



**GESTIÓN DE ACTIVOS DE I&C EN LA GERENCIA REFINERÍA
BARRANCABERMEJA ENFOCADO EN LA CRITICIDAD ASP DE LOS
EQUIPOS Y SUS REPUESTOS PARA EL PLAN DE
MANTENIMIENTO DEL 2019. CASO DE ESTUDIO: VÁLVULAS DE CONTROL
DE LAS PLANTAS DE POLIETILENO Y AROMÁTICOS.**

**ALIX ANDREA ANGARITA CASTILLO
ID: 000244106**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2018**

**GESTIÓN DE ACTIVOS DE I&C EN LA GERENCIA REFINERÍA
BARRANCABERMEJA ENFOCADO EN LA CRITICIDAD ASP DE LOS
EQUIPOS Y SUS REPUESTOS PARA EL PLAN DE
MANTENIMIENTO DEL 2019. CASO DE ESTUDIO: VÁLVULAS DE CONTROL
DE LAS PLANTAS DE POLIETILENO Y AROMÁTICOS.**

ALIX ANDREA ANGARITA CASTILLO

**Práctica empresarial para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

**Director
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA
2018**

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	7
INTRODUCCIÓN	8
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	9
1.1. HISTORIA	9
1.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	10
1.3. DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA.....	12
2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA	14
2.1 GESTIÓN DE ACTIVOS	14
2.2. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	15
2.2.1. Mantenimiento mayor	16
2.2.2. Mantenimiento rutinario.....	16
2.3. GESTIÓN DE REPUESTOS.....	17
3. ANTECEDENTES.....	18
4. JUSTIFICACIÓN.....	19
5. OBJETIVOS.....	20
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
8. MARCO TEÓRICO	21
6.1. VÁLVULA DE CONTROL	21
6.1.1. Cuerpo	22
6.1.2. Actuador.....	22

6.1.3. Posicionador	22
6.2. SAP-ERP	23
9. METODOLOGÍA.....	25
10. RESULTADOS	27
8.1. CONOCIMIENTO GENERAL DE LOS ACTIVOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DEL ÁREA OPERATIVA ASIGNADA.....	27
8.1.1. Planta de Aromáticos	27
8.1.2. Planta de Polietileno.....	28
8.2. IDENTIFICACIÓN DE LA BASE INSTALADA DE VÁLVULAS DE CONTROL	31
8.3. CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS IDENTIFICADOS SEGÚN SU MARCA Y MODELO	37
8.4. DETERMINACIÓN DEL LISTADO DE REPUESTOS APLICABLES A CADA EQUIPO, SU CRITICIDAD Y PARÁMETROS DE REPOSICIÓN.....	40
8.5. APORTES AL CONOCIMIENTO.....	44
CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Organigrama general de la empresa	11
Figura 2. Estructura organizacional de la Gerencia General de la GRB	12
Figura 3. Proceso de gestión de activos industriales	15
Figura 4. Partes básicas de una válvula de control.....	21
Figura 5. Etapas del aseguramiento de la confiabilidad de los activos	25
Figura 6. Balance de material para unidades de aromáticos	28
Figura 7. Balance de material de Polietileno I y Polietileno II	29
Figura 8. Lista inicial de válvulas de control exportada desde SAP-ERP	31
Figura 9. Vista superior de la válvula del ejemplo.....	32
Figura 10. Diagrama grande de control de la U1300 (Planta de Aromáticos).....	33
Figura 11. Registro fotográfico básico de una válvula de control.....	34
Figura 12. Formato para el registro de datos de válvulas de control	35
Figura 13. Plantilla para creación y modificación de equipos en ERP-SAP.....	37
Figura 14. Resultados del levantamiento para la planta de Aromáticos	38
Figura 15. Resultados del levantamiento para la planta de Polietileno I.....	38
Figura 16. Resultados del levantamiento para la planta de Polietileno II.....	39
Figura 17. Lista de equipos modificados con información técnica recopilada.....	39
Figura 18. Lista de repuestos para equipo.....	41
Figura 19. Plantilla para la creación, modificación y extensión de materiales	42
Figura 20. Consulta SAP: Materiales para equipo	43
Figura 21. Pantallas del DCS para el sistema Fire&Gas de Polietileno I y II	46

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Indicador ABC	42
Tabla 2. Válvulas para las cuáles fueron identificados sus repuestos	44
Tabla 3. Válvulas para las cuáles fueron identificados sus repuestos	44

GLOSARIO

APL: lista de partes o repuestos de un equipo catalogados como materiales.

ASP: administración de seguridad de proceso.

CÓDIGO SAP: identificación de un equipo dentro del ERP-SAP.

ESD: emergency shut-down

F&G: sistema de mitigación de fuego y gas

GRB: gerencia refinería Barrancabermeja.

I&C: instrumentación y control

U-XXX: unidad de proceso

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: GESTIÓN DE ACTIVOS DE I&C EN LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA ENFOCADO EN LA CRITICIDAD ASP DE LOS EQUIPOS Y SUS REPUESTOS PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL 2019. CASO DE ESTUDIO: VÁLVULAS DE CONTROL DE LAS PLANTAS DE POLIETILENO Y AROMÁTICOS.

AUTOR(ES): Alix Andrea Angarita Castillo

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): Juan Carlos Mantilla Saavedra

RESUMEN

Durante el desarrollo de esta práctica industrial, llevada a cabo en la refinería de Barrancabermeja, se buscó identificar las características técnicas y de proceso de cada una de las válvulas de control instaladas en las plantas petroquímicas de Polietileno y Aromáticos para así listar sus partes haciendo especial énfasis en aquellas requeridas para un mantenimiento de rutina. Las APL (Listas de partes) definidas durante este proceso fueron cargadas en el sistema de planificación de recursos empresariales SAP-ERP, siguiendo el proceso de aseguramiento de la confiabilidad de los activos que se realiza desde la Coordinación de instrumentación y control. El objetivo final de este proceso es la elaboración de hojas de ruta que aceleren el proceso de ejecución del mantenimiento, mediante el aprovisionamiento en stock de los repuestos que han sido previamente cargados dentro de la herramienta.

PALABRAS CLAVE:

Ecopetrol, instrumentación, válvulas de control, mantenimiento, SAP

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ASSET MANAGEMENT OF I&C AT THE BARRANCABERMEJA REFINERY FOCUSED ON THE ASP CRITICITY OF THE EQUIPMENTS AND THEIR SPARE PARTS FOR THE 2019 MAINTENANCE PLAN. CASE OF STUDY: CONTROL VALVES IN POLYETHYLENE AND AROMATICS PLANTS.

AUTHOR(S): Alix Andrea Angarita Castillo

FACULTY: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: Juan Carlos Mantilla Saavedra

ABSTRACT

During the development of this industrial internship at the Barrancabermeja refinery, the aim was to identify the technical and process characteristics of each of the control valves installed in the Polyethylene and Aromatics petrochemical plants to list their parts, with special emphasis on those required for regular maintenance. The APLs (Application Parts List) defined during this process were uploaded into the enterprise resource planning system of SAP-ERP, according to the reliability assurance of the assets led by the Instrumentation and Control Coordination. The final goal of this process is the preparation of Routing that accelerates the execution of maintenance, by stocking the spare parts that have been previously uploaded in the software.

KEYWORDS:

Ecopetrol, instrumentation, control valves, maintenance, SAP

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

A partir del 2016 Ecopetrol migro desde el sistema de información Ellipse hacia SAP-ERP [1], con el cual ahora gestiona sus procesos de gestión de activos, entre estos la gestión para el mantenimiento con el módulo PM, en el que se enfoca este trabajo. Con la ayuda de SAP se ejecutó este trabajo, que va desde la identificación de la información disponible en este software sobre el activo objeto de estudio, hasta el cargue de nueva información de utilidad para ingenieros de confiabilidad, instrumentistas y planificadores de mantenimiento.

Partiendo de la información registrada con la que se contaba, se hizo una búsqueda en campo de los equipos, identificando la información que podría ser complementada y actualizando la base de equipos disponible en SAP. Para los equipos a los que se tuvo acceso se hizo una clasificación y búsqueda exhaustiva de información técnica que permitiera la elaboración de listas de repuestos, específicamente de aquellos requeridos para labores de mantenimiento preventivo.

Aunque no fue posible llegar a identificar todos los equipos, ni todos los repuestos para los equipos identificados, se hizo un avance del 91.1% sobre la base instalada de válvulas de control de las cuales el 35.7% se determinaron como obsoletas y el 27% quedó con su APL cargado. El restante 37.3% quedó pendiente por respuesta por parte de los representantes y/o fabricantes. La información recopilada quedó cargada directamente sobre la plataforma que es diariamente utilizada para gestionar este proceso.

Paralelo a esto se adquirió conocimiento y experiencia en otras áreas de la instrumentación y el control que, si bien no aportaban directamente a los objetivos, sí enriquecieron la perspectiva del trabajo a realizar.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL) es una empresa industrial y comercial del Estado vinculada al Ministerio de Minas y Energía que administra los recursos hidrocarburíferos del país, encargándose desde la exploración, pasando por la producción y refinación, hasta la comercialización de los hidrocarburos [2]. Cuenta con presencia a lo largo del país gracias a sus múltiples campos de extracción, sus dos refinerías (Barrancabermeja y Cartagena) y sus puertos de exportación e importación de combustibles y crudos.

Actualmente es una sociedad pública por acciones, de completa propiedad de Estado y con más de 9.000 trabajadores directos, la empresa más grande del país; siendo además considerada una de las 40 petroleras más grandes del mundo y una de las principales de Latinoamérica [2].

1.1. HISTORIA

Ecopetrol S.A. nace el 25 de agosto de 1951 luego de la reversión al Estado Colombiano de la Concesión de mares. Gracias a esto, inicia sus operaciones en el campo La Cira-Infantas revertido de la Tropical Oil Company [2].

En el momento en el que nace la empresa, la refinería de Barrancabermeja producía ya 22.000 barriles, gracias a la puesta en operación años atrás de las plantas de Asfaltos, Arcilla, Fenol, de Destilación y Lubricantes. Al siguiente año, en 1952, se hizo una ampliación de la refinería, construyéndose las plantas U-200, Viscosreductura, de Ruptura catalítica y Recuperadora de vapores, de Alquilación, Ácido, Planta de Soda, y torres enfriadoras, aumentándose la producción, que llegó en 1963 a los 45000 barriles [3].

Durante los siguientes años se siguieron haciendo adecuaciones y construyendo nuevas plantas para aumentar la capacidad total de la refinería, aprovechándose también un mayor porcentaje del crudo.

Entre 1967 y 1981 se pone en operación el área petroquímica, empezando por la planta de Parafinas y más adelante, con la planta de Aromáticos en 1971 y las plantas de Polietileno I y II en 1973 y 1981, respectivamente [3].

Con este proceso de crecimiento constante la refinería ha logrado hoy una capacidad de producción de más de 250000 barriles y un aprovechamiento del crudo de más del 80% [4].

1.2. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

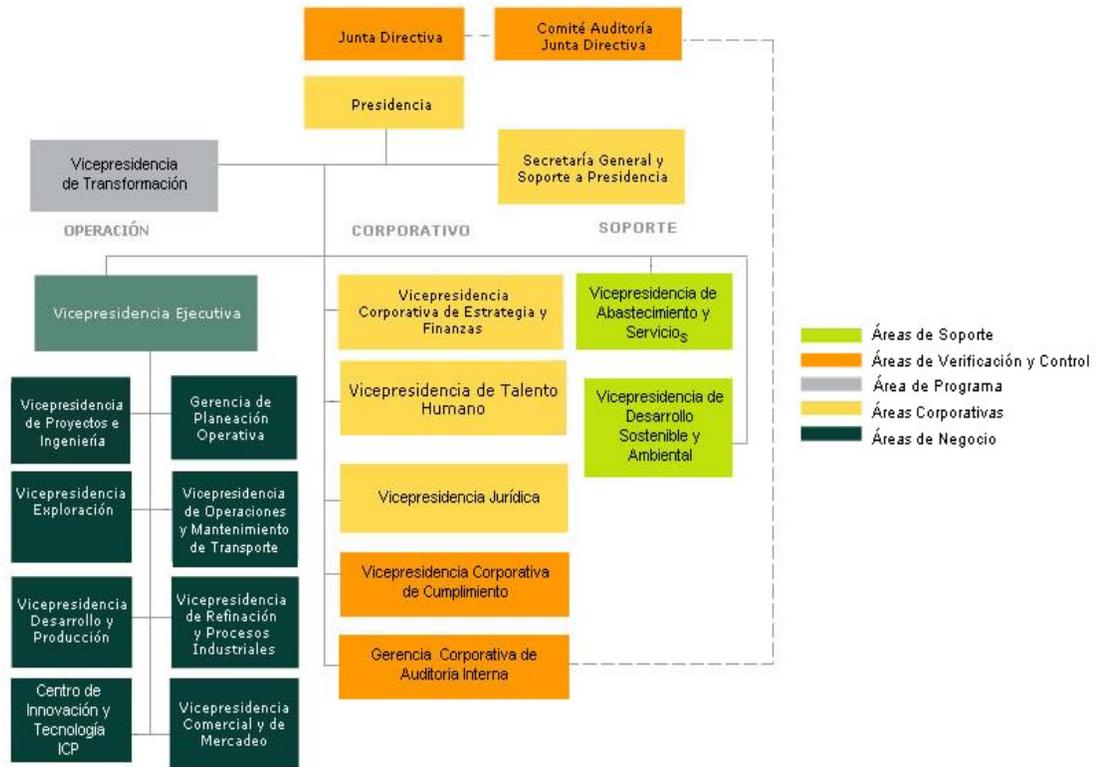
A nivel nacional Ecopetrol S.A. se ha distribuido en grandes áreas que agrupan las diferentes instancias organizacionales de la empresa; éstas son las áreas de Soporte, Verificación y Control, Programa, Corporativas y de Negocio. En la Fig. 1 se muestra cómo se componen estas áreas [5].

La Vicepresidencia de Refinación y Procesos Industriales, ubicada un nivel por debajo de la Vicepresidencia Ejecutiva, dirige además del Departamento de Planeación y Gestión y a la Gerencia de Desarrollo de Refinación, a las gerencias de la refinería de Barrancabermeja y de Cartagena [6].

La refinería de Barrancabermeja ubicada al norte del municipio de Barrancabermeja tiene su propia estructura que puede verse en la Fig. 2, en ella se detallan los niveles de su organización. En primer lugar, están los departamentos de PPG (Programación de la Producción) que se encarga de la gestión y planeación de la producción y el mantenimiento y GIRO (Gestión Integral del Riesgo Operacional),

que coordina la prevención y el manejo de las situaciones de emergencia ya sean operacionales o ambientales.

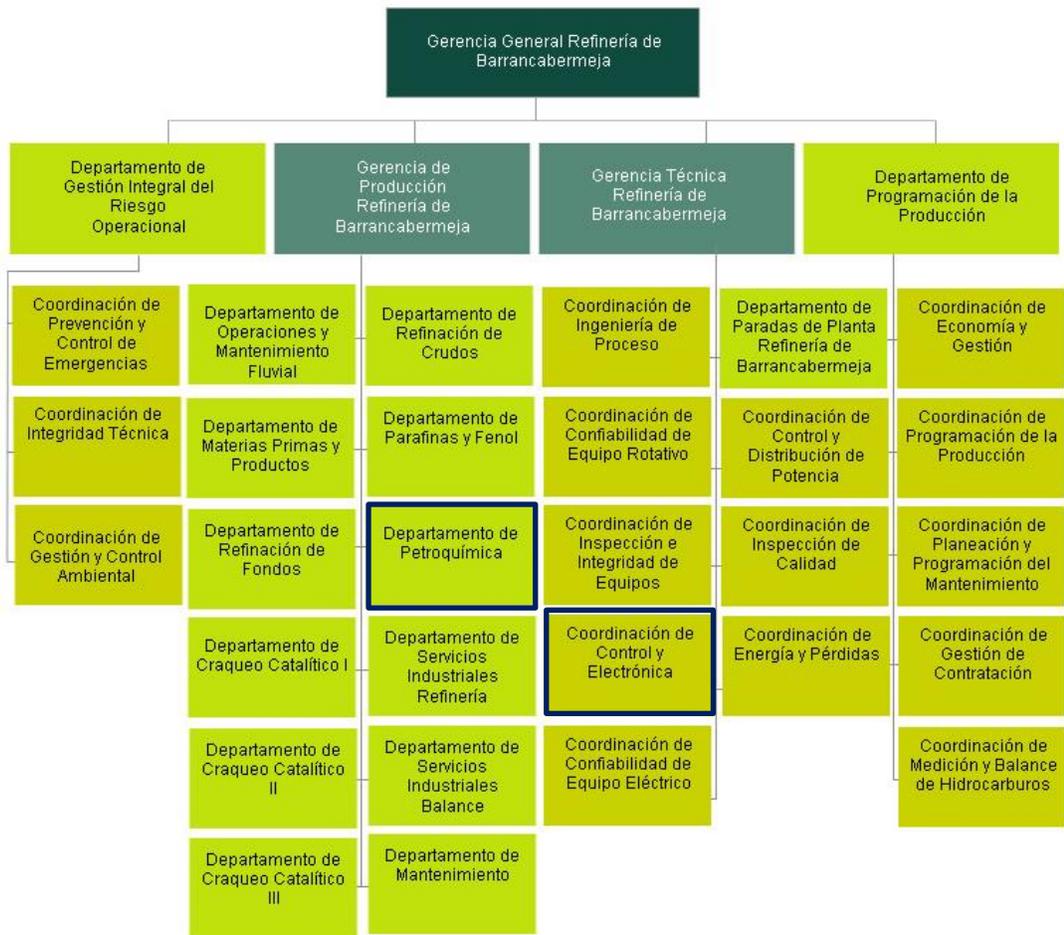
Figura 1. Organigrama general de la empresa [5]



El área operativa está principalmente dirigida por la gerencia de producción y la gerencia técnica e incluyen respectivamente a cada uno de los departamentos que ejecutan las diferentes etapas de refinación del crudo y a las coordinaciones por especialidad.

Para el caso de esta práctica son relevantes el departamento de petroquímica para el cual se desarrollará el trabajo y la coordinación de control y electrónica que se encargará de proporcionar información y dar un seguimiento desde el punto de vista de la gestión de activos y la definición del plan de mantenimiento para la base instalada de instrumentos y sistemas de control.

Figura 2. Estructura organizacional de la Gerencia General de la GRB [5]



1.3. DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA

Se denomina así al área que comprende las plantas de producción de petroquímicos, éstas son Aromáticos y Polietileno I y II.

Las plantas de polietileno se encargan de producir polietileno de baja densidad por medio de la polimerización del gas etileno suministrado por las plantas del mismo nombre. La diferencia entre las dos plantas de polietileno radica en su capacidad de producción; mientras Polietileno I produce 12000 libras de pellets de polietileno

en una hora, Polietileno II produce 65000. La operación de estas plantas depende principalmente del flujo de carga disponible de etileno.

La planta de aromáticos, por su parte, procesa nafta de bajo octanaje y produce gasolina de alto octanaje y alto contenido de aromáticos, además de aromáticos utilizados en la fabricación de diversos productos.

Esta planta está conformada por las siguientes unidades de proceso:

- **Prefraccionamiento:** Deja un corte en la nafta donde se encuentra la etapa previa a los compuestos aromáticos.
- **Unifining:** Realiza un hidrot ratamiento a la nafta para descontaminarla.
- **Platforming:** Permite la formación de los compuestos aromáticos.
- **Sulfolane:** Separa a los aromáticos de los no aromáticos presentes en la unidad anterior.
- **Fraccionamiento:** Produce benceno, tolueno, xileno y orto-xileno por medio del fraccionamiento del extracto aromático.
- **Hydeal:** Convierte el tolueno y los xilenos en benceno por medio de una reacción de hidrodealquilación térmica
- **Hydrar:** Realiza un proceso de hidrogenación catalítica para convertir el benceno en ciclohexano.

2. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

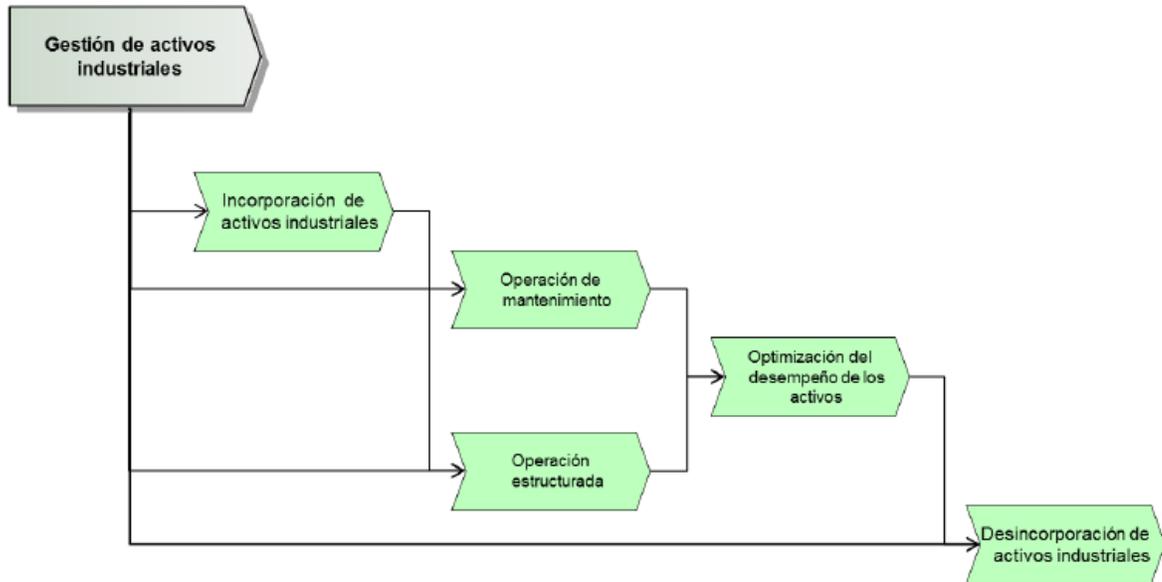
2.1 GESTIÓN DE ACTIVOS

Desde la gestión de activos se administra el ciclo de vida de los activos priorizando la confiabilidad y la integridad, siempre a través de las mejores prácticas [7]. Para esto en la GRB se ha definido un modelo de gestión de activos que aplica para operaciones, mantenimiento, gestión de la confiabilidad e inspección y se resume en el ciclo P-H-V-A (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) así:

- Al **Planear** se busca el compromiso y el planteamiento de objetivos individuales, alineados con los objetivos de la organización y se definen las mejores prácticas y las herramientas de evaluación.
- Para **Hacer** se definen los procedimientos de implementación y las técnicas de medición del desempeño. En esta etapa también se define un factor clave dentro de la GRB: los indicadores de resultado, que ayudan a medir el cumplimiento de las metas de cada unidad de negocio y de toda la organización.
- En el proceso de **Verificar** se auditan las prácticas de operación y mantenimiento y se hace una investigación exhaustiva de cada uno de los incidentes de seguridad.
- En la etapa que corresponde a **Actuar** se realiza un proceso de control, corrección y mejoramiento con base en las directrices definidas durante las etapas anteriores.

Todo el proceso se ejecuta persiguiendo tres grandes metas que aseguran la continuidad del negocio y la maximización de su productividad: Alta disponibilidad operacional, optimización de los costos de mantenimiento haciendo énfasis en la confiabilidad e integridad de los activos y seguridad de los procesos [8].

Figura 3. Proceso de gestión de activos industriales [8]



El proceso de gestión de activos enmarca el ciclo de vida de un activo que empieza con su incorporación, continúa a lo largo de su vida a través de las operaciones estructurada y de mantenimiento y la optimización de su desempeño (realizando análisis de la condición del activo, un proceso de eliminación de defectos, control de cambio de los activos y un ajuste continuo a los planes de mantenimiento), y finaliza con la desincorporación del activo como se observa en la Fig. 3.

De manera paralela al proceso con los activos y según la cultura de la organización, se realiza el desarrollo de personas en el aseguramiento de la confiabilidad y el uso de sistemas de información para la administración tanto de la información como de los costos.

2.2. GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Además del mantenimiento correctivo que se ejecuta en el día a día, en la refinería de Barrancabermeja se ha definido un protocolo para el desarrollo de labores de

mantenimiento preventivo, que pueden ser a pequeña o gran escala mediante mantenimiento rutinario o mantenimiento mayor.

2.2.1. Mantenimiento mayor

Este mantenimiento es el que ocurre durante las paradas de planta y debido a su magnitud lleva una amplia organización. Las paradas de planta son programadas de manera periódica y desde varios meses atrás se hacen reuniones y se toman decisiones acerca del alcance y el tiempo necesario para ejecutar todos los trabajos. No sólo la planta se ve afectada por la parada si no también aquellas que dependen directa o indirectamente de ella por recibo o entrega de carga, por lo que es importante tener en cuenta muchos factores al momento de hacer su planeación [8].

2.2.2. Mantenimiento rutinario

Este mantenimiento es complejo en cuanto en que está definido en diferentes fases con periodicidades diferentes, todos requieren una buena estrategia para definir de manera óptima las tareas y los equipos que deben intervenir en cada fase. Aquí está incluido el mantenimiento día a día que se realiza de manera correctiva.

Estos planes de mantenimiento pueden ser: anuales, trimestrales, mensuales, bisemanales, semanales y diarios [8]. Los trabajos para ejecutar son determinados por los planificadores de mantenimiento que priorizan según las recomendaciones de los ingenieros de confiabilidad para luego a través de los líderes de cuadrilla asignar las tareas a los mantenedores.

El procedimiento de un mantenimiento de este tipo es el siguiente [8]:

1. Generar la solicitud de trabajo
2. Generar diagnóstico de la solicitud de trabajo

3. Generar orden de trabajo
4. Planear la orden de trabajo
5. Programar la orden de trabajo
6. Alistar el programa de mantenimiento
7. Ejecutar el programa de mantenimiento
8. Cerrar trabajos de mantenimiento
9. Evaluar el mantenimiento

2.3. GESTIÓN DE REPUESTOS

La identificación de los equipos y sus repuestos como se desarrolla en este trabajo había sido iniciado antes por el ingeniero de confiabilidad del área de fondos, por lo que se tomaron los formatos que él creó, como referencia para la recopilación de información. Desde esa área se espera continuar aprovechando el trabajo realizado en petroquímica.

Dentro del departamento, aunque no se había realizado un trabajo completo de este tipo, sí se habían hechos algunos levantamientos llevados a cabo por empresas contratistas según necesidades específicas. En el caso de los repuestos, ya se tenían algunos identificados para los equipos más críticos y que requieren un mantenimiento más frecuente por la manera en la que operan. Se contó inicialmente con una lista de repuestos consolidada por el ingeniero de confiabilidad del área para todos sus equipos a cargo, de los que se tomaron aquellos que correspondieran a válvulas de control y con algunos códigos en SAP de materiales que usualmente se compraban para algunos modelos comunes de válvulas. Se confirmó esta información con los representantes y se completó según su recomendación.

3. ANTECEDENTES

Debido a la migración hacia el software de recursos empresariales SAP desde Ellipse, durante los dos últimos años Ecopetrol se ha visto en la tarea de seleccionar y trasladar su información. Ahora con SAP maneja herramientas comerciales, de mantenimiento, confiabilidad, gestión de bodegas, entre otros tipos, donde además de requerir la ayuda del software también se requiere interacción entre diferentes áreas de la empresa.

Desde confiabilidad, los ingenieros encargados de cada una de las especialidades aprovechan esta herramienta para la consulta de los equipos que tienen a cargo y en el caso de requerir su mantenimiento, cargan la orden y compran los materiales necesarios. Ya que día a día hay equipos por revisar o por intervenir, al ingeniero se le dificulta realizar tareas en paralelo que podrían agilizar su labor diaria. Pese a las dificultades, además del reconocimiento y la identificación de todos sus equipos a cargo, lo que han hecho ingenieros de otras áreas es documentar detalles técnicos y de conexión de la instrumentación y los repuestos aplicables a cada equipo. Esta práctica pretendía realizar un trabajo similar para el departamento de Petroquímica.

La razón de realizar este trabajo es que, según el proceso de gestión de activos, si se han adelantado los primeros pasos de identificación del activo, al momento de la ejecución de su mantenimiento se reducirían estos tiempos. Si se observa cada planta como el conjunto de equipos que la conforman, durante un mantenimiento general o una parada de planta se agilizaría tanto el trabajo por parte del ingeniero, que afectaría positivamente en los indicadores de disponibilidad operativa, tan importantes para evaluar la rentabilidad de las unidades de negocio de la refinería.

4. JUSTIFICACIÓN

La gestión de activos es hoy uno de los más importantes focos dentro de una compañía debido a su impacto en los costos. Aunque este proceso represente un aumento en la inversión en tareas de planeación y administración, a largo plazo lleva a una reducción en los costos de mantenimiento correctivo y periodos improductivos por equipos en falla. Alrededor de esta hipótesis se han desarrollado metodologías que permiten hoy anticiparse a las necesidades de los activos.

Ecopetrol ha entendido la importancia de este enfoque y ha implementado en todos los niveles de su organización, estrategias que le permiten administrar sus activos desde diferentes perspectivas, esto a través de líderes de diferentes especialidades que se encargan de asegurar la confiabilidad de sus equipos asignados y que cooperan para lograr la mayor disponibilidad operativa y sostenibilidad de su unidad de negocio.

Los activos de instrumentación y control no son ajenos a estos procesos, es por esto por lo que los ingenieros de confiabilidad de esta especialidad deben conocer y buscar la mantenibilidad de sus equipos con el objetivo de maximizar su productividad durante su ciclo de vida.

Este trabajo se enfoca en las primeras etapas para la gestión de activos que son la clave para llegar a conocer tanto al activo, que se pueda determinar sus modos de falla y ciclos de intervención. Primero, identificando correctamente al equipo, sus características y sus modos de operación y posteriormente correlacionándolo con otros equipos similares para realizar un análisis conjunto de criticidad y determinar sus parámetros de reposición.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Apoyar los procesos de gestión de activos teniendo como énfasis el plan de mantenimiento, realizando la gestión de repuestos.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Adquirir un conocimiento general de los equipos de instrumentación y control del proceso en el área operativa de las plantas de Polietileno y Aromáticos.
2. Identificar la base instalada de válvulas de control en las plantas de Polietileno y Aromáticos del departamento de Petroquímica.
3. Clasificar los activos identificados según su marca y modelo a partir de su TAG y número SAP.
4. Reconocer los equipos críticos por seguridad de proceso realizando la marcación de estos en el ERP-SAP
5. Determinar el listado de repuestos aplicables a cada equipo, su criticidad y parámetros de reposición.
6. Identificar los equipos a intervenir en el plan de mantenimiento 2019, estimando los costos.

8. MARCO TEÓRICO

6.1. VÁLVULA DE CONTROL

Una válvula es un dispositivo mecánico que permite o bloquea el paso de un fluido en una tubería. Se denomina válvula de control a aquella válvula usada para controlar una variable de proceso mediante el bloqueo o paso proporcional del fluido según una señal de entrada. Las válvulas de control son también el elemento final de control dentro de un lazo de control ya que son las que ejecutan la acción de regulación determinada por el controlador [9].

La acción de regulación sobre el fluido se puede realizar mediante un movimiento lineal (válvulas de vástago deslizante) o rotacional (válvulas rotatorias) lo que les da características mecánicas diferentes [9]. A pesar de esto se pueden generalizar sus partes básicas, vistas en la Fig. 4.

Figura 4. Partes básicas de una válvula de control [10]



6.1.1. Cuerpo

Se conoce como cuerpo, a la pieza de la válvula por donde pasa el fluido que va a ser interrumpido mediante la acción del actuador.

6.1.2. Actuador

El actuador es el mecanismo que por medio de presión o electricidad mueve una pieza conocida como vástago que se encarga de bloquear o permitir el paso a través del cuerpo.

6.1.3. Posicionador

La forma en la que el actuador llega a la posición requerida de apertura de la válvula es por medio del posicionador, quien como su nombre lo indica le da la posición requerida del actuador regulando la presión sobre él.

Además de la válvula de control como elemento final de control, dentro del lazo de control se hace importante la acción de un controlador, del cual dependen algunas características de la válvula. Por ejemplo, los actuadores pueden ser de dos tipos según la acción del controlador: de acción directa o inversa. Se puede decir que son de acción directa cuando a medida que aumenta la variable de salida también debe aumentar la acción sobre el actuador. Por el contrario, un controlador de acción inversa es aquel que cuando aumenta la variable de salida, éste disminuye su salida [11].

La característica intrínseca más importante es el tamaño, para el cuerpo se selecciona según el flujo y la tubería del proceso en la cual va a entrar a actuar, y para el actuador su tamaño debe ser tal que se produzca un desplazamiento del vástago dentro del rango de diseño. El vástago es la pieza que ejecuta la acción de

apertura y cierre sobre el cuerpo, es decir, que transmite el movimiento desde el actuador hacia el cuerpo para realizar la regulación.

6.2. SAP-ERP

Es un software empresarial que integra diversas funcionalidades que permiten ejecutar tareas clave dentro de cualquier empresa, como la contabilidad, gestión de recursos humanos, logística y gestión de otros servicios corporativos. Desarrollado por la empresa SAP-SE, la cual cuenta con una amplia y reconocida trayectoria en el mercado de soluciones de software para grandes y medianas empresas en el sector industrial y otros sectores [12].

Buscando abarcar todo el mercado de soluciones de este tipo, SAP ha creado productos para empresas grandes y medianas, de manera que sin importar su área de mercado puedan sacar provecho de las herramientas que provee. Ya que su gama de productos de software es bastante amplia, ha sido dispuesta en 3 bloques: ERP, CRM y BI [13]. Durante este trabajo sólo se hizo uso de SAP-ERP que hace referencia a la planificación de recursos empresariales.

Dentro de SAP-ERP existen también diversos módulos que permiten gestionar diferentes tipos de recursos, estos son:

- FI (Financial Accounting) para la gestión financiera,
- CO (Controlling) para la contabilidad y el control de costos,
- AM (Asset Management) para la gestión de activos,
- PS (Project Systems) para la gestión de proyectos,
- HR (Human Resources) para la gestión de recursos humanos,
- PM (Plant Maintenance) para la gestión del mantenimiento,

- MM (Materials Management) para la gestión de materiales,
- QM (Quality Management) para la gestión de calidad,
- PP (Production Planning) para la planificación de la producción y
- SD (Sales and Distribution) para la gestión de ventas y distribución [13].

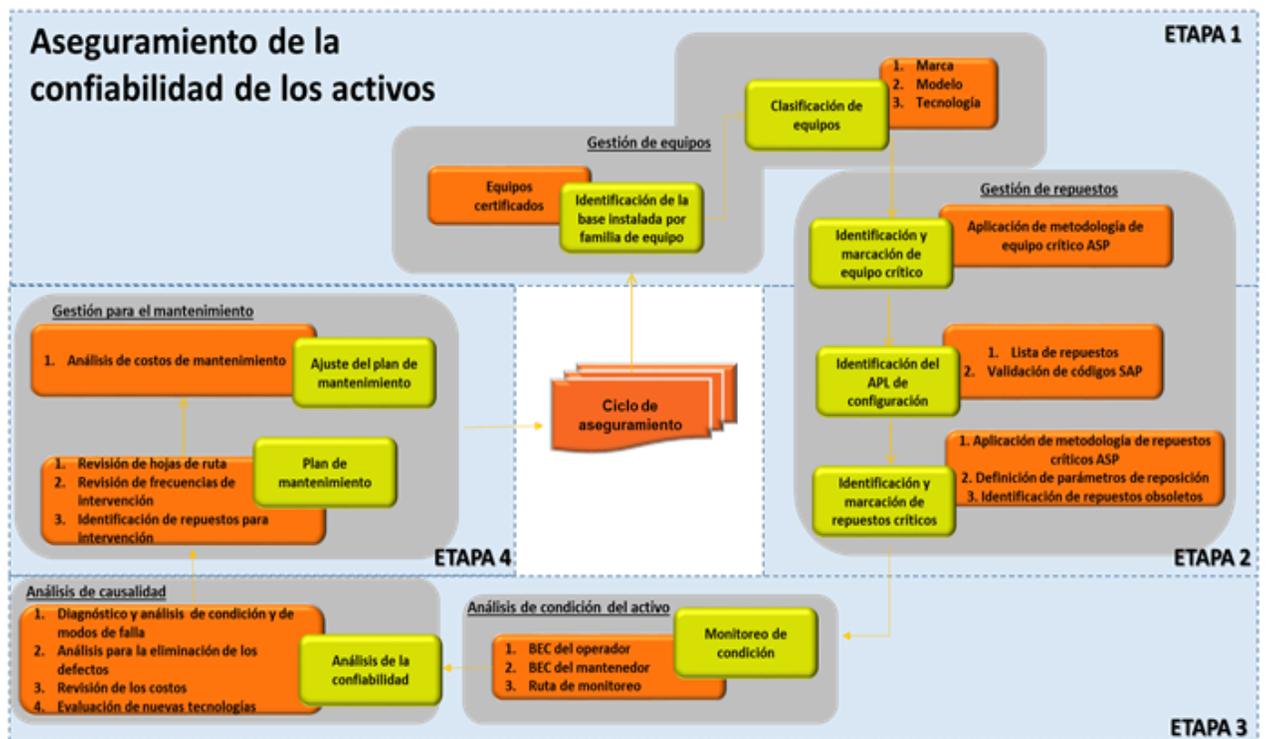
Los módulos que se usaron para el desarrollo de esta práctica fueron AM para el seguimiento de los equipos, PM para la revisión de hojas de ruta y procesos relacionados con el mantenimiento y MM para la consulta de materiales e inventarios.

9. METODOLOGÍA

Dentro del marco de gestión de activos y gestión para la operación del mantenimiento se han definido en la GRB protocolos que facilitan la confiabilidad y disponibilidad operativa de cada uno de los equipos durante los procedimientos de mantenimiento mayor y mantenimiento rutinario.

El proceso de aseguramiento de la confiabilidad y disponibilidad operativa se presenta en la Fig. 5 y sirve como referencia para el proceso de gestión de activos.

Figura 5. Etapas del aseguramiento de la confiabilidad de los activos [14]



En este proceso existe una serie de etapas en cascada que buscan la definición de un plan de mantenimiento a partir de la identificación de las características de los equipos y la determinación de su criticidad, según su función dentro del proceso.

Para cada uno de los equipos se indaga y revisa cuáles son los repuestos que requiere y la criticidad ASP de cada uno.

En una primera etapa se hizo visita en campo de los equipos objeto de estudio para la identificación de sus características. Con los equipos identificados se hizo una agrupación por marcas y modelos que permitió el paso a la segunda etapa. Dentro de la segunda etapa se hizo la indagación de sus repuestos, identificando así el APL de configuración de cada uno, esto fue mucho más sencillo gracias a la ejecución de la primera etapa ya que para conseguir la información fue necesario a contactar a representantes de las marcas fabricantes que ya habían sido previamente identificadas.

Fue necesario para algunos equipos devolverse a la primera etapa ya sea por falta de datos o para determinar con seguridad que ya estaban obsoletos y no es posible adaptarlos o construirlos dentro de los talleres propios de la empresa. Para estos casos se evaluó la incorporación de un nuevo equipo con características similares, sin afectar su operación dentro del proceso. Se solicitaron propuestas de los fabricantes para reemplazar los equipos obsoletos basados en sus características.

10.RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos planteados, se llevaron a cabo actividades que permitieron obtener los siguientes resultados.

8.1. CONOCIMIENTO GENERAL DE LOS ACTIVOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DEL ÁREA OPERATIVA ASIGNADA

Para empezar, se hizo un reconocimiento de las plantas del departamento, entendiendo cómo operan sus procesos y cómo la electrónica trabaja en conjunto con otras áreas de conocimiento para asegurar la confiabilidad.

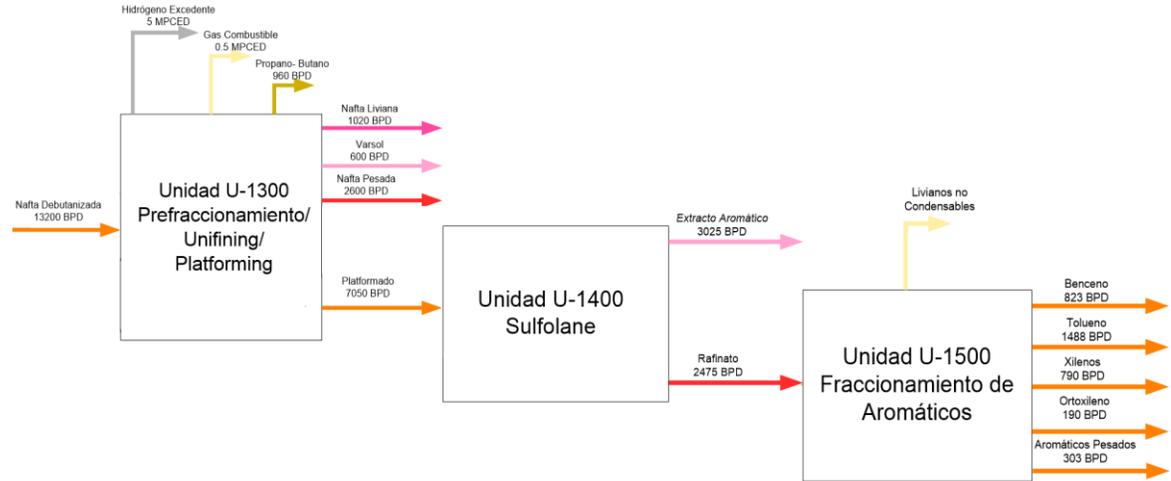
8.1.1. Planta de Aromáticos

En esta planta que produce hidrocarburos aromáticos a partir de nafta virgen (Ver Fig. 6) es supremamente importante el control de la temperatura, por encima de otras variables. Desde la etapa de Prefraccionamiento en la unidad U1300 se realizan cortes de temperatura para la separación de componentes de hidrocarburo almacenándose algunos mientras requieren un control constante de nivel y fluyendo otros hacia las siguientes etapas [15]. Para el caso de Unifining se requiere adicionalmente el control de temperatura en la etapa de reacción que permite la descontaminación de la nafta para ser cargada a la siguiente unidad donde ocurre la separación de los hidrocarburos aromáticos de los no aromáticos por medio de reacciones endotérmicas [16]. El monitoreo y control de la presión también es vital para lograr las reacciones y para las etapas de compresión.

Las necesidades a nivel de instrumentación y control se mantienen para las demás unidades de esta planta, ya que se necesita cumplir con las condiciones específicas para la generación de hidrocarburos aromáticos que sobrepasen las

especificaciones de calidad y puedan competir en el mercado, satisfaciendo las necesidades de los clientes.

Figura 6. Balance de material para unidades de aromáticos [15]



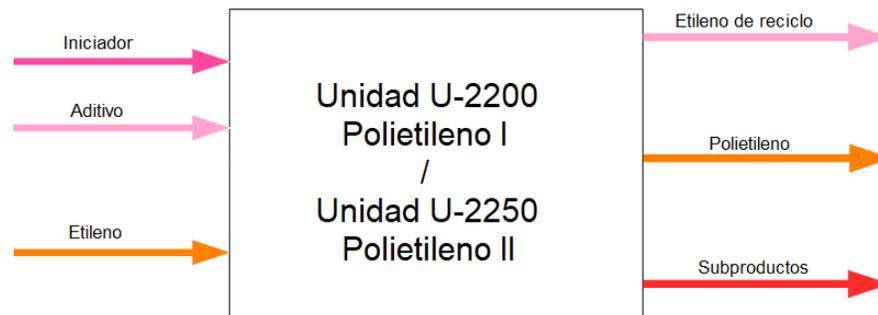
Además de los activos de instrumentación y control ya mencionados (válvulas de control, transmisores e indicadores), es importante mencionar al DCS marca Honeywell y a los sistemas de control y protección, incluyendo al ESD (Emergency Shutdown), el sistema Fire&Gas y el Bentley Nevada para el monitoreo de vibraciones. En esta planta también se encuentran instalados varios analizadores de gases y cromatógrafos.

8.1.2. Planta de Polietileno

Como se observa en el diagrama de balance de masa (Fig. 7), en esta planta se recibe gas etileno y mediante un proceso de polimerización se produce polietileno de baja densidad. Para empezar este proceso se comprime el gas en varias etapas mediante compresores de gran tamaño que deben ser monitoreados por un sistema de vibraciones fiable para presiones tan altas, como es el Prognost. Con el etileno comprimido a 18000 psi se puede iniciar la etapa de reacción, durante esta se

ingresan los llamados “iniciadores” que deben ser medidos para que la reacción se de en las condiciones deseadas [17]. La etapa de reacción es ampliamente monitoreada y es dónde el control de temperatura y presión se realiza de manera más minuciosa.

Figura 7. Balance de material de Polietileno I y Polietileno II [17]



Cuando el etileno reacciona ocurre el proceso de polimerización, que lo convierte en pellets sólidos de polietileno. Ya que sólo el 15% del gas reacciona se procede a realizar la separación mediante separadores de alta y baja presión que recirculan el gas que no reaccionó y llevan el polietileno fundido hasta un extrusor [17]. El extrusor, controlado por un PLC, mueve el polietileno a lo largo de un tornillo mientras lo enfría, inyecta los aditivos y lo corta en forma de esferas o pellets. Los aditivos se mejoran las propiedades antiadherentes, antideslizantes y antioxidantes del material producido.

El polietileno terminado debe pasar primero por distintos filtros que separan los pellets según sus características. Se tamizan en primer lugar para retirar aquellos que no cumplen con el tamaño, se les realizan pruebas de cromatografía y se toma una muestra periódica que es llevada al laboratorio industrial para analizar otras características que definen si es de tipo Prime o FE (Fuera de especificación) [17]. Cada tipo de polietileno tiene un precio diferente en el mercado, siendo el Prime el de mayor valor. Se busca a través del control y el monitoreo constante y preciso de

las variables de proceso, que la producción sea siempre de la mejor calidad para aumentar la rentabilidad.

Partiendo de la comprensión de los procesos, la acción del control y la instrumentación en ellos se procedió a la identificación de los activos desde un punto de vista técnico, observando en campo cómo desde los equipos de instrumentación se hacía la interconexión hacia el cuarto de control a través de varias etapas de acondicionamiento de señales y dispositivos de protección para llegar hasta los módulos de control y las estaciones de trabajo de los operadores y del ingeniero. Para el caso de equipos complejos con diferentes rutinas y condiciones de funcionamiento se hace su control por medio de PLCs. A su vez todas las plantas de la refinería convergen al Centro de Optimización de la Refinería (COR), desde donde los tableristas asignados a cada planta operan los equipos y toman las decisiones pertinentes para alcanzar las condiciones adecuadas de proceso y cumplir con los parámetros de calidad de los productos generados por la planta.

Además del reconocimiento en planta, en los cuartos de control y en el COR, fue posible realizar una pasantía en el taller de instrumentos, bajo la tutoría del supervisor del área de válvulas de control. Esta etapa constó de 15 días durante los cuales se hizo un acompañamiento al personal de la empresa y contratista encargado de la reparación de las válvulas que en ese momento habían sido desmontadas por la parada de planta de Cracking II o que bien habían presentado alguna falla en alguna otra planta, para observar los diferentes tipos de válvulas y conocer de cerca cada una de las partes que las conforman, la manera en la que operan y las pruebas que se deben realizar para verificar su correcto funcionamiento. También se aprendió cuáles eran las partes que más presentan desgaste, los diferentes materiales utilizados según las condiciones de proceso y el procedimiento para hacer la reparación del cuerpo y así lograr el sello óptimo y la calibración del conjunto cuerpo-actuador para que opere dentro del rango especificado.

Esta visión general desde el punto de vista de la instrumentación y el control sirvió como base para el cumplimiento de los objetivos siguientes, que ya se enfocan en un tipo especial de activo: las válvulas de control. La importancia de esta fase radica en el entendimiento no sólo del proceso y la arquitectura de sistemas de control aplicados a la industria, sino también de la estructura de lazos de control de diferentes características, cuyo elemento final de control es una o más válvulas de control.

8.2. IDENTIFICACIÓN DE LA BASE INSTALADA DE VÁLVULAS DE CONTROL

El punto de partida para esta etapa fue la información registrada en el software empresarial SAP, desde el cual se obtuvo una lista inicial de las válvulas de control instaladas en todas las plantas de la refinería.

Figura 8. Lista inicial de válvulas de control exportada desde SAP-ERP

Unidad planta	Tp.objeto	Denominación	Equipo	Campo clasif.	Perfil catálogo	Equipo superior	Ubicac.técnica	Denominación7	Emplazamien
PTQ	INS	Pos Válvula De Entrada Vapor	1001522E	ZV22270	PMVACO	10193601	RFB-2200-SRFR-AGUA-SX2206	Unidad Refrigeracion Por Absorcion Aru	U2200
PTQ	INS	Solenoido HY22520 Refrigerante ARU	11084722	HY22520	PMVASO		RFB-2250-SRFR-AGUA-SX2254	Unidad Refrigeracion por Absorcion ARU	U2250
PTQ	INS	Solenoido HY22521 Nivel Refrigerante ARU	11084724	HY22521	PMVASO		RFB-2250-SRFR-AGUA-SX2254	Unidad Refrigeracion por Absorcion ARU	U2250
PTQ	INS	Solenoido HY22522 Vapor Condensado	11084724	HY22522	PMVASO		RFB-2250-SRFR-AGUA-SX2254	Unidad Refrigeracion por Absorcion ARU	U2250
PTQ	INS	Válvula FIC1508 Carga Torre Xilenos	10192907	FV1508	PMVACO	10074416	RFB-1500-SEPA-TOLU-STV1503	Columna de Tolueno 60 Platos	U1500
PTQ	INS	Válvula PIC13014 Gas Quema H1309	1022290E	PV13014	PMVACO	10073633	RFB-1300-SREA-VARI-SH1309	Calentador De Carga Al R-1306	U1300
PTQ	INS	Válvula LIC22016 Niv D2215	11076387	LV22016	PMVACO	10044701	RFB-2200-SPRE-GRAN-SD2215	Tambor Acumulador Agua Granulacion	U2200
PTQ	INS	Válvula FIC13009 Reflujo T1303	10134247	FV13009	PMVACO	10073574	RFB-1300-SCGA-VARI-ST1303	Pr-Oper.00psig	U1300
PTQ	INS	Válvula FIC22709 Purga TV2254D	10015077	FV22709	PMVACO	10193894	RFB-2250-STR4-POLI-STV2254D	Tolva de Almacenamiento	U2250
PTQ	INS	Válvula FV22001 Flujo Reciclo	1107638E	FV22001	PMVACO	10223652	RFB-2200-SRFR-AGUA-SX2206	Unidad Refrigeracion Por Absorcion Aru	U2200
PTQ	INS	Válvula LI3381 Nivel D3381 TEA	10159484	LV3381	PMVACO	10073708	RFB-1400-SAYR-AROM-SD3381	KO Drum	U1400
PTQ	INS	Válvula LIC1408 T1403	10099784	LV1408	PMVACO	10133393	RFB-1400-SDPJ-AROM-ST1403	Torre Despojadora (30 Platos)	U1400
PTQ	INS	Válvula LIC1612 D1604	1001454E	LV1612	PMVACO	10073801	RFB-1600-SEST-ACIM-SD1604	Tambor Acumulador De Cima T-1601	U1600
PTQ	INS	Válvula LIC22019 Cond D2209	1007148E	LV22019	PMVACO	10163886	RFB-2200-SREA-VARI-SD2209	Tambor Agua Caliente A E-2208 A/B	U2200
PTQ	INS	Válvula LIC22505 Nivel E2256	1016388E	LV22505	PMVACO	10164057	RFB-2250-SREA-OPOL-SE2256	Enfriador Reciclo Alta Presión/Gen Vapor	U2250
PTQ	INS	Válvula PIC1620 Vap Turb SP1602	10193712	PV1620	PMVACO	10193710	RFB-1600-SPRC-VARI-SR1601	Pr-Op.0.0psig Temp-Op.Off	U1600
PTQ	INS	Válvula PIC22001 Pres Reactor	10163944	PV22001	PMVACO	11076388	RFB-2200-SREA-VARI-SR2201	Reactor Polimerizacion De Alta	U2200
PTQ	INS	Válvula PIC22031A Pres C2201	1010435C	PV22031A	PMVACO	10074458	RFB-2200-COMP-AIR1-SC2201/02	Compresor Primario Y Booster, 185scfm	U2200
PTQ	INS	Válvula PIC22031B Pres C2201	11076397	PV22031B	PMVACO	10015183	RFB-2200-COMP-AIR1-SC2201/02	Compresor Primario Y Booster, 185scfm	U2200
PTQ	INS	Válvula TIC22001A Cim R2201	11076397	TV22001A	PMVACO	10163817	RFB-2200-SREA-VARI-SR2201	Reactor Polimerizacion De Alta	U2200
PTQ	INS	Válvula TIC22001B Medio R2201	11076401	TV22001B	PMVACO	10104229	RFB-2200-SREA-VARI-SR2201	Reactor Polimerizacion De Alta	U2200
PTQ	INS	Válvula TIC22001C Fondo R2201	1107640E	TV22001C	PMVACO	10074359	RFB-2200-SREA-VARI-SR2201	Reactor Polimerizacion De Alta	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV22001 TV2201A	1007453E	DV22001	PMVACO	10223843	RFB-2200-STFI-DDAA-STV2201A	Tolva De Produccion Horaria	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV22002 TV2223	10134217	DV22002	PMVACO	10193624	RFB-2200-STFI-ELE-STV2223	Tolva de Vacio F2203B y SC2208B	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV22003 Siste Trans 1	1004478E	DV22003	PMVACO	10074556	RFB-2200-STFI-DDAA-STV2205C	Tolva Suministro a TVS2201	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV22004 TV2217	1022381E	DV22004	PMVACO	10015327	RFB-2200-STFI-ELE-STV2217	Tolva De Empaque	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV22014 TV2205D	10193837	DV22014	PMVACO	11077473	RFB-2200-STFI-DDAA-STV2205D	Tolva Suministro a TVS2201	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV22015 TV2254B	1022381E	DV22015	PMVACO	10104192	RFB-2250-STR4-POLI-STV2254B	Tolva de Almacenamiento	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV2216 Siste Trans 3	1022381E	DV2216	PMVACO	10104444	RFB-2200-STFI-ELE-STV2218	Tolva De Empaque	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV2229 TV2218	1016398E	DV2229	PMVACO	10193952	RFB-2200-STFI-ELE-STV2218	Tolva De Empaque	U2200
PTQ	INS	Válvula Divergente DV2233 TV2218	10044791	DV2233	PMVACO	10134261	RFB-2200-STFI-ELE-STV2218	Tolva De Empaque	U2200
PTQ	INS	Válvula Entrada Gas Al Reactor	10134202	HCV22507	PMVACO	11070061	RFB-2250-SREA-POLI-SR2251	Reactor Autoclave: 30000 psig, 550 °F	U2250
PTQ	INS	Válvula FIC13001 Nafta A T1301	1013414E	FV13001	PMVACO	10192847	RFB-1300-SCGA-VARI-ST1301	Deisohexanizer Torq 6' x 69'-6"	U1300
PTQ	INS	Válvula FIC13002 COND. DE E-1301	1108307E	FV13002	PMVACO	10043899	RFB-1300-SCGA-VARI-SE1301	Rehervidor Deisohexanizado	U1300
PTQ	INS	Válvula FIC13006A Carg H1301	1013334E	FV13006A	PMVACO	10073571	RFB-1300-SCGA-VARI-SH1301	Horno Rehervidor T10/0:420/440F P:75psi	U1300

Con esta lista se empezó a hacer un recorrido por las plantas, teniendo en cuenta las medidas de seguridad pertinentes a cada área y prestando debida atención a la información que se pretendía recopilar. Para hacer un levantamiento completo de

la información de las válvulas de control que facilitara la toma de decisiones durante su mantenimiento y la descripción de un APL de configuración se siguió el siguiente procedimiento:

1. Identificación de válvulas de control: Se buscó en campo equipos que cumplieran con las características de una válvula de control.
2. Verificación del servicio de la válvula: Luego de identificar la válvula se siguieron líneas hacia los equipos adyacentes para encontrar el servicio que presta el lazo de control. La clave para definir esto es relacionar elementos críticos del proceso y la variable que se pretende controlar. Equipos clave para los que el lazo presta un servicio pueden ser: tambores, torres, compresores, hornos, entre otros. Por ejemplo: se encontró en campo la válvula FV13026 con su TAG marcado sobre el actuador como se observa en la Fig. 9, se busca el servicio asignado en la lista preliminar y se compara con lo que se observa en campo al seguir las líneas de proceso alrededor de la válvula.

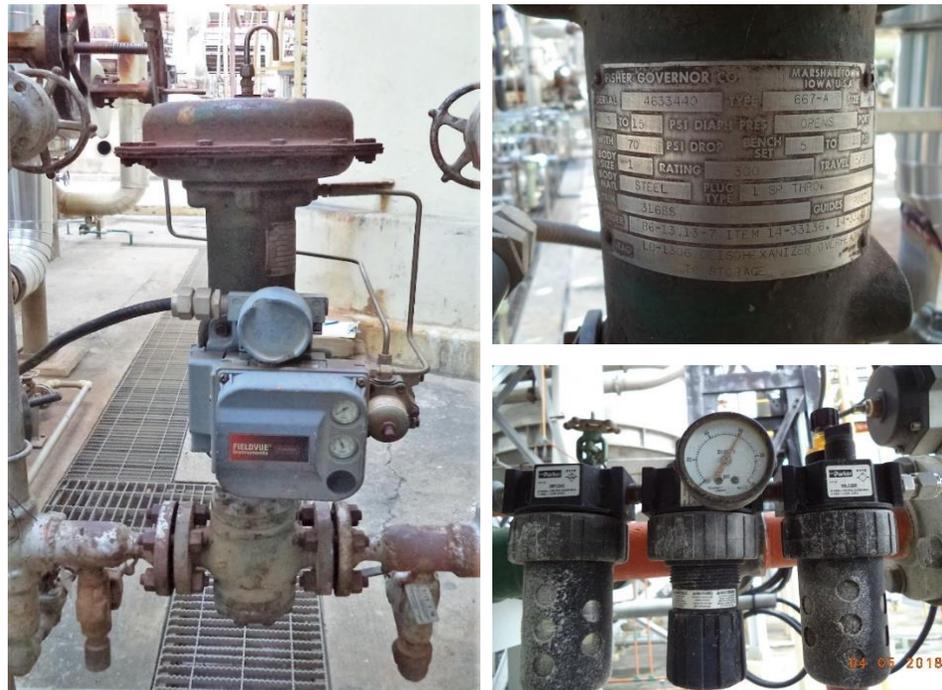
Figura 9. Vista superior de la válvula del ejemplo



En este caso se encuentra registrada esta válvula como “Reflujo de la T-1305” y al revisar los equipos adyacentes (como se representa en el diagrama grande de control de la Fig. 10) se observa que es una válvula que

la válvula, una toma frontal que incluyera no solo todas las partes de la válvula sino una vista más global de los elementos de proceso que la rodeaban, una fotografía clara de la placa o placas del actuador y el cuerpo, y otras tomas para identificar la unidad de mantenimiento o sistema de acondicionamiento de aire de instrumentos y válvulas solenoide de corte de aire de instrumentos.

Figura 11. Registro fotográfico básico de una válvula de control



4. Toma de datos: Con la observación de las válvulas en campo y el soporte fotográfico de las placas, se extrajo la información técnica importante para la labor de mantenimiento. Con base en un trabajo similar realizado por el ingeniero de confiabilidad de otra área se registraron estos datos en el formato que se presenta en la Fig. 12.

En este formato se registró el TAG de la válvula junto con el código SAP si esta había sido creada, en caso afirmativo se consultó su descripción para

conocer el servicio. Se agregó una fotografía que permitiera su identificación en campo y datos técnicos de marca, modelo, serial, modo de falla de aire, además de datos del estado de la gestión de repuestos.

Figura 12. Formato para el registro de datos de válvulas de control

 GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA DEPARTAMENTO DE PETROQUÍMICA Base de Datos de Válvulas de control <small>Planta Aromáticos</small>												
CODIGO SAP	TAG	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO	FOTO	MARCA	MODELO	SERIAL	AIRE PARA	REPUESTOS	LISTA DE REPUESTOS APL	NOTA TÉCNICA	COMENTARIOS	ESTADO
10192907	FV1508	FIC1508 Carga Torre Xilenos		FISHER	667 A	4633530	Abrir	OBSOLETOS	EN PROCESO			
10222906	PV13014	PIC13014 Gas Quema H1309		FISHER	667 ET	16528066	Abrir	EN ESPERA	EN ESPERA		datasheets aromaticos	
10134247	FV13009	FIC13009 Reflujo T1303		FISHER	657 A	4633450	Cerrar	OBSOLETOS	SI		Incluido en el levantamiento de Puffer. FOTOS AROMÁTICOS	Falta organizar información técnica EN CATALOGACIÓN
10099784	LV1408	LIC1408 T1403		FISHER	667 A	4633509	Abrir	OBSOLETOS				

Se entregó al finalizar esta etapa el formato diligenciado con tantos datos como fue posible obtener, para todas las válvulas a las que se tuvo acceso en campo y contaban con alguna placa o marca que permitiera su identificación. Las válvulas a las que no se tuvo acceso se encontraban en alturas a las que no estaba permitido llegar sin un curso de alturas previamente validado por la empresa.

En total se encontraron 199 válvulas en la planta de aromáticos, de las cuales 6 no se pudieron identificar. Las válvulas no identificadas son aquellas que funcionan como dâmpner de hornos para el control de temperatura. En el caso de Polietileno

las válvulas encontradas en niveles accesibles fueron 64 en Polietileno I de las 77 que se encontraban en el sistema de control distribuido (DCS) y 109 en Polietileno II de las 115 que estaban instaladas en total, de las cuales 8 y 2 respectivamente, no se pudieron identificar por falta de placa o marcas en las válvulas.

Contrastando con la lista de válvulas registradas en el sistema que se ejemplifica en la figura 6, se observó que varias de las válvulas ahí encontradas ya no existían en campo, la razón de esto es que hace pocos años se hizo una revisión completa de los lazos de control de las plantas del departamento, buscando reducir la complejidad de éstos y sacar de servicio aquellos que no fueran indispensables, facilitando así el trabajo del operador.

Aprovechando la recopilación de esta información se modificaron los equipos que ya no existían con la información de válvulas que, aunque estaban en campo no aparecían en SAP. La cantidad de válvulas no registradas fue amplia, así que se diligenció una plantilla de cargue masivo para hacer la creación de éstas en el sistema. La plantilla puede verse en la Fig. 13. Aunque los campos más importantes de esta plantilla son la denominación, la ubicación técnica y el equipo superior, cada uno de los demás parámetros de identificación del equipo deben quedar perfectamente diligenciados para facilitar los procesos de confiabilidad, mantenimiento y compra. Para describir la denominación se revisó la información encontrada en campo y los tableros de control junto con el operador de cada planta para que cumpliendo con el estándar se definiera correctamente el servicio que cada una presta. En el caso de la ubicación técnica superior y el equipo superior, ambas corresponden para el caso de válvulas de control al lazo de control dentro del cual opera este elemento final de control.

Figura 13. Plantilla para creación y modificación de equipos en ERP-SAP

Denominación	Fabricante	Denominación Tipo	No. De pieza del fabricante	Fabr. N°serie	Empalme/entorno	Area de empres	Indicador de Al	Grupo de equipos	Sociedad	Control de costo	Suma de unidades	Grupo de devoluc	Plazo de trabajo responsable	Perfil de riesgo	Ubicación de cara superior	Equipo superior
Válvula PIC2204B Descarga 3 Etapa C2252	FISHER	Centif. por E000518	Modelo: 657 D92	6238181	U2500	REF	S	PV22504B	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-COMP-AIR1-SC2251F2	1014248
Válvula PIC22503 Bypass Carga C2252	FISHER	Centif. por E000518	Modelo: 657 ED	65387D	U2500	REF	S	PV22503	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-COMP-AIR1-SC2251F2	1005372
Válvula PIC22504A Recirc Desc 3 Et C2252	FISHER	Centif. por E000518	Modelo: 687 ED	6238182	U2500	REF	S	PV22504A	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-COMP-AIR0-SC2253	1044889
Válvula PIC22514 Vapor 25 lb a Atm.	FISHER	Centif. por E000518	Modelo: 657 ES	6537948	U2500	REF	N	PV22514B	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-SFFR-AGUA-SV2254	10074627
Válvula PIC22707 Purga TV2254B	FISHER	Centif. por E000518	Tipo: A41	18751289	U2500	REF	N	FV22707	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR4-POLI-STV2254B	10164031
Válvula PIC22716 Purga TV2254A	FISHER	Centif. por E000518	Tipo: A41	18751288	U2500	REF	N	FV22716	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR4-POLI-STV2254A	10104346
Válvula Deslizante SGV22501 Clasificador	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745005001	U2500	REF	S	SGV22501	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-SFPE-POLI-SEV2251	10104449
Válvula Deslizante SGV22502 TV2251A	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745005002	U2500	REF	N	SGV22502	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR2-POLI-STV2251A	10074637
Válvula Deslizante SGV22503 TV2251B	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745005003	U2500	REF	N	SGV22503	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR2-POLI-STV2251B	10104522
Válvula Deslizante SGV22504 TV2253A	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745006001	U2500	REF	N	SGV22504	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-SFPE-POLI-SEV2251	10134012
Válvula Deslizante SGV22505 TV2253B	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745006009	U2500	REF	N	SGV22505	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR3-POLI-STV2253B	10163797
Válvula Deslizante SGV22506 TV2253C	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745006003	U2500	REF	N	SGV22506	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR3-POLI-STV2253C	10223609
Válvula Deslizante SGV22507 TV2253D	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745006004	U2500	REF	N	SGV22507	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR3-POLI-STV2253D	10105053
Válvula Deslizante SGV22508 TV2254A	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745006005	U2500	REF	N	SGV22508	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR4-POLI-STV2254A	10134015
Válvula Deslizante SGV22509 TV2254B	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745006006	U2500	REF	N	SGV22509	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR4-POLI-STV2254B	10104191
Válvula Deslizante SGV22510 TV2254C	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745006007	U2500	REF	N	SGV22510	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR4-POLI-STV2254C	10074635
Válvula Deslizante SGV22511 TV2254D	FABRI-VALVE	Centif. por E000518	C3701008000	67745006008	U2500	REF	N	SGV22511	ECP	RF0329	2000	PTQ	DINSEPLN	PMVACO	FFB-2250-STR4-POLI-STV2254D	10044906

8.3. CLASIFICACIÓN DE ACTIVOS IDENTIFICADOS SEGÚN SU MARCA Y MODELO

Con la lista mostrada en la Fig. 12 se hizo una clasificación por marcas y modelos de las válvulas identificadas, para así facilitar el proceso de identificación de repuestos. Luego de realizar este proceso se encontró que existían variedad de marcas y modelos de válvulas de control, de las cuales la mayoría habían sido compradas desde la construcción de las plantas.

Con esto se encontró que la marca de la cual hay más válvulas instaladas es Fisher, lo cual también sucede en el resto de la refinería. Por esta razón es posible obtener soporte en sitio gracias a representantes de esta marca, exclusivos para la refinería.

Como resultado de este levantamiento y clasificación de válvulas de control se llegó a la conclusión con el ingeniero de confiabilidad del área, que el siguiente paso a seguir para mejorar los índices de disponibilidad operativa de las válvulas de control era definir un plan de reemplazo de las válvulas cuya antigüedad supera al tiempo de uso recomendado, procurando que su reemplazo sea de la marca Fisher, que como había mencionado antes, es la de mayor presencia en la refinería y por ello cuenta con mayor soporte.

Los resultados de la clasificación pueden verse en las Fig.14, 15, 16.

Figura 14. Resultados del levantamiento para la planta de Aromáticos

Etiquetas de fila	Cuenta de MARCA	Cantidad
AMOT	5	2.51%
2180C-2A	1	0.50%
2180C-3A	1	0.50%
2180D21A	2	1.01%
2180D51A	1	0.50%
COPEP-VULCAN	1	0.50%
CV-800-16	1	0.50%
FISHER	185	92.96%
667	1	0.50%
655 EZ	8	4.02%
657 A	25	12.56%
657 AR	2	1.01%
657 ET	8	4.02%
657 ET CAVITROL III	2	1.01%
657 EZ	2	1.01%
667 A	69	34.67%
667 A	1	0.50%
667 CP	29	14.57%
667 ES	2	1.01%
667 ES CAVITROL III	1	0.50%
667 ET	18	9.05%
667 EZ	14	7.04%
V200	1	0.50%
V300	1	0.50%
No identificado	1	0.50%
HONEYWELL - Yamatake	1	0.50%
NV8300	1	0.50%
MASONEILAN	1	0.50%
37-20521-AB	1	0.50%
No identificada	6	3.02%
Total general	199	100.00%

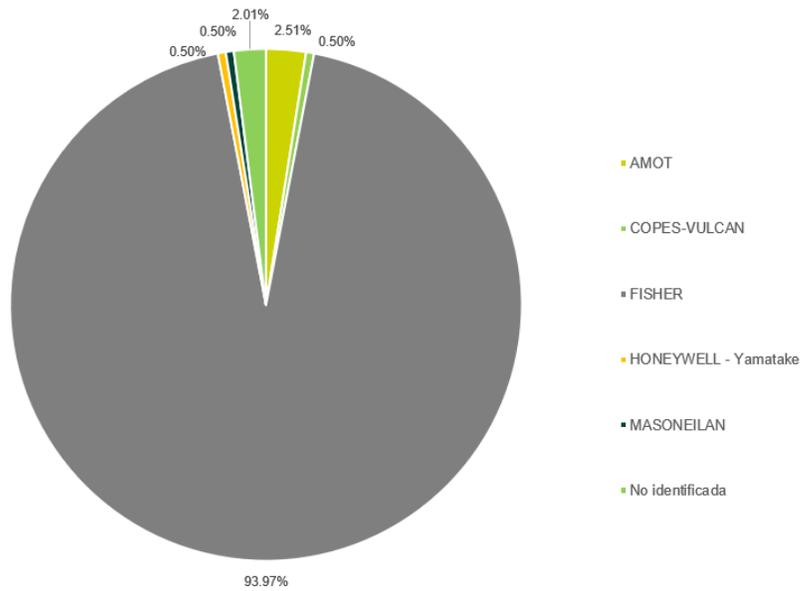


Figura 15. Resultados del levantamiento para la planta de Polietileno I

Etiquetas de fila	Cuenta de MARCA	Cuenta de MODELO
AIR TORQUE	1	1,30%
BRAY	1	1,30%
CAMERON	2	2,60%
DeZURIK	6	7,79%
FABRI-VALVE	2	2,60%
FISHER	24	31,17%
FL Ssmith	5	6,49%
MASONEILAN	1	1,30%
McCARTNEY	7	9,09%
N/A	1	1,30%
No identificada	8	10,39%
Pendiente	13	16,88%
TYCO	3	3,90%
VALTEK	2	2,60%
XOMOX	1	1,30%
Total general	77	100,00%

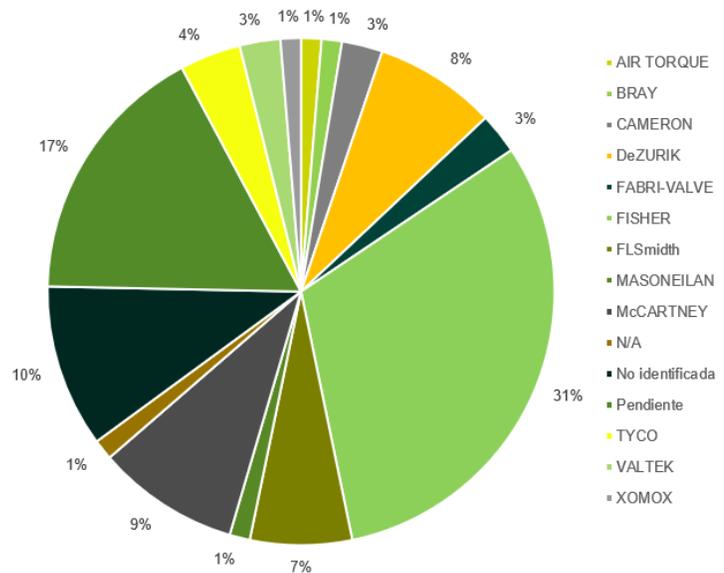
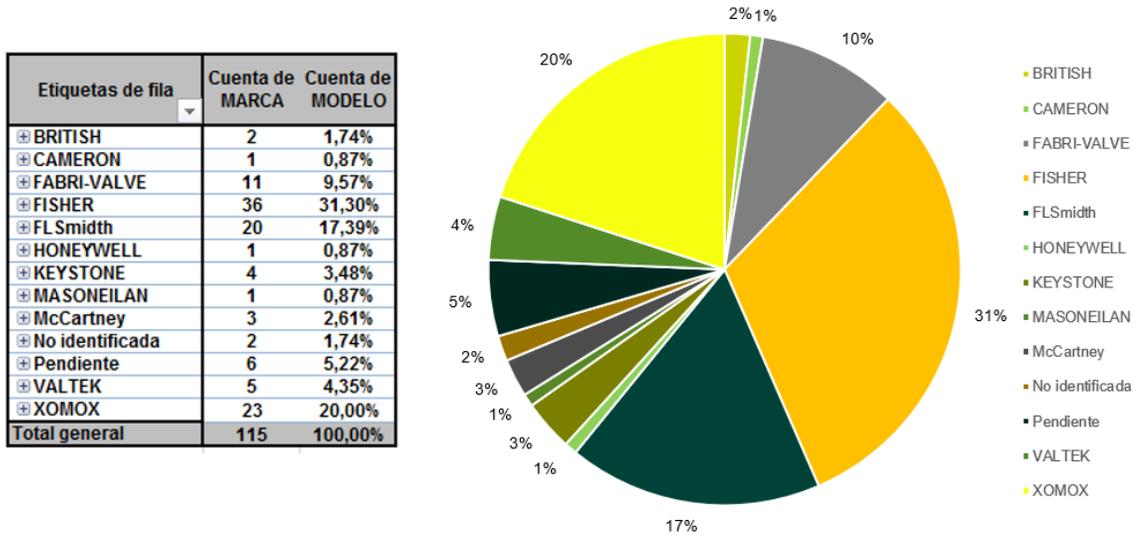


Figura 16. Resultados del levantamiento para la planta de Polietileno II



Gracias a estos resultados fue posible también hacer una actualización de la información registrada por cada equipo en SAP, ya que, aunque existen los campos de información técnica, no es habitual que al registrarse un equipo se incluya este tipo de información. Para esto se hizo una modificación masiva de equipos incluyendo estos datos como se ve en la Fig. 17.

Figura 17. Lista de equipos modificados con información técnica recopilada

Equipo	Campo de clasificación	Denominación de objeto técnico	Perfil catálogo	Centro emplazamiento	Emplaz.	Nivel Criticidad ASP	Fabricante del activo fijo	Nº serie fabricante	Nº ident.técnica
10163043	SV13016B	Válvula Solenode SV13016B Gas Que H1304	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539456	Modelo: 667 CP
10133293	SV13016C	Válvula Solenode SV13016C Gas Que H1304	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539459	Modelo: 667 CP
10043905	SV13016D	Válvula Solenode SV13016D Gas Que H1304	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539457	Modelo: 667 CP
10152865	SV13017A	Válvula Solenode SV13017A Gas Que H1309	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539453	Modelo: 667 CP
10152864	SV13017B	Válvula Solenode SV13017B Gas Que H1309	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539449	Modelo: 667 CP
10133296	SV13017C	Válvula Solenode SV13017C Gas Que H1309	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539447	Modelo: 667 CP
10133294	SV13017D	Válvula Solenode SV13017D Gas Que H1309	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539446	Modelo: 667 CP
10014335	SV13018A	Válvula Solenode SV13018A Gas Com H1310	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539441	Modelo: 667 CP
10103435	SV13018B	Válvula Solenode SV13018B Gas Com H1310	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539455	Modelo: 667 CP
10103436	SV13018C	Válvula Solenode SV13018C Gas Com H1310	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539454	Modelo: 667 CP
10133297	SV13018D	Válvula Solenode SV13018D Gas Com H1310	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539442	Modelo: 667 CP
10164019	SV13019A	Válvula Solenode SV13019A Gas Que H1307	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539444	Modelo: 667 CP
10015151	SV13019B	Válvula Solenode SV13019B Gas Que H1307	PMVASO 2000		U1300	N	FISHER	16539450	Modelo: 667 CP
10163945	SSV2203	Válvula SSV2203 Succon C2203	PMVACO 2000		U2200	N	CAMERON	90-@6628SR050010	
10074483	SSV2204	Válvula SSV2204 Succon C2204	PMVACO 2000		U2200	S	CAMERON	90-AC02805-02	
10163979	SSV22501	Válvula SSV22501 Succon C2253	PMVACO 2000		U2250	S	CAMERON	90-AC02805-01	
10152995	TV1414	Válvula TIC1414 Sal De Z-1401	PMVACO 2000		U1400	X	COPEF-VULCAN	9310-08393-1-1	Modelo: CV-600-16
10129802	TV1506	Válvula TIC1506 Temp Carga T Arc	PMVACO 2000		U1500	S	FISHER	F000600011	Modelo: 667 ES
10044107	TV1601	Válvula TIC1601 Sal Serp H1601	PMVACO 2000		U1600	N	FISHER	F000168768	Modelo: 667 EZ
10163233	TV1604	Válvula TIC1604 Sal Serp H1601	PMVACO 2000		U1600	N	FISHER	F000168769	Modelo: 667 EZ
10103440	TV1616	Válvula TIC1616 Temp Sal R-1601	PMVACO 2000		U1600	X	FISHER	4633543	Modelo: 667 EZ
10163050	TV1631	Válvula TIC1631 Fon T-1601	PMVACO 2000		U1600	X	FISHER	4939320	Modelo: 667
10014416	TV1701	Válvula TIC1701 Temp Carga R1701	PMVACO 2000		U1700	N	FISHER	4633567	Modelo: 657 A
10163257	TV1706	Válvula TIC1706 Temp Carga R1702	PMVACO 2000		U1700	N	FISHER	4633559	Modelo: 667 A
10133348	TV1710	Válvula TIC1710 Temp Carga R1703	PMVACO 2000		U1700	N	FISHER	4633564	Modelo: 667 A
10223784	TV2203	Válvula TIC2203 Descarg 2A	PMVACO 2000		U2200	S	FISHER	4376741	Modelo: 657 Z
10015227	TV2204	Válvula TIC2204 Descarg 2A	PMVACO 2000		U2200	S	FISHER	4376742	Modelo: 657 Z
10104355	TV22020	Válvula TIC22020 Vap X2206	PMVACO 2000		U2200	S	FISHER	GB172839	Modelo: 657 A
10134160	TV22503	Válvula TIC22503 Entr. Cfm	PMVACO 2000		U2250	S	FISHER	4376745	Modelo: 667 Z
10074473	TV22504	Válvula TIC22504 Entr. Meda	PMVACO 2000		U2250	S	FISHER	6537942	Modelo: 657 ED
10153723	TV22509	Válvula TIC22509 Agua Calent	PMVACO 2000		U2250	S	FISHER	10667523	Modelo: 667
10074325	TV22554	Válvula TIC22554 Decalcentador	PMVACO 2000		U2250	S	FISHER	F000168776	Modelo: 667 EZ
11070057	XV22002	Válvula XV22002 Zona Intercambidores	PMVASO 2000		U2200	S	TYCO		Modelo: F445
11070060	XV22005	Válvula XV22006 Zona Drums Inciador	PMVASO 2000		U2200	S	TYCO		Modelo: F445
10104301	PV22513A	Válvula PIC22513A Pres 02251	PMVACO 2000		U2250	S	FISHER	6537944	Modelo: 667 ES
10153832	SOV22212	Válvula SOV22212 Sal TV2201B	PMVASO 2000		U2200	N	FABRI-VALVE	815378002002	Modelo: C7024705

8.4. DETERMINACIÓN DEL LISTADO DE REPUESTOS APLICABLES A CADA EQUIPO, SU CRITICIDAD Y PARÁMETROS DE REPOSICIÓN.

Como etapa final y para apoyar el trabajo de los planeadores de mantenimiento se hizo una búsqueda exhaustiva de los repuestos aplicables a cada uno de los modelos identificados en las fases anteriores. Para ello el proceso que se siguió fue el siguiente:

1. Revisar la información del ingeniero de confiabilidad, incluyendo datasheets de los equipos desarrolladas por los ingenieros de proceso, guías de mantenimiento y fotografías recopiladas por los instrumentistas, entre otros.
2. Consultar en internet, libros y manuales encontrados en el taller de válvulas y en el taller satélite del departamento información sobre los modelos identificados durante la clasificación previamente hecha.
3. Buscar y contactar a los representantes de cada una de las marcas de válvulas, solicitando cotizaciones que incluyeran información detallada de cada una de las partes requeridas para mantenimiento, además de planos y otra información relevante, si estaba disponible.
4. Si no existía un representante para Colombia o no se obtenía respuesta en el corto plazo, contactar directamente con soporte de la compañía fabricante, solicitando el mismo tipo de información.
5. Solicitar al CIT (Centro de información técnica) todos los documentos técnicos existentes para el equipo en cuestión, teniendo en cuenta los cambios en su denominación desde su incorporación.

Con la información recopilada se hizo una lista de los repuestos recomendados para el mantenimiento preventivo de las válvulas identificadas previamente. Se busca que la lista de repuestos sea lo más amplia posible para a partir de ella determinar con los instrumentistas a cargo del mantenimiento, cuáles son realmente las piezas que se deben comprar cada vez que se interviene el equipo.

Todo esto se consignó en la tabla de la Fig. 18. En ella se puede ver la información que era importante recopilar por repuesto: el TAG del equipo del cual hace parte, junto con breve información del equipo que facilitó su replicación a otros equipos con las mismas características; el número de parte con el que es identificado por el fabricante, el código SAP por el que lo identifica ECOPEPETROL, una descripción técnica que permitiera su catalogación¹, la cantidad requerida para el equipo, precio y si es requerido o no en un mantenimiento preventivo. Esta última parte y la cantidad por equipo fue determinada junto con los instrumentistas del área y los mantenedores del taller de válvulas de la refinería.

Figura 18. Lista de repuestos para equipo

TAG	FABRICANTE	MODELO	P/N	COD SAP	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD SOLICITADA	REQ. MNT	EQUIPO	UNIDAD	PRECIO UNI. (COP)
HV22708	VALTEK	1500	015803.150.000		SEAT RING, MK1.4", TN 2.62, CL 900/H500 - ITEM 20	1	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 10.370.638
HV22708	VALTEK	1500	054396.150.000		SEAT RET, MK1, PB, 4", CL 900/H500, TN 2.62 - ITEM 30	1	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 21.438.750
HV22708	VALTEK	1500	054036.150.000		PLUG, MK1, PB, 4", +/-, TN 2.62, CL 900/H500 - ITEM 50	1	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 22.044.752
HV22708	VALTEK	1500	002717.925.000	71004450565	GASKET, PTFE, 4.88 X 4.50, 0.12 THICK - ITEM 55	1	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 211.629
HV22708	VALTEK	1500	005929.925.000		GASKET, PTFE, 4.38 X 3.88, 0.15 THICK - ITEM 56	1	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 268.899
HV22708	VALTEK	1500	002716.925.000	71004451365	GASKET, PTFE, 5.63 X 5.19, 0.15 THICK - ITEM 58	1	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 237.256
HV22708	VALTEK	1500	002522.C.2L.000		O-RING - ITEM 65	1	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 371.605
HV22708	VALTEK	1500	102791.330.000		BACKUP RING, 2.88 OD - ITEM 66	4	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 480.228
HV22708	VALTEK	1500	057360.927.000	71004450375	GUIDE LINER, 112 STEM, PTFE - ITEM 82	2	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 68.504
HV22708	VALTEK	1500	007844.150.000	71004451845	GUIDE RETAINER, 112 STEM, GRAFOLIP/PTFE - ITEM 83	2	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 706.050
HV22708	VALTEK	1500	171105.CN5.000	71004451860	PACKING SET, STD CARBON/GRAPHITE, 112 STEM - BELLOWS, STEM, SIZE 100/200, 4 STROKE, 3.384.75 SPUD - ITEM 247	1	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 794.663
HV22708	VALTEK	1500	015526.652.000		SPUD - ITEM 247	1	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 162.935
HV22708	VALTEK	1500	001631.655.000	71004108632	GASKET, ELASTOMER, 2.12 X 1.50, 0.06 THICK - ITEM 248	1	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 11.434
HV22708	VALTEK	1500	017740.431.000	71006010631	BUSHING, 2.62 OD, 2.25 ID, 0.94 L - ITEM 253	2	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 428.775
HV22708	VALTEK	1500	001716.650.000	71000619563	O-RING - ITEM 271	2	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 42.878
HV22708	VALTEK	1500	001312.650.000	71004040614	O-RING - ITEM 272	1	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 2.959
HV22708	VALTEK	1500	01718.650.000	71006010706	O-RING - ITEM 275	1	SI	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ 8.576
HV22708	VALTEK	1500	216428.993.000	71004734091	POSITIONER 3200IQ	1	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ -
HV22708	VALTEK	1500	132114.993.000		1/4" NPT General Purpose Filter Regulator	1	NO	HCV22708 Etileno Entrada E2258A	U2250	\$ -
HV22709	VALTEK	1500	015803.150.000		SEAT RING, MK1.4", TN 2.62, CL 900/H500 - ITEM 20	1	NO	N/A	U2250	\$ 10.370.638
HV22709	VALTEK	1500	054396.150.000		SEAT RET, MK1, PB, 4", CL 900/H500, TN 2.62 - ITEM 30	1	NO	N/A	U2250	\$ 21.438.750
HV22709	VALTEK	1500	054036.150.000		PLUG, MK1, PB, 4", +/-, TN 2.62, CL 900/H500 - ITEM 50	1	NO	N/A	U2250	\$ 22.044.752
HV22709	VALTEK	1500	002717.925.000	71004450565	GASKET, PTFE, 4.88 X 4.50, 0.12 THICK - ITEM 55	1	SI	N/A	U2250	\$ 211.629
HV22709	VALTEK	1500	005929.925.000		GASKET, PTFE, 4.38 X 3.88, 0.15 THICK - ITEM 56	1	SI	N/A	U2250	\$ 268.899
HV22709	VALTEK	1500	002716.925.000	71004451365	GASKET, PTFE, 5.63 X 5.19, 0.15 THICK - ITEM 58	1	SI	N/A	U2250	\$ 237.256
HV22709	VALTEK	1500	002522.C.2L.000		O-RING - ITEM 65	1	SI	N/A	U2250	\$ 371.605
HV22709	VALTEK	1500	102791.330.000		BACKUP RING, 2.88 OD - ITEM 66	4	NO	N/A	U2250	\$ 480.228
HV22709	VALTEK	1500	057360.927.000	71004450375	GUIDE LINER, 112 STEM, PTFE, ECN 5623 - ITEM 82	2	NO	N/A	U2250	\$ 68.504
HV22709	VALTEK	1500	007844.150.000	71004451845	GUIDE RETAINER, 112 STEM, GRAFOLIP/PTFE - ITEM 83	2	NO	N/A	U2250	\$ 706.050
HV22709	VALTEK	1500	171105.CN5.000	71004451860	PACKING SET, STD CARBON/GRAPHITE, 112 STEM - BELLOWS, STEM, SIZE 100/200, 4 STROKE, 3.384.75 SPUD - ITEM 247	1	SI	N/A	U2250	\$ 794.663
HV22709	VALTEK	1500	015526.652.000		SPUD - ITEM 247	1	NO	N/A	U2250	\$ 162.935
HV22709	VALTEK	1500	001631.655.000	71004108632	GASKET, ELASTOMER, 2.12 X 1.50, 0.06 THICK - ITEM 248	1	SI	N/A	U2250	\$ 11.434
HV22709	VALTEK	1500	017740.431.000	71006010631	BUSHING, 2.62 OD, 2.25 ID, 0.94 L - ITEM 253	2	NO	N/A	U2250	\$ 428.775
HV22709	VALTEK	1500	001716.650.000	71000619563	O-RING - ITEM 271	2	SI	N/A	U2250	\$ 42.878
HV22709	VALTEK	1500	001312.650.000	71004040614	O-RING - ITEM 272	1	SI	N/A	U2250	\$ 2.959
HV22709	VALTEK	1500	01718.650.000	71006010706	O-RING - ITEM 275	1	SI	N/A	U2250	\$ 8.576
HV22709	VALTEK	1500	216428.993.000	71004734091	POSITIONER 3200IQ	1	NO	N/A	U2250	\$ -

Como se puede ver también en esta lista, no todos los repuestos tenían un número de identificación por parte de ECOPEPETROL, esto porque algunos de ellos nunca habían sido identificados y así, catalogados. Para catalogar un repuesto y que así

¹ Proceso de incorporación de un material

su código sea generado es necesario seguir el protocolo definido dentro de la empresa, que empieza llenando la plantilla mostrada en la Fig. 19, donde se incluyen varios detalles de su apariencia y funcionamiento según el tipo de material, entre otros detalles que facilitan el proceso de identificación y negociación al momento de la compra.

Figura 19. Plantilla para la creación, modificación y extensión de materiales

CAMPOS OBLIGATORIOS		CAMPOS OBLIGATORIOS						
TIPO DE SOLICITUD	SOLICITUD PARA	TIPO DE MATERIAL	CENTRO	ALMACEN	DESCRIPCIÓN CORTA	DESCRIPCIÓN LARGA	UNIDAD DE MEDIDA	GR. A
CREACION	CONFIABILIDAD	ERSA	2000	G001	VALVE BALL	SIZE(IN): 1/2"- DESIGN STANDARD: API 6D, ASME B16.34; PRESS	UN	4
CREACION	CONFIABILIDAD	ERSA	2000	G001	MAINTENANCE KIT	COMPONENT 1: Conjunto de sellos blandos; COMPONENT 2: Lu	KIT	4
CREACION	CONFIABILIDAD	ERSA	2000	G001	REGULATOR,PRESSURE	BODY MATERIAL: 316 SS; CONNECTION: 1/2" FEMALE NPT; INLE	UN	4
CREACION	CONFIABILIDAD	ERSA	2000	G001	MAINTENANCE KIT	COMPONENT 1: Conjunto de sellos blandos; COMPONENT 2: Lu	KIT	4
CREACION	CONFIABILIDAD	ERSA	2000	G001	REGULATOR,PRESSURE	CONNECTION: 1/4" FEMALE NPT; PRESSURE RANGE: 0-50 PSIG;	UN	4
CREACION	CONFIABILIDAD	ERSA	2000	G001	MAINTENANCE KIT	COMPONENT 1: Conjunto de sellos blandos; COMPONENT 2: Lu	KIT	4
CREACION	CONFIABILIDAD	ERSA	2000	G001	REGULATOR,PRESSURE	CONNECTION: 1/4" FEMALE NPT; PRESSURE RANGE: 0-50 PSIG;	UN	4
CREACION	CONFIABILIDAD	ERSA	2000	G001	REPAIR KIT,VALVE	COMPONENT 1: LOWER SEAL, P/N: 277L017; COMPONENT 2: UI	KIT	4

Una parte importante de este proceso de catalogación es determinar lo que es llamado “parámetros de reposición”, con estos se indica el número en existencia a partir del cual se debe reabastecer la bodega de este material y el stock máximo. Estos parámetros están definidos sólo para los materiales de mayor criticidad. El nivel de criticidad está definido por el indicador ABC, que clasifica a los materiales como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Indicador ABC [18]

INDICADOR	DESCRIPCION
A	ECP MATERIAL ESTRATEGICO.
B	ECP MATERIAL ESCENCIAL
C	ECP MATERIAL DE SOPORTE
D	ECP A SOLIC. USUARIO/NO STOCK
E	ECP MATERIAL D PARADA D PLANTA
F	ECP NO REORDENAR
G	ECP POSIBLE OBSOLETO

Terminado el proceso de catalogación de materiales ya es posible hacer el cargue masivo de estos a cada uno de los equipos a los que corresponde. Este proceso lo realiza el ingeniero encargado dentro de coordinación a cargo del equipo con la

plantilla de la Fig. 13. Los resultados pueden verse en la Fig. 20, donde por medio de una consulta SAP a un equipo, se observan los materiales requeridos para su mantenimiento.

Finalmente, se entregó el avance mostrado a continuación, para los objetivos planteados y se dejó la información organizada al ingeniero electrónico de la planta con el fin de continuar con el trabajo hasta cubrir toda la instrumentación instalada en las plantas del departamento y en toda la refinería:

Figura 20. Consulta SAP: Materiales para equipo

Visualizar equipo: Lista de estructura					
Equipo		10223701	Válido de	13.07.2018	
Denominación		Válvula PIC22514 Presión De Vap			
10223701		Válvula PIC22514 Presión De Vap			
•	71000720052	SEAT, VALVE	L	1,000	UN
•	71000160069	CAGE, VALVE	L	1,000	UN
•	71003810975	PLUG, VALVE	L	1,000	UN
•	71004105946	PACKING KIT	L	1,000	KIT
•	71000719245	BUSHING, SEAL	L	1,000	UN
•	71000160077	DIAPHRAGM, VALVE	L	1,000	UN
•	71001034511	REPAIR KIT	L	1,000	KIT

- De las válvulas de control identificadas en la planta de aromáticos se definió el APL para casi el 17% de ellas, mientras que otro 17% quedaron pendientes de cotización por parte del representante o fabricante. El 63% de las válvulas fueron encontradas obsoletas por lo que ya no se encuentran repuestos disponibles en el mercado. Para algunas de ellas se solicitaron propuestas de reemplazo según su servicio y condiciones de proceso. El 3% de las válvulas para las que no fue posible determinar el APL tampoco habían sido claramente identificadas durante la etapa anterior, por las razones antes expuestas.

Tabla 2. Válvulas para las cuáles fueron identificados sus repuestos

Aromáticos	
Etiquetas de fila	Total de válvulas
EN ESPERA	34
NO	7
OBSOLETOS	125
SI	33
Total general	199

- Para el caso de Polietileno se listaron repuestos para el 21% de las válvulas de Polietileno I y el 47% de Polietileno II y el ingeniero quedó pendiente de la respuesta de los representantes de los fabricantes para obtener los repuestos del 11% y 24% de las válvulas en Polietileno I y Polietileno II respectivamente. Adicionalmente se obtuvo información que confirmó la existencia de una válvula obsoleta en cada una de las dos plantas. No fue posible caracterizar e identificar repuestos para el 67% de las válvulas de Polietileno I y el 34% de Polietileno II.

Tabla 3. Válvulas para las cuáles fueron identificados sus repuestos

Polietileno I		Polietileno II	
Etiquetas de fila	Total de válvulas	Etiquetas de fila	Total de válvulas
EN ESPERA	8	EN ESPERA	28
NO	51	NO	39
OBSOLETOS	1	OBSOLETOS	1
SI	16	SI	47
Total general	76	Total general	115

8.5. OBJETIVOS NO ALCANZADOS

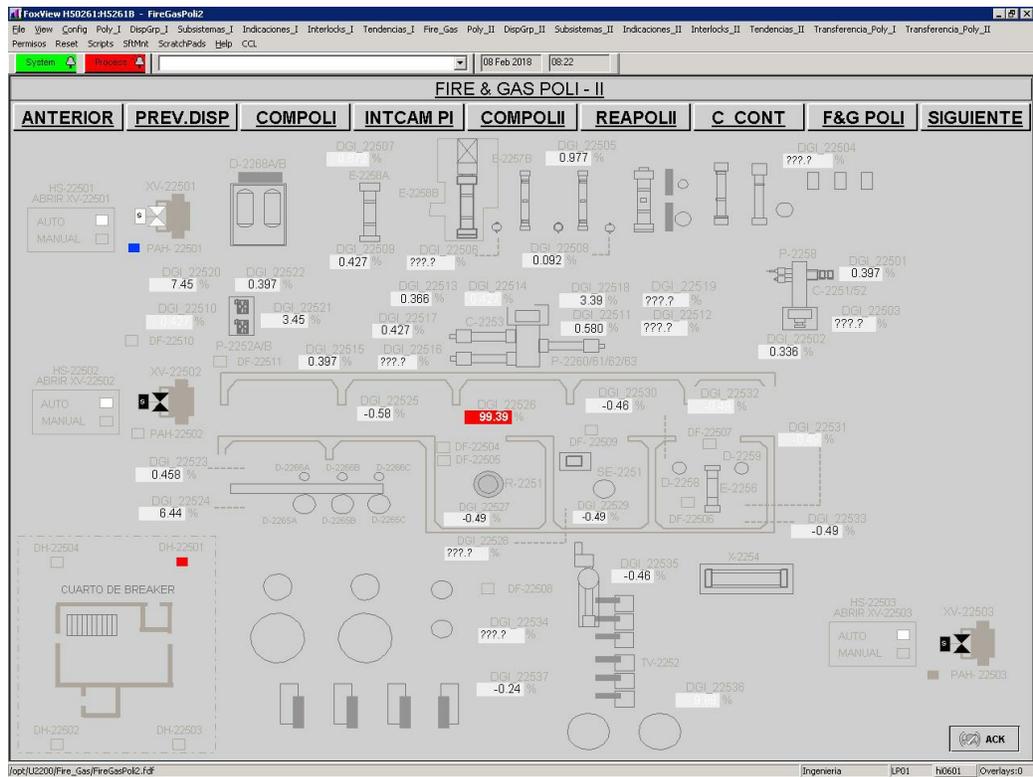
Debido a los límites de la práctica y no haber cuantificado exactamente el tiempo que tomaba realizar cada objetivo, se determinó durante las revisiones preliminares en la empresa que no era posible cumplir los objetivos que permitían:

1. Reconocer los equipos críticos por seguridad de proceso realizando la marcación de estos en el ERP-SAP: Para cumplir este objetivo era necesario el trabajo conjunto con los ingenieros de confiabilidad y de proceso para determinar si la falla del equipo se convertiría o no en una amenaza al proceso. Se decidió que era complicado para un practicante determinar este parámetro y actualizarlo en el sistema de información. Dado caso tomaría mucho tiempo de análisis y comprensión de detalles del proceso, mientras que los ingenieros con años de experiencia podrían determinarlo con facilidad.
2. Identificar los equipos a intervenir en el plan de mantenimiento 2019, estimando los costos: En este caso, debido a que no se identificaron todos los equipos y no se conocían la totalidad de los costos de materiales y mano de obra no fue posible llegar a cumplir este objetivo. La información obtenida sobre equipos obsoletos y el registro fotográfico y de características de cada una de las válvulas se utilizará para priorizar la intervención de los equipos.

8.6. APORTES AL CONOCIMIENTO

Durante el desarrollo de los objetivos principales también se realizaron otras tareas en paralelo, algunas asignadas por el supervisor asignado por la empresa y otras por ingenieros de la coordinación de control y electrónica e ingenieros del área de procesos del departamento. Gracias a ellos y más profesionales del departamento se adquirieron otros aprendizajes con tareas como:

- Acompañamiento al ingeniero de confiabilidad en ejecución de pruebas de Funciones de Protección de Instrumentos (IPF). Con estas pruebas se buscaba verificar que, si alguna condición definida dentro de una función se salía de control, la función se activara como había sido definida. Las



- Capacitación de Endress+Hauser sobre instrumentación en la industria Oil & Gas: Durante esta conferencia dirigida por un doctor experto en la industria del petróleo y gas, se introdujeron técnicas de medición como solución a las necesidades específicas de esta industria, junto con la amplia oferta de instrumentos que empleaban estas técnicas. El enfoque fue en las plantas de Topping y Cracking, pero hubo una sección en la cual se exponían los problemas de medición en las diferentes áreas operativas y el experto proponía soluciones disponibles en el mercado.
- Proceso de catalogación de repuestos: Además de la catalogación de los repuestos identificados para las válvulas de control del departamento, también se apoyó al ingeniero de confiabilidad en la catalogación de otros materiales necesarios para el mantenimiento de otros tipos de instrumentos.

- Conceptos básicos de PI: Ésta es una herramienta que funciona dentro de Excel y permite acceder a datos almacenados o calculados a partir de la información configurada para este fin y generada por los Sistemas de Control Distribuido (DCS). Los datos pueden ser niveles de las variables de proceso o estado de los instrumentos que se monitoreen y controlen desde el DCS.
- Revisión y desarrollo de lógicas en el DCS para balance de masa de las unidades de Polietileno: Ya que la ingeniera de proceso de las plantas de Polietileno reportó que los datos de consumo de iniciador y aditivo y la producción de polietileno no eran fiables, fue necesario hacer una revisión de los scripts en el DCS que hacían los respectivos cálculos y que enviaban dicha información a PI. Después de descartar la calibración de los instrumentos de medición, se hizo la revisión del código cargado en el DCS y se propusieron algunas modificaciones; pero después de verificar los datos generados en el DCS y compararlos con los datos que se consultaban en PI se encontró que el problema se debía a un error de configuración de las variables que almacenaban estos datos. Finalmente se solicitó al ingeniero encargado de estos sistemas de información que hiciera los respectivos ajustes de muestreo y comunicación entre los dos sistemas.
- Uso de algunas herramientas de la suite de Foxboro: Durante el desarrollo de toda la práctica y especialmente para las tareas adicionales fue necesario la inmersión en varias de las herramientas que ofrece Foxboro, adicionales a la interfaz que manejan los operadores (FoxView). La herramienta FoxDraw permitió el diseño de las pantallas de Fire&Gas mostradas en un punto anterior, mientras que para las pruebas IPF se configuraron señales que simulaban el comportamiento de algunos equipos y para el desarrollo de las lógicas del balance de masa se manejaron históricos, gráficos de tendencias y creación de bloques, con su respectiva configuración de entradas y salidas.

- Entrenamiento en creación de hojas de ruta. Ya que la siguiente fase al alcance de este trabajo es la creación de hojas de ruta, donde se define las tareas que requiere el mantenimiento de un equipo, las horas hombre necesarias y los materiales, se hizo una introducción a algunas herramientas del módulo PM de SAP, especialmente a las transacciones que permiten crearlas, cargarlas y organizarlas.

CONCLUSIONES

- La instrumentación y el control son de vital importancia para el funcionamiento de un proceso industrial como los que se pueden encontrar en la refinería de Barrancabermeja. Se observa en este contexto que no solo permiten el control en campo sino también la operación remota, el monitoreo de condición, la predicción de desempeño y con el análisis de las condiciones a través del tiempo la optimización de los procesos mediante control avanzado.
- Debido a la criticidad de las variables de proceso por disponibilidad operativa y seguridad humana y ambiental, existe redundancia en todos los módulos del sistema de control distribuido, además de varias capas de protección que funcionan en paralelo para en primer lugar proteger y sacar de operación una planta llevando todos los equipos a un estado de operación segura o finalmente mitigar y aliviar las condiciones peligrosas.
- Es ideal que dentro de un mismo proceso se manejen equipos con características similares, es decir, de la misma marca y/o modelo. Es más sencillo conocer los procedimientos de mantenimiento y contar con repuestos disponibles si se hace de este modo, de hecho, es posible tener equipos que puedan reemplazar fácilmente a otros equipos en falla.
- Aunque los fabricantes dan recomendaciones sobre repuestos y tiempos de intervención de los equipos, estos no se determinan en realidad hasta que no se ha dado mantenimiento al equipo en varias oportunidades, mientras no se alteren las condiciones bajo las que opera.
- La gestión efectiva de los materiales para mantenimiento reduce de manera significativa los tiempos de intervención rutinarios y de mantenimiento mayor ya que permiten adelantar sus procesos de adquisición e incorporación.

- Debido a las limitaciones de tiempo para la práctica no fue posible cumplir a cabalidad todos los objetivos, pero se consiguió un buen avance que apoyará la planeación del mantenimiento para el 2019, no sólo en el departamento sino en las plantas donde se encuentren equipos similares a los estudiados durante esta práctica y que ahora disponen de repuestos e información técnica relevante.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ECOPETROL, «Ecopetrol inició implementación de nueva plataforma para proceso de abastecimiento,» 26 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/contratistas/informacion-general/noticias/2016/contenido/Ecopetrolinicioimplementaciondenuevaplatafomaparaprocesodeabastecimiento>.
- [2] ECOPETROL S.A., «Nuestra historia,» 19 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/nuestra-historia>.
- [3] VICEPRESIDENCIA REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA GCB, *Visión General de la Refinería*, Barrancabermeja, Santander, 2009.
- [4] Portafolio, «Refinería de Barrancabermeja, la ‘joya’ de Ecopetrol para enfrentar los tiempos difíciles,» *Portafolio*, 3 Marzo 2017.
- [5] Ecopetrol S.A., «IRIS,» 23 Febrero 2018. [En línea]. Available: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=278&conID=48123>.
- [6] Ecopetrol S.A., «IRIS,» 23 Febrero 2018. [En línea]. Available: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=278&conID=48123&pagID=178939>.
- [7] Equipo de Investigación y Desarrollo de Ellmann, Sueiro y Asociados, «GESTIÓN DE ACTIVOS Y CICLO DE VIDA,» de *Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad Latinoamérica*, 2016.
- [8] Gerencia Refinería Barrancabermeja, Libro de mejores prácticas en la GRB, Barrancabermeja, 2013.
- [9] Fisher Controls, Control Valve Handbook, 2017.
- [10] Fisher Controls, *Brochure of Fisher GX Control Valves*.
- [11] R. Borsani y P. Muroi, «Control Valves Actuators,» de *Encyclopedia of Desalination And Water Resources*, p. 7.
- [12] SAP, «SAP: A 46-year history of success,» [En línea]. Available: <https://www.sap.com/corporate/en/company/history.html>. [Último acceso: 27 07 2018].
- [13] A. Echeverría, «Blog masters de SAP,» 5 Abril 2012. [En línea]. Available: <http://blog.mastersdesap.com/todos-los-modulos-sap-erp/>. [Último acceso: 01 09 2018].
- [14] M.Sc. A. D. Pusey Mitchell, Coordinación de Control y Electrónica, Barrancabermeja, 2018.
- [15] VICEPRESIDENCIA REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA, «UNIDAD U-1300

- UNIFINING/PLATFORMING,» de *MANUAL DE DESCRIPCIÓN DE PROCESOS*, Barrancabermeja, 2008, p. 24.
- [16] VICEPRESIDENCIA REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA, «UNIDAD U-1400 SULFOLANE,» de *MANUAL DE DESCRIPCIÓN DE PROCESOS*, Barrancabermeja, 2008, p. 24.
- [17] VICEPRESIDENCIA REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA, «UNIDAD POLIETILENO I,» de *MANUAL DE DESCRIPCIÓN DE PROCESOS* , Barrancabermeja, 2008, p. 28.
- [18] ECOPETROL, Soporte Catálogo, «Plantilla de catalogación de materiales,» Barrancabermeja.
- [19] Ecopetrol S.A., «IRIS,» 23 Febrero 2018. [En línea]. Available: <http://iris/contenido/contenido.aspx?catID=278&conID=48123&pagID=179970>.
- [20] VICEPRESIDENCIA REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA, «UNIDAD DE FRACCIONAMIENTO DE AROMÁTICOS,» de *MANUAL DE DESCRIPCIÓN DE PROCESOS* , Barrancabermeja, 2008, p. 19.