



**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**

Caracterización operacional y funcional de los equipos principales que componen la planta Demex (U3200) y la planta de procesos térmicos (U-4700) en el Instituto Colombiano del Petróleo.

**AUTORES**

Jeison Enrique Rueda Lucuara - 1095840037

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS  
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO  
BUCARAMANGA  
FECHA DE PRESENTACIÓN: 04-12-2019**



**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**

Caracterización operacional y funcional de los equipos principales que componen la planta Demex (U3200) y la planta de procesos térmicos (U-4700) en el Instituto Colombiano del Petróleo.

**AUTORES**

Jeison Enrique Rueda Lucuara - 1095840037

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
Tecnólogo en Operación y Mantenimiento Electromecánico.

**DIRECTOR**

M.Sc. Camilo Leonardo Sandoval Rodríguez.

**Grupo de investigación en sistemas de energía, automatización y control – GISEAC.**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS  
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO  
BUCARAMANGA  
FECHA DE PRESENTACIÓN: 04-12-2019**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del Jurado

### DEDICATORIA

*Primero que todo a Dios porque con Él todo es posible. A mi familia en especial a mis padres que son mi mayor motivación para seguir luchando día a día, a mi nona Eloísa (†) que donde quiera que este siempre me cuida y guía mis pasos y, por último, pero no menos importante a todas las personas que hicieron parte de este proceso educativo.*

*Jeison Rueda.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo darle gracias a Dios por la vida, la salud brindada y por darme una familia que me apoya en todo momento, también le doy gracias a la vida por enseñarme que cada esfuerzo trae su recompensa y que hay que saber afrontar los días malos para poder disfrutar de los buenos.

Gracias a las Unidades Tecnológicas de Santander por abrirme las puertas para realizar allí mis estudios, a los profesores que me guiaron durante este proceso y en especial a Camilo Sandoval.

Por ultimo y no menos importante agradecerle al Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) que por medio del convenio macro 3015607 me dio la oportunidad de realizar las prácticas en dicho establecimiento, y de esta manera adquiriendo un gran conocimiento sobre todo lo que se trabaja allí.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3. OBJETIVOS .....	13
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES .....	14
<b>2. MARCOS REFERENCIALES .....</b>	<b>17</b>
2.1. MARCO TEORICO .....	17
1.1.1. BOMBA DE PISTÓN .....	17
2.2. MARCO CONCEPTUAL .....	18
2.2.1. UNIDAD DEMEX (U-3200) .....	18
2.2.2. VISCORREDUCCIÓN (U-4700). .....	19
2.3. MARCO HISTORICO .....	20
2.4. MARCO NORMATIVO .....	21
<b>3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO .....</b>	<b>22</b>
3.1. REVISIÓN VISUAL DE LAS PLANTAS .....	23
3.2. REVISIÓN PAQUETES TECNOLOGICOS .....	23
3.2.1. EQUIPOS.....	23
3.3. CHECKLIST .....	24
3.4. CORROBORACIÓN DEL CHECKLIST.....	25
3.5. INVENTARIO .....	26
3.6. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y OPERACIONAL.....	26
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
4.1. REVISIÓN VISUAL DE LAS PLANTAS .....	30
4.1.1. TIPOS DE VÁLVULAS .....	30
4.1.2. REVISIÓN DE LA PLANTA DEMEX (U-3200). .....	30
4.1.3. REVISIÓN DE LA PLANTA DE VISCORREDUCCIÓN (U-4700). .....	30
4.2. CHECKLIST .....	30
4.2.1. DEMEX (U-3200).....	30
4.2.2. VISCORREDUCCIÓN (U-4700). .....	31
4.3. CORROBORACIÓN DEL CHECKLIST.....	32

<b>4.4. INVENTARIO .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y OPERACIONAL.....</b>	<b>34</b>
4.5.1 FICHA TÉCNICA .....	34
4.5.2 ÁRBOL DE EQUIPOS.....	35
<b><u>5. CONCLUSIONES .....</u></b>	<b><u>38</u></b>
<b><u>6. RECOMENDACIONES.....</u></b>	<b><u>39</u></b>
<b><u>7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</u></b>	<b><u>40</u></b>
<b><u>8. ANEXOS.....</u></b>	<b><u>41</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Bomba de pistón.	17
<b>Figura 2.</b> Funcionamiento de una bomba de pistón.	18
<b>Figura 3.</b> Diagrama de bloques de procesos de la planta U-3200.	19
<b>Figura 4.</b> Diagrama de bloques de proceso de la planta U-4700.	20
<b>Figura 5.</b> Revisión de la bomba.	24
<b>Figura 6.</b> Convenciones.	25
<b>Figura 7.</b> Norma ISA-S5.1.	26
<b>Figura 8.</b> Costo - Tiempo vs Manteamiento.	27
<b>Figura 9.</b> Ventanas operativas en la Ficha Técnica.	27
<b>Figura 10.</b> Sección de cuidados en la ficha técnica.	28
<b>Figura 11.</b> Sección de peligros en la ficha técnica.	28
<b>Figura 12.</b> Listado de equipos de la Unidad 3200.	31
<b>Figura 13.</b> Listado de instrumentos de control de la Unidad 3200.	31
<b>Figura 14.</b> Listado de equipos de la Unidad 4700.	32
<b>Figura 15.</b> Listado de instrumentos de control de la Unidad 4700.	32
<b>Figura 16.</b> Listado de los instrumentos de control existentes en la Unidad 4700.	33
<b>Figura 17.</b> Listado de equipos pertenecientes a la Unidad 3200.	33
<b>Figura 18.</b> Listado de equipos pertenecientes a la Unidad 4700.	33
<b>Figura 19.</b> Listado de los instrumentos de control existentes en la Unidad 4700.	33
<b>Figura 20.</b> Inventario Unidad 3200.	34
<b>Figura 21.</b> Inventario Unidad 4700.	34
<b>Figura 22.</b> Ficha Técnica de la Torre Contactora de la Unidad 3200.	35
<b>Figura 23.</b> Niveles de la Norma ISO 14224.	36
<b>Figura 24.</b> Taxonomía ISO 14224	36
<b>Figura 25.</b> Árbol de equipos en forma de cascada.	37



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Marco normativo.....	21
<b>Tabla 2:</b> Desarrollo de la actividad. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Elementos de protección personal.....	29

## RESUMEN EJECUTIVO

La importancia de este proyecto radicó en la caracterización operacional y funcional de los equipos que pertenecen a la Unidad Demex (U-3200) y la Unidad de Tratamiento térmico (U-4700), para de esta manera poder tener un control minucioso de los activos presente en cada una de ellas, a su vez logrando identificar inconsistencias relacionadas con lo que se presenta escrito en los manuales y planos, corroborando con lo que se encuentra instalado en la planta directamente y generando recomendaciones para la respectiva corrección.

Para cumplir de manera satisfactoria con estos objetivos se hizo necesario la aplicación de un plan de trabajo que comienza con la identificación de las dos plantas de manera visual, entendiendo los riesgos, peligros, la ruta de evacuación, los elementos de protección contra incendios y todo lo relacionado con seguridad de los operadores, después de esto se procedió a analizar los paquetes tecnológicos donde se logró entender de una manera más clara el proceso que realiza en cada una de ellas, la descripción de cada uno de los equipos pertenecientes, y todos los parámetros que se deben tener en cuenta para que las plantas tengan un correcto funcionamiento.

Con el fin de llevar acabo con esta caracterización se espera interactuar directamente con las plantas, para generar la corroboración de la información obtenida de los paquetes tecnológicos (planos y manuales), y de esta manera generar un árbol de equipos estructurando de manera adecuada donde se muestre la criticidad, la descripción de los equipos, los peligros eminentes y algunas recomendaciones para su correcto uso.

### **PALABRAS CLAVE.**

Actualización, Caracterización, Fondo Demex, Planta piloto, Viscosreducción.

## INTRODUCCIÓN

La biodiversidad de idiomas ha llevado a la industria a tener un gran problema con el poder relacionarse entre ellas y es por eso que con el pasar de los años han ido buscando la manera de generar un sistema de estándares para que de esta forma se pueda unificar el dialecto, la industria petrolera ha sido una que ha implementado esto óptimamente, es por eso que se pueden encontrar estándares como la API (American Petroleum Institute – Instituto Americano del Petróleo), la ANSI (American National Standards Institute – Instituto Nacional Americano de Estándares), la ASTM (American Society for Testing Material – Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), entre otras.

En el Instituto Colombiano de Petróleo (ICP) se encuentra la sección de Plantas Piloto donde allí se encuentran la Unidad DEMEX (U-3200) y la Unidad de tratamiento térmico (U-4700), donde la primera de ella se encarga de una extracción líquido a líquido para extraer DMO (Aceite desmetalizado) del crudo pesado, la segunda tiene como finalidad generar naftas por medio de un craqueo térmico; estas plantas poseen gran número de equipos eléctricos y mecánicos que se encargan de generar todo el proceso, actualmente el marquillado de las dos plantas se encuentra deteriorado e incumpliendo las diferentes normativas, tampoco se ha generado un nivel jerárquico donde se especifique el nivel de prioridad de cada uno de los elementos que componen la planta.

La actividad se va a desarrollar por medio de etapas donde al finalizar estas se debe haber ejecutado el trabajo, dejando un árbol de equipos, mejora en el marquillado y algunas recomendaciones para el correcto funcionamiento de las plantas anteriormente mencionadas.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) es el centro de investigación de Ecopetrol, allí hay un total de 22 laboratorios y 35 plantas pilotos donde se llevan a cabo el desarrollo y la implementación de las diferentes soluciones tecnológicas que generan un gran impacto a nivel de Ecopetrol.

Las plantas pilotos tienen una gran responsabilidad dentro de este instituto, ya que estas están diseñadas a escala de las grandes refinerías que posee Ecopetrol a nivel Nacional y es allí donde se prueban los procesos, se implementa el cuidado que se debe tener para que esta funcione de manera óptima minimizando todo tipo de peligro, también se selecciona los materiales más adecuados para que el proceso a realizar sea el mejor y se definen los factores de riesgo que contiene ella y a los que son expuestos los operarios.

Al poseer una gran cantidad de plantas dentro del instituto, no se le ha dado un buen manejo a ellas, y es por eso que el ICP se ha visto en la necesidad de caracterizar cada una de ellas para de esta manera poder tener un control más preciso y saber cuáles son los bienes activos, cual es el inventario, el cuidado básico que se debe tener y entre otros factores importantes, ¿Cuál sería la mejor forma de caracterizar una planta piloto en el Instituto Colombiano de Petróleo?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La Taxonomía de una planta se basa en estructurar las maquinas, desglosándola de la mejor manera, donde se puedan identificar cada componente y el estado actual de ellos; esta función sirve para tener un conocimiento total de la planta que se va a operar, la forma más adecuada para realizar esto es por medio de un árbol de equipos es usando la norma ISO 14224 donde “se trata de una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basándose en factores posiblemente comunes a varios elementos como puede ser la ubicación, uso entre otros.” (Engineering, 2010). La buena ejecución de un árbol de equipos da como resultado una mejor administración de las tareas, facilidad en la ejecución de las tareas, genera un gran apoyo al mantenimiento.

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. Objetivo general

Realizar el proceso de caracterización funcional y operacional de los equipos que componen la planta piloto Demex (U3200) y la planta de tratamiento térmico (U-4700), identificando sus componentes principales y elaborando el árbol de equipos con el objetivo de implementar un sistema de información donde se describan las características operativas y de funcionamiento.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar un checklist donde se plasme los equipos y sus características importantes de la planta piloto con el fin de tener los fundamentos para generar un posterior inventario y su respectiva documentación.
- Realizar el inventario de los equipos electrónicos y mecánicos describiendo brevemente cada uno y relacionando marca, serial, fecha de fabricación, entre otros para la posterior elaboración de un árbol de equipos.
- Documentar las características de los equipos describiendo el principio de funcionamiento y componentes principales empleando de manuales de referencia con el fin de anexarlo a la taxonomía antes hecha.

## 1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

➤ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

### **Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Químico.**

EVALUACION Y SELECCION DE SOLVENTES PARA LA EXTRACCION LIQUIDO-LIQUIDO DE ACIDOS NAFTECNICOS DEL CRUDO PESADO COLOMBIANO.

**Autor(es):** Nancy Cristina Acevedo León.

**Director(es):** Edgar Francisco Pantoja, Haydee Quiroga Becerra, Crisóstomo Barajas Ferreira.

**Año de publicación:** 2009

En este proyecto se busca darle solución a la problemática que hay al agotamiento del crudo liviano y al aumento del crudo pesado y extrapesado, buscando un solvente que genere un mejor aprovechamiento del crudo ya que este cuando se encuentra en estado pesado o extrapesado su estado de acidez es muy alto.

El alcance más importante en esta investigación es generar la idea que por medio de la extracción líquido – liquido usando un solvente especial se puede sacar un gran provecho a todo el crudo pesado que se encuentra en Colombia generando mayor ingreso a Ecopetrol S.A.

➤ UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

### **Trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico.**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA RUTA DE TRIBOLOGÍA OPERATIVA PARA EL CUIDADO BÁSICO DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE ECOPETROL S.A. – GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA.

**Autor(es):** Iovan David Mendoza Guerra.

**Director(es):** Isnardo Gonzales Jaimes.

**Año de publicación:** 2005

Este proyecto se basó en la mejora de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos rotativos dentro de la empresa ECOPETROL S.A., mediante la implementación y puesta en operación de un plan de mantenimiento predictivo permitió conocer el estado de diversas variables presentes en los equipos rotativos, gracias a esto se pudo destinar mejor los recursos de mantenimiento para los equipos más críticos, evitando la destrucción total o parcial de algún equipo por una falla imprevista, lo cual podía generar altos costos en reparación, a su vez se promovió una cultura de cuidado básico de los equipos rotativos dentro de las refinerías, además mediante la implementación de la ruta tribológica operativa se consiguió la recopilación de información cerca del inventario y los accesorios de los equipos rotativos.

El alcance más importante de este proyecto fue que se trabajó de la mano del operario quien es el encargado de generarle el primer mantenimiento a los equipos o el respectivo cuidado básico que cada equipo debe tener, y de esta manera se aumenta el tiempo de conservación de las maquinas disminuyendo las fallas prematuras o las fallas imprevistas.

➤ UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.

EXTRACCIÓN LIQUIDO – LIQUIDO.

**Autor(es):** Yoselin Duran Córdova, Máximo Avelardo Hualpa Romero, Roger Luis Huamancaja Reyes.

**Director:** Carlos Alberto Chafloque Elías.

**Lugar de publicación:** Lima – Perú.

En este proyecto se habla a profundidad sobre la extracción liquido – liquido, de sus principales etapas, los tipos, los beneficios, las complicaciones que se tiene al llevarse a cabo este procedimiento de separación, las diferencias que se encuentran entre una extracción liquido – líquido y una destilación, los riesgos que se tienen al exponerse mientras se está realizando dicho proceso, los equipos que se utilizan a la hora de realizar este proceso y por ultimo nos habla de las características que tiene que tener un solvente para que se inamisible o miscible con el agua y cuáles son los beneficios de usar dicho solvente.

El alcance más importante de este proyecto fue la profundización que se llevó a cabo para poder determinar todo lo dicho anteriormente, y generar una tabla de solventes y su principal uso, también al hablar del cuidado que se debe tener al realizar un proceso de extracción líquido – líquido.



## 2. MARCOS REFERENCIALES

### 2.1. MARCO TEORICO

#### 1.1.1. Bomba de pistón

**Figura 1.** Bomba de pistón.



**Fuente:** comohcaer.eu

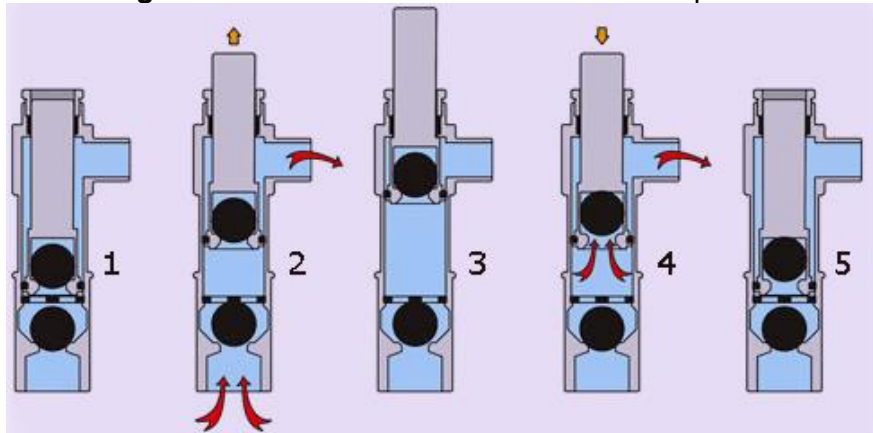
**Enlace:** <https://comohacer.eu/como-funciona-una-bomba-hidraulica-de-piston/>

Una bomba de pistón es una bomba hidráulica que genera el movimiento en el mismo mediante el movimiento de un pistón. Las bombas de pistones son del tipo bombas volumétricas, y se emplean para el movimiento de fluidos a alta presión o fluidos de elevadas viscosidades o densidades. A mayor cantidad de pistones, más potencia se puede generar, de tal manera, que podemos obtener un cabezal de bombeo y una extraordinaria eficiencia

- **Principio de funcionamiento**

Estas bombas de pistón funcionan siempre acopladas a un motor neumático alternativo que se acciona con aire. El movimiento alternativo se repite indefinidamente mientras este conectado el suministro de aire, independientemente de si la bomba esta alimentada con liquido o no.

**Figura 2.** Funcionamiento de una bomba de pistón.



Fuente: QN

Enlace: <https://www.quiminet.com/articulos/las-bombas-de-piston-sus-caracteristicas-y-aplicaciones-23519.htm>

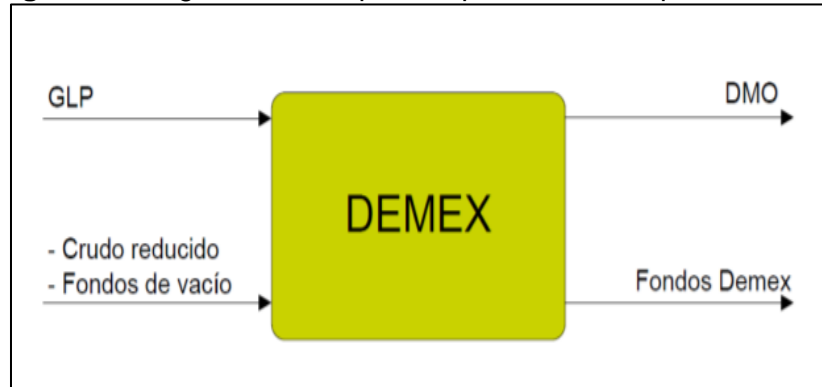
En la Figura 2 se evidencia el funcionamiento de una bomba de pistón donde en el numeral 1 la varilla se encuentra en la posición inferior, en el 2 ya se produce la apertura de la válvula de succión y el llenado de la bomba, en el 3 la varilla se encuentra en posición superior es decir esta totalmente abierta, en el 4 por la acción de la varilla que se desplaza hacia abajo se produce la apertura de la válvula embolo y el cierre de la válvula de succión y en el numeral 5 se evidencia la varilla nuevamente en posición inferior, es decir completamente cerrada.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1. Unidad Demex (U-3200)

La planta Demex o también conocida como Unidad 3200 (U-3200) cumple con la función de simular las condiciones de una Unidad Demex que se encuentra en refinería, donde la finalidad de ella es sacar el provecho máximo de los fondos de vacío y el combustóleo para la generación de gasolina y otros productos valiosos para la industria; en el instituto se ha enfocado el estudio hacia la sección de desasfaltados, donde se remueven las fracciones pesadas de los cortes pesados del crudo que se alimentan para obtener Aceite desmetalizado (DMO) como producto y fondo Demex como subproducto.

**Figura 3.** Diagrama de bloques de procesos de la planta U-3200.



**Fuente:** Paquete tecnológico U-3200.

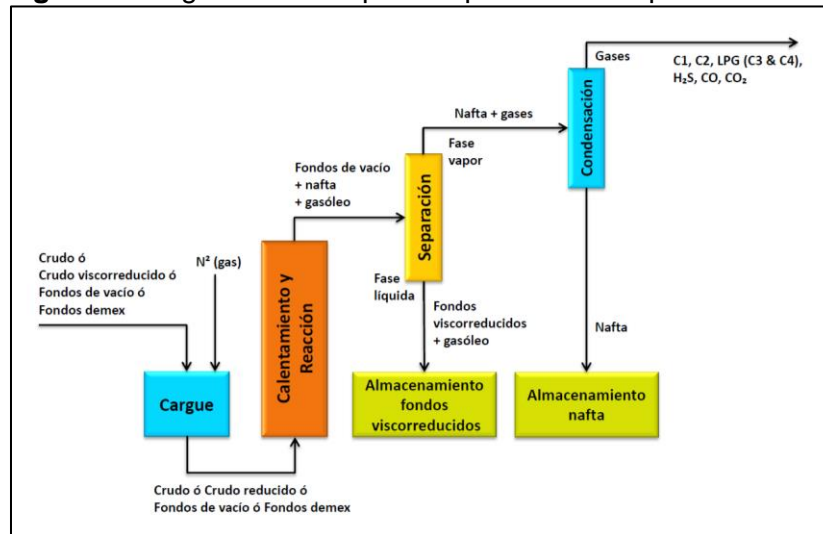
Este proceso se realiza por medio de 3 secciones las cuales son:

1. Sección de extracción.
2. Sección de rectificación
3. Sección de recuperación de DMO y Solvente

### 2.2.2. Viscorreducción (U-4700).

Esta planta está diseñada para el estudio de la reducción de los fondos de destilación atmosféricos, fondos de vacío, fondos Demex, crudo reducido, este proceso se realiza por medio de craqueo térmico. La planta esta seccionada por cuatro partes (Carga, Reacción, Separación y Condensación) en las cuales se lleva acabo todo el proceso y se generan productos tales como: coque, gases, nafta, fondos viscorreducidos más gasóleo, en la Figura 4 se muestra el diagrama de bloques donde por medio de un esquema se da a entender el proceso.

**Figura 4.** Diagrama de bloques de proceso de la planta U-4700.



**Fuente:** Paquete tecnológico U-4700.

Este proceso es realizado por medio de 4 etapas, las cuales son:

1. Sección de carga.
2. Sección de reacción.
3. Sección de separación.
4. Sección de Condensación.

### 2.3. MARCO HISTORICO

En el año 1993 se construyó la primera planta de Desalado y Deshidratación de crudos dentro de las instalaciones del ICP, a su vez se montó el circuito para pruebas hidrodinámicas ubicadas en las plataformas de Plantas Piloto 1. Seguidamente, para el desarrollo de proyectos con procesos catalíticos de hidrogenación de las unidades Catatest adquiridas del Instituto Frances del Petróleo (IFP), surgió la necesidad de la unidad de compresión de hidrogeno, actualmente se encuentra en servicio en las unidades de HDT.

En el año 1995 con el ánimo de crear conciencia ambiental se construyó una planta a escala que permitía evaluar las alternativas para la separación de hidrocarburos del agua. Para esta misma época se implementaron las unidades de Craqueo Catalítico FCC, SDU y CMI

para brindar apoyo a la operación de las unidades industriales de refinería en proyectos de análisis de carga y evaluación de catalizadores.

A mediados del año 1996 se adecuó el área de la plataforma de plantas piloto 2, donde se inició la presentación de servicios para proyectos en procesos no catalíticos como visco-reducción, pirólisis, extracción líquido-líquido y Demex, desde ese año estas plantas llevan funcionando en el Instituto ayudando con la investigación en los procesos de refinería.

## 2.4. MARCO NORMATIVO

**Tabla 1.** Marco normativo.

NORMATIVA	DEFINICION
ISO 9001:2015	Elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización (International Standardization Organization o ISO por sus siglas en inglés), determina los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad, que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, sin importar si el producto y/o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, cualquiera que sea su rama, para su certificación o con fines contractuales. (Normas 9000, 2015)
ISO 14224	La taxonomía es una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos, basándose en factores posiblemente comunes a varios elementos como puede ser la ubicación, uso entre otros.
ISA-S5.1.	El marquillado de un instrumento o de un equipo debe ser de carácter alfanumérico, donde de izquierda a derecha se tiene primero las letras donde estas no se deben exceder de cuatro, y a continuación la numeración designada (American National Standards Institute (ANSI), 1984).

**Fuente:** Autor.

### 3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

**Tabla 2:** Desarrollo de la actividad.

Etapa 1. Revisión.			Etapa 2. Verificación.		
1.1: Revisión visual de las plantas que serán intervenidas.	1.2: Gestión de los paquetes tecnológicos	1.3: Revisión de los paquetes tecnológicos.	2.1: Realización de un checklist de los activos presentes en el paquete tecnológico	2.2: Corroborar el checklist con los activos presentes en la planta.	2.3: Realización del inventario de los activos más relevantes.
Etapa 3. Análisis.			Etapa 4. Desarrollo.		
3.1: Redacción de las inconformidades con respecto al marquillado.	3.2: Realización del inventario teniendo en cuenta los activos presentes en el paquete tecnológico e instalados en las plantas.	3.3: Realización de las fichas técnicas de los equipos principales de las Plantas.	4.1: Realización del árbol de equipos.	4.2: Recolección de toda la información.	4.3: Entrega del informe final.

Fuente: Autor.

### 3.1. REVISIÓN VISUAL DE LAS PLANTAS

La revisión visual se llevó a cabo junto al ingeniero y a los operadores de las plantas, donde se logra tener el primer contacto con las unidades, se empieza por mirar las partes existentes dentro de cada una de ellas dándole prioridad a los equipos más importantes, luego se observa el tipo de válvulas que contiene cada plataforma con el fin de generar los checklist y por último se inspecciona el estado actual de

### 3.2. REVISIÓN PAQUETES TECNOLOGICOS

#### 3.2.1. Equipos.

**3.2.1.1. Demex (U-3200).** Los equipos principales de esta planta son:

- ✓ **Torre Contactora.**
- ✓ **Bombas:** Se presentan 2 bombas las cuales se encargan de suministrar la carga y el solvente.
- ✓ **Tanques:** Entre los tanques se encuentran 8, los cuales se encargan de mantener el nivel, almacenar y generar la carga.
- ✓ **Intercambiadores:** En estos dispositivos se encargan de enfriar o calentar el producto que pase por dentro de ellos.

**3.2.1.2. Viscorreducción (U-4700).** Los principales equipos que posee esta planta son:

- ✓ **Tanques:** Posee 9 tanques, los cuales se encargan de mantener el nivel, almacenar y generar la carga y estos son:
- ✓ **Balanzas:** Dentro del proceso se encuentran 6 balanzas que se encargan de medir el peso de los tanques donde se almacena el producto o la carga.
- ✓ **Horno – Reactor:** A estos dos equipos se les conoce como el corazón de la planta porque es allí donde se genera el cambio térmico y se produce el proceso y en dado caso de que falle la planta debe parar.

- ✓ **Bomba:** Posee solo una bomba que es la que se encarga de suministrar la carga a una determinada presión al resto de equipos para la ejecución del proceso, en la Figura 5 se evidencia a el autor realizando un chequeo a dicho equipo.

**Figura 5.** Revisión de la bomba.



**Fuente:** Autor.

**Lugar:** Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) / Plantas Piloto.

- ✓ **Intercambiadores:** Posee dos intercambiadores y un baño que se encargan de enfriar o calentar la sustancia que ingrese dentro de ellos.

### 3.3. CHECKLIST

Los listados de chequeo u hojas de verificación son formatos generados para realizar actividades repetitivas, para generar invitación o controlar el cumplimiento de un listado de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática. Se utilizan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos de asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvide de nada importante. (ISOTools, 2018).

- **Convención:**

Una convención es un conjunto de estándares, reglas, normas o criterios que son de aceptación general para un determinado grupo social (Real Academia Española (RAE), 2018), en la Figura 6 se evidencian las que contienen los planos (P&D) y se hace necesario conocerlas para poder interpretar de manera correcta los diagramas.



**Figura 6.** Convenciones.

CONVENCIONES			
	PROCESO		VÁLVULA DE BOLA
	SEÑAL ELÉCTRICA		VÁLVULA DE AGUJA
	SEÑAL NEUMÁTICA		VÁLVULA DE GLOVO
	SEÑAL MECÁNICA		VÁLVULA DE COMPUERTA
	NITRÓGENO		VÁLVULA DE CHEQUE
	AIRE Ó GAS NATURAL		VÁLVULA DE ANGULO
	GASES RESIDUALES		VÁLVULA DE TRES VIAS
	ENFRIAMIENTO Ó AGUA		VÁLVULA DE SEGURIDAD
	LÍNEA CALENTAMIENTO		DISCO DE RUPTURA
	TRACING ELECTRICO		FILTRO
	RECUBRIMIENTO		FILTRO TIPO "Y"
	NUEVO Ó TEMPORAL		FILTRO TIPO "T"
	ACCESIBLE EN CAMPO		FILTRO DE CANASTILLA
	ACCESIBLE EN GABINETE		MANGUERA
	ACCESIBLE EN DCS		CAMBIO DE DIAMETRO
	PLC		TAPÓN
	INTERLOCK		CONECTOR
	TIE IN		

Fuente: Paquete Tecnológico U-4700 y U-3200.

### 3.4. CORROBORACIÓN DEL CHECKLIST

Este proceso se realizó mediante un análisis visual más profundo logrando verificar las válvulas, filtros, e identificar los equipos principales de cada una de las plantas que se está trabajando, en esta etapa se presentaron varios inconvenientes puesto que muchas válvulas no se encontraban al alcance del autor por lo que se optó por omitirlas, y es por eso que se le dio prioridad a los equipos más importantes durante las corridas que realiza la Unidad.

### 3.5. INVENTARIO

Se conoce como inventario al: “Asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión.” (Real Academia Española (RAE), 2018), en este caso se le realizó lo anteriormente dicho a los equipos más relevantes dentro de las unidades que se han venido trabajando.

### 3.6. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y OPERACIONAL

La caracterización se realizó por medio de unas fichas técnicas y un árbol de equipos donde se utilizaron términos como los siguientes:

- **Tag (Marquillado):**

Según la norma ISA (Instrument Society of America), el marquillado de un instrumento o de un equipo debe ser de carácter alfanumérico, donde de izquierda a derecha se tiene primero las letras donde estas no se deben exceder de cuatro, y a continuación la numeración designada, como se observa en la Figura 7 (American National Standards Institute (ANSI), 1984).

**Figura 7.** Norma ISA-S5.1.



**Fuente:** Norma ANSI/ISA-S5.1.

Lo anteriormente dicho se debe aplicar dentro del Instituto Colombiano del Petróleo para cumplir con parámetros de calidad, realizar inventarios, para la facilidad a la hora de pedir repuestos y generar controles de cambios.

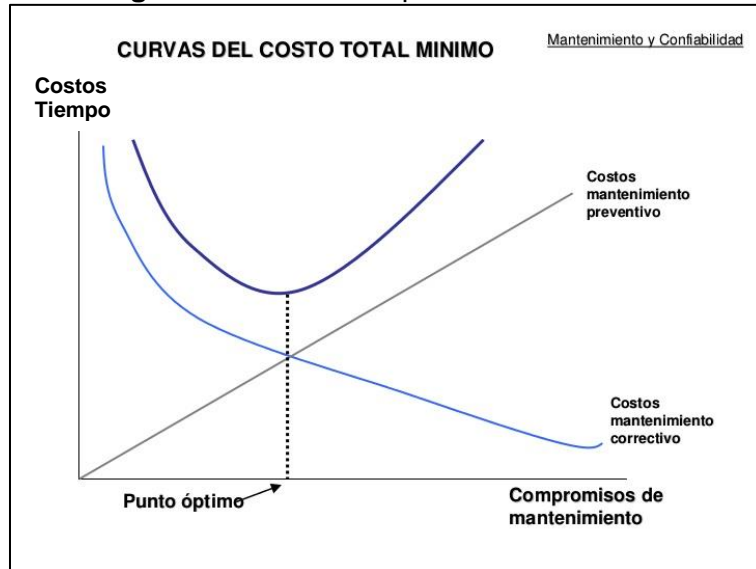
- **Criticidad por disponibilidad operacional:**

La criticidad operacional se determina por la siguiente definición: “Aquellos equipos que, en caso de falla, podrían originar parada de planta no programada, que genere incumplimiento de los programas de producción y/o nominaciones, con consecuencia económica 4 y 5” (Ecopetrol S.A., 2016).

Es de suma importancia conocer sobre este aspecto, porque los equipos que se son críticos por disponibilidad operacional deben contar con un programa de mantenimiento (incluyendo cuidado básico) donde se controle el equipo y se conserve de manera óptima y así, cuando

esté en funcionamiento la probabilidad de falla sea casi nula, evitando pérdidas de tiempo y costo por una posible parada de la planta; en la Figura 8 se evidencia una gráfica donde se evidencia el momento justo donde a un equipos se le debe generar un mantenimiento disminuyendo costos y tiempo.

**Figura 8.** Costo - Tiempo vs Manteamiento.



Fuente: Ecopetrol S.A. – Mantenimiento y Confiabilidad.

- **Ventanas operativas:**

Es una práctica que define los parámetros y los niveles dentro de los cuales un equipo, instrumento de control, maquinaria o sistema, puede mantenerse en forma confiable y segura, y de esta manera permitiendo conocer los márgenes de alarma y los límites operativos; para determinar lo dicho anteriormente se deben considerar los aspectos de diseño y aquellos que de acuerdo con las condiciones actuales de operación puedan generar ineficiencia, ineficacia o la no operación.

Dentro de la ficha técnica se encuentran las ventanas operativas de magnitudes como Temperatura, Presión, Volumen y Nivel, esto se puede visualizar en la Figura 9.

**Figura 9.** Ventanas operativas en la Ficha Técnica.

MAGNITUDES FÍSICAS:									
Temperatura (°C):			Presión (psi):			Volumen (mL):	Nivel		
Diseño	Mínima	Máxima	Diseño	Mínima	Máxima		Diseño	Mínima	Máxima
250	25	165	1.200	0	800	5.000	100	0	75

Fuente: Autor.

- **P&ID:**

Los P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) o en español DTI (diagrama de tuberías e instrumentación) es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y el instrumental.

- **Cuidados.**

Son aquellas acciones que el operador puede realizar para que los equipos se mantengan en condiciones óptimas de funcionamiento y de esta manera prolongar su vida útil, estos cuidados se pueden realizar tanto cuando la planta esté en funcionamiento o cuando lleve un periodo de tiempo en stand by, cabe aclarar que a diferencia del mantenimiento este es un proceso no intrusivo, es decir, no necesita de destapar la máquina, ni desmontar los tanque para realizar la intervención.

En la Figura 10 se evidencia la sección donde se mencionan los cuidados que se debe tener con el equipo.

**Figura 10.** Sección de cuidados en la ficha técnica.

CUIDADOS:					
1. Inspección visual del estado de la torre.	2. Prueba de fugas para la torre.	3. Revisión de los ajustes y tornillería.	4. Toma de los datos de presión y temperatura.	5. Revisar el estado de los empaques.	6. Revisar las conexiones de los lazos de control.

**Fuente:** Autor.

- **Peligros:**

En la Real Academia Española (RAE), definen la palabra peligro como: “Lugar, paso, obstáculo o situación en que aumenta la inminencia del daño.” (Real Academia Española (RAE)., 2018).

En la Figura 11 se evidencian los peligros a los que está expuesto el operador cuando este manipulando dicho equipo.

**Figura 11.** Sección de peligros en la ficha técnica.

PELIGROS:			
1. Temperatura elevada.	2. Presiones elevadas.	3. Explosión	4. Derrame de crudo.

**Fuente:** Autor.

- **Elementos de protección personal:**

En la Tabla 3 se evidencian los elementos de protección personal que los operadores deben portar a la hora de interactuar con las maquinas, estas prendas son de uso obligatorio.

**Tabla 3.** Elementos de protección personal.

<b>Nombre</b>	<b>Logo</b>	<b>Fotografía</b>	<b>Descripción</b>
GAFAS DE PROTECCIÓN			Son un tipo de anteojos protectores que normalmente se usan para evitar la entrada de objetos, agua o productos químicos en los ojos.
CASCO DE SEGURIDAD			Este elemento es usado para proteger la cabeza de lesiones causadas por objetos que caen, impactos con otros objetos, escombros, lluvia y descargas eléctricas
OVEROL Y CAMISA MANGA LARGA			Esta prenda se usa para proteger el torso y los brazos de cualquier derrame de una sustancia líquida.
GUANTES DE NITRILO O VAQUETA			La finalidad de los guantes industriales es proteger las manos de los operadores de algún componente químico, de la temperatura, de alguna característica cortopunzante, riesgos mecánicos y/o productos muy delicados.
BOTAS DE SEGURIDAD			Este elemento protege los pies del trabajador de: caída de objetos, golpes con otros objetos, roce con objetos cortopunzantes. Dependiendo del estilo pueden proteger contra percances eléctricos o químicos.

Fuente: Autor.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. REVISIÓN VISUAL DE LAS PLANTAS

#### 4.1.1. Tipos de Válvulas

- Válvula manual de bola.
- Válvula de aguja.
- Válvula cheque.
- Válvula de compuerta.
- Electroválvula.
- Válvula de tres vías.

#### 4.1.2. Revisión de la planta Demex (U-3200).

Dentro de la planta Demex se logró visualizar daños en las etiquetas, corrosión en diferentes partes de la estructura donde se encuentra instalada, derrame de sustancias en diferentes puntos; en las siguientes figuras se evidencia lo anteriormente mencionado.

#### 4.1.3. Revisión de la planta de Viscorreducción (U-4700).

En la inspección de esta planta se logró ver que el marquillado se encuentra en buenas condiciones y que fue implementado hace poco tiempo, se ven cables sueltos sin ningún tipo de protección, en la estructura se encuentra corrosión y suciedad, del estado actual de los equipos no se puede conocer nada a simple vista porque la planta se encuentra en stand by.

### 4.2. CHECKLIST

#### 4.2.1. Demex (U-3200).

En el Anexo A se presenta el checklist perteneciente a la planta Demex, donde se evidencia los instrumentos de control y los equipos, se tomó como base el plano y la información adquirida en los paquetes tecnológicos.

En la Figura 12 se evidencia una captura del checklist de equipos y en la Figura 13 da a ver una parte del listado de válvulas.

**Figura 12.** Listado de equipos de la  
Unidad 3200.

**Figura 13.** Listado de instrumentos de  
control de la Unidad 3200.

**Fuente:** Autor

#### 4.2.2. Viscorreducción (U-4700).

En el

Anexo **B** se presenta el checklist que pertenece a la planta de Procesos térmicos, se encuentran los instrumentos de control y los equipos del proceso, este checklist se basó de la información obtenida de los paquetes tecnológicos y los planos.

En la Figura 14 se puede ver una captura del listado de equipos, en la Figura 15 se evidencia el checklist de las válvulas pertenecientes a este proceso.

**Figura 14.** Listado de equipos de la Unidad 4700.

**Figura 15.** Listado de instrumentos de control de la Unidad 4700.

Fuente: Autor.

### 4.3. CORROBORACIÓN DEL CHECKLIST

En el

Anexo **C** y

Anexo **D** se encuentran los listados de corroboración de los activos presentes en los checklist anteriormente mencionados; en la Figura 16, Figura 17, Figura 18 y Figura 19 se evidencia una parte de los listados que se anexan.



**Figura 16.** Listado de los instrumentos de control existentes en la Unidad 4700.

**Figura 17.** Listado de equipos pertenecientes a la Unidad 3200.

**Figura 18.** Listado de equipos pertenecientes a la Unidad 4700.

**Figura 19.** Listado de los instrumentos de control existentes en la Unidad 4700.

**Fuente:** Autor.

#### 4.4. INVENTARIO

En el

Anexo E se encuentra los inventarios de las dos unidades (U-3200 y U4700), en las siguientes imágenes Figura 20 y Figura 21, se logra evidenciar una parte de este.

**Figura 20.** Inventario Unidad 3200.

**Figura 21.** Inventario Unidad 4700.

**Fuente:** Autor.

Dentro de las observaciones se anotó lo que visualmente se pudo analizar de cada equipo, como la ausencia, la falta de limpieza, la falta de calibración, entre otras cosas.

#### 4.5. CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y OPERACIONAL

##### 4.5.1 FICHA TÉCNICA

La hoja técnica es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente o un subsistema con el suficiente detalle para ser utilizado por un ingeniero y diseñar el componente del sistema; en esta se describe datos como: nombre del equipo, Tag (marquillado), ventanas operativas, imagen del esquema (P&D), fotografía de la planta, los cuidados que se deben tener, los peligros que emiten y elementos de protección personal que se debe usar para la manipulación del equipo.

En la Figura 22 se presenta la ficha técnica de la torre contactora de la Unidad Demex (U-3200), esta imagen es la base para realizar las demás hojas de datos de los equipos principales de las dos plantas (U-3200 y U-4700), para evidenciarlas se debe dirigir al Anexo F y

Anexo G donde se encuentran la totalidad de las fichas técnicas.

**Figura 22.** Ficha Técnica de la Torre Contactora de la Unidad 3200.

Fuente: Autor.

#### 4.5.2 ÁRBOL DE EQUIPOS

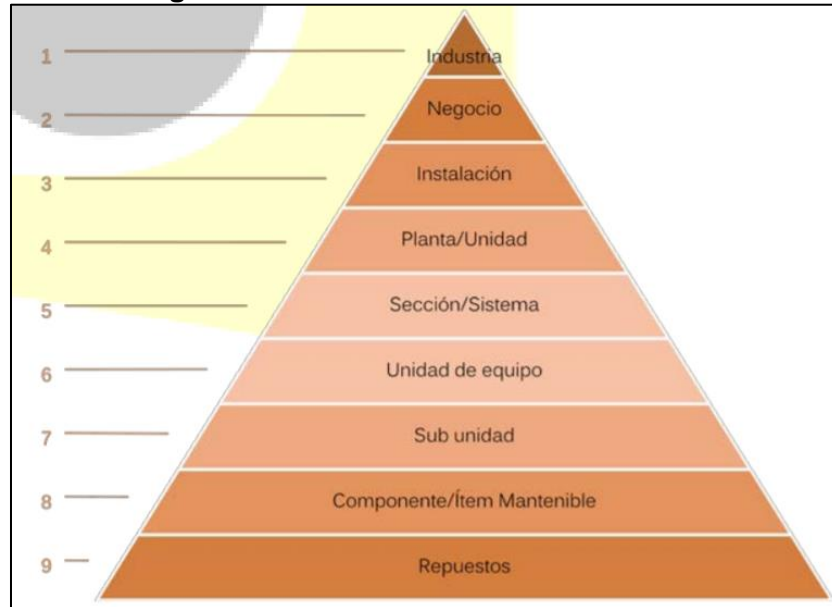
La taxonomía o árbol de equipos se rige por la norma ISO 14224 que dice: “la taxonomía es una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos, basándose en factores posiblemente comunes a varios de los elementos, comúnmente también son llamados árbol de equipos por su característica jerarquizada de acceder a un activo” (Shen Reliability Engineering).

##### Beneficios:

- Mejor administración de las tareas.
- Facilidad de ejecución de tareas.

- Apoyo para ingeniería de mantenimiento.

**Figura 23.** Niveles de la Norma ISO 14224.



**Fuente:** Norma ISO 14224.

**Figura 24.** Taxonomía ISO 14224



**Fuente:** Autor.

En la Figura 25 se presenta un árbol de equipos en forma de cascada que es una de las formas más utilizadas para plasmar la taxonomía, cabe destacar que esta forma no ha sido

estandarizada por ninguna norma internacional y es por eso que casi no se opta por hacer este tipo.

**Figura 25.** Árbol de equipos en forma de cascada.



**Fuente:** Autor.

## 5. CONCLUSIONES

- ❖ Se realizó un checklist para cada una de las unidades que se están trabajando en este proyecto, logrando identificar inconsistencias en el marquillado, en el estado de los equipos y la ausencia de alguno de ellos, también se logró detallar cada uno de ellos generando una breve descripción donde se identifican los aspectos más relevantes de cada instrumento.
  
- ❖ Los inventarios se generaron con los equipos con una importancia mayor en cada una de las unidades, en donde se les adjudicó la criticidad por disponibilidad funcional y se plasmó unas observaciones para cada uno de los activos presentes dentro del registro.
  
- ❖ La documentación se hizo por medio de unas fichas técnicas y un árbol de equipos que se realizaron con la información obtenida en los paquetes tecnológicos presentes dentro del ICP y con la experiencia de los operarios e ingenieros presentes dentro de la planta piloto, con la finalidad de que lo recopilado quede más accesible para los operadores.

## 6. RECOMENDACIONES

- ✓ La limpieza de los equipos y de las plataformas donde se ubican las plantas es un aspecto que se debe tener en cuenta dentro de un plan de mantenimiento, de esta manera ayudaría a que la vida útil de los instrumentos sea mayor y a su vez se mitigue la probabilidad de falla.
- ✓ Al tener una planta en stand by por un periodo de tiempo largo, se hace necesario realizar un programa de pre-arranque donde se incluya el chequeo a todos los componentes tanto eléctricos como mecánicos para evitar fallas en medio de una corrida.
- ✓ Los paquetes tecnológicos o manuales de operación presentan información importante que los operarios deberían tener de una forma más asequible para de esta manera darle un manejo más óptimo a los equipos y a su vez mejorar la eficiencia de los procesos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American National Standards Institute (ANSI). (1984). *Norma ANSI/ISA-S5.1*. Obtenido de Norma ANSI/ISA-S5.1: [https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/2\\_diagramas\\_p\\_id.pdf](https://tableroalparque.weebly.com/uploads/5/1/6/9/51696511/2_diagramas_p_id.pdf)
- Ecopetrol S.A. . (03 de Mayo de 2013). Procedimiento para la operación de la Planta Piloto Demex, U-3200. Piedecuesta, Santander, Colombia.
- Ecopetrol S.A. . (29 de Agosto de 2014). Manual de descripción de procesos de la Planta de Procesos Termicos, U-4700. Piedecuesta, Santander, Colombia.
- Ecopetrol S.A. (18 de 07 de 2016). Guía para identificar equipos críticos. Piedecuesta, Santander, Colombia.
- ISOTools. (08 de 03 de 2018). *¿Qué es un checklist y cómo se debe utilizar?* Obtenido de ¿Qué es un checklist y cómo se debe utilizar?: <https://www.isotools.org/2018/03/08/que-es-un-checklist-y-como-se-debe-utilizar/>
- Real Academia Española (RAE). (2018). *Diccionario de la Lengua Española*. . Obtenido de Diccionario de la Lengua Española.: <https://dle.rae.es>
- Shen Reliability Engineering. (s.f.). *Taxonomía de Equipos*. Obtenido de Taxonomía de Equipos: [https://www.shen-re.cl/shen\\_2013/wp-content/uploads/2013/10/01\\_Br\\_SHENRE\\_Taxonomia.pdf](https://www.shen-re.cl/shen_2013/wp-content/uploads/2013/10/01_Br_SHENRE_Taxonomia.pdf)



## 8. ANEXOS

Para visualizar todos los anexos añadidos en este trabajo se recomienda abrir el siguiente archivo: Anexos

- **Anexo A.** Checklist U-3200.
- **Anexo B.** Checklist U-4700.
- **Anexo C.** Corroboración U3200.
- **Anexo D.** Corroboración U4700.
- **Anexo E.** Inventario.
- **Anexo F.** Ficha técnica U3200.
- **Anexo G.** Ficha Técnica U4700.
- **Anexo H.** Árbol de Equipos.