

HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO PARA LOS PROCESOS RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO,
ALMACENAMIENTO Y ENTREGA DE CRUDO EN LAS BATERÍAS DE LA COORDINACIÓN DE
PRODUCCIÓN HUILA DE ECOPETROL S.A.

ANDREA LORENA CARDOZO PALENCIA
CÓD. 2002100195
DIANA MARCELA SARMIENTO SUAREZ
Cód. 2006136462

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
NEIVA
2010

HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO PARA LOS PROCESOS RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO,
ALMACENAMIENTO Y ENTREGA DE CRUDO EN LAS BATERÍAS DE LA COORDINACIÓN DE
PRODUCCIÓN HUILA DE ECOPEPETROL S.A.

ANDREA LORENA CARDOZO PALENCIA
CÓD. 2002100195
DIANA MARCELA SARMIENTO SUAREZ
Cód. 2006136462

Proyecto de grado para optar al título de ingeniero Electrónico e ingeniero de Petróleos

Directores:
CARLOS ALBERTO PEREZ CAMACHO
Ingeniero Electrónico

DIEGO FERNANDO BRIÑEZ GALVIS
Ingeniero de Petróleos

Codirector:
ERVIN ARANDA ARANDA
Ingeniero de Petróleos

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
NEIVA
2010

Nota de aceptación

Firma del Director

Firma del Director

Firma del Co-director

Firma del Evaluador

Firma del Evaluador

Neiva, 31 de Mayo de 2010

Quiero primero que todo darle gracias a Dios por permitirme la culminación de este proyecto; muy especialmente a mis padres, hermanas, y a mi abuelita que desde el cielo sabe cuanto la queremos, ya que fueron pilar fundamental en mi formación integral.

A mis familiares más cercanos, a mi novio Oscar un reconocimiento especial por su apoyo incondicional y permanente, a mis amigos, en especial a Javier por su acostumbrada compañía y compañeros de estudio, a Diana como mi compañera de tesis y a todos los que de una u otra manera me dieron su respaldo y aliento cuando mas lo necesité.

ANDREA LORENA CARDOZO PALENCIA

Dedico este logro a Dios por guiarme en el buen camino, a mis padres, hermanos que me han dado la fuerza y el entusiasmo para seguir construyendo un mejor presente y futuro.

A mi novio Carlos por su amor, comprensión y apoyo en el transcurso de mi carrera y realización de este proyecto, también a mis amigos Jesus, Daina, Luis, Angela, Anyi, Andrea y Gloria por brindarmen una linda amistad e incondicional apoyo.

A mis familiares y compañera de tesis por su tiempo y dedicación.

DIANA MARCELA SARMIENTO SUAREZ

AGRADECIMIENTOS

Las autoras ofrecemos nuestros agradecimientos a:

ECOPETROL – GERENCIA REGIONAL SUR, Superintendencia de Operaciones Huila –Tolima por el valioso espacio brindado para el desarrollo de este proyecto.

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, por permitirnos el acceso a una educación integral.

Al ingeniero **Carlos Alberto Pérez** por su apoyo incondicional durante el desarrollo del proyecto.

Al ingeniero **Diego Fernando Briñez Galvis** por hacernos partícipes de su experiencia.

Al ingeniero **Ervin Aranda Aranda** por los conocimientos compartidos en su labor docente y por su apoyo en el feliz cumplimiento de este trabajo.

A **Haydeé Morales y Agustín Soto Otálora** profesores de la Universidad Surcolombiana y evaluadores de este proyecto, por su gran disposición, interés y valiosas recomendaciones.

Al señor **Diego Corredor**, Operador de la batería Cebú, por su valiosa colaboración y disposición.

Al ingeniero **Henry Almarío** por compartimos su experiencia y conocimientos adquiridos en el sector petrolero.

A todos nuestros compañeros, profesores y demás personas que nos acompañaron en el transcurrir nuestra vida universitaria.

CONTENIDO

1	CONDICIONES GENERALES DE LA BATERIA CEBU	14
1.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	14
1.2	ALCANCES DE LA ESTACIÓN	16
1.2.1	Sistema de Recolección	16
1.2.2	Sistema de Inyección de químicos	16
1.2.3	Sistema de Separación	17
1.2.4	Sistema de Depuración de gas	21
1.2.5	Sistema de Relevo a Tea	22
1.2.6	Sistema de drenajes.....	23
1.2.7	Sistema de Almacenamiento.....	23
1.2.8	Sistema de Transferencia de Fluidos	24
1.2.9	Sistema Contra Incendios	24
1.3	OPERACIONES DE RUTINA.....	26
2	DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO	34
2.1	MODELO MATEMÁTICO	34
2.1.1	Separadores.....	35
2.1.1.1	Horizontales	35
2.1.1.2	Verticales.....	36
2.1.2	Gun Barrel.....	36
2.1.3	Skimming Tank.....	37
2.1.4	Scrubber y Knock Out Drum.....	37
2.1.5	Tanques de Almacenamiento	38
2.1.5.1	Tanque de Agua.....	38
2.1.5.2	Tanque de Aceite	39
2.1.6	Válvulas y Accesorios	39
2.1.7	Diagramas de Procesos	41
2.2	INTERFAZ GRÁFICA.....	48
2.3	DISEÑO DE LA APLICACIÓN.....	48
2.4	INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO.....	50
2.5	INTERFAZ GRÁFICA EN MACROMEDIA FLASH 8 Y VB.NET.....	51
2.5.1	Interfaz Gráfica en Macromedia Flash 8.....	51
2.5.2	Interfaz Gráfica en VB.NET	52
2.6	MANUAL DE USO DEL SOFTWARE.....	52
2.6.1	Manual de Operaciones	52
2.6.2	Herramienta de simulación.....	55
3	ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
3.1	ANÁLISIS EN LA ETAPA DEL MODELAMIENTO	71
3.2	ANÁLISIS EN LA ETAPA DE DESARROLLO DEL SIMULADOR.....	71
4	CONCLUSIONES.....	74
5	RECOMENDACIONES.....	75
	BIBLIOGRAFIA.....	76

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de Procesos Estación Cebú	15
Figura 2. Sistema de Recolección	16
Figura 3. Esquema general del Manifold	16
Figura 4. Sistema de Inyección de Químicos	17
Figura 5. Separador Trifásico Horizontal	17
Figura 6. Esquema general Free Water Knockout (F.W.K.O)	18
Figura 7a. Separador Bifásico vertical	19
Figura 7b. Separador Bifásico Horizontal	19
Figura 8. Esquema general Separador Bifásico	19
Figura 9. Skimming Tank (Desnatador)	20
Figura 10. Esquema general del Skimming	20
Figura 11. Gun Barrel	21
Figura 12. Esquema general del Gun Barrel	21
Figura 13. Scrubber	21
Figura 14. Knock Out Drum	21
Figura 15. Tea	22
Figura 16. Canales Perimetrales	23
Figura 17. Válvulas de Compuerta	23
Figura 18. Sistema de Almacenamiento	23
Figura 19. Bombas de Transferencia	24
Figura 20. Tanque de Agua	25
Figura 21. Hidratante Monitor	25
Figura 22. Introducción del manual	53
Figura 23. Ventana de Objetivos	53
Figura 24. Alcances de la estación	53
Figura 25. Base de datos	54
Figura 26. Archivo XML	55
Figura 27. Página inicial del Software	55
Figura 28. Software Modo Diseño	56
Figura 29. Cuadro de dialogo	56
Figura 30. Selección de plantillas (Batería)	57
Figura 31. Crear una nueva plantilla	57
Figura 32. Ventana para armar la batería	58
Figura 33 a. Ventana de pregunta	59
Figura 33 b. Ventana de pregunta	59
Figura 34. By-pass (líquido y gas)	60
Figura 35. Tanques de almacenamiento	60
Figura 36. Tipos de separadores	61
Figura 37. Tipos de Manifold	61
Figura 38. Ventana de la Barra de Herramientas	62

Figura 39. Barra de Herramientas	62
Figura 40. Cuadro de diálogo para asignación de nombre	63
Figura 41. Cuadro de dialogo para dimensionamiento del equipo	63
Figura 42. Dimensión gráfica de la tubería	64
Figura 43. Cuadro de dialogo que indica falta de información	65
Figura 44. Cuadro de diálogo que indica la conexión entre equipos	65
Figura 45. Equipo con válvulas correspondientes	66
Figura 46. Página inicial del Software	66
Figura 47. Página principal del software en el modo simulación	67
Figura 48. Cuadro de diálogo para seleccionar plantilla deseada	68
Figura 49. Plantilla seleccionada (Batería Cebú)	68
Figura 50. Barra de herramientas del simulador	69
Figura 51. Ventana de alarmas	70

GLOSARIO

ACCIDENTE: Es un acontecimiento no deseado, que da por resultado un daño físico, lesión a personas, daño a la propiedad o al medio ambiente y/o pérdidas en el proceso. Generalmente es la consecuencia de un contacto con la fuente de energía por encima de la capacidad límite del cuerpo o estructura.

AGENTE EMULSIFICANTE: Es un compuesto orgánico o inorgánico que se encuentra presente en el petróleo crudo y que por efectos moleculares favorecen el proceso de formación de emulsiones.

ALTURA DE REFERENCIA: Es la distancia indicada en la tabla de aforo del tanque, desde el fondo del tanque hasta la marca o punto de referencia.

BARRIL: Unidad corriente para la medida de líquidos en la industria petrolera. Contiene 42 galones a 60 °F.

BOMBA: Es una máquina para desplazar un líquido a base de tomar energía de otra fuente y transmitírsela al líquido. Los tipos más comunes son: Centrífuga, Multi-Etapa, Reciprocante, Dúplex, Simple, Rotatoria, Triple, entre otras.

BS&W (BASIC SEDIMENTS AND WATER): Es el sedimento de fondo y el agua que queda emulsionado en el crudo tratado; es un parámetro que determina la calidad del crudo. El límite máximo permisible para que el crudo sea bombeado a una estación del oleoducto es de 0.5 % de BS&W.

CAIDA DE PRESIÓN: Es la disminución de la presión que hace que el fluido se mueva a través de una tubería o recipiente.

CINTA DE MEDICIÓN: Usualmente es una cinta metálica (acero), graduada para medir el nivel de fluido en forma directa (a fondo) o indirecta (al vacío).

DENSIDAD O GRAVEDAD API: Escala arbitraria que expresa la gravedad o densidad de los hidrocarburos líquidos, establecida por el API (INSTITUTO AMERICANO del PETRÓLEO). La escala de medida se calibra en términos de grados API. El valor más alto en grados API corresponde a un compuesto ligero. Los crudos livianos generalmente exceden los 38 grados API y los crudos pesados se denominan como casi todos los crudos con una densidad de 18 grados API o más bajos. Los crudos intermedios se encuentran entre el rango de los 22 - 38 grados API. Se da en términos de grados API.

DISPOSITIVOS DE ALIVIO: Son usados para proteger las líneas (tuberías), vasijas o recipientes con sobrepresiones; este exceso de presión puede desfogarse a la atmósfera o descargarse en algún otro punto de presión más baja existente en el sistema. Entre estos sistemas se encuentran las válvulas de seguridad, de alivio o descarga.

FREE WATER KNOCK OUT (F.W.K.O): Separador trifásico en el cual el fluido choca contra un desviador de flujo; cambiando su velocidad y dirección; efectuando la separación primaria y casi total de las fases gas/líquido, también se separan en las dos fases líquidas agua/crudo las gotas pequeñas de líquido precipitándose a medida que se unen formando gotas más grandes por la acción de la gravedad.

GRAVEDAD ESPECÍFICA: La gravedad específica se define como la densidad de cualquier líquido a examinar sobre la densidad del agua destilada. La densidad es simplemente el peso por unidad de volumen. El agua destilada pesa 1 g/ml a 4 0C. Así, una gravedad específica mayor de 1, indica que la muestra es más densa o más pesada que el agua destilada.

IMPACTO AMBIENTAL: Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o benéfico, total o parcial como resultado de las actividades, productos o servicios de una organización. (NTC ISO 14001).

INMISCIBLE: Se dice que dos líquidos son inmiscibles cuando no se mezclan el uno y el otro.

MEDIDA A FONDO: Es la distancia medida desde la superficie del techo del tanque hasta el fondo de este.

MEDIDOR: Es un dispositivo o aparato utilizado para determinar el valor o magnitud de una cantidad o una variable, las variables de interés son las que ayudan a definir o describir un proceso

PROCESO: conjunto de actividades mutuamente relacionados o que interactúan para transformar elementos de entrada en resultados. (NTC ISO 9000).

ROMPEDOR DE EMULSIÓN: Sustancias químicas que neutralizan el efecto de los agentes emulsificantes y son las que constituyen la base del tratamiento de crudos.

SISTEMA DE CONTROL: Permite comparar el valor de la variable o condición (a controlar) con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operador intervenga en absoluto. Está compuesto por una unidad de medida, una unidad de control y un elemento final.

TABLAS DE AFORO: Son las tablas que determinan el volumen de producto contenido en un tanque, en función de la altura del producto en el interior del mismo. En otras palabras, la tabla de aforo determina el volumen correspondiente para cada altura de contenido.

VÁLVULAS: Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases. Las válvulas son elementos valiosos en una Estación. Hay aplicaciones que son críticas y requieren que la válvula opere no solamente bien sino que se desarrolle las características necesarias; a diferencia de un control que puede operarse manualmente en caso de falla, una válvula dañada puede paralizar un proceso.

RESUMEN

La necesidad de disminuir al máximo los accidentes en la industria petrolera ha hecho que se implementen programas de entrenamiento mediante capacitaciones, simulacros, charlas, etc. Esto con el único objetivo de capacitar a todos los funcionarios en el buen manejo de los equipos y procedimientos que se realizan a diario.

A continuación se presenta un proyecto que va dirigido principalmente a operadores ya que obtendrá conocimientos relacionados con las facilidades de producción haciendo uso del manual de operaciones y procedimientos en la batería Cebú; el cual fue diseñado mediante el uso del lenguaje de programación flash; para ilustrar y animar los equipos y procesos que realizan en la batería cumpliendo con los estándares de calidad, medio ambiente y HSEQ. Además, contiene un software didáctico que simula todo el proceso de recolección, Tratamiento, Almacenamiento y entrega de crudo en las baterías de la coordinación Huila de ECOPETROL S.A., convirtiéndolo así en una herramienta donde podrán practicar y aprender antes de iniciar su actividad en campo.

El software fue realizado en el lenguaje de programación Visual Basic, contiene dos opciones de trabajo, una de diseño dirigida especialmente a ingenieros encargados del diseño de la batería y otra de simulación (plantillas) que va dirigida a operadores; la simulación depende de un modelo de dimensionamiento que se le dio a cada equipo.

ABSTRACT

The need to reduce the most accidents in the oil industry has made training programs are implemented through training, drills, lectures, etc. This is for the sole purpose of training all staff in the proper handling of equipment and procedures that are performed daily.

Here is a project that is primarily aimed at operators and you will get knowledge related to production facilities using manual operations and procedures on drums Cebu, which was designed by using the Flash programming language, to illustrate and encourage the equipment and processes performed in the battery meeting the standards of quality, environment and HSEQ. It also contains a teaching software which simulates the whole process of collecting, processing, storage and delivery of crude oil batteries Huila coordination of ECOPETROL SA, making it a tool where you can practice and learn before you start work in the field.

The software was made in Visual Basic programming language, contains two options work, a design aimed specifically at design engineers in charge of the battery and a simulation (templates) which is addressed to operators, the simulation depends on a model sizing that was given to each team.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las compañías petroleras compiten en la formación de su personal a causa de los cambios producidos en un entorno empresarial influenciado por la globalización de la economía e introducción de nuevas tecnologías en los procesos de producción, haciendo que el éxito de estas esté determinado por las estrategias que adopten en sus políticas para que haya un buen desempeño con los mínimos riesgos.

Por tanto, la preservación de la competitividad conlleva a crear diversas alternativas para mejorar el trabajo en campo. Una de ellas es diseñar herramientas que permitan llevar a cabo un proceso de capacitación y entrenamiento, para fortalecer los conocimientos, desarrollar habilidades y reducir accidentes.

Este tipo de entrenamiento asegura elevar los índices de desempeño laboral y esto se transmite a una mayor producción. Es por esto que ECOPETROL S.A. ha implementado este tipo de herramientas que permiten desarrollar un ambiente virtual que simula el comportamiento de los equipos y procedimientos que los operadores encargados de las Baterías deben realizar diariamente, permitiéndoles así afianzar los conocimientos obtenidos durante el entrenamiento dado para ejercer su cargo y adquirir experiencia al practicar de modo interactivo en el Software.

El presente manual describe detalladamente los procesos que se realizan en una batería, el funcionamiento de cada equipo y las normas de seguridad. El objetivo de este se traduce en asegurar buena calidad en el manejo de equipos, garantizar condiciones de trabajo seguro al personal y evitar los accidentes o incidentes ambientales.

1. CONDICIONES GENERALES DE LA BATERIA PILOTO

Este proyecto se compone de una serie de procesos y equipos que poseen la función de separar líquidos y gases, para empezar a desarrollarlo es vital tener una estación de referencia para globalizar los procesos realizados allí.

Ecopetrol S.A suministró la información necesaria de la estación Cebú para dimensionar y simular con datos reales, además facilitó visitas a campo, para comprender el funcionamiento de cada equipo y los procesos que se realizan a diario, de allí se analizaron variables críticas y elementales.

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La batería Cebú recibe la producción de 33 pozos, 5 de su campo (CB-02, CB-03, CB-04, CB-06, CB-07), 7 del campo Pijao (PJ-01, PJ-03, PJ-04, PJ-05, PJ-06, PJ-09, PJ-10) y 21 del campo Palogrande (PG-03, PG-05, PG-06, PG-07, PG-08, PG-11, PG-12, PG-13, PG-14, PG-15, PG-16, PG-19, PG-22, PG-23, PG-24, PG-25, PG-28, PG-29^a, PG-30, PG-31, PG-40) con el fin de separar la emulsión, inyectarle químico, almacenarlo y transferirlo a la estación Cretáceos.

Además recibe la producción de la estación Santa Clara, la cual llega al colector principal y se une con la producción de Cebú, Palogrande y Pijao.

Para el recibo de la producción de los campos Cebú, Palogrande, Pijao y Santa Clara se dispone de un “manifold” que dirige estos fluidos hacia el procesos de separación de la emulsión por medio de un (1) separador trifásico horizontal “ Free Water Knock Out” (F.W.K.O) donde se realiza la separación de (agua-crudo-gas) y (1) un separador bifásico horizontal de prueba. Después de este proceso se le inyecta químico antiespumante y desemulsificante. El crudo es enviado al tanque de recibo y entrega (TK-10000-2), en el caso de recibir producción de un pozo de prueba, este se enviará al tanque TK 3.000-1 dispuesto para esta operación. Del tanque general TK 10.000-2 el fluido es enviado al cabezal de descarga que va hacia Cretáceos por medio de las bombas de transferencia.

El agua proveniente del “Free Water Knock Out” (F.W.K.O) separada del crudo, pasa a los “skimming tank” para separarles las pequeñas partículas de crudo por gravedad y a través de una “U” para luego ser transferida al (TK-80.000).

EL gas separado pasa por el “Scrubber” para depurarlo, este es utilizado para consumo del campo (motores), el gas sobrante se dirige al “knock out drum”. En el cual se elimina el exceso de líquidos para ser retroalimentado a la línea o en tal caso continúa hacia la Tea de la Estación para ser quemado

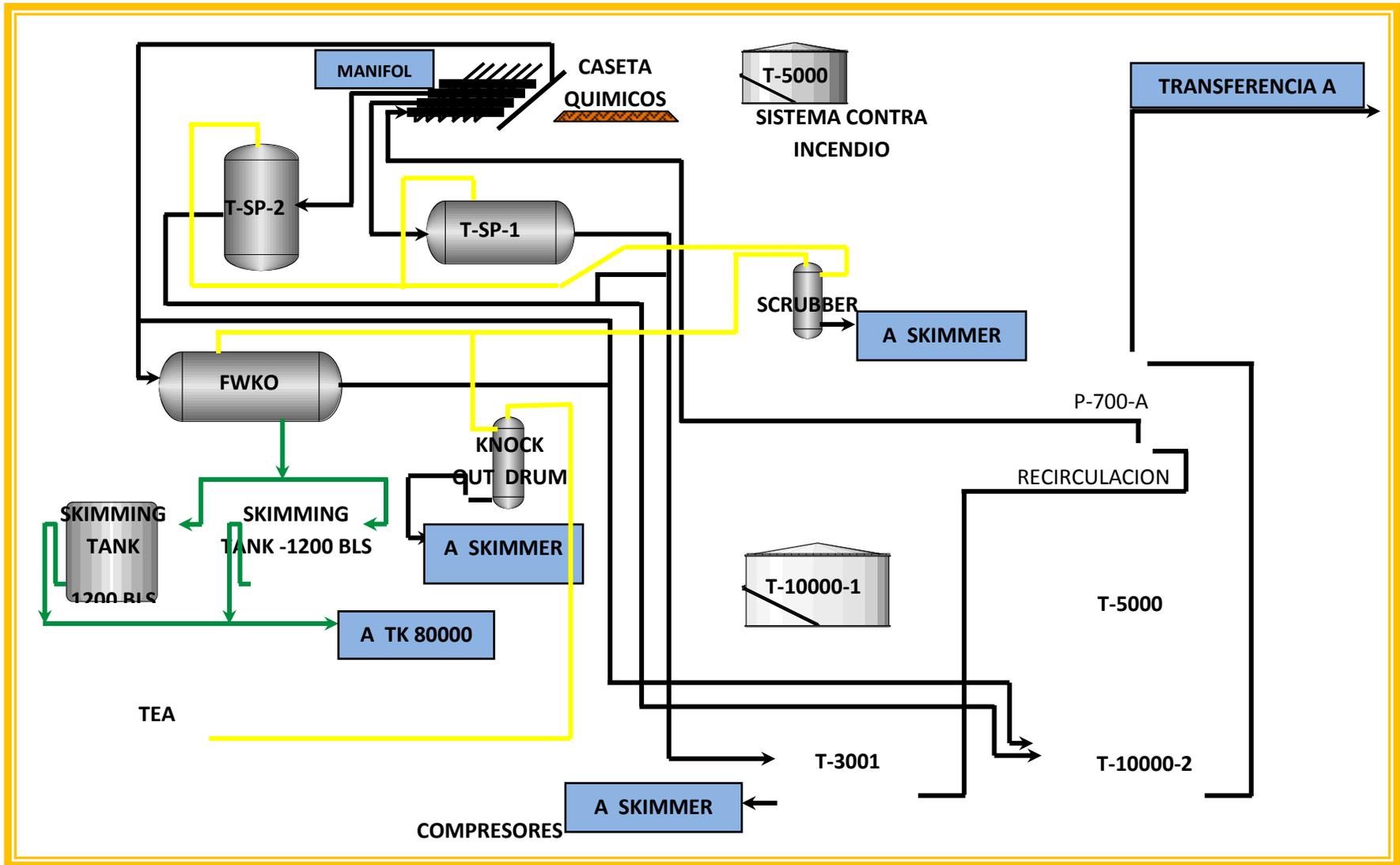


Figura 1. Diagrama de Procesos Estación CEBÚ

1.2 ALCANCES DE LA ESTACIÓN

1.2.1 Sistema de Recolección. Recibir el crudo proveniente de los pozos Cebú, Pijao, Palogrande y de la estación Santa Clara para enviarlo hacia el “Free Water Knock Out” y de prueba.

El sistema de recolección está compuesto por tres (3) colectores que forman el “manifold”. Dos (2) colectores que reciben la producción general, un (1) colector de prueba y uno (1) de recirculación de tanques de prueba y del skimmer de la planta de inyección utilizado para enviar al separador trifásico y separar el agua.



Figura 2. Sistema de Recolección

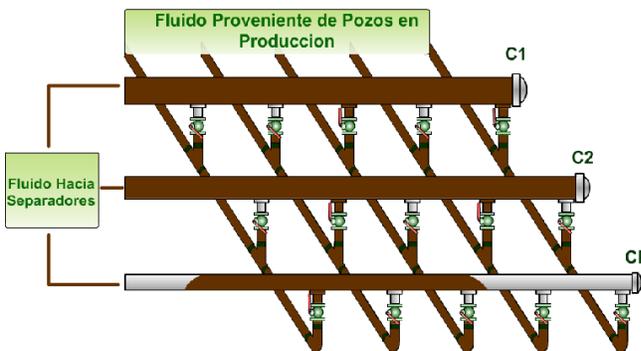


Figura 3. Esquema general del Manifold

1.2.2 Sistema de Inyección de Químicos. Se aplica rompedor directo, para neutralizar la acción de los emulsificantes presentes, desestabilizar y romper la emulsión, también antiespumante, principalmente por cuestión de instrumentación ya que la presencia de espuma no permite la definición de la interfase y descontrolan los instrumentos. Para el tratamiento químico del agua asociada se utiliza un clarificador el cual se encarga de ayudar a separar las partículas de crudo inmersas en el agua y un biocida para la eliminación de las bacterias que causan corrosión.

El químico depositado en el tanque de almacenamiento lo succiona la bomba y lo bombea hacia los colectores de producción general. La cantidad de químico debe corresponder al volumen de

crudo producido, dosificado y monitoreado para obtener resultados satisfactorios en la deshidratación, es decir, un BS&W máximo del 0.5% en el crudo que se bombea hacia la estación Tenay.



Figura 4. Sistema de Inyección de Químicos

1.2.3 Sistema de Separación. El sistema de separación de esta batería consta de tres (3) separadores (1) separadores trifásico “Free Water Knock Out” horizontal para el manejo de la producción general y (2) para pruebas de pozos.



Figura 5. Separador Trifásico Horizontal

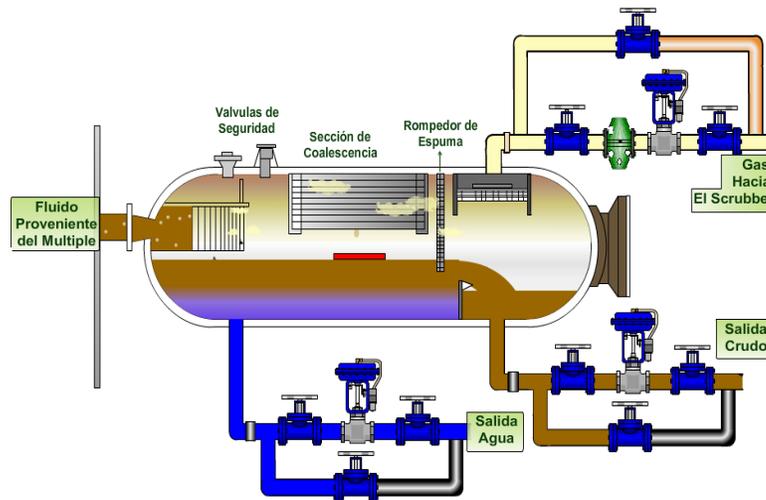


Figura 6. Esquema general Free Water Knock Out

El separador trifásico (Free Water Knock-out – FWKO) reciben los fluidos provenientes de los Colectores T-1, T-4 y T-5. La selección debe ser de tal manera que al FWKO llegue la producción de los pozos con mayor contenido de agua libre para aprovechar al máximo la capacidad de dicho separador. En el FWKO se hará la separación de las tres fases: gas, agua y crudo. El FWKO operará a una presión entre 40 a 55 psig (la misma a la que se operen los separadores de prueba y a una temperatura entre 110 y 140 °F, y lleno un 60% de su volumen.

Al separador trifásico de producción general, FWKO, entra el fluido producido a través del cabezal de 10", y realiza el siguiente proceso:

1. Por la parte superior choca contra una platina de impacto produciendo la separación entre la fase gaseosa y el líquido. El líquido se decanta y el gas continúa al proceso.
2. El gas separado fluye a través de la zona de coalescencia y del extractor de neblina (Demister) y sale del separador a través de la válvula de control de presión a 46 psi pasando por un medidor de orificio con su respectivo registrador para luego dirigirse por una línea de 3" al Scrubber.
3. El agua y el crudo continúan el recorrido por el separador, pasando a través de dos baffles de aquietamiento para favorecer la separación de las dos fases, el agua se queda en la parte inferior y sale del separador a través de un rompedor de vórtice, de acuerdo a la indicación de nivel por medio del LIT que gobierna la válvula de control de nivel de agua por medio de una línea de 6" se mide el flujo y se envía al skimming tank de 1200 bls.
4. El crudo pasa por un vertedero y pasa al compartimiento de crudo, sale a través de un rompedor de vórtice, de acuerdo a la indicación de nivel por medio del LIT que gobierna la válvula de control de nivel de aceite y por medio de una línea de 6" llega al múltiple de almacenamiento en la cual el fluido pasa ser dirigido al TK-10000-2.

- Este separador cuentan con alarma de nivel y envío de señales por alto y bajo nivel al Opto 22. (Opto 22 es la solución de control y monitoreo usado por Ecopetrol en sus Baterías) Allí se tomaran los respectivos correctivos.

Opto 22 provee soluciones de control, monitoreo y administración de costo razonable para una amplia variedad de industrias y aplicaciones. El hardware y software de Opto 22 es también utilizado para adquisición de datos, control de procesos, monitoreo remoto, SCADA y diversas aplicaciones que requieren precisión y confiabilidad.

Opto 22 produce una amplia variedad de soluciones de hardware y software de automatización y control industrial.

La etapa de pruebas de pozos está compuesta por dos (2) separadores, uno (1) horizontal, uno (1) vertical.



Figura 7a. Separador Bifásico vertical



Figura 7b. Separador Bifásico Horizontal

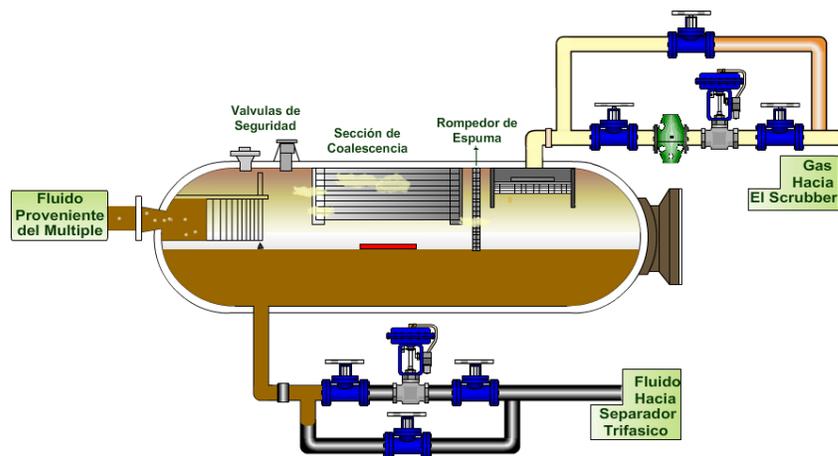


Figura 8. Esquema general Separador Bifásico

El fluido entra por la parte superior y choca contra una platina de impacto que provoca una separación parcial entre la fase gaseosa y la líquida. Por la parte superior circula el gas separado, fluyendo a través de la zona de coalescencia y del extractor de neblina (Demister) para retirarle el líquido presente y finalmente salir hacia el Scrubber a través de la válvula auto pilotada kim-ray. Por la parte inferior fluye el líquido emulsionado (petróleo + agua) con un tiempo de retención suficiente para que el gas se libere y ascienda, de esta manera la emulsión sale por la válvula de control que actúa de acuerdo al controlador de nivel, con la menor cantidad de gas posible, pase por el medidor tipo turbina y luego se dirige hacia el Tanque de Prueba. El Separador además cuenta con alarmas de nivel y envió de señales de alarma por alto nivel y alta presión al supervisorio OPTO 22.

- **DESNATADOR O SKIMMING TANK DE 1200 BLS**

El agua procedente de separador trifásico FWKO pasa a través de una válvula reguladora de flujo y por medio de una línea de 6" se dirige a los skimming tank que se encuentran en paralelo y de allí envían el agua hacia el TK-80000, su desnate se realiza y se envía al skimmer.



Figura 9. Skimming Tank (Desnatador)

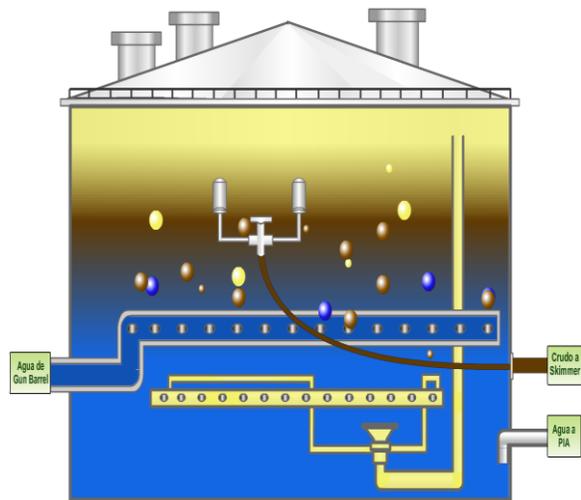


Figura 10. Esquema general del Skimming

Este tipo de equipo trabaja a presión atmosférica y el límite de altura son 36 pies lo constituye una válvula de presión y vacío la cual no deja colapsar el equipo, un transmisor de presión diferencial que lleva la señal al cuarto de control, verificando el nivel del equipo y sus condiciones, además tiene un sistema de alarmas por alto y por bajo nivel .que

- **GUN BARREL**



Figura 11. Gun Barrel

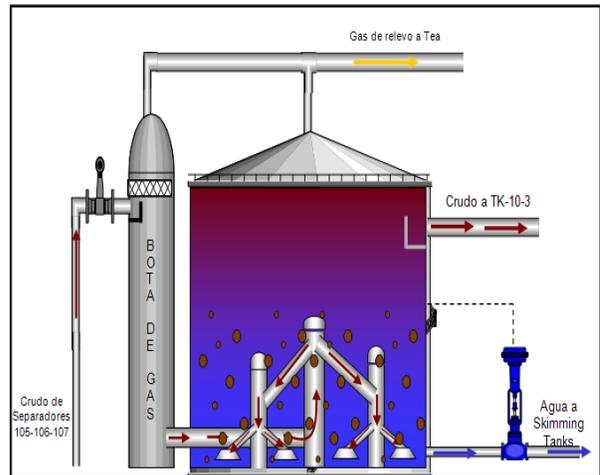


Figura 12. Esquema general del Gun Barrel

El crudo emulsionado del separador ingresa al “Gun Barrel” por la parte inferior de la bota de gas, a través del distribuidor central. Este lo distribuye en cuatro brazos radiales los cuales y después lo redistribuyen en tres caperuzas por brazo. Las caperuzas tienen como función dividir el caudal de líquido en corrientes pequeñas, con el objeto de romper la emulsión y obligar la separación del crudo y el agua.

1.2.4 Sistema de Depuración de gas. La estación Cebú cuenta con un “Scrubber” vertical, este equipo trabaja con una presión de 45 psi, y un “Knock out drum” que trabaja con presión atmosférica.



Figura 13. Scrubber



Figura 14. Knock Out Drum

El gas procedente de los separadores fluye por una línea común de 6", pasa a través de un medidor de orificio con su respectivo registrador de presión pasando por una válvula reguladora de presión menor a 45 psi (Presión del Separador) y posteriormente entra al "Scrubber" por la parte media.

Cuando el gas entra al "Scrubber", golpea contra la platina dispersadora, lográndose la liberación de las partículas líquidas las cuales se depositan en el fondo del equipo estos líquidos son llevados al exterior cuando se han acumulado lo suficiente para que su nivel sea detectado por un control de nivel, el cual envía la señal de abrir la válvula controladora; estos líquidos son dirigidos al skimmer. Esta vasija cuenta con un visor de nivel magnético que se puede visualizar en la sala de control del operador la cual en caso de colapso se generara una alarma

El Gas proveniente del "Scrubber" entra a este separador (knock-out Drum) donde se liberan las partículas de líquido que aun están presentes en el gas, éstas van al fondo y son removidas a través de dos sistemas uno manual y otro automático, hacia el "skimmer".

1.2.5 Sistema de Relevo a Tea. El Gas proveniente del "Scrubber" es dirigido hacia dos líneas: consumo del campo, Quemadero. Sale regulado a una presión menor a 45 psi en línea de 3" para el consumo del Campo y en línea de 6" hacia Quemador.



Figura 15. Tea

La tea está provista de una serie de instrumentos de estabilización, una bujía para ignición, un filtro pecco que realimenta el piloto y deshidrata.

La boquilla proporciona una zona de baja presión, la cual asegura la estabilidad de la llama a altos flujos de salida. El piloto ofrece una buena estabilidad con bajo consumo de gas.

La boquilla está equipada con un protector de brisa que rodea la sección superior del quemado, en la medida en que el viento sopla alrededor de la boquilla se crea una zona de baja presión en el lado inferior del protector de brisa el cual lanza la llama hacia abajo causando que los gases se quemen sobre la boquilla. El propósito de este protector es resguardar la boquilla del impacto de la llama y así aumentar su vida útil.

1.2.6 Sistema de Drenajes. La recolección de los drenajes de aguas aceitosas está contemplada dentro del proceso, todos los diques cuentan con cajas de recolección provistas de válvulas que permiten controlar la evacuación de crudo, aguas aceitosas y aguas lluvias.



Figura 16. Canales Perimetrales



Figura 17. Válvulas de Compuerta

El direccionamiento de las aguas aceitosas va al skimmer y el de aguas lluvias entra por gravedad al tanque de sumidero. El sistema es en lo posible completamente cerrado, el fluido acumulado en el sumidero es enviado al skimmer por medio de dos bombas centrífugas verticales de allí es conducido hacia el manifold de entrada a la estación T-1 como una línea de recirculación al proceso.

En caso del agua de lluvia, se debe accionar las compuertas y válvulas de las cajas localizadas en los canales que llevan el agua al sistema. El manejo de aguas lluvias debe ser cuidadoso para evitar la contaminación del río o fuente receptora.

1.2.7 Sistema de Almacenamiento. La estación dispone de (2) tanques uno (1) de almacenamiento del crudo (TK-10000-2) que llega del “Fwko” con especificaciones no muy optimas para su venta libre pues se tiene que deshidratar en la estación DK”S. El otro un (1) tanque de pruebas (3000-1) en la cual la emulsión se almacena por un periodo de tiempo razonable en el que el fluido alcanza un periodo de estabilidad para realizar la medición estática de nivel y temperatura.



Figura 18. Sistema de Almacenamiento

1.2.8 Sistema de Transferencia de Fluidos. La batería dispone de dos bombas centrífugas de transferencia de fluidos eléctricas, una principal y otra de relevo que succionan el crudo por una tubería de 8" desde el tanque de almacenamiento (10000-2) y lo transfieren por una tubería de 6" en un colector diseñado para la succión de las bombas y de allí a la unidad de medición y luego a la estación DK"S de allí se deshidrata y se envía a la estación Tenay.



Figura 19. Bombas de Transferencia

Estas bombas disponen de alarmas de baja y alta presión en la succión y descarga, dicha presión se plasma en el transmisor del sistema supervisorio OPTO 22, Esto se hace para detectar a tiempo anomalías.

1.2.9 Sistema Contra Incendios. La estación cuenta con un sistema contra incendio compuesto por un sistema de espuma y un tanque de 5000 barriles de agua dulce que es alimentado por un pozo de agua ubicado en ARENAS II. Un sistema de tubería a todo lo largo de la estación e hidrantes que distribuyen el agua con la ayuda de una bomba movida por un motor eléctrico. El sistema de protección contra incendio de la Estación Cebú se encuentra conformado por dos sistemas básicos y equipos de apoyo así:

Sistema de Agua. La fuente de alimentación de este sistema es un tanque de 5000 Bls que es alimentado por un pozo de agua ubicado en ARENAS II. El tanque alimenta el compartimiento de succión de las bombas de agua contra incendio por diferencia de alturas. La presión de la red hidráulica se mantiene a 135 Psi a través de una bomba eléctrica sustentadora de presión (Jockey) marca GRUNDFUS cuya capacidad es de 47 GPM @ 194 Psi.



Figura 20. Tanque de Agua



Figura 21. Hidratante Monitor

En caso de consumo de agua por apertura de uno o más hidrantes monitores o hidrantes, o por accionamiento de los anillos de enfriamiento, o por accionamiento del sistema de espuma, la presión de la red empieza a bajar (<130 Psi) activando inicialmente la bomba sustentadora de presión de la red. Si la demanda de agua es superior a la capacidad de la bomba JOCKEY, una de las bombas principales de agua contra incendio arranca de acuerdo a configuración establecida (110 Psi). Si esta bomba tampoco es capaz de suministrar el caudal exigido, se produce el efecto cascada, es decir se prenderá la segunda bomba (80 Psi), para una capacidad máxima de bombeo del sistema de 1000 GPM @ 150 Psi.

Sistema de Espuma. Este sistema funciona utilizando el agua como fuente de energía y el hecho que el concentrado de espuma es más denso que el agua.

A partir de una tubería de succión de 6" proveniente de la red hidráulica, se presuriza el tanque de concentrado. Al mismo tiempo, el agua fluye a través de un vénturi donde se crea un diferencial de presión. El área de baja presión del vénturi es conectada al tanque de concentrado por medio del tubo sifón, de este modo, la diferencia de presión entre el suministro de agua y la baja presión en el vénturi permiten que fluya el concentrado desde el tanque hacia el vénturi llevándose a cabo la mezcla de 97 partes de agua por 3 de concentrado a la salida del vénturi. Dado que el concentrado de espuma es más denso que el agua, a través del tubo sifón solamente estará fluyendo concentrado y el agua se mantendrá dentro del tanque y por encima del concentrado ejerciendo continuamente la presión descrita.

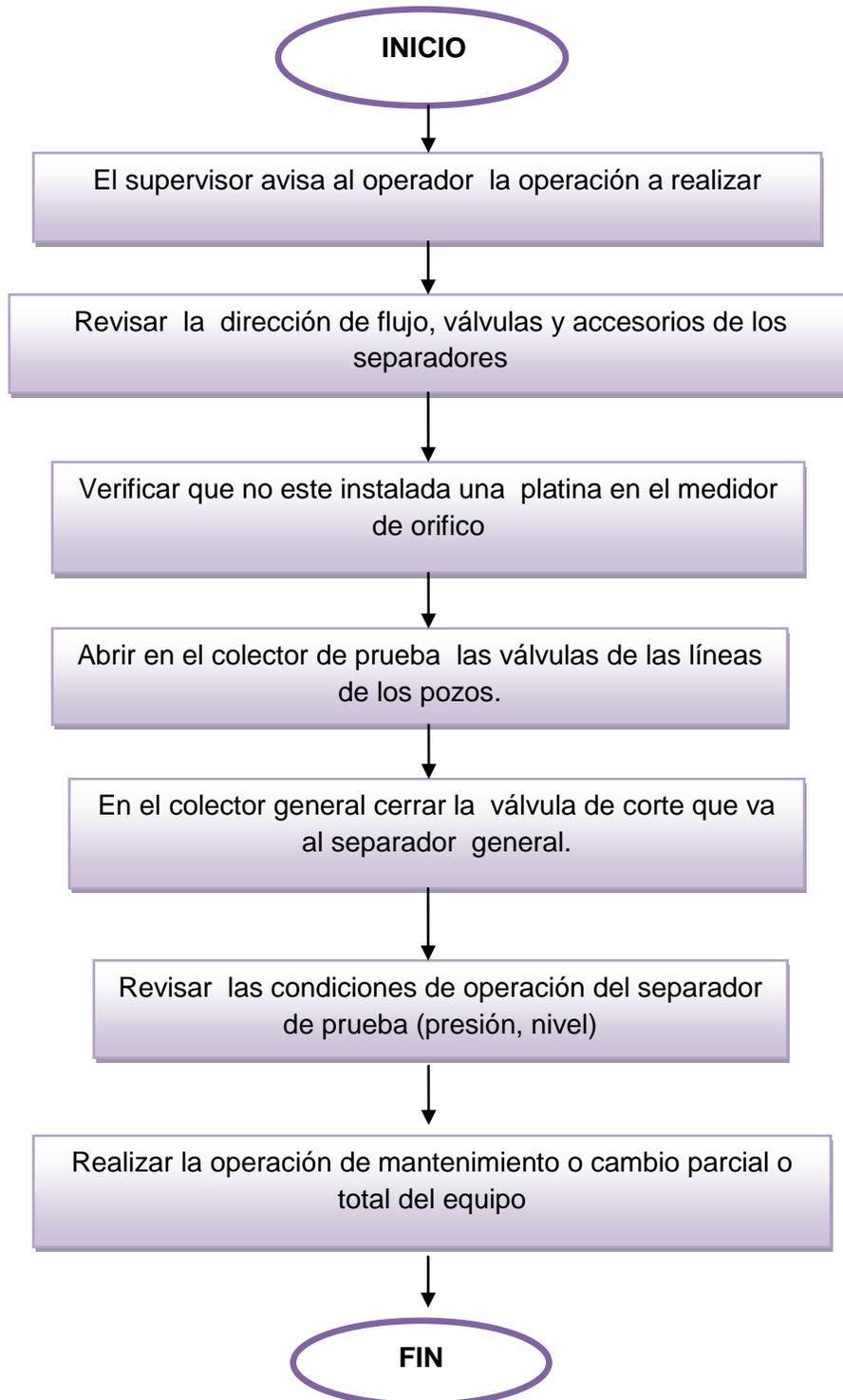
Equipos de Apoyo (Gabinete y Extintores)

Extintores:

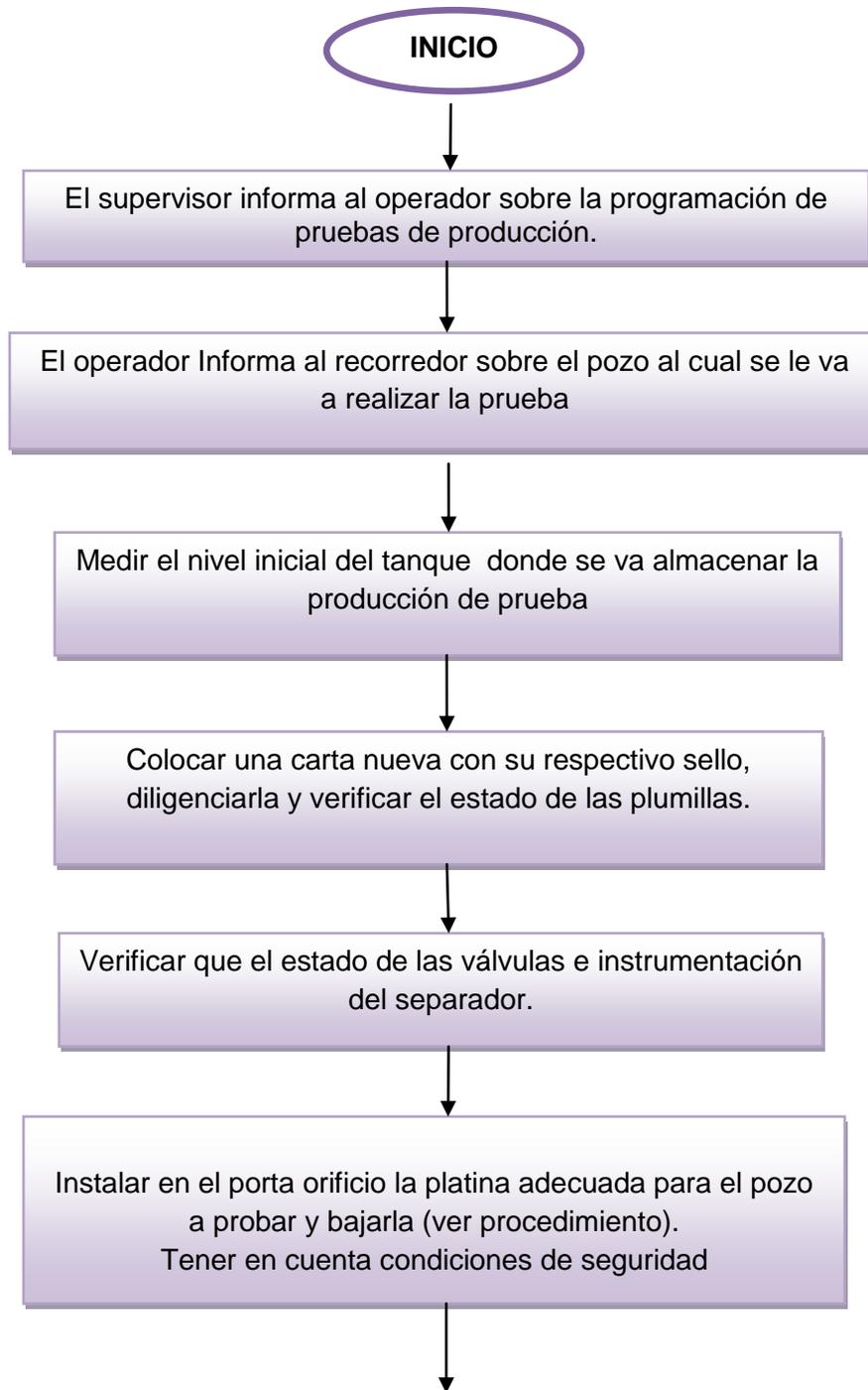
- a) Extintores de 150 Lbs. PQS Rodante.
- b) Extintores de CO₂ Rodante

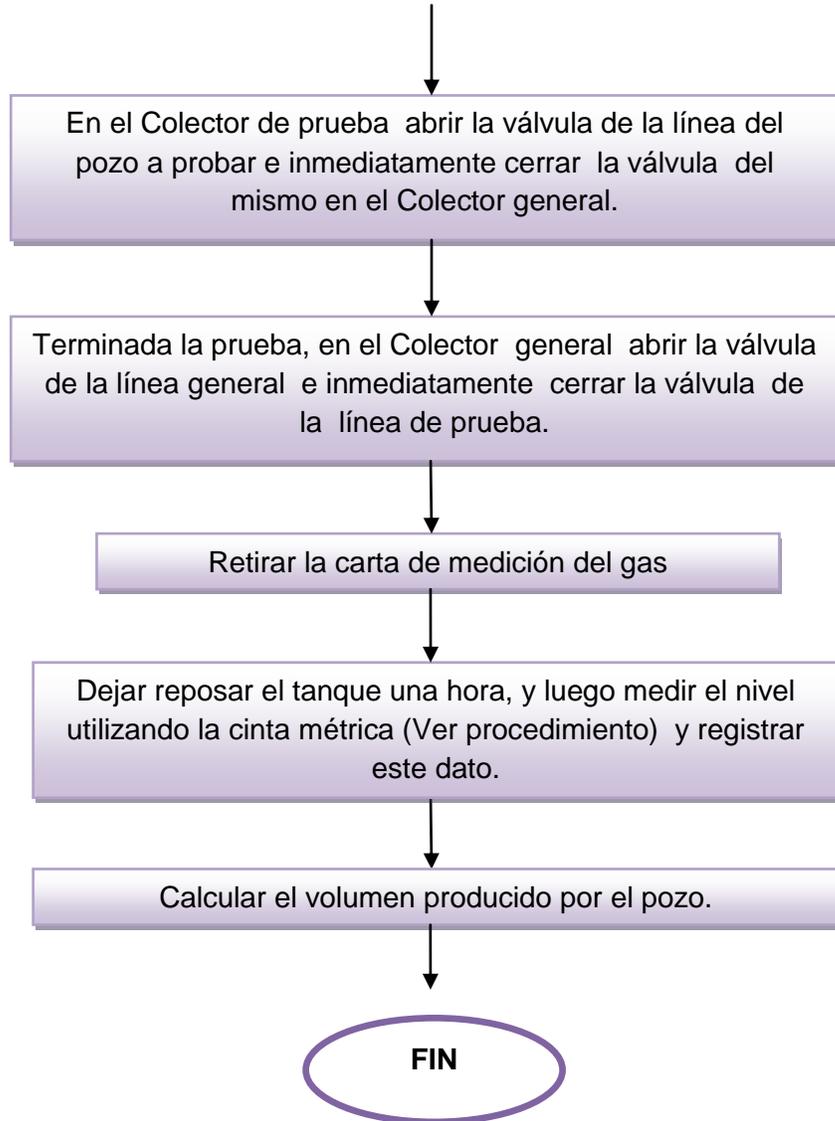
1.3 OPERACIONES DE RUTINA

1. Procedimiento para sacar de servicio el separador general.

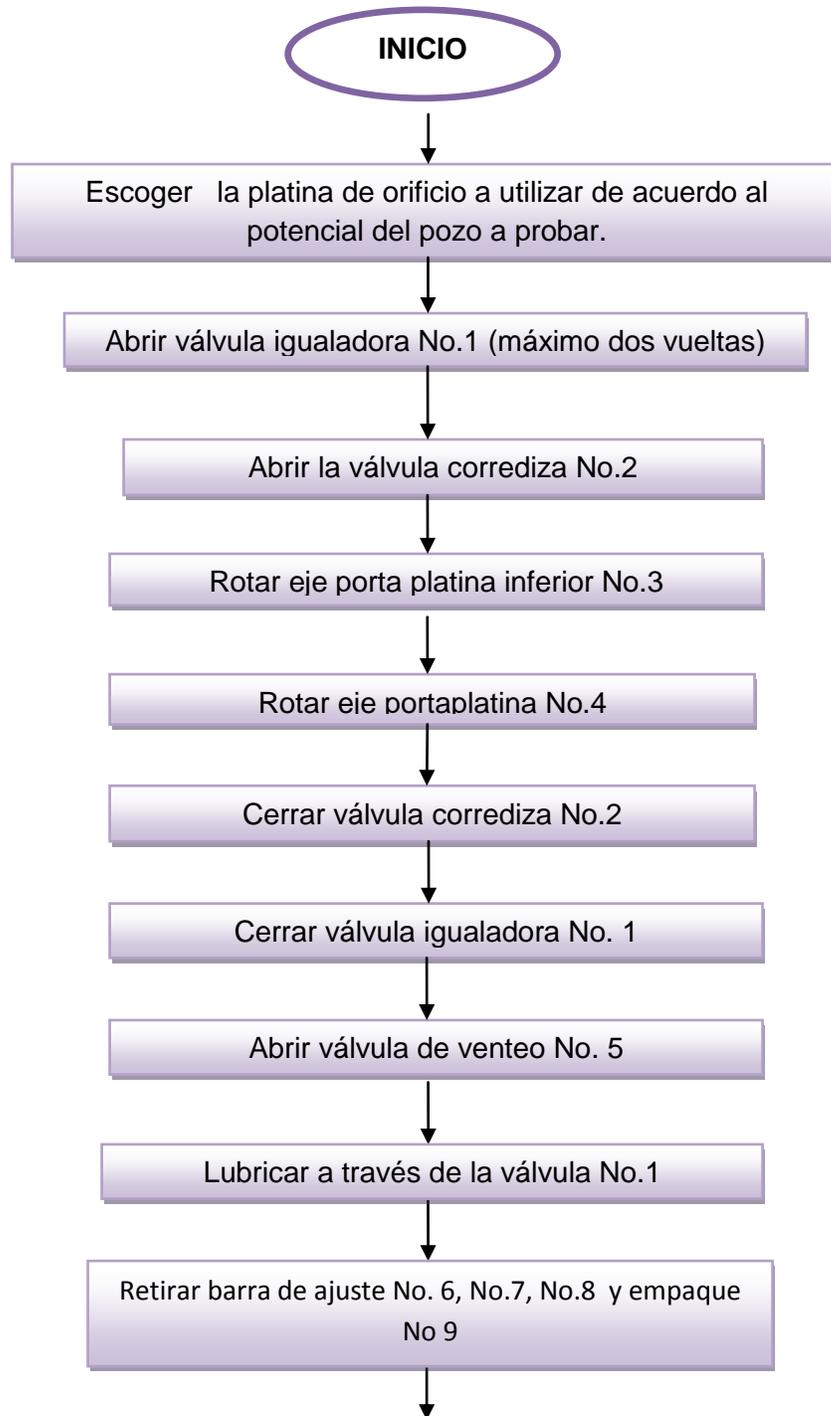


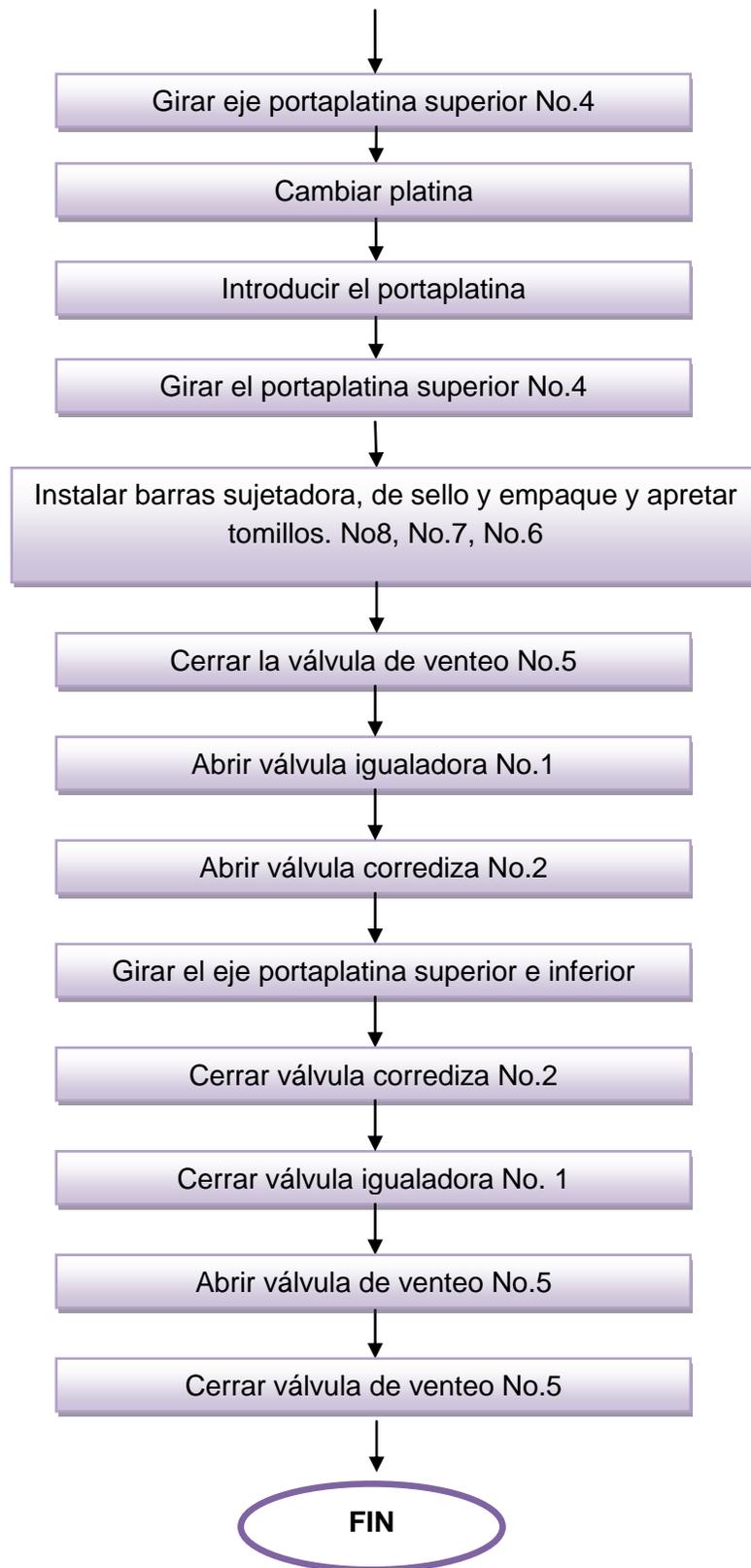
2. Prueba individual de un pozo.



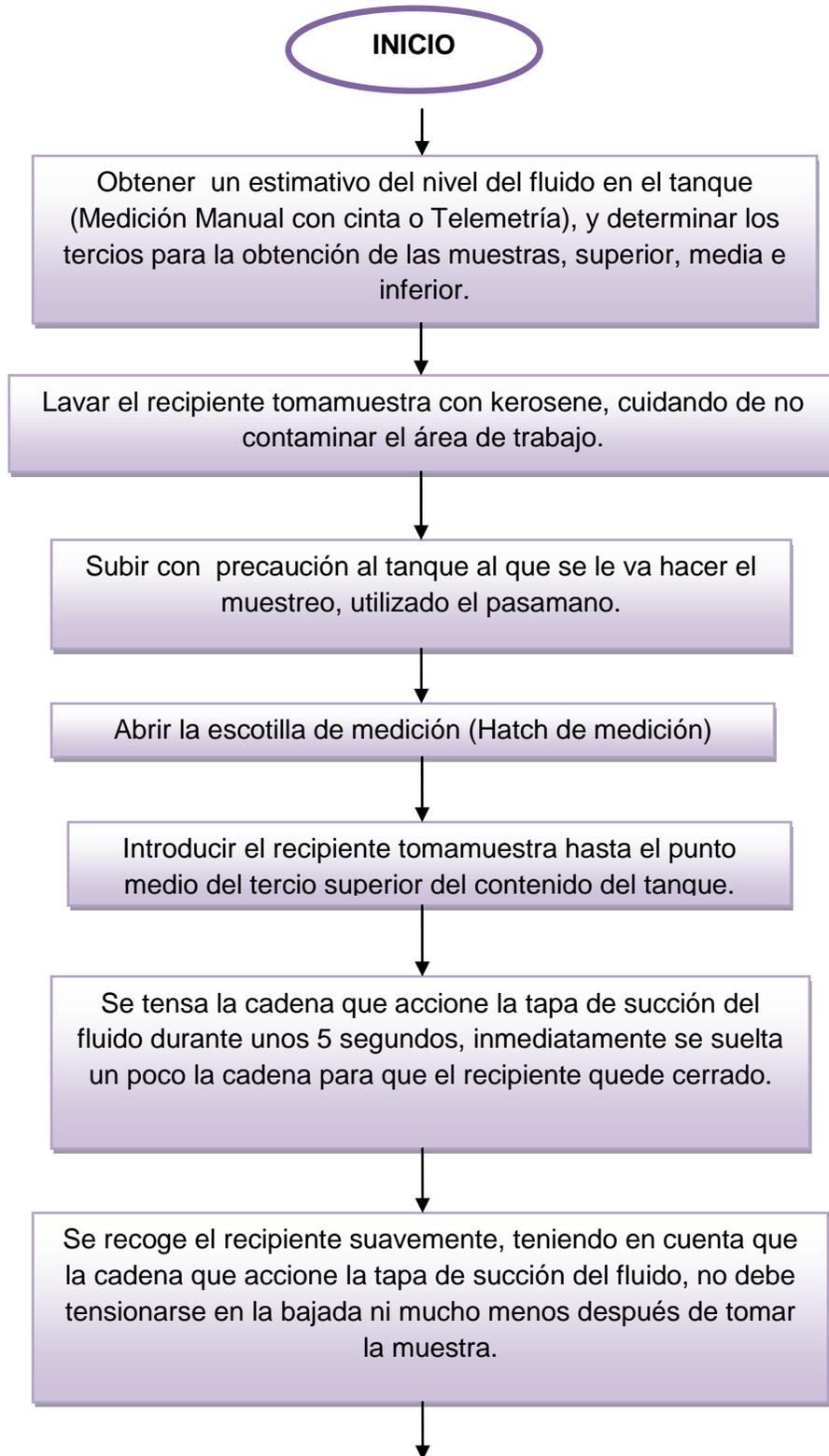


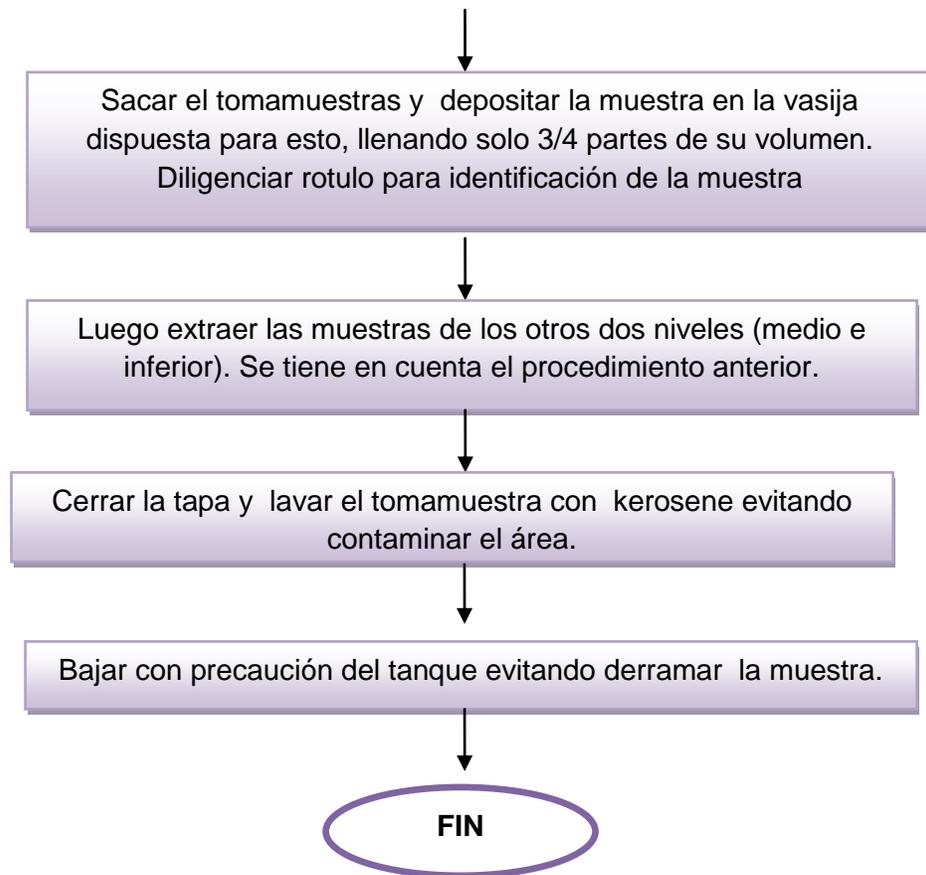
3. Procedimiento para el cambio de platina en medidor de orificio.



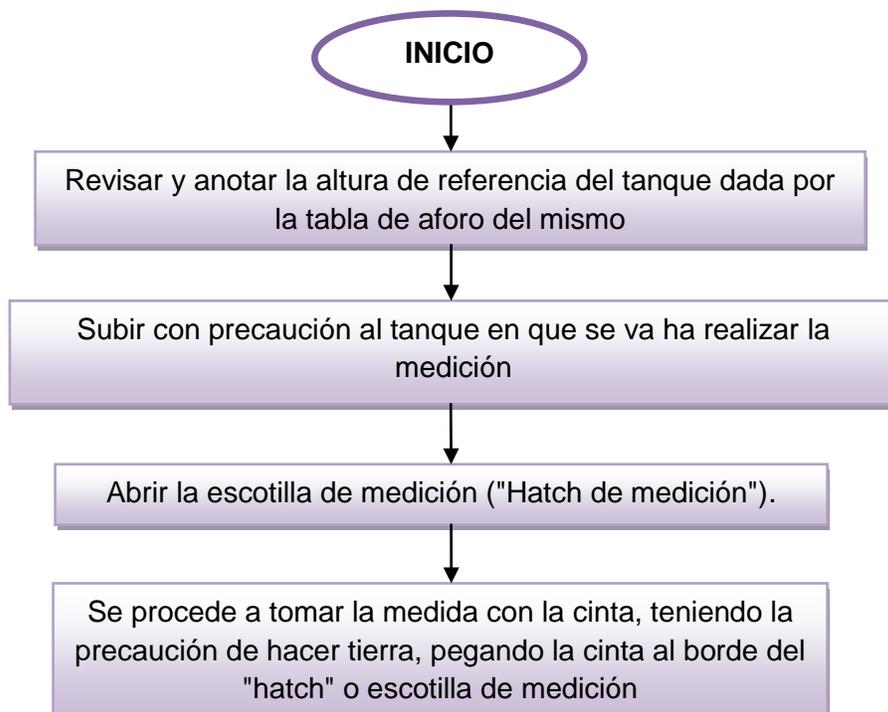


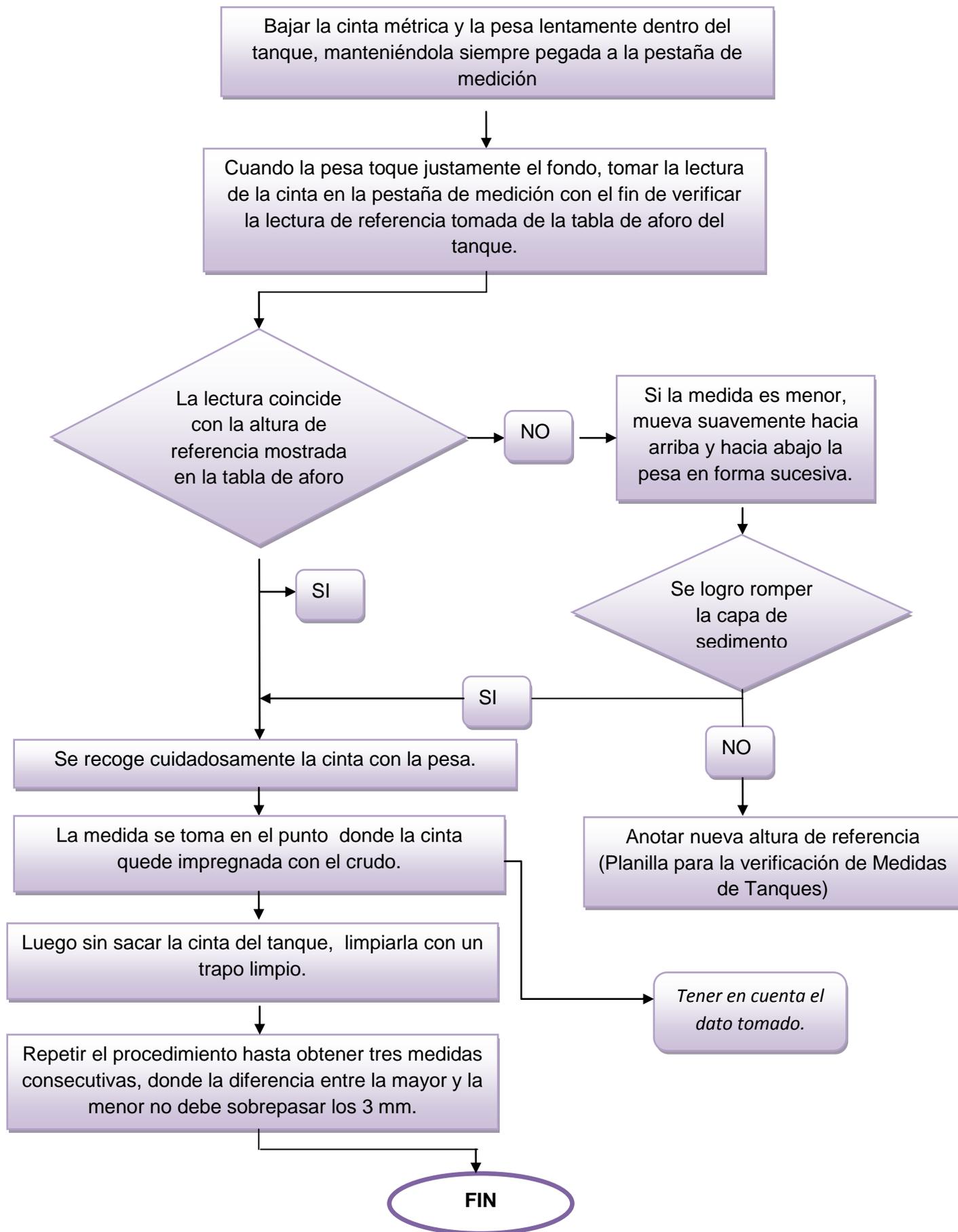
4. Procedimientos para el muestreo de tanques.





5. Procedimiento para la medición de nivel a fondo con cinta.





2. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE ENTRENAMIENTO

El software fue desarrollado en el lenguaje de programación Visual Basic, en este se simula todos los procesos llevados a cabo en una batería, esto permite que el usuario interactúe con todos los elementos que allí se sitúan con el fin de reconocer problemas e inconvenientes ocurridos en la operación. El funcionamiento de cada vasija está en función del modelo matemático y el dimensionamiento que se le dio.

Dicha herramienta consta de dos funciones esenciales:

1. *DIMENSIONAMIENTO.*

Esta opción está dirigida especialmente para ingenieros encargados del diseño de baterías, ya que se necesitan valores reales y lógicos para un buen funcionamiento.

Para armar una batería se necesita que el usuario seleccione el equipo deseado y lo habilite dándole las dimensiones correspondientes, de esta manera se forma la batería (todos los equipos) y se produce una plantilla.

2. *SIMULACIÓN*

Los usuarios tendrán que escoger una plantilla, cargar datos de entrada para simular el funcionamiento de la batería, podrán manipular todas las válvulas (salida o entrada), también tendrán una ventana de alarmas que le indicaran los eventos que están ocurriendo.

2.1 Modelo matemático

El software está orientado a simular los diferentes procesos que se realizan en las baterías de la Superintendencia Huila-Tolima, y aunque se consideraron los diseños generales de una batería, se tomó como referencia la batería Cebú con el fin de definir un modelo de caso de estudio que sirva como referencia para la elaboración del mismo.

Teniendo en cuenta que el simulador es una herramienta de entrenamiento, se omitió muchos factores que harían más complicado el dimensionamiento de la vasija, es por eso que se inició el desarrollo del modelo partiendo de la ecuación general para convertirla en una expresión sencilla y utilizable.

Condiciones asumidas:

1. Gas ideal
2. Separación inmediata
3. Diseño de vasijas con figuras geométricas conocidas
4. Temperatura constante.
5. Se despreciaron las pérdidas de presión por fricción en tuberías y accesorios.
6. La Tea y los compresores, no tienen un proceso asignado en la simulación son solamente gráficos.

Todos los equipos tienen unas condiciones iniciales de simulación (volumen, presión, nivel).

Condiciones de entrada:

- Garantiza el almacenamiento de fluido y tiempo de retención deseable

$$Q_{out} = \frac{Q_{in}}{1.2}$$

Q_{out} = Caudal de salida, BPD

Q_{in} = Caudal de entrada, BPD

- El fluido de entrada tiene como unidades BFPD, como el software simula cada segundo entonces fue necesario dividir por 86400 ya que un día tiene 86400 segundos. Además para tener una separación distribuida en el proceso realizado en la batería se debe hacer un balance de materia donde se determino la fracción de volumen separado en cada equipo.

$$Q_{Water\ Free} = \frac{Q_{in} * Bs\delta w * 0.9}{86400}, \left(\frac{bbl}{seg}\right)$$

$$Q_{Water\ emulsionada} = \frac{Q_{in} * Bs\delta w * 0.1}{86400}, \left(\frac{bbl}{seg}\right)$$

- Caudal de salida del separador, el agua emulsionada garantizara que halla separación en el gun barrel.

$$Q_{Oil} = \frac{Q_{in} * (1 - Bs\delta w)}{86400} + Q_{Water\ emulsionada}, \left(\frac{bbl}{seg}\right)$$

- El caudal de gas es definido como

$$Q_{Gas} = Q_{in} * RGL, \left(\frac{pcs}{seg}\right)$$

2.1.1 SEPARADORES

2.1.1.1 Horizontales

Se halló el volumen del separador con la ecuación de un arco, ya que este se llena en proporción a este.

Se halla el área trasversal de la vasija,

$$A = \frac{V * 5,6145}{L}, (ft^2) \quad (1)$$

Donde la longitud es la efectiva ósea es un $\frac{3}{4}$ de la longitud nominal, ya que se resta el espacio que ocupa las costuras. ($L_{efectiva}=(3/4)L_{ss}$),

Con la ecuación del arco y el área trasversal se igualan y se suponen diferentes ángulos (itera), hasta que la ecuación (1) sea igual a la (2), con un error del 0.5%.

$$A_{arco} = \frac{r^2}{2 * (\theta - \text{sen } \theta)}, (ft^2) \quad (2)$$

Cuando se tiene el ángulo exacto se halla el nivel del fluido.

$$h = D^2 * \left(1 - \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) \right), (ft)$$

2.1.1.2 Verticales

Se asemejo la geometría de un separador con un cilindro ya que es complicado conocer el área efectiva para el movimiento de fluido, es por eso que se diseño de tal manera que tuviera los accesorios obligatorios y espacio disponible para el asentamiento de fluido (líquido, gas).

- Es el volumen acumulado en el separador, ya que es la resta del caudal de entrada menos el de salida, más el acumulado en la interacción anterior.

$$V_{acumulado_t} = Q_{in} - Q_{out} (t) + V_{w_acum};$$

- Nivel de fluido (agua, aceite), se halla con la ecuación del volumen de un cilindro.

$$h = \frac{7.1486V}{d^2}, ft$$

2.1.2 Gun Barrel

- Es el caudal de entrada dado por el separador, este tiene un poco de emulsión por tanto la estadía en el gun barrel garantizara que se va a separara este contenido de agua.

$$Q_{oil} = Q_{in} - Q_{water\ Free}, \left(\frac{bbl}{seg} \right)$$

$$Q_{Water\ Free} = Q_{in} * 0.05, \left(\frac{bbl}{seg}\right)$$

Volumen Acumulado en cada segundo es;

$$V_{acumulado_t} = Q_{in} - Q_{out} * (t) + V_{w_acum};$$

Se halla el nivel, según la ecuación del volumen de un cilindro.

$$h = \frac{7.1486V}{d^2}, ft$$

2.1.3 Skimming Tank

Entra el caudal de agua que salió previamente del separador trifásico, este contiene una pequeña cantidad de aceite, como es difícil determinar la proporción exactamente, entonces a partir del historial de drenaje reportado en la batería Cebú se tomó el 0.0005% del volumen de entrada es nata.

$$Q_{Desnate} = Q_{Water} * 0.0005, \left(\frac{bbl}{seg}\right)$$

$$Q_{Agua} = Q_{in} - Q_{Desnate}, \left(\frac{bbl}{seg}\right)$$

Volumen Acumulado en cada segundo es;

$$V_{acumulado_t} = Q_{in} - Q_{out} * (t) + V_{w_acum};$$

Se halla el nivel, según la ecuación de un cilindro.

$$h = \frac{7.1486V}{d^2}, ft$$

2.1.4 Scrubber Y knock Out Drum

El caudal de entrada es el caudal de salida de gas del separador (trifásico + bifásico).

- Es el volumen acumulado en el recipiente (Scrubber o Knock out Drum), ósea es la diferencia de caudal de entrada y salida en un segundo, mas el volumen acumulado en el segundo anterior.

$$V_{\text{acumulado de gas}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}} * (t) + V_{\text{gas_acum}};$$

- Se halla la presión interna del sistema según los moles de entrada al recipiente, utilizando la ecuación de estado de gases reales.

$$P_{\text{interna}} = \frac{nRT}{V}$$

- La acumulación de líquido es:

$$V_{\text{acumulado de líquido}_t} = Q_{\text{int}} * (t) + V_{\text{líquido_acum}};$$

- Se halla el nivel de fluido, según la ecuación de un cilindro.

$$h = \frac{7.1486V}{d^2}, ft$$

Cuando el nivel sobrepasa la altura donde se encuentra la válvula de drene, entonces manualmente se abre el dispositivo y drena todo el líquido hasta ese nivel.

2.1.5 Tanques de almacenamiento

2.1.5.1 Tanque de Agua

Entra el caudal de agua que salió previamente del Skimming, este contiene una pequeña cantidad de aceite, como es difícil determinar la proporción exactamente, entonces a partir del historial de drenaje reportado en la batería Cebú se tomó el 0.0001% del volumen de entrada es nata.

$$Q_{\text{Desnate}} = Q_{\text{Water}} * 0.0005, \left(\frac{bbl}{seg}\right)$$

La diferencia del caudal de entrada y el caudal de desnate, nos resulta el caudal de agua libre.

$$Q_{\text{Agua}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{Desnate}}, \left(\frac{bbl}{seg}\right)$$

Volumen Acumulado en cada segundo es;

$$V_{\text{acumulado}_t} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}^*(t) + V_{w_acum};$$

Se halla el nivel, tomando como referencia la geometría de un cilindro;

$$h = \frac{7.1486V}{d^2}, ft$$

2.1.5.2 Tanque de Aceite

El caudal de entrada es la salida del caudal de aceite del Gun barrel. Este tanque tiene una bomba de transferencia, esta posee dos puntos de referencia para prender y apagar, osea, cuando llega a un nivel determinado bombea todo el liquido hasta el llegar al nivel donde se apaga. Este equipo no contiene ningún dispositivo de desnate por tanto el caudal de entrada es igual al caudal de aceite.

$$Q_{out} = Q_{in} \left(\frac{bbl}{seg} \right)$$

Volumen Acumulado en cada segundo es;

$$V_{\text{acumulado}_t} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}^*(t) + V_{w_acum};$$

Se halla el nivel;

$$h = \frac{7.1486V}{d^2}, ft$$

2.1.6 Válvulas y accesorios

Entrada:

Estas válvulas son on-off, ósea solo se pueden manipular de dos maneras abierta o cerrada. La salida de flujo depende de la presión y área de la válvula.

Descarga:

Cada equipo tiene un by-pass que contiene válvula reguladora de nivel, esta tiene diferentes % de apertura (0-100), que depende del caudal de salida, también posee una válvula manual para poder sacar de línea cualquier equipo o protegerlo.

$$A_{\text{max}} \text{ valvula} = \frac{\pi d^2}{4}, in^2, \text{ Área máxima de flujo por un círculo.}$$

- Se utilizó la ecuación tomada del libro Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. CRANE, que sirve para calcular el área de flujo en una tubería según el tipo de fluido, presión y diámetro.

$$A_{valvula} = \frac{Q_{out}}{0.04353216 \sqrt{\frac{P}{\rho_{fluido}}}}, in$$

- Para calcular el porcentaje de apertura de la válvula se utilizó la siguiente relación,

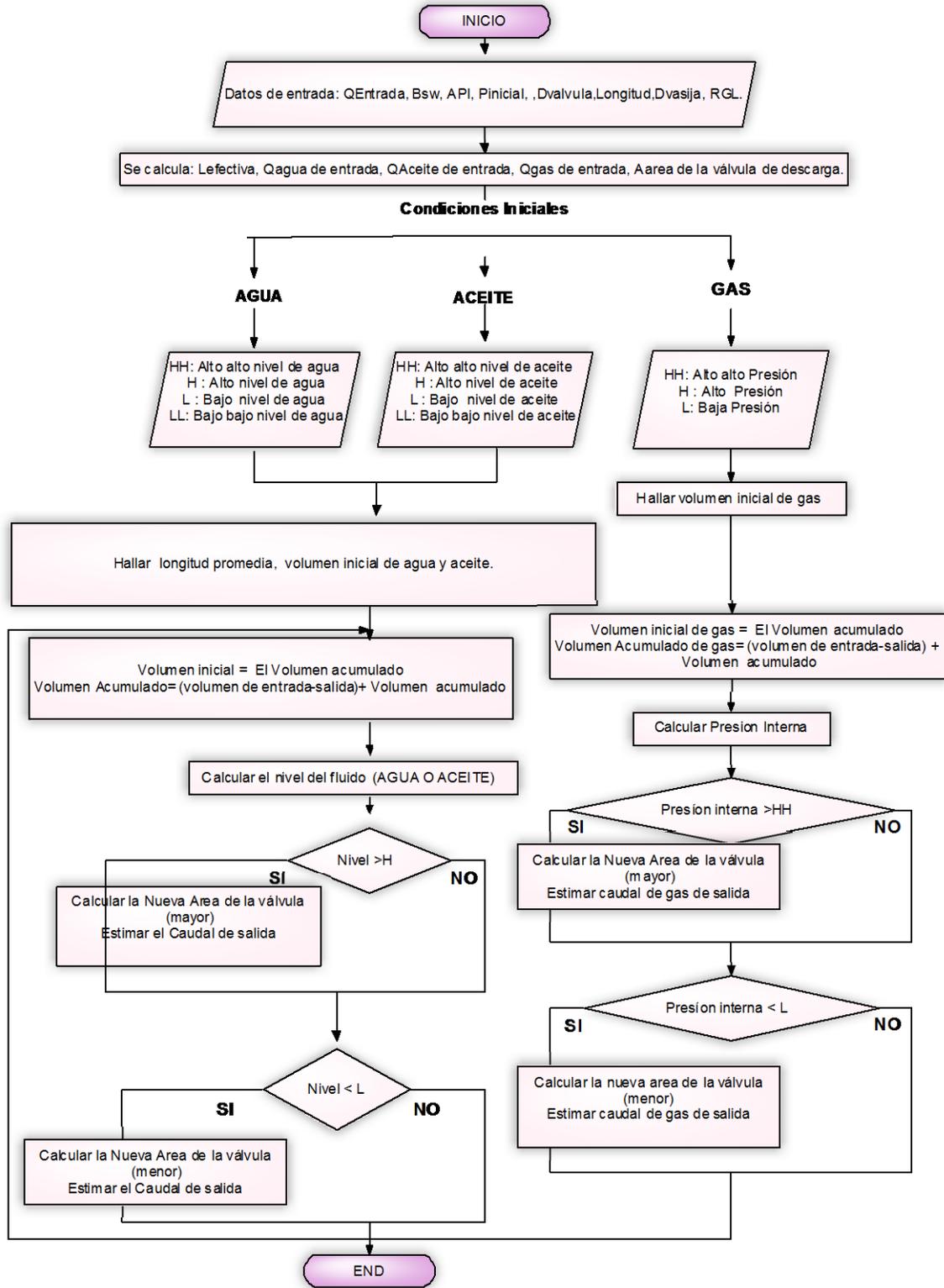
$$\% Apertura = \frac{A_{valvula}}{A_{max \square valvula}} * 100$$

Tubería:

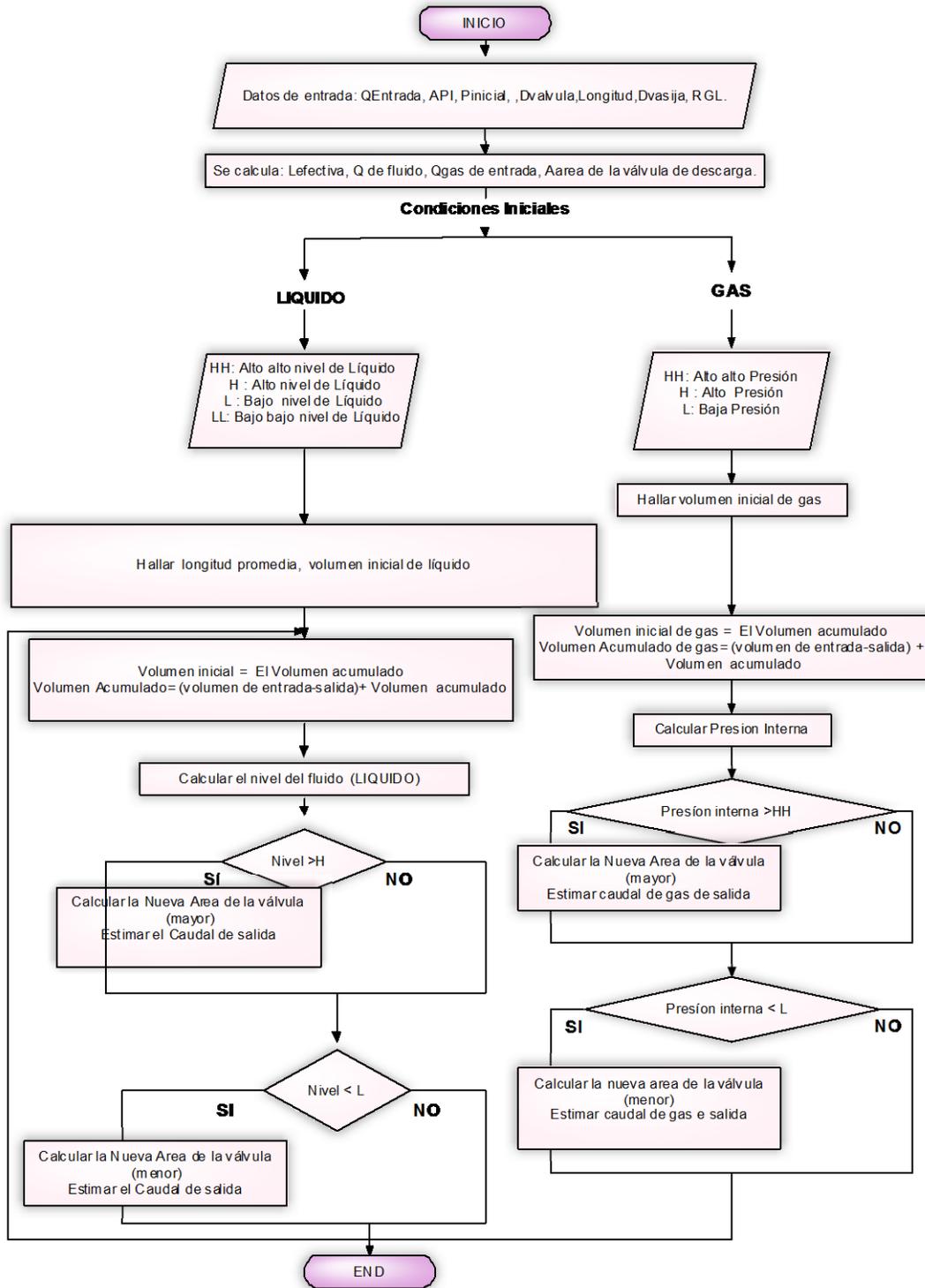
La tubería se compone de varios tramos con diferentes geometrías para así formar uniones.

2.1.7 Diagramas de Procesos

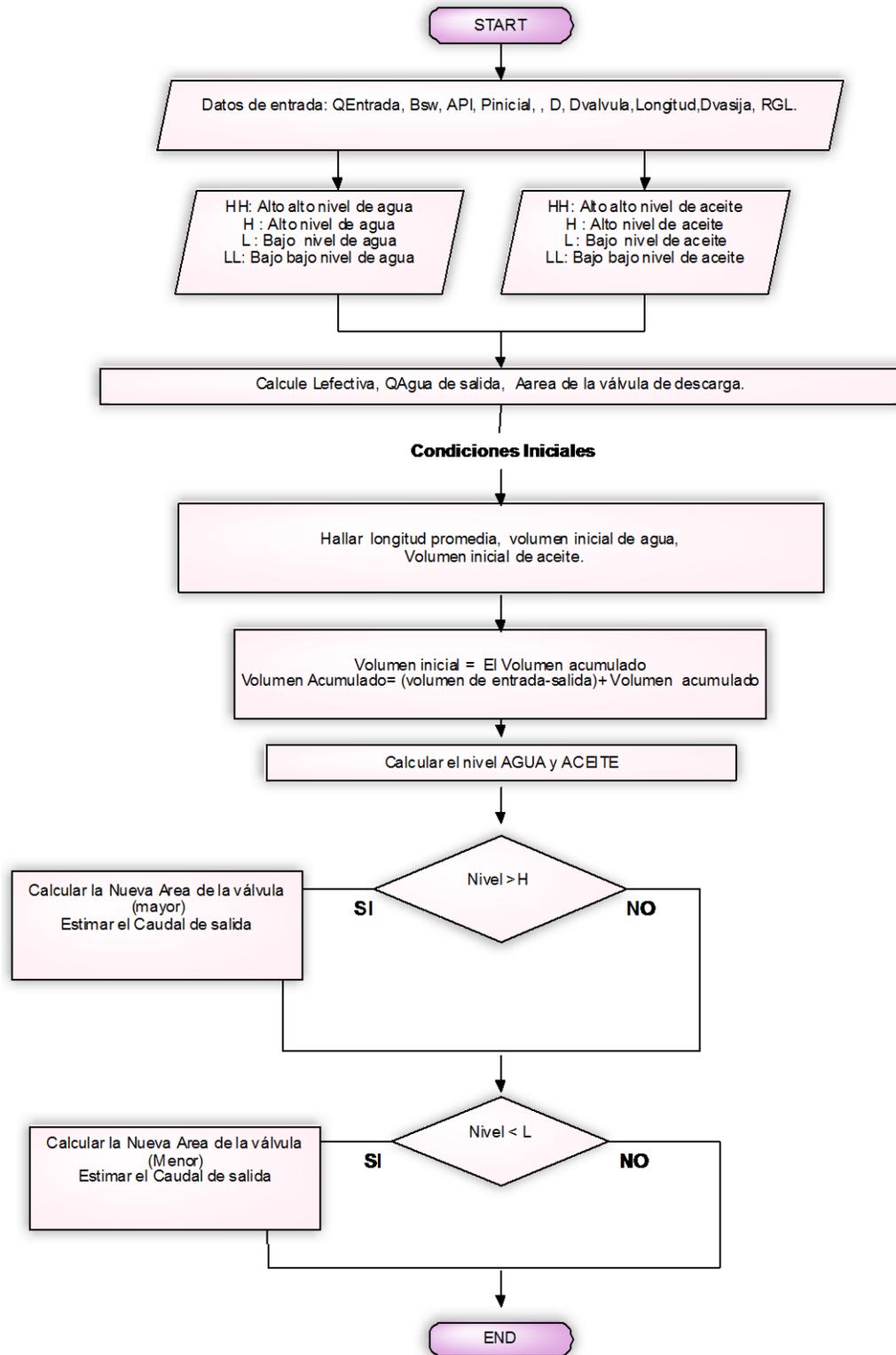
SEPARADORES TRIFÁSICO



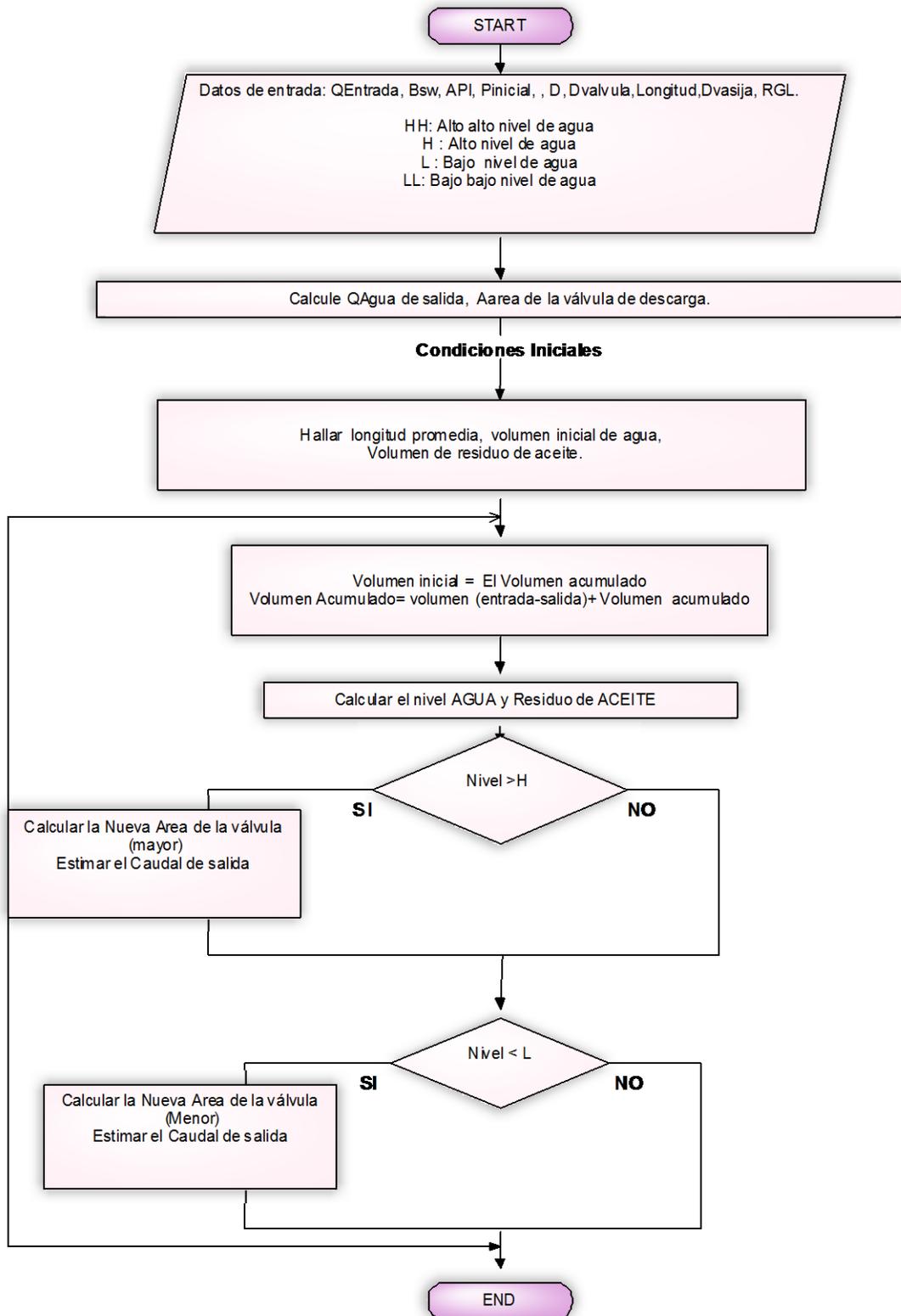
SEPARADORES BIFÁSICOS



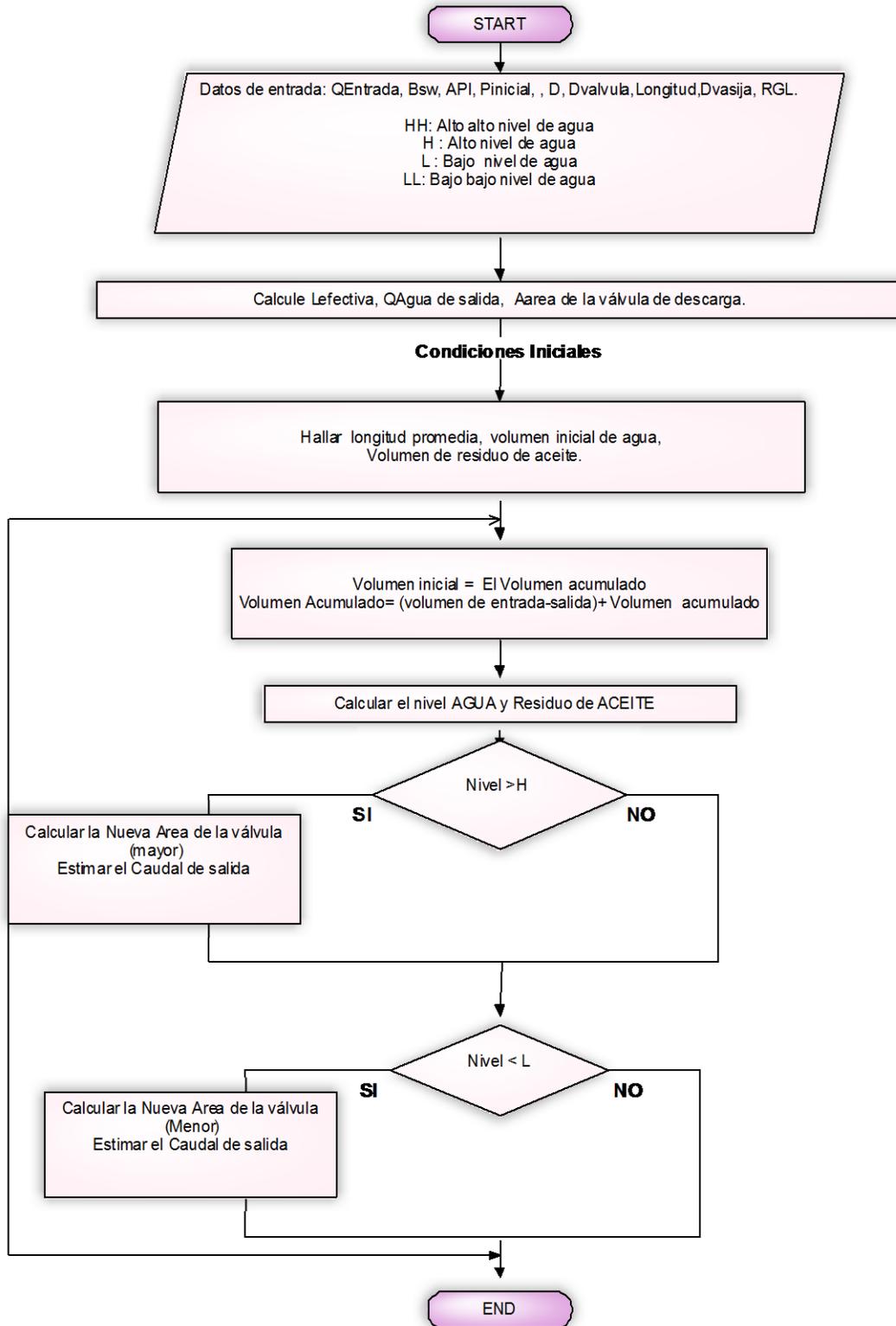
GUN BARREL



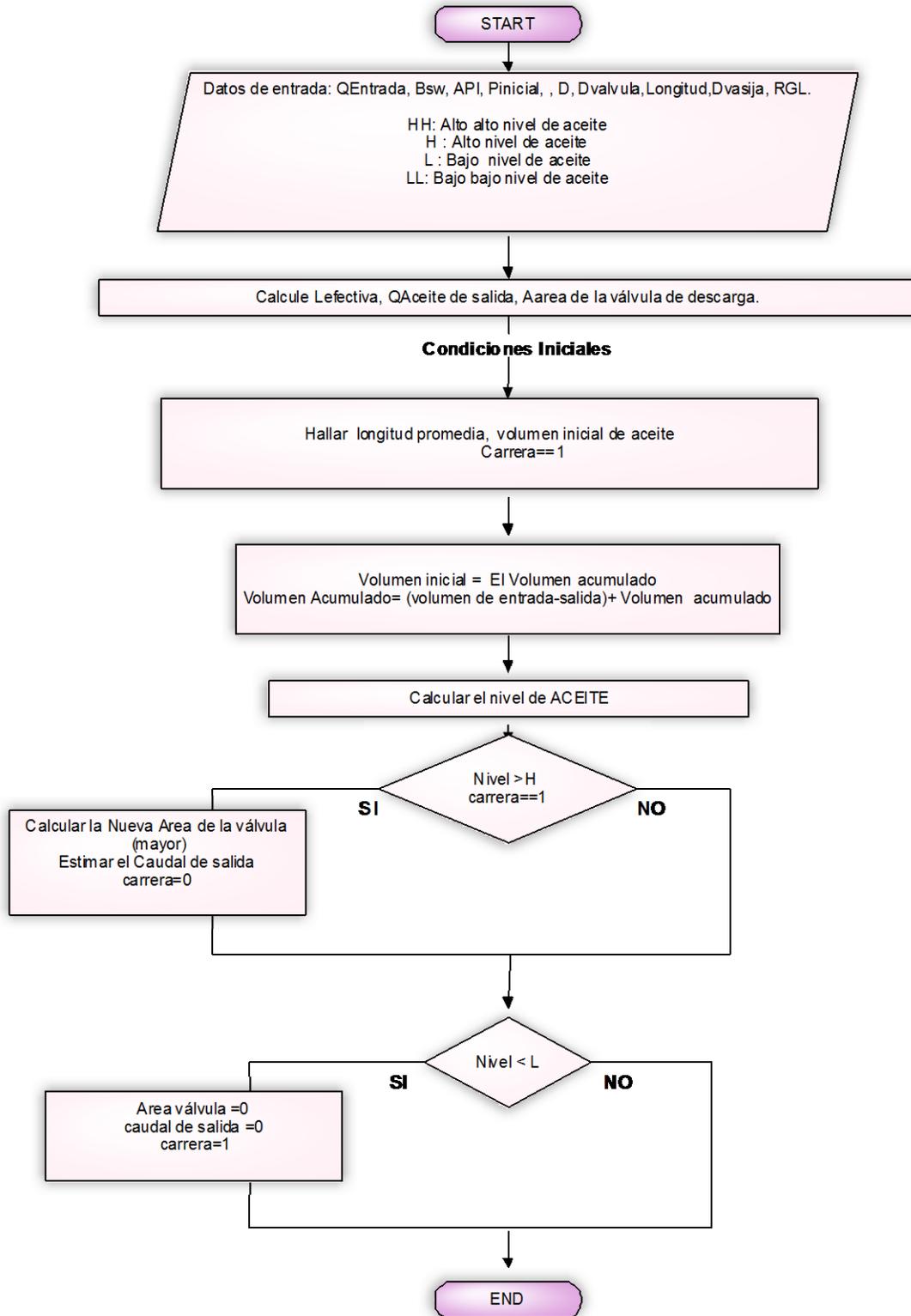
SKIMMING TANK



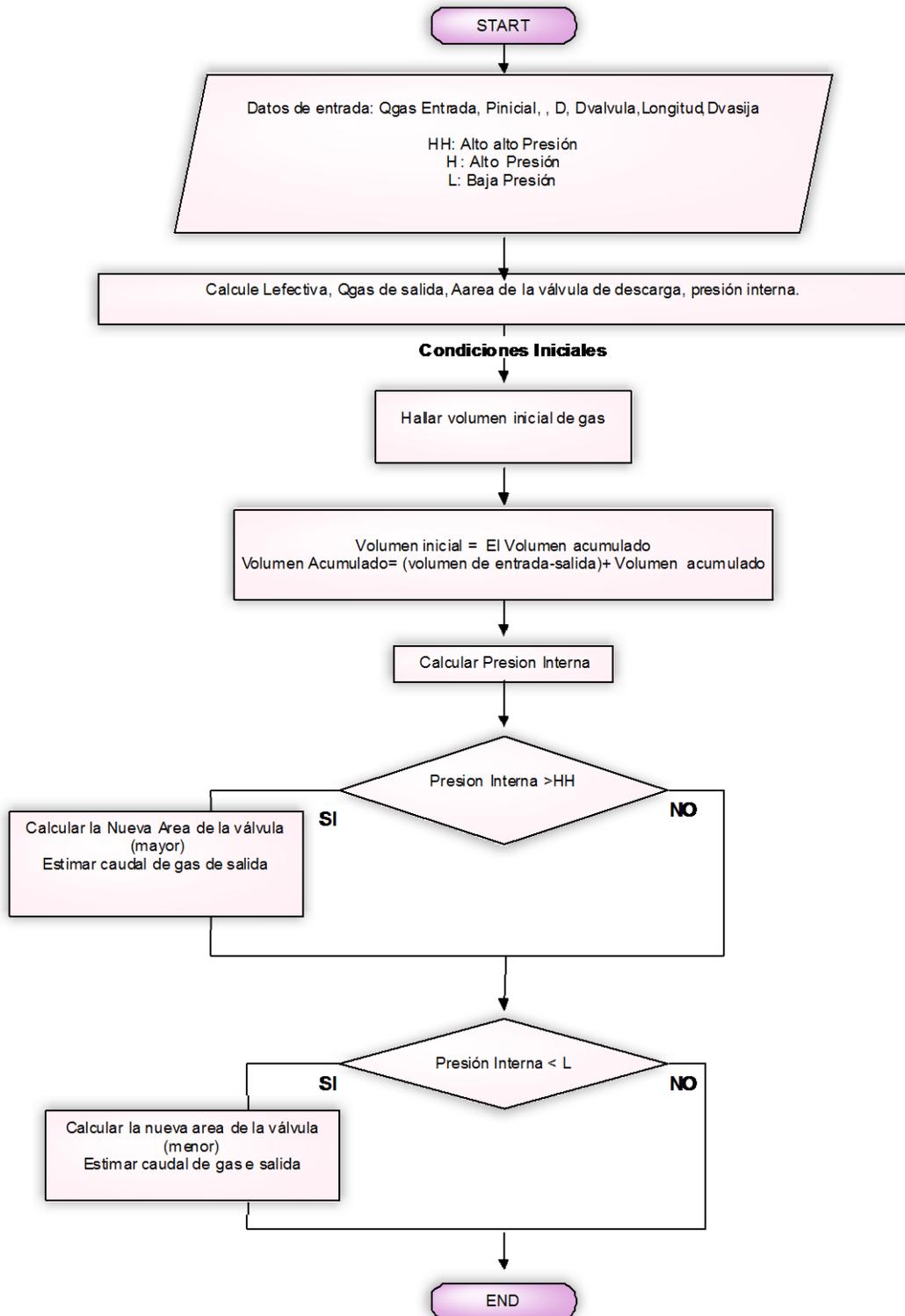
TANQUE DE AGUA



TANQUE DE ACEITE



SCRUBBER



2.2 INTERFAZ GRÁFICA. La interfaz Gráfica de Usuario diseñada brindara a sus usuarios un espacio virtual que busca semejanza con el entorno de trabajo real, con los objetivos claros de permitir el reconocimiento de algunos de los equipos y accesorios encontrados en campo y permitirá interactuar con los mismos, brindando la oportunidad de realizar algunos de los procesos y operaciones de rutina ejecutadas en campo.

Se diseñaron 2 tipos de interfaz de usuario:

- La primera de ellas se enfoca a un entorno en el cual será posible encontrar todas las herramientas teóricas y de contexto que iniciara a los usuarios en el proceso, además tendrá información específica de los procedimientos y documentos utilizados normalmente en la operación diaria de la estación, esto con el objetivo de dejar la aplicación como soporte en el trabajo diario de los operadores y se reconocerá con el nombre de **Manual de Operaciones**.
- La segunda consiste en un software que tendrá los elementos primarios que hacen parte de una batería y los visualizará en dos modos, un modo de diseño que está dirigido principalmente a los administradores del software y en el cual será posible crear las plantillas que corresponden a cada una de las estaciones, mientras en el modo de simulación será posible acceder a las plantillas ya establecidas e interactuar con el medio virtual de trabajo que se presenta y se reconocerá con el nombre de **Herramienta de Simulación**

La GUI (Interfaz Grafica de Usuario) diseñada para el **Manual de Operaciones** se desarrolló en **Macromedia Flash 8**.

La GUI (Interfaz Grafica de Usuario) diseñada para la **Herramienta de Simulación** se desarrollo en **Visual Basic. NET Express Edition 2008**.

Las dos herramientas soportan un entorno amigable y sencillo de manejar.

Antes de describir la GUIs realizadas, se especificará parte del diseño UML de la aplicación puesto que este lenguaje gráfico permitirá comprender la interfaz gráfica desarrollada.

2.3 DISEÑO DE LA APLICACIÓN. El desarrollo de un software didáctico que simule el proceso de recolección, Tratamiento, Almacenamiento y entrega de crudo en las baterías de la coordinación Huila de ECOPETROL S.A., es el objetivo de este proyecto, que tendrá como resultado una herramienta en la cual los operadores podrán practicar y aprender antes de iniciar su actividad en campo.

La herramienta debe brindar a sus usuarios la oportunidad de reconocer su entorno de trabajo y los elementos que hacen parte del él, además de ofrecerle una conexión directa al permitirle interactuar con cada uno de sus elementos y al mismo tiempo identificar las eventualidades que se pueden presentar al realizar cambios en los mismos, permite simular procesos fundamentales de operaciones de rutina, y visualizar efectos primarios de algunos problemas presentados en este tipo de estaciones.

Se reconocen ciertos requerimientos con los cuales debe cumplir el lenguaje de programación que se utilice para brindar la solución, basados en los siguientes requerimientos buscamos un lenguaje de programación que se ajuste a las necesidades:

1. Un lenguaje de programación que permita el desarrollo de entornos gráficos amigables y agradables.
 2. Un lenguaje de programación que permita manejos matemáticos en un buen nivel.
 3. Un lenguaje de programación enfocado a animaciones.
 4. Un lenguaje confiable (Estable y Robusto).
 5. El lenguaje de programación debe ser software libre o gratis, para evitar pago de licencias.
- Teniendo en cuenta que el desarrollo completo del proyecto compete 2 tipos de interfaz, se hablará de cada una de ellas independientemente.

Manual de Operaciones:

Se desarrolló en Macromedia Flash 8

Macromedia Flash 8 es una herramienta avanzada para desarrollar contenidos multimedia enfocados a Internet. Es una aplicación de uso sencillo que permite generar ficheros de pequeño tamaño con avanzadas características multimedia tales como animación, audio, interactividad, etcétera.

Este software no es libre, pero la Universidad Surcolombiana cuenta con su licencia y el proyecto en calidad de proyecto de grado puede contar con los recursos que la universidad tiene y bajo términos legales es posible usar.

Herramienta de Simulación:

Para el desarrollo de la herramienta de simulación se identificaron varios lenguajes de programación que podrían ajustarse a los requerimientos, entre los cuales están:

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación.

Matlab es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M), permite la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware. El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación) y GUIDE (editor de interfaces de usuario – GUI).

Estos lenguajes de programación están en la capacidad de brindar soluciones con entornos agradables tanto en la fase de desarrollo como en la de ejecución de la aplicación, son lo suficientemente gráficos y con un soporte en librerías matemáticas excelente, pero no son software libre, lo que requiere la compra de las licencias por parte de la compañía que hará uso de los ejecutables o de los desarrolladores de la aplicación, por esta razón se descartaron estos 2 lenguajes de programación.

Visual Basic Express Edition 2008 es un lenguaje de programación orientado a objetos. A partir de la introducción en el mercado de la versión 2005 de Visual Studio Microsoft publicó lo que se conoce como ediciones Express de distintos programas. Las versiones Express son versiones limitadas pero gratuitas, pensadas para usos no profesionales (principiantes, aficionados y pequeños negocios), existiendo una edición independiente para cada lenguaje.

Visual Basic Express Edition es una versión de Visual Studio limitada. Esta versión permite sólo programar en VB.NET.

Este lenguaje de programación cumple con los requerimientos que permitirán el desarrollo completo de la herramienta, las limitaciones que tiene esta versión express no complican el desarrollo ya que con los soportes que brinda suple las necesidades.

Al ser software libre soluciona el tema de las licencias de uso.

Por estas razones se usara este software para el desarrollo de la herramienta.

En la etapa de desarrollo y prueba de los modelos matemáticos de cada uno de los equipos se utilizó matlab como herramienta primaria, luego de tenerlos terminados y probados se pasaron a VB. NET Lenguaje usado para el desarrollo total de la Aplicación.

2.4 INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO. Las Aplicaciones desarrolladas se enfocan en la BATERIA CEBU, puesto que fue de ella que se recopiló la información, se realizaron las visitas a campo y se realizaron las pruebas con datos de la misma.

Manual de Operaciones. Esta aplicación consta de un entorno amigable en el cual será posible desplazarse por diferentes menús que contienen información de diferentes tipos, la información se clasifico según las necesidades manifestadas por la compañía, y se estructuro de la siguiente forma:

- Objetivos – Alcance _Glosario
- Generalidades de la Batería y Sistemas que Componen la Batería (*Encontrará información referente a los elementos que componen la Batería, el funcionamiento de cada uno de ellos (algunos animados) y sus características*)
- Procedimientos: Operaciones de Rutina – Contingencias – Problemas y soluciones (Encontrara toda la información referente a las operaciones representativas que se realizan en campo, el procedimiento para realizarlas(algunos animadas))
- Instructivos de Manejo del Simulador (encontrara documentos que le enseñaran a manejar el simulador)
- Biblioteca de Consulta (Documentos que servirán como soporte para los procedimientos realizados en campo y las normativas planteadas por la compañía)
- Información
- Contactos (información del personal que tiene conexión directa con la operación de la Estación)

Toda la información facilitada en esta Aplicación tiene como fin Iniciar al Usuario en el proceso de entrenamiento, es necesario que conozca y maneje los conceptos para poder hacer uso del Software de Simulación.

Herramienta de Simulación. Esta Aplicación consta de 2 modos de funcionamiento, Modo de Diseño y Modo de Simulación, cada uno de ellos se desarrolló con fines específicos.

El desarrollo y prueba de la herramienta se realizó basada en datos proporcionados de la Batería Cebú, pero la aplicación se diseñó para correr configuraciones que correspondan a otras Baterías, es por esta razón que el software cuenta con los dos modos de operación.

Modo de Diseño

Está orientado al administrador ya que brinda la opción de crear la configuración de la estación que se pretenda simular, se hablara de plantillas para facilitar la referencia a las mismas.

En este modo encontrará los diferentes elementos que hacen parte fundamental de una batería, entre ellos, Tubería de diferentes tipos, Válvulas y configuraciones de las mismas, Tanques de

Almacenamiento (Agua y Crudo), Separadores (Separador Trifásico Vertical – Separador Trifásico Horizontal – Separador Bifásico Vertical – Separador Bifásico Horizontal – Scrubber – Gun Barrel – Nock Out Drum Skimming Tank), Manifold; Con estos elementos y caracterizaciones propias que el programa le permitirá realizar al administrador, será posible conectarlos y dejar establecida una plantilla para ser usada en el modo de Simulación.

Modo de Simulación

Este modo de operación de la aplicación está orientado a los operadores que se encuentran en su etapa de entrenamiento.

Podrán encontrar las diferentes plantillas diseñadas correspondientes a diferentes Baterías, podrán tomar una de ellas para realizar la práctica, el sistema brindara una barra de herramientas que le permitirán iniciar la simulación y detenerla, dirigirse a la pantalla de alarmas, abrir y cerrar las plantillas, botones para desplazarse sobre la pantalla y una ayuda que brindara información referente a la forma de usar el simulador.

Las operaciones realizadas en las baterías y que este software pretende simular son operaciones en las cuales prima el movimiento de válvulas, ya que son ellas las que permiten obtener el funcionamiento óptimo y primario de las vasijas que hacen parte de las estaciones.

Se cuenta en este modo con visores de diferentes tipos que permitirán visualizar el funcionamiento de los equipos y en general de la batería, además cuenta con una sección de alarmas que mantiene actualizada una base de información que especifica las alarmas que se están generando durante el proceso para ayudar a los usuarios con su entrenamiento.

Este modo de operación brindara la opción de interactuar con su medio de trabajo pero de forma virtual, logrando que sus conocimientos se reafirmen y que reconozca la forma correcta de realizar ciertos procedimientos que debe realizar en la realidad de las labores de campo.

2.5 INTERFAZ GRAFICA EN MACROMEDIA FLASH 8 Y VB.NET

2.5.1 Interfaz Gráfica en Macromedia Flash 8. La interfaz grafica desarrollada en Flash 8, cuenta adicionalmente con una base de datos que contiene toda la información que está contenida en ella, la información letrada, la información grafica, la documentación anexa y las animaciones que hacen parte de la aplicación.

La base de datos en Microsoft Office Access, es la encargada de guardar y administrar la información que se visualiza en la aplicación, la base de datos fue creada con el objetivo de permitir a los administradores tener acceso a modificar los contenidos de diferentes tipos que son visualizados en el ejecutable.

Los archivos gráficos, documentación y anexos adicionales se encuentran ubicados y organizados dentro de una carpeta llamada **fscommand** que siempre debe estar junto al ejecutable, ya que el buscará la información que necesita en esta dirección.

Las animaciones creadas se desarrollaron independientes de la aplicación general y son llamadas de la misma para ser ejecutadas y será posible encontrarlas en la carpeta fscommand con extensión SWF, es posible visualizarlas independientes de la aplicación completa.

Las animaciones realizadas tienen como fin ilustrar el funcionamiento de algunos equipos, algunos procedimientos y operaciones llevadas a cabo en la batería.

2.5.2 Interfaz Gráfica en VB.NET. La interfaz gráfica desarrollada en VB.NET maneja dos aspectos importantes, la parte gráfica o visual que permite semejar el entorno de una batería y un parte funcional que permite realizar los cálculos pertinentes para soportar la etapa de simulación, es por ello que la programación de la aplicación se divide en dos funciones principalmente:

1. La primera de ellas se encarga básicamente del manejo gráfico y tiene que ver directamente con el modo de operación en estado de diseño, ya que en ese caso se necesita básicamente armar gráficamente la batería con los componentes que debe tener y adjuntar la información referente a cada equipo y del sistema en general.

La programación en esta etapa de desarrollo cuenta con código para cubrir los siguientes aspectos:

- ✓ Diseño General del Entorno
- ✓ Configuración para el acceso de los dos modos de operación
- ✓ Opciones para crear y eliminar plantillas
- ✓ Opciones para abrir y modificar información ya establecida
- ✓ Creación de métodos para guardar la información y transmitirla al modo de Simulación.

2. La segunda de ellas se encarga de reconocer la información proporcionada por el modo de diseño (información gráfica y de datos informativos del sistema que serán necesarios para comenzar la simulación).

Esta etapa tiene enfoque directo con el modo de Simulación, La programación en esta etapa de desarrollo cuenta con código para cubrir los siguientes aspectos:

- ✓ Recopilación de información para generar de nuevo el aspecto gráfico
- ✓ Creación de botones y visores que permitirán la interacción con los elementos de la batería
- ✓ Configuración de los modos de trabajo de los equipos y la caracterización matemática de los mismos.
- ✓ Código para identificar el orden básico de simulación referente a los elementos proporcionados por el modo de diseño.

Los párrafos anteriores mostraron el objetivo principal del software y aspectos representativos de su desarrollo, en adelante se ilustrará el manejo básico de la herramienta.

2.6 MANUAL DE USO DEL SOFTWARE

2.6.1 Manual de Operaciones. Al intentar Ingresar al Manual de Operaciones encontrara la presentación de la aplicación mostrada en la figura 1, al dar click en Entrar encontrara un pantalla como la mostrada en la figura 22.



Figura 22. Introducción del manual



Figura 23. Ventana de Objetivos

Encontrara Diferentes menús que le proporcionaran la información necesaria y que se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

- INTRODUCCION** * Objetivo * Alcance * Glosario
- BATERIA** * Generalidades * Video Recorrido por la Bateria
 - * Sistemas: Recolección – Inyección de Químicos – Separación – Depuración de Gas – Drenajes – Almacenamiento – Transferencia de Fluido – Contra incendios.



Figura 24. Alcances de la estación

- PROCEDIMIENTOS** * Operaciones de Rutina * Contingencias
 - * Problemas y Soluciones

Este menú maneja la mayor parte de las animaciones, ya que ilustra dinámicamente las operaciones de Rutina y las Contingencias.

SIMULADOR * Instructivo de Manejo * Ejecutar el Simulador

Este menú se encargará de ilustrar a los usuarios en el uso del Simulador, Indicará las opciones que se tienen para el control, las válvulas que será posible manipular, la convención de colores manejada por el sistema, las alarmas típicas que se pueden presentar.

Adicional un instructivo que indique la forma de ingresar al simulador y la ruta en donde será posible encontrarlo.

BIBLIOTECA * Instructivos * Procedimientos * Manuales * Formatos * Otros

En esta biblioteca será posible encontrar documentos que hacen parte del proceso de formación, entrenamiento y labores diarias de los operadores.

HSEQ * Políticas * Decálogo * ATS * Aspectos Ambientales

CONTACTOS * Operación * Urgencias

Los usuarios podrán navegar por la herramienta con el fin de proveerse de la información necesaria para sus actividades, pero esta aplicación también soporta cambios de contenido que deben realizar los administradores de la misma, para ello se cuenta con una base de datos que podrá encontrarse en la siguiente dirección: *fcommand \ Base_de_Datos \ DB* y se ilustra en la figura 25.

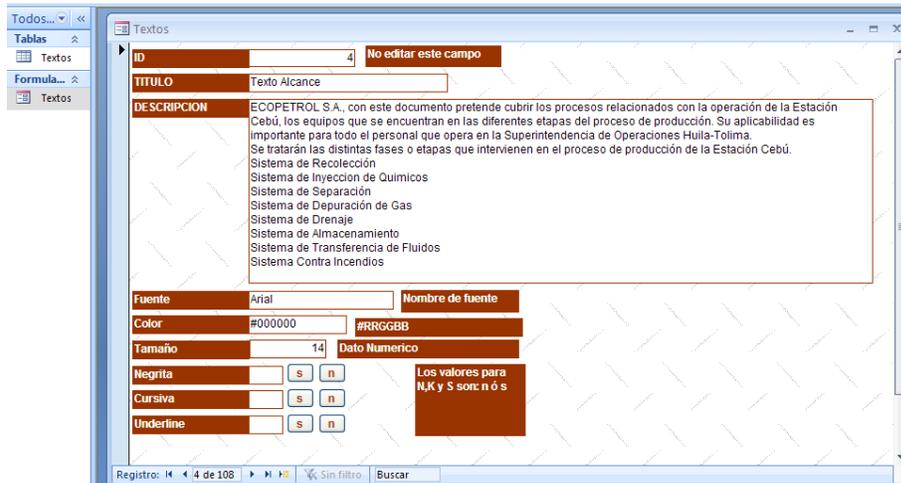


Figura 25. Base de datos

La base de Datos cuenta con:

ID que representa el identificador del Texto (importante por que es la variable que reconoce el ejecutable de la aplicación)

Título que permitirá llevar un orden de contexto en la información

Descripción que contiene la información o texto que será visualizado

Propiedades de Texto Fuente – Color – Tamaño – Negrita – Cursiva- Underline

Después de realizar los cambios pertinentes en la base de datos es necesario generar un archivo XML que será el que directamente lea el ejecutable de flash, este archivo debe ejecutarse siempre que se realice un cambio en la base de datos y debe guardarse siempre en la misma dirección ya establecida. Ver figura 29.

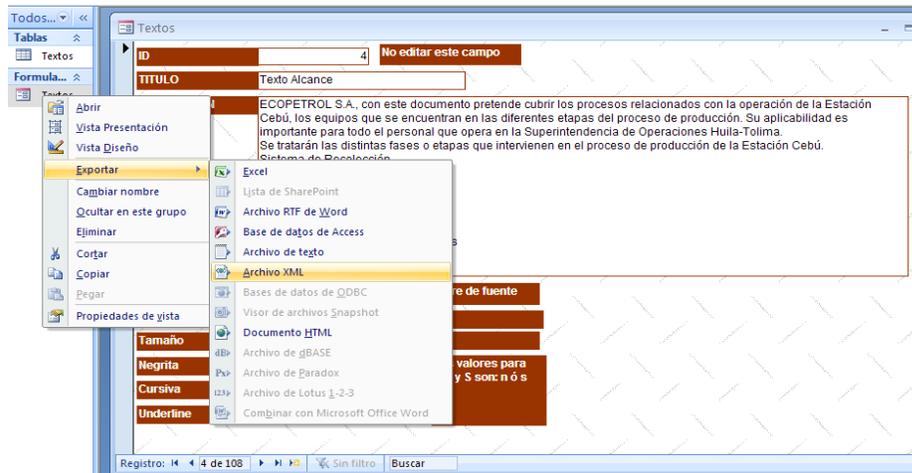


Figura 26. Archivo XML

Para realizar cambios en las imágenes, documentos, anexos es necesario dirigirse a la carpeta fscommand en la cual se encuentra la información organizada en subcarpetas.

2.6.2 Herramienta de Simulación. Al Ingresar al Software de Simulación visualizara una primera imagen del simulador, como la mostrada en la figura 30.

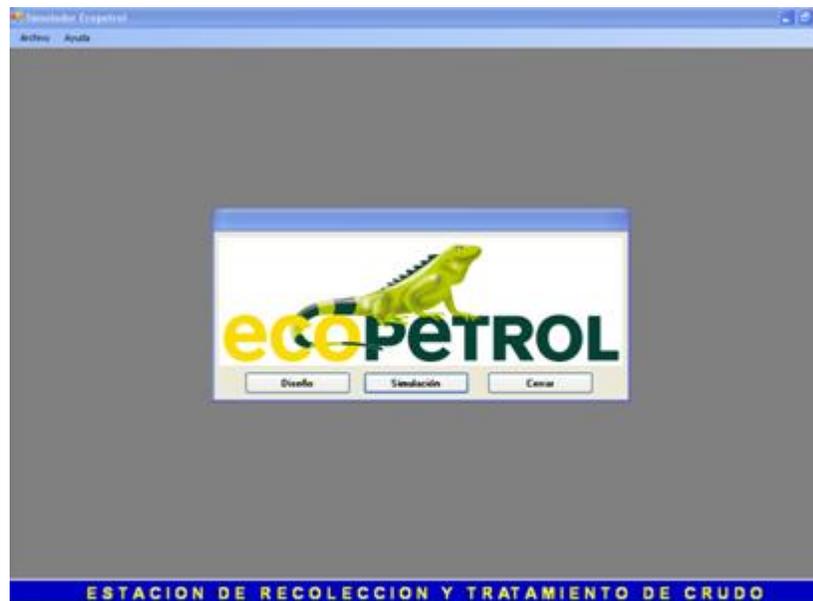


Figura 27. Página inicial del Software

En ella se ve claramente la opción de usar el programa en sus dos modos, Como primera instancia se hablara del Modo Diseño:

Al elegir la Opción en modo diseño se exigirá una contraseña para permitir el acceso, ver figura 31.

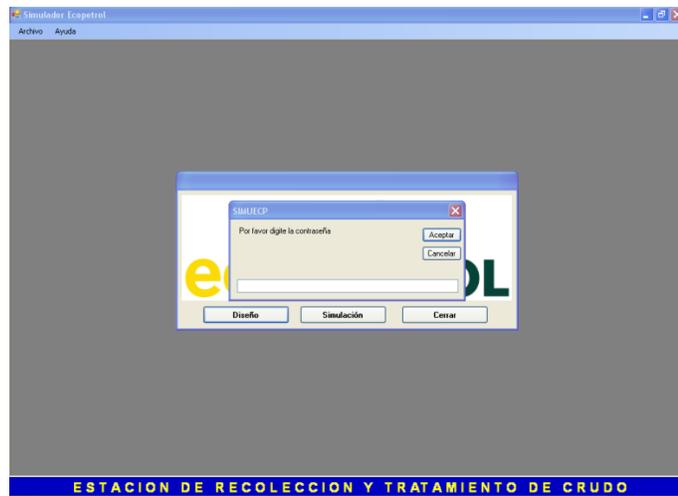


Figura 28. Software Modo Diseño

Después de digitar la contraseña correcta, tendrá acceso a dos menús:



Figura 29. Cuadro de dialogo

Menú Ayuda: Permitirá al Administrador cambiar la contraseña.

Menú Archivo: Cuenta con las siguientes opciones:

Abrir: Permitirá abrir platillas ya creadas, con el fin de realizar cambios gráficos o de soporte de información.

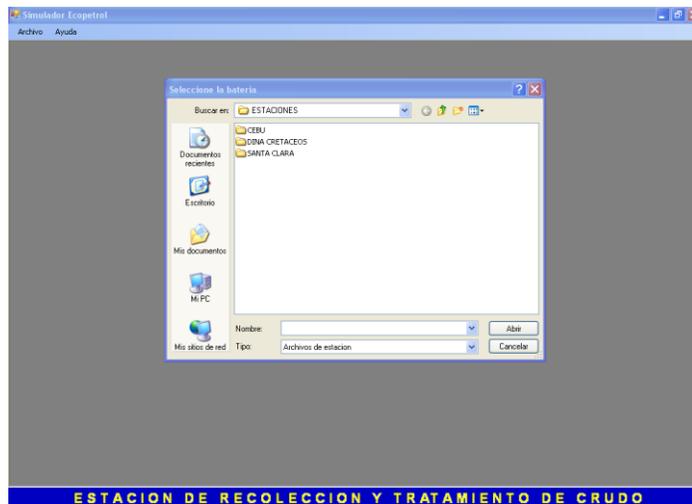


Figura 30. Selección de plantillas (Batería)

Nuevo: Permitirá Crear plantillas nuevas para representar estaciones que contienen configuraciones distintas.

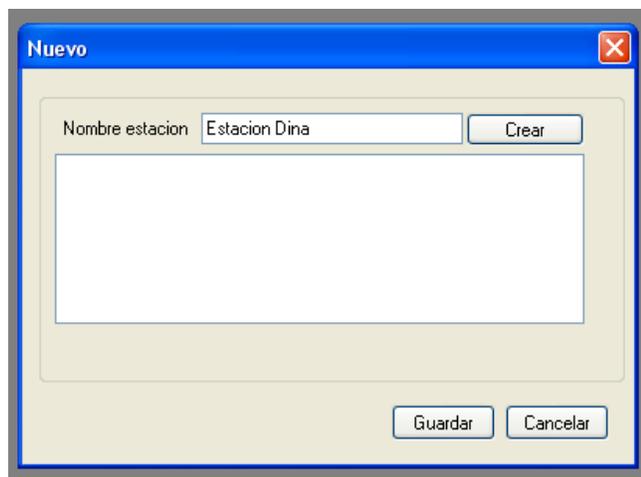


Figura 31. Crear una nueva plantilla

Al abrir la Ventana deberá indicar el nombre de la estación y la aplicación por defecto guardara el archivo en una ruta especificada que no podrá modificarse. Después de elegir si se desea modificar un archivo existente o crear uno nuevo, el administrador contara con una ventana como la mostrada en la siguiente figura,

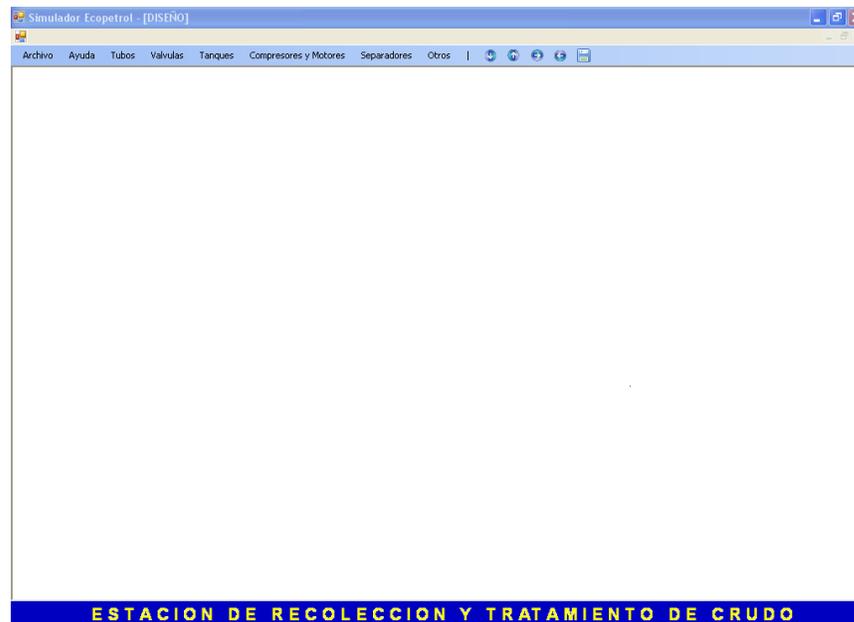


Figura 32. Ventana para armar una batería

En ella se reconocen diferentes menús que le brindan al administrador la oportunidad de elegir los elementos que desea cargar en su plantilla.

Tubos: se tiene una serie de tuberías, donde cada color simboliza el tipo de fluido que se transporta en ellas, la tubería de color verde se usa para transporte de agua, la tubería de color gris para el transporte de crudo y la tubería naranja para el transporte de gas.

En los modelos matemáticos propuestos y desarrollados para fines específicos de este trabajo, se desprecia las pérdidas de presión por fricción en tuberías y accesorios, por esta razón en el programa la tubería es solamente grafica pero existe una excepción con tubería tipo unión que tiene la función de direccionar fluidos, por esta razón cada vez que el usuario desee utilizar tubería debe indicar al programa de qué tipos es, grafica o tipo unión, para ello como se ilustra en la figura una ventana emergente obligara al usuario a proporcionar dicha información.

Cada vez que se elige un tipo de tubería el programa hará una consulta referente al tipo de tubería que se desea utilizar, y le brinda 2 opciones, tubería gráfica o tipo unión (realizará cálculos de división de fluidos o cálculos de acumulación de fluidos, según sea la necesidad).

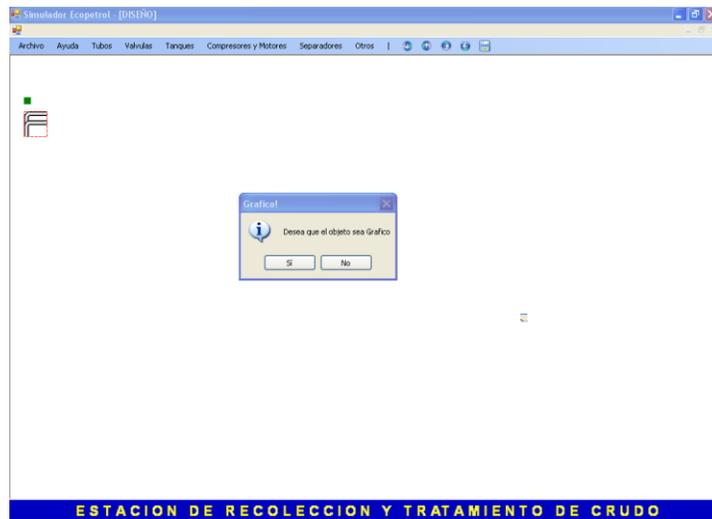


Figura 33 a. Ventana de pregunta

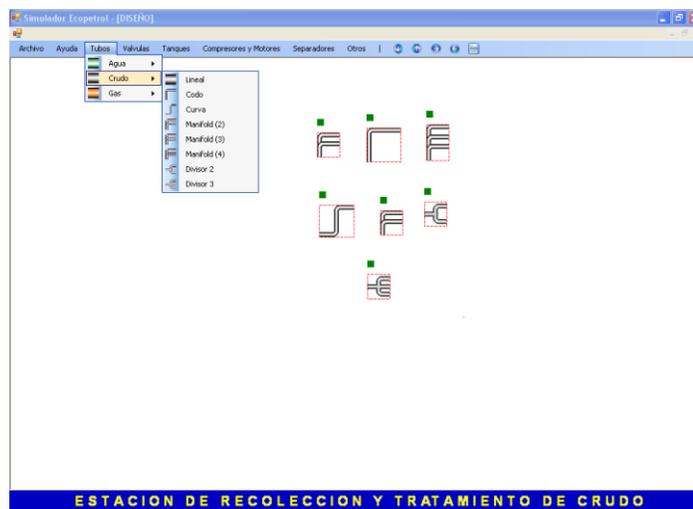


Figura 33 b. Ventana de pregunta

Válvulas: contiene una válvula manual y 3 configuraciones de válvulas conocidas como By-pass. (El símbolo grafico asumido para las válvulas es el mismo, pero es posible definir en sus propiedades el tipo de válvula y diámetro).

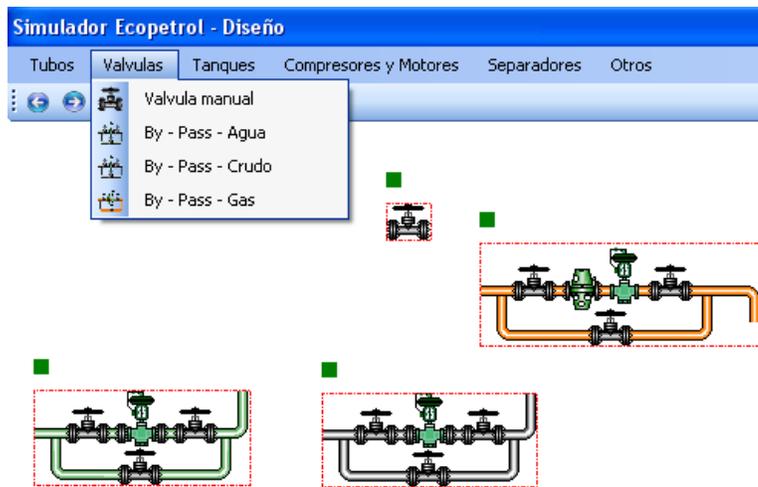


Figura 34. By-pass (líquido y gas)

Tanques: Se manejan 2 tipos de tanques de almacenamiento, Tanque de Agua y Tanque de Crudo.

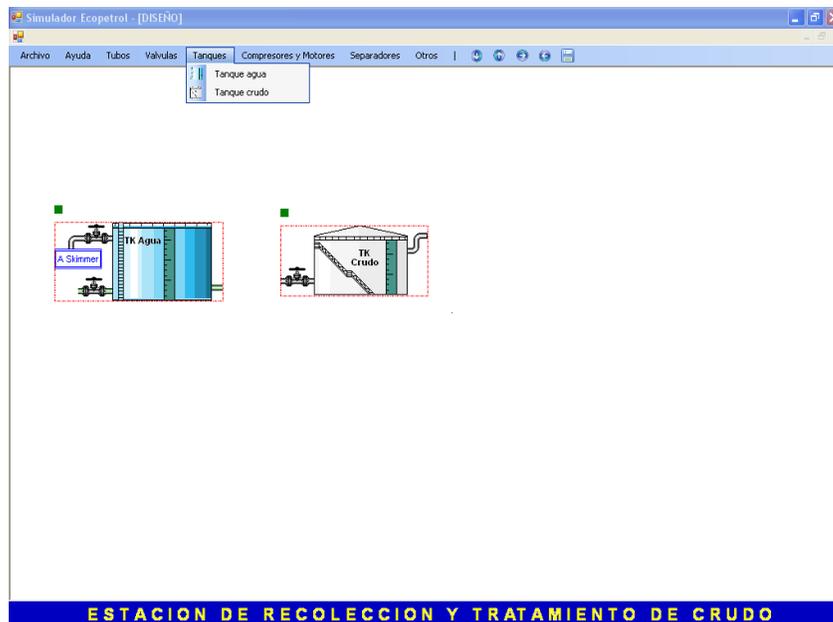


Figura 35. Tanques de almacenamiento

Separadores: Se tiene los tipos de los separadores más comunes y que manejan diferentes tipos de fluidos.

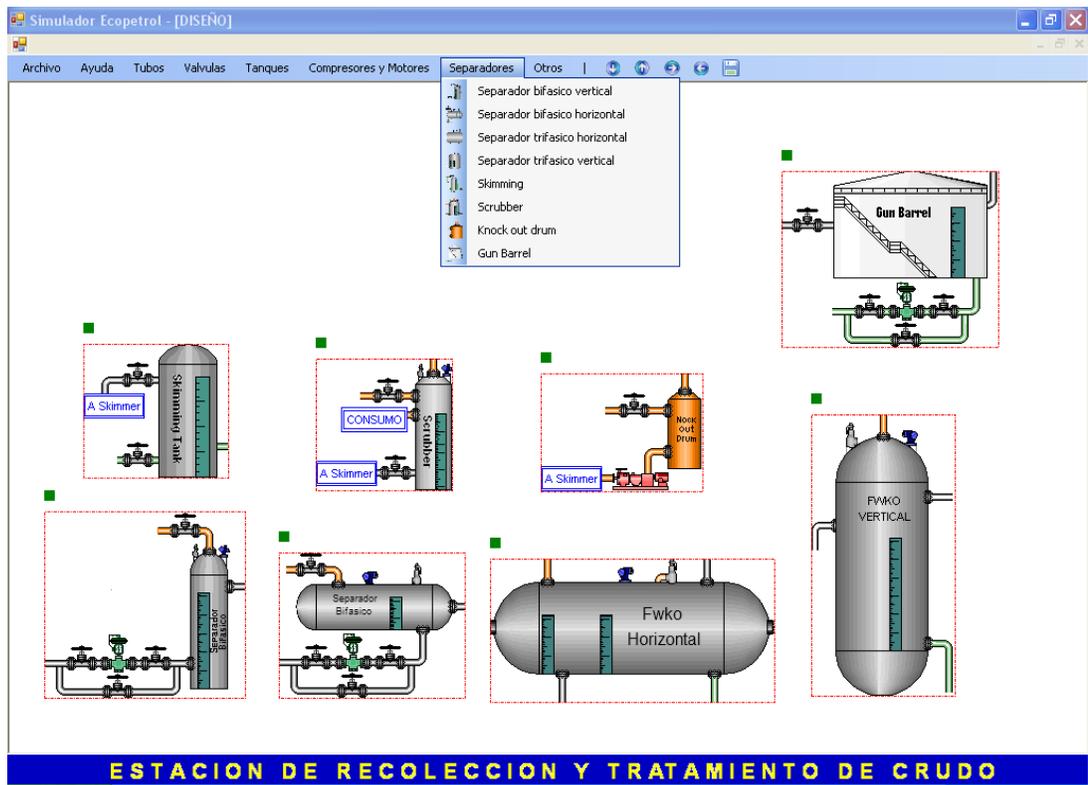


Figura 36. Tipos de separadores

Otros: En este menú encontrara la tea y 3 tipos de múltiples que se referencian como los más usados.

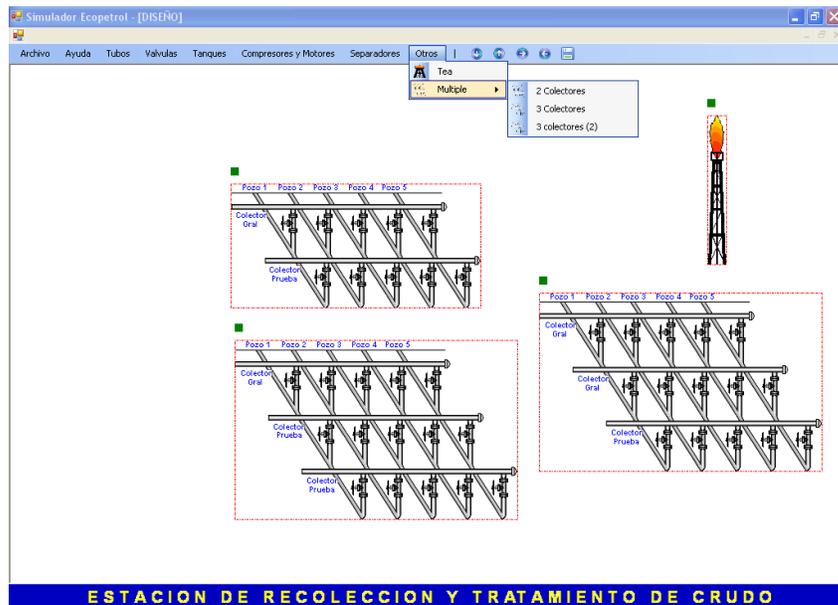


Figura 37. Tipos de Manifold

A cada accesorio de la Batería lo acompañan dos elementos importantes que tienen un fin en la estructura, estos elementos son un recuadro rojo y un punto verde al lado izquierdo.

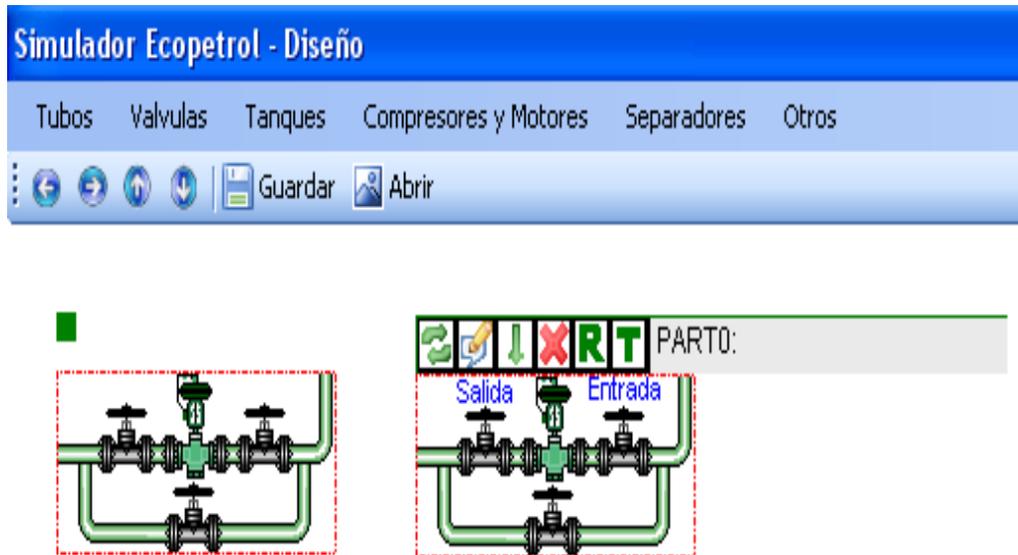


Figura 38. Ventana de la Barra de Herramientas

El punto verde cumple las siguientes funciones:

1. Permite desplazar los objetos sobre cualquier lugar de la pantalla, dando click sostenido sobre él.
2. Permite visualizar la barra de herramientas de cada uno de los objetos, al pasar el mouse sobre el punto verde.

La barra de Herramientas contiene los siguientes elementos:



Figura 39. Barra de Herramientas



Permite digitar el identificador o nombre del Objeto, en un cuadro de dialogo como el mostrado en la figura 39.

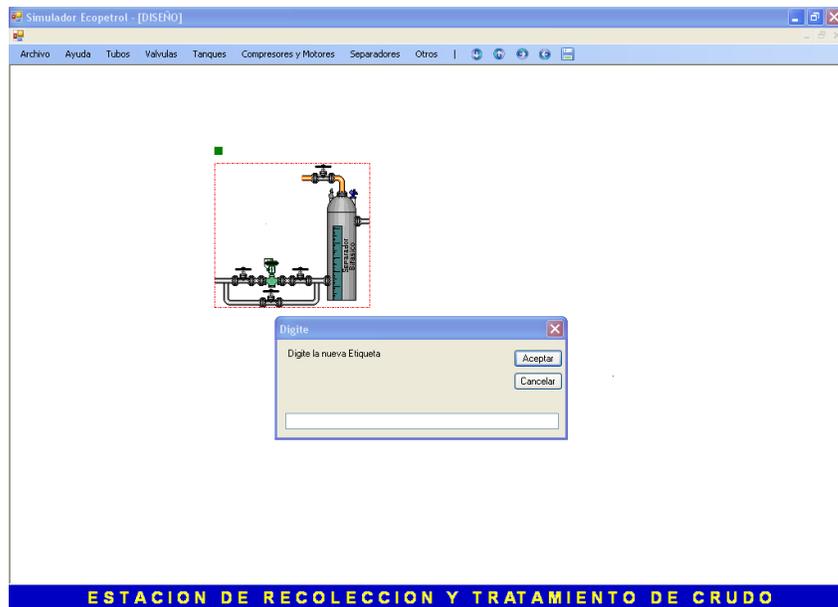


Figura 40. Cuadro de diálogo para asignación de nombre.



Permite tener acceso a los cuadros de diálogos correspondientes a los objetos, en ellos será posible digitar la información solicitada para el funcionamiento en modo de simulación.

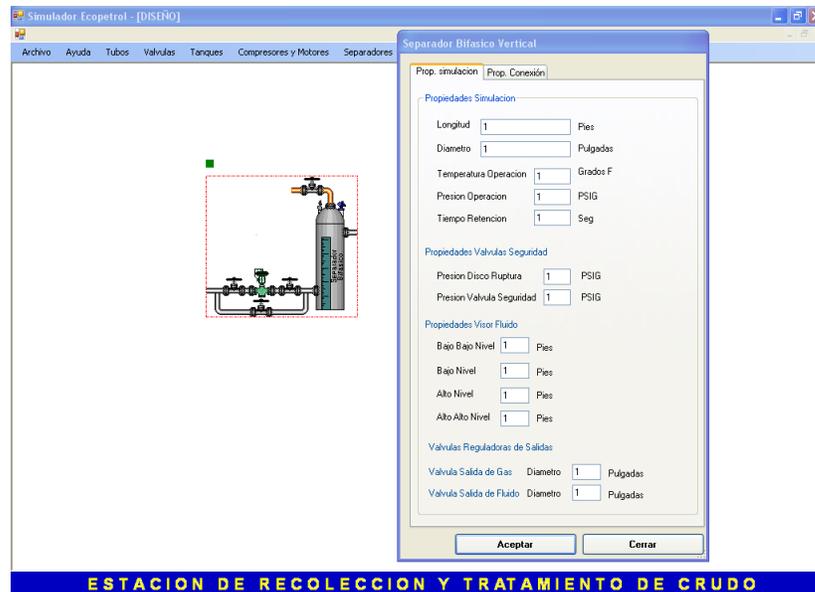


Figura 41. Cuadro de dialogo para dimensionamiento del equipo.



Permite enviar los objetos hacia adelante, esta herramienta con el objetivo de hacer amena y clara la visualización de la plantilla.



Permite eliminar los objetos, antes de ejecutarse completamente solicita al usuario la confirmación de la decisión.



Permite rotar los objetos, pero esta herramienta solo es funcional para los objetos tipo Tubería.



Permite indicar el largo de la tubería horizontal y vertical.

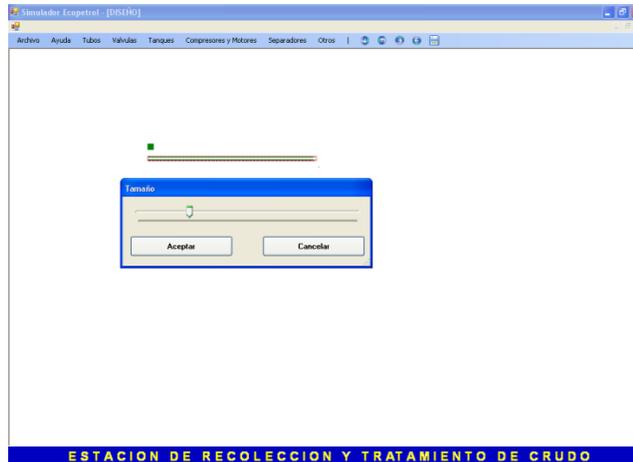


Figura 42. Dimensión gráfica de la tubería.

PART8: by pass gas

Permite visualizar los identificadores de los objetos, en este caso particular, PART8 es el nombre generado automáticamente por el software, mientras by pass gas es el nombre dado por el usuario.

El recuadro rojo cumple la siguiente función:

1. Indica que las propiedades de funcionamiento y de conexión no han sido digitadas, en cuanto todas las propiedades sean proporcionadas el recuadro rojo desaparecerá, esto con el fin de recordar al usuario la importancia de completar toda la información pedida.

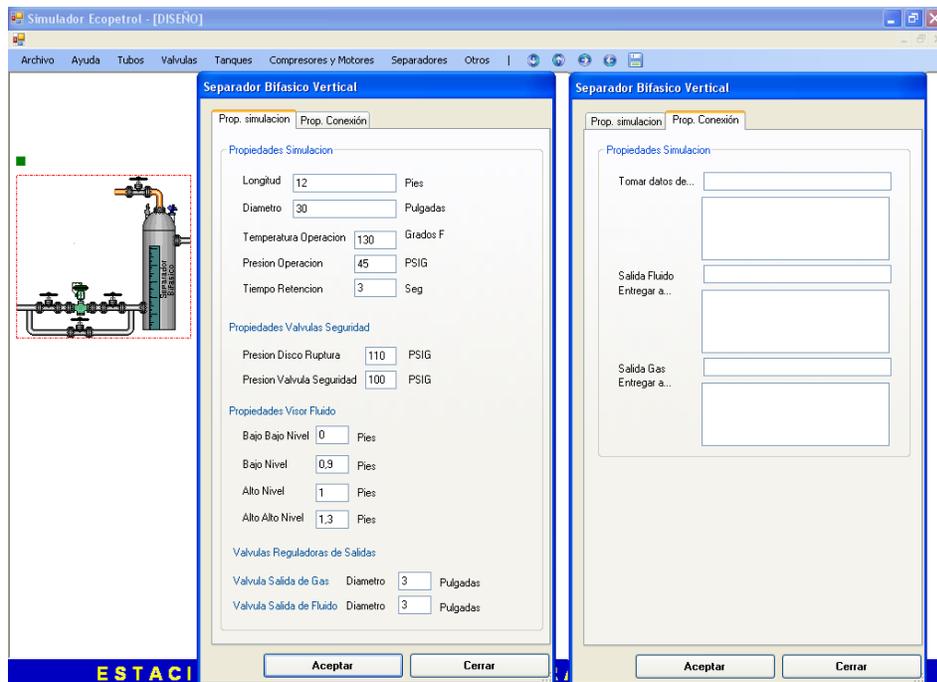


Figura 43. Cuadro de diálogo que indica falta de información

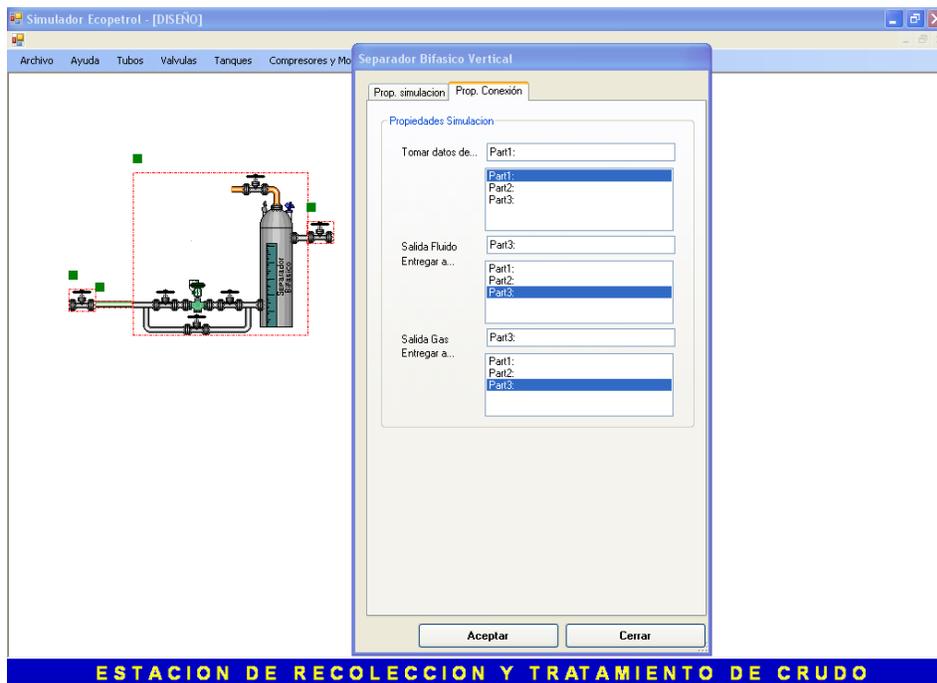


Figura 44. Cuadro de diálogo que indica la conexión entre equipos.

En la ventana de propiedades de conexión, el software brinda ayuda al usuario, ya soporta listados de objetos a los con los cuales es posible realizar las conexiones.

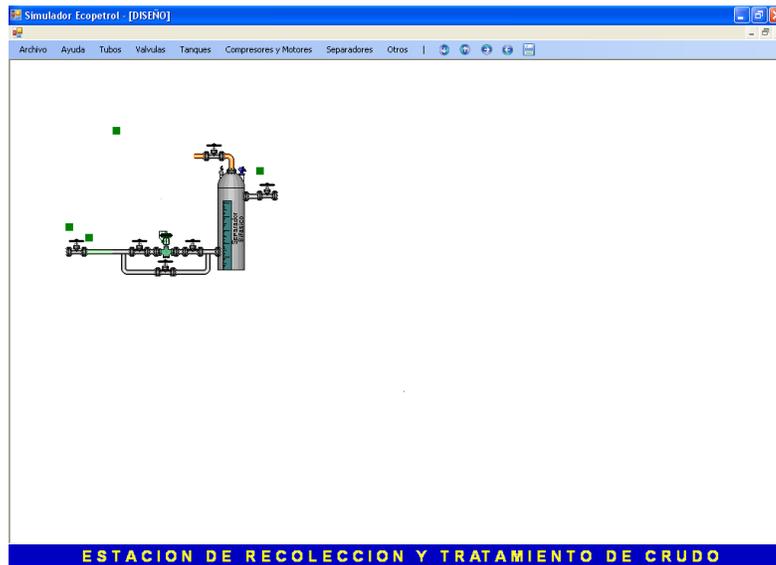


Figura 45. Equipo con válvulas correspondientes.

Con las pautas anteriormente nombradas es posible utilizar hacer uso del modo de diseño en su totalidad, tener en cuenta que al momento de crear las plantillas se debe tener conocimiento pleno de las propiedades de la estación que son solicitadas por el software. En adelante se explicara el manejo del simulador en modo de Simulación.

Modo Simulación:



Figura 46. Página inicial del Software

Al tomar la elección por el botón de Simulación, encontrara enseguida una vista como la mostrada en la figura 47.

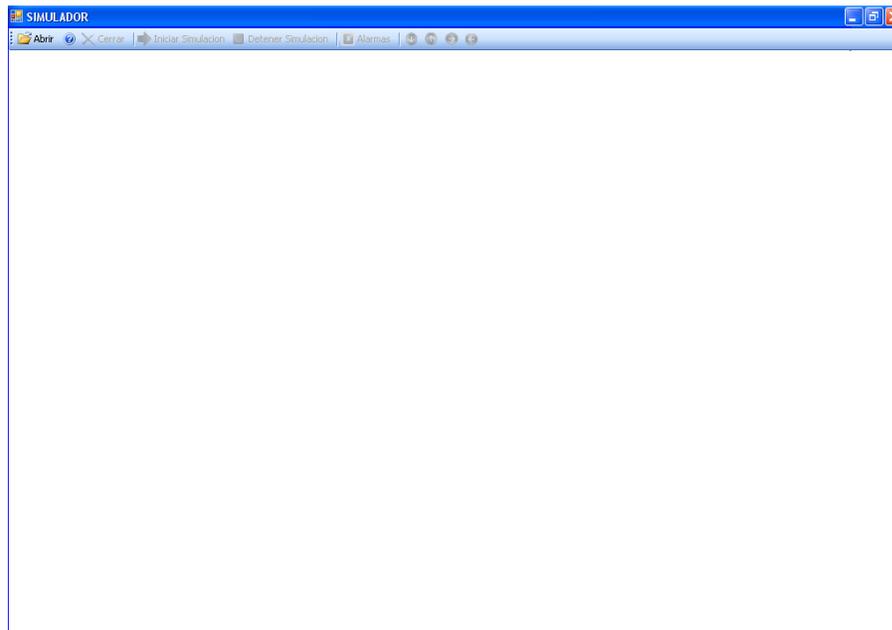


Figura 47. Página principal del software en el modo simulación

En la cual se reconoce una barra de herramientas como la siguiente:



En la cual se encuentran habilitadas inicialmente dos opciones:



Permitirá tener acceso a las plantillas existentes, con un cuadro de búsqueda como el de la figura 48.

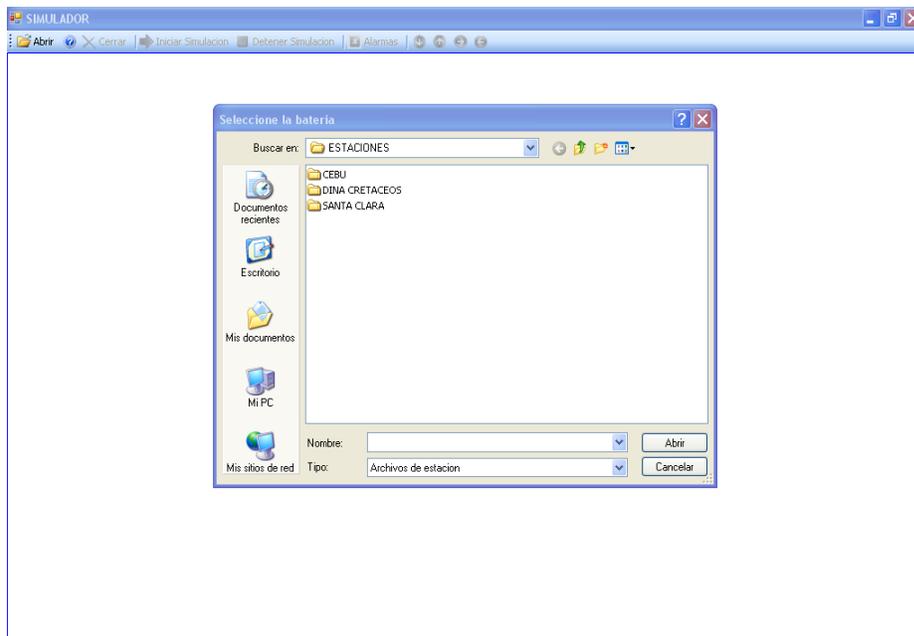


Figura 48. Cuadro de diálogo para seleccionar plantilla deseada.



Permitirá obtener una ayuda o manual de operación del software.

En cuanto se elija la plantilla sobre la cual se va a trabajar, visualizara una imagen como la mostrada en la siguiente figura,

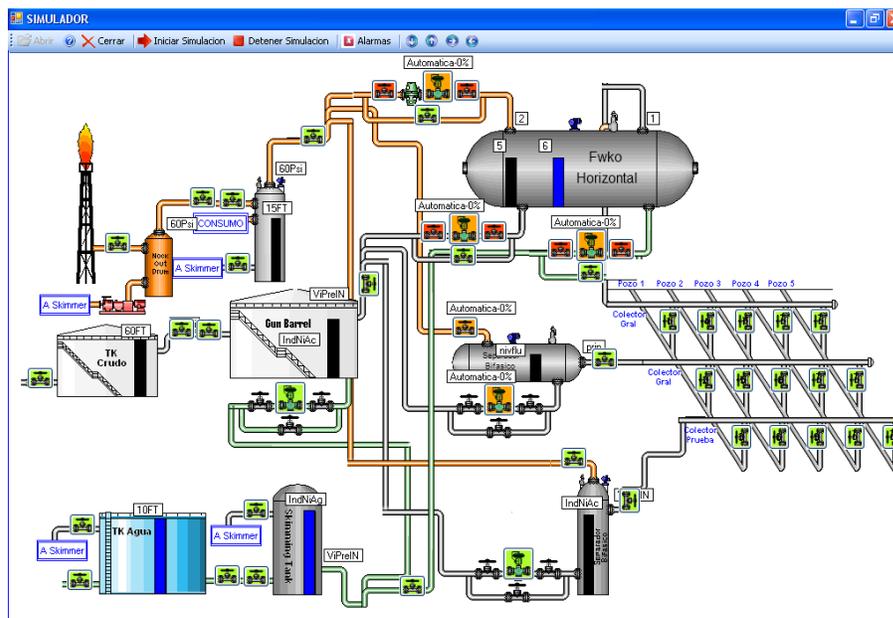


Figura 49. Plantilla seleccionada (Batería Cebú)

En la imagen se puede verificar varios aspectos importantes tales como:

1. La activación de la barra de herramientas
2. La activación reflejada en botones de colores de las válvulas que es posible manipular.

Referente a la barra de herramientas se tiene:



Figura 50. Barra de herramientas del simulador

-  **Cerrar** Permite el cierre de la plantilla y retorna a la pantalla principal en la cual se consulta al usuario el modo de operación en el que desea trabajar.
-  **Iniciar Simulación** Permite dar inicio a la Simulación.
-  **Detener Simulación** Permite detener la Simulación.
-  **Alarmas** Botón que permite dirigirse a la pantalla que contiene la descripción de las alarmas.
-  Permite el movimiento del pliego de la plantilla en diferentes direcciones.

En cuanto inicia la simulación es importante tener en cuenta los siguientes aspectos,
+ Existen válvulas de 2 tipos: Válvulas ON \ OFF que tendrán solo estos dos estados, el color verde simboliza válvula cerrada mientras el color rojo simboliza válvula abierta.



+ Las válvulas automáticas tienen varios estados los cuales son:

- Automático, se simboliza con el color naranja; en este modo el usuario no puede dar parámetros de funcionamiento a la válvula, ella regula el funcionamiento según los niveles.
- Automática-manual, se simboliza con el color amarillo; en este modo el usuario obliga a la válvula a manejar el porcentaje de apertura deseado por el mismo.
- Cerrada, se simboliza con el color verde; el usuario cierra la válvula, mientras esta se encuentre en modo manual.
- Abierta, se simboliza con el color rojo; el usuario abre la válvula, mientras esta se encuentre en modo manual.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizaron pruebas para el diseño de la herramienta de Simulación, inicialmente se plantearon diferentes tipos de modelos para asignarle a cada equipo, sin embargo con el trascurso del tiempo se fueron encontrando limitantes e inexactitud y por esto se plasma las modificaciones que se le han hecho al programa desde su etapa inicial hasta la final.

3.1 ANÁLISIS EN LA ETAPA DE MODELAMIENTO

El software es sencillo y manejable, por tanto debe requerir pocos datos de entrada (básicos), por esta razón se omitieron muchos factores importantes como la humedad del gas y el espacio disponible de movilidad de los líquidos (sin accesorios).

Los equipos que conforman una batería constan de una geometría sencilla, sin embargo contienen accesorios que hacen complicado darle un dimensionamiento exacto, sin embargo estos se pueden comparar con figuras geométricas conocidas como lo son los cilindros (verticales, horizontales).

Cuando ya se tenían dimensionados los equipos se simularon previamente en matlab, para observar el comportamiento de separación, se obtuvieron buenos resultados en el líquido, lo que no paso con el gas, ya que es un fluido compresible y sensible, eso nos indica que entre menos información sea suministrado el cálculo de volúmenes va a ser inexacto, sin embargo esta limitante es relevante ya que lo importante de esta herramienta es el manejo de equipos. Por tanto los equipos que trabajan con gas se estructuraron de tal manera que hiciera un proceso usual donde se regula la presión y en casos adversos se activen los dispositivos de seguridad, esto con el objetivo de alarmar a el usuario y ponerlo al tanto de la situación que se genero en el sistema.

Cada equipo posee una válvula de descarga en la entrada y salida, la primera es on-off lo que indica que no hay restricciones mayores, pero la segunda es reguladora de nivel, esto sugiere que la apertura va direccionada por un sensor, esto provocó problemas en la simulación de cada equipo ya que tenía que operar en el modo automático y manual, para contrarrestar esto se adicionaron condiciones de operaciones (rangos).

Para hallar las pérdidas de presión por fricción, era necesario conocer el tipo de tubería, velocidades, rugosidades, sin embargo se tomo la decisión en conjunto con la compañía ECOPETROL SA de trabajar con un solo tipo de tubería, de esta manera se trabajo una tubería estándar.

3.2. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE DESARROLLO DEL SIMULADOR

Teniendo en cuenta que el desarrollo de la herramienta de simulación se realizó en dos etapas bien diferenciadas por sus objetivos, hablaremos de cada una de ellas:

Simulador en la Etapa de Diseño: En esta etapa que tiene su enfoque direccionado a la parte gráfica y de adquisición de información relevante para la etapa de simulación.

Inicialmente se estructuró una base gráfica con todos los elementos que posiblemente se podrían encontrar en una batería, y en su desarrollo surgieron inconvenientes en el manejo de las imágenes, debido a que ellas debían tener ciertas propiedades para dar un manejo sencillo y ameno durante la ejecución, propiedades como transparencias, hicieron complejo el manejo de la base gráfica, adicionalmente las líneas de código usadas para este fin no fueron lo suficientemente eficientes y generaron un molesto efecto visual representado en un parpadeo de las imágenes, teniendo en cuenta esto fue necesario modificar toda la programación realizada para el manejo de las imágenes, para ello se usó un tipo de control soportado por visual, pero manejado desde una clase herencia del mismo control y modificada en algunas de sus propiedades para efectos de solucionar los inconvenientes ya presentados.

La base gráfica inicialmente contenía todos y cada uno de los elementos que se podían necesitar, pero cuando ya se tenía estructurado todo el menú de soporte gráfico y se realizaron las primeras pruebas para implementar un modelo estructurado de la batería, se notó un molesto manejo de la base ya que se convirtió en un proceso engorroso, ya que existían muchos elementos anexos a cada equipo, tales como visores, dispositivos de seguridad, válvulas de control y descargue, etc. Por lo que se tomó la decisión de reestructurar la base de imágenes creada para soportar la necesidad que se tenía, para ello se realizó un estudio de los elementos que siempre hacen parte de algunos equipos y de las estructuras estandarizadas que manejan elementos similares, y con ello se acoplaron muchos de los accesorios que se tenían establecidos con los equipos.

La solución anterior mejoró la etapa de conectividad, otra razón por la cual fue necesario el acople de elementos gráficos, para generar un menú generalizado pero efectivo.

Después de los cambios realizados a la base gráfica, tanto en imágenes como en programación, se estructura de nuevo un modelo de batería (siempre direccionado a la Batería Cebu), y de él encontramos una nueva dificultad, esta se refería al manejo de la tubería, ya que para realizar las conexiones era necesario usar muchos elementos pertenecientes a la clase tubería, esto generó una sobrecarga de imágenes en la plantilla que la convirtió en poco agradable y además hacer la conexión de los mismos costaba mucho tiempo, para solucionar este inconveniente fue necesario eliminar a la tubería la propiedad de conexión y dejarla solamente gráfica, excepto los elementos como uniones (divisoras o acumuladoras de fluido).

Ya solucionado el tema de modo de diseño del software, se inició el desarrollo del modo de Simulación.

Simulador en la Etapa de Simulación:

Al iniciar esta etapa de desarrollo, en la cual entraría el proceso de prueba de los modelos matemáticos inicialmente establecidos, se evidenciaron los primeros problemas referentes a los modelos, en los cuales fue necesario realizar cambios estratégicos explicados con anterioridad, tales como volúmenes y niveles menores que cero, aperturas mayores al 100%, presiones extremadamente altas y cambios abruptos en dichas variables.

En vista de estos problemas y de la necesidad de generar unos modelos y desarrollar unos algoritmos que generen una representación fiable de la batería se utilizaron datos de campo que permitieran verificar el comportamiento de cada una de las variables consideradas en la aplicación.

En campo se identificaron válvulas de tipo on\off y válvulas proporcionales, las cuales podrían ser de operación manual u operación automática; por ejemplo en los múltiples se utilizan válvulas de tipo on\off, mientras que en los separadores se encuentran las válvulas proporcionales que en su estado automático se encargan de regular los niveles de fluidos utilizando un PID que controla la apertura de las mismas, y que también pueden ser operadas en modo manual en un rango de apertura entre 0 y 100%. debido a estas condiciones que se presentan en la realidad fue necesario cubrir estas necesidades con líneas de código adicionales que simulan el control ejercido por el PID.

4. CONCLUSIONES

- Mediante las visitas a campo se identificaron los procesos y variables de control característicos de la batería, se relacionaron las variables críticas y procesos de la operación, lo que demuestra la importancia del contacto continuo con el entorno que se pretende simular.
- Al realizar un software de este tipo es claro que muchas variables e información técnica y de campo que es fundamental en otro tipo de simuladores serán omitidos en este proyecto, dando forma a los fines que se especificaron como idea principal, en la que se establece la importancia de una herramienta capaz de ilustrar el funcionamiento de ciertos equipos y de permitir a los usuarios una interacción con un entorno virtual que semeja el entorno laboral, permitiendo así que las personas a las que esta dirigido el proyecto puedan hacer uso representativo de él , ya que es personal que cumple tareas que no requieren este tipo de información, por lo que no es necesario un análisis profundo del comportamiento de fluidos en la Batería.
- Los modelos matemáticos se sometieron a diferentes pruebas de funcionamiento, mediante las cuales fue posible reconocer una serie de errores y consideraciones que hacían falta para dar firmeza al procedimiento, inicialmente se utilizó Matlab para verificar los modelos establecidos, luego de tener cierta certeza de los mismos se trasladaron a VB.NET y en el cual se identificaron nuevos requerimientos para obtener un modelo solido que pudiese satisfacer el manejo de fluidos y el funcionamiento de los diferentes equipos.
- Con las realización e implementación de este proyecto se busca demostrar la necesidad de este tipo de simuladores, ya que con ellos será posible acompañar un programa de entrenamiento en el cual los usuarios tendrán la oportunidad de poner en práctica sus conocimientos y ampliarlos, al familiarizarse con el entorno de trabajo y con las actividades que corresponden a sus rutinas diarias y obligaciones.
- Este proyecto es el primer precedente que se marca en los modelos de entrenamiento virtual estructurados y manejados en la Superintendencia Huila-Tolima, ya que permite simular los comportamientos de equipos y procesos llevados a cabo en campo, con la finalidad de guiar al personal técnico en el inicio de sus labores y en el afianzamiento de sus conocimientos.
- Existen varios tipos de simuladores que se encuentran enfocados a dimensionamiento y diseño de estaciones o baterías, y que tienen alcances de alto nivel puesto que manejan información propia de yacimientos tales como pruebas PVT, ya que la exactitud es sumamente importante debido a que de los resultados dependen los tipos de equipos y las capacidades de los mismos, para manejar la producción; lo que marca la diferencia entre los objetivos de ese tipo de simuladores y el presentado en este proyecto que esta direccionado a establecerse como herramienta de entrenamiento.

5. RECOMENDACIONES

- Los modelos gráficos de los equipos y accesorios que se establecieron en el programa se basaron en la búsqueda de una estructura sencilla de utilizar por los usuarios, y teniendo en cuenta básicamente los equipos encontrados en la batería Cebú que fue el modelo de referencia del proyecto y en donde se realizó la prueba piloto del mismo, pero debido a ello no se asumieron ni modelaron equipos que existen en otras baterías y tampoco operaciones y procesos de las misma que incluyen estos equipos, tales como tratadores térmicos o electrostáticos y la inyección química, por lo que se recomienda para una próxima versión tener una base de información ampliada a otras baterías que permitan hacer los procesos faltantes.
- El manejo de gas es uno de los inconvenientes y limitantes latentes en la estructura matemática planteada y que generó los problemas mas representativos del modelo, por esta razón fue necesario asumir muchas condiciones restrictivas para el manejo del gas, dejándolo como un gas ideal para los propósitos del modelo matemático, así que la recomendación referente a este punto se enfoca a dos aspectos, uno de ellos es tener en cuenta la presión que ejerce el gas en las válvulas de los separadores ya se supuso que la presión de descarga era la presión de operación del equipo, y la otra es que al aumentar el volumen de los líquidos, el espacio para el gas se reduce por tanto el gas se comprime y aumenta la presión.
- Para el desarrollo de este tipo de proyectos es recomendable tener en cuenta la importancia de mantener un contacto continuo y bien establecido con las actividades , las operaciones, los procedimientos llevados a cabo en campo, y las personas que trabajan en el mismo con el fin de garantizar un correcto entendimiento de los procesos desarrollados en campo.
- El software desarrollado cumplió con las expectativas planteadas, pero operaciones como el manejo gráfico se vuelven complejas en un lenguaje de programación como el utilizado, dificultades que habrían podido hacerse mínimas al utilizar un lenguaje de programación como Labview que tiene un enfoque gráfico hacia este tipo de aplicaciones, además de contar con bibliotecas de imágenes a enfoque industrial que hubiesen ahorrado la creación personalizada de la base gráfica utilizada, además de que el desarrollo en Labview hubiese ahorrado las líneas de código diseñadas y usadas para el movimiento de objetos, cuadros de conexión, entre otras , ya que los VI que se podrían crear llevarían inherente a ellos este tipo de procesos, por lo que se puede concluir que para el desarrollo de proyectos de este tipo se hace recomendable la compra de licencia de software especializado en este tipo de proyectos, permitiendo así que en el desarrollo de los mismos se dediquen a el espacio de creación a los manejos matemáticos, de control y de procesos como tal representativos de las operaciones que se desean representar y simular.

BIBLIOGRAFIA

- Ken Arnold Maurice Stewart, 1989, Surface Production Operations - second edition, Design of Oil-Handling Systems and Facilities. Volume 1. Butterworth-Heinemann. pag. 31-48; 101-129; 135-160
- ARNOLD AND STEWART, .1999, Surface Production Operación-first edition, Facilities volume 2. Butterworth-Heinemann
- Havard Devold, 2006, OIL AND GAS PRODUCTION HANDBOOK An introduction to oil and gas production
- www.oilskimming.com
- Memorias Facilidades de producción
- CRANE, 1998, Flujo de Fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Mc GRAW-HILL. Pag. 3-21