.1	Efectos toxicológicos sobre la salud humana	34-35
2.3.3.2	Efectos ecológicos sobre el medio ambiente	35

2.4	Herramientas estadísticas para el análisis de las variables -----	36-38
2.5	Metodología para la evaluación de la bomba a emplear para el bombeo del alcohol -----	38-40
2.6	Metodología para análisis de riesgos por HAZOP-----	40
2.7	Metodología empleada para la estimación de la inversión-----	40
2.7.1	Metodología de cálculo de los indicadores técnico económicos de la inversión -----	40-42
	Capítulo III. Análisis de los Resultados-----	43
3.1	Causas que influyen en el proceso -----	43
3.2	Comportamiento de las variables nivel y grado alcohólico en el proceso -----	43
3.2.1	Resultados de la prueba de normalidad-----	43-44
3.2.2	Resultados de la prueba de hipótesis -----	44
3.2.3	Resultados de la Carta de Control de media -----	45
3.2.4	Resultados de la aplicación de la encuesta para elaborar el Diagrama Ishikawa -----	46
3.3	Riesgos que pudieran ocasionar afectación en el proceso -----	46-47
3.4	Resultados de la evaluación del sistema de bombeo en el proceso -----	47-48
3.5	Instrumentación propuesta para el proceso -----	48
3.5.1	Instrumentación para la Medición de la variable de proceso nivel. Principio de funcionamiento y otras prestaciones-----	48-51
3.5.2	Instrumentación para la Medición de la variable de proceso temperatura. Principio de funcionamiento y otras prestaciones -----	51-52
3.5.3	Instrumentación para la Medición de la variable de proceso presión. Principio de funcionamiento y otras prestaciones -----	52-53
3.5.4	Instrumentación para la Medición de la variable de proceso caudal o flujo. Principio de funcionamiento y otras prestaciones -----	54
3.5.5	Autómata programable. Principio de funcionamiento y otras prestaciones -----	54-55
3.5.6	Interruptor programable.-----	55
3.6	Ubicación de los instrumentos del proceso en el campo-----	55
3.7	Señales de entrada y salida del autómata-----	55-56
3.8	Pirámide y conexión de la red industrial-----	56
3.9	Funcionamiento de la SCADA. Inventario real y mermas del producto-----	56-57
3.10	Factibilidad económica de la propuesta-----	57-58
3.11	Conclusiones parciales del capítulo-----	58
	Conclusiones-----	59
	Recomendaciones-----	60
	Referencias bibliográficas-----	61-65

Anexos

Introducción

La Unidad Empresarial de Base Mayorista de Medicamentos de Matanzas (UEBMM) es una de las dieciséis droguerías ubicadas por todo el territorio nacional, las cuales se subordinan a la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED) perteneciente al Grupo de las Industrias Biotecnológicas y Farmacéuticas (Biocubafarma); la misma se encuentra ubicada en la Zona Industrial Km 1 ½ Reparto Dubrocq, Versalles, Matanzas. Como empresa forma parte del ciclo logístico de aprovisionamiento, producción, comercialización y expendio a las instituciones del Sistema Nacional de Salud en adelante (SNS), que por sus características y zonas de ubicación en el país difieren en algunos puntos de su estructura constructiva, pero no funcional.

En el caso de la UEBMM posee una instalación para el almacenamiento de alcohol ubicado en Concha Final Municipio Colón, en donde se realizan todas las operaciones manuales al producto es fundamental para la entidad mejorar el proceso que actualmente existe en la instalación, para minimizar el problema de las mermas ocasionadas por factores internos y externos que afectan directamente el producto durante todo el ciclo en el proceso, lo que conlleva al incumplimiento de los niveles de mermas permisibles establecidos por la empresa.

El alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$) comúnmente conocido como etanol es un compuesto que presenta bajo peso molecular, está formado por un grupo hidroxilo unido a una cadena hidrocarbonada no ramificada y a su vez formada por dos átomos de carbono, cinco átomos de hidrógeno, además, se presenta como un líquido incoloro de olor característico, irritante e inflamable con punto de ebullición de $78,5\text{ }^\circ\text{C}$. Existen varias vías de obtención de este compuesto, donde con más frecuencia se destacan los siguientes métodos:

- ✓ La fermentación o descomposición de los azúcares contenidos en fuentes energéticas.
- ✓ Destilación (Simple o fraccionada).

Estos procesos son los más utilizados en el mundo pues a través de estos se logra obtener la mayor concentración del grado alcohólico en el producto final y con los parámetros de calidad establecidos en las normas.

Según la Oficina Nacional de Normalización (ONN), Cuba no es la excepción y este producto se obtiene proveniente de la destilación de los vinos fermentados obtenidos a

partir de la fermentación de los azúcares presentes en los subproductos de la elaboración del azúcar de caña o en los productos intermedios de ese proceso, susceptibles de ser fermentados por efecto de la acción de cultivos de levaduras apropiados que ocurre en los centrales azucareros, por lo que es muy empleado en todas las ramas de la industria y la investigación, desde la química, bebidas, petroquímica, biomédica, biotecnológica entre otras, en dependencia del % del grado alcohólico que presente. Por tanto, es primordial su utilización en diversos sectores como medio de vehículos, desinfectante y en preparaciones tópicas en los servicios primarios y secundarios de salud, así como en la elaboración de muchos de los productos, suplementos y en gran medida en los medicamentos homeopáticos de producción natural e industrial que se producen en los laboratorios farmacéuticos y Centros de Producción Local (CPL) del país.

Por lo antes expuesto, se plantea como **Problema Científico**:

No se cuenta en la Unidad Empresarial de Base Mayorista de Medicamentos de Matanzas (UEBMM) con un proceso tecnológico completamente adecuado para el tratamiento del alcohol y que posibilite un inventario en tiempo real.

Hipótesis:

Si se realiza un análisis técnico al proceso, se podrán determinar las principales deficiencias y así proponer cambios tecnológicos que permitan obtener un inventario en tiempo real.

El **Objetivo General** del trabajo es:

Proponer cambios tecnológicos en el proceso existente en la UEBMM que permitan obtener un inventario en tiempo real.

Objetivos específicos:

- ✓ Describir el proceso tecnológico de la UEBMM de Matanzas.
- ✓ Analizar el comportamiento de las variables nivel y grado alcohólico en el proceso.
- ✓ Determinar las principales causas que influyen en las mermas del proceso.
- ✓ Evaluar el sistema de bombeo existente en el proceso.
- ✓ Determinar los principales riesgos que afectan el proceso.
- ✓ Seleccionar los instrumentos propuestos que conforman el SCADA.
- ✓ Realizar el análisis técnico-económico de la propuesta.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico

En este capítulo se expone las premisas teóricas referidas a la investigación que se lleva a cabo, así como las principales definiciones en que se sustenta este trabajo para su mayor comprensión, partiendo de la importancia que representa una adecuada interpretación de las bases expuestas para lograr los resultados deseados.

1.1 Teoría del Flujo de fluidos en tuberías, válvulas y accesorios

1.1.1 Flujo de fluidos a través de tuberías

El método más común para transportar fluidos de un punto a otro es el llamado impulsado a través de un sistema de tuberías. Las tuberías de sección circular son las más frecuentes, ya que esta forma ofrece no solo mayor resistencia estructural sino también mayor área de sección transversal para el mismo perímetro exterior que cualquier otra forma. Para Crane (1976, p. 1) "... la palabra tubería se refiere siempre a un conducto cerrado de sección circular y diámetro interior constante".

A nivel mundial el transporte de líquidos y gases a través de conductos tubulares cerrados es muy común como consecuencia de los adelantos en muchas de las ramas de la tecnología industrial (Ávila *et al.*, 2007). Según Vega-Peña *et al.* (2007, pp.1-10) define el término tubería, en tecnología, como "... el tubo empleado para transportar de un punto a otro líquido, sólidos fragmentados, mezclas de líquidos y sólidos, así como gases".

Streeter *et al.* (2000) determina que el flujo de fluidos a través de conductos cerrados, involucra siempre pérdidas de energía, debidas principalmente a la naturaleza de las paredes de los tubos (rugosidad), en el caso de secciones rectas de tuberías. Mientras que Ortiz-Vidal *et al.* (2010, pp. 335-342) expone que "... la pérdida de energía se debe principalmente a turbulencia y fricción". Dentro de la dinámica de éstos, siempre ocurre fricción de los mismos con la tubería y en diferentes accesorios, ocasionando pérdidas de presión en el flujo a lo largo de su trayectoria (Anaya-Durand *et al.*, 2014).

"... en 1883, fue Osborne Reynolds quien al fin abre el camino al tratamiento científico del problema, al reconocer la existencia del flujo laminar y el turbulento, fijar sus límites y utilizar el análisis dimensional para proponer una fórmula racional para expresar la resistencia al flujo en conductos". (Pérez-Franco, 2002, pp.2-8) Además, Osborne Reynolds desarrolla a través del análisis dimensional una ley racional de resistencia al flujo, basada en la suposición de que la resistencia dependía del diámetro, la longitud, y la condición de

la superficie interior de la tubería; de la viscosidad, densidad y velocidad media del fluido a través de la tubería por donde circula el fluido (Pérez-Franco, 2002).

“... la caída de presión que se produce cuando un flujo de fluido se conduce a través de un tubo se relaciona directamente con la pérdida de energía total debida al cambio de energía interna del fluido y a la transferencia de calor hacia el medio ambiente. Estos dos factores se relacionan directamente con la fricción del fluido con las paredes del tubo”. (Fernández y Roque *et al.*, 2006)

En los casos de corriente fluida laminar analizados comúnmente en los libros de mecánica de fluidos de pre-grado, no se toma absolutamente en consideración el cambio de temperatura del flujo y, por consiguiente, la viscosidad del líquido tanto en los límites de la sección transversal, como a lo largo del flujo, es decir, se supone una temperatura constante en todos los puntos del flujo para su mayor comprensión por todos (Amaro y Hernández, 2016).

Según Crane (1976) la solución adecuada de cualquier problema de flujo de fluidos requiere un conocimiento previo de las propiedades físicas del fluido en cuestión. Valores exactos de las propiedades de los fluidos que afectan a su flujo, principalmente la viscosidad y el peso específico, han sido establecidos por muchos investigadores para todos los fluidos utilizados normalmente y muchos de estos datos se encuentran en tablas y cuadros de muchos libros, estudios e investigaciones realizados (Mc Cabe, 1991; Wilson, 2005; Perry, 2008).

De acuerdo con Rosabal y Garcell (2006) los fluidos pueden clasificarse de varias formas como se muestra a continuación:

- ✓ Newtonianos
- ✓ No newtonianos

O según su estado de agregación

- ✓ Líquidos
- ✓ Gases

En el fluido newtoniano la viscosidad es independiente del gradiente de velocidad, y puede depender sólo de la temperatura y en pocos casos de la presión. Para estos fluidos la viscosidad dinámica es función exclusivamente de la condición del fluido y la magnitud del gradiente de velocidad no influye sobre la magnitud de la viscosidad dinámica. Los fluidos

newtonianos son la clase más grande de fluidos con importancia ingenieril. Los gases y líquidos de bajo peso molecular generalmente son fluidos newtonianos. En los fluidos newtonianos se considera la viscosidad una constante (Rosabal y Garcell, 2006).

El fluido no newtoniano es aquel donde la viscosidad varía con el gradiente de velocidad. La viscosidad del fluido no newtoniano depende de la magnitud del gradiente del fluido y de la condición del fluido y se conoce generalmente como viscosidad aparente para enfatizar la distinción con el comportamiento newtoniano (Rosabal y Garcell, 2006).

1.1.2 Flujo de fluidos a través de válvulas y accesorios

Las válvulas son elementos finales de control utilizados para regular y controlar el flujo de un fluido que puede moverse por una tubería. La variedad en diseños de válvulas dificulta una clasificación completa.

Las válvulas, Anexo 1) se clasifican según su resistencia al flujo, las que presentan un paso directo del flujo, como las válvulas de compuerta, bola, macho y de mariposa pertenecen al grupo de baja resistencia y las que tienen un cambio en la dirección del flujo, como las válvulas de globo y angulares, están en el grupo de alta resistencia.

Los acoplamientos o accesorios para conexión en procesos (Anexo 2, Tabla 1.1) se clasifican en: de derivación, reducción, ampliación y desviación. Los accesorios como T, cruces, codos con salida lateral, entre otros, pueden agruparse como accesorios de derivación.

1.2 Propiedades generales de los fluidos

Las propiedades de un fluido son las que definen el comportamiento y características del mismo tanto en reposo como en movimiento y se clasifican en dos grupos: las intensivas y las extensivas.

✓ Propiedades intensivas o termodinámicas

Estas propiedades son las que son independientes de la masa de un sistema:

- Presión
- Densidad (Gravedad específica)
- Temperatura
- Energía interna

- Entalpía
- Entropía
- Calores específicos
- Coeficiente de viscosidad

✓ **Propiedades extensivas**

Estas propiedades caracterizan el comportamiento específico de los fluidos y dependen del tamaño o extensión del sistema, entre muchas otras:

- Viscosidad
- Conductividad térmica
- Tensión superficial
- Presión de vapor

A continuación, se explican las propiedades del fluido que se relacionan con el proceso de caso de estudio.

1.2.1 Acción de la presión en los fluidos

El concepto de presión es muy general y por ello puede emplearse siempre que exista una fuerza actuando sobre una superficie. Sin embargo, su empleo resulta especialmente útil cuando el cuerpo o sistema sobre el que se ejercen las fuerzas es deformable. Los fluidos no tienen forma propia y constituyen el principal ejemplo de aquellos casos en los que es más adecuado utilizar el concepto de presión que el de fuerza.

Cuando un fluido está contenido en un recipiente, ejerce una fuerza sobre sus paredes y, por tanto, puede hablarse también de presión. Si el fluido está en equilibrio las fuerzas sobre las paredes son perpendiculares a cada porción de superficie del recipiente, ya que de no serlo existirían componentes paralelas que provocarían el desplazamiento de la masa de fluido en contra de la hipótesis de equilibrio. La orientación de la superficie determina la dirección de la fuerza de presión, por lo que el cociente de ambas, que es precisamente la presión, resulta independiente de la dirección, es decir, se trata entonces de una magnitud escalar.

1.2.2 Densidad o Gravedad específica (Sg) en los fluidos

La densidad de una sustancia se define como su peso o masa por unidad de volumen. La densidad de los líquidos cambia considerablemente con la temperatura, mientras que los cambios por variaciones en la presión son despreciables.

Muchas mediciones de flujo se realizan sobre la base de mediciones de volumen, de modo que la densidad del fluido debe ser conocida o medida para determinar la verdadera masa de flujo.

La gravedad específica (Sg) de un fluido es la relación de su densidad con respecto a una densidad patrón. El patrón para líquidos según (Wilson, 2005) es el agua y se expresa en (kg/m³).

Se ha determinado que los factores de flujo más importantes pueden ser correlacionados juntos en un factor adimensional llamado el Número de Reynolds, el cual describe el flujo para todas las velocidades, viscosidades y diámetros de tubería. En general, el Número de Reynolds define la relación de la velocidad del fluido en función de su viscosidad. El número de Reynolds se expresa a través de la ecuación siguiente:

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad (\text{Ec. 1.1})$$

Dónde:

Re: Número de Reynolds

ρ: densidad del fluido (kg/ m³)

v: velocidad del fluido (m/s)

D: diámetro de la tubería por donde fluye el fluido (m)

μ: viscosidad del fluido (Pa/s)

A bajas velocidades o altas viscosidades, Re es bajo y el fluido fluye en forma de suaves capas o láminas, con la velocidad más alta en el centro de la tubería y velocidades bajas cerca de la pared de la tubería donde las fuerzas viscosas lo retienen. Este tipo de flujo es llamado “flujo laminar” y está representado por Números de Reynolds (Re) menores que 2000 (Crane, 1976; Rosabal y Garcell, 2006).

A altas velocidades o bajas viscosidades el fluido se descompone en turbulentos remolinos con la misma velocidad promedio en toda la tubería. En este “fluido turbulento” el perfil de velocidad tiene una forma mucho más uniforme. El flujo turbulento está representado por Números de Reynolds mayores que 4000 (Crane, 1976). En la zona de transición con Número de Reynolds entre 2000 y 4000 según Crane (1976) el flujo puede ser laminar o turbulento como se muestra a continuación en la Figura 1.1.

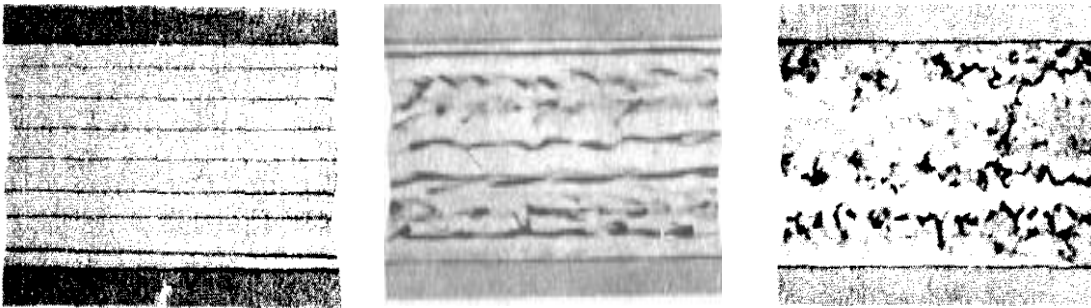


Figura 1.1. Tipos de flujos: a) laminar b) transición c) turbulento Fuente: (Crane, 1976)

1.2.3 Acción de la Temperatura (T) en los fluidos

Esta propiedad física externa del ambiente afecta directamente las propiedades del producto almacenado en los tanques, provocando dilataciones y contracciones del producto, de ahí su importancia en el proceso.

1.2.4 Viscosidad (μ)

La viscosidad expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa. El coeficiente de viscosidad absoluta, o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas.

Se puede predecir la viscosidad de la mayor parte de los fluidos y en algunos casos esta propiedad depende del trabajo (interno o externo) que se haya realizado sobre ellos (Crane, 1976).

Otro tipo de viscosidad es la llamada viscosidad cinemática, la cual se expresa en unidades de metro cuadrado por segundo (m^2/s) (Crane, 1976). Se obtiene a partir de la relación de la viscosidad con la gravedad específica del fluido.

La viscosidad de un líquido depende principalmente de su temperatura y en menor grado de su presión, generalmente disminuye al aumentar la temperatura (Crane, 1976).

1.3 Criterio de clasificación de los tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento juegan un papel importante para la descarga de los productos líquidos a granel en la industria, porque son los que almacenan y conservan el producto terminado por un período de tiempo prolongado.

Existen varios criterios para clasificar los tanques de almacenamiento basándose en funcionalidad, capacidad, construcción, espacio disponible, costos de construcción y uso, etc. A continuación, se detalla una clasificación según varios parámetros generales, expuesto por Valdivieso (2013), Geyer (2000) y ONN (2002).

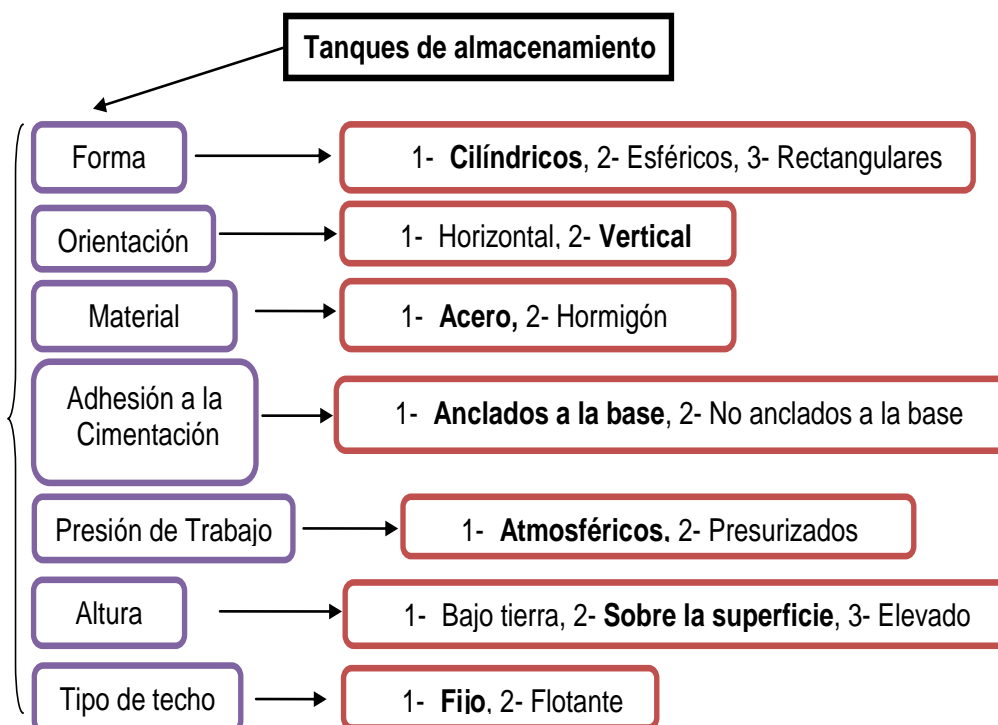


Figura 1.2. Clasificación general de los tanques de almacenamiento.

De forma general se pueden clasificar los tanques de almacenamiento en dependencia de la forma geométrica, orientación, material de construcción, adhesión a la cimentación, presión de trabajo, altura y tipo de techo, coincidiendo con los criterios establecidos por las normas internacionales y nacionales.

1.4 Herramientas estadísticas empleadas para el control de datos y su análisis

Las herramientas estadísticas surgieron en Japón a principio de los años 50 cuando se comenzó a inculcar a los japoneses los principios del análisis estadístico (Zamudio, 2004;

Deming, 2005). Algunas de las herramientas más empleadas son las pruebas de hipótesis, las cartas de control y los análisis de varianza. Con el avance de las tecnologías informáticas se han diseñado diversos softwares para el procesamiento estadístico de datos como Statgraphics Plus, Matlab, SPSS, etc.

1.4.1 Prueba de normalidad

Para determinar la existencia de una distribución normal se requiere del análisis de tres pruebas a desarrollar, de las cuales dos como mínimo deben comprobarlo. Para la demostración de la distribución normal de este parámetro se llevaron a cabo las siguientes pruebas:

- 1- Se analizan los valores de los coeficientes de Kurtosis y Skewness los cuales debe estar dentro de un rango de -2 a 2 para considerar dicho caso con una distribución normal.
- 2- Prueba de normalidad, a partir del estadígrafo de Shapiro Wilks. Es la comparación entre el valor de la probabilidad y el error permisible, por lo regular es del 5 %.
- 3- Construcción del histograma de frecuencia. Si la gaussiana que pasa por los puntos medios de cada barra es simétrica entonces se puede decir que se está en presencia de una distribución normal.

1.4.2 Prueba de hipótesis

En todo problema de pruebas de hipótesis se plantean dos hipótesis, una hipótesis llamada hipótesis nula y denotada por H_0 y otra que se contrapone a esta llamada hipótesis alternativa y denotada por H_1 .

En todo problema de prueba de hipótesis se cometen dos tipos de errores. El error tipo I se define como el rechazo de la hipótesis nula H_0 cuando ésta es verdadera y su probabilidad se conoce como α o nivel de significancia (Cué *et. al*, 1987).

El error tipo II se define como la aceptación de la hipótesis nula cuando ésta es falsa y su probabilidad β (Cué *et. al*, 1987).

En la Tabla 1.2 se muestran las situaciones derivadas de una decisión estadística.

Tabla 1.2. Situaciones derivadas de una decisión estadística Fuente. Cué *et. al*, (1987)

Condición real	Decisión	
	Se acepta H_0	Se acepta H_1
H_0 verdadera	no se comete error	error tipo I
H_1 falsa	error tipo II	no se comete error

La hipótesis nula se rechaza en favor de la hipótesis alternativa, sólo si la evidencia muestral sugiere que H_0 es falsa. Si la muestra no contradice decididamente a H_0 , se continúa creyendo en la validez de la hipótesis nula.

1.4.3 Cartas o Gráficos de Control

Las cartas de control son una de las herramientas estadísticas más empleadas para analizar la variación en la mayoría de los procesos. Han sido empleadas exitosamente en una amplia variedad de situaciones para el control del proceso. Ejemplos: Para control biológico en parámetros de laboratorios (Badii *et. al*, 2016), para observar procesos productivos y tomar acciones (Cádenas *et. al*, 2011).

Las cartas de control enfocan la atención hacia las causas de variación cuando estas aparecen y reflejan la magnitud de la variación. La variabilidad es parte de todo proceso, sin importar cuan sofisticado sea.

Las Fuentes de variación son muy diversas, por ejemplo: métodos, equipos, personas, materiales, políticas, factores ambientales, entre otras.

A continuación se hace referencia a algunas de las causas de variación:

- Causas comunes: Inherentes al proceso, siempre existen y se conocen también como causas naturales.

Esta variación es el efecto de varias pequeñas causas y no puede ser totalmente eliminada. Por ejemplo: la variación de materia prima de un proveedor calificado, la vibración de la maquinaria y cambios en las condiciones de trabajo (Cadenas *et. al*, 2011).

- Causas Asignables: La variabilidad originada por causas asignables es algo para lo cual se puede determinar una razón. La magnitud de la variación en estas circunstancias es

mayor que la influencia de causas comunes. Ejemplos: Uso de herramientas inadecuadas, errores de los manipuladores, entre otras (Cadenas *et. al*, 2011).

Se dice que un proceso está bajo Control Estadístico cuando presenta causas comunes únicamente. Cuando ocurre esto se tiene un proceso estable y predecible.

Cuando existen causas especiales el proceso está fuera de Control Estadístico; las gráficas de control detectan la existencia de estas causas en el momento en que se dan, lo cual permite que se puedan tomar acciones al momento.

1.4.4 Diagrama de Ishikawa, espina de pescado (o de Causa-Efecto)

El diagrama de causa efecto o el Diagrama de Ishikawa (DI) es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad y los factores que posiblemente contribuyen a que exista. En otras palabras, es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales.

En el lado derecho se anota el problema y en el lado izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas y subramas. Cada posible causa se agrega en una de las ramas principales, la cual está constituida a su vez por subcausas. El DI es una herramienta muy útil y será de mayor efectividad en la medida en que los problemas estén mejor localizados y delimitados (Marín *et. al*, 2006).

El Diagrama de Ishikawa es también una manera de identificar las fuentes de variabilidad. Para confirmar si una posible causa es una causa real, se recurre a la obtención de datos o al conocimiento que se tiene sobre el proceso. A continuación se explican algunas de las ventajas que tiene el Diagrama de Ishikawa:

- ✓ Al hacer el diagrama se logra conocer más del proceso o situación.
- ✓ Sirve de guía objetiva para la discusión y la motiva.
- ✓ Las causas del problema se buscan activamente y los resultados quedan plasmados en el diagrama.
- ✓ El DI muestra el nivel de conocimiento técnico que ha sido alcanzado por el proceso.
- ✓ El DI sirve para señalar todas las posibles causas de un problema y cómo se relacionan entre sí, con lo cual la solución de un problema se vuelve un reto y se motiva así el trabajo por la calidad.

1.4.4.1 Métodos para la construcción del Diagrama de Ishikawa

Existen tres métodos para construir un DI, que son: 6M, flujo del proceso y estratificación (Ikeda et al., 2018).

✓ **Método 6M o Análisis de dispersión.**

Es el método más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria o equipamiento, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen todo proceso de manera global, y cada uno aporta parte de la variabilidad (y de la calidad) del producto o servicio. A continuación se da una lista de las posibles subramas para cada una de las “M”:

Mano de obra:

- Conocimiento (¿el personal conoce su trabajo?)
- Entrenamiento (¿están entrenados el personal?)
- Habilidad (¿el personal ha demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?)
- Capacidad (¿se espera que cualquier trabajador realice de manera eficiente su trabajo?)

Métodos:

- Estandarización (¿las responsabilidades y procedimientos de trabajo están bien definidos clara y adecuadamente?)
- Excepciones (cuando el procedimiento estándar nunca se lleva a cabo)
- Definición de operaciones (¿Cómo se decide si la operación fue hecha de manera correcta?)

Instrumentos o equipos:

- Capacidad (¿los instrumentos o equipos han demostrado ser capaces?)
- Herramientas (¿hay cambios de herramientas periódicamente, son adecuados?)
- Ajustes (¿los criterios para ajustar las máquinas o equipos son los más adecuados?)

- Mantenimientos (¿hay programas de mantenimiento preventivos, son adecuados?)

Material:

- Variabilidad (¿se conoce la variabilidad de las características importantes?)
- Cambios (¿ha habido algún cambio?)
- Proveedor (¿cuál es la influencia del proveedor?)

Mediciones o inspección:

- Disponibilidad (¿se dispone de las mediciones requeridas?)
- Definiciones (¿están definidas las características que se deben medir?)
- Tamaño de la muestra (¿han sido medidas suficientes tomas?)
- Capacidad de repetición (¿se puede repetir con facilidad la medida?)

Medio ambiente:

- Ciclos (¿existen patrones o ciclos en el proceso que dependen de condiciones del medio ambiente?)
- Temperatura (¿la temperatura ambiental influye en las operaciones?)

✓ **Método del flujo del proceso:**

La línea principal del DI sigue la secuencia normal del proceso de producción o de administración. Los factores que pueden afectar la característica de calidad se agregan en el orden que les corresponde según el proceso. Se basa en el diagrama de flujo del proceso colocado de manera horizontal, al cual se le van agregando los factores que influyen en la variabilidad de cada etapa (Ikeda et al., 2018).

✓ **Método de estratificación o enumeración de causas:**

Con este método se trata de ir directamente a las principales causas potenciales de un problema. La selección de estas causas muchas veces se hace a través de una sesión de lluvia de ideas. Hay que preguntarse el porqué del problema durante la sesión con el fin de profundizar en la búsqueda de las causas.

Este método para realizar el DI aplica cuando las categorías de las causas pueden subdividirse.

La diferencia entre este método y el de las 6M es que este va de lo muy general a lo particular, mientras que aquel va directo a las causas potenciales del problema.

1.5 Identificación de riesgos ambientales

Se exponen los principales conceptos generales relacionados con el ambiente y los riesgos ambientales.

1.5.1 Conceptos fundamentales

Medio ambiente:

Zaror (2000) define el medio ambiente como el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica o sociocultural y sus interacciones en permanente modificación por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.

Aspecto ambiental:

La ONN (2015) establece como aspecto ambiental en como el elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente.

Riesgo ambiental:

Es la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente debido a un fenómeno natural o a una acción humana que modifique el medio donde ocurra.

1.5.2 Metodologías para identificar los riesgos

En la actualidad existen varias técnicas y herramientas para la administración de riesgos. CECMED (2012) aplica todas con el objetivo de establecer un proceso de toma de decisiones con una base científica y práctica, las cuales serán debidamente documentadas, transparentes y reproducibles. Dentro de las herramientas más utilizadas se encuentran los siguientes:

- ✓ Métodos para la gestión básicas de riesgos (diagramas de flujo, hojas de control...)
- ✓ Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE).
- ✓ Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad (AMFEC).

- ✓ Análisis por árbol de Fallos (AAF).
- ✓ Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC).
- ✓ Análisis de Peligros de Operatividad (APO).
- ✓ Análisis Preliminar de Peligros (APP).
- ✓ Clasificación y filtración de Riesgos.
- ✓ Herramientas estadísticas de apoyo.
- ✓ Análisis sencillo por HAZOP

La herramienta aplicada en esta investigación para el análisis es HAZOP, que permite determinar los riesgos que afectan directamente el proceso y deben estar fundamentados y documentados.

1.6 Sistemas de Control Automáticos

En la mayoría de las modernas industrias modernas se controlan de forma acertada un sinnúmero de variables físicas cuyas magnitudes complejizan enormemente el proceso tecnológico. Las variables físicas que se encuentran comúnmente en la industria son muy diversas y entre ellas se pueden encontrar presión, temperatura, nivel, caudal, etc. La modificación e introducción de nuevos elementos de control automático en esferas de la industria constituye un punto donde centran sus esfuerzos los técnicos e ingenieros pertenecientes a las diferentes empresas vinculadas a esta industria (Molina, 2010).

En un proceso es necesaria una correcta comprensión por parte de todo el personal involucrado en la gestión del mismo, de la importancia, valor y seguridad que otorga la automatización del proceso tecnológico, así como el conocimiento de cada etapa o zona y de la instrumentación empleada para obtener los resultados requeridos según las normas de comercialización vigentes.

1.6.1 Control de Proceso

Por su operatividad en el proceso de control las variables que se miden pueden ser variables manipuladas y controladas.

Las variables controladas deben mantener su magnitud en un valor deseado o cercano a un intervalo válido o normado, conceptualizado en la literatura como punto de ajuste, valor de consigna o set-point, esto implica que el proceso puede desviar la magnitud de esta variable controlada a causas de disturbios (internos o externos del sistema) o ruidos. La función de las variables manipuladas es cambiar su magnitud para contrarrestar el efecto

de los disturbios con el fin de mantener a las variables controladas en su magnitud de consigna (Acedo Sánchez, 2003; Alvarez, 2010; Creus Solé, 2010; Kuo, 1996; Ogata, 1998; Ornelas Téllez, 2013; Smith, 2002; Wolfgang, 2005).

1.6.1.1 Formas básicas de clasificar la instrumentación industrial

Creus (2010) establece que, los instrumentos se clasifican de dos formas:

- a) De acuerdo a su función en el proceso.
- b) De acuerdo a la variable de proceso que miden.

Este modo de clasificarlos no es necesariamente el único, pero se considera bastante completo.

a) De acuerdo a su función en el proceso se clasifican de forma siguiente:

Instrumentos ciegos: son aquellos que no tienen indicación visible de la variable. Se debe señalar que son ciegos los instrumentos de alarma, tales como presostatos y termostatos (interruptores de presión y temperatura respectivamente) que poseen una escala exterior con un índice de selección de la variable, ya que sólo ajustan el punto de disparo del interruptor o conmutador al cruzar la variable el valor seleccionado. Dentro de esta clasificación también se encuentran los transmisores de caudal, presión, nivel y temperatura sin indicación (Anexo 3, Figura 1.4).

Instrumentos indicadores: Son los que disponen de un índice y de una escala graduada en la que puede leerse el valor de la variable. Según la amplitud de la escala se dividen en indicadores concéntricos y excéntricos. Existen indicadores que muestran la información de la variable con dígitos numéricos (Ver Anexo 3, Figura 1.5).

Instrumentos registradores: Registran con trazo continuo o a puntos la variable, y pueden ser circulares o de gráfico rectangular o alargado según sea la forma del gráfico. Se debe señalar que los registradores sin papel (*paperless recorders*) tienen un costo de operación reducido, una mejor exactitud y pueden incorporar funciones de captura de datos, lo que los hace ideales para procesos discontinuos (*batch process*). Se pueden conectar a una red lo que permite un fácil acceso a los datos (Ver Anexo 3, Figura 1.6).

Sensores: Estos captan el valor de la variable de proceso y envían una señal de salida. El sensor puede formar parte de otro instrumento (por ejemplo, un transmisor) o bien puede

estar separado. También se denomina *detector* o *elemento primario* por estar en contacto con la variable, con lo que utiliza o absorbe energía del medio controlado para dar, al sistema de medición, una indicación en respuesta a la variación de la variable. El efecto producido por el elemento primario puede ser un cambio de presión, fuerza, posición, medida eléctrica, etc. (Ver Anexo 3, Figura 1.7).

Transmisores: Captan la variable de proceso a través del elemento primario y la transmiten a distancia en forma de señal neumática de margen 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) o electrónica (analógica, digital, o bus de campo) Creus (2010). (Ver Anexo 3, Figura 1.8).

Transductores: reciben una señal de entrada función de una o más cantidades físicas y la convierten modificada o no a una señal de salida, es decir, convierten la energía de entrada de una forma a energía de salida en otra forma.

Convertidores: son aparatos que reciben una señal de entrada neumática o electrónica procedente de un instrumento y después de modificarla (convertirla) envían la resultante en forma de señal de salida estándar.

Receptores: son los instrumentos que reciben las señales procedentes de los transmisores y las indican o registran. Los receptores controladores envían otra señal de salida normalizada a los valores ya indicados que actúan sobre el elemento final de control Creus (2010).

Controladores: comparan la variable controlada (presión, nivel, temperatura) con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación. La variable controlada la pueden recibir directamente como controladores locales o bien indirectamente en forma de señal neumática, electrónica o digital procedente de un transmisor (Ver Anexo 3, Figura 1.9).

El elemento final de control (Ver Anexo 3, Figura 1.10) recibe la señal del controlador y realiza la acción correctora.

En los instrumentos de señal de salida digital (transmisores, controladores) las señales son propias de cada suministrador, si bien estas señales están normalizadas por parte de las firmas de instrumentos de control (Bailey, Foxboro, Honeywell, Rosemount y otros) que

aplican un lenguaje o protocolo de comunicaciones (*HART, Profibus, y FOUNDATION(TM) fieldbus*).

b) De acuerdo a la variable de proceso que miden:

En función de la variable del proceso, los instrumentos se dividen en instrumentos de caudal, nivel, presión, temperatura, densidad y peso específico, humedad y punto de rocío, viscosidad, posición, velocidad, pH, conductividad, frecuencia, fuerza, turbidez, etc. En el Anexo 3 se muestra un esquema de clasificación de instrumentos de acuerdo a la variable que mide.

Los instrumentos se consideran instrumentos de campo y de panel (Ver Anexo 3, Figura 1.11). La primera designación incluye los instrumentos locales situados en el proceso o en sus proximidades (es decir, en tanques, tuberías, secadores, etc.), mientras que la segunda se refiere a los instrumentos montados en paneles, armarios o pupitres, situados en zonas aisladas o en zonas del proceso. La nomenclatura utilizada en referencia a la instrumentación que se instalan tanto en el campo como en los paneles se rige por la norma ISA-S5.1-84 (R-1992). (Creus, 2010 pp. 27-29)

1.6.1.2 Criterios de selección de la instrumentación industrial.

Se han propuesto criterios para la selección de la instrumentación industrial para cualquier proceso, de forma general se tienen en cuenta los criterios siguientes:

- ✓ Tipo de zona explosiva.
- ✓ Seguridad antiexplosiva.
- ✓ IP Utilizado. Protección contra cuerpos sólidos, protección contra líquidos y protección mecánica.
- ✓ Características del medio donde se instalara el sensor: humedad, temperatura, presión, vibración, magnetismo, campo de RF, etc.
- ✓ Lugar donde se instalara el sensor para seleccionar sus dimensiones, aterramiento, calibración.
- ✓ Características del proceso: agresividad del medio a medir.
- ✓ Medio a medir: líquido, gas, sólido o mezclas.
- ✓ Principio de Funcionamiento
- ✓ Economía
- ✓ Alarma de funcionamiento, entre otras).

1.7 Autómata programable. Particularidades de SIEMENS

Un sistema de control que permite corregir las desviaciones de los límites de algunas variables físicas y químicas y sus magnitudes preestablecidas. Para lograr este propósito se necesita de sensores, transductores o instrumentos de medición que entreguen una señal eléctrica y digital.

El desarrollo tecnológico de la industria electrónica hizo posible que se desarrollen autómatas programables industriales los que requieren ser un sistema preparado para operar con:

- ✓ Las altas tensiones y corrientes que caracterizan los procesos industriales.
- ✓ Un ambiente agresivo que demanda una construcción robusta y facilidad interconexión al proceso.
- ✓ Funciones de control e interfaz de comunicación para que puedan acoplarse entre sí y a los propios ordenadores.
- ✓ Un juego de instrucciones en la programación que pudiera ser general o específico en dependencia del autómata seleccionado.
- ✓ Una alta exigencia de la velocidad de respuesta que hace posible que se vayan superando cada vez más sus potencialidades.

El sistema del autómata puede dividirse en los siguientes bloques:

- ✓ Bloques de unidad de control
- ✓ Bloques de accionamientos.
- ✓ Bloques de sensores, transductores o instrumentos.
- ✓ Bloques interfaces.

El autómata es un sistema que posee al menos un microcontrolador CPU, que permite realizar las alteraciones físicas de los módulos mediante el fraccionamiento del hardware en partes interconectables, lo cual permite conformar un sistema a las medidas de las necesidades y ser configurado por software específico. Los sistemas programables actuales realizan distintas funciones a través del cambio del programa de control ubicado en la memoria del CPU (Molina, 2010).

1.7.1 Breve descripción del sistema SCADA

Este sistema no es más que la adquisición de datos y supervisión de control (Supervisory Control And Data Adquisition), se define como una aplicación de software de

control de producción, que se comunica a través de una red industrial con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador proporcionando información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión de proceso, mantenimiento, etc. (Molina, 2010)

1.7.1.1 Funciones principales y objetivos del SCADA

Son varias las funciones que un SCADA posee y entre ellas se encuentran:

- ✓ La adquisición de datos, o sea, recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- ✓ La supervisión, que es otra de la función necesaria para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.

El control, mediante el cual se puede modificar la evolución del proceso, actúa sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) o directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

Un SCADA debe cumplir varios objetivos:

- ✓ Ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- ✓ Comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario, con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes y locales y de gestión).
- ✓ Poseer programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

Para la operación de un SCADA resulta importante poseer un medio físico para intercambiar la información desde el CPU hasta los sensores y actuadores de forma bidimensional en el caso que lo requiera, de ello se encargan las redes industriales.

1.7.2 Ventajas de la automatización de los procesos de control

Según Molina (2010), las principales ventajas de la automatización de los procesos de control en cualquier tipo de proceso son:

- Aumenta la eficiencia y la productividad.
- Abarata los costos.
- Humaniza el trabajo del operario en condiciones adversas.
- Sienta las bases para el procesamiento estadístico de las variables.

- Evita el error humano.
- Impide que se produzcan averías costosas.
- Permite la detección y extinción de incendios.
- Evita la contaminación ambiental.

1.8 Seguridad

La seguridad consiste en hacer que el riesgo se reduzca a niveles aceptables, debido a que el riesgo es inherente a cualquier actividad o proceso y nunca puede ser eliminado totalmente.

1.8.1 Seguridad de proceso

La seguridad de proceso es la rama de la seguridad encargada del tratamiento a través de actividades y programas para eliminar o mitigar riesgos potenciales que pueden ocurrir en procesos y causar un impacto directo en la salud del personal, en la infraestructura de los equipos e instalaciones y al medio ambiente.

En este sentido, Beacon (2008) define como la comprensión de los riesgos específicos asociados con los productos químicos que se manejan y se almacenan, y con las operaciones de procesos que se efectúan en una planta determinada; así como enfatiza en el papel que representa el individuo en las actividades de seguridad de proceso, incluyendo análisis de riesgos de proceso, administración de cambios, reporte e investigación de incidentes, mantención y ensayos de equipos, y el seguir prácticas y procedimientos seguros de trabajo.

1.8.2 Zonas de riesgo ATEX y clasificación

En términos de seguridad lo establecido para Atmósferas Explosivas (ATEX) para estas zonas y equipos, no es más que mezcla de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos con el aire, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada (es preciso señalar que la combustión no siempre consume todo el polvo, si lo hay).

En la directiva se indica el equipamiento aprobado para el uso de cada zona de riesgo, las cuales se clasifican a continuación:

- Zona 0, expuesta a una atmósfera potencialmente explosiva constantemente o durante largos periodos

- Zona 1, es probable la aparición de una atmósfera potencialmente explosiva durante la operación normal.
- Zona 2, no es probable la aparición de una atmósfera potencialmente explosiva y, si se dan, es solo durante un corto periodo de tiempo.

1.8.3 Mantenimientos preventivos

Según el tipo de depositario (a cielo abierto o techado), el tipo de producto almacenado y sus características, la zona donde se encuentra ubicado el emplazamiento con los tanques, son programados los mantenimientos basados en el tiempo de explotación de la infraestructura e instrumentos en el proceso, cumpliendo lo establecido en el Decreto Ley 83 de la Metrología y la Disposición General 01 revisión 02 del 2014.

1.9 Conclusiones parciales del capítulo

- ❖ Las principales propiedades que describen un fluido son la temperatura, la presión y la viscosidad.
- ❖ Las principales herramientas estadísticas para el análisis de datos son las pruebas de normalidad, pruebas de hipótesis, cartas de control y diagrama de Ishikawa.
- ❖ Existen varios métodos para realizar el Diagrama de Ishikawa: 6M, flujo del proceso y estratificación, siendo el método de las 6M el aplicado en esta investigación.
- ❖ Las metodologías más utilizadas para determinar los riesgos que afectan un proceso son: Diagramas de flujo, hojas de control, AMFE, AAF, AMFEC, APPCC, entre otros. En este trabajo se aplica un análisis sencillo de riesgos por HAZOP.
- ❖ La instrumentación industrial se clasifica de dos formas, de acuerdo a la función que realizan y a la variable que miden en el proceso, aunque existen otras.
- ❖ Dentro de los principales criterios para la selección de la instrumentación se destacan, tipo de zona explosiva, seguridad antiexplosiva, IP utilizado, características del medio, lugar de instalación del sensor, características del proceso, medio a medir, principio de funcionamiento y economía entre otros.
- ❖ Un sistema SCADA es de vital importancia en el proceso, lo cual optimiza las funciones dentro del proceso y su control.

Capítulo II: Materiales y métodos

En el presente capítulo se describirá la ubicación de la UEBMM de Matanzas y su Depósito de alcohol, así como una caracterización del proceso objeto de estudio para facilitar el análisis de la situación tecnológica del depósito y las propuestas a realizar. Para ello se realizan recorridos por el depósito, en conjunto con el personal que labora en él, se revisan documentos técnicos y memorias descriptivas de la entidad.

Se plantea la metodología a seguir para evaluar la variante propuesta, utilizando, análisis estadísticos, cálculos de bombas, revisión del equipamiento y accesorios existentes, así como establecer la evaluación ambiental de la propuesta.

2.1 Caracterización de la empresa, UEBMM de Matanzas y el Depósito de alcohol

Ubicación de cada entidad.

La Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (EMCOMED) se encuentra ubicada en la Calzada de Vento No. 4163 e/ Línea de Ferrocarril y Camagüey. Municipio Cerro. Provincia La Habana. Cuba y fue creada el 5 de septiembre del 2005 por la resolución ministerial 2531 dictada por el Ministerio de Economía y Planificación, a partir de los bienes y recursos que disponía la Empresa Importadora y Exportadora de Medicamentos (FARMACUBA), subordinada desde 2005 hasta 2012 al Grupo Empresarial Farmacéutico (QUIMEFA), del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS) y a partir del 2013 a Biocubafarma (Grupo de las Industrias Biotecnológicas y Farmacéuticas), Organización Superior de Dirección Empresarial normada por el Decreto No. 307/2012 del Consejo de Ministros, y la Resolución No. 590/2012 del Ministerio de Economía y Planificación (MEP). Su estructura organizativa se encuentra representada en el organigrama que se muestra en el (Ver Anexo 4).

La Unidad Empresarial de Base Mayorista de Medicamentos de Matanzas, perteneciente a EMCOMED, surge en el 2001, la misma se encontraba en la calle 147 e/ 186 y 190 en Peñas Altas, subordinada a FARMACUBA. En mayo de 2003 se traslada hacia el local de Rayonitro, en el local que ocupaba la Fibrana, cito en Zona Industria Km 1 ½ Reparto Dubroqc, Versalles hasta la actualidad (Ver Anexo 6, Figura 2.1). Su estructura organizativa se encuentra representada en el organigrama que se muestra en el (Ver Anexo 5), caracterizada por tener autonomía relativa en su gestión económica corriente y funciona bajo el principio de autofinanciamiento empresarial con una capacidad de respuesta a las demandas del mercado nacional.

El depósito de alcohol (Ver Anexo 6, Figura 2.2) se encuentra ubicado en Concha Final

municipio Colón que es un local que está arrendado como dato a la UEB, antes perteneciendo a Cupet pues es el único lugar donde se puede almacenar dicho producto, la UEBMM de Matanzas conocida comúnmente como droguería al ser subordinada nacionalmente a una Oficina Central que funciona como ente central de la empresa y posee de forma general una Misión y Visión global las cuales se exponen a continuación:

Misión: Somos un operador logístico especializado en el sector farmacéutico que con calidad y eficacia contribuimos al bienestar y la salud del `pueblo.

Visión: Convertirnos en un operador logístico 4PL de referencia nacional e Internacional. Estableciendo alianzas estratégicas en beneficio de nuestra sociedad.

Objeto Social:

- Comercializar y transportar medicamentos. MEP (2017)

2.1.1 Comercialización del etanol con fines de uso médico farmacéutico en Cuba

La comercialización de productos incluyendo el etanol con fines médicos y farmacéuticos en Cuba está regulada gubernamentalmente por los diferentes ministerios y por la Autoridad Reguladora de Medicamentos de Cuba CECMED (Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y dispositivos médicos) y solo pueden ser expedidos por establecimientos que posean los correspondientes Certificados Comerciales y las Licencias Sanitarias de Operaciones Farmacéuticas que amparados en su objeto social así lo demanden, los cuales permiten un mayor control de ruta de distribución y comercialización y de la responsabilidad en el mantenimiento de la calidad del producto hasta su llegada al destino final.

Esta actividad recae centralmente en el operador de la industria biotecnológica y farmacéutica cubana EMCOMED con sus 16 UEBMM en cada una de las cabeceras de provincias y el municipio especial, estas unidades son las encargadas de conjunto con las Direcciones Provinciales de Salud (DPS) de realizar las correspondientes segregación del plan para los años en dependencia del consumo que presentan cada uno de los Centros de Producción Local (CPL), Farmacias con dispensarios e Instituciones de Salud (Hospitales, Policlínicos). Cada establecimiento farmacéutico (droguería ó centro de distribución) como se conoce comúnmente es la encargada de la extracción, almacenamiento, distribución y comercialización hacia los clientes, el proceso de extracción ocurre en las diferentes instalaciones de los centrales azucareros de la Organización Superior de Dirección Empresarial (OSDE) AZCUBA y es transportado mediante camiones cisternas hacia los depósitos de cada droguería en una logística inversa. En el caso estudio la extracción se realiza de la UEB Central Jesús Rabí cumpliendo con los parámetros establecidos por las

normas cubanas (NC) y es transportado hacia el Depósito de alcohol de Colón perteneciente a la droguería provincial, donde se realiza todo el proceso de recepción, almacenamiento, rotación y expendio a los clientes.

2.2 Descripción del proceso tecnológico actual

La investigación se desarrolla en el depósito de alcohol, que abarca un área de 3876 m², de ellos útil 3540 m² empleado para las operaciones que se describen más adelante, que a su vez se encuentra distribuida en varias zonas como se muestra en la Figura 2.3.

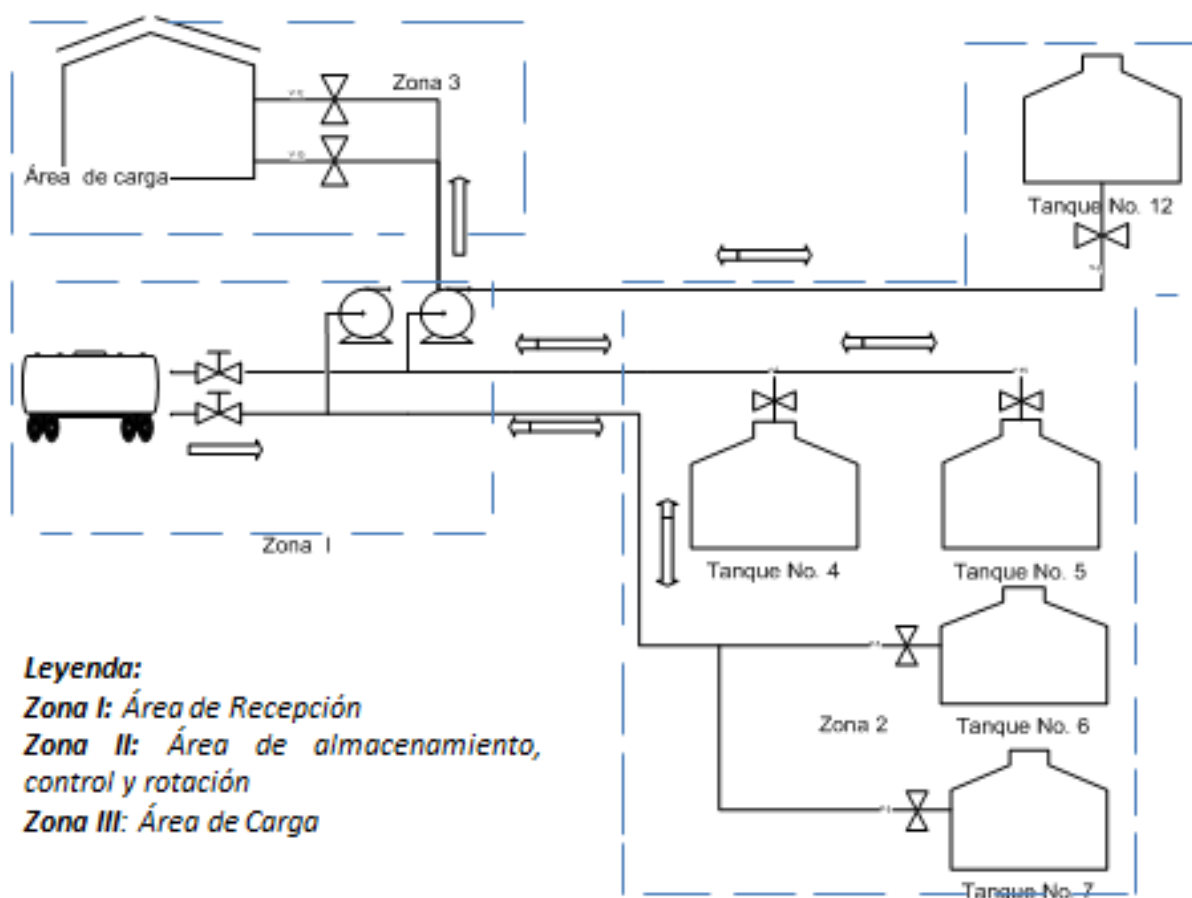


Figura 2.3. Esquema actual del proceso tecnológico de operaciones del Depósito de Alcohol de Colón. Fuente Elaboración propia.

El producto es extraído de la UEB Central Jesús Rabí y es transportado por la UEBMM de Matanzas por pailas hasta el depósito, donde se realiza la recepción pasando por las diferentes zonas donde se detallan paso a paso las operaciones que se realizan. (Ver Anexo 7) Diagrama de flujo del proceso.

Zona – 1: Área de recepción.

- ✓ En esta zona (Ver Anexo 7, Figura 2.4) es donde se realiza el proceso de descargue

del producto con una ranfla a nivel y la paila cargada es situada sobre la misma y se conectan desde las tomas de descarga mangueras a las válvulas de la paila. Según (PN-68, 2016) antes de que ocurra la operación de descargue del producto se verifica que se encuentren colocados todos los sellos de seguridad en las tuberías, tapas y válvulas de entrada y salida y se verifica el folio con los anotados en el registro de control de sellos de seguridad del chofer.

- ✓ Se mide la altura de las defensas a la tierra, se quitan los sellos de seguridad de la tapa (domo), se chequea que el producto se encuentre a nivel de flecha se toma una muestra de un litro en una probeta para comprobar la calidad del producto (grado alcohólico y temperatura).
- ✓ Posteriormente se sellan la tapa y la válvula de salida y se registran los folios en el Registro de control de sellos de seguridad.
- ✓ Se comprueba la lectura tomada a la muestra utilizando la tabla de corrección del grado alcohólico a esa temperatura observada. (ONN, 2007)
- ✓ Si coinciden los datos corregidos con lo declarado en el Certificado de Calidad se procede a la descarga del producto de la paila que se transportará por dos líneas de tubos de 3 y 4 pulgadas hacia el banco de bombas, compuesto por 2 bombas, las cuales impulsarán el fluido por dos líneas de tubos hacia la siguiente zona.
- ✓ En caso de encontrarse alguna desviación se levanta el reporte de No Conformidad y se procede a realizar la reclamación comercial a UEB Central Jesús Rabí.
- ✓ Después de culminado la recepción de todo el producto se procede a sellar las bocas de las tuberías con sellos de seguridad.
- ✓ Se registran en los modelos correspondientes los nuevos sellos colocados.

Zona – 2: Área de Almacenamiento y Control de Inventarios.

- ✓ En esta zona se produce el desplazamiento del producto por dos líneas de tuberías de 4 y 6 pulgadas hacia los tanques de almacenamiento colocados normalmente en la superficie de forma vertical, es decir con el eje paralelo a la superficie, lo cual permite un mejor uso tanto en la superficie como en el subsuelo, donde la ramificación de la tubería de 4 pulgadas se conecta con los tanques 4 y 5 y la tubería de 6 pulgadas se conecta con los tanques 6,7 y 12. (Ver Anexo 7, Figura 2.5)
- ✓ Cuando se encuentra todo el producto almacenado en los tanques se procede a realizar nuevamente las mediciones a los tanques para comprobar el saldo físico

total en almacén por los operarios y se anota en el correspondiente modelo de control.

- ✓ Los saldos reales se determinan de forma manual por dos operarios que utilizan para ello los siguientes instrumentos, probeta graduada, densímetro (alcoholímetro), cinta métrica con plomada y se realizan las operaciones que se describen:
 - Según PN-69 (2016) se retiran los sellos que estaban colocados y se introduce la cinta de medición al tanque por la abertura acondicionada para el caso hasta que la plomada toque el nivel cero del tanque.
 - Se usa la pasta para corte en la cinta de medición hasta la altura que se tiene de referencia.
 - Se lee el nivel del líquido en la cinta de medición y se registra en el Formato de Registro RG-PN-69-01 Control de Inventarios. (CECMED, 2012)
 - Se cierra el tanque.
 - Se colocan nuevos sellos de seguridad y se registran en el modelo establecido.

Zona – 3: Área de cargue.

- ✓ En esta zona (Ver Anexo 7, Figura 2.6) se realiza la abertura de válvulas en los tanques y en el desplazamiento para que el fluido vaya por las líneas de tuberías de 4 y 8 pulgadas hacia el emplazamiento de carga.
- ✓ Se introduce la pistola que se encuentra conectada a un brazo que se puede manipular y se introduce en la paila que se encuentra en punto cero y se llena la paila hasta nivel de flecha (PN-70, 2016; PN-71,2016).
- ✓ Se deja reposar por unos segundos y se comprueba que esté a nivel de flecha.
- ✓ Se cierra y se sella.
- ✓ Se entrega la documentación del envío y se va a la distribución.

2.2.1 Descripción de la infraestructura del proceso actual

La instalación cuenta con una infraestructura para el soporte de las operaciones en el proceso, que se muestran a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 2.1. Lista de Tuberías del sistema

Lista de tuberías del sistema					
Equipo	Ramal	Longitud (m)	Diámetro (m)	Material	Fab.
Tuberías	1	27,38	0,0762	Acero	Cuba
		114,56	0,1016	Acero	Cuba
Tuberías	2	250,4	0,127	Acero	Cuba
		82,78	0,1524	Acero	Cuba

En esta investigación solo se estudia el ramal uno del proceso debido a que actualmente es donde se encuentra el tanque en operación.

Tabla 2.2. Lista de Válvulas del para ramal uno

Lista de Válvulas para Ramal uno					
Equipo	Cantidad	Modelo	Resistencia al flujo	Fab.	Diámetro (m)
Válvula	2	Válvula de cuña de hierro fundido y vástago de acero inoxidable	Baja resistencia al fluido	England	0,0762
Válvula	2	Válvula de cuña de hierro fundido y vástago de acero inoxidable	Baja resistencia al fluido	England	0,1016
Válvula	2	Válvula de cuña de hierro fundido y vástago de acero inoxidable	Baja resistencia al fluido	England	0,1524

El ramal uno consta de una longitud de tuberías de 141,94 m con diámetros de 0,0762 m, 0,1016 m y 0,1524 m, 1 bomba, un codo de 90° de diámetro 0,1016 m, dos codos de 45 ° de diámetro 0,1524 m y seis válvulas.

Tabla 2.3. Lista de Bomba del ramal uno

Lista de Bomba para Ramal uno						
Equipo	Descripción	Marca	Fab.	Material	Caudal (m³/s)	Alimentación
Bomba 1	Bomba centrífuga de impelentes de baquelita	LEE HOWL	England	Acero	0,01	Corriente 220 y trifásica

Son dos los tipos de bombas que se utilizan en instalaciones de proceso, las bombas centrífugas y de desplazamiento positivo, en el proceso caso estudio las utilizadas son las más comunes en la industria de almacenamiento de productos líquidos a granel, o sea las bombas centrífugas, muy extendidas, cuentan con una gran variedad de aplicaciones. Están especialmente indicadas para el manejo de productos de baja viscosidad, no siendo aptas para líquidos fuertemente aireados. Este tipo de bomba es el que se debe utilizar siempre que la aplicación concreta lo permita, ya que es la más barata en cuanto a compra, operación y mantenimiento, y también la más adaptable a diferentes condiciones de operación. Se recurrirá a ella para el bombeo de todo tipo de líquidos de relativamente baja viscosidad y que no requieran un tratamiento particularmente suave.

En el ramal uno se encuentra la bomba uno, la cual se evalúa si está correctamente empleada.

Tabla 2.4. Lista de Tanques de operación

Lista de Tanques de operación						
Equipo	No.	Modelo	Fab.	Material	Cap. Total (m ³)	Estado
						Operación – F Operación
Tanque	4	Metálico	Cuba	Acero	100	F Operación
Tanque	5	Metálico	Cuba	Acero	98,715	F Operación
Tanque	6	Metálico	Cuba	Acero	728,115	Operación
Tanque	7	Metálico	Cuba	Acero	1 000	F Operación
Tanque	12	Metálico	Cuba	Acero	204,905	F Operación

En Cuba comúnmente los tanques se diseñan cumpliendo con las normas API (American Petroleum Institute), que hacen referencia a los materiales fijados por las normas ASTM (American Society for Testing Materials) y siguen las normas de seguridad dadas por la NFPA (National Fire Protection Association).

✓ **Tanque vertical de Techo Fijo:**

Según lo expuesto por Valdivieso (2013), los tanques actualmente usados son los diseñados con techo fijo y es menos caro para construir, y es generalmente considerado el equipo aceptable mínimo para almacenar volúmenes de líquidos.

Un típico tanque de techo fijo, se muestra en el (Ver Anexo 8, Figura 2.7), consiste de un armazón cilíndrico de acero y el techo en forma de cono o domo, que se une permanentemente al armazón del tanque. Los tanques más recientemente son construidos de acero soldados y se diseñan para líquidos, ajustado. Sin embargo, los tanques más viejos suelen ser de construidos con remaches o empernada y no pueden estar totalmente

cerrados. Una válvula de venteo (válvula de presión y vacío), que se instala usualmente sobre de tanques de techo fijo, permitiendo al tanque operar a un vacío o presión interna mínima. Las válvulas de venteo normalmente son calibradas a 0,19 kPa sobre la presión atmosférica en tanques de techo fijo. Esta válvula de presión y vacío, impide el alivio de vapores durante pequeños cambios en la temperatura, presión barométrica, o nivel líquido, las emisiones de un tanque de techo fijo puede ser estimable. Además, la toma de muestreo y manómetro, flotador indicador, y entradas del hombre al techo proveen accesibilidad a los tanques y también son fuentes potenciales de emisiones de gases. Las válvulas de venteo pueden llamarse venteos de conservación, aunque cualquier conservación de vapores ocurre a bajas de presiones de calibración. Generalmente, el término de venteos de conservación se usa para describir una calibración de presión de 17 kPa o menos. La ventilla con calibraciones mayores a 17 kPa se llaman usualmente válvulas de alivio.

Otros datos de importancia relacionados con los tanques de almacenamiento de alcohol del depósito en operación fueron obtenidos de los certificados de verificación emitidos por el INIMET (Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología) que se realizó en el año 2014, para cumplir con el reglamentación e materia de metrológica establecidas por el país como requisito fundamental de confianza en las operaciones que se realizan, de acuerdo a los establecido en el Decreto Ley No. 183 de Metrología y Disposición General 01-2014 Revisión 02.

El Tanque Número 6 posee los siguientes datos: (ONN, 2014)

- Circunferencia de referencia: 32,778 m
- Número de rolos: 6
- Número de estaciones: 3
- Número de rolo de referencia: 2
- Altura Total tanque: 8,512 m
- Inclinación del tanque: 0,0130
- Incertidumbre de medición: 0,2%
- Altura de referencia: 9,020 m
- Error máximo permitido: $\pm 0,5\%$
- Boca de sondeo: para la medición manual de nivel y temperatura, y para la extracción de muestras.
- Válvula de presión y vacío (Válvula de venteo) para mantener una presión estable

dentro del tanque.

- Cámara de espuma con tubería de conexión para casos de incendios.
- Dos válvulas, una para el trasiego del producto y una para el drenaje con cubeto (Válvula de entrada y drenaje).
- Escaleras con pasamanos.
- Bocas de limpieza (atornilladas con pernos): se colocan cuando se considera necesario. Son aberturas de 1,2 x 1,5 m aproximadas dependiendo del diámetro del tanque y de la altura de la primera virola.
- PAT: en función del diámetro del tanque, existe un mínimo fijado por la norma.
- Baranda de protección superior.
- Sistema de aterramiento (Un electrodo de cobre enterrado hasta 1 ó 2 m aproximado de profundidad).
- Base de hormigón: se construye un aro perimetral de hormigón sobre el que debe apoyar el tanque para evitar hundimiento en el terreno y corrosión de la chapa.

2.2.2 Estado de la instrumentación y el control de proceso

No existe en la empresa un sistema SCADA para el control del proceso que facilite el inventario en tiempo real. Existen instrumentos que permiten la realización de monitoreo del inventario de forma manual. Se poseen cintas de medición, termómetros de líquido en vidrio, manómetros y densímetros. No ha existido una inversión para la adquisición de un sistema de SCADA para el control del proceso del depósito.

2.3 Caracterización del producto

El alcohol etílico rectificado (etanol) es un producto terminado que posee los siguientes requisitos organolépticos según lo establecido en las normas cubanas, para poder ser usados de forma comercial según ONN (2015).

Aspecto: Líquido incoloro, brillante, sin sedimentos, que se mantendrá tras dilución al 30 % v/v con agua destilada.

Olor: Característico. Irritante sin olores extraños.

Sabor: En este tipo de alcohol no se evalúa este requisito.

En la Tabla 2.5 se muestran se muestran los parámetros físico-químicos que deben cumplir este tipo de alcohol para su comercialización y uso:

Tabla: 2.5. Requisitos Físico-químicos del alcohol etílico rectificado. **Fuente:** ONN (2015)

Requisitos	Alcohol etílico rectificado
Grado alcohólico % v/v a 20°C (mínimo)	95,0
Tiempo de permanganato (min)	> 5
Acidez Total mg de ácido acético / L de AA (máximo)	30,0
Aldehídos mg de acetaldehído / L de AA (máximo)	30,0
Alcoholes superiores mg de alcoholes superiores / L de AA (máximo)	150,0
Éteres totales mg de acetato de etilo /L de AA (máximo)	100,0

2.3.1 Otras propiedades físicas y químicas del producto

Se muestran otras propiedades físicas y químicas del etanol que se consultaron de diferentes Fichas de Seguridad de varias entidades, empresas y Universidades de varios países de la Unión Europea, América Latina y Centro América, todas relacionadas con los parámetros y características de que se norman. Se muestra a continuación en la Tabla 2.6 según CORQUIVEN C.A, (2000).

Información Reglamentaria:



Pictograma y Clase: F

Frases R: R 11: Fácilmente inflamable.

Frases S: S 2: Manténgase fuera del alcance de los niños.

S 7: Manténgase el recipiente bien cerrado.

S 16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

Disposiciones para el etiquetado:

Algunos Sinónimos: Etanol, Alcohol Etílico.

Fórmula: C₂H₆O, CH₃CH₂OH.

Peso Molecular: 46,07 g/mol.

Composición: C: 52,24 %; H: 13,13 % y O: 34,73 %.

Tabla: 2.6. Propiedades físicas y químicas. **Fuente:** CORQUIVEN C.A, (2000)

Propiedades físicas y químicas	
Apariencia	Líquido incoloro volátil de olor característico y agradable.
Gravedad específica (Sg) (Agua=1)	0.7893 / 20 °C
Punto de ebullición (°C)	78-79
Punto de fusión	-114
Densidad relativa del Vapor (Aire= 1)	1,60
Presión de Vapor (mm Hg)	44,0 / 20 °C
Viscosidad (cp)	1,17 N.R
pH:	N.A
Solubilidad:	Soluble en agua, alcohol metílico, éter, cloroformo, acetona y benceno

2.3.2 Aplicaciones y usos del producto

El producto se usa como disolvente para resinas, grasa, aceites, ácidos grasos, hidrocarburos, hidróxidos alcalinos. Como medio de extracción por solventes, fabricación de intermedios, derivados orgánicos, colorantes, drogas sintéticas, elastómeros, detergentes, soluciones para limpieza, revestimientos, cosméticos, anticongelante, antisépticos, medicina (Farmacia y laboratorios).

2.3.3 Efectos toxicológicos y ecológicos

El alcohol etílico como mucho de los otros productos derivados de un proceso industrial al ser manipulado, transportado y almacenado producen efectos indeseables tanto para el hombre como en el medio donde este se encuentre como se muestran a continuación:

2.3.3.1 Efectos toxicológicos sobre la salud humana

Según la información ofrecida por la empresa PRODUCTOS OPPAC, S.A, (2010), el etanol por ingestión es oxidado rápidamente en el cuerpo a acetaldehído, después a acetato y finalmente a dióxido de carbono y agua, el que no se oxida se excreta por la orina y sudor.

Por inhalación: Los efectos no son serios siempre que el tiempo de exposición no sea prolongado. Una inhalación continua de concentraciones altas del vapor (entre 1000 - 5000 ppm o superior), puede producir somnolencia, tos, adormecimiento, náuseas, excitación o depresión y la irritación del tracto respiratorio, dolor de cabeza, síntomas similares a la ingestión, efectos narcóticos, coma o incluso hasta la muerte.

Un resumen de los efectos de este compuesto en humanos se da a continuación: mg/l en el aire / Efecto en humanos

10-20 Tos y lagrimeo que desaparecen después de 5 o 10 minutos.

30 Lagrimeo y tos constantes, puede ser tolerado, pero molesto.

40 Tolerable solo en periodos cortos.

Mayor de 40 Intolerable y sofocante aún en periodos cortos.

Contacto con los Ojos: Se presenta irritación en concentraciones mayores a 5000 a 10000 ppm., enrojecimiento, dolor, sensación de quemadura.

Contacto con la Piel: El líquido puede afectar la piel, produciendo dermatitis caracterizada por resequedad y agrietamiento.

Por ingestión: Sensación de quemadura. Actúa al principio como estimulante seguido de depresión, dolor de cabeza, visión borrosa, somnolencia e inconsciencia. Grandes cantidades afectan el aparato gastrointestinal. Si es desnaturalizado con metanol, puede causar ceguera. Dosis grandes provocan envenenamiento alcohólico, mientras que su ingestión constante, provoca el alcoholismo. También se sospecha que la ingestión de etanol aumenta la toxicidad de otros productos químicos en el entorno industrial y laboratorios, por inhibición de su excreción o de su metabolismo (Pontificia Universidad Javeriana, 2011).

Efectos crónicos: A largo plazo produce efectos necrotizantes. Afecta el sistema nervioso central, irrita la piel (dermatitis) y el tracto respiratorio superior. La ingestión crónica causa cirrosis en el hígado y daños en el cerebro y riñones.

Carcinogenicidad: No hay evidencia de que el etanol tenga este efecto por el mismo, sin embargo, algunos estudios han mostrado una gran incidencia de cáncer en laringe después de exposiciones a alcohol sintético, con sulfato de dietilo como agente responsable.

Mutagenicidad: No se ha encontrado este efecto en estudios con Salmonella, pero se han encontrado algunos cambios mutagénicos transitorios en ratas macho tratados con grandes dosis de este producto.

Riesgos reproductivos: Existen evidencias de toxicidad al feto y teratogenicidad en los experimentos con animales de laboratorio tratados con dosis grandes durante la gestación. El etanol induce el aborto.

2.3.3.2 Efectos ecológicos sobre el medio ambiente

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar lentamente una concentración nociva en el aire, según T3 QUÍMICA, (2007), el vapor del etanol se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. De forma general no representa una amenaza significativa para el medio ambiente, aunque pudiera provocar leves contaminaciones a sistemas acuáticos.

2.4 Herramientas estadísticas para el análisis de las variables

En la investigación se aplican cuatro herramientas estadísticas: pruebas de normalidad, pruebas de hipótesis, cartas de control y diagrama de Ishikawa. En las tres primeras herramientas se utiliza el programa Statgraphics Plus Versión 5.1 para obtener el análisis estadístico de las variables analizadas en la investigación y en el caso del diagrama de Ishikawa se aplica mediante una encuesta para determinar los principales factores que afectan al proceso.

Las variables que se analizan en el proceso son el grado alcohólico y el nivel. Las muestras se recopilaban de las mediciones diarias a las variables, con diez réplicas a cada una durante los doce meses del año 2016 y se almacena en un fichero del programa Microsoft Excel 2010 (Noda, 2018).

✓ Pruebas de normalidad:

Se determina si las variables analizadas de la base de datos cumplen con una distribución normal, aplicando las tres pruebas de normalidad:

1. Coeficientes de curtosis y asimetría: los cuales deben encontrarse en el rango comprendido entre -2 y +2.
2. Valores de probabilidad (p-value): los cuales deben ser superiores al nivel de significación ($\alpha = 0,05$).
3. Histogramas de frecuencias: que sigan un comportamiento gaussiano.

Se debe señalar que con que se cumplan dos de las tres condiciones, se concluye que la variable presenta un comportamiento normal. En caso que una variable no cumpla con una distribución normal se aplica la NC 9221 que establece las reglas para determinar los resultados anormales de un conjunto de observaciones de una variable aleatoria continua, cuya distribución probabilística sea normal.

✓ Pruebas de hipótesis:

Se determina si las variables estudiadas cumplen con los parámetros establecidos en las normas cubanas. La Tabla 2.7 muestra los valores normados para las pruebas de hipótesis.

Tabla 2.7. Pruebas de hipótesis

Variable	Unidad	Normativa operacional	Pruebas de hipótesis	
			Mayor que 95	$H_0 : GA \geq 95$ $H_1 : GA < 95$
Grado alcohólico (A)	%	95 – 95,9	Menor que 95,9	$H_0 : GA \leq 95,9$ $H_1 : GA > 95,9$
Nivel (L)	m	< 8,512		$H_0 : h \geq 8,512$ $H_1 : h < 8,512$

✓ **Cartas de control**

Se realizan las cartas de control a las mediciones del grado alcohólico y al nivel con la ayuda del Statgraphics Plus Versión 5.1.

✓ **Diagrama de Ishikawa**

Para la construcción del diagrama de Ishikawa se aplica una encuesta (Ver Anexo 9) a una muestra de 10 trabajadores para esta investigación que comprenden las áreas de dirección, comercial, economía, calidad y operaciones, todos relacionados directa o indirectamente con el proceso caso de estudio y con su funcionamiento, además son el personal que más conocimiento poseen de todo lo que se hace en el proceso.

En la Tabla 2.8 se muestra el nivel escolar de los encuestados y posteriormente los pasos ejecutados para la construcción del Diagrama de Ishikawa:

Tabla 2.8 Composición de la muestra encuestada

Categorías	Nivel Medio	Nivel Superior
Dirección	-	1
Comercial	-	1
Economía	-	2
Calidad	1	1
Operaciones	3	1
Total	4	6

1. Escoger el aspecto de calidad que se quiere mejorar.
2. Escribir de manera clara y concreta el aspecto de calidad a la derecha del diagrama.
3. Buscar todas las causas probables, lo más concreta posibles, que puedan afectar la característica de calidad.
4. Representar en el DI las ideas obtenidas y preguntarse si faltan algunas otras causas.

5. Describir cuales son las causas más importantes por consenso, votación o por análisis de datos.
6. Decidir cuáles son las causas sobre las cuales se debe actuar.
7. Preparar un plan de acción para que cada una de las causas sean investigados o corregidas.

2.5 Metodología para la evaluación de la bomba a emplear para el bombeo del alcohol

La metodología que se aplica es la propuesta por Rosabal y Garcés (2006), la cual consta de los siguientes pasos:

Calcular la carga del sistema (H_b), que no es más que la diferencia de alturas totales aspiración e impulsión y compararla con la carga de la bomba que es dada por el fabricante. Para ello se utiliza la Ecuación de Balance de Energía Mecánica. Dicha ecuación se aplica entre dos puntos cualesquiera del sistema. La misma queda expresada de la forma siguiente:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho * g} + \frac{\alpha_1 * v_1^2}{\rho * g} + H_b = Z_2 + \frac{P_2}{\rho * g} + \frac{\alpha_2 * v_2^2}{\rho * g} + \sum H_f \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

H_b : carga del sistema (m) Z_1 y Z_2 : altura de los puntos de referencia (m)

ρ : densidad del fluido (kg/m^3) h_f : pérdida de carga por fricción

P : presión en el punto (Pa) g : gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$)

v : velocidad en el punto (m/s) α : factor de corrección de la energía cinética

Tal como se observa en el (Anexo 10, Figura 2.8) los cálculos siguen la secuencia descrita a continuación, para cada tramo del ramal uno definido:

1 Cálculo del Flujo volumétrico (q):

$$q = V * t \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

V : Volumen del tanque cisterna (m^3)

t : Tiempo de vaciado (s)

q : Flujo volumétrico (m^3/s)

2 Cálculo de la velocidad:

$$v = \frac{4 * q}{\pi * D^2} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

q: Flujo volumétrico (m³/s)

D: Diámetro de tubería (m)

π: constante igual a 3,14

v: Velocidad de fluido (m/s)

3 Cálculo del Re:

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

ρ: Densidad del producto (kg/m³)

v: Velocidad de fluido (m/s)

D: Diámetro de tubería (m)

μ: viscosidad (Pa/s)

4 Cálculo de las pérdidas por Fricción en Tuberías:

$$\sum H_{f(\text{tuberías})} = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Donde:

f: factor de fricción

L: longitud de tubería (m)

D: Diámetro de tubería (m)

v: Velocidad de fluido (m/s)

g: gravedad (9,8 m/s²)

El factor de fricción para régimen turbulento depende además de la rugosidad relativa:

$$\varepsilon = \frac{e}{Di} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

ε: rugosidad relativa

e: rugosidad absoluta (m) que depende del tipo de material.

5 Cálculo de las pérdidas por Fricción en accesorios:

$$\sum H_{f(\text{accesorios})} = \sum K_i * \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

K_i: coeficiente de resistencia local de los accesorios.

v: Velocidad de fluido (m/s)

g: gravedad (9,8 m/s²)

El coeficiente de resistencia para régimen de flujo turbulento se encuentra en la Tabla 3.1 página 102. (Rosabal y Garcell, 2006).

6 Cálculo de las pérdidas por fricción totales:

$$\sum H_f(\text{totales}) = \sum H_f(\text{tuberías}) + \sum H_f(\text{accesorios}) \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

$\sum H_f$: Pérdidas por fricción en tuberías y accesorios (m)

2.6 Metodología para el análisis de riesgos por HAZOP

La evaluación de los riesgos presentes en el proceso se determina con la aplicación de la metodología HAZOP a todas las zonas o etapas del proceso evaluado. El análisis HAZOP consiste en una metodología sistemática que permite identificar todos los escenarios de riesgos e impactos, y analizar sus consecuencias.

Según lo expuesto por Lafargue y Yola (2009), se evalúan cualitativa y cuantitativamente los riesgos e impactos discretizando en cuatro niveles:

Tabla 2.9. Clasificación del nivel de riesgos.

Clasificación del Nivel de Riesgos			
Bajo: (2)	Medio: (4)	Alto: (6)	Extremo: (10)

El procedimiento se llevó a cabo en cada una de las tres zonas del proceso, considerándose todos los equipos que conforman el proceso y los posibles riesgos más significativos de forma sencilla.

2.7 Metodología empleada para la estimación de la inversión.

El análisis empleado para la estimación de la inversión se realiza basado en lo expuesto por León, et al., (2010), siendo un método sencillo y dinámico para el cálculo de los principales indicadores económicos.

2.7.1 Metodología de cálculo de los indicadores técnico económicos de la inversión

Valor actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) de un proyecto mide en dinero corriente el grado de mayor riqueza que tendrá el inversionista a largo plazo si emprende el proyecto. Se define como el valor actualizado del flujo de ingresos netos obtenidos durante la vida útil económica del proyecto a partir de la determinación por año de las entradas y salidas de efectivo, desde

que se incurre en el primer gasto de inversión durante el proceso inversionista hasta que concluyan los años de operación o funcionamiento del proyecto menos la inversión inicial (León, *et al*, 2010).

Ecuación para el cálculo del VAN:

$$VAN = \sum MF_{act} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

MF_{act} : Movimiento de fondos actualizado, (\$).

Criterios de aceptación:

- a) $VAN > 0$ acepta inversión
- b) $VAN < 0$ desecha inversión

El movimiento de fondos actualizado, se determina de la siguiente manera:

$$MFact = \frac{MFacum}{(1+i)^n} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde:

$MFacum$: Movimiento de fondos acumulado, (\$).

n: Número del año en el horizonte.

i: Interés vigente para la Empresa.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

Ecuación para el cálculo del TIR:

$$TIR = i_1 - \left((i_1 - i_2) \frac{VAN(+)}{VAN(+)-VAN(-)} \right) \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Donde:

i_1 : Tasa de descuento o interés a la que se obtiene el VAN positivo.

i_2 : Tasa de descuento o interés a la que se obtiene el VAN negativo

Criterios de aceptación:

- a) Si $TIR >$ interés dado = Acepto el proyecto de inversión
- b) Si $TIR <$ interés dado = Desecho el proyecto de inversión

Período de recuperación de la inversión (PRI):

El Período de recuperación marca un momento (en años, meses, días), en que los costos del proyecto se suplen con los beneficios logrados. Su determinación, a partir del flujo de caja, es como se muestra:

$$PRI = t_1 + \frac{[MFact]}{(MF_{i+1})} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

Donde:

t_1 : Año en que el movimiento de fondo actualizado cambia de signo (último año con signo

negativo)

Teniendo en cuenta la inversión, el Período de recuperación puede determinarse como:

$$\mathbf{PRI} = \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{G}} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

Donde:

I: Inversión (\$).

G: Ganancia (\$/a)

Capítulo III: Análisis de los resultados.

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos de los análisis estadísticos, cálculos realizados y de la evaluación técnico-económica de la propuesta de mejora, para darle cumplimiento a cada uno de los objetivos propuestos en la investigación, siguiendo la misma historicidad empleada en capítulos anteriores, se realiza un análisis estadístico, se evalúa la selección de las bombas a utilizar, se exponen las ventajas de la propuesta y se analizan los resultados obtenidos.

3.1 Causas que influyen en el proceso

Se realizó el diagnóstico de la situación tecnológica que posee en la actualidad el Depósito, detectándose problemas fundamentales, que son:

- El estado de conservación de los equipos utilizados y de los depositarios (tanques) no es el adecuado totalmente.
- No se encuentran señalizados según lo establecidos en las normas los tanques de almacenamiento con el pictograma correspondiente establecidos en las normas.
- No se emplean todos los instrumentos necesarios para la correcta operación en el proceso.
- Déficit de instrumentación para el control y gestión de las variables del proceso.

3.2 Comportamiento de las variables nivel del tanque y grado alcohólico en el proceso

3.2.1 Resultados de la Prueba de normalidad

El comportamiento del nivel del tanque TK - 6 en el año 2016 describe poca inestabilidad pues presenta un coeficiente de variación igual a 10,95 %, siendo menor que 12 %. El valor promedio de operación es 5,90 m, siendo este representativo de la muestra tomada. Los coeficientes de curtosis y asimetría son iguales a 1,20 y 4,24 respectivamente, este último indicando que predominan en el proceso valores de nivel superiores de 5,90 m (Anexo 11, Figura 3.1). A pesar de los valores de estos coeficientes, se debe destacar que la NC - 9221 permite determinar que la muestra presenta una distribución normal (ONN, (1979). Se debe señalar que la variabilidad que presenta el nivel está dada fundamentalmente por los factores descritos con anterioridad que afectan el proceso.

En el caso del grado alcohólico existe un control estricto del mismo en el proceso, mostrando una estabilidad en el año 2016 pues el coeficiente de variación es igual a 0,29 %. Los coeficientes de curtosis y asimetría no se encuentran fuera del rango establecido (-2 y 2), pero al aplicar la NC - 9221 se determina que no existen datos anormales, es decir la muestra presenta una distribución normal con los valores muy agrupados al valor medio (95,45 %) (Anexo 11, Figura 3.2).

3.2.2 Resultados de la Prueba de hipótesis

En la Tabla 3.1 se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis para las variables operacionales estudiadas. Para el caso del nivel del tanque TK-6 el valor de probabilidad en la prueba de hipótesis realizada es igual a 0,0; aceptando la hipótesis alternativa, que refleja que el nivel debe ser menor que el aforo del mismo (8,512 m), cumpliendo con la norma establecida.

Al realizar las pruebas de hipótesis para el grado alcohólico se comprueba que existe un cumplimiento de la norma, los valores de probabilidad son mayores que 0,05, es decir, con 95 % de confianza, lo cual es de vital exigencia para la satisfacción de los clientes.

Tabla 3.1. Resumen de las pruebas de hipótesis realizadas a las variables grado alcohólico y nivel del tanque TK-6.

Variable	Norma	Pruebas de hipótesis		Valor de probabilidad	Cump. Norma
Grado alcohólico (GA) (%)	95 – 95,9	GA ≥ 95	H ₀ : GA ≥ 95	1,00	Sí
			H ₁ : GA < 95		
		GA ≤ 95,9	H ₀ : GA ≤ 95,9	1,00	
			H ₁ : GA > 95,9		
Nivel (m)	8,512	H ₀ : n ≥ 8,512		0,00	Sí
		H ₁ : n < 8,512			

3.2.3 Resultados de la Carta de Control de media

En la Figura 3.3 se observa una carta de control de media (calidad), a pesar del producto cumplir con la norma (encontrarse entre 95 y 95,9 %), existen meses (enero, abril, agosto, noviembre y diciembre) en que el proceso se encuentra fuera de control con puntos fuera de los límites. Las causas del descontrol son desconocidas, por lo que el proceso no tiene calidad.

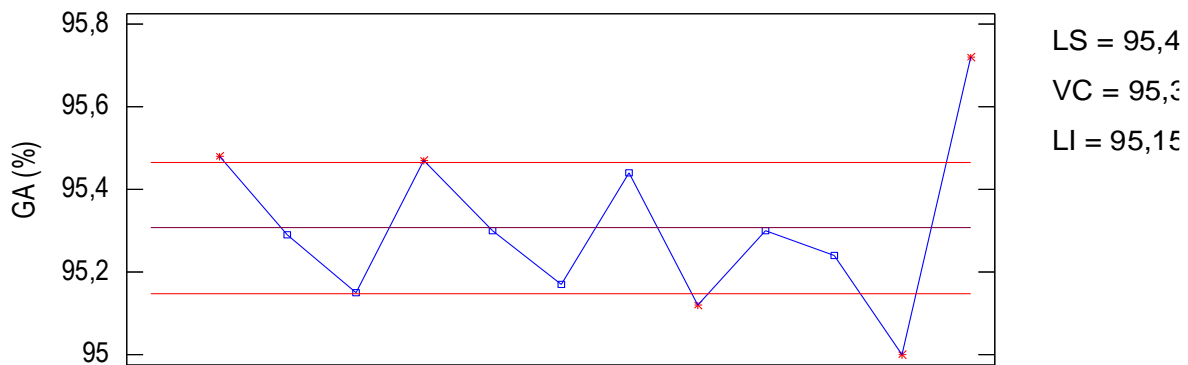


Figura 3.3. Carta de control para el grado alcohólico

El análisis de los resultados que arroja la carta de control de media (calidad) indica como se muestra en la Figura 3.4 que el proceso se encuentra fuera de control, al presentar puntos fuera de los límites a partir del mes de enero, marzo a junio y de septiembre a diciembre, con una tendencia lineal no aleatoria descendente. Las causas del descontrol son desconocidas, por lo que el proceso no tiene calidad.

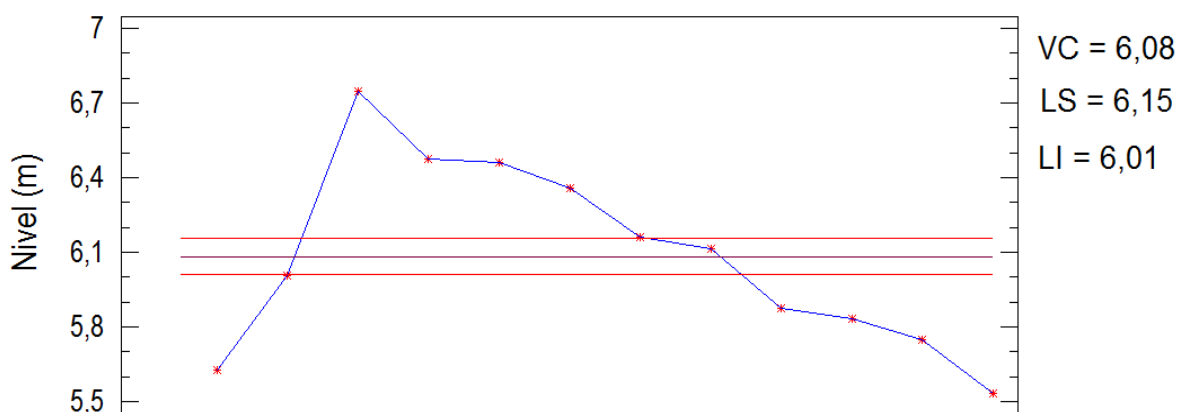


Figura 3.4. Carta de control para el nivel

Los gráficos de control anteriores corroboran la necesidad de implementar un sistema de instrumentos que faciliten un control adecuado del proceso.

3.2.4 Resultados de la aplicación de la encuesta para elaborar el Diagrama de Ishikawa

El (Anexo 12) muestra los resultados obtenidos en la encuesta aplicada, donde los principales factores que pueden influir en la variación de las mermas en el proceso, en orden de predominio son:

- ✓ Ejecución de malas prácticas al realizar la medición de los tanques, lo que puede provocar errores en la lectura (37 puntos).
- ✓ Las características físico-químicas del producto (36 puntos), por ser este volátil por acción de la temperatura sobre la densidad.
- ✓ El estado técnico del equipamiento utilizado en estas operaciones (33 puntos), debido al tiempo de explotación, la fragilidad de los instrumentos etc.
- ✓ La temperatura ambiental afecta el producto almacenado, en cuanto a sus propiedades físicas y químicas (28 puntos).
- ✓ La calidad del recubrimiento de los tanques según el tipo de producto que almacena (26 puntos)
- ✓ Conocimiento del personal sobre los procedimientos de trabajo relacionados con las actividades que se realizan (17 puntos).
- ✓ Utilización del equipamiento adecuado para estas operaciones (13 puntos).
- ✓ Capacidades del almacenamiento del depósito según el tipo de producto (12 puntos).
- ✓ Frecuencia de las mediciones requeridas para el control de las existencias (12 puntos).
- ✓ Sistema de mantenimiento adecuado para evitar el deterioro de los equipos y accesorios (10 puntos).
- ✓ Derrames de productos al medio ambiente (10 puntos).
- ✓ Desvío de productos de las instalaciones (10 puntos).

En el (Anexo 13, Figura 3.5) se muestra el Diagrama de Ishikawa según los resultados de la encuesta aplicada.

3.3 Riesgos que pudieran ocasionar afectación en el proceso

Los principales riesgos que pudieran presentarse en cualquiera de las zonas del proceso son los siguientes, en orden decreciente:

- ✓ Explosiones. (E10)
- ✓ Incendios. (A6)
- ✓ Emisión de olor fuerte al medio durante las operaciones de recepción y despacho. (M4).
- ✓ Desperfectos técnicos de la paila que transporta el producto. (B2)
- ✓ Derrames del producto durante las operaciones (operaciones sucias). (B2)
- ✓ Desperfectos técnicos en el funcionamiento de la bomba. (B2)

3.4 Resultado de la evaluación del sistema de bombeo en el proceso

Al aplicar la metodología de (Rosabal y Garcell, 2006) descrita en el capítulo 2 se determinan las pérdidas por fricción en cada zona del proceso.

En la Tabla 3.2 se observan los resultados obtenidos de los cálculos realizados en el sistema.

Tabla 3.2. Resultados de los cálculos realizados en el sistema.

Resultados	Tramo a-b	Tramo b-c	Tramo c-d	Tramo d-e
Flujo volumétrico (q) del Sistema (m ³ /s)	0,0057	0,0057	0,0057	0,0057
Velocidad (m/s)	0,012	0,726	0,310	0,726
No. Reynolds (Re)	7760,68	61637,58	39645,34	61637,58
Pérdidas por Fricción tuberías (ΣHf) (m)	0,00000072	0,1052	0,044	0,052
Pérdidas por Fricción accesorios (ΣHf) (m)	0,00000038	0,0084	0,0101	0,00457
Pérdidas por Fricción x Tramos (ΣHf) (m)	0,00000452	0,1136	0,0541	0,05657
Pérdidas por Fricción Total Sistema (ΣHf) (m)	0,224			

Para determinar la carga de la bomba se aplica la ecuación de balance (Ec. 2.1).

Para el sistema de bombeo caso estudio se establecen las siguientes condiciones:

$Z_1 = 0$ Por ser un tanque cisterna presurizado,

$P_1 / \rho * g = 0$ Por ser un tanque que se encuentra a presión atmosférica 101325 Pa

$\alpha_1 * v_1^2 / 2 * g = 0$ Por ser un tanque presurizado,

$P_2 / \rho * g = 0$ Por ser un tanque de grandes dimensiones,

$A_2 * v_2^2 / 2 * g = 0$ Por ser un tanque de grandes dimensiones,

$$H_b = Z_2 (\text{Dif. altura hasta nivel inferior tanque} + \text{altura del tanque por aforo}) + \Sigma H_f \text{ Sistema} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

$$H_b = 1,264 \text{ m} + 8,512 \text{ m} + 0,224 \text{ m}$$

$$H_b = 10 \text{ m}$$

$$10,00 \text{ m} \geq 9,00 \text{ m}$$

$$H_b \text{ bomba} \geq H_b \text{ sistema}$$

Como se cumple que la carga de la bomba instalada es mayor que la carga del sistema, esto indica que la misma está correctamente seleccionada de acuerdo a las condiciones del proceso.

3.5 Instrumentación propuesta para el proceso

Los instrumentos propuestos se han seleccionado teniendo presente los criterios enunciados en el capítulo 1: seguridad antiexplosiva, IP utilizado, características del medio donde se instalará el sensor, lugar de instalación, características del proceso, agresividad del medio a medir, medio a medir, principio de funcionamiento y economía.

3.5.1 Instrumentación para medición de la variable de proceso nivel. Principio de funcionamiento y otras prestaciones

Los instrumentos seleccionados para la medición de nivel en los tanques de almacenamiento del depósito fueron, el detector de nivel Liquiphant M FTL 51C y el Proservo NMS53x de Endress + Hauser para el control de proceso (Endress + Hauser, 2009; Endress + Hauser, 2015).

Principio de funcionamiento del Liquiphant M FTL 51C:

El detector de nivel ha sido diseñado para la detección de límite en fluidos, su empleo inapropiado puede resultar peligroso, este basa su principio de funcionamiento en el tenedor del sensor que vibra a su frecuencia intrínseca y esta frecuencia es reducida cuando es cubierta por el líquido. Este cambio en la frecuencia causa el cambio en el interruptor (relay) del límite que permite activar una alarma por programación y evita que el líquido se derrame al exterior ver (Anexo 14, Figura 3.6). El instrumento se instalará por un costado superior de cada tanque. La alarma se conectará a una fuente de 11- 36V DC a través del relé que posee el sensor de nivel.

Otras prestaciones:

- ✓ Es un interruptor del nivel límite y se usa en todos los líquidos.
- ✓ Se utiliza para las temperaturas entre -50 °C y 150 °C. (y por demanda hasta 230 °C).
- ✓ Su función no es afectada por el flujo, turbulencia, las burbujas, la espuma, la vibración, los sólidos que pueda contener. El Liquiphant es así el suplente ideal para los interruptores del flotador.
- ✓ Como todas las partes del sensor (la conexión del proceso, cañería de la extensión y tenedor poniendo a punto) es cubierto en esmalte o varios plásticos, lo que permite que la unidad pueda usarse en líquidos agresivos.
- ✓ Ofrece protección en las diferentes zonas y áreas de riesgos.

Beneficios:

- ✓ Usado en sistemas de seguridad que requieren la seguridad funcional a SIL 2/SIL 3 en concordancia con IEC 61508/IEC 61511-1.
- ✓ Óptimamente adaptado al proceso gracias a las varias capas de materiales resistentes a la corrosión.
- ✓ Se usa en un número grande de conexiones del proceso y se escoge de:
- ✓ las pestañas de varias normas.
- ✓ Uso universal.
- ✓ La variedad ancha de la electrónica, la parada, el rendimiento señalado: la conexión correcta para cada sistema de mando de proceso.
- ✓ Protocolo HART: para comunicación y mantenimiento.
- ✓ No calibración: la salida del costo baja rápidamente.
- ✓ Supervisar el tenedor para caso de daño: la función garantizada.
- ✓ Los materiales son aprobados o aceptados por la FDA.

Precio: € 775,0 (Endress + Hauser México, 2018)

Principio de funcionamiento del Proservo NMS53x Control de inventario:

Este sensor de nivel es una medida del tanque inteligente para la exactitud alta, medida y nivelada del líquido que emplea la última tecnología del microprocesador. Así como la medida nivelada, Proservo NMS 53x puede determinar las interfaces entre tres líquidos, la gravedad específica de estos líquidos y fondo del tanque. Para habilitar el cálculo de volumen exacto o simplemente para la indicación, Proservo NMS 53x aceptará una entrada de una media sonda de temperatura NMT 53x serie (por medio pares de cables retorcidos,

protocolo HART) o vía el elemento de temperatura de mancha (vía 3 alambre Pt. 100 señal RTD). Una vez instalado, toda la calibración y las funciones de operación pueden hacerse vía el usuario amistoso el programa de la Matriz y toque el teclado pequeño sensible. El lado del tanque que supervisa y el funcionamiento puede realizarse por el Promonitor NRF 560. (Anexo 14, Figura 3.7. El instrumento se instalará por la parte superior del tanque.

Otras prestaciones:

- ✓ El Proservo NMS 53... es una serie de medidas del tanque inteligentes se diseña para la exactitud alta de la medida de nivel del líquido en el almacenamiento y aplicaciones del proceso.
- ✓ Ellos cumplen las demandas exactas de dirección de inventario de tanque, el mando de pérdida, costo total que ahorra y el funcionamiento seguro. Las áreas típicas de aplicación incluyen:
 - ✓ Los combustibles.
 - ✓ LPG/LNG
 - ✓ Agua / medida de la interface química.
 - ✓ Alimentos, alimentos líquidos.

Rangos y beneficios:

- ✓ El líquido de las medidas a una exactitud de $+ / - 0,0007$ m.
- ✓ Las medidas claras de nivel, interface y la gravedad específica.
- ✓ Perfil de densidad de Líquido a lo largo del tanque (el perfil del Tanque) y la capa superior (I/F perfilan).
- ✓ La predicción de mantenimiento del instrumento.
- ✓ La conexión directa de mancha o sondas de temperatura de promedio.
- ✓ La gama amplia de signos del rendimiento incluso V1, RS 485, WM550, M/S, y protocolo de comunicación HART®.
- ✓ Pueden seleccionarse el material y evaluación de presión de las partes mojadas según la aplicación.
- ✓ Conveniente para atmósferas y aplicaciones de presión alta.
- ✓ Fácil para programar usando el E+H matriz sistema.

Ambos instrumentos aseguran el control del nivel de líquido en los tanques de operación y así evitarán un posible derrame del producto al medio ambiente ante cualquier emergencia que se presente en el proceso.

Precio: € 600.00, (Endress + Hauser, 2016-2017)

3.5.2 Instrumentación para medición de la variable de proceso temperatura. Principio de funcionamiento y otras prestaciones

El Prothermo NMT 532 de Endress + Hauser para el control de proceso (Endress + Hauser, 2009). Este instrumento posee ciertas aplicaciones y beneficios como los que describimos a continuación:

Principio de funcionamiento del Prothermo NMT 532:

El principio de funcionamiento consiste en un conversor de señal HART inteligente y sensor de temperatura de promedios. Para la medida media de temperatura, consiste en una multi-mancha de precisión (Max.6) seis elementos de PT 100 a 2 o 3 metros de intervalos. El NMT 532 es una solución muy capaz para una variedad de tanques calibrados que proporcionan los datos medidos de temperatura constantes vía señal de comunicación HART por dos alambres. Para la medida del inventario exacta, está mejor preparado conectado a un amonestador de lado del Tanque NRF 590 con Micropilot radar tanque medida. Este instrumento es compacto y barato (Anexo 14, Figura 3.8).

Otras prestaciones:

- ✓ El Prothermo NMT 532 consiste en un conversor de señal HART inteligente y sensor de temperatura de promedio.
- ✓ Para la medida media de temperatura, consiste en la multi-mancha de precisión Pt 100 (Max.6) elementos que tienen el intervalo fijo (2 m o 3 m).
- ✓ Es una solución muy capaz para una variedad de tanque que calibra las aplicaciones y proporciona el promedio constante de los datos de temperatura vía protocolo de comunicación HART.
- ✓ Para la medida exacta del inventario, está mejor preparado el conectado al amonestador de lado de Tanque NRF 590 con Micropilot medida de tanque de radar o serie de NMS53x Proservo.

Rangos y beneficios:

- ✓ Posee una alta exactitud.
- ✓ Es un dispositivo intrínsecamente seguro que permite la configuración eléctrica más segura posible.

- ✓ Es compatible con el usuario T o F amistoso (el Tiempo-de-vuelo) la herramienta.
- ✓ Es simple y económico.
- ✓ Posee un peso y tamaño compacto.
- ✓ Alta fiabilidad y fácil instalación.
- ✓ Mantenimiento gratuito.

Posibilitará la medición continua de la temperatura en los puntos programados dentro del tanque así como permitirá obtener los datos claros de la acción de la temperatura sobre las propiedades del líquido almacenado que a su vez se refleja en el nivel.

Precio: € 410.00, (Endress + Hauser, 2016-2017)

3.5.3 Instrumentación para medición de la variable de proceso presión. Principio de funcionamiento y otras prestaciones

El Cerabar PMP 21 de Endress + Hauser para el control de proceso (Endress + Hauser, 2016-2017). Este instrumento posee ciertas aplicaciones y beneficios como los que describimos a continuación:

Principio de funcionamiento.

Es un transmisor de presión que mide presión del proceso flexionando el sello metálico separador del sensor y el fluido de relleno transfiere la presión a un puente Wheatstone (tecnología de semiconductores). Se mide y se procesa el cambio en la tensión de salida del puente debido a la presión. (Anexo 14, Figura 3.9).

Especificaciones generales:

- ✓ Puede medir presiones para diferentes tipos de productos como gases, vapores, líquidos y polvos.
- ✓ Salida de vía 4- 20 mA.
- ✓ Temperatura del proceso. (-40 ... + 100 °C)
- ✓ Rango de medición del instrumento. (Desde 0 hasta 3 Pa)
- ✓ Precisión de referencia. ($\pm 0,3\%$)

Beneficios:

- ✓ Alta reproducibilidad y estabilidad a largo plazo.
- ✓ Rangos de medición personalizados (sin coste adicional alguno)
- ✓ Posibilidad de conexiones enrasadas.

Aplicaciones:

- ✓ El Cerabar es un transductor de presión que se utiliza en la medición de presiones absolutas y relativas en gases, vapores, líquidos y polvo. El Cerabar se puede utilizar en todo el mundo gracias a una amplia gama de autorizaciones y conexiones a proceso.

El presostato Ceraphant PT33B de Endress + Hauser para el control de proceso (Endress + Hauser, 2016-2017) que describimos a continuación: (Anexo 14, Figura 3.10).

Precio: € 297.00, (Endress + Hauser, 2016-2017)

Principio de funcionamiento:

La presión de proceso flexiona el sello metálico separador del sensor y el fluido de relleno transfiere la presión a un puente tipo Wheatstone (tecnología de semiconductores). Se mide y se procesa el cambio en la tensión de salida del puente debido a la presión

Especificaciones generales:

- ✓ Puede medir presiones para diferentes tipos de productos como gases, vapores, líquidos y polvos.
- ✓ Salida de vía 4- 20 mA.
- ✓ Temperatura del proceso. (-10 a + 100 °C, + 135 °C) durante un máximo de 1 hora.
- ✓ Rango de medición del instrumento. (Desde 0 hasta 2.25 Pa)
- ✓ Precisión de referencia. estándar ($\pm 0,5\%$), platino ($\pm 0,3\%$).
- ✓ Aceite de llenado, según la FDA.
- ✓ Salida 1 x PNP, 2 x PNP. 1 x PNP + 4- 20 mA

Aplicaciones:

- ✓ El presostato Ceraphant es un transductor de presión que se utiliza en la medición de presiones absolutas y relativas en gases, vapores, líquidos y polvo para aplicaciones con requisitos higiénicos. El Ceraphant se puede utilizar en todo el mundo gracias a una amplia gama de autorizaciones y conexiones a proceso.

Precio: € 352.00, (Endress + Hauser, 2016-2017)

3.5.4 Instrumentación para medición de la variable de proceso caudal o flujo.

Principio de funcionamiento.

El sensor Optimass Krohne 2400 (Anexo 14, Figura 3.11) de Grupo KROHNE para el control de proceso caudal (KROHNE, 2018). Este instrumento posee ciertas prestaciones y beneficios como los que describimos a continuación:

Principio de funcionamiento para la medida del caudal o flujo.

El diseño utiliza un único tubo de media recto que no impide el paso del caudal a través de él de ninguna manera, dentro de la carcasa exterior hay un cilindro de gran masa, este se usa como referencia contra el cuál oscila el cilindro de medida, utilizando un excitador electromagnético central. Dos sensores montados sobre el tubo miden la fase relativa de la oscilación del tubo sobre su longitud. Mostrando exageradamente el tubo de medida hace oscilar usando el principio de Coriolis y la frecuencia de la vibración este puede medir el caudal másico y la densidad. Con caudal cero la oscilación es simétrica y no hay diferencia de fases, cuando el caudal pasa el efecto Coriolis genera una fase relativa del tubo de medida que varía en toda su longitud. Esta diferencia de fase es directamente proporcional al caudal másico del fluido.

Precio: € 267.00, (KROHNE)

3.5.5 Autómata programable. Principio de funcionamiento y otras prestaciones

El CPU es el corazón del autómata programable. Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema.

Principio de funcionamiento del CPU:

Según Gómez *et al.*, (2008) la unidad CPU (Anexo 14, Figura 3.12) basa su principio de funcionamiento en:

- ✓ Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no exceda un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo). A esta función se le suele denominar Wastchdog (perro guardián).
- ✓ Ejecutar el programa de usuario.
- ✓ Crea una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.

- ✓ Renovar el estado de las salidas en función de su imagen, obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- ✓ Chequeo del sistema.

Especificaciones generales:

- ✓ El CPU dispone de un área de memoria, la cual se emplea para diversas funciones:
- ✓ Memoria del programa de usuario: aquí se introduce el programa que el autómata va a ejecutar cíclicamente.
- ✓ Memoria de tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores etc.).
- ✓ Memoria de sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/ microcontrolador que posea el autómata.
- ✓ Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que se emplea para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos.

Precio: € 850, (SIEMENS, 2011)

3.5.6 Interruptor programable.

Principio de funcionamiento. En su entrada existe un cero lógico el interruptor no conducirá (off), y si en su entrada existe un uno lógico el interruptor conducirá (on).

Por seguridad operativa, la dirección de la empresa no se considera oportuno utilizar válvulas de control, como elementos finales de control.

3.6. Ubicación de los instrumentos del proceso en el campo

La propuesta de los instrumentos seleccionados para el proceso quedaría en el campo como se muestra en el (Anexo 15, Figura 3.13).

3.7 Señales de entrada y salida al autómata

Los instrumentos ubicados en el campo son conectados al autómata mediante las redes industriales, dependiendo de tipo de señal de entrada y salida, para los elementos de campo, se seleccionan señales de entrada de 4- 20 mA + HART (analógica), para los transmisores de presión se selecciona señal de entrada digital ("0" y "1" lógico) y el

interruptor programable, se selecciona análogo a este último, como señal de salida de control para la alimentación de corriente alterna de la bomba (Anexo 15, Figura 3.14).

3.8 Pirámide y conexión de la red industrial

La pirámide de control del SCADA queda como se muestra en el (Anexo 15, Figura 3.15) se ajusta a la interconectividad de los elementos de entrada, de salida, autómatas programables y al PC que posee el software de aplicación del SCADA.

3.9 Funcionamiento del SCADA. Inventario real y mermas del producto

El software WinCC del SCADA (Anexo 15, Figura 3.16) propuesto para el proceso, monitorea y controla las diferentes variables del proceso.

El control se efectúa sobre el apagado y encendido de la bomba de diferentes situaciones de las variables de proceso.

Se Apaga la bomba para las siguientes condiciones:

- Cuando el nivel alcanza el límite máximo operacional. Se cuida el medio ambiente al no derramarse el fluido y se evitan pérdidas económicas.
- Cuando el nivel alcanza límite mínimo operacional del tanque. Se cuida el equipamiento (bomba) para que no cavite.
- Presostato (PSL) se cuida el equipamiento (bomba) para que no cavite.
- Presostato (PSH) se cuida la tubería de sobrepresiones superiores a la del diseño de la misma.

Se puede observar como dos instrumentos diferentes pueden asumir dualidad de funciones aplicando la redundancia para que no cavite la bomba.

Además de lo antes mencionado el transmisor de presión en el tanque permite conocer en tiempo real la presión del tanque y si falla la válvula de presión y vacío, se colocará una alarma en la sala de control para que sea atendida esta eventualidad por el operario quien tomara la decisión acertada.

Simultáneamente el valor de la magnitud de las variables nivel, presión y temperatura se registran en la base de datos del SCADA. Se registra, además las alarmas, la fecha y hora de la eventualidad y el operario que atiende la misma. Su utilización facilita la

reconstrucción estadística de las variables de proceso en el intervalo de tiempo seleccionado por el personal, en dependencia del nivel jerárquico autorizado.

El SCADA al ser una aplicación de software se le incorpora una ventana que muestra la merma del producto. Los datos primarios recogidos en su base de datos permitirán realizar esta función, la cual se explicará a continuación.

El Prothermo detecta el nivel ocupado por la interfaz (Li), donde se encuentran los sólidos disueltos y el agua. Para hallar el nivel real (Lr) se necesitan los valores de nivel (L) e interfaz. Donde el nivel real es obtenido por la $Lr = L - Li$. (Ec. 2.15)

La temperatura utilizada es el promedio de los sensores PT-100 que se encuentran sumergidos en el fluido. El Prothermo se escoge con seis puntos, se desechan aquellos puntos en dependencia del nivel de operación. La adquisición de datos de la presión fluido y el nivel permiten conocer su densidad ya que la gravedad es una constante ($P = \rho * g * h$). (Ec. 2.16)

Se obtiene el volumen bruto (Vn) teniendo en conocimiento el aforo del tanque, el nivel real y su sección transversal. El volumen bruto corregido (Vnc) se logra obtener al aplicarle el factor de corrección por la temperatura y la densidad del producto.

La merma se logra obtener por el Vnc tomado su referencia en un tiempo fijado inicialmente y la resta de la toma de otra muestra de un nuevo Vnc final.

El flujómetro permite tener mayor exactitud en las operaciones de compra y venta del producto. Sirve para reajustes internos de la empresa y facilita el proceso de las reclamaciones de las transacciones realizadas.

El SCADA permite además de monitorear y controlar variables de procesos, informar en tiempo real el inventario disponible y la merma del producto.

3.10 Factibilidad económica de la propuesta

La propuesta de modificación para el proceso requiere de inversión para la adquisición de los instrumentos, por eso se hace necesario una evaluación técnico económica de la propuesta, a partir del cálculo del VAN, el TIR y el PRI.

El valor del VAN es igual a 228705.06 \$ para el proceso, el cual se obtuvo mediante la aplicación de la ecuación 2.9 y los datos para su cálculo se obtienen de la Ficha de Costos

elaborada (Anexo 16 Tabla 3.3), los cuales se sustituyen en el (Anexo 15, Tabla 3.4) para su cálculo, indicando que es posible aceptar la inversión ya que el valor obtenido de VAN es mayor que cero y en el orden de la inversión como establece el inciso a del criterio de aceptación.

El valor del TIR es de 27,5 % para el proceso, el cual se obtuvo mediante la aplicación de la ecuación 2.11, se calcula para cada año un VAN y se asume para un interés de 10% se tomaron los valores de VAN e interés positivo y negativo y se sustituye en la ecuación arrojando dicho resultado (Anexo 16 Tabla 3.5), indicando que se acepta el proyecto de inversión como se establece en el inciso a del criterio de aceptación.

La entidad tarda en recuperar la inversión invertida en el período de un año y seis meses, que comparado con el tiempo de vida útil de los instrumentos que es eficiente.

3.11 Conclusiones parciales del capítulo.

- ❖ El estudio estadístico permitió identificar varias causas que influyen en la variación de las mermas en el proceso, así como demostrar que el proceso está fuera de control, lo que corrobora la necesidad de implementar un sistema de instrumentos que faciliten un control adecuado del proceso.
- ❖ Existe estabilidad en el comportamiento de la variable nivel y grado alcohólico, cumpliendo ambas con los parámetros normados.
- ❖ Los posibles riesgos que pudieran incidir sobre el proceso son los derrames, incendios, explosiones, etc.
- ❖ La bomba instalada en el proceso está correctamente seleccionada.
- ❖ El sistema de instrumentación propuesto con lleva a la realización de inversión para el control de proceso, cumpliendo con los indicadores técnicos económicos.
- ❖ El SCADA seleccionado permite contar con un inventario en tiempo real, además de la contabilidad de la merma.

Conclusiones

- ❖ La investigación permitió describir el proceso tecnológico del alcohol de uso médico-farmacéutico, desde la recepción hasta el despacho, referidos al estado de la infraestructura, equipamiento e instrumentación utilizados, producto objeto de estudio y las operaciones que se realizan.
- ❖ Se logró realizar el estudio estadístico de las variables operacionales grado alcohólico y nivel. Su comportamiento cumple con las normas establecidas, sin embargo, se afirma que el proceso tiene calidad, pero las cartas de control de media se encuentran fuera de control.
- ❖ Con la aplicación del Diagrama de Ishikawa se pudo determinar las principales causas que influyen en la variación de las mermas.
- ❖ Se pudo constatar que la bomba instalada en el proceso está correctamente seleccionada.
- ❖ Los principales riesgos que se pudo identificar en el proceso son: explosiones, incendios, emisión de olor fuerte al medio durante las operaciones de recepción y despacho, desperfectos técnicos de la paila que transporta el producto, derrames del producto durante las operaciones y desperfectos técnicos de la bomba (roturas).
- ❖ Las propuestas tecnológicas de modificación arrojan un VAN igual a 228705.06 \$, un TIR de 27.5 % y la entidad tarda en recuperar la inversión en el período de un año y seis meses.
- ❖ El SCADA propuesto, contiene el hardware que permite controlar y supervisar el proceso tecnológico.
- ❖ Al realiza el análisis técnico al proceso, se logró identificar las dificultades que condujo a proponer cambios tecnológicos al sistema, para disponer de un inventario en tiempo real.

Recomendaciones

- ❖ Se propone la señalización de los tanques de almacenamiento del producto con el pictograma de inflamable de acuerdo a lo establecido normas cubanas e internacionales.
- ❖ Se recomienda el estudio de bibliografía relacionada con los recubrimientos para el tratamiento de mantenimiento de los tanques de almacenamiento del producto.
- ❖ Mantener un programa de capacitación al personal con entidades a fines con la actividad que realizan en el proceso.

Bibliografía

- 1- Amaro, J.; Hernández, O.; Olivencia, J. (2015). Cálculo del campo de velocidad de un flujo laminar de agua al interior de una tubería, enfriándose con el medio ambiente después del completo desarrollo hidrodinámico. *Agroindustrial Science* 5(2): 127 – 132.
- 2- Anaya, A.; Cauich, G.; Funabazama, O.; Medrano, V. (2014). Evaluación de ecuaciones de factor de fricción explícito para tuberías. *Revista Educación Química* 25(2): 128-134.
- 3- Ávila, N.; Becerra, C.; Mustafá, Y; Sanz, J. (2007). Pérdidas de presión en el transporte hidráulico de café por tubería PVC de 88 mm. *Revista Scientia et Technical* 1(34): 177- 182.
- 4- Acedo Sánchez, J. (2003). Control avanzado de procesos. (Teoría y práctica) (D. d. Santos Ed.). España.
- 5- Alvarez, H. (2010). Diseño Simultáneo de Proceso y Control. Uso de efectos dinámicos en Ingeniería de Procesos.
- 6- Badii, M. H, Guillen, Abreu. L. J. (2016). Use of control charts to evaluate the quality of natural enemies. UANL. San Nicolás de los Garza. México.
- 7- Bombas y Tuberías. Disponible en: [http:// www.ugr.es/aulavirtualpfc/qi / descargas / documentos / BOMBASYTUBERÍAS.pdf](http://www.ugr.es/aulavirtualpfc/qi/descargas/documentos/BOMBASYTUBERIAS.pdf). [Acceso: 8 de junio 2017].
- 8- Cadena Trejo, G.M, (2012). Herramientas para CEC. Disponible en: [https:// ingenieriaindustrialupvmtareasytrabajos.wordpress.com/ carta de control/](https://ingenieriaindustrialupvmtareasytrabajos.wordpress.com/carta-de-control/).
- 9- Cadenas, M. G, et al. (2011). Unidad 3 Herramientas para CEC. p. 1. Disponible en: <https://> [Acceso: 20 de abril 2018].
- 10-CORQUIVEN CA. MSDS (2000). Hoja de seguridad. Alcohol etílico. Carabobo. Venezuela. Disponible en: <http://www.corquiven.com/>.
- 11-Cué Muñiz, L.J, Castel Gil, E, Hernández Carratalá, J. M, (1987). Estadística. Primera Parte. Universidad de la Habana. Ciudad Habana.
- 12-Crane. (1976). Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías.
- 13-Creus Solé, A. (2010). Instrumentación Industrial S. A.MARACOMBO. Octava Edición. Barcelona. España.
- 14-CECMED. MINSAP, (2012). Guía de Administración de Riesgos a la Calidad. Disponible en: [http://www.cecmec.com/reglamentación / BPP/ aprobadas](http://www.cecmec.com/reglamentación/BPP/aprobadas). [Acceso: 18 de enero 2018].

- 15-CECMED. MINSAP, (2012). Regulación 11. Directrices sobre Buenas Prácticas de Distribución de productos farmacéuticos y materiales. Disponible en: <http://www.cecmec.com/ reglamentación / .> [Acceso: 18 de enero 2018].
- 16-Deming, W.E (2005). Out of the Crisis: Quality, Productivity and Competitive Position. [ISBN: 0-521-30553-5](#).
- 17-Endress + Hauser. (2009). Liquiphant M FTL51C, KA162FA6. Operating Instructions (2009).
- 18-Endress + Hauser. (2009). Liquiphant M FTL51C, KA286FA6. Technical Information. (2009).
- 19-Endress + Hauser. (2009). Proservo NMS 53x, KA 001N/08/. WM550 communication protocol. (2009).
- 20-Endress + Hauser. (2009). Proservo NMS 53x, KA 001N/08/. MODBUS communication protocol. Inventory Control. (2009).
- 21-Endress + Hauser. (2009). Proservo NMS 53x, TI 006N/08/. Technical Information. Intelligent tank gauge with high accuracy performance Liquid level, I/F, Density & Density Profile. (2009).
- 22-Endress + Hauser. (2009). Proservo NMS 53x, BA 001 N/08/. Operating Manual. (2009).
- 23-Endress + Hauser. (2009). Prothermo NMT 532, TI 049N/08/. Technical Information. Intrinsically safe multi-signal converter with precision average temperature sensor for inventory control.
- 24-Endress + Hauser. (2016-2017). Catálogo E-Direct. Alta calidad y bajo precio Disponible en: <http://www.e-direct.endress.com/>. [Acceso: 25 de octubre 2017].
- 25-Endress + Hauser. (2015). Medición de presión. Instrumentos para la medición de presión, presión diferencial, nivel, y caudal de proceso. Disponible en: <http://www.euroinstruments.com.ec/wp/Medicion-de-presion-2015.pdf>. [Acceso: 8 de junio 2017].
- 26-Fernández Ramón, C. García Torrent, J. Vega Remesal, A. (2003). Breve guía sobre productos e instalaciones explosivas. España.
- 27-Fernández, T.; Toledo, M.; Vásquez, J. (2006). Caída de presión debida a un flujo en torbellino. Revista Científica 10(4): 159-165.
- 28-Geyer B. W, Wisuri J. (2000), Hambook of storage tank Systems. Codes, Regulations and Designs. New York. Estados Unidos.
- 29-Gómez Sarduy, J.R, Reyes Calvo, R, Guzmán del Río, D, (2008). Temas especiales

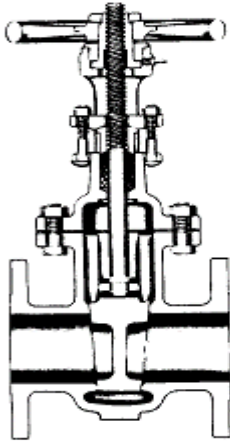
- de Instrumentación y control. Colectivo de autores [ISBN: 978-959-07-0986-9](#). Editorial Félix Varela. Habana. Cuba.
- 30-Hernández Molina R Carlos Ing. (2010). Revitalización de la Automática de la Base de Crudo y Suministro ECC Matanzas. Tesis en opción del Título de Máster en Informática aplicada. Universidad de Matanzas. Cuba
- 31-Ikeda, I. Garcés Pailamilla, L. Vidal Allende, P. Sales Sepúlveda, J. (2018). 7. Herramientas para el Control de la Calidad. Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial. Disponible http://www.asimet.cl/pdf/7_herramientas.pdf. [Acceso: 23 de mayo 2018].
- 32-Kuo, B. C. (1996). Sistema de control automático.
- 33-León, I, et al. (2010). Fundamentos teóricos metodológicos para la evaluación económico- financiera de proyectos de inversión. Avances. vol.12, no.1. p. 5-15.[ISSN: 1562-3297](#).
- 34-McCabe, W.L., Smith, J.C. y Harriott, P. (2007).Operaciones unitarias en ingeniería química. 7ª Ed., McGraw-Hill Interamericana.
- 35-MEP. (2017).Resolución 424. Modificación del Objeto Social de la Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos en forma abreviada (EMCOMED).
- 36-Marín, F.W., Batista, L.E. Álvarez, C.A.J y Fundora, G.S (2006). Metodología de la investigación Científica. [ISBN:59-257-07-116-3](#). Editorial Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. Cuba.
- 37-Noda Rodríguez, Dayan. (2018). Mediciones diarias de las variables Grado Alcohólico y Nivel. Manuscrito en preparación.
- 38-Ogata, K. (1998). Ingeniería de control moderna (3era ed.). México: Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
- 39-O.N.N. NC-792: 2015. Norma Cubana. Alcohol Etílico. Requisitos. Vig.Octubre 2015
- 40-O.N.N. NC- OIML R 71: 2002. Tanques fijos de almacenamiento. Requisitos Generales. Vig. Mayo 2002
- 41-O.N.N. NC- 14001: 2015. Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos. Vig. Septiembre 2015
- 42-O.N.N. (1998). Decreto-ley número 183 de la metrología. Ciudad de la Habana, Cuba: Gaceta Oficial de la República de Cuba.
- 43-O.N.N. SANAMET: 2014. Disposición General 01.Rev.02. Instrumentos de medición sujetos a la verificación obligatoria y aprobación de modelos según los campos de

- aplicación donde serán utilizados. Ciudad de la Habana. Cuba.
- 44-O.N.N. NC- 290:2007. Bebidas alcohólicas. Determinación del Grado alcohólico en alcoholes, bebidas alcohólicas destiladas, vinos, licores, bebidas preparadas, cocteles y extractos hidroalcohólicos. Vig. Noviembre 2007.
- 45-O.N.N. NC- 92-21: 1979. Procedimiento para evaluar la anormalidad de los resultados en las observaciones. Vig. abril 1979
- 46-O.N.N. INIMET, (2014). Certificado de Verificación No. CU01- 11528-3-V.
- 47-Ortiz, L.; Cabanillas, D.; Fierro, R. (2010). Equilibrio hidráulico en sistemas de bombeo minero: Estudio de caso. Revista Ingeniería 18(3): 335-342.
- 48-Ornelas Téllez, F. (2013). Control Analógico I.
- 49-Pérez, D. (2002). Evolución histórica de las fórmulas para expresar las pérdidas de carga en tuberías. Segunda parte: Desde los trabajos de Darcy hasta los de Stanton. Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental 23(3): 3-8.
- 50-Perry H, R y Green W, D. (2008). Perrys Chemicals Engineers. Hambook. 8 th Edition. Table 1-4 Conversion Factors: U.S. Customary and Commonly Used to SI Units. [ISBN: 0071511245](#).
- 51-Pontificia Universidad Javeriana (2011). Ficha de Datos de Seguridad. Etanol. Colombia. Disponible en: <http://www.javerianacali.edu.co/> [Acceso: 23 de mayo 2017].
- 52-Process Safety Beacon, (2008). Seguridad de Proceso. Disponible en: <http://www.iche.org/CCP/Publications/Beacon/index.aspx>. [Acceso: 14 de enero 2017].
- 53-Productos OPPAC, S.A (2010), Hoja de Seguridad. Barcelona. España. Disponible en: <http://www.oppac.es/> [Acceso: 26 de marzo 2017].
- 54-RAMS-Martínez. S, L (T3 Química) (2007). Etanol. Ficha de datos de seguridad (FDS). Barcelona. España.
- 55-PN-68: 2016. Recepción de alcohol.
- 56-PN-69: 2016. Almacenamiento de alcohol.
- 57-PN-70: 2016. Despacho de alcohol.
- 58-PN-71: 2016. Distribución de alcohol.
- 59-Reyes Y. O y Arias L, T (2009). Los riesgos de un complejo Industrial. Tecnología química [en línea] XXIX (1), enero - abril, pp. 5-11. Disponible en: <http://www.redalyc.org/>. [Acceso: 13 de mayo 2017].
- 60-Rosabal, J. M y Garcell, L. (2006). Hidrodinámica y separaciones mecánicas. 2da

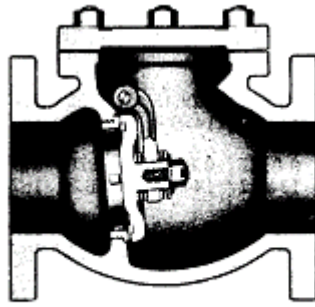
- edición, Tomo I. La Habana: Editorial Félix Varela.
- 61-Rosales A. E y Benítez M, P (2007).Propuesta para la adopción de un sistema de gestión ambiental en empresas productoras de etanol. Tecnología y pensamiento [en línea] 2 (1-2), enero-diciembre, pp. 23-46. Disponible en: <http://www.unet.edu.ve/> [Acceso: 17 de mayo 2017].
- 62-Ruíz-Falco Roja, A (2006). Control estadístico de Procesos. Universidad Pontificia de Madrid. España.
- 63-Streeter, V.; Benjamin, E.; Bedford, K. (1999). Mecánica de fluidos. Editorial Mc Graw – Hill. Santa fe de Bogotá, Colombia.
- 64-Smith, C. A. (2002). *Automated continuous process control*.
- 65-Siemens, (2011) S7-300 CPU 31xC and CPU 31x: Technical Specifications. Manual.
- 66-Siemens, (2011). CPU 314, 314C-2 PN/DP, 315-2 PN/DP, 317-2 PN/DP, 319-3 PN/DP: Configuración de la interfaz PROFINET. Getting Started. Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/216/48080216/att_87700/v1/s7300_cpu314c_2_cpu31. [Acceso: 12 de junio 2017].
- 67-Vega, L.; Rodríguez, G. (2007). Perdidas de presión en tuberías de vapor. Revista: Ciencias Holguín 13(3): 1-10.
- 68-Valdivieso Pupiales M. Alex, (2013). Análisis de la interacción fluido estructura en el diseño sísmico de tanques cilíndricos de acero según las normas: americanas, neozelandesas, ecuatorianas y métodos simplificados. Tesis de grado presentada como requisito para la opción del título de Ingeniero Civil. Ecuador, Universidad de San Francisco de Quito.
- 69-Wolfgang, A. (2005). Practical process control for engineers and technicians. In S. Mackay (Series Ed.) Elsevier (Ed.)
- 70-Wilson S, J. (2005).Sensor Technology Hambook. Physical Properties of Some Typical Liquids Apédice 1 p. 629. [ISBN: 0-7506-7729-5](https://www.elsevier.com/ISBN/0-7506-7729-5).Editorial Elsevier.
- 71-Zamudio, Lizette. (2004). Aplicación de herramientas estadísticas para mejorar la calidad del proceso de mezcla de empaques de caucho para tubería en la empresa ETERNA S.A. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C. disponible en <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingeniería/tesis73.pdf>.
- 72-Zaror, Z. Alfredo Claudio Dr. (2000). Introducción a la Ingeniería ambiental para la industria de procesos. Universidad de Concepción. Chile.

Anexos

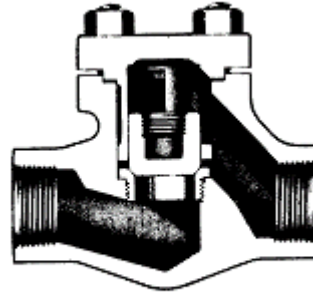
Anexo 1: Clasificación de las Válvulas.



Válvula de compuerta de cuña (tapa atornillada).



Válvula de retención convencional, de obturador oscilante.



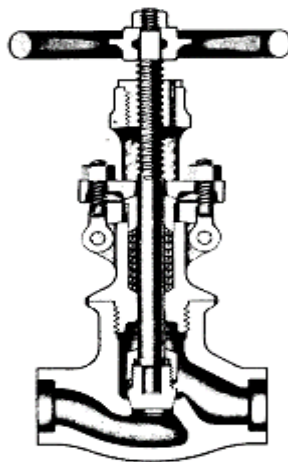
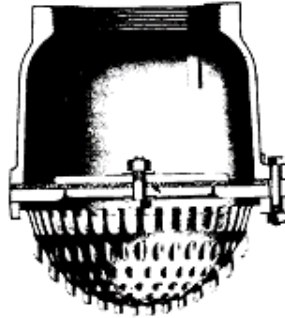
Válvula de retención de paso recto, con obturador ascendente.



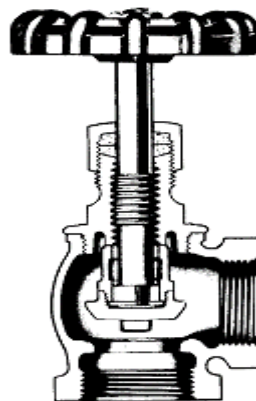
Válvula de mariposa sin bridas.



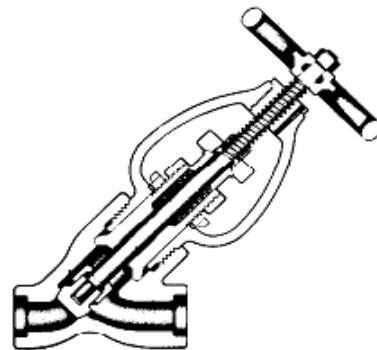
Válvulas de pie tipo oscilante y ascendente.



Válvula de globo convencional.



Válvula angular de globo convencional.



Válvula de globo, modelo en Y, con vástago a 45°.

Anexo 2:

Tabla: 1.2. Clasificación de los accesorios.

Tipo de accesorio
Unión soldada
Acoplamientos
Unión Universal
Bridas o platillos (Codos 45° y 90°)
Válvulas
Té

Anexo 3: Clasificación a de los instrumentos de acuerdo a la función que realizan en el proceso.



Figura. 1.4. Instrumentos ciegos.



Figura. 1.5. Instrumentos indicadores.

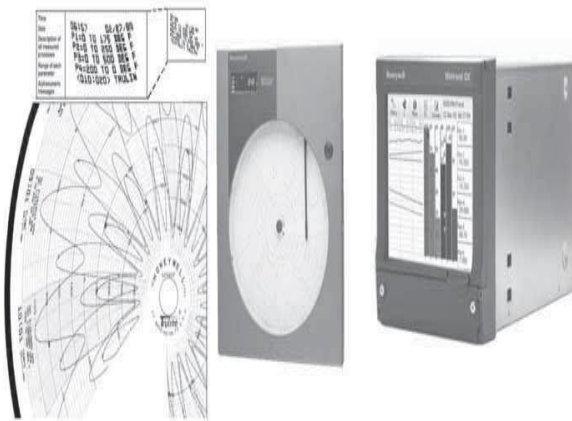


Figura. 1.6. Instrumentos registradores.

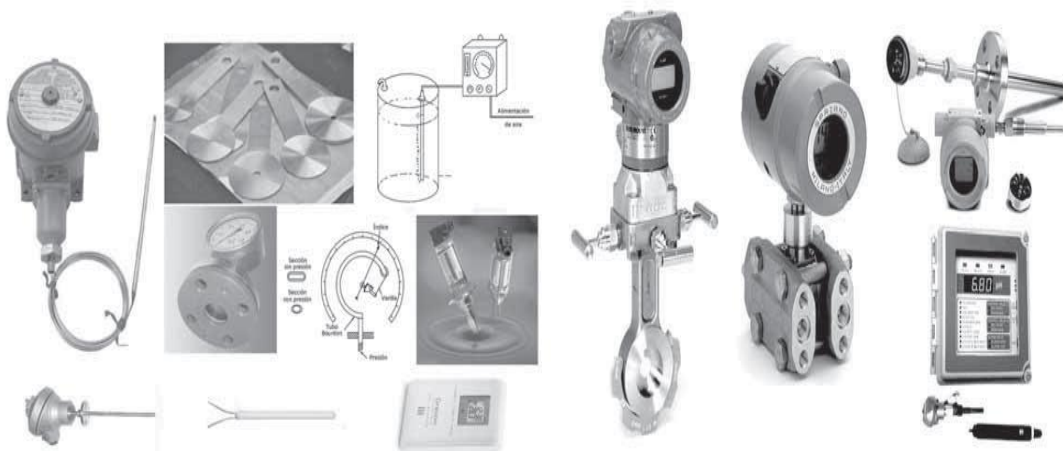


Figura. 1.7. Sensores y elementos primarios

Figura. (1.8) Trasmisores.



Figura. 1.9. Controladores.

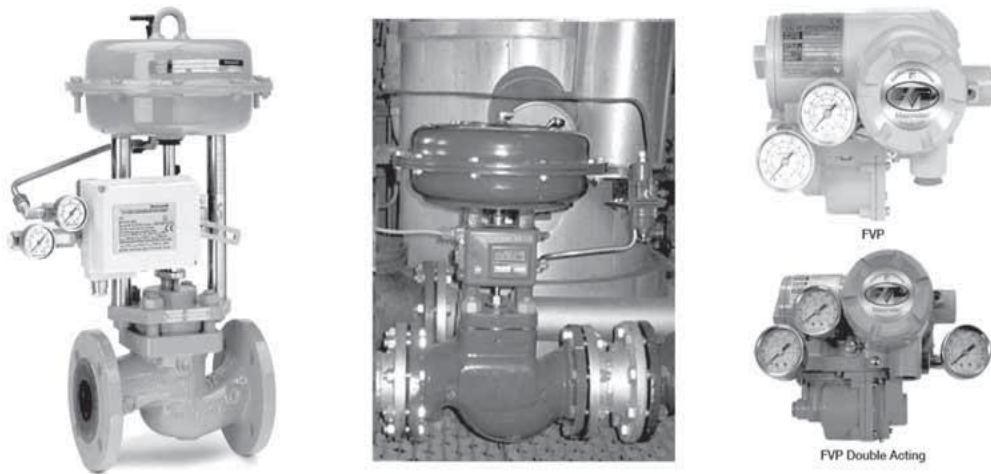


Figura. 1.10. Elementos finales de control.

Anexo 3: Clasificación b de acuerdo a la variable que miden.

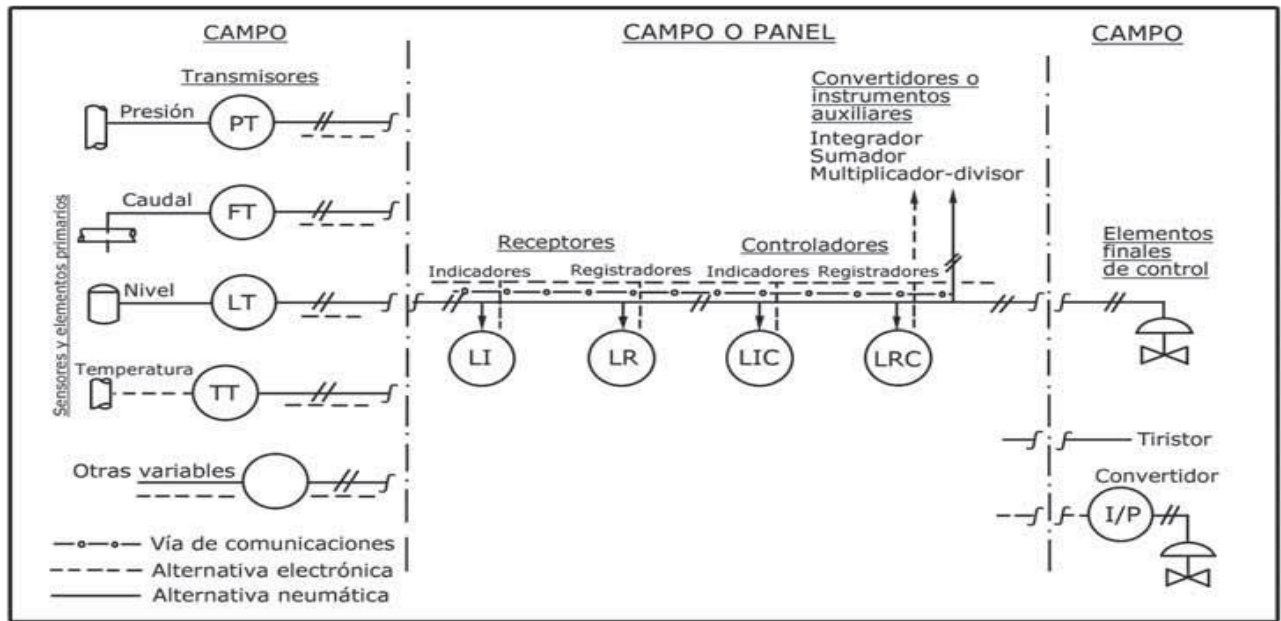
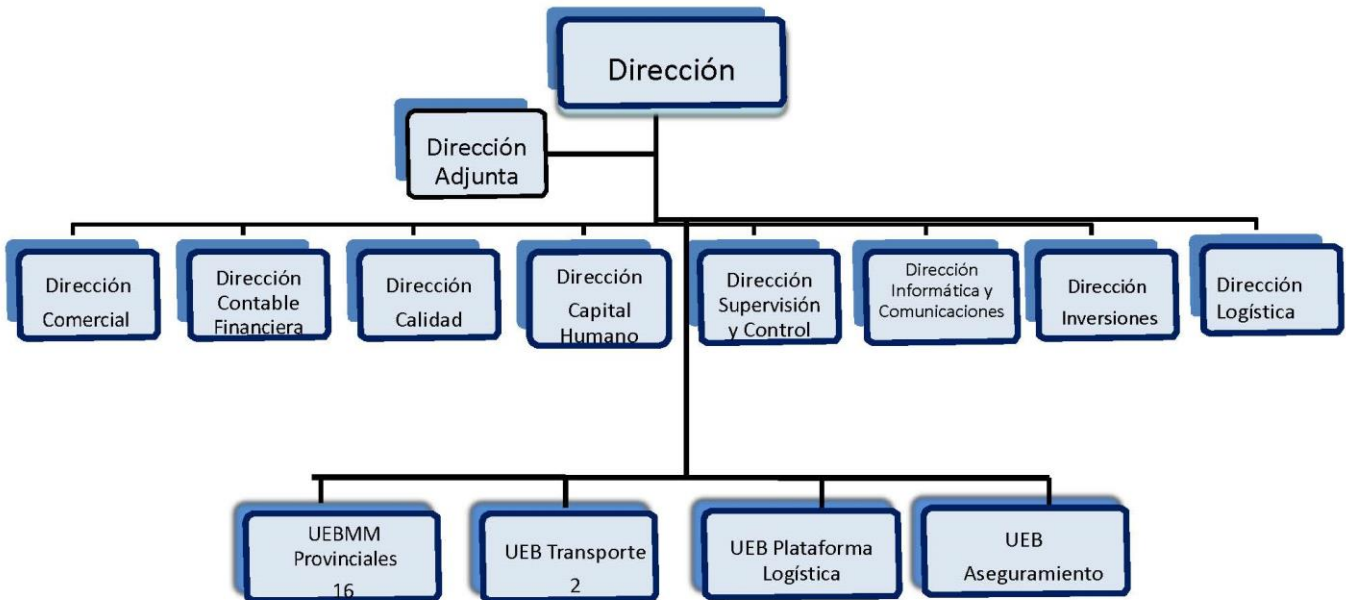
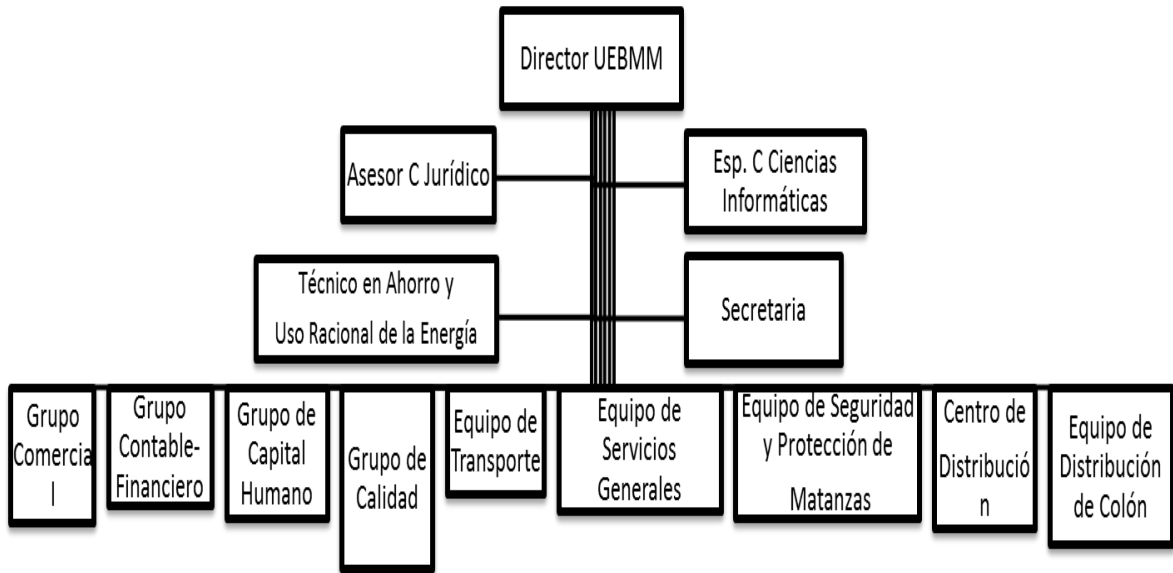


Figura. 1.11. Instrumentos de campo y panel.

Anexo 4: Estructura organizativa de la Empresa EMCOMED.



Anexo 5: Estructura organizativa de la UEBMM de Matanzas.



Anexo 6. Ubicación Geográfica

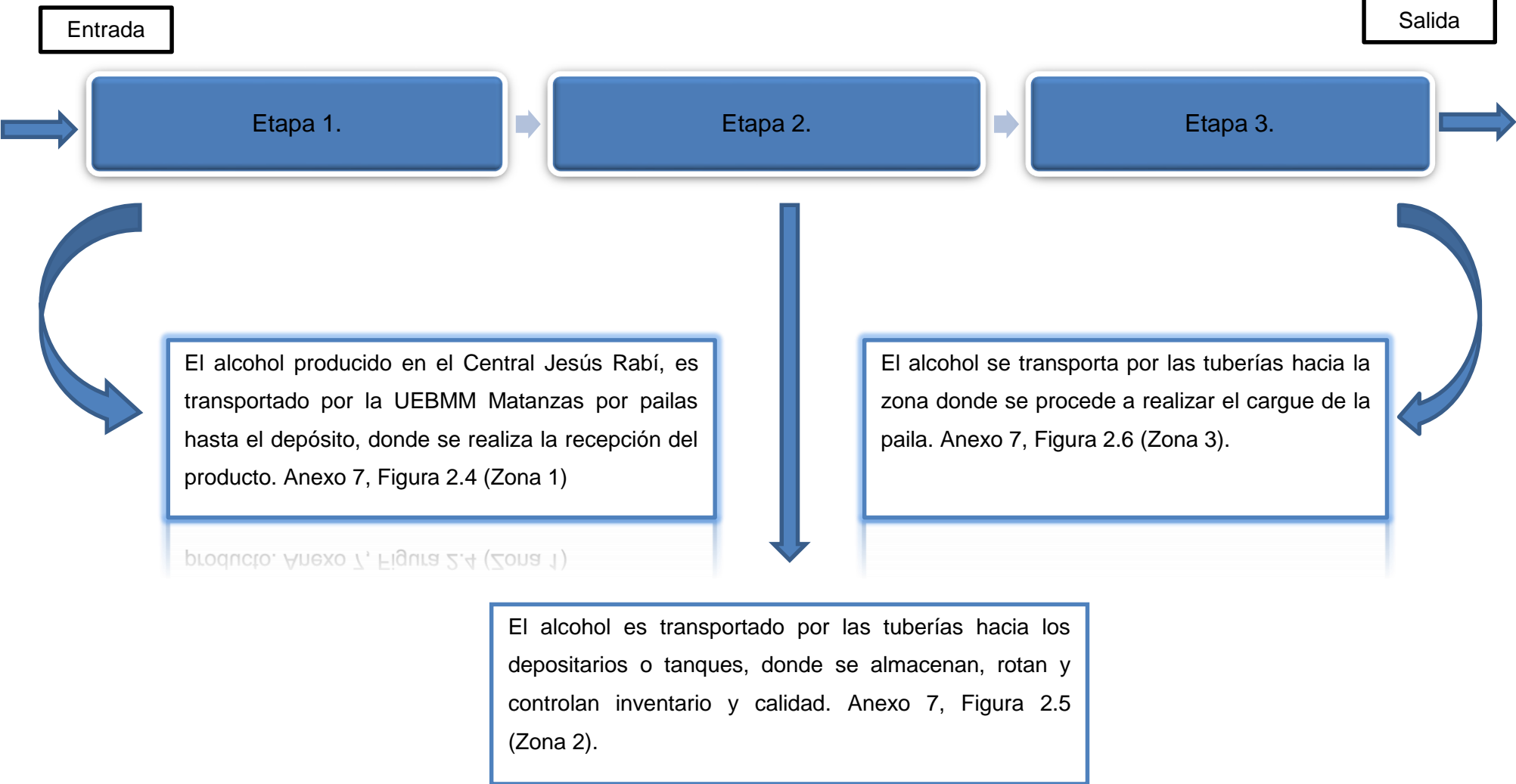


Figura 2.1. Ubicación Geográfica de la UEBMM Matanzas.



Figura 2.2. Ubicación Geográfica del Depósito de Alcohol de Colón.

Anexo 7: Diagrama de Flujo del Proceso del alcohol de la UEBMM Matanzas de la empresa EMCOMED.



Anexo 7.



Figura. 2.4. Zona 1: Área de recepción.



Figura. 2.5. Zona 2: Área de Almacenamiento y Control de rotación.



Figura. 2.6. Zona 3: Área de carga.

Anexo 8.



Figura. 2.7. Tanque Vertical de Techo fijo.

Anexo 9: Encuesta del Caso de estudio



ENCUESTA CASO DE ESTUDIO

Estimados colegas estamos realizando una encuesta para identificar las causas principales que pueden provocar las mermas de alcohol en las instalaciones nuestras, es por ello que estaremos agradecidos de contar con su colaboración y para ello necesitamos conocer su criterio en base a sus conocimientos respecto al proceso caso de estudio. A continuación se exponen una serie de aspectos que pudieran provocar las mismas en el proceso, Marque con una X la casilla que Ud. considere según el orden el aspecto de mayor o menor Impacto.

No	Aspectos a Evaluar: (Sólo especifique el tipo de personal Ejemplo: Directivo, operario, manipulador u otros)	1 <input type="checkbox"/> Menor Impacto	2	3	4	5 <input checked="" type="checkbox"/> Mayor Impacto
1	El personal posee conocimientos de los procedimientos de trabajo relacionados con las actividades que se realizan					
2	Ejecución de malas prácticas al realizar la medición de los tanques, lo que puede provocar errores de lectura.					
3	Se encuentran establecida la frecuencia de las mediciones requeridas para el control de las existencias.					
4	La temperatura ambiental afecta el producto almacenado.					
5	El equipamiento utilizado en las operaciones es el adecuado para estas operaciones.					
6	El equipamiento utilizado en las operaciones se encuentra en buen estado técnico.					
7	Existe un programa de mantenimiento establecido adecuadamente y se aplica correctamente para evitar deterioro de los equipos y accesorios.					
8	Las capacidades del almacenamiento del depósito son las adecuadas según el tipo de producto.					
9	Cree que la calidad del recubrimiento a los tanques actualmente es la adecuada para el tipo de producto que se almacena.					
10	Derrames del producto al medio ambiente por negligencias del personal.					
11	Desvío del producto de las instalaciones.					
12	Características físico-químicas.					

Anexo 10.

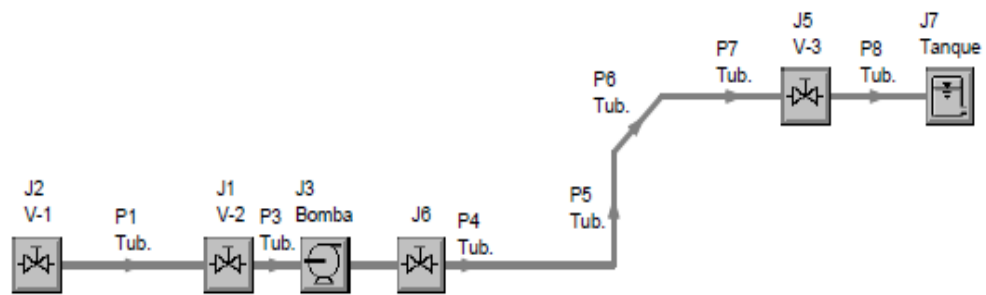


Figura. 2.8. Esquema tecnológico del ramal 1

Anexo 11. Análisis estadístico de la variable del nivel del tanque TK – 6.

Parámetro estadístico	Unidad	Valor
Media	m	5,8985
Varianza	m ²	0,380128
Desviación estándar	m	0,616545

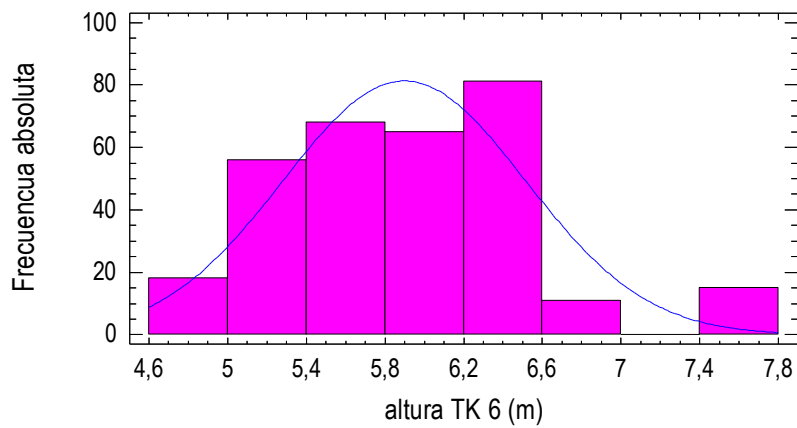


Figura 3.1. Histograma de frecuencia absoluta para el Tanque TK-6 en el año 2016.

Anexo 11. Análisis estadístico de la variable % del grado alcohólico en el tanque TK – 6

Parámetro estadístico	Unidad	Valor
Media	m	95,4486
Varianza	m ²	0,0763638
Desviación estándar	m	0,27634

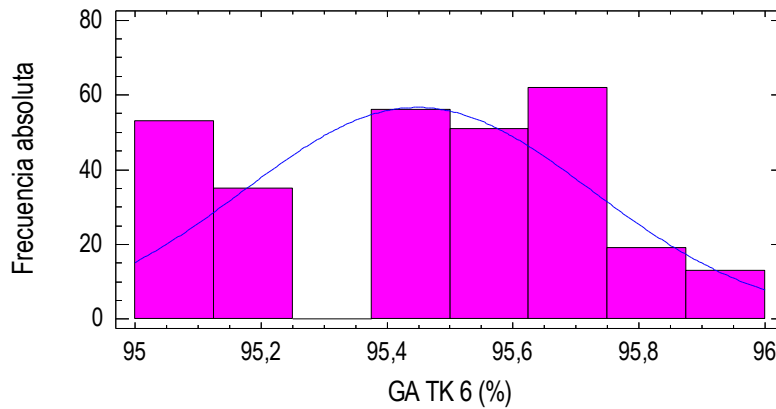


Figura 3.2. Histograma de frecuencia absoluta para variable % del grado alcohólico en el Tanque TK-6 en el año 2016.

Anexo 12. Resultados de las encuestas aplicadas a personal

Análisis de las Encuestas según su nivel de impacto en la operación 1- Menor Impacto 5- Mayor impacto											
TIPO DE PERSONAL											
Aspecto a evaluar en la Encuesta	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	TOTAL
El personal posee conocimientos de los procedimientos de trabajo relacionados con las actividades que se realizan.	3	1	2	1	1	1	2	1	2	1	15
Ejecución de malas prácticas al realizar la medición de los tanques, lo que puede provocar errores en la lectura.	5	4	3	5	4	3	4	3	3	3	37
Se encuentra establecida la frecuencia de las mediciones requeridas para el control de las existencias.	4	4	1	5	5	3	1	1	1	1	26
La temperatura ambiental afecta el producto almacenado.	3	3	3	2	2	4	3	3	3	2	28
El equipamiento utilizado en estas operaciones es el adecuado para estas operaciones.	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	13
El equipamiento utilizado en estas operaciones se encuentra en buen estado técnico.	5	3	3	4	4	3	2	2	3	4	33
Existe un programa de mantenimiento adecuadamente y se aplica correctamente para evitar deterioro de los equipos y accesorios.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Las capacidades del almacenamiento del depósito son las adecuadas según el tipo de producto.	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	12
Cree que la calidad del recubrimiento de los tanques actualmente es la adecuada para el tipo de producto que almacena.	4	3	2	5	5	2	1	1	1	2	26
Derrames de productos al medio ambiente.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Desvío de productos de las instalaciones	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Características Físico-Químicas del producto.	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	36
TOTAL	35	28	24	30	29	25	21	19	22	23	306

Anexo 13:

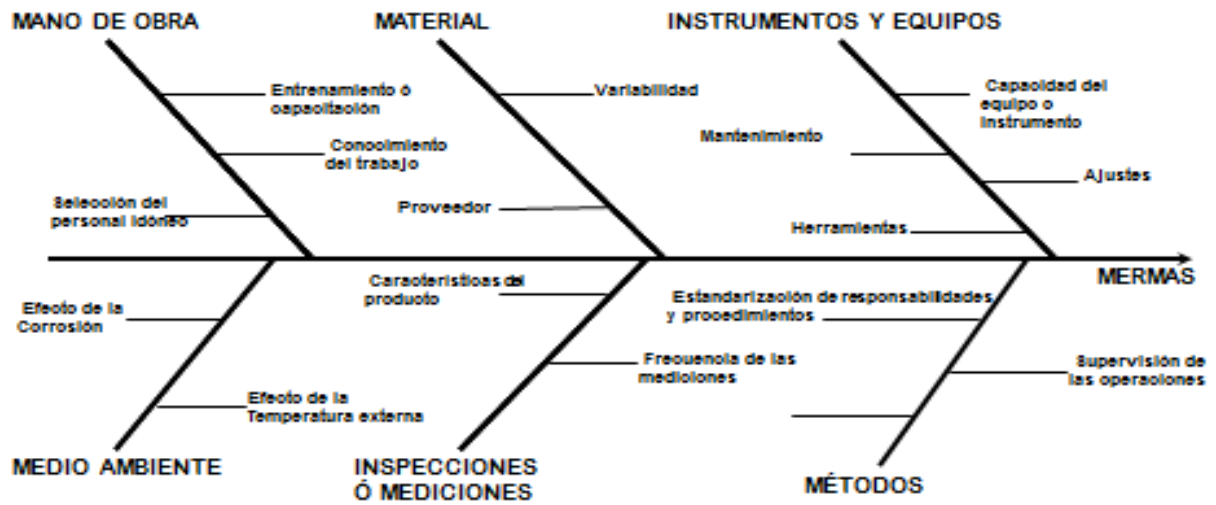


Figura. 3.5. Diagrama Ishikawa o causa efecto

Anexo 14: Instrumentos seleccionados para el proceso.

Figura. 3.6. Liquiphant M FTL 51C



Figura. 3.7. Proservo NMS 53x



Figura. 3.8. Prothermo NMT 532



Figura. 3.9. Cerabar PMP 21



Figura. 3.10. Ceraphant PT33B



Figura. 3.11. Optimass Krohne 2400

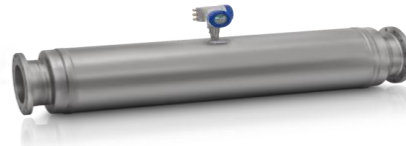


Figura. 3.12. CPU 314



Anexo 15.

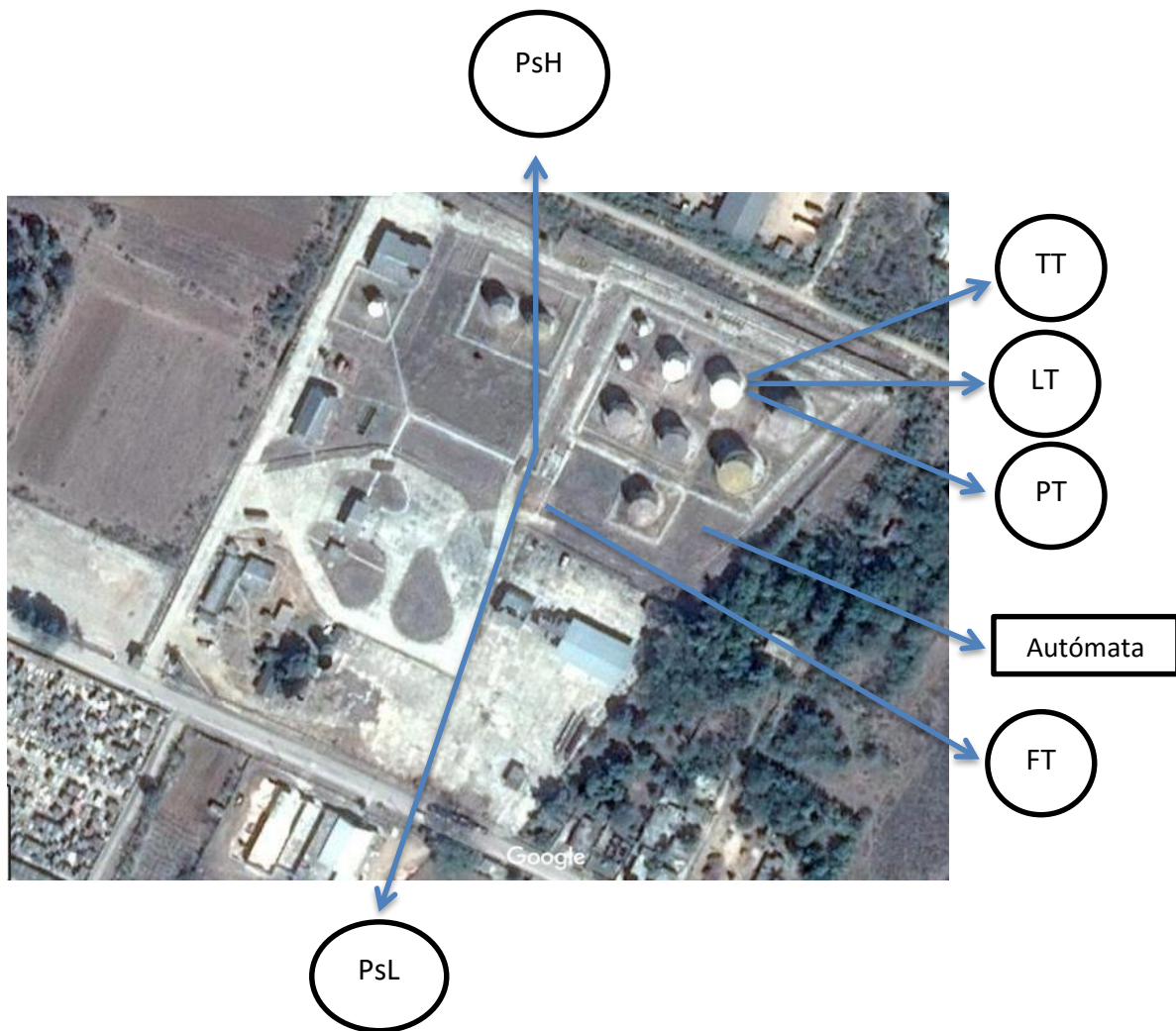
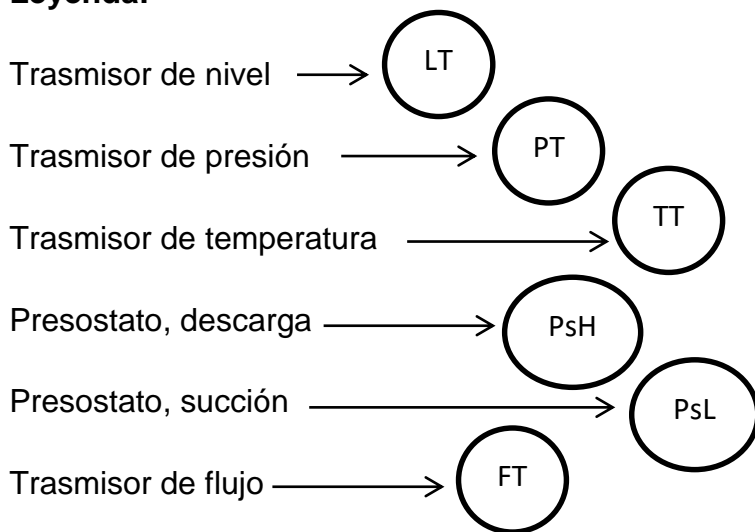


Figura 3.13. Ubicación de los instrumentos de proceso en el campo

Leyenda:



Anexo 15.

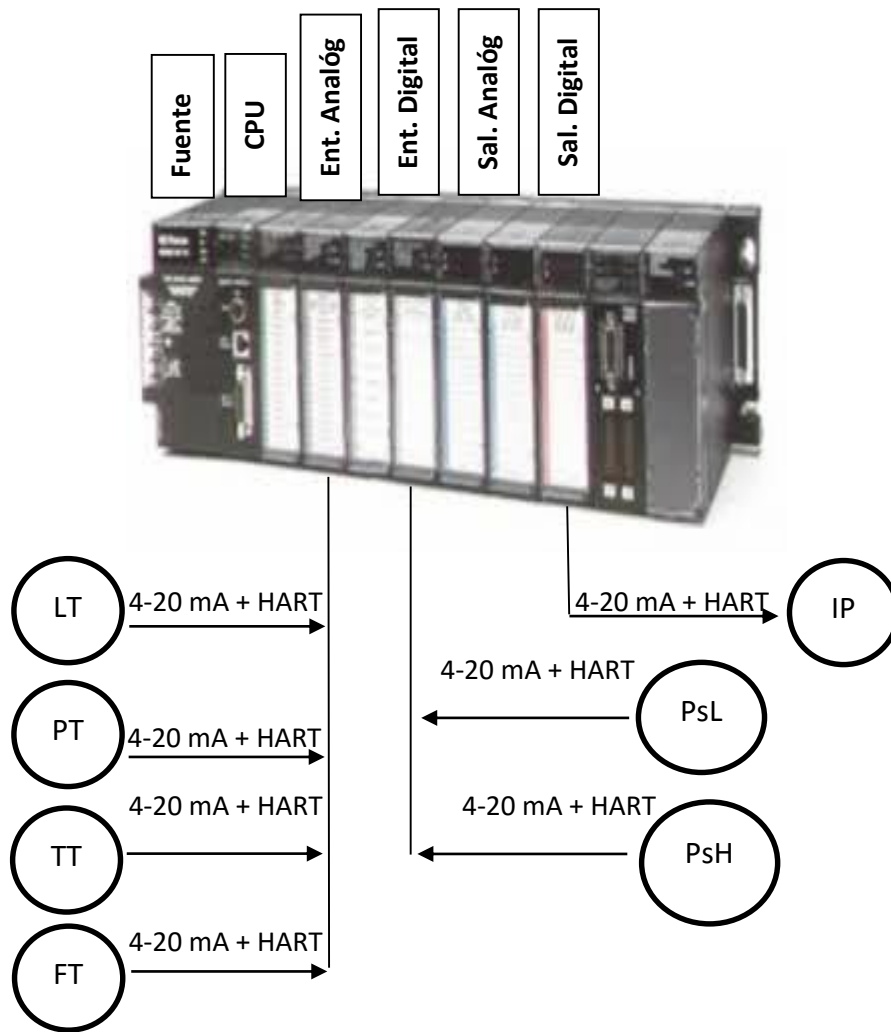


Figura 3.14. Señales de entrada y salida al autómata

Anexo 15.

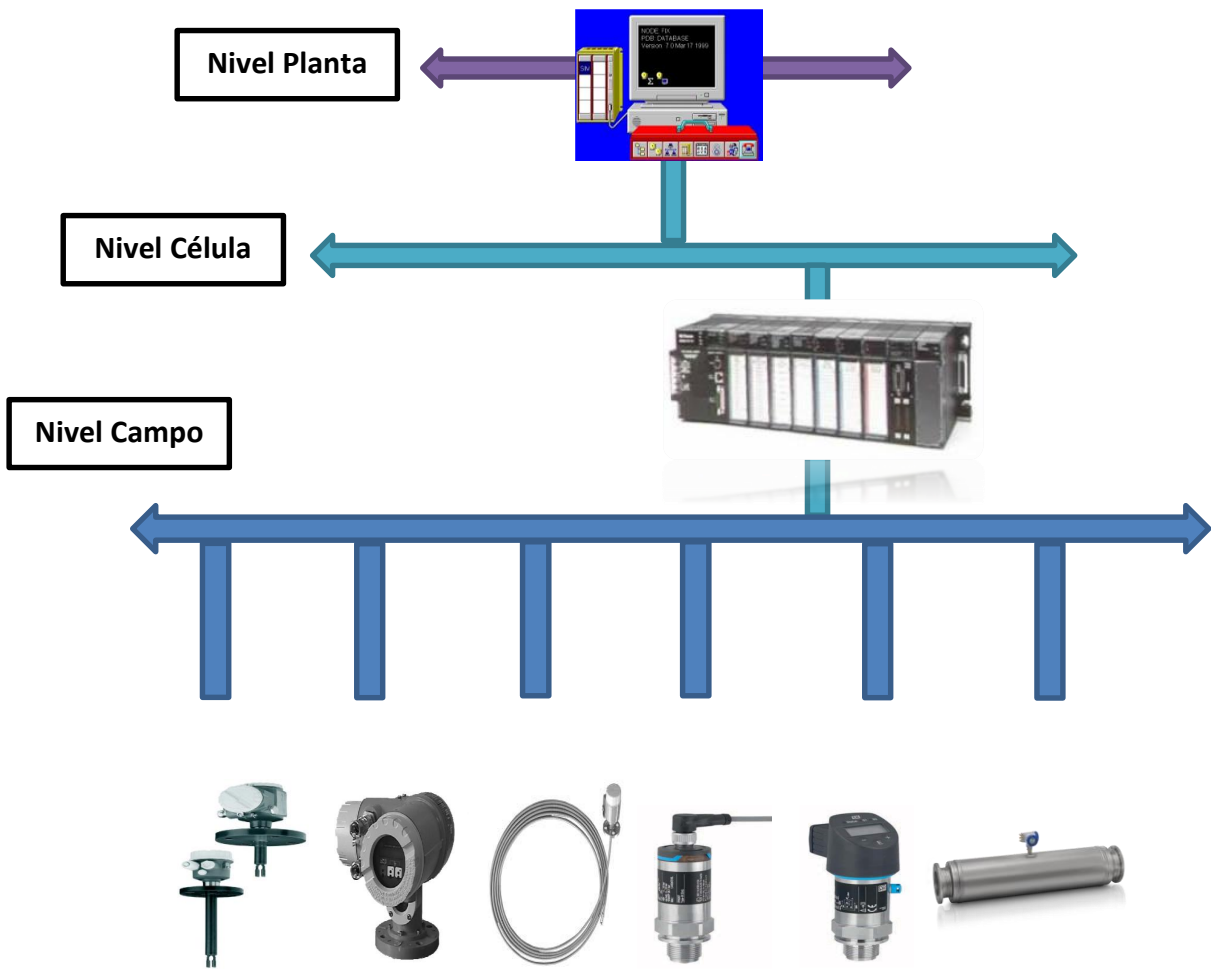


Figura 3.15. Pirámide

Anexo 15.

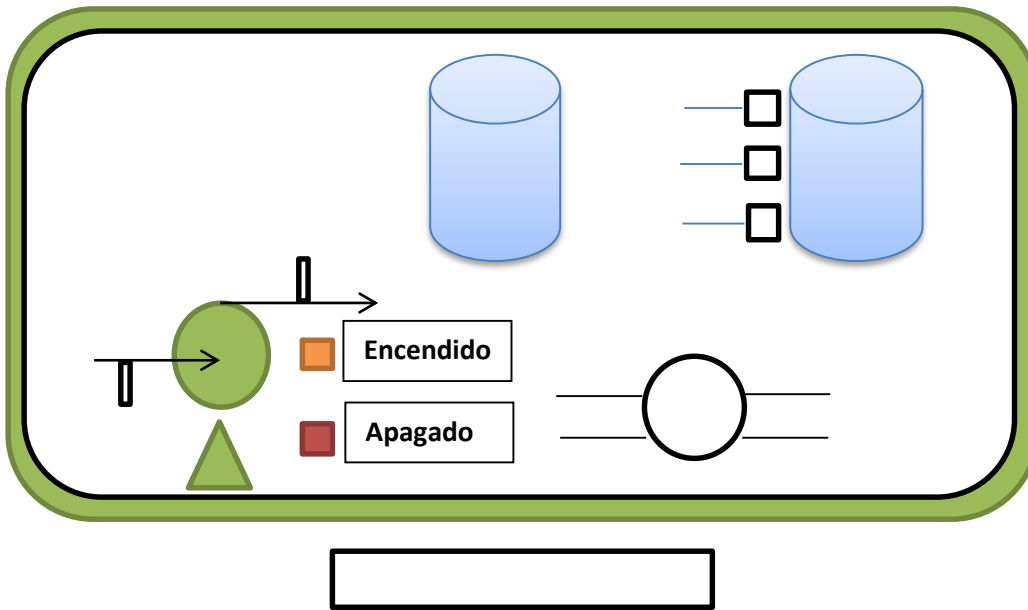


Figura 3.16. Software WinCC del SCADA

Anexo 16. Tabla 3.3. Ficha de Costos

Ficha de Costos	
Inversión:	
Costos de adquisición de equipos (IVA) \$:	384152,33
Costos de proyección y montaje \$:	0
Otros costes inversión \$:	0
TOTAL \$:	384152,33
Costos Fijos:	
Gastos administrativos \$/a :	28234,75
Gastos salarios obreros \$/a :	31283,82
Otros Gastos Fijos \$/a :	0
TOTAL \$/a :	59518,57
Costos Variables:	
Gastos de Materias Primas \$/a:	0
Gastos de Energía \$/a:	2000
Gastos de Combustible \$/a:	0
Otros Gastos Variables \$/a:	1845,55
TOTAL \$/a :	3845,55

Anexo 16. Tabla 3.4. Resultados obtenidos del VAN

CÁLCULO VAN											
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión (I)	384152,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo Fijo (CF)	0	59518,6	59518,6	59518,6	59518,6	59518,6	59518,6	59518,6	59518,6	59518,6	59518,6
Costo Variable (CV)	0	3845,55	1645,81	1828,67	1828,67	1828,67	1828,67	1828,67	1828,67	1828,67	1828,67
Pagos (CP)	384152,33	59518,6	61164,4	61347,3	61347,3	61347,3	61347,3	61347,3	61347,3	61347,3	61347,3
Cobros (VP)	0	139983,3	157481,2	174979	174979	174979	174979	174979	174979	174979	174979
Movimiento de Fondos (MF)	-384152,3	80464,7	96317	113631,8	113631,8	113631,8	113631,8	113631,8	113631,8	113631,8	113631,8
Movimiento de Fondos acum (MFacum)	-384152,3	-303687,6	-207370,9	-93739,1	19892,8	133524,6	247156,4	360788,2	474420,0	588051,8	701683,6
Movimiento de Fondos act (MFact)	-384152,3	32342,4	79557,84	85337,5	77610,5	70565,4	64145,2	58304,5	53009,2	48179,9	43805,1
VAN	228705,1										

Anexo 16. Tabla 3.5. Resultados obtenidos del TIR

i	VAN
0.1	88303,12
0.15	65158.1
0.2	53311.21
0.25	48047.3
0.3	47449.19
0.35	-41050.24