

# ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Estudio De Prefactibilidad Para Implementar Un Método De Prueba Estandarizado Para  
Determinar Curvas De Destilación De Productos De Petróleo En El Laboratorio De La  
Escuela De Ingeniería De Petróleos

Brayan Andres Caceres Viana

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero de Petróleos

Director

Esp. César Augusto Pineda Gómez

Ingeniero de Petróleos

Universidad Industrial De Santander  
Facultad De Ingeniería Fisicoquímicas  
Escuela De Ingeniería De Petróleos  
Bucaramanga

2024

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **Dedicatoria**

Con mucha alegría y agradamiento, dedico este proyecto especialmente a mi familia y amigos, los cuales durante toda la etapa universitaria me enseñaron a ser una persona responsable, dedicada, perseverante, entre otros, por lo cual pude superar cada obstáculo que la vida me interpuso y llegar a ser quien soy actualmente.

Es para mí un gran orgullo dedicarle este logro a mis padres y hermanos, quienes han sido mi pilar fundamental durante todo mi proceso. Gracias a su acompañamiento y motivación durante los buenos y malos momentos, pude superar cada uno de los obstáculos que se me presentaban y cumplir con cada meta que me establecía.

Mis amigos que conocí durante el transcurso en la sede de Barrancabermeja y la principal, con quienes compartí momentos de alegrías, risas y tristeza. Solo me queda agradecerles por compartir esta parte de sus vidas conmigo. Les deseo que tengan muchos éxitos y bendiciones en el transcurso de sus vidas.

Por último, dedicarle este proyecto a Dios, por darme la oportunidad de vivir, levantarme, darme un techo y agrádesele por poner esas personas tan grandiosas y por darme una vida de muchas bendiciones y sueños por cumplir.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **Agradecimientos**

A la Universidad Industrial de Santander por contar con los espacios y el personal competente que hicieron posible este proceso de formación profesional y personal.

Al ingeniero Cesar Augusto Pineda por su paciencia, tiempo y apoyo dado durante la realización de este proyecto, que no solo fue útil para la finalización de este propósito, sino también aportó a mi crecimiento profesional.

A la Escuela de Ingeniería de Petróleos, por contar con un plantel de profesores con conocimientos extraordinarios en las diferentes áreas, promoviendo el aprendizaje de los alumnos durante la etapa universitaria.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Tabla de contenido**

	Pag.
Introducción .....	15
1. Objetivos .....	16
1.1 Objetivo General .....	16
1.2 Objetivos Específicos.....	16
2. Marco De Referencia .....	17
2.1 Destilación .....	17
2.1.1 Destilación Primaria (Presión Atmosférica) .....	18
2.1.2 Destilación Secundaria (Vacío) .....	20
2.2 Importancia de la curva de destilación.....	21
2.3 Métodos de destilación en el laboratorio .....	21
2.3.1 Métodos estandarizados. ....	25
2.3.1.1 Norma ASTM D86. ....	26
2.3.1.1.1 Instrumentos y equipos. ....	26
2.3.1.1.2 Materiales y reactivos. ....	29
2.3.1.1.3 Muestreo almacenamiento y acondicionamiento.....	29
2.3.1.1.4 Calibración.....	31
2.3.1.1.5 Procedimiento. ....	31
2.3.1.1.6 Cálculos y resultados. ....	33
2.3.1.1.7 Precisión.....	37
2.3.1.1.8 Recomendaciones. ....	41

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

2.3.1.2 Norma ASTM D1160. ....	41
2.3.1.3 Norma ASTM D2887. ....	42
2.3.1.4 Norma ASTM D2892. ....	43
2.3.1.5 Norma ASTM D7344. ....	43
2.3.1.6 Norma ASTM D7345. ....	45
2.4 Comparativo de Normatividad.....	47
3. Estudio De Mercado .....	49
3.1 Oferta y demanda.....	51
3.1.1 Oferta. ....	51
3.1.2 Demanda. ....	53
3.1.2.1 Transportadores.....	59
3.1.2.2 Comercializadores.....	60
3.1.2.3 Clientes potenciales. ....	62
3.2 Precio de la prueba.....	63
4. Análisis técnico.....	67
4.1. Ubicación y Dimensionamiento.....	67
4.2. Personal capacitado.....	69
4.3. Selección de proveedor .....	69
4.3.1 Identificar las necesidades de la empresa .....	70
4.3.1.1. Equipo .....	70
4.3.1.2. Reactivos y materiales. ....	71

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

4.3.2 Determinar los criterios de selección.....	72
4.3.3 Solicitar información .....	74
4.3.4 Seleccionar el proveedor más adecuado .....	79
4.3.5 Cálculos para la Selección del Proveedor del Equipo de destilación .....	84
5. Análisis financiero .....	86
5.1. Presupuesto de Inversiones .....	86
5.1.1. Inversiones fijas .....	87
5.1.2. Inversiones diferidas .....	87
5.1.3. Capital de trabajo .....	87
5.2. Costos de producción.....	88
5.2.1. Costos de Fabricación.....	88
5.2.2. Gastos de Administración.....	89
5.2.3. Costos de ventas.....	89
5.3. Ingresos por Prestación de Servicio.....	90
5.4. Indicadores de Evaluación Financiera .....	93
5.4.1 Cálculos para los Valores del VPN de Cada Escenario.....	94
5.5. Resultados Análisis Financiero.....	95
6. Sistema de Gestión de Calidad Basado en la Norma Técnica Colombiana ISO/IEC 17025:2017 .....	96
6.1 Norma Técnica Colombiana ISO/IEC 17025:2017 .....	97
6.1.1 Antecedentes .....	98

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

6.1.2 Objetivo.....	98
6.1.3 Requisitos para la Acreditación de Alta Calidad .....	98
6.2 Proceso de acreditación.....	101
6.2.1. Alcance de la Acreditación .....	103
6.2.2. Criterios de acreditación .....	103
6.2.3. Reglas de Acreditación ONAC.....	104
6.2.4. Aspectos básicos para la Acreditación.....	111
6.3 Ruta de Acreditación.....	112
6.3.1 Registro Inicial.....	112
6.3.2 Presentación de la Solicitud de Acreditación.....	113
6.3.3 Revisión de la Solicitud .....	114
6.3.4 Elaboración de la Cotización de Acreditación.....	115
6.3.5 Designación del Equipo Evaluador y Programación de la Evaluación.....	116
6.3.6 Proceso de Evaluación .....	116
6.3.7 Decisión Sobre la Acreditación .....	117
7. Conclusiones.....	120
8. Recomendaciones .....	122
Referencias Bibliográficas .....	123
Apéndices.....	128

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Lista de Tablas**

	Pag.
Tabla 1 Temperatura corregidos a presión atmosférica .....	35
Tabla 2 Repetividad del grupo 1 .....	38
Tabla 3 Repetividad del grupo 2,3 y 4.....	38
Tabla 4 Reproductividad del grupo 1.....	40
Tabla 5 Repetividad del grupo 2,3 y 4.....	40
Tabla 6 Cuadro Comparativo.....	47
Tabla 7 Empresas Prestadoras del Servicio .....	52
Tabla 8 Número de estudiantes matriculados en los últimos semestres .....	54
Tabla 9 Producción fiscalizada de petróleo. ....	56
Tabla 10 Red de Transporte.....	60
Tabla 11 Comercializadores .....	61
Tabla 12 Primer Competidor .....	66
Tabla 13 Segundo Competidor .....	66
Tabla 14 Equipos necesarios para la implementación del método estándar ASTM D86.....	70
Tabla 15 Características del tolueno y hexadecano .....	71
Tabla 16 Proveedores del equipo de destilación ASTM D86.....	73
Tabla 17 Proveedores de Implementos .....	73
Tabla 18 Especificaciones de los equipos de destilador manual .....	74
Tabla 19 Costo del Equipo en COP .....	76
Tabla 20 Matraz de 125 ml tipo B con tapón.....	77
Tabla 21 Probeta de 100 ml con graduaciones en ml. ....	77

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Tabla 22 Termómetro ASTM 7C/IP 5C .....	78
Tabla 23 Termómetro ASTM 8C/IP 6C .....	78
Tabla 24 Puntuación al precio.....	81
Tabla 25 Puntuación al Servicio postventa esperado.....	81
Tabla 26 Puntuación en especificaciones técnicas.....	82
Tabla 27 Puntuación en facilidad de mantenimiento .....	83
Tabla 28 Puntuación en fiabilidad de entrega.....	83
Tabla 29 Puntuación de selección del Proveedor del Equipo de destilación .....	84
Tabla 30 Presupuesto de inversiones .....	88
Tabla 31 Costos de producción.....	89
Tabla 32 Costos totales .....	90
Tabla 33 Escenario académico.....	91
Tabla 34 Escenario comercial.....	92
Tabla 35 Resultados de cada escenario comercial .....	95
Tabla 36 Requisitos de la NTC ISO/IEC 17025:2017 .....	99
Tabla 37 Esquemas de acreditación por parte de la ONAC.....	104
Tabla 38 Chequeo de requisitos NTC ISO/IEC 17025:2017 .....	107

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Lista de Figuras**

	Pag.
Figura 1 Proceso de destilación .....	18
Figura 2 Unidad de destilación .....	19
Figura 3 Unidad de vacío .....	20
Figura 4 Tipos de curva de destilación .....	23
Figura 5 Equipo de destilación .....	27
Figura 6 Matraz de destilación de 125ml.....	28
Figura 7 Probeta de 100ml.....	28
Figura 8 Termómetro .....	29
Figura 9 Equipo Destilación al Vacío.....	42
Figura 10 Destilador Automático.....	45
Figura 11 Microdestilador Automático.....	46
Figura 12 Representación de número de estudiantes .....	55
Figura 13 Estrategias de precios .....	64
Figura 14 Parque Tecnológico de Guatiguará .....	68
Figura 15 Etapas de selección de proveedor.....	70
Figura 16 Criterios de selección Lehman y O'Shaughnessy .....	79
Figura 17 Ciclo de Deming.....	97
Figura 18 Logotipos Normas Icontec .....	105

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Lista de Apéndices**

	Pag.
Apéndice A. Destilación de productos petrolíferos y combustibles líquidos a presión atmosférica (Mini método) ASTM D7344 .....	128
Apéndice B. Destilación de productos petrolíferos a presión reducida ASTM D1160 .....	135
Apéndice C. Distribución del rango de ebullición de fracciones de petróleo por cromatografía de gases ASTM D2887 (ASTM, 2023) .....	143
Apéndice D. Destilación de Petróleo Crudo (Columna de 15 Placas Teóricas) ASTM D2892.	151
Apéndice E. Destilación de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos a presión atmosférica (método de microdestilación) ASMT D7345 .....	160
Apéndice F. Guía Del Estudiante en el Laboratorio Para La Determinación De Las Curvas De Destilación De Productos De Petróleo Implementado Un Método De Prueba Estandarizado ASTM D86.....	167

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Glosario**

**Destilación:** Separar por medio del calor, en alambiques u otros vasos, una sustancia volátil de otras más fijas, enfriando luego su vapor para reducirla nuevamente a líquido.

**PBI:** Punto de ebullición inicial.

**PEF:** Punto final de ebullición final.

**AET:** Temperatura atmosférica equivalente

**Prefactibilidad:** Supone un análisis preliminar de una idea para determinar si es viable convertirla en un proyecto. El concepto suele emplearse en el ámbito empresarial y comercial.

**Mezcla:** Agregación o incorporación de varias sustancias o cuerpos que no tienen entre sí acción química.

**ASTM:** American Society for Testing and Materials o Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. En ASTM se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Resumen**

**Título:** Estudio de prefactibilidad para implementar un método de prueba estandarizado para determinar curvas de destilación de productos de petróleo en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería de Petróleos\*

**Autor:** Brayan Andrés Cáceres Viana\*\*

**Palabras Clave:** Destilación, Separación de Mezclas, Prefactibilidad, Métodos, Pruebas de Laboratorio.

**Descripción:** Este trabajo presenta los resultados de un estudio de prefactibilidad donde su enfoque sea implementar un método estandarizado para la determinación de curvas de destilación de productos de petróleo a presión atmosférica, cuyo objetivo es establecer los factores esenciales tales como recursos físicos, requerimientos de inversión y de calidad, que permitan un posible avance y crecimiento de esta propuesta con la idea de adiclarla al portafolio de servicios de la EIP en la Universidad Industrial de Santander. Para este proyecto se abarcan las características más importantes de las normas como protocolos, estándares técnicos y/o guías disponibles para determinar curvas de destilación de productos de petróleo en el laboratorio conocidas en la actualidad. Con base en la investigación se procede a realizar un análisis de mercado con el fin de identificar posibles competidores en el mercado y clientes potenciales, y así establecer un margen del precio o valor del servicio que permita entrar en el mercado. Asimismo, se realiza un análisis técnico, el cual su objetivo es optar por las mejores ofertas en cuanto a equipos, insumos e implementos, las cuales se ajusten a las especificaciones necesarias para implementación del proyecto, basada en las cotizaciones e información suministrada por los diferentes proveedores contactados. Adicionalmente, se lleva a cabo un análisis financiero, centrado en la estimación de los costos totales del proyecto y las utilidades que provienen de la prestación del servicio, variando los panoramas más posibles en el futuro a través del planteamiento de escenarios comerciales diferentes al académico con la idea de establecer la viabilidad del proyecto en cada caso a través de indicadores de evaluación financiera. Finalmente, se procesó a documentar los requerimientos del sistema de gestión de calidad basado en la norma NTC ISO 17025, los cuales permiten asegurar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados.

---

\*Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingeniería Físicoquímica. Escuela de Petróleos. Ingeniería de Petróleos. Director: César Augusto Pineda Gómez, Ingeniero de Petróleos

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Abstract**

**Title:** Prefeasibility study to implement a standardized test method to determine distillation curves of petroleum products in the laboratory of the school of petroleum engineering. \*

**Author:** Brayan Andrés Cáceres Viana \*\*

**Key Words:** Distillation, Separation of Mixtures, Pre-feasibility, Methods, Laboratory Tests.

**Description:** This work presents the results of a pre-feasibility study where its focus is to implement a standardized method for the determination of distillation curves of petroleum products at atmospheric pressure, whose objective is to establish the essential factors such as physical resources, investment, and quality requirements, which allow a possible advancement and growth of this proposal with the idea of adding it to the portfolio of services of the EIP at the Universidad Industrial de Santander. For this project, the most important characteristics of the norms, such as protocols, technical standards, and/or guides available to determine distillation curves of petroleum products in the laboratory known at present, are covered. Based on the research, a market analysis is carried out in order to identify possible competitors in the market and potential customers and thus establish a price margin or value of the service that allows entering the market. Likewise, a technical analysis is performed, whose objective is to choose the best offers in terms of equipment, supplies, and implements that meet the specifications required for project implementation based on the quotations and information provided by the different suppliers contacted. Additionally, a financial analysis was carried out, focused on estimating the total costs of the project and the profits that come from the provision of the service, varying the most possible scenarios in the future through the approach of commercial scenarios different from the academic one, with the idea of establishing the viability of the project in each case through financial evaluation indicators. Finally, the requirements of the quality management system based on the NTC ISO 17025 standard were documented to ensure technical competence and reliability of the results.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical-Chemical Engineering. School of Petroleum Engineering. Director: César Augusto Pineda Gómez, Petroleum Engineer

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **Introducción**

Los productos derivados de la refinación de hidrocarburos presentan comportamientos y características únicas en función de la materia prima y de los procesos empleados para su obtención. El mercado de estos productos según el tipo de aplicaciones industriales demanda una caracterización y control de calidad permanente, tanto de los productos como de los ambientes donde son almacenados para su distribución, en la medida en que diversos factores de esta cadena pueden afectar las propiedades y las concentraciones de los compuestos presentes. Por eso se trata una característica muy importante, la cual es las curvas de destilación; es una herramienta que proporciona información sobre la composición y el comportamiento de los derivados del petróleo bajo ciertas condiciones de temperatura, dando la garantía de que el producto final cumpla con las especificaciones de calidad requeridas.

Existen diferentes pruebas de laboratorio estandarizadas para determinar las curvas de destilación, permitiendo valorar la volatilidad, como la tendencia de los hidrocarburos a producir vapores en rangos de temperatura controlados, según el tipo de producto.

Se realizó un estudio de prefactibilidad para la determinación de curvas de destilación, como primera fase para la instalación y posterior aplicación del protocolo dentro de las instalaciones del Laboratorio de Fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos.

La implementación de esta prueba le permitiría a la EIP ampliar la oferta de servicios a nivel de laboratorio; favorecería el desarrollo de investigaciones en el área de los hidrocarburos y ampliar la formación académica de los estudiantes de sus programas.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### 1. Objetivos

#### 1.1 Objetivo General

Elaborar un estudio de prefactibilidad para la implementación de un método estandarizado para la determinación de curvas de destilación de productos de petróleo a presión atmosférica en el laboratorio de fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos.

#### 1.2 Objetivos Específicos

- Analizar los procedimientos estandarizados para la obtención de las curvas de destilación de productos hidrocarburos.
- Identificar los recursos físicos necesarios a nivel de instrumentación, equipos, insumos, reactivos y demás elementos necesarios para la implementación del método de prueba.
- Realizar un estudio financiero para la determinación de los requerimientos de inversión necesarios para la prueba seleccionada, en el laboratorio de fluidos de la EIP.
- Desarrollar un sondeo de mercado para la identificación de posibles competidores a nivel regional y nacional, con su margen de costos de referencia para ofertar el servicio.
- Documentar los procedimientos de la prueba seleccionada considerando los requisitos del sistema de gestión de calidad basado en la norma NTC ISO 17025, los cuales permitan asegurar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **2. Marco De Referencia**

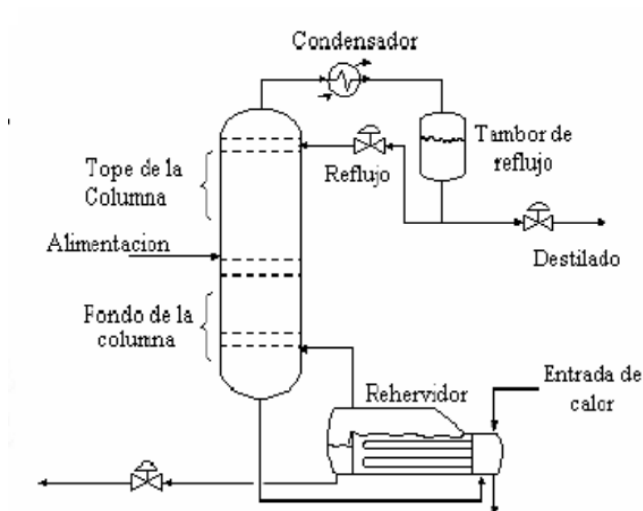
#### **2.1 Destilación**

La destilación de productos petroleros se utiliza para separar los diferentes componentes del petróleo, como lo son: gas licuado del petróleo (GLP), la gasolina, el queroseno, el Diesel, el combustible para aviones, aceites lubricantes, asfaltos y entre otros. La unidad donde se realiza este proceso se le conoce como torre de destilación, la cual está expuesta a altas temperaturas. Los componentes con puntos de ebullición baja se van evaporando. Generalmente consta de varias bandejas para que los componentes se separen por punto de ebullición.

Es un proceso fundamental en la industria energética que permite obtener los diferentes componentes que conforman este recurso natural. Desde combustibles para automóviles hasta productos químicos utilizados en la fabricación de plásticos, la destilación del petróleo es un pilar clave en nuestra sociedad.

Además de los productos líquidos, la destilación también permite obtener otros productos valiosos como el gas natural y los gases licuados del petróleo. Estos gases son utilizados como combustibles en diferentes aplicaciones, como la generación de energía eléctrica y la calefacción.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Figura 1***Proceso de destilación*

*Nota.* Tomado de M.M.J. (2005). *Proyecto Fin de Carrera. Diseño de una Columna de DME, p.1.*

La destilación en la industria petrolera es un proceso complejo y altamente controlado. Se requiere una tecnología avanzada para garantizar una separación eficiente de los componentes del petróleo crudo. Además, la destilación puede ser complementada con otros procesos como la reformación catalítica y la hidrosulfuración, que permiten obtener productos más refinados y de mayor calidad (Dos Santos, 2023). La destilación se puede dar a presión atmosférica o vacío la cuales una se complementa de la otra.

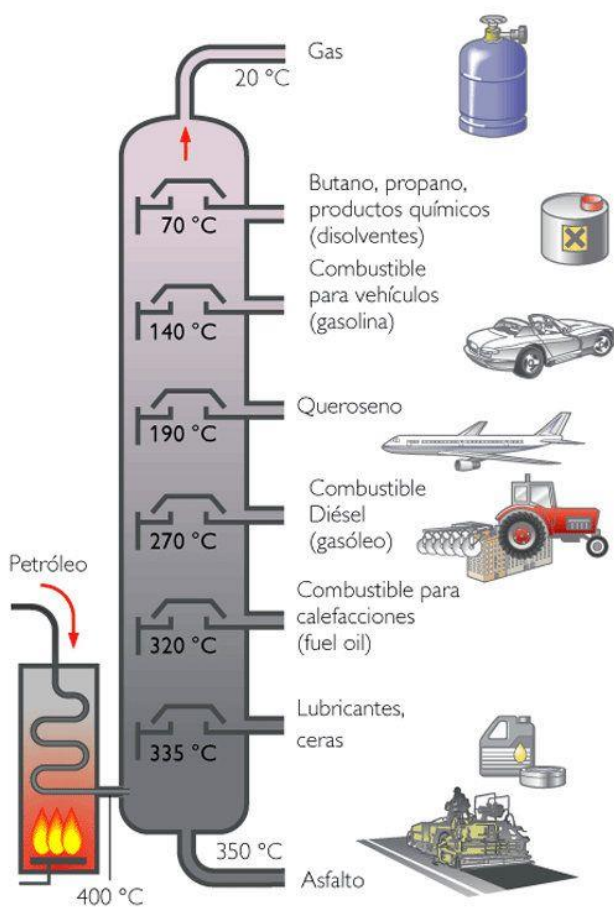
**2.1.1 Destilación Primaria (Presión Atmosférica)**

Esta destilación es el primer tratamiento a que se somete el crudo después de su extracción. Al pasar por un proceso de desalado (eliminar impurezas), el crudo se destila en diferentes fracciones adecuadas a su utilización posterior como se evidencia en la Figura 2. Los principales productos de esta destilación son:

- Gases de refinería.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Gases licuados de petróleo.
- Naftas.
- Querosenos, combustibles de aviación.
- Gasóleos de automoción.
- Fuelóleos pesados industriales.

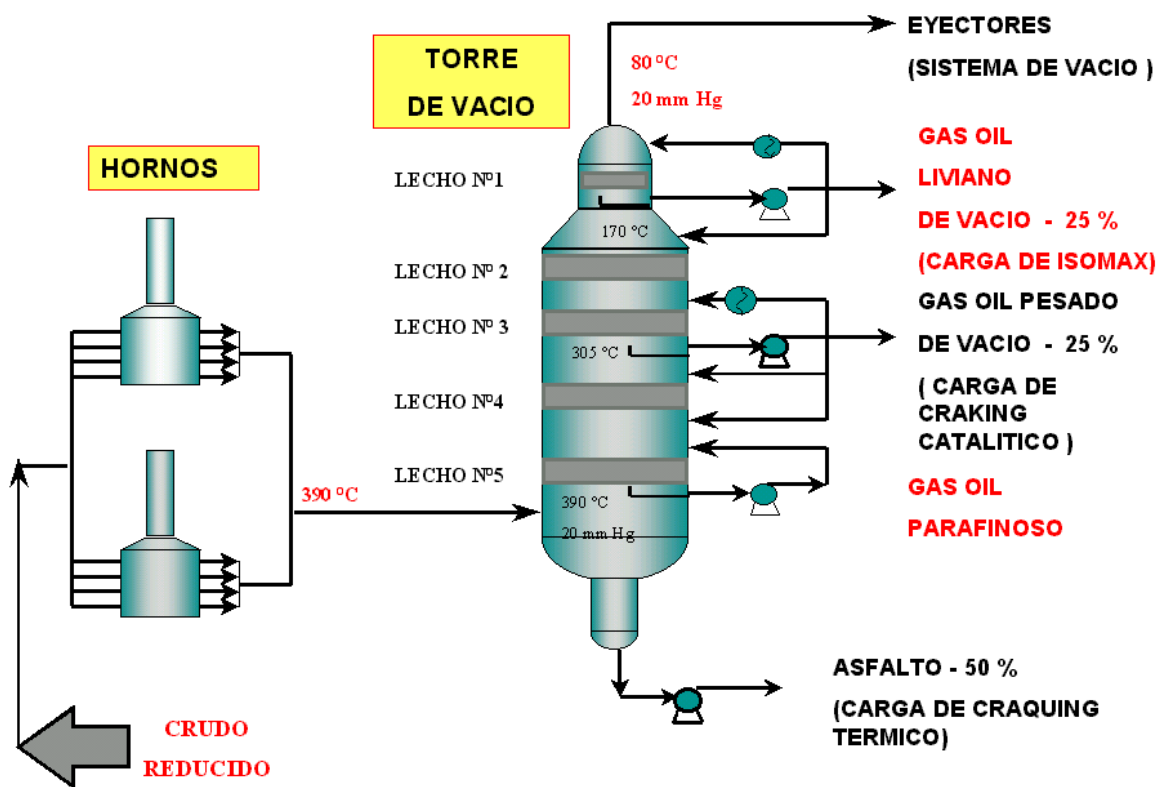
**Figura 2***Unidad de destilación*

*Nota.* Tomado de Paz, C. D. (s.f.). *Química | Química Inorgánica*. Obtenido de <https://www.fullquimica.com/2013/12/refinacion-del-crudo.html>

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**2.1.2 Destilación Secundaria (Vacío)**

La destilación a vacío del residuo atmosférico es una operación complementaria de la destilación primaria, permitiendo extraer del mismo destilado pesado, que sufrirán transformaciones posteriores o servirán para su empleo como bases para aceites lubricantes. El residuo de vacío que contiene la mayor parte de las impurezas del crudo se utiliza para la fabricación de betunes, producción de combustibles pesados o como carga a otros procesos de transformación (AMAYA FUENTES, 2016).

**Figura 3***Unidad de vacío*

Nota. Tomada de <http://gustato.com/petroleo/destilacion.html>

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **2.2 Importancia de la curva de destilación**

La principal importancia o característica de las curvas de destilación es evaluar la calidad de los combustibles o derivados del petróleo. En base a la información obtenida de las curvas, además, se logra determinar sus parámetros como lo son su rango de ebullición, volatilidad y su composición. Con el fin de asegurar que los productos cumplan con las especificaciones técnicas y normativas de calidad requeridas por la industria o el cliente. Es esencial en la optimización de procesos de refinación, permitiendo al momento de operación en las torres de destilación mejorar la eficiencia de separación en cada uno de sus productos con la finalidad de aumentar la productividad y generar un menor impacto ambiental al reducir los residuos.

### **2.3 Métodos de destilación en el laboratorio**

Los crudos constituyen un medio continuo de especies químicas; desde los gases hasta los productos más pesados, constituidos por asfaltenos. Conociendo su complejidad de dichas mezclas se plantea un análisis detallado de las mismas. La diversidad y complejidad de los crudos, junto con la creciente internacionalización de las normativas que los regulan, han dejado clara la necesidad de unificar los métodos utilizados a lo largo de todo el proceso de separación y tratamiento. Incluyendo los métodos de conservación, extracción, fraccionamiento y análisis (Mora Atiés & Marbot Ramada, 2010).

Cada una de estas normas sigue protocolos precisos, establecidos por organismos oficiales, tanto nacionales como internacionales. Estos protocolos describen de forma detallada los procedimientos empleados en cada análisis. Sin embargo, para un mismo tipo de determinación, pueden existir diferentes procedimientos según la matriz o el tipo de muestra que se esté analizando.

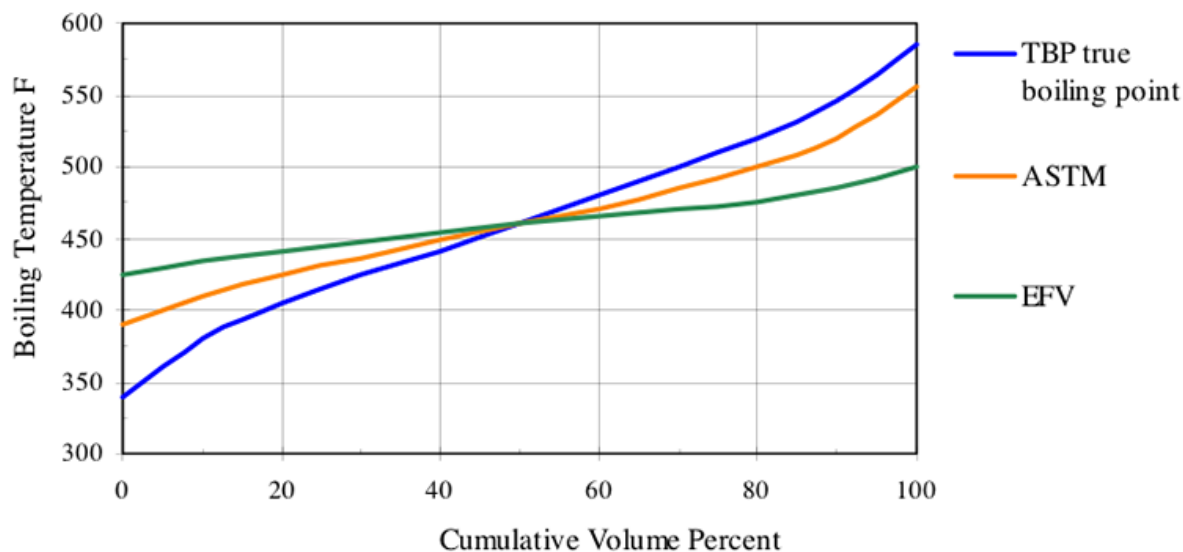
## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Uno de los métodos clave en el análisis del crudo es la obtención de curvas de destilación, que representan una propiedad característica de los diferentes combustibles. La distribución de los puntos de ebullición es un factor importante para evaluar y procesar el petróleo crudo. Por ello, es de vital importancia contar con métodos que permitan obtener, de manera precisa y en un tiempo razonable, los perfiles de destilación, lo que facilita la toma oportuna de decisiones para el control del proceso de refinación.

En general, los puntos de ebullición de combustibles como la gasolina, el gasóleo y el queroseno varían, al igual que sus curvas de destilación. Estas curvas, bajo condiciones estandarizadas, permiten caracterizar de forma adecuada cada producto (Sempértégui Medina y otros).

Se distinguen dos tipos de destilaciones: las que se utilizan para separar fracciones con el fin de analizarlas posteriormente, y las que se emplean para caracterizar el crudo. Entre las destilaciones más importantes están la TBP, la EFV y la ASTM. Ver Figura 4.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Figura 4***Tipos de curva de destilación*

*Nota.* Tomado de Eser, S. (s.f.). PennState Collage of Earth and Mineral Sciences. <https://www.e-education.psu.edu/fsc432/content/tbp-astm-and-efv-compared>

***Destilación EFV***

La destilación EFV, el vapor y el líquido se colocan juntos hasta que se alcance el equilibrio, y entonces se registra la cantidad de muestra vaporizada. Este proceso se repite a varias temperaturas. La separación obtenida por este método de destilación es más pobre que la obtenida en un ensayo ASTM. Esta curva grafica la temperatura de equilibrio líquido-vapor frente al porcentaje de volumen de líquido destilado. De esta forma repitiendo el experimento para distintas temperaturas de equilibrio, y graficándolas frente a los correspondientes porcentajes de volumen destilado, se obtiene la curva EFV (CONDE CHUQUIMIA , 2014).

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### *Destilación TBP*

En la destilación TBP o curva de verdaderos puntos de ebullición, una muestra de fracción de crudo se caracteriza a través de una destilación en una columna que contiene hasta 100 etapas reales de equilibrio y con una tasa de reflujo tan alta como 100 a 1 (es decir por cada 1 parte de destilado que se recoge, 100 partes de líquido se devuelven a la columna para ser nuevamente destilada). El destilado se obtiene de la división de la muestra en las fracciones que la componen. Nuevamente la curva se obtiene registrando la temperatura en el momento en que se produce la primera gota de destilado, y cada vez que se recoge un nuevo 10 % de la muestra (M. et al., 2015).

Las curvas de destilación TBP se aplican petróleo crudo estabilizados (desbutanizados), pero también pueden aplicarse a cualquier mezcla de fracciones petrolíferas, excepto los gases licuados de petróleo, las naftas muy ligeras y las fracciones que posean un punto de ebullición superior a los 400°C (Mora Atiés & Marbot Ramada, 2010). Estas curvas distinguen los diferentes tipos de petróleo y definen el rendimiento que se puede obtener de los productos mediante la separación directa.

En resumen, el crudo es una mezcla física de hidrocarburos de diferentes puntos de ebullición. La forma más simple de aprovecharlo será separarlo por destilación en cortes o fracciones de distintos intervalos de ebullición y aplicaciones. Conocer de antemano los rendimientos que se obtendrán en estas fracciones mediante destilación en condiciones atmosféricas y a vacío permitirá diferenciar los crudos entre sí. El conocimiento previo de los rendimientos que se obtendrán en estas fracciones mediante una destilación en condiciones atmosféricas y a vacío permitirá diferenciar entre sí a los crudos. A nivel de laboratorio se determina la denominada curva TBP (True Boiling Point) y representa el volumen de líquido

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

recogido en función de la temperatura de destilación en una columna estándar predefinida, a presión atmosférica hasta una temperatura en el matraz de destilación de 320-340°C, temperatura en la que en las condiciones descritas puede empezar a aparecer la descomposición térmica de las moléculas más pesadas. Posteriormente, se continúa la destilación a vacío (entre 0,1 y 0,5 mmHg) hasta alcanzar temperaturas equivalentes en condiciones atmosféricas de 560-580°C, que es la máxima temperatura a la que se puede destilar sin que, en estas condiciones, se produzca descomposición térmica del producto.

Las condiciones de determinación experimental de la curva, (predeterminadas y de acuerdo con unos estándares necesarios para garantizar la reproducibilidad y repetibilidad de los datos) intentan realizar un buen fraccionamiento mediante el uso de rellenos de alta eficiencia que hacen que el número de platos teóricos sea entre 14 y 18, y a altas relaciones de reflujo (de 1 a 5 e incluso superior). Con respecto a los cortes reales de una columna industrial, en una curva TBP el fraccionamiento entre fracciones contiguas es mucho más eficiente (URPÍ, 2008).

### **2.3.1 Métodos estandarizados.**

En esta sección se dará a conocer algunas de las normas ASTM más destacadas en la destilación de productos o derivados del petróleo los cuales se diferencian en los siguientes grupos.

Grupo 0: Temperaturas muy bajas.

Grupo 1: Aproximadamente entre 30°C y 200°C.

Grupo 2: Aproximadamente entre 150°C y 300°C.

Grupo 3: Aproximadamente entre 200°C y 400°C.

Grupo 4: Aproximadamente entre 300°C y 550°C o más.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**2.3.1.1 Norma ASTM D86.** Este método cubre la destilación atmosférica de los productos de petróleo y combustibles líquidos, la unidad de destilación determina cuantitativamente los rangos característicos de ebullición de combustibles de automotores con motores de chispa e ignición con o sin contenido de compuestos oxigenados, hasta una temperatura  $\pm$  de 400°. Los combustibles que abarca este método son gasolinas de aviación, combustible para turbinas de aviación, diésel, biodiesel con una mezcla mayor al 20%, combustibles marítimos, éteres especiales de petróleo, naftas, éter blanco y grados 1 y 2 de combustibles para quema. Este método es diseñado para el ensayo de destilación de combustibles; no es aplicable a productos que contienen apreciables cantidades de materia residual (Norma ASTM D86).

Esta norma no busca abordar todos los problemas de seguridad asociados con su uso, en dado caso que existieran en cada caso puntual. Ya que es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas adecuadas de seguridad, salud y medio ambiente y determinar la aplicabilidad de las restricciones reglamentarias antes de su uso.

La destilación atmosférica se rige por la norma ASTM D86, la cual establece el tipo de destilación mencionado del crudo mediante una unidad de destilación batch de laboratorio para determinar cuantitativamente las características de acuerdo al rango de ebullición de productos tales como gasolinas naturales, destilados livianos y medianos, combustibles para automóviles de encendido por chispa, gasolinas de avión, combustibles para turbinas de aviación, 1-D y 2-D, combustibles diésel de bajo y mediano contenido de azufre, gasolinas especiales derivadas del petróleo, naftas, kerosenes y combustibles para quemadores.

**2.3.1.1.1 Instrumentos y equipos.** En la Figura 5 se evidencia el equipo de destilación, incluyendo sus componentes.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Figura 5***Equipo de destilación*

*Nota.* Equipó de destilación LT/HCU-99000/M. Tomada de Linetronic Technologies SA.

El equipo de destilación contiene:

- Condensador de latón (tubos no corrosivos).
- Calentador eléctrico de 1200 watt
- Bañera
- Soporte y placas de cerámica-vidrio.

Además, debe contar con los siguientes implementos:

- Matraz de destilación Engler de 125 ml o 200 ml a base de vidrio borosilicato, dependiendo del volumen de muestra; además debe contar con un tapón para centrar el termómetro.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Figura 6**

*Matraz de destilación de 125ml*



*Nota.* Matraz de destilación de 125ml ref. KIMAX. Tomado de (BIOMOLAB, s.f.)

- Probeta o cilindro de 100 ml con graduaciones en ml con tapón.

**Figura 7**

*Probeta de 100ml*



*Nota.* Probeta de 100 ml ref. BRAND. Usada para depositar el producto de la prueba. Tomado de (Blamis, s.f.)

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Termómetros ASTM 7C/IP 5C y ASTM 8C/IP 6C

**Figura 8***Termómetro*

*Nota.* Termómetro ASTM 7C/IP 5C. Ref. KESSLER. Tomado de (ELCRISOL, s.f.)

**2.3.1.1.2** *Materiales y reactivos.*

- Muestra representativa del producto a analizar (gasolina, nafta, queroseno, etc.).
- Agua-hielo
- Tolueno
- Hexadecano

**2.3.1.1.3** *Muestreo almacenamiento y acondicionamiento.* Dependiendo a que

grupo hace parte la muestra se realizan los siguientes pasos:

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **Muestreo.**

- Si pertenece al grupo 1, acondicione el recipiente de la muestra a menos de 10 °C y cierre el recipiente inmediatamente con un cierre hermético.
- Para el grupo 2,3 y 4, la muestra puede estar a temperatura ambiente. Después de la toma de muestras, cierre el recipiente de muestras inmediatamente con un cierre hermético.

### **Almacenamiento de la muestra.**

- Grupo 1 y 2, conservar la muestra a una temperatura inferior a 10°C o menos de 20°C si no se cuenta con las instalaciones.
- Grupo 3 y 4, conservar la muestra a temperatura ambiente o inferior.

### **Acondicionamiento.**

- Grupo 1 y 2, las muestras se acondicionarán a una temperatura de menos de 10 °C (50 °F) antes de abrir el recipiente de muestras, excepto cuando la muestra se vaya a analizar.
- Grupo 3 y 4, si la muestra no es fluida a temperatura ambiente, debe calentarse a una temperatura de 9 °C a 21 °C por encima de su punto de fluidez antes del análisis. Si la muestra se ha solidificado parcial o completamente durante el almacenamiento, se agitará energicamente después de fundirla antes de abrir el recipiente de muestras para garantizar la homogeneidad.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **2.3.1.1.4 Calibración.**

- Utiliza termómetros de mercurio en vidrio que cumplan con los requisitos de la norma.
- Asegúrate de que el rango de temperatura del termómetro cubra las temperaturas esperadas en la destilación.
- Con el equipo de destilación se realiza la destilación del tolueno de acuerdo con el grupo 1 y 2 de este método de ensayo y comparando el 50 % de la temperatura recuperada (111,8°C). Para el caso del grupo 3 y 4, utiliza como reactivo el hexadecano y realiza el mismo proceso, pero tiene que alcanzar una temperatura de 283,1°C.

### **Verificación**

Según la norma ASTM D86 especifica que para la verificación de calibración se utiliza el tolueno o el hexadecano.

En el caso que se utilice el tolueno a presión atmosférica, a la temperatura que empieza hervir es a 110,6 °C y si se utiliza el hexadecano que hierve a 287°C. Tomando esto como referencia para una mejor exactitud.

- Usa un baño en tolueno para establecer temperaturas específicas intermedias (ej., 50 °C, 150 °C).
- Coloca el termómetro en el medio calibrado y espera a que la lectura se estabilice y compara las lecturas con las referencias.

### **2.3.1.1.5 Procedimiento.**

1. Registre la presión barométrica del área.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

2. En los grupos 1 y 2: Asegúrese de que la muestra esté acondicionada. Coloque firmemente en el cuello del recipiente de muestra un termómetro de rango bajo equipado con un corcho o tapón de caucho de silicona o material polimérico equivalente para que se mantenga centrado.
3. Las muestras pertenecientes al grupo 1, 2, 3 y 4 deben mantener las condiciones mencionadas anteriormente. Vierta la muestra con precisión hasta la marca de 100 ml del cilindro receptor y transfiera el contenido del cilindro receptor de la manera más completa posible al matraz de destilación, asegurándose de que nada del líquido fluya hacia el tubo de vapor. Si las muestras que pertenecen al grupo 3 y 4 no son fluidas a temperatura ambiente, deben calentarse a una temperatura de 9 °C a 21 °C por encima de su punto de fluidez (método de prueba D97, D5949 o D5985) antes del análisis. Si la muestra se ha solidificado parcial o completamente durante el almacenamiento, se agitará enérgicamente después de someterla a temperatura, antes de abrir el recipiente de la muestra para garantizar la homogeneidad.
4. Ubique el termómetro en el matraz, ubicándolo entre 25 mm y 50 mm por debajo del tubo condensador del matraz, sin tocar el líquido.
5. Determinación del punto de ebullición inicial. Para reducir la pérdida por evaporación del destilado, cubra el cilindro receptor con un trozo de papel, o material similar, que se haya cortado para que quepa bien en el tubo del condensador. Si se está utilizando un deflector receptor, inicie la destilación con la punta del deflector tocando la pared del cilindro receptor. Si no se utiliza un deflector receptor, mantenga la punta de goteo del condensador alejada de la pared del cilindro receptor. Anote la hora de inicio. Observe y registre el IBP con una precisión de 0,5 °C (1,0 °F).

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

6. Regule el calentamiento de modo que el intervalo de tiempo entre la primera aplicación de calor y el IBP sea entre 5 a 10 minutos para los del grupo 1-3 y para el grupo 4 ir variando entre 5-15 min.
7. Regular el calentamiento de modo que el tiempo desde IBP hasta el 5 % recuperado sea el indicado entre 60-100 seg.
8. Continúe regulando el calentamiento de modo que la tasa media uniforme de condensación desde el 5 % recuperado hasta 5 mL de residuo en el matraz sea de 4 mL a 5 mL por minuto. Sin embargo, algunas pruebas de destilación pueden tener una o más tasas de condensación a corto plazo que se desvían de 4 mL/min a 5 mL/min. Por lo general, estas desviaciones a corto plazo no deben ocurrir para más del diez por ciento de volumen continuo. La precisión de las lecturas de temperatura se verá significativamente afectada durante estos períodos. Cuando la tasa media global calculada de condensación entre el 5 % recuperado y 5 mL de residuo se encuentra dentro de la tasa prescrita.
9. Continúa registrando las temperaturas correspondientes a los volúmenes recolectados del destilado en incrementos del 10%, 20%, 30%, y así sucesivamente, hasta el 90% y 95% del volumen total. Teniendo en cuenta el IBP y el EP.
10. Cuando se haya recolectado 100 ml de destilado, registre la temperatura final. Este dato es crucial para completar el perfil de destilación del producto.
11. Apaga el sistema de calefacción y permite que el equipo se enfríe. Mide y registra el volumen del residuo que queda en el balón de destilación.

**2.3.1.1.6 Cálculos y resultados.** Para la obtención del dato de pérdidas durante la destilación, se resta el valor de la muestra menos la suma entre el volumen obtenido de la destilación más los residuos que quedaron en el matraz.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Y para la corrección de temperatura a presión atmosférica se utiliza la ecuación de Sydney Young, como se indica a continuación:

Para temperaturas en Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$C_c = 0,0009 * (101,3 - P_k) * (273 + t_c) \quad (1)$$

$$C_c = 0,00012 * (760 - P) * (273 + t_c) \quad (2)$$

Para Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ )

$$C_f = 0,00012 * (760 - P) * (460 + t_f) \quad (3)$$

Donde

$t_c$  = Temperatura observada en  $^{\circ}\text{C}$

$t_f$  = Temperatura observada en  $^{\circ}\text{F}$

$C_c, C_f$  = Corrección de temperatura

$P_k$  = Presión barométrica en el momento medida en Kpa

$P$  = Presión barométrica en el momento medida en mm Hg

A continuación, se evidencia la tabla 1. Donde se muestran valores de temperatura corregidos a presión atmosférica.

Si la presión es menor a la presión barométrica, se le suma el valor de temperatura por corrección y en el caso de que sea mayor se le resta. Para la obtención de una temperatura corregida a presión atmosférica.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Tabla 1***Temperatura corregidos a presión atmosférica*

Temperatura		Corrección por cada 1,3 Kpa (10 mm Hg) de diferencia de presión	
°C	°F	°C	°F
10-30	50-86	0.35	0.63
30-50	86-122	0.38	0.68
50-70	122-158	0.40	0.72
70-90	158-194	0.42	0.76
90-110	194-230	0.45	0.81
110-130	230-266	0.47	0.85
130-150	266-302	0.50	0.89
150-170	302-338	0.52	0.94
170-190	338-374	0.54	0.98
190-210	374-410	0.57	1.02
210-230	410-446	0.59	1.07
230-250	446-482	0.62	1.11
250-270	482-518	0.64	1.15
270-290	518-554	0.66	1.20
290-310	554-590	0.69	1.24
310-330	590-626	0.71	1.28
330-350	626-662	0.74	1.33
350-370	662-698	0.76	1.37
370-390	698-734	0.78	1.41
390-410	734-770	0.81	1.46

*Nota.* Tabla modificada por el autor. Tomada de Norma ASTM D86.

Al obtener la temperatura a presión atmosférica se determina las pérdidas corregidas  $L_c$  con las siguientes ecuaciones.

$$L_c = 0,5 * \frac{(L-0,5)}{\left\{1 + \frac{(101,3+P_k)}{8}\right\}} \quad (4)$$

$$L_c = 0,5 * \frac{(L-0,5)}{\left\{1 + \frac{(760+P)}{60}\right\}} \quad (5)$$

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Donde:

$L$  = Pérdida observada

$L_c$  = Pérdida corregida

$P_k$  = Presión en Kpa

$P$  = Presión en mm Hg

Al calcular las pérdidas corregidas a presión atmosférica se logra determinar el porcentaje de recobro corregido de la muestra en interés con la siguiente ecuación.

$$R_c = R + (L - L_c) \quad (6)$$

Donde:

$R$  = Porcentaje de recobro

$R_c$  = Porcentaje de recobro corregido

Cuando se desea determinar el porcentaje de evaporización a dicha temperatura, sume el porcentaje de pérdida a cada uno de los porcentajes observados recuperados en las lecturas de temperatura prescritas.

$$P_e = P_r + L \quad (7)$$

Y en el caso que quiera conocer la temperatura a un cierto porcentaje de evaporización, si no se tiene dato de temperatura cuando su volumen es de 0,1% evaporizado, por el método gráfico o matemática se logra determinar. Al utilizar el método gráfico, con ayuda de la tabla 2, traza cada lectura de temperatura corregida para la presión barométrica contra su porcentaje de recobro.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Y en el caso matemático, obteniendo datos de porcentaje, el recobro con base a las lecturas al momento de la destilación de la muestra se puede realizar con la siguiente ecuación.

$$T = T_L + (T_H - T_L) * \frac{P_r - P_{rL}}{P_{rH} - P_{rL}} \quad (8)$$

Donde:

$P_r$  = Porcentaje de recobro

$P_{rH}$  = Porcentaje de recobro mayor a  $P_r$

$P_{rL}$  = Porcentaje de recobro menor a  $P_r$

$T$  = lectura de temperatura obtenida

$T_H$  = lectura de temperatura registrada en  $P_{rH}$

$T_L$  = lectura de temperatura registrada en  $P_{rL}$

Para el reporte de resultados de la prueba de destilación utilizando el método estandarizado de la norma ASTM D86, las temperaturas obtenidas se expresarán en Celsius o Fahrenheit y en el caso de la presión se expresarán en Kpa o mm Hg.

**2.3.1.1.7 Precisión.** La precisión asegura la consistencia y reproducibilidad de los resultados obtenidos.

- Repetividad: La diferencia entre los resultados sucesivos de los ensayos, obtenidos por el mismo operador utilizando el mismo aparato en condiciones de funcionamiento constantes sobre un material de ensayo idéntico, se verá a la larga en el funcionamiento normal y correcto de este método de ensayo en un caso de cada veinte.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Tabla 2***Repetividad del grupo 1*

Punto de evaporación, %	Repetividad	
	°C	°F
IBP	3.3	6
5	$1.9 + 0.86S_c$	$3.4 + 0.86S_F$
10	$1.2 + 0.86S_c$	$2.2 + 0.86S_F$
20	$1.2 + 0.86S_c$	$2.2 + 0.86S_F$
30-70	$1.2 + 0.86S_c$	$2.2 + 0.86S_F$
80	$1.2 + 0.86S_c$	$2.2 + 0.86S_F$
90	$1.2 + 0.86S_c$	$2.2 + 0.86S_F$
95	$1.2 + 0.86S_c$	$2.2 + 0.86S_F$
FBP	3.9	7

*Nota.* Tomada de Norma ASTM D86**Tabla 3***Repetividad del grupo 2,3 y 4*

	Repetividad	
	°C	°F
IBP	$1.0+0.35S_c$	$1.9+0.35S_F$
5—95 %	$1.0+0.41S_c$	$1.8+0.41S_F$
FBP	$0.7+0.36S_c$	$1.3+0.36S_F$
% de volumen a la	$0.7+0.92/S_c$	$0.7+1.66/S_F$

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

temperatura de  
lectura

*Nota.* Tomada de Norma ASTM D86

Para determinar  $S_C$  (Pendiente o tasa de cambio de temperatura), se calcula con la siguiente ecuación:

$$S_C \text{ o } S_F = \frac{T_U - T_L}{V_U - V_L} \quad (9)$$

Donde:

$S_C$  = Pendiente, °C/volumen %,

$S_F$  = Pendiente, °F/volumen %,

$T_U$  = Temperatura máxima, °C (o °F),

$T_L$  = la temperatura mínima, °C (o °F),

$V_U$  = el % de volumen recuperado o evaporado correspondiente al  $T_U$

$V_L$  = el % de volumen recuperado o evaporado correspondiente a  $T_L$

- **Reproductividad:** La diferencia entre dos resultados de ensayo únicos e independientes, obtenidos por diferentes operadores que trabajan en diferentes laboratorios con material de ensayo idéntico, se vería a la larga en el funcionamiento normal y correcto de este método de ensayo solo en un caso de veinte.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Tabla 4***Reproductividad del grupo 1*

Punto de evaporación, %	Reproductividad	
	°C	°F
IBP	5.6	10
5	3.1+1.74Sc	5.6+1.74SF
10	2.0+1.74Sc	3.6+1.74SF
20	2.0+1.74Sc	3.6+1.74SF
30-70	2.0+1.74Sc	3.6+1.74SF
80	2.0+1.74Sc	3.6+1.74SF
90	0.8+1.74Sc	1.4+1.74SF
95	1.1+1.74Sc	1.9+1.74SF
FBP	7.2	13

*Nota.* Tomada de Norma ASTM D86**Tabla 5***Repetividad del grupo 2,3 y 4*

	Reproductividad	
	°C	°F
IBP	2.8+0.93Sc	5.0+0.93SF
5—95 %	1.8+1.33Sc	3.3+1.33SF
FBP	3.1+0.42Sc	5.7+0.42SF
% de volumen a la temperatura de lectura	1.5+1.78/Sc	1.53+3.20/SF

*Nota.* Tomada de Norma ASTM D86

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

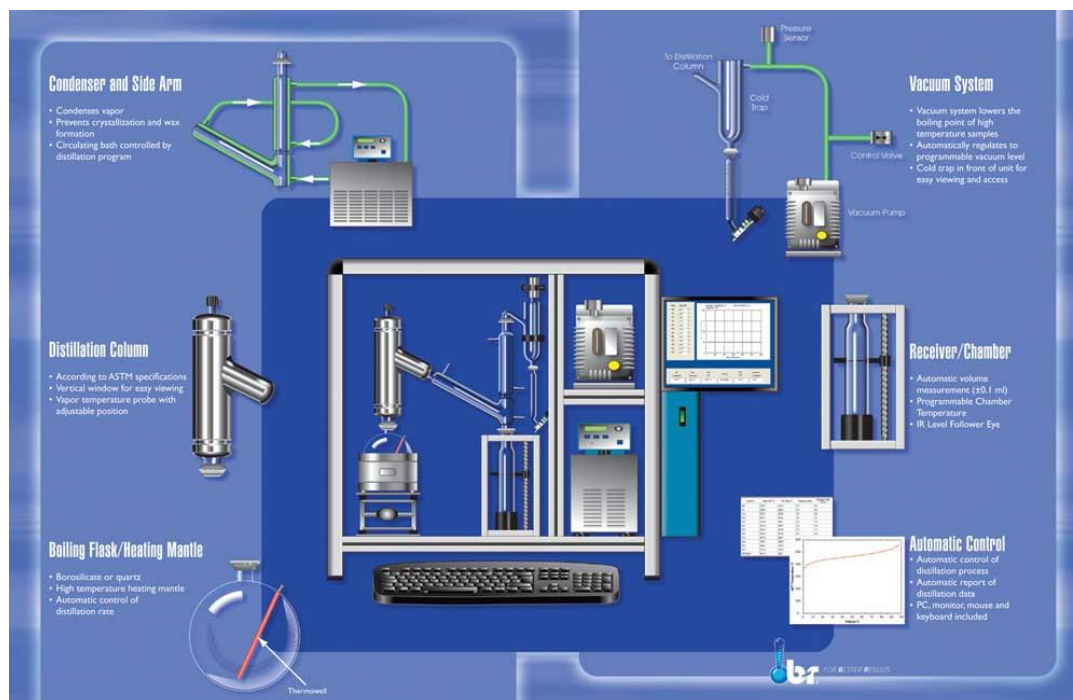
Para determinar  $S_c$  o  $S_F$  se aplica la ecuación (9).

### **2.3.1.1.8 Recomendaciones.**

- Todas las muestras se almacenarán lejos de la luz solar directa o de fuentes de calor directo.
- Las muestras no deben contener agua.
- Utilice siempre el equipo de protección personal adecuado, incluyendo guantes, gafas de seguridad y bata de laboratorio.
- Supervise continuamente el proceso de destilación para prevenir cualquier riesgo de sobrecalentamiento o accidente que afecte al personal.
- Asegúrese de que el área de trabajo esté bien ventilada para evitar la acumulación de vapores inflamables.

**2.3.1.2 Norma ASTM D1160.** Este método de ensayo abarca la determinación, a presiones reducidas, de la gama de puntos de ebullición de los productos derivados del petróleo y biodiesel que pueden ser parcial o totalmente vaporizados a una temperatura máxima del líquido a 400°C. Es utilizado para determinar las características de destilación de los productos derivados del petróleo, el biodiésel y las fracciones que pueden descomponerse si se destilan a presión atmosférica. Este rango de ebullición, obtenido en condiciones diseñadas para obtener aproximadamente un fraccionamiento teórico de placas, se puede utilizar en cálculos de ingeniería para diseñar equipos de destilación, para preparar mezclas apropiadas para fines industriales, para determinar el cumplimiento de las normas reglamentarias, comprobar la idoneidad del producto como alimento a un proceso de refinación, o para una serie de otros propósitos. (Norma ASTM D1160).

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Figura 9***Equipo Destilación al Vacío*

*Nota.* Destilación al vacío ASTM D1160. Tomado de (B/R Instrument, s.f.)

**2.3.1.3 Norma ASTM D2887.** Este método de prueba tiene como propósito determinar la distribución del rango de ebullición de los productos derivados del petróleo. Es aplicable a productos y fracciones de petróleo que tengan un punto de ebullición final (PEF) de 538 °C (1000 °F) o inferior a la presión atmosférica según lo medido por esta prueba. Se limita a muestras que tengan un rango de ebullición inicial (PBI) a 55,5 °C (100 °F) o menor y si su presión de vapor es lo suficientemente baja como para permitir el muestreo a temperatura ambiente. La distribución en el rango de ebullición de las fracciones de petróleo proporciona una visión de la composición de las materias primas y los productos relacionados con los procesos de refinación de petróleo. La simulación cromatográfica de gases de esta determinación se puede utilizar para reemplazar los

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

métodos convencionales de destilación para el control de las operaciones de refinación (Norma ASTM D2887).

El ASTM D2887 es un método cromatográfico de gases utilizado para determinar la distribución del punto de ebullición de destilados medios como el queroseno, el combustible de aviación, el diésel y los aceites ligeros seleccionados. ASTM desarrolló una versión acelerada del D2887 con las mismas columnas capilares que el método D2887 original. Para el D2887 acelerado, los tiempos de análisis se redujeron de 30 a nueve minutos con flujos de columna más elevados y rampas de programación de temperatura de horno más rápidas. ASTM ha denominado este método D2887B a partir de las condiciones de funcionamiento incorporadas en el documento D2887 existente.

**2.3.1.4 Norma ASTM D2892.** Este método de prueba cubre el procedimiento para la destilación de petróleo crudo estabilizado a una temperatura de corte final de 400 °C de temperatura equivalente atmosférica (AET). Este método detalla los procedimientos para la producción de un gas licuado, fracciones destiladas y residuos de calidad estandarizada sobre los cuales se pueden obtener datos analíticos y la determinación de los rendimientos de las fracciones destiladas tanto en masa como en volumen. Además, permite aplicarse a cualquier mezcla de petróleo, excepto a los gases licuados de petróleo, las naftas muy ligeras y las fracciones con puntos de ebullición superiores a 400 °C (Norma ASTM D2892).

**2.3.1.5 Norma ASTM D7344.** El siguiente estándar tiene como objetivo la determinación de las características de destilación en productos derivados del petróleo y combustibles líquidos en el rango de 20 °C a 400 °C (68 °F a 752 °F) usando un equipo de destilación automática miniaturizado. Es aplicable a productos tales como destilados ligeros y medios, combustibles para motores de encendido por chispa de automóviles, que contengan hasta un 10 % de etanol, gasolinas

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

de aviación, combustibles para turbinas de aviación, combustibles diésel regulares y con bajo contenido de azufre, biodiésel (B100), mezclas de biodiésel hasta un 20 % de biodiésel, gasolinas especiales de petróleo, naftas, aguarrás, querosenos, combustibles para quemadores y combustibles marinos (Norma ASTM D7344).

Teniendo en cuenta los equipos, se identifica el destilador automático, es un sistema completamente automático de destilación a vacío según normativa ASTM, específica para destilar crudos de petróleos, residuos atmosféricos e hidrocarburos pesados. Es extremadamente versátil con máxima eficiencia de separación con su colector automático de destilado y control de procesador de última generación con monitor de pantalla táctil IP 65 PILODIST de estructura móvil.

Presenta una columna de tubo concéntrico, que ofrece grandes ventajas:

- Caída de presión extremadamente baja
- Mayor eficiencia de separación
- Retención mínima
- Construcción de vidrio
- Diseño estático (sin piezas giratorias dentro de la columna que puedan romperse)

La eficiencia de separación en la columna de tubo concéntrico se basa en el principio físico de la transferencia de masa entre el vapor ascendente vertical y la película de líquido que gotea en espiral en un espacio anular concéntrico de vidrio. La columna consiste en dos tubos de vidrio fundidos concéntricos, especialmente seleccionados.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Actualmente, debido a su versatilidad, el equipo puede cumplir la normativa de forma estricta o bien operar a valores que cambien algunas condiciones de temperaturas habituales AET de mezclas complejas.

### Figura 10

*Destilador Automático*



*Nota.* Kjeldahl. Tomado de (Labconco, s.f.)

**2.3.1.6 Norma ASTM D7345.** Este método consiste en determinar las características de destilación de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos que tienen un rango de ebullición entre 20 °C y 400 °C a presión atmosférica utilizando un aparato automático de microdestilación. El método de prueba está diseñado para el análisis de productos destilados; no es aplicable a productos que contengan cantidades apreciables de material residual (Norma ASTM D7345).

Un micro destilador automático, este determina de forma rápida y precisa, en flujos de proceso, las características de diversos productos derivados del petróleo, incluida la gasolina (ASTM D4814), el diésel (ASTM D975) y el combustible para aviones (ASTM D1655). Al

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

utilizarlo es posible obtener resultados óptimos en el primer análisis, incluso para muestras desconocidas.

Debido a que las mediciones realizadas con equipos de microdestilación coinciden con las obtenidas por los laboratorios de control de calidad, también permite un ajuste preciso y continuo de los flujos del proceso al automatizar completamente la energía requerida al inicio y al final del ciclo, así como la velocidad de destilación, lo que resulta en sólidos y un control de procesos confiable.

Este es un equipo de microdestilación en línea que opera de acuerdo con ASTM D7345 (también totalmente correlacionado con ASTM D86) con un tiempo de ciclo de 10 minutos y sin necesidad de pruebas de laboratorio adicionales. Además, permite extraer muestras automáticamente de la tubería, lo que lo hace ideal para análisis de campo. Si es necesario, el equipo puede incluir un densímetro que también permite el análisis continuo del número de cetano de acuerdo con ASTM D4737 y ASTM D976.

### **Figura 11**

*Microdestilador Automático*



*Nota.* MicroDist. Tomada de (SICA, s.f.)

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**2.4 Comparativo de Normatividad**

En la tabla 6 se evidencian los parámetros principales de cada método estandarizado descritos para la destilación de productos del petróleo, con el fin de establecer de manera más clara en la práctica las diferencias encontradas para cada método.

**Tabla 6***Cuadro Comparativo*

<b>Norma</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Rangos de aplicación</b>	<b>Tamaño de Muestra</b>	<b>Limitaciones</b>	<b>Reactivos</b>	
<b>ASTM D86</b>	Destilación de productos de petróleo y Combustibles líquidos a presión atmosférica.	de Combustibles (Gasolina, diésel...), nafta, aceites, alcoholes blancos, queroseno	> 400°C	100 mL	No adecuado para productos con residuos significativos	No
<b>ASTM D7344</b>	Destilación de productos petrolíferos y combustibles líquidos a presión atmosférica (mini método).	de Combustibles, biodiesel, naftas, alcoholes blancos, querosenos, aceites	20°C a 400 °C	Grupo 0-3: 6mL Grupo 4: 5.5 mL	Menos conocido	No
<b>ASTM D1160</b>	Método de prueba estándar para la destilación de productos de petróleo a presión reducida.	de Productos intermedios y pesados	Max. 400 °C	200 mL	Requiere equipo especializado y condiciones de vacío	No

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

<b>ASTM D2887</b>	Método de prueba estándar para la distribución del rango de ebullición de fracciones de petróleo por cromatografía de gases.	Aceites lubricantes, residuos.	55.5 °C a 538°C	0.1-1 µL	Menos preciso para fracciones ligeras	Si
<b>ASTM D2892</b>	Método de prueba estándar para la destilación de petróleo crudo.	Crudo	Max. 400 °C	1L - 30L	Requiere equipo especializado y condiciones de vacío	No
<b>ASTM D7345</b>	Método de microdestilación	Gasolina, nafta, queroseno, diésel	20°C a 400°C	10mL	Muy poco recomendado	No

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### 3. Estudio De Mercado

Un estudio de mercado es un conjunto de acciones realizadas por organizaciones comerciales que tienen como objetivo obtener información sobre el estado actual de un segmento determinado mercado. Su finalidad es conocer en profundidad el nicho que se pretende conquistar, como así también su grado de rentabilidad. (Douglas Da Siva,2023)

Teniendo en cuenta esto, se definen ciertos aspectos principales u objetivos a la hora de desarrollar un estudio de mercado. Los objetivos de un estudio de mercado suelen ser:

- Identificar y aterrizar oportunidades de negocio.
- Conocer el perfil y el comportamiento comercial de tu cliente objetivo, también llamado cliente ideal. Conocerás su interés en la solución o producto que propones para que resuelva sus problemas, el precio que está dispuesto a pagar o sus puntos habituales de compra
- Identificar los distintos segmentos o nichos en que se divide el mercado, ya que puede que te dirijas a varios perfiles de clientes.
- Determinar el tamaño actual y futuro del mercado y el nivel de competencia. Es importante determinar si tu mercado crece o decrece y si está atrayendo a un volumen alto de nuevos competidores.
- Conocer bien a tu competencia: quiénes son, qué venden, a qué precios, cómo se diferencian y cuáles son sus ventajas competitivas.
- Anticipar las reacciones de la competencia y los proveedores ante el lanzamiento de tu producto y tus campañas publicitarias.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Identificar posibles elementos de riesgo que puedan llegar a transformar radicalmente el sector, como por ejemplo la irrupción de una nueva tecnología o legislación.

Al aclarar estos puntos, en esta sección se conocerá el entorno del mercado relacionado con la implementación del método estandarizado ASTM D86. Lo que se busca con esta investigación es realizar el análisis de la oferta, demanda, población y competencia de los productos o servicios del proyecto en estudio, con el objetivo de encontrar clientes, socios o población que pueda verse beneficiada con el proyecto y pueda adaptarlo a sus procesos.

Saber cuánto debes cobrar por tu trabajo es consecuencia de un amplio análisis de factores indispensables. Los cuales son:

- Costo: reúne todos los componentes esenciales para la fabricación de los productos, desde la parte burocrática como tributación, estrategias de marketing, hasta la distribución.
- Competencia: los precios de tu competencia te ayudarán a entender la dinámica del mercado; a pesar de la libertad para fijar valores, el hecho de haber otras empresas comercializando artículos semejantes en el mismo ambiente forzará un equilibrio entre ellos.
- Consumidor: el escenario económico también tendrá gran influencia en esta misión. Por mejor que sean tus productos o servicios, no siempre el consumidor está dispuesto a pagar la cantidad pedida. Por este motivo, estudia bien el público objetivo, sus hábitos de consumo y su poder adquisitivo.
- Valor agregado: Toda mercadería gana respaldo cuando satisface la necesidad de los clientes. Es agregando valor que la empresa consigue cautivar a su público y fidelizarlo. Esta relación de confianza también interfiere en el resultado final.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **3.1 Oferta y demanda**

El modelo de la oferta y la demanda describe la interacción en el mercado de un determinado bien entre consumidores y productores, en relación con el precio y las ventas de dicho bien. Es el modelo fundamental de la microeconomía, y se usa para explicar una gran variedad de escenarios microeconómicos (Rita, 2008).

Ya establecidas las indicaciones, se realiza el análisis de la oferta y demanda con respecto al método estandarizado elegido para su ejecución.

#### ***3.1.1 Oferta.***

En esta sección se analizará el comportamiento de la oferta en la prestación del servicio para la determinación de curvas de destilación implementando un método estandarizado, en este caso la norma ASTM D86, lo primordial es buscar, identificar o informarse acerca de cada empresa o compañía prestadora de este servicio tanto como a nivel nacional y departamental además, si cuentan con acreditación y precio de la prueba, con base a esto se puede establecer un rango de precio competitivo en el mercado actual.

Para la adquisición de información de las diferentes empresas o compañías que participan en el mercado como prestadoras del servicio de interés, se eligió como estrategia el solicitar formalmente cotizaciones, datos y especificaciones para la prueba definida como destilación atmosférica de los productos de petróleo ASTM D86. En total se contactó a 20 compañías, de las cuales la gran mayoría cuentan con acreditación y respaldo institucional, estando registradas por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC), brindando mayor confianza con respecto a la seguridad y calidad de los bienes o servicios. Recordando que la ONAC ejerce como autoridad nacional de monitoreo de Buenas Prácticas de Laboratorio BPL de la Organización para

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (ONAC | Organismo Nacional de Acreditación de Colombia).

Dentro de las compañías e instituciones contactadas, 5 de ellas no respondieron en el tiempo prudente, mientras que 15 sí lo hicieron. Por lo tanto, es correcto afirmar que aproximadamente el 75% de las consultadas respondieron a la solicitud de cotización. Sin embargo, 2 de las 15 compañías contactadas ofrecían el servicio de la prueba; en cambio, se revela que las compañías no ofrecían este tipo de prueba o no tenían los materiales o equipos necesarios. Según lo anterior, se presenta la estructura de la información compilada en la Tabla 7, donde se recopilan importantes aspectos de comparación previamente mencionados.

**Tabla 7***Empresas Prestadoras del Servicio*

<b>Empresa</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Costo prueba</b>	<b>Costo total</b>	<b>Acred ONAC</b>	<b>Información</b>	<b>Contacto</b>
Intertek Colombia	Bogotá	305.300	363.307	Si	Proveedores de Garantía de calidad total para industrias de todo el mundo. A través de su red global de instalaciones de vanguardia y experiencia técnica líder en la industria, brindan servicios innovadores y personalizados de aseguramiento, pruebas, inspección y certificación.	<a href="mailto:lady.rodiguez@intertek.com">lady.rodiguez@intertek.com</a>

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Bureau Veritas Colombia	Barranquilla	302.521	360.000	Si	Son líderes mundiales en servicios de prueba, inspección y certificación. Están presentes en todos los sectores de la economía con soluciones y servicios que potencian el negocio, evitando riesgos, mejorando el rendimiento operativo y protegiendo la reputación y la marca de sus clientes.	<a href="mailto:contacto.co@bureauveritas.com">contacto.co@bureauveritas.com</a>
-------------------------	--------------	---------	---------	----	--	--

*Nota.* El costo representa el valor por cada muestra a analizar; algunas de estas compañías expresaron su valor sin IVA, por lo cual el costo total fue calculado usando un valor del 19%. Los costos están dados en pesos colombianos (COP) correspondientes al año actual.

Según el estudio realizado, se demuestra que son muy pocas las instituciones que realizan destilación de productos de petróleo a presión atmosférica ASTM D86, lo cual favorece debido a que no hay tanta competencia, generando una posibilidad para entrar en el mercado.

### 3.1.2 Demanda.

En esta sección se evidencian los compradores o beneficiarios a la prestación del servicio y el estándar que se busca implementar. Recordando que la demanda se refiere a la cantidad de un producto o servicio que todos los consumidores en un mercado particular están dispuestos y capacitados para comprar a un precio dado durante un período de tiempo específico (Ortega, 2023).

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Por las características distintivas de nuestro servicio, el enfoque académico subyacente y el compromiso con el proyecto y la universidad en el logro de sus metas, consideramos que la principal demanda proviene a los estudiantes. Este argumento se sustenta en uno de los objetivos fundamentales del programa académico de Ingeniería de Petróleos: "*Proveer al estudiante todas las herramientas y la formación técnica necesaria para satisfacer las demandas del entorno industrial*".

Este proyecto está alineado con su cumplimiento, ya que sus objetivos buscan fortalecer el desarrollo de competencias técnicas en la determinación de propiedades de los productos del petróleo dentro de su oferta académica.

En la tabla 8 se evidencia la cantidad de estudiantes matriculados en la asignatura Laboratorio de Fluidos (código 23183) y Propiedades de los fluidos (código 23179-28046) del pénsum de Ingeniería de Petróleos durante los semestres desde los periodos 2017-1 hasta 2024-1 (información suministrada por la Dirección de Admisiones y Registro Académico).

**Tabla 8**

*Número de estudiantes matriculados en los últimos semestres*

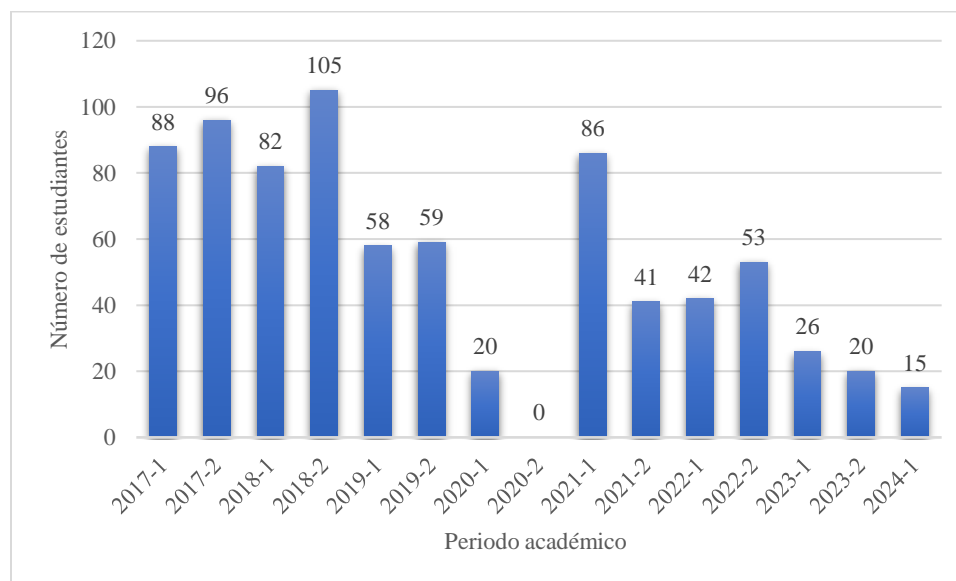
<b>Periodo académico</b>	<b>Propiedades de los fluidos 23179</b>	<b>Propiedades de los fluidos 28046</b>	<b>laboratorio de fluidos 23183</b>
2017-1	103	0	88
2017-2	83	0	96
2018-1	99	0	82
2018-2	55	0	105
2019-1	58	0	58
2019-2	11	10	59
2020-1	22	26	20
2020-2	0	49	0

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

2021-1	0	28	86
2021-2	0	49	41
2022-1	0	49	42
2022-2	0	32	53
2023-1	0	20	26
2023-2	0	13	20
2024-1	0	26	15

**Figura 12**

*Representación de número de estudiantes*



Basándose en la información suministrada, se logra apreciar que desde el semestre 2017-1 hasta 2022-2 ha ocurrido un comportamiento positivo. Sin embargo, excluyendo el periodo 2020-2, se presenta un dato faltante y se asume como 0. Desde el semestre 2023-1 en adelante se ha observado una caída drástica en el número de matriculados. No obstante, se espera un aumento de estudiantes matriculados en la asignatura laboratorio de fluidos para el próximo semestre. Debido a la situación actual en el país y así como en la vida o negocios, hay momentos altos y bajos, por lo que se aguarda una pronta recuperación.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Además, la implementación de esta prueba daría una gran oportunidad no solo para el estudiantado en general, sino también para los futuros investigadores que necesiten determinar o estudiar las curvas de destilación de productos derivados del petróleo con ayuda del método seleccionado. Esto ayudaría a posesionar a la universidad dentro del portafolio de laboratorios regionales que participan en el mercado en la determinación de esta característica, ofreciendo resultados con un alto grado de confianza, siguiendo los lineamientos de la ASTM (American Society for Testing and Materials).

Entre los posibles clientes interesados o beneficiarios en adquirir este tipo de prueba, aparte de los estudiantes del programa de Ingeniería de Petróleo, lo que puede generar determinar curvas de destilación de productos de petróleo en la industria del transporte y comercializadores de los diferentes derivados del petróleo es tan significativo, razón por la cual la prestación del servicio ya mencionado anteriormente por parte del laboratorio de fluidos de la Universidad Industrial de Santander no pasará inadvertida por universidades o compañías presentes en el mercado del transporte y comercio de productos del petróleo en Colombia, especialmente en la región. En la tabla 9, se observarán compañías operadoras en la región de Santander del año 2023.

**Tabla 9**

*Producción fiscalizada de petróleo.*

<b>Municipio</b>	<b>Operadora</b>	<b>Campo</b>	<b>Contrato</b>	<b>Producción (BPDC)</b>
SIMACOTA	PAREX RESOURCES COLOMBIA LTD. SUCURSAL	AGUAS BLANCAS	AGUAS BLANCAS	1.999
CIMITARRA	SAINT AUBIN INTERNATION AL SAS	ANGIE	OPÓN	333

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

SABANA DE TORRES	ECOPETROL S.A.	AULLADOR	PLAYON	4.183
RIONEGRO	ECOPETROL S.A.	BONANZA	PROVINCIA P NORTE	15.756
RIONEGRO	PAREX RESOURCES COLOMBIA LTD. SUCURSAL	BORANDA	BORANDA	4.141
RIONEGRO	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA, LLC	COLÓN	LA PALOMA	2.036
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER (COLOMBIA) INC.	CORAZÓN	CARARE LAS MONAS	1.002
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER (COLOMBIA) INC.	CORAZÓN WEST	CARARE LAS MONAS	1.724
SABANA DE TORRES	ECOPETROL S.A.	CRISTALINA	MAGDALENA MEDIO-CRISTALINA	1.961
PUERTO WILCHES	ECOPETROL S.A.	FLAMENCOS	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-CANTAGALLO	8.879
PUERTO WILCHES	ECOPETROL S.A.	GARZAS	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-CANTAGALLO	1.230
PUERTO WILCHES	ECOPETROL S.A.	GARZAS	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-GARZAS	4.321
BARRANCABERMEJA	ECOPETROL S.A.	INFANTAS	LA CIRA INFANTAS	88.537
RIONEGRO	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA, LLC	JUGLAR	LA PALOMA	1.113

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

BARRANCABE RMEJA	ECOPETROL S.A.	LA CIRA	LA CIRA INFANTAS	232.911
SAN VICENTE DE CHUCURI	ECOPETROL S.A.	LISAMA	LISAMA-NUTRIA	6.369
BARRANCABE RMEJA	ECOPETROL S.A.	LLANITO UNIFICADO	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-CANTAGALLO	65.181
SAN VICENTE DE CHUCURI	ECOPETROL S.A.	NUTRIA	LISAMA-NUTRIA	8.940
CIMITARRA	SAINT AUBIN INTERNATIONAL SAS	OPÓN	OPÓN	3
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER (COLOMBIA) INC.	PAYOA	CARARE LAS MONAS	5.682
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER (COLOMBIA) INC.	PAYOA WEST	CARARE LAS MONAS	67
SABANA DE TORRES	ECOPETROL S.A.	PROVINCIA	PROVINCIA P SUR	20.870
SABANA DE TORRES	PETROSANTANDER (COLOMBIA) INC.	SALINA	CARARE LAS MONAS	10.843
SAN VICENTE DE CHUCURI	ECOPETROL S.A.	TESORO	LISAMA-NUTRIA	2.606
MUNICIPIO NN SANTANDER	ECOPETROL S.A.	TOCA	TOCA	25
PUERTO WILCHES	ECOPETROL S.A.	YARIGUÍ-CANTAGALLO	MAGDALENA MEDIO-YARIGUI-CANTAGALLO	34.538
<b>Total</b>				<b>525.248</b>

Nota. Tomado de ANH / Sistema Oficial de Liquidación y Administración de Regalías – SOLAR

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **3.1.2.1 Transportadores.**

Existen diferentes alternativas para transportar derivados del petróleo (gasolina, ACPM, queroseno, etc.), desde un punto inicial hasta uno final, incluyendo su distribución a través de poliductos, buques y camiones cisterna, permitiendo la movilidad de grandes cantidades a diferentes regiones.

La red de poliductos en Colombia conecta a gran parte del territorio y alcanza a más de 3.000 km en toda su red. Son ensambles de tubos de acero con un diámetro externo que varían entre los más comunes, que pueden ser desde 8" hasta 16", incluso 20". Todo depende del tipo de producto, volumen de flujo y otros factores. Colombia cuenta con una red de poliductos bien desarrollada y gestionada principalmente por Ecopetrol y su filial Cenit. Aunque la red principal se compone de varios poliductos clave, en total hay más de una docena de poliductos importantes que garantizan la distribución de productos refinados en todo el país. Estos poliductos son esenciales para mantener la continuidad del suministro energético, apoyando tanto la industria como el consumo doméstico, donde se conectan desde los pozos hasta las refinerías, centros de almacenamiento y distribución. Las compañías encargadas de garantizar o promover el funcionamiento adecuado y bajo condiciones de seguridad de estas redes, siguiendo los lineamientos que abarca el marco legal descrito por el Ministerio de Minas y Energía, reciben el nombre de transportadores.

A continuación, en la tabla 10 se evidencian empresas transportadoras como lo es Cenit Transporte y Logística de Hidrocarburos S.A.S. con Ecopetrol, las cuales son propietarias de gran parte de los poliductos en Colombia. Como lo son Terpel S.A., Biomax S.A., Petromil S.A.,

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Chevron Petroleum Company, ExxonMobil de Colombia S.A., entre otras, utilizan estas redes para el transporte de sus productos.

**Tabla 10***Red de Transporte*

<b>Zona</b>	<b>LONGITUD KMS</b>	<b>PRODUCTOS ASOCIADOS</b>
Zona Norte	614	B4, GMR, GPR, KERO, JET A1, ACEM.
Zona Este	97	VOIL, GMR, GPR, B2.
Zona Central	908	KERO, VOIL, GMR, GPR, B2, B2E, NAFTA, JET A1
Zona Oeste	963	KERO, VOIL, GMR, GPR, B2, KERO, VOIL, JET A1.
Zona Sur	330	GMR, GPR, B2.
Zona Bogotá	801	JET A1, GMR, GPR, B2, B2E, NAFTA, KERO, VOIL.

*Nota.* Las diferentes zonas hacen referencia a Zona norte (Bolívar, Atlántico, Sucre), Zona este (Arauca, Norte de Santander, Cesar, Magdalena, Sucre), zona central (Santander, Cundinamarca, Boyacá, Meta, Antioquia, Huila), zona oeste (Valle del Cauca), zona sur (Valle del Cauca, Nariño, Risaralda, Caldas), zona Bogotá. Fuente: (Poliductos, 2017)

**3.1.2.2 Comercializadores.**

Son indispensables para el mercado de los productos del petróleo, ya que son los encargados de negociar el producto, transportarlo y distribuirlo. Los clientes potenciales por su compromiso de verificar las condiciones de entrega del producto, en este caso derivados del petróleo previo a su comercialización. Generando un papel como intermediarios en la puja entre compradores y vendedores; generando impacto en los precios del mercado. Los comercializadores

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

aseguran la continuidad y eficiencia en la entrega de productos derivados del petróleo, contribuyendo significativamente a la estabilidad del mercado. Los comercializadores adquieren crudo o productos refinados mediante contratos de compra en campos de extracción, refinerías o mercados secundarios. Una vez adquiridos, suscriben contratos de transporte con empresas transportadoras para garantizar que los productos lleguen a su destino final de manera eficiente y segura. Como un claro ejemplo, según DELVASTO Y ECHEVARRIA asociados & CONSEJEROS EN GAS Y ENERGÍA LTDA (2021), los comercializadores adquieren la calidad de remitentes cuando suscriben un Contrato de Transporte. Este contrato permite a los comercializadores actuar como intermediarios, comprando crudo en el campo o en otro lugar de la cadena y entregándolo para transporte en el mismo campo o en otro lugar a un cliente final. A su vez, mercadean un servicio de transporte a través de una tarifa competitiva, optimizando la cadena logística de los productos del petróleo.

A continuación, tabla 11 principales comercializadores de productos del petróleo, ya que con su gran experiencia en el mercado han generado un impacto positivo, tanto a nivel nacional e internacional. Generando relaciones a mediano y largo plazo.

**Tabla 11**

### *Comercializadores*

<b>Comercializadores</b>	<b>Procedencia/ Ubicación</b>	<b>Información</b>
Ecopetrol SA	Colombia	Tiene como misión realizar la investigación, desarrollo y comercialización de fuentes convencionales y alternas de energía. Realizar la producción, mezcla, almacenamiento, transporte y comercialización de componentes oxigenantes y biocombustibles. (Ecopetrol, s.f.)
Terpel S.A.	Colombia	Una de las mayores comercializadores de productos del petróleo en Colombia. Y como propósito buscan impulsar y movilizar a las

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

		personas, a las empresas y al país con la mejor energía. (Terpel, s.f.)
Biomax S.A.	Colombia	Son una compañía dedicada a la distribución mayorista de combustibles líquidos derivados del petróleo. A lo largo de su trayectoria han desarrollado otras líneas de negocio (distribución minorista y logística), lo que ha permitido diversificar los ingresos. Su crecimiento continuo y sostenible los ha posicionado como una de las más sólidas e importantes compañías del sector. (Biomax, s.f.)
Chevron Petroleum Company Colombia	USA - Bogotá D.C	Chevron opera en medio de la diversidad latinoamericana para explorar, producir y comercializar una amplia gama de recursos y productos energéticos. Chevron es reconocido por su experiencia en la producción de crudo pesado, recuperación mejorada de petróleo, operaciones en aguas profundas, desarrollo de gas natural y proyectos de petróleo y gas de esquisto. (Chevron, s.f.)
ExxonMobil Corporation	USA - Bogotá D.C	ExxonMobil es una de las empresas químicas más grandes del mundo. La compañía mantiene las posiciones de liderazgo con algunos de los productos químicos de las materias primas de mayor volumen y crecimiento. Tiene capacidades de fabricación en cada una de las principales regiones del mundo y presta servicio a mercados amplios y en crecimiento. (ExxonMobil, s.f.)
Petrobras Colombia	Brasil-Bogotá	En Petrobras se caracterizan por desarrollar y adaptar la tecnología necesaria para fortalecer e innovar en las actividades de comercialización y distribución de combustibles y lubricantes. El principio de Petrobras es proporcionar energía que cambie la sociedad, respetando los derechos humanos y el medio ambiente, en una relación responsable con las comunidades donde operamos. (Petrobras, s.f.)

### 3.1.2.3 Clientes potenciales.

En la siguiente lista se evidencian empresas, operadoras, transportadoras y comercializadoras que se consideran como clientes potenciales. Aclarando que en la lista no están

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

todas las empresas que pueden ser posibles clientes potenciales; de hecho, que no se encuentre otra entidad no indica desaprobación por parte del laboratorio de fluidos de la UIS como futuro cliente.

La idea es dar a conocer el servicio y que sea conocido a nivel nacional.

- Ecopetrol SA
- Terpel S.A.
- Biomax S.A.
- Chevron Petroleum Company Colombia
- ExxonMobil Corporation
- Petrobras Colombia
- Frontera Energy
- Petrosantander
- Gran Tierra Energy
- Petromil S.A

### **3.2 Precio de la prueba**

Establecer un precio de venta de un producto o servicio es un paso esencial tanto como en una empresa o compañía, porque con base a esto se logra determinar los ingresos y obtener rentabilidad. Implementar un precio adecuado es un proceso dinámico que requiere análisis basados en el mercado, los costos y la percepción del cliente. Tiene como objetivo principal encontrar un equilibrio entre la obtención de beneficios y otro factor importante, la satisfacción del cliente, asegurando la competitividad y sostenibilidad a mediano o largo plazo en el mercado; para este caso el servicio de determinar curvas de destilación de productos de petróleo. En la Figura

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

13 se evidencian tres principales estrategias de precios: fijación de precios basada en el valor para el cliente, fijación de precios basada en el costo y precio basado en la competencia.

**Figura 13**

*Estrategias de precios*



*Nota.* Si los clientes perciben que el precio del producto es mayor que su valor, no comprarán el producto. Asimismo, los costos de los productos establecen el límite inferior de los precios: si la empresa fija los precios del producto por debajo de sus costos, perderá utilidades. Al fijar su precio entre estos dos extremos, la empresa debe tener en cuenta varios factores internos y externos, incluyendo las estrategias y los precios de sus competidores, la estrategia y mezcla de marketing global, y la naturaleza del mercado y la demanda. Fuente: (Principales estrategias de fijación de precios, 2018).

La estrategia utilizada en la elección del precio a fijar, se escogió para esta prestación de servicios, es con base en la competencia; se establece que el precio es similar a la competencia, además, contando como estrategia un valor llamativo, lo cual es un precio inicial reducido para

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

atraer a empresas o universidades y empezar a establecerse en el mercado regional y nacional. Ya que, si el precio del servicio es de menor valor diferencial, da la posibilidad de entrar a competir. También da la oportunidad de utilizarlo como método introductorio o de prueba, dando a conocer el servicio en sus fases iniciales (Lopez, 2024).

Con base en lo anterior, el precio para la prueba de destilación de productos de petróleo implementando un método de prueba estandarizado, en este caso por el método de la norma ASTM D86, se fijó dentro del rango de precios que ofrecen las empresas colombianas prestadoras del servicio, las cuales fueron investigadas. Véase tabla 7 en el apartado de oferta.

En primer lugar, debido a que en Colombia son muy pocos los laboratorios, empresas, compañías o universidades que realizan este tipo de pruebas, la fijación del precio a establecer se va a determinar según las fuentes encontradas, las cuales cuentan con acreditación y sus precios son muy similares.

Uno de estos laboratorios que implementa este tipo de prueba es *Intertek Colombia*, con un precio de prueba de \$363.307 COP y *Bureau Veritas Colombia*, con un precio de prueba de \$360.000 COP. Para establecer el precio de nuestra prueba, se toma el de menor valor de la competencia para obtener un valor base y a ese se le aplica un 5% de descuento. Según lo anterior, el precio de la prueba sería de \$342.000 COP, pero para obtener un mejor análisis se plantea un rango que va desde los \$342.000 COP hasta los \$344.000 COP y como valor intermedio \$343.000 COP.

En la tabla 13 se evidencia el precio por cada prueba al implementar el estándar técnico ASTM D86 para la destilación de productos de petróleo mediante el método estandarizado en el laboratorio de fluidos en la Escuela de Ingeniería de Petróleos. Como se mencionó antes, debido a

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

que sus precios de prueba son casi similares, se opta por la mejor opción, que sería la de los \$360.000 COP. A continuación, se realiza la comparación entre los dos competidores para establecer un precio con un rango desde \$342.000 COP a los \$345.142 COP. Siendo la mejor opción la segunda opción, con una diferencia de \$3.142 COP por prueba.

**Tabla 12***Primer Competidor*

Precio base de la prueba/ Intertek Colombia	363.307
-5% del precio base	18.165
Precio final de la prueba/ UIS	345.142

**Tabla 13***Segundo Competidor*

Precio base de la prueba/ Bureau Veritas Colombia	360.000
-5% del precio base	18.000
Precio final de la prueba/ UIS	342.000

Aclaración, si se realiza un gran número de pruebas por cliente, el costo disminuye. Lo cual da la posibilidad de ofrecer descuentos a los clientes, los cuales dependen del número de muestras a analizar.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **4. Análisis técnico**

Como objetivo primordial, es promover información para cuantificar las inversiones o el costo operacional. Teniendo en cuenta el tamaño, requerimientos, procesos, localización, etc.

En esta sección, busca establecer que la prueba, determinar las curvas de destilación de productos de petróleo mediante el método estandarizado, cumpla con las condiciones necesarias y los parámetros que contribuyan al buen desarrollo del proyecto, siguiendo los lineamientos y exigencias de los entes de control y calidad. Por lo tanto, dentro de esta sección se presentan los siguientes criterios.

#### **4.1. Ubicación y Dimensionamiento**

Para la implementación de la prueba y montaje del equipo se requiere un espacio de aproximadamente  $1 \text{ m}^2$ , tomando como base las dimensiones de uno de los equipos ofertados por uno de los proveedores (dimensiones largo: 51 cm, ancho: 55 cm y alto: 64 cm), además, la posibilidad de estar cerca de un tomacorriente para el funcionamiento del equipo. Espacio suficiente en el que se podrá ubicar tanto el equipo como los implementos para la ejecución de la prueba. Es decir, se necesita un lugar que cuente con todas las condiciones, garantizando una óptima ejecución del proyecto, minimizando cualquier tipo de riesgos y que cuente con la disponibilidad para el uso de sus usuarios y personal.

Como principal lugar a tener en cuenta es el laboratorio de fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander, como se establece en el título del proyecto en el laboratorio de la escuela de ingeniería de petróleo, teniendo la oportunidad los estudiantes de complementar sus conocimientos con el acompañamiento de profesores o

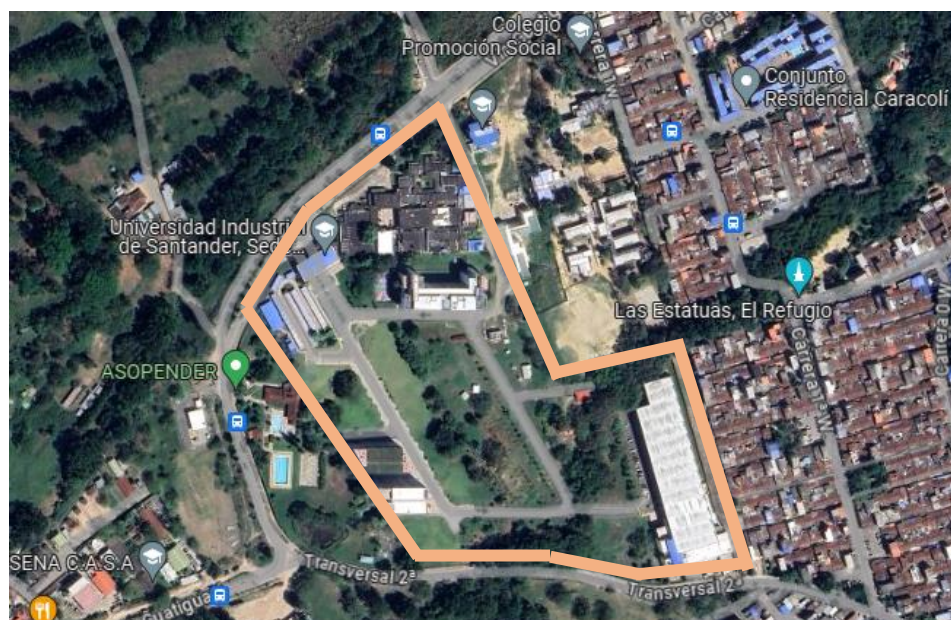
## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

auxiliares, quienes cuenten con la capacitación y tengan la experiencia en el manejo de equipos de laboratorios y conocimiento sobre el fraccionamiento o destilación de los diferentes derivados del petróleo.

El segundo lugar se considera el Parque Tecnológico de Guatiguará, el cual está localizado en el Área Metropolitana de Bucaramanga, al noroeste del casco urbano del municipio de Piedecuesta, sobre la vía que parte de la Autopista Bucaramanga-Bogotá hacia la vereda Guatiguará (Km 2, vía al Refugio, Valle Guatiguará), como se evidencia en la Figura 14. El Parque Tecnológico de Guatiguará, gracias a sus instalaciones modernizadas y apoyo a la innovación e investigación, cuenta con altos estándares de calidad, garantizando la ejecución de los proyectos que se realicen.

**Figura 14**

*Parque Tecnológico de Guatiguará*



## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **4.2. Personal capacitado**

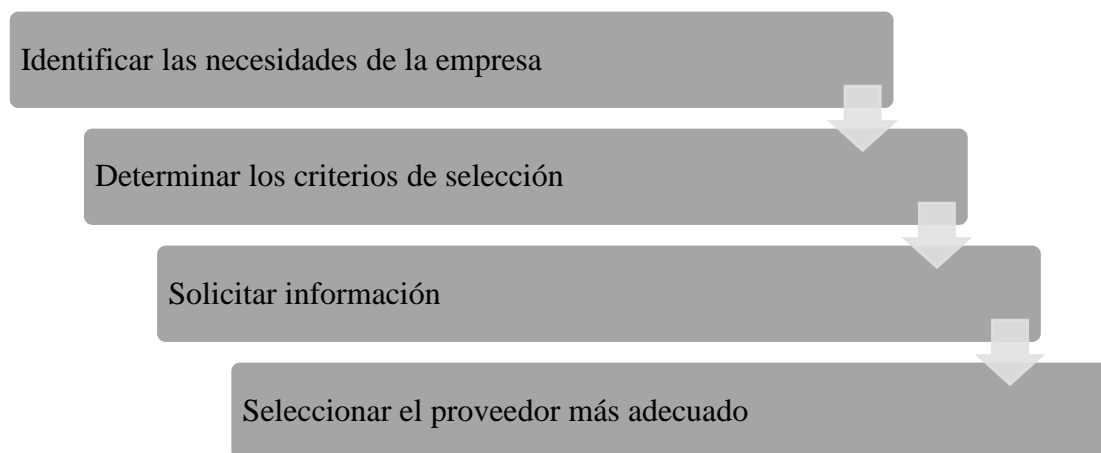
Es necesario que el personal cuente con experiencia, conceptos y que esté familiarizado con el trabajo en el laboratorio; además, es indispensable contar con conocimiento básico en el método estándar técnico ASTM D86. Asimismo, no es obligatorio contar con algún tipo de certificación o acreditación para el manejo de la prueba, ya que cada proveedor suele suministrar las instrucciones de operación del equipo; además, como requerimiento se les solicitará la capacitación en el manejo de dicho método.

### **4.3. Selección de proveedor**

La selección del proveedor es una de las labores más importantes para una eficiente obtención de suministros para la ejecución del laboratorio. Por lo tanto, se realiza una recolección de datos, siendo más claro, el tema de los costos y posterior selección de proveedores de los implementos de laboratorio como instrumentos y equipos necesarios para la implementación de la prueba mediante el método estandarizado bajo la norma técnica ASTM D86.

Para la búsqueda de proveedores, principalmente se usó la comunicación telefónica para los proveedores de implementos y el uso de la red de internet (correo electrónico). Fue usada como la principal fuente de contacto con proveedores del equipo (destilador a presión atmosférica) tanto nacionales como extranjeros. En cuanto a la selección de los ya mencionados, se utilizó como guía el modelo que se presenta a continuación en la Figura 15.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Figura 15***Etapas de selección de proveedor*

*Nota.* Adaptado de selección de proveedores. Fuente: (Cristobal, 2024)

**4.3.1 Identificar las necesidades de la empresa**

Para este caso, las necesidades de este proyecto son representadas por equipos, instrumentos y materiales requeridos para la implementación del estándar técnico ASTM D86.

**4.3.1.1. Equipo.**

En la tabla 14 se describe el equipo o implementos necesarios para implementar el estándar técnico ASTM D86 descrito con anterioridad en la sección 2.3.1.1.1 de este proyecto.

**Tabla 14**

*Equipos necesarios para la implementación del método estándar ASTM D86*

<b>Equipos de laboratorio</b>	<b>Especificaciones</b>
Matraz de destilación Engler	Matraz debe ser resistente al calor, hecho de vidrio borosilicato con capacidad de 125 ml o 200 ml. De referencia: tipo B adicional con un tapón.
Soporte para matraz y tablero de soporte para matraz	El soporte de matraz debe ser de tipo 2, cumpliendo con el matraz elegido. Y el tablero para el matraz debe ser a base de

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

	cerámica u otro material resistente al calor de 3 mm de 6 mm de espesor. Para estas pruebas se utilizan según su clasificación del tipo B y C.
Bañera	Incorporada en el equipo, a sus respectivas dimensiones.
Condensador	Tubos metálicos o de latón no corrosivo sin soldadura, de 560 mm +/- 5 mm de longitud, con un diámetro exterior de 14 mm y un espesor de pared de 0,8 mm a 0,9 mm.
Termómetros	De referencia ASTM 7C/8C
Probeta	De 100 ml con graduaciones en ml con tapón.
Calentador eléctrico	Ajustables de 0 W a 1000 W, son adecuados para este propósito. Proporcionando una temperatura de 450°C o más.

Según los componentes ya mencionados, los equipos cuentan con calentador eléctrico, bañera y los condensares. Además, los proveedores incluyen los soportes con el equipo. Por otra parte, algunos ofertan el resto de los componentes por la compra del equipo destilador.

#### 4.3.1.2. Reactivos y materiales.

A continuación, en la tabla 15 reactivos usados para la calibración e implementación del método estándar técnico ASTM D86 descritos con anterioridad en la sección 2.6.1.1.2 de este proyecto. Donde se describen las características del tolueno y el hexadecano de grado reactivo ACS.

**Tabla 15**

*Características del tolueno y hexadecano*

Reactivos y Materiales	Descripción
Tolueno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo: <math>\geq 99.5\%</math></li> <li>• Color (APHA): <b>10</b></li> <li>• Punto de ebullición: <b>110.6°C (231.1°F)</b></li> <li>• Variación de la temperatura de ebullición: <b>Max. 2°C</b></li> </ul>

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuo después de evaporación: <b>Máx. 0.001%</b></li> <li>• Substancias obscurecidas por H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: <b>Pasa la Prueba</b></li> <li>• Compuestos de azufre: <b>Máx. 0.003%</b></li> <li>• Agua (por Karl Fischer): <b>Máx. 0.03%</b></li> </ul>
Hexadecano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo: <b>≥99%</b></li> <li>• Color (APHA): <b>10</b></li> <li>• Punto de ebullición: <b>287°C (549°F)</b></li> <li>• Residuo después de evaporación: <b>≤ 0.005%</b></li> <li>• Ácido titulable soluble en agua: <b>≤ 0.001%</b></li> <li>• Compuestos de azufre: <b>Máx. 0.005%</b></li> <li>• Tiofeno: <b>Pasa la prueba</b></li> <li>• Agua (por Karl Fischer): <b>≤ 0.03%</b></li> </ul>

---

Aclarando que estos reactivos son utilizados para el proceso de calibración del equipo y aplicación de la prueba ASTM D86, en el caso del tolueno es apto para corroborar las mediciones del grupo 1, 2 y 3. El hexadecano, por sus especificaciones, es factible para corroborar con fluidos del grupo 4. Sin embargo, los diferentes proveedores del equipo de destilación a presión atmosférica afirman que el equipo que suministren ya está calibrado según la norma ASTM D86. Esto favorece, ya que la adquisición de uno de estos productos es un poco costosa y es un ahorro para la ejecución de la prueba.

#### ***4.3.2 Determinar los criterios de selección***

En esta sección se busca tener un listado de proveedores que pueden cumplir con cada una de las necesidades en cuanto a equipo, materiales y reactivos, obteniendo datos como contactos e identificación del proveedor.

En el caso del destilador, se contactaron a diferentes proveedores o empresas nacionales y extranjeras que contaran en su inventario este tipo de equipo para el uso de dicho método. En el

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

cual una sola empresa en Colombia como lo es Viaindustrial cuenta con la disponibilidad del equipo y el resto son del extranjero. Por lo tanto, en la tabla 16 se evidencian empresas colombianas y extranjeras que suministran este tipo de equipo con envío a Colombia.

**Tabla 16**

*Proveedores del equipo de destilación ASTM D86*

<b>Empresa</b>	<b>Marca</b>	<b>Contacto</b>
Viaindustrial	Koehler Instrument K45200	comercial@viaindustrial.com
Linetronic Technologies SA.	LT/HCU-99000/M	comercial@traintec.es
Normalab France SAS.	NDI BASIC	sales@normalab.com
Labequip Ltd.	Koehler K45090	tracy@labequip.com
Labequip Ltd.	Koehler K45290	tracy@labequip.com

En el caso de los reactivos y materiales, las cotizaciones se realizaron a empresas nacionales para una respuesta más rápida y evitar costos innecesarios en envíos, los cuales son necesarios para la implementación de esta prueba en el caso de que el proveedor no ofrezca los accesorios. A continuación, en la tabla 17 se evidencian empresas o laboratorios que suministran este tipo de materiales o reactivos.

**Tabla 17**

*Proveedores de Implementos*

<b>Empresa</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Contacto</b>
Blamis	Bogotá D.C	ventas@blamis.com.co
Instrumentalia	Bogotá D.C	pedidos@instrumentalia.com.co

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

FERROPETROL	Barrancabermeja	comercial2@ferropetrol.com
JIMSA	Bogotá D.C	comercial@inverjimsa.com
Onelab	Bogotá D.C	info@onelab.com
Química M. G	Bogotá D.C	serviciocliente@quimicamg.com

### 4.3.3 Solicitar información

Al conocer las necesidades para el proyecto y haber identificado al posible proveedor de los equipos, reactivos y materiales cumpliendo con las necesidades, a continuación, se demuestran las ofertas o cotizaciones realizadas por los proveedores obtenidas mencionadas anteriormente.

Se evidencian, en la tabla 18, las cotizaciones suministradas por parte de los diferentes proveedores del equipo de destilación relacionado con el método ASTM D86. Cuenta con el nombre del producto, referencia y precio del equipo.

**Tabla 18**

*Especificaciones de los equipos de destilador manual*

Proveedor	Referencia	Especificaciones	Precio (USD)
Viaindustrial	Koehler Instrument K45200	Peso: 29,5 kg. Dimensiones: 39 x 46 x 50 cm Temperatura de operación: 0°C a 400°C Precisión: $\pm 0.1^\circ\text{C}$ Fuente de alimentación: 115V 60Hz Calefactor eléctrico: 1250W	\$14.722
Linetric Technologies SA	LT/HCU-99000/M	Peso: 17 kg. Dimensiones: 51 x 55 x 64 cm Temperatura de operación: $T_{\text{amb}}$ a $+450^\circ\text{C}$ Precisión: $\pm 0.1^\circ\text{C}$ Fuente de alimentación: 220V 50/60Hz o 115V 50/60Hz Calefactor eléctrico: 1200W	\$6.560

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

		Tapa aislante con asa y orificio para alojar el termómetro	
Normalab France SAS	NDI BASIC	Peso: 21 kg. Dimensiones: 38 x 49 x 51 cm Temperatura de operación: T <sub>amb</sub> a 400°C Precisión: ±0.1°C a ±0.5°C Fuente de alimentación: 220V 50Hz Calefactor eléctrico: 1000W Repetibilidad: ±0.5°C a ±2.0°C	\$7.600
Labequip Ltd.	Koehler K45090	Peso: 29 kg. Dimensiones: 39 x 46 x 50 cm Temperatura de operación: 0°C a 400°C Precisión: ±0.1°C Fuente de alimentación: 220-240V 50/60Hz Calefactor eléctrico: 1250W	\$9.400
Labequip Ltd.	Koehler K45290	Peso: 29 kg. Dimensiones: 39 x 46 x 50 cm Temperatura de operación: 0°C a +400°C Precisión: ±0.1°C Fuente de alimentación: 220-240V 50/60Hz Calefactor eléctrico: 1250W	\$10.565

En la tabla anterior se evidencian los precios, los cuales están en dólares (USD), incluyendo su impuesto (IVA) y envío para los proveedores que son del extranjero a excepción de Viaindustrial, ya que es una empresa colombiana, su envío es gratis. Cabe recalcar que en el caso del proveedor Linetronic Technologies SA, Normalab France SAS y Labequip Ltd., el precio que se evidencia ahí incluye todos los accesorios necesarios, además de los de limpieza, para implementar la prueba, adicionando el costo de envío. Para determinar el valor, para el caso de Linetronic Technologies SA, se calculó el precio del envío desde España a Colombia por un medio de transporte aéreo usando la transportadora de paquetes DHL que tiene como tarifa el valor de \$560 USD para un paquete de 21 kg de peso con esas dimensiones. Y para el caso de los otros proveedores, varían por sus diferentes ubicaciones, como Labequip Ltd., debido a que esta empresa se encuentra en Canadá. El costo de su envío sería de \$1.800 USD, incluyendo impuesto implementado por la

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

misma transportadora. Y con NORMALAB FRANCE SAS, el precio del envío desde Francia hasta Colombia utilizando el mismo medio tiene una tarifa de \$660 USD también incluyendo impuestos. Al no contar con distribuidores nacionales se deben costear todos los gastos.

A continuación, en la tabla 19 se evidencia la conversión de los precios de cada uno de los diferentes proveedores al peso colombiano (COP). Se implementó como TRM (tasa representativa del mercado) promedio para el año 2023 en Colombia de \$4.325 COP como fuente para la conversión (Banco de la República, 2023).

**Tabla 19**

*Costo del Equipo en COP*

<b>Proveedor</b>	<b>Referencia</b>	<b>Precio (COP)</b>
Viaindustrial	Koehler Instrument K45200	\$ 63.672.650
Linetronic Technologies SA	LT/HCU-99000/M	\$ 28.372.000
Normalab France SAS	NDI BASIC	\$ 32.870.000
Labequip Ltd.	Koehler K45090	\$ 40.657.163
Labequip Ltd.	Koehler K45290	\$ 45.695.571

Además, como se mencionó anteriormente, hay casos donde los proveedores ofrecen accesorios necesarios adicionales al valor total, como por ejemplo el matraz de 125 ml, debido a que es un material escaso, lo cual impacta positivamente en el bolsillo ya que ahorra tiempo al buscar equipo, materiales y componentes necesarios para la implementación del método estándar ASTM D86. Se les solicitó una cotización a diferentes proveedores de instrumentos de laboratorio para el caso de solo adquirir el equipo de destilaciones con los proveedores mencionados anteriormente y obtener los instrumentos por otros medios. Se solicita la cotización, tales como matraz, probeta y termómetros en las siguientes tablas. Debido a que los reactivos son para el

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

proceso de calibración, cada proveedor, al entregar el equipo, viene listo para iniciar la operación, es decir, calibrado.

**Tabla 20**

*Matraz de 125 ml tipo B con tapón*

<b>Proveedor</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Blamis		No hay disponible	
Instrumentalia		No hay disponible	
FERROPETROL		No hay disponible	
JIMSA	EISCO (100ml)	1	\$ 32.300
Onelab	JSW (100ml)	1	\$ 128.005
Química M. G	EISCO (100ml)	1	\$ 68.000

**Tabla 21**

*Probeta de 100 ml con graduaciones en ml.*

<b>Proveedor</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Blamis	BLAUBRAND	1	\$ 100.366
Instrumentalia	LMS	1	\$ 119.000
FERROPETROL		No hay disponible	
JIMSA	EISCO (sin tapón)	1	\$ 27.900
Onelab	Brand	1	\$ 140.729
Química M. G	JSW	1	\$ 75.000

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Tabla 22***Termómetro ASTM 7C/IP 5C*

<b>Proveedor</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Blamis	Franja Amarilla	1	\$114,450
Instrumentalia		No hay disponible	
FERROPETROL	Kessler	1	\$298.300
JIMSA	ERTCO	1	\$ 339.400
Onelab		No hay disponible	
Química M. G	ERTCO	1	\$ 490.500

**Tabla 23***Termómetro ASTM 8C/IP 6C*

<b>Proveedor</b>	<b>Referencia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio total</b>
Blamis	Franja Amarilla	1	\$ 182,700
Instrumentalia	ERTCO	1	\$1.896.461
FERROPETROL	Kessler	1	\$ 272.850
JIMSA		No hay disponible	
Onelab		No hay disponible	
Química M. G		No hay disponible	

*Nota.* En las tablas anteriores los pesos están dados en la moneda colombiana (COP). Donde indica “No hay disponible”, hace referencia a que la empresa no cuenta o está agotado el material que se

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

les ha solicitado. En la tabla 20, los laboratorios o empresas consultados unos cuentan con el material, pero diferente a las especificaciones necesarias.

### ***4.3.4 Seleccionar el proveedor más adecuado***

El último paso es claramente la selección de proveedores entre las distintas opciones que se han podido evidenciar. Se trata de una decisión enorme ya que se debe someter a una valoración de criterio, de manera que se pueda comprobar si el proveedor sigue ofreciendo las condiciones necesarias para aportar un valor real a las necesidades del proyecto (Cristobal, 2024).

Se opta por el modelo de selección de *Lehman y O'Shaughnessy*, basado en el cálculo de la media ponderada de 17 atributos, que tienen una importancia distinta según el tipo de producto. En la Figura 16 se mencionan atributos por los que se puede evaluar a los proveedores según *Lehman y O'Shaughnessy*.

### **Figura 16**

#### *Criterios de selección Lehman y O'Shaughnessy*

1. Reputación general del proveedor.
2. Términos financieros.
3. Flexibilidad para adaptarse a las necesidades del cliente.
4. Experiencia con el proveedor en situaciones análogas.
5. Servicio técnico ofrecido.
6. Confianza con el vendedor.
7. Conveniencia en la ejecución de la orden.
8. Seguridad y fiabilidad del producto.
9. Precio.
10. Especificaciones técnicas.
11. Facilidad de uso.
12. Preferencias del principal usuario del producto.
13. Entrenamiento ofrecido por el proveedor.
14. Tiempo de formación requerido.
15. Fiabilidad de entrega.
16. Facilidad de mantenimiento.
17. Servicio postventa esperado.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Según los criterios anteriores, se eligen los que más se asemejan al tipo de proveedor y material ofrecido. En el caso de contar con un presupuesto para este tipo de proyecto, o si presenta fallas o problemas operaciones que cuente con garantía, además, el producto debe cumplir con los requisitos funcionales y operativos del proyecto. O en la situación que el producto requiera mantenimiento regular se espera contar con una rápida respuesta. Por último, el proveedor cumpla con los tiempos y condiciones acordados en la entrega del producto sin perjudicar el inicio de operaciones. Según lo anterior, los criterios que se adoptan al momento de seleccionar un proveedor del equipo de destilación son:

- Precio
- Servicio postventa esperado
- Especificaciones técnicas
- Facilidad de mantenimiento
- Fiabilidad de entrega.

El objetivo de este método es determinar cuál de los proveedores es el esencial para satisfacer la necesidad, asignándole un peso o valor, de manera que la suma total de los criterios sea igual a 1.

Además, se asignará un valor del 0 al 5 a cada parámetro de forma individual, de acuerdo con los requerimientos del proyecto para su ejecución.

Al finalizar, se realizará la suma total y se multiplicará por cada uno de los valores asignados, donde el resultado que varía entre 0 siendo bajo y 5 siendo alto.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- **Precio:** Peso de 0.3; en consideración con los demás criterios, este es de mayor importancia. Se debe a que es esencial al momento de escoger, ya que influye debido al músculo financiero y las necesidades del proyecto. Se toman ciertos rangos de precios donde entre más bajo sea el precio, mayor va a ser la puntuación asignada.

**Tabla 24***Puntuación al precio.*

Precio (COP)	Puntuación
20,000,000 a 30,000,000	5
30,000,000 a 40,000,000	4
40,000,000 a 50,000,000	3
>a 50,000,000	2

- **Servicio postventa esperado:** Peso de 0.15, se debe a que es favorable si cuenta con garantía en el caso tal presente fallas o defecto de fábrica. Para los proveedores que ofrezcan garantía del equipo tendrá una puntuación de 5 y en caso de que no, su puntuación será de 1.

**Tabla 25***Puntuación al Servicio postventa esperado.*

Garantía	Puntuación
Si	5
No	1

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- **Especificaciones técnicas:** Peso de 0.3, las especificaciones técnicas son importantes al momento de seleccionar el equipo para determinar cuál se acoge a las necesidades.

En primera instancia, se tiene en cuenta si el equipo está calibrado cumpliendo los lineamientos según la norma ASTM D86, obteniendo un valor de 1. En el caso de que cuente con su respectivo certificado de calibración, obtendrá un valor adicional de 1.

En segunda instancia, se tomó en cuenta si el equipo cuenta con alguna característica que sobresalga en comparación con los otros equipos, dándole un valor adicional de 1.

Por último, se determinó, al momento de adquirir el equipo, si el proveedor ofrecía los accesorios o materiales necesarios (matraz, probeta, termómetro) para la implementación, dándoles un valor de 1 en caso de suministrar 1-2 elementos y un valor de 2 si suministra más de 2 elementos.

**Tabla 26***Puntuación en especificaciones técnicas*

<b>Especificaciones técnicas</b>	<b>Puntuación</b>
Calibrado	1
Certificado de calibración	1
Característica sobresaliente	1
Suministros adicionales	1 o 2

- **Facilidad de mantenimiento:** Peso de 0.15, es de gran importancia realizarle mantenimiento al equipo para un buen funcionamiento; por lo tanto, si el proveedor realiza

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

el mantenimiento en el caso de que sea nacional, lo cual es lo más factible, obtendrá una puntuación alta y en caso de que sea del extranjero su puntuación será baja.

**Tabla 27**

*Puntuación en facilidad de mantenimiento*

<b>Localización del proveedor</b>	<b>Puntuación</b>
Nacional	5
Internacional	1

- Fiabilidad de entrega:** Peso de 0.1, se seleccionó este criterio, ya que es fundamental conocer el tiempo en el que ya se tenga la disponibilidad del equipo para realizar sus respectivas preparaciones de funcionamiento, adecuaciones y empezar a generar ingresos de dicha prueba. En el caso de que el proveedor sea del extranjero, las fechas de entrega del equipo generan incertidumbre por el tema de logista al momento de ingresar mercancía del exterior, lo cual genera un mayor tiempo de espera. En el caso contrario, si es un proveedor nacional, sus tiempos de entrega no son tan extensos, obtenido mayor confianza, lo cual generará una mayor puntuación y, si hay mayor incertidumbre o tiempo de espera, su puntuación será baja.

**Tabla 28**

*Puntuación en fiabilidad de entrega*

<b>Tiempo de entrega</b>	<b>Puntuación</b>
De 1 a 6 semanas	5
Mayor a 6 semanas	1

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**4.3.5 Cálculos para la Selección del Proveedor del Equipo de destilación**

El cálculo se realizó de la siguiente manera en la Tabla 29, implementando los criterios de selección Lehman y O'Shaughnessy.

**Tabla 29**

*Puntuación de selección del Proveedor del Equipo de destilación*

<b>Proveedor</b>	<b>Precio (0.3)</b>	<b>Servicio postventa esperado (0.15)</b>	<b>Especificaciones técnicas (0.3)</b>	<b>Facilidad de mantenimiento (0.15)</b>	<b>Fiabilidad de entrega (0.1)</b>	<b>Total</b>
Viaindustrial	2	5	1	5	5	2.9
Linetronic Technologies SA.	5	5	4	1	1	3.7
Normalab France SAS	4	5	2	1	1	2.8
Labequip Ltd	3	5	3	1	1	2.8
Labequip Ltd	3	5	4	1	1	3.1

**4.3.6 Resultados**

Según los resultados obtenidos, se concluyó que los proveedores del equipo de destilación más adecuados para satisfacer la necesidad son:

- Viaindustrial
- Linetronic Technologies SA.
- Labequip Ltd

Aclaración, las tres son grandes opciones, pero una destaca más sobre las otras, como es el caso del proveedor Linetronic Technologies SA. Su equipo es capaz de ofrecer una

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

temperatura de operación de más de 400°C, la cual es una limitante del proveedor Viaindustrial, la cual llega hasta los  $\pm 400^\circ\text{C}$ . El proveedor Labequip Ltd se compara con Linetronic Technologies SA al ofrecer temperaturas más altas y además de ofertar los accesorios o implementos necesarios. Debido a que ambos son del extranjero, tienen criterios para ser alguno de los proveedores seleccionados. Igualmente, siendo la Universidad Industrial de Santander un ente de carácter público, se deja a criterio de esta la selección del proveedor más adecuado y eficiente, teniendo en cuenta su calificación; en otras palabras, las empresas que cumplen todos los requerimientos necesarios para la ejecución del proyecto.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **5. Análisis financiero**

Es la culminación de la etapa de evaluación de un proyecto, en la cual se cuantifican y comparan las inversiones a realizar con los frutos que se esperan adquirir. Teniendo en cuenta el planteamiento de los aspectos relacionados con la estructura financiera del proyecto, además de incluir las inversiones necesarias para su funcionamiento, los costos de fabricación o elaboración, venta y financiación de los servicios, y los ingresos derivados de la prestación de este. Para ello, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

#### **5.1. Presupuesto de Inversiones**

Para llevar a cabo la implementación del proyecto, se deben tener en cuenta tres etapas. La primera etapa es la instalación o ejecución, en la cual se realizan la mayor parte de las inversiones. La etapa de operación o funcionamiento es donde se generan los costos y los ingresos por la venta de la producción o la prestación del servicio; y la tercera etapa es la que supone que el proyecto finaliza su actividad al no generar los ingresos necesarios para su sostenibilidad, por lo tanto, se procede a su liquidación.

En base a lo anterior, la construcción de un flujo de caja depende de los eventos financieros previstos en cada objetivo del proyecto; en efecto, en la fase de ejecución se precisa dimensionar las necesidades de inversión y, desde luego, capital de trabajo, que es la salida de dinero. En la etapa de operación donde se logra el objetivo del proyecto mediante la producción de bienes o la prestación de servicios, se generan costos debido al pago a los factores utilizados y, al mismo tiempo, aparecen ingresos provenientes de la venta de los productos o servicios. Por último, cuando el proyecto deja de cumplir con los objetivos financieros, económicos o sociales, se precisa su

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

liquidación, que supone la venta de los activos que tienen algún valor comercial y se generan algunos ingresos. Según lo mencionado anteriormente, las inversiones que se hacen principalmente en el período de instalación se pueden clasificar en las inversiones fijas, las inversiones diferidas y el capital de trabajo (MIRANDA MIRANDA, 2012).

### ***5.1.1. Inversiones fijas***

Comprenden los activos tangibles necesarios para garantizar la operación del proyecto, los cuales son indispensables para el inicio del proyecto y por el resto de la vida útil del proyecto. Para el caso específico de este proyecto, las inversiones fijas son equipos e implementos necesarios para prestar el servicio, los cuales se van desgastando como consecuencia del uso y por efecto de la obsolescencia, en pro del desarrollo tecnológico (MIRANDA MIRANDA, 2012).

### ***5.1.2. Inversiones diferidas***

Son aquellos que se implementan cuando el proyecto va en marcha y se diferencian de las inversiones fijas debido a que estos son activos intangibles. Como en el caso de gastos de montaje, puesta en marcha, pago por capacitación y entrenamiento del personal, no se tienen en cuenta dado que corre por cuenta de los proveedores (MIRANDA MIRANDA, 2012).

### ***5.1.3. Capital de trabajo***

La inversión en capital de trabajo se refiere a los recursos necesarios para que el proyecto pueda operar normalmente durante todo su ciclo productivo. Esto implica el dinero usado para comprar insumos, producir bienes y venderlos, asegurando que los ingresos de las ventas sean suficientes para comprar más insumos y continuar el ciclo (MIRANDA MIRANDA, 2012).

Para el caso de este proyecto, el capital de trabajo no se contempla debido a que la compra del equipo completo se realiza principalmente por razones académicas. Además, la aplicación de

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

la prueba no requiere inversiones de dinero durante su desarrollo y las ganancias obtenidas, a razón de la prestación del servicio a terceros, son el valor agregado que presenta el proyecto con el fin de mostrar la factibilidad de implementar la prueba en cuestión.

A continuación, en la tabla 30 se evidencia el valor de cada una de las inversiones a realizar.

**Tabla 30**

*Presupuesto de inversiones*

<b>INVERSIÓN</b>	<b>COSTOS (COP)</b>
<b>INVERSIONES FIJAS</b>	
Equipo de destilación con los implementos necesarios (matraz, probeta y termómetro)	\$ 28.372.000
<b>INVERSIONES DIFERIDAS</b>	
Gastos de montaje	\$ 0
Gastos de capacitación	\$ 0
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	
Activos corrientes	\$ 0
<b>FLUJO DE INVERSIÓN</b>	<b>\$ 28.372.000</b>

*Nota.* El valor tomado corresponde al proveedor Linetronic Technologies SA. donde incluye el precio de los elementos necesarios para la ejecución de la prueba.

### 5.2. Costos de producción

Hacen relación a los costos asociados al periodo de operación, los cuales suelen dividirse en:

#### 5.2.1. Costos de Fabricación

Son los costos necesarios para la prestación de un servicio. Se clasifican en tres tipos: en primer lugar, los costos directos; para este proyecto, incluyen las materias primas, como las muestras de derivados del petróleo a analizar para aplicar la prueba como práctica académica y materiales o insumos. En segundo lugar, los gastos de fabricación. Se incluyen materiales indirectos como la papelería (entrega de informes) y elementos de protección personal (gafas y

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

guantes). Y como tercer tipo, otros gastos, los cuales hacen referencia al mantenimiento o reparación de los equipos, además de los servicios públicos, así como también incluir al personal responsable de la práctica académica (MIRANDA MIRANDA, 2012).

### 5.2.2. Gastos de Administración

Estos gastos hacen referencia a los sueldos, prestaciones del personal, los seguros e impuestos (MIRANDA MIRANDA, 2012). Para este proyecto, no se tienen contemplados debido a que el equipo para la prueba específica del Método de destilación ASTM D86 entraría en el laboratorio de fluidos a hacer parte del portafolio de servicios, y sería operado por el personal ya contratado. Lo cual no sería necesaria la contratación de nuevo personal que esté enfocado en esta prueba, y estos gastos harían parte de costos no desembolsables de la universidad.

### 5.2.3. Costos de ventas

Hace referencia a los gastos por comercialización y distribución; sin embargo, en los alcances establecidos del presente proyecto no se tienen contemplados, debido a que no se tiene planeado contratar personal específico para vender el servicio, lo cual no descarta realizar algún tipo de publicidad para las empresas que estén interesadas en realizar esta prueba. La idea fundamental es incluir en el portafolio de servicios prestados por la escuela este tipo de servicio con el fin de darlo a conocer a posibles interesados. En la tabla 31 se evidencian los costos de producción relacionados a la prueba.

**Tabla 31**

*Costos de producción*

<b>COSTOS DE FABRICACIÓN</b>	<b>PRECIO (COP)</b>
<b>COSTOS DIRECTOS</b>	
Derivados del petróleo	\$ 0
Insumos	\$ 0

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

<b>GASTOS DE FABRICACIÓN</b>	
Papelería (hojas resma)	\$ 20.000
<b>Elementos de protección personal</b>	
Gafas	\$ 9.500
Guantes de nitrilo (caja por 100 unidades)	\$ 45.900
<b>COSTOS DE VENTAS</b>	
Comercialización y distribución	\$ 0
<b>COSTOS DE ADMINISTRACION</b>	
Sueldos y prestaciones	\$ 0
<b>TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>\$ 75.400</b>

Los datos presentados en la tabla anterior, como lo es el caso de la papelería, gafas y guantes de nitrilo, fueron tomados a través de Internet por comercializadoras con la idea de simular el total de los costos en la operación. A continuación, en la tabla 32 se evidencian los costos totales (inversiones y costos de producción).

**Tabla 32***Costos totales*

<b>COSTO</b>	<b>VALOR (COP)</b>
Inversiones	\$ 28.372.000
Costos de producción	\$ 75.400
<b>Total</b>	<b>\$ 28.447.400</b>

**5.3. Ingresos por Prestación de Servicio**

Debido a la fluctuación del mercado por sus altas y bajas, se presenta incertidumbre en el futuro; por ende, en esta parte del estudio se proponen dos posibles escenarios: el académico y el comercial. A través de este proceso, se busca identificar de manera más precisa a quiénes y cómo se les ofrecerá el servicio para la prueba específica del método de destilación para la determinación de las curvas de destilación de productos de petróleo según la norma ASTM D86, llevado a cabo en el laboratorio de fluidos de la EIP.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

El académico se enfoca principalmente en el aprendizaje y la adquisición de conocimientos por parte de los estudiantes sobre el método de destilación para la determinación de las curvas de destilación de productos de petróleo según la norma ASTM D86, ya que es el objetivo principal de este proyecto. Este enfoque tiene como base el número de estudiantes matriculados en la materia de laboratorio de fluidos y en los posibles investigadores/tesistas que requerirían esta prueba para sus trabajos de grado. Estos serían los principales usuarios de este servicio, y su costo no se consideraría debido a las funciones misionales del programa de Ingeniería de Petróleos.

Se plantea que en cada semestre el número total de estudiantes matriculados en la asignatura de laboratorio de fluidos sea aproximadamente de 36, según estudios anteriores. Estos estarán divididos en 9 grupos de trabajo, con el fin de realizar las pruebas correspondientes de la asignatura. Por lo cual, serían necesarias 9 pruebas ASTM D86 por semestre y 18 pruebas al año en total. El costo de realizar estas 18 pruebas sería de \$6.156.000 COP, considerando un valor de prueba de \$342.000 COP, según el cálculo realizado en el análisis de mercado basado en el mejor competidor.

**Tabla 33**

*Escenario académico*

<b>Demanda</b>	<b>Grupos de Trabajo de Estudiantes</b>	<b>Total (por semestre)</b>
Cantidad de pruebas requeridas	9	9

Para el caso del escenario económico, se considera, al utilizar los equipos para fines académicos, se plantea la venta del servicio de determinación de las curvas de destilación de

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

productos de petróleo a terceros (clientes potenciales mencionados con anterioridad). Este escenario se basa en la información de que actualmente en las empresas, tanto transportadoras como comercializadoras de derivados del petróleo en Colombia, bajo el lineamiento del país, se evalúa la calidad, pureza o volatilidad del producto mediante el método presentado en este proyecto. Por lo tanto, se establece como prioridad la necesidad de este servicio en el país, además de que las empresas privadas y públicas reconocerían al laboratorio de fluidos de la EIP como una institución proveedora de este tipo de prueba bajo el método ASTM D86. En el escenario comercial se tienen 2 consideraciones:

1. Lo ideal sería que como mínimo 6 empresas (lista de clientes potenciales) requirieran el servicio de destilación de alguno de los productos del petróleo, implementando el método de la norma ASTM D86 y contrataran el servicio en el laboratorio de fluidos de la EIP.
2. Se venderá 1 prueba por empresa mensual, es decir 12 pruebas al año por empresa y para un total de 72 pruebas en los dos semestres.

**Tabla 34**

*Escenario comercial*

<b>Demanda</b>	<b>Academia</b>	<b>Laboratorio (Terceros)</b>	<b>Total por semestre</b>	<b>Total por año</b>
Cantidad de pruebas a realizar	9	36	45	90

*Nota.* El valor total de las 90 pruebas en el año es de \$30.780.000 COP, asumiendo las 18 pruebas académicas y las 72 pruebas a realizar a terceros. Debido a su ubicación estratégica y reconocimientos, las empresas actuales en la región desearían obtener el servicio, dando la posibilidad de realizar las pruebas como se evidencian en la tabla.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**5.4. Indicadores de Evaluación Financiera**

Como indicador se implementa el VPN (Valor Presente Neto) para el estudio de prefactibilidad del proyecto, donde el VPN es la suma de todos los flujos de caja (positivos y negativos) que ocurren en la actualidad y los que se espera que ocurran durante la vida del proyecto. Según sea positivo o negativo, representará ganancias o pérdida de valor para la persona o empresa que invierte en este caso para la universidad (Álvarez Sánchez, 2017). La determinación del VPN se realiza con la siguiente ecuación:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (10)$$

Donde:

$FNE_n$ : Flujo neto de efectivo en el período n

$P$ : Inversión inicial en el año cero

$i$ : Tasa de descuento

De acuerdo con los resultados obtenidos del cálculo del VPN establece que:

- Si  $VPN < 0$ , no es rentable invertir el proyecto, no se alcanzaría la tasa mínima de rendimiento esperada.
- Si  $VPN = 0$ , el inversionista puede elegir si es conveniente o no invertir en el proyecto.
- Si  $VPN > 0$ , el inversionista obtendría ingresos por encima de la tasa mínima de rendimiento.

Basándose en lo anterior, se estableció que el VPN es igual a cero, asumiendo la recuperación de la inversión inicial en los primeros años, planteando tres diferentes escenarios comerciales y teniendo en cuenta si la universidad desea invertir o no.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

En este caso, como el  $VPN=0$ , la tasa interna de retorno (TIR) se toma como un 5% para cada uno de los periodos para evitar la variación de tasas y ser más exactos.

A continuación, se evidencian los diferentes escenarios comerciales donde se recupera la inversión en tres diferentes situaciones que son:

- Optimista, gracias a sus avances y reconocimientos, la UIS se ha posicionado dentro del mercado de compañías que prestan este servicio de destilación de productos de petróleo por medio del método de destilación, implementando la norma ASTM D86, lo cual permitiría el retorno de la inversión en 5 años.
- Intermedio, la UIS, como prestadora del servicio de destilación de productos de petróleo mediante el método de destilación implementando la norma ASTM D86, no destacó entre las favoritas del mercado, por lo cual su inversión se recupera en 7 años.
- Pesimista, debido a que la UIS, como prestadora del servicio de destilación de productos de petróleo por medio del método de destilación implementando la norma ASTM D86, al no tener reconocimiento y su baja confiabilidad, genera que la inversión se recupere en 10 años.

### ***5.4.1 Cálculos para los Valores del VPN de Cada Escenario***

En los siguientes cálculos, conforme a lo anterior, dado que el VPN es cero, la TIR será del 5% durante todos los periodos o años en todos los escenarios. Esto permite determinar el flujo de caja de cada año y el número mínimo de pruebas necesarias para recuperar la inversión.

- Calculo Escenario Optimista

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

$$= -\$28.447.400 + \frac{\$6.840.000}{(1+5\%)^1} + \frac{\$6.840.000}{(1+5\%)^2} + \frac{\$6.840.000}{(1+5\%)^3} + \frac{\$6.840.000}{(1+5\%)^4} + \frac{\$6.840.000}{(1+5\%)^5} \approx 0$$

- Calculo Escenario Intermedio

$$= -\$28.447.400 + \frac{\$5.130.000}{(1+5\%)^1} + \frac{\$5.130.000}{(1+5\%)^2} + \frac{\$5.130.000}{(1+5\%)^3} + \frac{\$5.130.000}{(1+5\%)^4} + \frac{\$5.130.000}{(1+5\%)^5} + \frac{\$5.130.000}{(1+5\%)^6} +$$

$$\frac{\$5.130.000}{(1+5\%)^7} \approx 0$$

- Calculo Escenario pesimista

$$= -\$28.447.400 + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^1} + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^2} + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^3} + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^4} + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^5} + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^6} +$$

$$\frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^7} + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^8} + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^9} + \frac{\$3.762.000}{(1+5\%)^{10}} \approx 0$$

Los valores presentes en el flujo neto de \$6.840.000, \$5.130.000 y \$3.762.000 hacen referencia al costo mínimo de la prueba en cada escenario comercial, debido a que, si es menor, el VPN sería negativo, el cual no sería rentable.

## 5.5. Resultados Análisis Financiero

A continuación, en la tabla 35 se evidencia la cantidad de pruebas mínimas para cada uno de los escenarios (optimista, regular y pesimista) con su respectivo tiempo de retorno de la inversión.

**Tabla 35**

*Resultados de cada escenario comercial*

Escenario	Tiempo(años)	Cantidad de pruebas mínimas anuales	Valor anual (COP)
Optimista	5	20	\$6.840.000
Intermedio	7	15	\$5.130.000
Pesimista	10	11	\$3.762.000

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

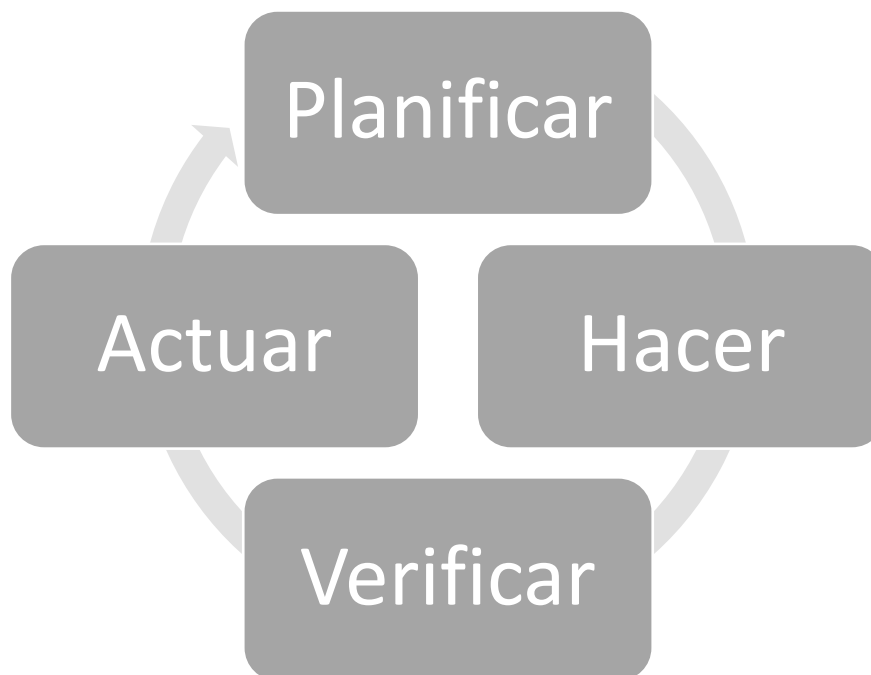
### **6. Sistema de Gestión de Calidad Basado en la Norma Técnica Colombiana ISO/IEC 17025:2017**

En términos generales, un sistema de gestión de calidad es un conjunto de procesos y responsabilidades claramente definidos, los cuales hacen que la empresa funcione como debe. Cada organización utiliza un SGC especializado, que comprende un conjunto formal de políticas, procesos y procedimientos establecidos para aumentar la satisfacción del consumidor. Un SGC guía a las organizaciones en la normalización y mejora de los controles de calidad en la fabricación, la prestación de servicios y otros procesos empresariales clave (Sistemas de gestión de la calidad: Introducción, s.f.).

El objetivo de este capítulo es documentar los lineamientos esenciales para llevar a cabo la ejecución del sistema de calidad basado en la NTC-ISO/IEC 17025:2017 para ensayos de laboratorio, con el propósito de garantizar la calidad de las pruebas y la veracidad de sus resultados. Además, cabe resaltar que el SGC implementa principalmente del Ciclo de Mejora Continua PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), conocido también como Círculo de Deming, donde se compone de cuatro pasos sucesivos y obligatorios que correctamente ejecutados permiten implantar las mejoras necesarias en los procesos y los procedimientos (ISBL, 2021).

- Planear: establecer los objetivos y procesos a mejorar.
- Hacer: implementar procedimientos de mejora.
- Verificar: analizar o comparar los resultados obtenidos con los objetivos iniciales, determinando su buen desempeño.
- Actuar: implementación de la mejor opción en el sistema de gestión y calidad.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Figura 17***Ciclo de Deming*

Establecer la implementación de un sistema de gestión y calidad da la opción a la Universidad Industrial de Santander de ubicarse dentro de las empresas más competitivas en el tema de la prestación de un servicio o un producto en específico, cumpliendo con todos los parámetros y requisitos, ofreciendo una mayor confiabilidad, calidad y eficiencia, en gran parte de los proyectos que se ejecutan dentro de sus instalaciones. Además, aportando al proceso de acreditación a la universidad por parte de un organismo con autoridad, dándole el reconocimiento de poseer la competencia técnica necesaria para realizar sus determinadas labores. Cabe recalcar que el proceso de acreditación del laboratorio requiere una considerable inversión económica y un periodo de tiempo considerable.

**6.1 Norma Técnica Colombiana ISO/IEC 17025:2017**

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) es una entidad nacional de normalización en Colombia. Es la encargada de la reproducción de normas técnicas

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

en el país, así como también la certificación de productos, servicios, para las empresas o terceros. INCOTEC representa a Colombia en organizaciones internacionales de normalización, como la ISO (Organización Internacional para la Estandarización).

### ***6.1.1 Antecedentes***

La norma ISO/IEC 17025 fue formada gracias a la integración de ambas normas, ISO Guide 25 publicada en 1978 y revisada en 1990, la cual establecía los requisitos generales para la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración. Y la norma EN 45001 se caracterizaba en los aspectos necesarios para garantizar que los laboratorios pudieran proporcionar resultados consistentes y confiables.

### ***6.1.2 Objetivo***

Su objetivo principal es garantizar que los laboratorios sean competentes y capaces de ofrecer resultados válidos y más confiables. Además, establece requisitos generales el cual los laboratorios deben cumplir para demostrar sus capacidades técnicas y asegurar la calidad de sus resultados en el sistema de gestión de calidad.

### ***6.1.3 Requisitos para la Acreditación de Alta Calidad***

La NTC-ISO/IEC 17025:2017 está conformada por diferentes requisitos que deben cumplir los laboratorios con el fin de cumplir los estándares de calidad, los cuales destacan estos cinco componentes, que son: requisitos generales, requisitos relativos a la estructura, requisitos relativos a los recursos, requisitos del proceso y requisitos del sistema de gestión. En la tabla 36 se evidencian los requisitos de la NTC-ISO/IEC 17025:2017.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Tabla 36***Requisitos de la NTC ISO/IEC 17025:2017*

<b>Requisitos Generales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imparcialidad</li> <li>• Confidencialidad</li> </ul>
<b>Requisitos Relativos a la Estructura</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requisitos legales</li> <li>• Requisitos de los clientes y partes interesadas</li> </ul>
<b>Requisitos Relativos a los Recursos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal</li> <li>• Instalaciones y condiciones ambientales</li> <li>• Equipamiento</li> <li>• Trazabilidad metrológica</li> <li>• Productos y servicios suministrados externamente</li> </ul>
<b>Requisitos del Proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de solicitudes, ofertas y contratos</li> <li>• Selección, verificación y validación de métodos</li> <li>• Muestreo</li> <li>• Manipulación de los ítems de ensayo o calibración</li> <li>• Registros técnicos</li> <li>• Evaluación de la incertidumbre de medición</li> <li>• Aseguramiento de la validez de los resultados</li> <li>• Informe de resultados</li> <li>• Quejas</li> <li>• Trabajo no conforme</li> <li>• Control de los datos y gestión de la información</li> </ul>
<b>Requisitos del Sistema de Gestión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opción A: Requisitos de gestión</li> <li>• Opción B: ISO 9001</li> </ul>

*Nota.* Elaborada por el autor, adaptada con base a la información de la NTC ISO/IEC 17025:2017.

Fuente: (ICONTEC, 2017)

Con base a la norma de acreditación de laboratorios NTC ISO/IEC 17025:2017, se enlista factores esenciales, ya que son claves para llevar a cabo el proceso de acreditación de la prueba del método estandarizado ASTM D86, los cuales se describen a continuación:

- Los laboratorios deben contar con un procedimiento claro para seleccionar personal competente, donde se evidencia cómo se supervisa, autoriza y capacita al personal, asegurando que se encuentren debidamente calificados para sus

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

obligaciones, además garantizando que el personal o las actividades en ejecución del laboratorio se realicen sin presiones indebidas (comerciales, financieras u otras) y sin conflictos de interés que afecten la calidad del trabajo.

- Contar con guía o procedimientos para el manejo, uso, transporte, almacenamiento y mantenimiento de los equipos y elementos necesarios en el laboratorio.
- Contar con un procedimiento para la selección de proveedores y subcontratistas, en el que se tengan en cuenta las necesidades del laboratorio, se establezcan las especificaciones requeridas, se verifique la recepción de los productos o servicios, y además se evalúe el desempeño de los mencionados proveedores.
- Contar con un procedimiento que evalúe, revise y asegure que el laboratorio tenga la competencia y los recursos necesarios para llevar a cabo la actividad o servicio que se desea ofertar. Esto incluye definir las necesidades del cliente y determinar los métodos que se utilizarán para realizar el ensayo.
- Establecer procedimientos para la calibración, ensayo y muestreo, así como un procedimiento para la evaluación de incertidumbre. Además, contar con un proceso de análisis de los datos obtenidos, permitiendo determinar si el laboratorio es competente, evitando así la realización de trabajos que no cumplan con lo requerido.
- Acreditar los registros técnicos originales, asegurándose que incluyan la fecha y el autor responsable, mantengan un buen estado y sean fáciles de recuperar.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Asegurar la validez de sus resultados a través de la participación en ensayos de aptitud o en comparaciones Inter laboratorios.
- Los resultados deben presentarse en informes de calibración, ensayo, muestreo y declaraciones de no conformidad según sea necesario, asegurando que sean precisos, claros, inequívocos y objetivos. Además, es importante aclarar que solo el personal experto y autorizado debe encargarse de expresar opiniones e interpretaciones.
- Contar con un procedimiento para las quejas o reclamos, para recibir, evaluar y tomar decisiones acerca de las quejas y mejorar la atención al cliente.
- Otorgar al sistema de gestión de la información, como manuales y archivos digitales del laboratorio, protección contra acceso no autorizado y contar con salvaguarda en el caso de ocurra manipulación indebida y pérdida.
- Establecer las autoridades y responsabilidades para la gestión del trabajo no conforme, permitirá detectar, evaluar y tomar decisiones sobre cualquier desviación de los procedimientos establecidos en el laboratorio, garantizando su cumplimiento.

### **6.2 Proceso de acreditación**

La acreditación, junto con la metrología y la normalización, desempeña un papel fundamental para proteger los intereses de los consumidores en términos de seguridad y calidad. Esta es evaluada por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) como un organismo de tercera parte. Afirma que los OEC (Organismos Evaluadores de la Conformidad) que declaran tener competencia, llevan a cabo efectivamente las actividades incluidas en el alcance

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

acreditado, de acuerdo con los requisitos establecidos en normas internacionales, con el objetivo de garantizar la confianza en los bienes y servicios disponibles en el mercado (ONAC, 2020).

La ONAC es la Organización Acreditada de Colombia, la cual desempeña las funciones de Organismo Nacional de Acreditación desde 2008. También, en Colombia, esta formación es una de las partes de la infraestructura de calidad y se llama SICAL (Subsistema Nacional de Calidad). A él pertenece un conjunto de instituciones del sector público y privado que colaboran para garantizar que los productos y servicios producidos sean vendidos en el territorio nacional, satisfaciendo los requisitos de seguridad y calidad establecidos en normas internacionales.

Tiene como objetivo la ONAC suministrar los servicios de acreditación a los organismos de evaluación de la conformidad (OEC) para acreditar su competencia, ejercer como autoridad de monitoreo en buenas prácticas de laboratorio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y desempeñar las funciones de Organismo Nacional de Acreditación de Colombia.

Uno de los beneficios de la acreditación le permite a los Organismos Evaluadores de la Conformidad (OEC) asegurarles a sus clientes que los servicios de pruebas, calibración, inspección o certificación acreditados que les ofrecen contribuyen significativamente a reducir los riesgos asociados a la calidad o seguridad de los bienes o servicios sujetos a evaluación en el laboratorio. (ONAC, 2020).

Con base en la información obtenida de la página oficial de la ONAC en el documento "Reglas de Servicio de Acreditación RAC-3.0-01 V11", se evidencian los aspectos esenciales que la EIP de la UIS debe implementar para incluir el método técnico de la norma ASTM D86 dentro de su portafolio de servicios como protocolo acreditado por parte de la ONAC.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **6.2.1. Alcance de la Acreditación**

Los alcances de la acreditación deben estar definidos de forma clara, precisa y sin ambigüedades, de tal manera que la información sea concreta y delimitada sobre la competencia técnica. Con la solicitud de acreditación, el OEC deberá proponer el alcance para el que solicita ser acreditado, el cual será estudiado y, si es del caso, ONAC solicitará al OEC que sea ajustado o modificado para que esté acorde con las reglas de la acreditación.

El alcance se definirá con referencia a:

- El tipo de OEC.
- El objeto de evaluación de la conformidad.
- Los documentos normativos, con los que se realiza la evaluación de la conformidad, ya sean normas nacionales o internacionales, reglamentos técnicos u otros documentos validados.
- Sectores económicos o industriales o de disciplina técnica de ensayo o calibración, aplicables.
- Tipos o sistemas de certificación, cuando sea el caso.
- Sitios donde se realizan las actividades de evaluación de la conformidad.

### **6.2.2. Criterios de acreditación**

Se establecen como aquellos requisitos que deben cumplir los OEC para ser acreditados por parte de la ONAC y conservar un estado de vigencia en su acreditación. Dentro de los criterios generales de la acreditación, ONAC adopta y aplica los requisitos establecidos en los documentos mandatorios por las organizaciones.:

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).
- International Accreditation Forum (IAF).
- Inter- American Accreditation Cooperation (IAAC).

**Tabla 37***Esquemas de acreditación por parte de la ONAC*

<b>Norma</b>	<b>Organismo de Evaluación de la Conformidad</b>	<b>Siglas</b>
ISO/IEC 17025	Laboratorios de Ensayo	LAB
ISO/IEC 17025	Laboratorios de Calibración	LAC

*Nota.* Los requisitos para acreditar el laboratorio seleccionado para implementar un método estandarizado ASTM D86 se encuentran en la NTC ISO/IEC 17025:2017, los cuales se mencionaron anteriormente. Se utilizó el esquema de acreditación seleccionado usando la norma.

Fuente: (ONAC, 2020).

**6.2.3. Reglas de Acreditación ONAC**

Un factor a tener en cuenta, la Escuela de Ingeniería de Petróleos cuenta actualmente con un sistema de gestión integral (SGI), compuesto por los Sistemas de Gestión Ambiental y el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, los cuales han sido certificados desde el año 2015 y la evaluación del SGI se llevó a cabo bajo el referencial de la Industria Petrolera NORSOK S-WA 006/2018 / GTC 310:2020. En la Figura 18 se muestran los logotipos de estas normas estándares.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Figura 18**

*Logotipos Normas Icontec*



Adicional a los procedimientos mencionados anteriormente en la sección 6.1, se espera seguir los siguientes lineamientos presentes en el documento guía, con la estructura de los laboratorios de la Escuela de Ingeniería de Petróleos, con el fin de obtener la acreditación:

Guía Del Estudiante En El Laboratorio Para La Determinación De Las Curvas De Destilación De Productos De Petróleo Implementado Un Método De Prueba Estandarizado. Véase Apéndice F

Se plantea la implementación de una tabla de chequeo como finalidad de examinar los requisitos de la NTC ISO/IEC 17025:2017 que el laboratorio de fluidos de la EIP cumple o no, antes de un proceso de acreditación. Por el cual se establecieron 5 factores de cumplimiento de los requisitos, Los cuales fueron basados en el trabajo realizado por (GONZALEZ ORTEGÓN & TORRADO CARVAJAL, 2009) y tomado como base el trabajo realizado por (GOMEZ FIGUEROA, 2023).

- Estado 1: el requisito no posee ningún desarrollo.
- Estado 2: el requisito ha sido desarrollado, pero no está documentado.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Estado 3: el requisito se encuentra documentado, pero no implementado.
- Estado 4: el requisito se encuentra en alguno de estos procesos: análisis, revisión, aprobación, auditoría interna o en acciones correctivas.
- Estado 5: el requisito es cumplido en su totalidad.

**Tabla 38***Chequeo de requisitos NTC ISO/IEC 17025:2017*

<b>Requisitos</b>		<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
		1 2 3 4 5	
<b>Requisitos Generales</b>	Imparcialidad		Se asegura que las actividades del laboratorio se realicen de manera objetiva, sin influencias indebidas que puedan comprometer la credibilidad de los resultados.
	Confidencialidad		Se asegura que toda la información del cliente y la obtenida o generada durante la realización de ensayos y calibraciones sea protegida y tratada de manera confidencial.
<b>Requisitos Relativos a la Estructura</b>	Requisitos legales		Se asegura que el laboratorio cumpla con todas las leyes, regulaciones y normas aplicables a sus actividades.
	Requisitos de los clientes y partes interesadas		Se asegura que el laboratorio comprenda y cumpla con las expectativas y necesidades de sus clientes y otras partes interesadas, garantizando la calidad y confiabilidad de sus servicios.
<b>Requisitos Relativos a los Recursos</b>	Personal		El personal debe contar con la formación, experiencia y habilidades necesarias, además de seguirse preparando para su formación.
	Instalaciones y condiciones		Las instalaciones deben estar en buen estado, en condiciones óptimas, monitorizadas y controladas para evitar malos resultados.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

	Equipamiento	Los equipos deben ser calibrados y verificados, y se debe mantener documentación detallada sobre su debido mantenimiento y calibración para garantizar mediciones precisas y fiables.
	Trazabilidad metrológica	Se establece y mantiene la trazabilidad metrológica de los resultados de las mediciones a través de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de la medición, vinculándolos con la referencia apropiada.
	Productos y servicios suministrados externamente	Se asegura que los productos y servicios de terceros no afecten las actividades del laboratorio. El laboratorio debe seleccionar y evaluar proveedores según criterios establecidos, revisar los productos y servicios al recibirlos, y mantener documentación detallada sobre estas actividades.
<b>Requisitos del Proceso</b>	Revisión de solicitudes, ofertas y contratos	Se asegura que el laboratorio comprenda y evalúe si pueda cumplir con los requisitos del cliente.
	Selección, verificación y validación de métodos	Se evalúa el método seleccionado según su idoneidad para los requisitos del cliente y verificado para asegurar su funcionamiento correcto.
	Muestreo	Se asegura que las muestras sean representativas del producto a analizar y se puede demostrar al especificar que tiene un procedimiento de muestreo.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Manipulación de los ítems de ensayo o calibración	Se cuenta con un procedimiento para el transporte, recepción, manipulación, protección, almacenamiento, conservación y disposición o devolución de los ítems de ensayo o calibración.
Registros técnicos	Se garantiza que los registros técnicos para cada actividad de laboratorio contienen los resultados, informes y la información suficiente para facilitar, si es posible, la identificación de los elementos que afectan al resultado de la medición y su incertidumbre de medición asociada.
Evaluación de la incertidumbre de medición	Se asegura que los resultados sean precisos y confiables. Identificar todas las fuentes de incertidumbre, calcular su impacto en los resultados, y documentar el proceso y los resultados obtenidos.
Aseguramiento de la validez de los resultados	Se cuenta con un procedimiento para hacer seguimiento a la validez de los resultados obtenidos a través del registro de los datos o información obtenida para detectar tendencias o similitudes y aplicar técnicas estadísticas cuando sea posible a la revisión de los resultados.
Informe de resultados	Al presentarse debe ser claro, preciso y objetivo, incluyendo detalles como la identificación del laboratorio y del cliente, descripción del ítem analizado, método utilizado y resultados obtenidos.
Quejas	Se establece una guía documentada para recibir, evaluar y tomar las decisiones acerca de las quejas, además debe estar disponible para que el cliente lo pueda consultar.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

	Trabajo no conforme	Se establece un procedimiento que se implemente cuando algún aspecto o resultado de la prueba no cumple con los procedimientos establecidos o requisitos acordados con el cliente para el trabajo no conforme.
	Control de los datos y gestión de la información	Se implementan medidas para proteger la información contra pérdida y acceso no autorizado,
<b>Requisitos del Sistema de Gestión</b>	Opción A: Requisitos de gestión	Además, se debe contar con la documentación del sistema de gestión, un control de registros, acciones para abordar riesgos y oportunidades, identificar e implementar acciones de mejora, toma de acciones correctivas, realizar auditorías internas y revisiones por parte de la dirección.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **6.2.4. Aspectos básicos para la Acreditación**

Para iniciar el proceso de acreditación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos según la ONAC:

- Debe estar establecido como persona jurídica debido a que la acreditación se otorga a una empresa legalmente constituida.
- En algunos esquemas de acreditación (como lo son LAB y LAC) es esencial haber prestado al menos un servicio en la actividad de evaluación de la conformidad a acreditar.
- Debe conocer y haber implementado las normas técnicas correspondientes a tu evaluación de la conformidad a acreditar. Para este caso, la NTC ISO/IEC 17025:2017.
- Al implementar la norma correspondiente, implica también cumplir con todas sus exigencias, siendo la más importante contar con un Sistema de Gestión implementado.
- Todos los procedimientos de la organización deben estar formalizados y estandarizados dentro del Sistema de Gestión.
- Garantizar la imparcialidad con la que se realizan las actividades, cumpliendo con la objetividad de los servicios y por ende sus resultados.
- Se debe contar con los recursos necesarios capaces de brindar resultados imparciales y de óptima calidad, en el cual se deben tener en cuenta las condiciones ambientales y de infraestructura; los equipos, incluyendo sus controles metrológicos y sus respectivas calibraciones periódicas y con el personal competente.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Además, como paso importante al aplicar al proceso de acreditación, el solicitante debe conocer los requisitos y la documentación necesaria para cada una de las etapas.

Los documentos se clasifican como:

- Documentos generales: Aplican para todos los esquemas de acreditación y definen condiciones desde la presentación de la solicitud hasta el mantenimiento y renovación de la acreditación; forman parte de la relación contractual con ONAC.
- Criterios de acreditación: Requisitos que debe cumplir el solicitante que desea acreditarse de acuerdo con el esquema de evaluación de la conformidad y que son objeto de evaluación para determinar la competencia del organismo. Como para este caso, ISO/IEC 17025:2017.
- Criterios de evaluación: Documentos adicionales o complementarios de la norma de acreditación para algunos alcances específicos, que el solicitante debe cumplir y son objeto de evaluación por parte de ONAC para determinar su competencia como Organismo Evaluador de la conformidad. Para cada esquema de acreditación, los criterios de acreditación, criterios de evaluación y documentos normativos pueden variar dependiendo del esquema de acreditación.

### **6.3 Ruta de Acreditación**

Al haber identificado el esquema de acreditación a aplicar, se puede dar comienzo al inicio del proceso de acreditación. Por el cual se siguen los siguientes pasos.

#### **6.3.1 Registro Inicial**

Para iniciar el proceso, el solicitante debe registrarse en el Sistema de Información de Prestación del Servicio de ONAC. SIPSO, el cual permite sistematizar la gestión de todas las

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

etapas del proceso de acreditación, facilitando la interacción entre los organismos evaluadores de la conformidad, los equipos evaluadores y la administración de ONAC, y aportando mayor trazabilidad y agilidad en la operación coherente de cada esquema de acreditación. Cuando se registre, se debe tener en cuenta toda la información principal correspondiente al organismo que se va a acreditar, para este caso, el Laboratorio de Fluidos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos. También se ingresa la información sobre la evaluación de la conformidad y la información del representante legal.

### ***6.3.2 Presentación de la Solicitud de Acreditación***

Al presentar la solicitud de acreditación se puede realizar de manera manual (correo electrónico o por la página SIPSO). El formulario debe contener el esquema de evaluación de la conformidad seleccionado, la firma del representante legal y los anexos necesarios para el trámite requerido. Es indispensable haber realizado el pago de los derechos de revisión para que la ONAC dé comienzo a la revisión de la solicitud.

Para presentar el formulario de la solicitud de acreditación ante la OEC se debe tener presente lo siguiente:

- Constar con un alcance para la acreditación
- Comprometerse a cumplir cada uno de los costos que ocasiona cada evaluación, evaluaciones complementarias o evaluaciones extraordinarias.
- Cancelar el valor correspondiente de las tarifas establecidas en el documento Tarifas del Servicio de Acreditación, RAC-3.0-02.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Declara que conoce y acepta las reglas de la acreditación contenidas en los estatutos del ONAC, y se obliga a su cumplimiento.
- Declara tener conocimiento y acepta las reglas del servicio de acreditación, los deberes y derechos como contratante de los servicios de acreditación y obligaciones de los OEC acreditados definidas en el documento RAC-3.0-01.
- Acepta cumplir los criterios generales y específicos de acreditación para el esquema solicitado.
- Recibir y prestar colaboración al equipo evaluador, permitiendo cumplir con las actividades establecidas para verificar el cumplimiento de los requisitos de acreditación.

En el caso de que se vayan a realizar diferentes actividades de evaluación de la conformidad, la solicitud de acreditación se debe presentar por separada para cada tipo de organismo, las cuales serán gestionadas de manera independiente.

### ***6.3.3 Revisión de la Solicitud***

Al iniciar el trámite de revisión de la solicitud, es necesario contar con el formulario y adjuntar la copia del pago de los derechos no reembolsables de revisión, por un monto equivalente a 0,5 día por la operación y el costo de la tarifa correspondiente según el esquema seleccionado de acuerdo con el documento RAC-3.0-02.

Una vez recibida la solicitud de acreditación y verificado el pago por concepto de la revisión inicial, la entidad ONAC dará su visto de recibido de la solicitud y revisará la documentación suministrada con el fin de comprobar si cumple para ser acreditada o, en el caso de presentarse algún motivo que impida la acreditación, se le comunicará al solicitante.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Adicionalmente, ONAC revisa si la actividad o las actividades solicitadas están contempladas en el esquema y si existe capacidad disponible para garantizar la efectividad de la gestión de la solicitud. Posteriormente, se verifica que el alcance de la acreditación esté claramente establecido y que los documentos requeridos para la solicitud sean completos y adecuados. Si no lo son, se solicitará la actualización de los documentos o información adicional dentro de un plazo determinado. Si el OEC no responde a estas observaciones, se considerará que la solicitud ha sido inválida.

### ***6.3.4 Elaboración de la Cotización de Acreditación***

La ONAC, al considerar que la información recibida está completa para poder iniciar la prestación del servicio, le asignará un código de archivo a la solicitud y enviará al solicitante la cotización de los costos del proceso de evaluación inicial. De acuerdo con el documento "Tarifas de los Servicios de Acreditación RAC-3.0-02", a continuación, se evidencian los ítems con referencia a los costos:

- La revisión del plan de acción propuesto por el OEC para solucionar las no conformidades encontradas.
- El tiempo empleado por el evaluador o personal encargado para la realización del informe.
- La tarifa incluye los tiquetes para el día del desplazamiento aeropuerto - sede de la evaluación - aeropuerto, así como el alojamiento cuando la evaluación se lleva a cabo en una ciudad diferente a la del evaluador.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- El tiempo empleado por el equipo evaluador, los días adicionales para cumplir con el plan de muestreo (de acuerdo con el sitio seleccionado para realizar la testificación de evaluación de la conformidad).
- El tiempo empleado por el equipo evaluador (la evaluación de la competencia técnica, del sistema de gestión).

Una vez aprobada la cotización, se debe cancelar el valor correspondiente para la evaluación inicial y enviarla a la ONAC. El servicio de evaluación de acreditación debe ser firmado por el representante legal. Tras recibir la confirmación del pago y la orden de prestación o acuerdo firmado, la ONAC establecerá los lineamientos para la evaluación, según el Procedimiento para Programar los Servicios de Evaluación a OEC, PR-3.1-01.

### ***6.3.5 Designación del Equipo Evaluador y Programación de la Evaluación***

LA ONAC informa al OEC los nombres de los integrantes del equipo evaluador, el rol en el que participará cada uno, adjuntando sus hojas de vida, con las que podrá confirmar su perfil y su grado de experiencia. El número de integrantes del equipo evaluador estará en función del alcance de la acreditación solicitada. Contará en cualquier caso con un líder de equipo responsable final de la evaluación, y tantos evaluadores y expertos técnicos como se requieran para realizar la evaluación. El OEC podrá plantear las objeciones que considere pertinentes respecto de los integrantes del equipo evaluador. Posteriormente, se mantendrá informado al solicitante y se coordina con el OEC para establecer las fechas, la logística y el alcance de la evaluación en sitio.

### ***6.3.6 Proceso de Evaluación***

El proceso de evaluación está constituido por las siguientes etapas:

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Revisión de la documentación y los registros: El objetivo es revisar la documentación y los registros proporcionados con la solicitud por el OEC para evaluar la conformidad de su sistema, tal como está documentado, con las normas y otros requisitos de acreditación.
- Evaluación in situ: Evaluación in situ: El equipo designado realizará una visita de evaluación a las instalaciones del OEC, cuyo objetivo es verificar el cumplimiento de los criterios de acreditación.
- Respuesta del OEC ante no conformidades detectadas en la evaluación: el líder del equipo evaluador informará al OEC cuando se detecten no conformidades en la evaluación durante la reunión de cierre. El OEC podrá apelar de acuerdo con el Procedimiento para Tratamiento de Apelaciones o aceptarlas.
- Evaluación complementaria: Se realizará evaluación complementaria donde se verifique la implementación suficiente y eficaz de las acciones propuestas en el PCAC. La duración de la evaluación complementaria es estimada por el líder del equipo y comunicada a la coordinación sectorial, en función del tiempo necesario para revisar la implementación suficiente y eficaz del PCAC.
- Informe de la evaluación: El líder del equipo elaborará un informe con los resultados e información obtenida durante todas las actividades de la evaluación, incluida la evaluación complementaria, cuando haya habido lugar a ella.

### ***6.3.7 Decisión Sobre la Acreditación***

La decisión sobre la acreditación en ONAC es tomada por el Comité de Acreditación, basándose en el informe de evaluación y la información generada durante las etapas de evaluación

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

y demás información disponible, para determinar que se han cumplido o no con los requisitos de acreditación. El comité adoptará una de las siguientes decisiones:

- Otorgar la acreditación.
- Renovar la acreditación.
- Mantener la acreditación.
- Modificar, actualizar, ampliar o reducir el alcance de la acreditación.
- Suspender parcial o totalmente la acreditación.
- Retirar la acreditación.

El Comité de Acreditación decidirá sobre el estado de la acreditación sólo cuando cuente con la suficiente evidencia de que se están cumpliendo todos los requisitos de acreditación y las no conformidades han sido adecuadamente aclaradas.

### ***6.3.8 Cierre del Proceso de Acreditación***

Tras la decisión positiva de Acreditación, y una vez que el OEC haya suscrito los contratos y pagado los costos correspondientes, la ONAC emitirá un certificado de Acreditación, que da como constancias la acreditación a favor del OEC. En dicho certificado se expresará, como mínimo, lo siguiente:

- El nombre del OEC y el código de la acreditación concedida.
- Norma nacional, internacional o Criterio Específico de Acreditación contra la cual se otorga la acreditación.
- Alcance de la acreditación concedida.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Dirección y ubicación de la sede principal del OEC y de los sitios cubiertos por la acreditación.
- La fecha de aprobación de la acreditación y referencia a su periodo de vigencia.

Al generar los certificados, la OEC obtiene el derecho de hacer uso del símbolo de la ONAC de acreditación con referencia a su condición de acreditación, tal como está expuesto en el documento RAC-3.0-01; además, se publicará en el sitio web de la ONAC y se actualizará el directorio oficial de acreditados de la ONAC, legalizando la adjudicación de la acreditación a favor de la OEC.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**7. Conclusiones**

- Entre los procedimientos estandarizados para la determinación de las curvas de destilación de derivados del petróleo, se destaca el método de la norma ASTM D86 debido a que es uno de los más utilizados y enfocado para este proyecto. Este método es crucial para determinar el comportamiento de volatilidad de productos de petróleo como lo son la gasolina, keroseno, diésel, entre otros, lo cual es fundamental para la refinación y distribución de estos productos. Al realizar el estudio de prefactibilidad para implementar el método estandarizado ASTM D86 como uno de los servicios prestados por el laboratorio de fluidos de la EIP se logra la identificación de los requisitos técnicos, financieros, de calidad y de mercado, con el fin de determinar la viabilidad del proyecto en su fase previa, presentando las propuestas que más se ajustan a los objetivos establecidos durante el transcurso del tiempo.
- A través del estudio financiero y consultas realizadas se estableció que es posible entrar en el mercado de prestación del servicio de determinación de las curvas de destilación en derivados del petróleo por medio del método estandarizado ASTM D86. Debido a que su oferta de la prueba es limitada por la baja cantidad de empresas o laboratorios que poseen dentro de su portafolio de servicios, y por su falta de certificación o implementos necesarios. Con base en lo anterior, se realiza la determinación del precio de la prueba con base en el precio de las competencias. La UIS lograría entrar al mercado, es decir, \$342.000 COP por cada análisis.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Se establecen tres casos posibles, los cuales son optimista, intermedio y pesimista. Se propone para cada caso un periodo de tiempo de 5, 7 y 10 años respectivamente, con el fin de evidenciar valores realistas y confiables en cuanto a la rentabilidad del proyecto. En el escenario comercial, la viabilidad del proyecto se evidencia a través del valor 0 del VPN para los diferentes casos, lo cual demuestra que es posible recuperar toda la inversión por completo en los periodos de tiempo propuestos. A partir de haber superado el tiempo supuesto o realizado el mínimo de pruebas para cada caso, se empezarían a obtener ganancias. Esto implicaría un mínimo de 20 pruebas por año para el caso optimista, 15 pruebas como mínimo por año para el caso intermedio, y 11 pruebas mínimas por año en el caso pesimista.
- Al desarrollar e implementar un sistema de gestión de calidad basado en la norma NTC ISO 17025, se asegura que el laboratorio de la EIP pueda demostrar competencia técnica y la fiabilidad de los resultados, con el fin de establecerse en una posición altamente competitiva en cuanto a la prestación de servicios en la región o en el sector. Además, al establecer precedentes para el proceso de acreditación del laboratorio, se fomenta el cumplimiento de las políticas de la institución que buscan establecer un modelo de calidad para todos los procesos derivados de su funcionamiento.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**8. Recomendaciones**

- En el caso de aprobar este proyecto, para la adquisición del equipo y los implementos o accesorios, lo recomendado es adquirirlo en conjunto debido a los altos precios si se obtienen por separado o su compatibilidad, pero si ocurre un cambio en la información suministrada de parte de los proveedores consultados de la obtención de los accesorios, se pueden plantear de nuevo los costos para este estudio.
- Realice un análisis a nivel de factibilidad para la implementación del método ASTM D86, enfocado en el estudio presentado de este proyecto, con el fin de comprobar su viabilidad en el caso de ejecutarse.
- En la realización del análisis de mercado se implementó como filtro principal la omisión de aquellas empresas que no cumplían con los certificados necesarios, sus altos costos de ejecución, o porque no realizan este tipo de prueba; sin embargo, con el paso del tiempo, esas empresas logren obtener lo requerido y tengan la oportunidad de ofertar pruebas a un menor costo en comparación con las empresas o laboratorios consultados.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Referencias Bibliográficas**

- American Society For Testing And Materials (2020). Standard Test Method For Distillation Of Petroleum Products And Liquid Fuels At Atmospheric Pressure. United States: ASTM D86.
- American Society For Testing And Materials (2018). Standard Test Method For Distillation Of Petroleum Products At Reduced Pressure. United States: ASTM D1160-18.
- American Society For Testing And Materials (2019). Standard Test Method For Boiling Range Distribution Of Petroleum Fractions By Gas Chromatography. United States: ASTM D2887-19ae2.
- American Society For Testing And Materials (2020). Standard Test Method For Distillation Of Crude Petroleum (15-Theoretical Plate Column). United States: ASTM D2892-20.
- American Society For Testing And Materials (2017). Standard Test Method For Distillation Of Petroleum Products And Liquid Fuels At Atmospheric Pressure (Mini Method). United States: ASTM D7344-17a.
- American Society For Testing And Materials (2017). Standard Test Method For Distillation Of Petroleum Products And Liquid Fuels At Atmospheric Pressure (Micro Distillation Method). United States: ASTM D7345-17.
- ALSINA BUSTOS, Y. V. (2017). ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CREACION DE UNA EMPRESA DE ASESORIAS PROFESIONALES A ENTIDADES PRIVADAS EN EL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. (*Tesis de Posgrado*). Universidad industrial de santander, Bucaramanga.
- Álvarez Sánchez, F. A. (2017). *TÉCNICAS PARA EVALUAR FINANCIERAMENTE PROYECTOS DE INVERSIÓN*. Cali: Universidad Icesi.
- AMAYA FUENTES, J. (2016). *Unidad de destilacion la vacio*. ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA.
- América, N. L. (2019). <https://noria.mx/lublearn/volatilidad-vs-punto-de-inflamacion-lo-que-debe-saber/>
- ASTM, I. (2023). *ASTM D2887:Standard Test Method for Boiling Range Distribution of Petroleum Fractions by Gas Chromatography*. ASTM International.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

ASTM, I. (2024). *ASTM D1160: Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Reduced Pressure*. ASTM International.

*B/R Instrument*. (s.f.). <https://brinstrument.com/astm-d1160/astm-d1160-manually-operated>

Banco de la República. (2023). <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

Biomax. (s.f.). <https://www.biomax.co/quienes-somos/>

BIOMOLAB. (s.f.). <https://www.biomolab.com.mx/consumibles-vidrier%C3%ADa/matrices/de-destilaci%C3%B3n/>

Blamis. (s.f.). <https://blamis.com.co/probeta-graduada-forma-alta-en-vidrio-b-con-tapon>

CABRERA, L. G. (2012). *UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA DEPARTAMENTO DE QUIMICA INDUSTRIAL Y APLICADA QUIMICA INDUSTRIAL I*. Mérida.

Chevron. (s.f.). <https://www.chevron.com/who-we-are>

CONDE CHUQUIMIA , A. R. (2014). *REFINACION DEL PETROLEO*. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES. <https://vsip.info/curvas-astm-tbp-flash-pdf-free.html>

Corporation, N. (s.f.). <https://noria.mx/lublearn/volatilidad-vs-punto-de-inflamacion-lo-que-debe-saber/>

Cristobal, S. (15 de Enero de 2024). *Zucchetti Spain*. <https://www.zucchetti.es/blog/seleccion-proveedores.html>

D7344-17a, A. (2018). *Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products and Liquid Fuels at Atmospheric Pressure (Mini Method)*. United States.

Dos Santos, M. (2023). *La destilación del petróleo: Un proceso esencial en la industria energética*. <https://polaridad.es/la-destilacion-del-petroleo/>

Ecopetrol. (s.f.). *Ecopetrol*. <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/NuestraEmpresa/QuienesSomos/NuestrosObjetivos>

ELCRISOL. (s.f.). <https://elcrisol.com.mx/termometro-astm-de-95-a-155-c-kessler.html>

Eser, S. (s.f.). *PennState Collage of Earth and Mineral Sciences*. <https://www.e-education.psu.edu/fsc432/content/tbp-astm-and-efv-compared>

ExxonMobil. (s.f.). <https://www.exxonmobilchemical.com/es/exxonmobil-chemical/about-us>

Godoy, M. C. (13 de 02 de 2024). *Valora Analitik*. <https://www.valoraanalitik.com/2024/02/13/acp-revela-caida-de-consumo-de-gasolina-por-aumento-de-precios/>

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- GOMEZ FIGUEROA, D. S. (2023). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR ESTÁNDAR ASTM D3230 PARA DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE SAL EN PETRÓLEO CRUDO POR EL MÉTODO ELECTROMÉTRICO EN EL LABORATORIO DE FLUIDOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- GONZALEZ ORTEGÓN, R., & TORRADO CARVAJAL, C. C. (2009). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS EN EL LABORATORIO DE FLUIDOS BASADOS EN LA NORMA NTC ISO 17025 DE 2005*. BUCARAMANGA: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.
- GONZALEZ SANDOVAL, H. A. (2016). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR PROTOCOLO ASTM D6470 PARA DETERMINACION DE SALINIDAD EN CRUDOS. (Tesis de Pregrado)*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- ICONTEC. (2017). *Norma Técnica Colombiana ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- ISBL. (31 de 01 de 2021). <https://isbl.eu/2021/01/que-es-un-sistema-de-gestion-y-para-que-sirve/>
- ISO. (s.f.). <https://www.iso.org/es/gestion-calidad/que-es-sgc>
- Kaindl, M. (2009). *El abecé del Petróleo y del Gas*. Buenos Aires: Instituto Argentino del Petróleo y del Gas.
- Kraus, R. S. (s.f.). *PETROLEO Y GAS NATURAL INDUSTRIAS QUIMICAS*. <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+78.+Petr%C3%B3leo+y+gas+natural>
- Labconco. (s.f.). <https://www.labconco.com/category/rapid-kjeldahl-apparatus>
- Lopez, S. (20 de Mayo de 2024). *Revista Escuela de Negocios de la UEMC*. <https://www.escueladenegociosydireccion.com/revista/business/marketing-ventas/estrategias-de-precios-en-un-mercado-competitivo/>
- M., J., Ale Ruiz, C. M., & y Erdmann, L. (2015). *DETERMINACIÓN DE LA CURVA EFV*. [https://www.aaig.org.ar/SCongresos/docs/06\\_029/papers/03a/03a\\_1656\\_928.pdf](https://www.aaig.org.ar/SCongresos/docs/06_029/papers/03a/03a_1656_928.pdf).
- M.M.J. (2005). *Proyecto Fin de Carrera. Diseño de una Columna de DME*.
- Marbot-Ramada., D. M.-A. (2010). *Determinación de las fracciones del petróleo crudo con el empleo de la destilación simulada por cromatografía gaseosa como método alternativo*. La Habana: Revista CENIC.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

*Marketing Co-creador*. (2017).

<https://marketingcocreador.wordpress.com/2017/11/21/principales-estrategias-de-%EF%AC%81jacion-de-precios/>

Materials, A. S. (2020). Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products and Liquid Fuels at Atmospheric Pressure. *ASTM D86-20b*. United States.

Mexicano, S. G. (22 de marzo de 2017). *Gobierno de México*.

[https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones\\_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Caracteristicas-del-petroleo.html)

MIRANDA MIRANDA, J. J. (2012). *GESTION DE PROYECTOS*. Bogotá: MM editores.

Mora Atiés, D., & Marbot Ramada, R. (2010). *Determinación de las fracciones del petróleo crudo con el empleo de la destilación simulada por cromatografía gaseosa como método alternativo*. CENIC.

Morales, H., Zamara Vargas, S., & Avelino Olaya, J. (2012). *Elaboración de Curvas de Destilación de Hidrocarburos Líquidos Pertenecientes a la Sub-Cuenca Neiva: Método ASTM D86-04*. Universidad Surcolombia.

<https://doi.org/https://doi.org/10.25054/22161325.773>

ONAC. (2 de 10 de 2020). <https://onac.org.co/acreditate-con-onac/>

Ortega, C. (18 de 10 de 2023). *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/demanda-de-mercado/>

Petrobras. (s.f.).

<https://www.petrobras.com.br/colombia#:~:text=El%20principio%20de%20Petrobras%20es,las%20comunidades%20en%20donde%20operamos.>

Principales estrategias de fijación de precios. (2018).

<https://marketingcocreador.wordpress.com/2017/11/21/principales-estrategias-de-%EF%AC%81jacion-de-precios/>

*Psu.edu*. (s.f.). <https://www.e-education.psu.edu/fsc432/content/tbp-astm-and-efv-compared>

Rita, A. (2008). *Teoría de la oferta y la demanda*. <https://www.gestiopolis.com/teoria-de-la-oferta-y-la-demanda/>

S.A, E. (2014). *El petróleo y su mundo*. Bogotá: Unidad de Comunicaciones Corporativas de Ecopetrol.

Sempértegui Medina, J., Peñaloza Mogrovejo, C. E., Herbas Rocabado, G. A., Franco Cuellar, J., & Soliz Añez, P. (s.f.). *Refinación*. Universidad Tecnológica Privada de Santa Cruz.

SICA. (s.f.). <https://www.sicamedicacion.com.mx/blog/tecnologias/equipo-destilacion-para-analisis-linea/>

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86**

*Standard Test Method For Distillation Of Petroleum Products And Liquid Fuels At Atmospheric Pressure (Micro Distillation Method).* (2017). United States: American Society For Testing And Materials.

Terpel. (s.f.). *Terpel*. <https://www.terpel.com/>

Tintori, M. A., & Talou, M. H. (2004). (*Diseño de una actividad para la enseñanza y el aprendizaje del concepto “presión de vapor”, s/f*).  
<https://rieoei.org/historico/deloslectores/experiencias73.htm>

TORRES, A., & GUEVARA, D. (2017). ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR PRUEBA DE LABORATORIO PARA DETERMINAR EL PODER CALORIFICO DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS. (*TESIS DE PREGRADO*). universidad industrial de santander, BUCARAMANGA.

URPÍ, J. L. (2008). *TECNOLOGÍA Y MARGEN DE REFINO DEL PETRÓLEO*. MADRID: Díaz de Santos, S.A.

Vicepresidencia de Asuntos Económicos y Regulatorios, A. (2020). *EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS 2020 – 2021 DEL MERCADO DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN COLOMBIA*.

*WordPress en Azure*. (25 de 07 de 2017). <https://cenit-transporte.com/poliductos/>

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Apéndices****Apéndice A. Destilación de productos petrolíferos y combustibles líquidos a presión atmosférica (Mini método) ASTM D7344 (ASTM,2018)****A.1 Instrumentos y equipos**

Equipo de destilación o aparato de destilación automática está conformado por los siguientes componentes:

- Vaso de muestra hecho de metal (Cobre o aluminio).
- Calentador eléctrico: debe ser de baja retención de calor, la potencia del calefactor eléctrico será ajustable de 0 a un mínimo de 105 W.
- Elevación de taza de muestra accionada por motor.
- Columna de destilación de acero inoxidable.
- Sensor de temperatura de vapor; se usa un termopar (NiCr-Ni o similar).
- Condensador, debe estar hecho de aluminio o latón. Estará abierto en la parte superior, por lo que todo el sistema está siempre a presión atmosférica. La temperatura del condensador debe estar controlada por un elemento termoeléctrico y debe ser ajustable de 5 °C a 60 °C (41 °F a 140 °F).
- El sistema receptor está integrado en el condensador para que el condensador y el receptor estén siempre a la misma temperatura. El receptor consta de un sistema de detección de meniscos y una cámara receptora de volumen variable formada por un orificio cilíndrico y un pistón accionado por un motor paso a paso.

Además, contar con:

- Balanza con un alcance mínimo de 25 g y una precisión mínima de 63 mg.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Dispositivo de medición de presión para calibración, capaz de medir la presión de la estación local con una precisión y una resolución de 0,1 kPa (1 mm Hg).

### A.2 Reactivos y Materiales

- Tolueno (Pureza de al menos del 99%)
- Hexadecano (Pureza de al menos del 99%)

### A.3 Muestreo, almacenamiento y acondicionamiento de muestras

Determinar primero a que grupo pertenece

- Muestreo:

En el grupo 1 y 2: Recoja la muestra a una temperatura inferior a 10 °C (50 °F). Si esto no es posible porque el producto a muestrear está a temperatura ambiente, introduzca la muestra en una botella preenfriada a menos de 10 °C (50 °F), manteniendo la agitación al mínimo. Cierre el frasco de inmediato con un cierre hermético.

En los grupos 0, 3 y 4: recoja la muestra a temperatura ambiente. Después de la toma de muestras, cierre el frasco de muestra inmediatamente con un tapón hermético.

- Almacenamiento:

Todas las muestras se almacenarán lejos de la luz solar directa o de fuentes de calor directo.

En los grupos 1 y 2 se almacena la muestra a una temperatura inferior a 10 °C (50 °F).

Y para los grupos 0, 3 y 4: almacene la muestra a temperatura ambiente o inferior.

- Acondicionamiento de la muestra:

En los grupos 1 y 2, las muestras se acondicionarán a una temperatura inferior a 10 °C (50 °F) antes de abrir el recipiente de muestras.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Por último, en los grupos 0, 3 y 4, las muestras se acondicionarán a una temperatura no superior a la temperatura ambiente antes de abrir el recipiente de muestras.

### A.4 Procedimiento

- Como primer paso, se conecta el tubo de entrada del sistema de llenado del recipiente de muestras a la entrada del aparato y se sumerge en la muestra. En el caso de las muestras del grupo 1, se deben tomar medidas para evitar la pérdida de elementos volátiles presentes en la muestra. El volumen total de la muestra será de al menos 50 ml para todos los grupos de destilación.
- Se regulan las temperaturas del sistema de llenado del contenedor de muestras, el condensador y el sistema receptor para el grupo apropiado de la muestra; para el caso del biodiésel (B100), el sistema de condensador y receptor se regula a 60 °C y 0,2 °C.
- En el momento del llenado, extraiga la muestra y coloque una muestra de 6 mL +/- 0,05 mL (Grupos 0-3) o 5,5 mL +/- 0,05 mL (Grupo 4) en el vaso de la muestra.
- Para determinar el punto de ebullición inicial, aplique calor a la taza de muestra y anote la hora de inicio.
- Regule el calentamiento del recipiente de muestra de modo que el intervalo de tiempo entre la primera aplicación de calor y el IBP en los grupos 0, 3 y 4 sea menor a 12 minutos, en el grupo 1 menor a 7 y para el grupo 2 menor a 8. Registre el IBP con una precisión de 0,1 °C (0,2 °F).
- Continúe regulando el calentamiento del recipiente de muestra de modo que la tasa media uniforme de condensación desde el 5 % o el 10 % recuperado hasta el 95 % recuperado sea de 0.6 mL +/- 0.3 mL por minuto.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- En el intervalo entre el IBP y el final de la destilación, registre todos los volúmenes en el cilindro receptor con una precisión de 5  $\mu\text{L}$  y todas las lecturas de temperatura con una precisión de 0,1  $^{\circ}\text{C}$  (0,2  $^{\circ}\text{F}$ ). Registre las lecturas de temperatura al menos por cada 0,25 % recuperado.
- Cuando el porcentaje recuperado sea aproximadamente el 95 %, realice un ajuste final del calor. El tiempo transcurrido desde el 95 % recuperado hasta el PE (FBP). Al haberse situado durante el tiempo ya mencionado. Observe y registre el EP (FBP) según sea necesario y suspenda el calentamiento.
- Deje que el destilado se drene en el receptor, después de que se haya interrumpido el calentamiento de la muestra. El aparato controlará continuamente el porcentaje de volumen recuperado hasta que este volumen cambie no más de 10  $\mu\text{L}$  en 1 minuto. Registre el volumen en el receptor, en mL, como el porcentaje de volumen recuperado.
- Después de que el recipiente de muestra se haya enfriado, coloque el recipiente en una balanza y determine la masa del recipiente más la muestra residual con una precisión de  $\pm 3$  mg. Si al pesarlo su residuo es mayor a 300mg, repita otra vez el procedimiento.

### A.5 Cálculos y Reporte de Resultados

- Se determina el porcentaje de recuperación de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R = 100 V_R/V_S \quad (\text{A1})$$

Donde:

R = Porcentaje de recobro

$V_R$  = volumen recuperado, en mL

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

$V_S$  = Tamaño de la muestra, en mL

Porcentaje de residuo de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$R_p = 100 (M_t - M_c) / (\rho_R * V_S) \quad (A2)$$

Donde:

$R_p$  = Porcentaje de residuo

$M_t$  = Masa total de la copa de la muestra y de la muestra residual en la copa, en g

$M_c$  = Masa del vaso de muestra vacío, en g

$\rho_R$  = Densidad media de la muestra residual en g/cc,

$V_S$  = Tamaño de muestra, en mL

$R + R_p = 100\%$

Para realizar la corrección en caso de que la presión establecida sea diferente a la presión atmosférica se implementa la ecuación de Sydney Young. Se reportan todas las lecturas volumétricas en porcentajes al 0.1 % más cercano y todas las lecturas de temperatura al 0.1 °C. Además, IBP, EP (FBP), punto de descomposición y todos los pares de valores correspondientes que involucran lecturas de porcentaje recuperado y temperatura.

### A.6 Precisión

La precisión de este método de prueba se ha determinado mediante el examen estadístico de los resultados de pruebas entre laboratorios, como se evidencia a continuación:

- Repetitividad.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Group 0.

IBP:  $r = T3 \times 0.0000006265$  Rango válido: 65 °C – 215 °C

T10:  $r = T1.6477 \times 0.0002254$  Rango válido: 65 °C – 240 °C

T50:  $r = T0.81 \times 0.004725$  Rango válido: 65 °C – 255 °C

T90:  $r = T-0.2137 \times 0.6504$  Rango válido: 65 °C – 255 °C

FBP:  $r = T0.9815 \times 0.03547$  Rango válido: 65 °C – 265 °C

Grupos 1 y 2.

IBP:  $r = 2.46$  Rango válido: 20 °C – 60 °C

E10:  $r = 1.97$  Rango válido: 40 °C – 65 °C

E50:  $r = 0.02939 \times (E - 50)$  Rango válido: 75 °C – 105 °C

E90:  $r = 2.45$  Rango válido: 145 °C – 165 °C

FBP:  $r = 3.22$  Rango válido: 170 °C – 200 °C

Grupos 3 y 4

IBP:  $r = 3.57$  Rango válido: 150 °C – 190 °C

T10:  $r = 0.04782 \times (T - 135)$  Rango válido: 160 °C – 220 °C

T50:  $r = 0.01926 \times (T - 137)$  Rango válido: 165 °C – 285 °C

T90:  $r = 0.009911 \times (T - 20)$  Rango válido: 180 °C – 345 °C

T95:  $r = 0.006461 \times (T + 210)$  Rango válido: 185 °C – 355 °C

FBP:  $r = 0.01033 \times (T - 37)$  Rango válido: 200 °C – 370 °C

Donde:

E = temperatura de evaporación dentro del rango válido

T = temperatura recuperada dentro del rango válido

- Reproducibilidad.

Group 0.

IBP:  $R = T3 \times 0,0000007052$  Rango válido: 65 °C – 215 °C

E10:  $R = T1.6477 \times 0.0002509$  Rango válido: 65 °C – 240 °C

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

E50:  $R = T0,81 \times 0,008968$       Rango válido: 65 °C – 255 °C

E90:  $R = T-0,2137 \times 1,6210$       Rango válido: 65 °C – 255 °C

FBP:  $R = T0.9815 \times 0.06388$       Rango válido: 65 °C – 265 °C

Grupo 1 y 2.

IBP:  $R = 5,27$       Rango válido: 20 °C – 60 °C

E10:  $R = 4,68$       Rango válido: 40 °C – 65 °C

E50:  $R = 0,04536 \times (E - 50)$       Rango válido: 75 °C – 105 °C

E90:  $R = 3,53$       Rango válido: 145 °C – 165 °C

FBP:  $R = 4,82$       Rango válido: 170 °C – 200 °C

Grupo 3 y 4.

IBP:  $R = 5,32$       Rango válido: 150 °C – 190 °C

T10:  $R = 0,06407 \times (T - 135)$       Rango válido: 160 °C – 220 °C

T50:  $R = 0,02475 \times (T - 137)$       Rango válido: 165 °C – 285 °C

T90:  $R = 0,01567 \times (T - 20)$       Rango válido: 180 °C – 345 °C

T95:  $R = 0,01062 \times (T + 210)$       Rango válido: 185 °C – 355 °C

FBP:  $R = 0,01667 \times (T - 37)$       Rango válido: 200 °C – 370 °C

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Apéndice B. Destilación de productos petrolíferos a presión reducida ASTM D1160  
(ASTM, 2024)****B.1 Instrumentos y equipos**

- Matraz de destilación de 500 ml de capacidad, de vidrio de borosilicato o cuarzo, según las especificaciones ASTM.
- Conjunto de columna con camisa al vacío, a base de vidrio de borosilicato, que consta de un cabezal de destilación y una sección de condensador asociada; el cabezal estará encerrado en una camisa de vacío de vidrio completamente plateado con un vacío permanente de menos de  $10^{-5}$  Pa ( $10^{-7}$  mm Hg). Cuenta con una cadena de goteo ligera, que colgará de la punta de goteo del condensador hasta un punto 5 mm por debajo de la marca de 10 mL del recipiente receptor.
- Dispositivo de medición de temperatura de vapor (termómetro o termopar), deberá producir lecturas con una precisión de  $0,5$  °C en el intervalo de  $0$  °C a  $400$  °C y tener un tiempo de respuesta inferior a 200 seg.
- Receptor de vidrio de borosilicato
- Vacuómetro, capaz de medir presiones absolutas con una precisión de  $0,01$  kPa en el rango inferior a  $1$  kPa absoluto y con una precisión del  $1$  % por encima de esta presión.
- Sistema de regulación de presión; una bomba de vacío de baja eficiencia y alta capacidad. Válvula solenoide u otro tipo de regulador en la conexión entre los tanques para que el primer tanque se mantenga a la presión de la bomba y el segundo a la presión del aparato de destilación.
- Fuente de vacío: se utiliza un adaptador de vacío, una bomba de una sola etapa con una capacidad típica de  $85$  L/min a  $130$  L/min de capacidad a  $100$  kPa.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Trampas frías están ubicada en la parte superior del condensador y la fuente de vacío para recuperar los componentes de ebullición ligera en el destilado que no se condensan en la sección del condensador.
- Fuente de aire a baja presión o dióxido de carbono, para enfriar el matraz y el calentador al final de la destilación.
- Fuente de nitrógeno a baja presión, para liberar el vacío en el sistema.
- Pantalla de seguridad o recinto de seguridad, protege adecuadamente al operador del aparato de destilación en caso de percance. Se recomienda vidrio reforzado, plexiglás transparente de 6 mm de espesor o un material transparente de resistencia equivalente.
- Sistema de circulación de refrigerante, capaz de suministrar refrigerante al sistema receptor y condensador, a una temperatura controlada dentro de 63 °C en el rango entre 30 °C y 80 °C.

### **B.2 Reactivos y Materiales**

- n-Tetradecano
- Cetano (n-hexadecano)
- Grasa de silicona de alto vacío especialmente fabricada para su uso en aplicaciones de alto vacío.
- Aceite de silicona, certificado por el fabricante para ser aplicable para un uso prolongado a temperaturas superiores a 350 °C.
- Tolueno
- Ciclohexano

### **B.3 Muestreo, almacenamiento y acondicionamiento de muestras**

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

La muestra deberá estar completamente líquida antes de la carga. Si los cristales son visibles, la muestra se calentará a una temperatura que permita que los cristales se disuelvan. A continuación, la muestra debe agitarse vigorosamente durante 5 a 15 minutos, dependiendo del tamaño de la muestra, la viscosidad y otros factores, para garantizar la uniformidad. Si los sólidos siguen siendo visibles por encima de 70 °C, es probable que estas partículas sean de naturaleza inorgánica y no formen parte de la parte destilable de la muestra. Elimine la mayoría de estos sólidos filtrando o decantando la muestra. Se requerirá una muestra de 200 ml o superior para este método de ensayo y debe estar exenta de humedad o contenido de agua.

### **B.4 Preparación, calibración y cuantificación de aparatos**

- Calibrar los sensores con sus instrumentos asociados, registrando las temperaturas de los puntos de congelación del agua y de los metales puros y mezclas de metales.
- Compruebe el funcionamiento del sistema de regulación de presión.
- Limpie y seque las piezas de vidrio y vuelva a lubricar las juntas. Puede utilizar grasa de silicona de alto vacío, pero no excederse para dar una película uniforme en las superficies de vidrio esmerilado. Un exceso de grasa puede causar fugas y puede contribuir a la formación de espuma en el arranque.
- Ensamble el aparato vacío y realice una prueba de fugas.
- Comprobación del aparato total utilizando uno de los dos reactivos (cetano o n-tetradecano).

### **B.5 Procedimiento**

- Ajuste la temperatura del refrigerante del condensador al menos 30 °C por debajo de la temperatura de vapor.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Determine el peso, hasta los 0,1 g más cercanos, equivalente a 200 mL de la muestra a la temperatura del receptor. Pesar esta cantidad de aceite en el matraz de destilación.
- Lubrique las juntas esféricas del aparato de destilación con silicona de alta presión. Asegúrese de que las superficies de las juntas estén limpias antes de aplicar la grasa y use solo la cantidad mínima requerida. Conecte el matraz a la junta esférica inferior del cabezal de destilación, coloque el calentador debajo del matraz, coloque el manto superior en su lugar y conecte el resto del aparato usando abrazaderas de resorte para asegurar las juntas.
- Coloque unas gotas de aceite de silicona en el fondo del termopozo del matraz e inserte el sensor de temperatura en el fondo. El sensor se puede asegurar con un poco de fibra de vidrio en la parte superior del termopozo.
- Encienda la bomba de vacío y observe el contenido del matraz en busca de signos de formación de espuma. Si la muestra hace espuma, deje que la presión sobre el aparato aumente ligeramente hasta que disminuya la formación de espuma. Aplique calor suave para ayudar a eliminar el gas disuelto.
- Evacuar el aparato hasta que la presión alcance 1,3 kPa (10 mm Hg). Lleve el sistema a la atmósfera utilizando una purga de nitrógeno y vuelva a lubricar todas las juntas.
- Una vez alcanzado el nivel de presión deseado, encienda el calentador y aplique calor lo más rápidamente posible al matraz, sin causar una formación indebida de espuma en la muestra. Tan pronto como aparezca vapor o líquido de reflujo en el cuello del matraz, ajuste la velocidad de calentamiento para que el destilado se recupere a una velocidad uniforme de 6 mL/min a 8 mL/min.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Registre la temperatura de vapor, el tiempo y la presión en cada una de las siguientes fracciones porcentuales de volumen de la carga recogida en el receptor: IBP, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 y en el punto final. Si la temperatura del líquido alcanza los 400 °C, o si el vapor alcanza una temperatura máxima antes de que se observe el punto final, registre la lectura de la temperatura y el volumen total recuperado en el momento en que se interrumpe la destilación.
- Si se observa un aumento repentino de la presión, junto con la formación de vapores blancos y una caída en la temperatura del vapor, el material que se está destilando muestra un agrietamiento significativo. Suspnda la destilación inmediatamente y registre el hecho en la hoja de ejecución. Si es necesario, vuelva a ejecutar la destilación con una muestra fresca a una presión de funcionamiento más baja.
- Al terminar, baje el calentador del matraz de 5 cm a 10 cm y enfríe el matraz y el calentador con un chorro suave de aire o, preferiblemente, con un chorro de dióxido de carbono, si es necesario desmontar el aparato antes de que se haya enfriado por debajo de 200 °C. El dióxido de carbono también se puede utilizar para disminuir la presión, siempre que no se utilicen trampas de nitrógeno líquido.
- Lleve la temperatura de la trampa de frío montada antes de la fuente de vacío a temperatura ambiente. Recuperar, medir y registrar el volumen de los productos ligeros recogidos en la trampa.
- Retire el recipiente, vacíelo y vuelva a colocarlo en el instrumento para el ciclo de limpieza, o use un recipiente vacío por separado. Retire el matraz y sustitúyalo por un matraz lleno de un disolvente de limpieza. Ejecute una destilación a presión atmosférica

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

para limpiar la unidad. Al final de este proceso de limpieza, retire el matraz y el recipiente y sople un suave chorro de aire o nitrógeno para secar la unidad.

**B.6 Cálculos y Reporte de Resultados**

- Se determina la temperatura real de destilación obtenida a presión reducida a temperatura atmosférica equivalente (AET) correspondiente al punto de ebullición equivalente a presión atmosférica, 101,3 kPa (760 mm Hg), mediante ecuaciones derivadas de Maxwell y Bonnell.

$$AET = \frac{748.1 * A}{\left(\frac{1}{T+273.1}\right) + 0.3861 * A - 0.00051606} - 273.1 \quad (B1)$$

Donde:

AET = temperatura atmosférica equivalente, °C,

T = temperatura de vapor observada, °C.

Para determinar A:

$$A = \frac{5.143222 - 0.972546 \log_{10} P}{2579.329 - 95.76 \log_{10} P} \quad (B2)$$

Donde:

P = Presión de operación, kPa

Si la presión de operación  $\geq 0,266$  kPa aplica la siguiente ecuación:

$$A = \frac{5.994295 - 0.972546 \log_{10} P}{2663.129 - 95.76 \log_{10} P} \quad (B3)$$

Reportar el AET al grado Celsius más cercano correspondiente a los porcentajes volumétricos de líquido recuperado en el receptor. Informe también la identidad de la muestra, la densidad, la cantidad de destilado líquido recuperado en el receptor, en la trampa fría antes de la fuente de vacío, cualquier ocurrencia inusual como espuma o eructos, junto con las medidas que se tomaron para corregir el problema.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**B.7 Precisión**

La precisión de este método de prueba se generó a partir de los datos obtenidos en un programa cooperativo entre laboratorios de 1983 en el que participaron nueve laboratorios y se analizaron ocho muestras.

- Repetibilidad:

$$r = \frac{M[e^{a+bln(1.8 S)}]}{1.8} \quad (B4)$$

Donde:

r = repetibilidad, °C (AET),

e = base de la función logarítmica natural, aproximadamente 2,718281828,

a, b y M = constantes

S = tasa de cambio de temperatura (°C, AET) sobre porcentaje de volumen recuperado.

Determinar las constantes.

Si la presión es 0.13 kPa

	Volumen recuperado			
	IBP	5 %–50%	60%–95 %	FBP
a	2.372	0.439	0.439	0.718
b	0	0.241	0.241	0
M	2.9	2.9	3.0	2.9

O si es Si la presión es 1.3 kPa

Volumen recuperado

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

	IBP	5 %–50%	60%–95 %	FBP
a	2.246	0.240	0.240	1.521
b	0	0.350	0.350	0
M	2.8	2.8	2.9	2.8

- Reproducibilidad

$$R = \frac{M' [e^{a't + b' \ln(1.8 S)}]}{1.8} \quad (B5)$$

Donde:

R = Reproducibilidad, °C (AET),

a', b' y M' = constantes

S = tasa de cambio de temperatura (°C, AET) sobre porcentaje de volumen recuperado.

Determinar las constantes.

Si la presión es 0.13 kPa

	Volumen recuperado			
	IBP	5 %–50%	60%–95 %	FBP
a'	3.512	1.338	0.815	2.931
b'	0	0.639	0.639	0
M'	3.0	3.3	3.3	3.0

O si es Si la presión es 1.3 kPa

	Volumen recuperado			
	IBP	5 %–50%	60%–95 %	FBP
a'	3.424	1.415	1.190	2.815
b'	0	0.409	0.409	0
M'	2.9	3.2	3.1	2.9

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **Apéndice C. Distribución del rango de ebullición de fracciones de petróleo por cromatografía de gases ASTM D2887 (ASTM, 2023)**

#### **C.1 Procedimiento A**

##### **Instrumentos y equipos**

Cromatógrafo este compuesto por:

- Un detector de ionización de llama (FID), el detector requiere una sensibilidad de 0,005C/g-0,010C/g de carbono.
- Programa de temperatura de columna, programada linealmente en un rango suficiente para establecer un tiempo de retención de al menos 1 min para el IBP y eludir compuestos hasta una temperatura de ebullición de 538 °C (1000 °F).
- Enfriamiento criogénico de la columna, fuente de dióxido de carbono o nitrógeno líquido.
- Sistema de entrada de muestra: debe funcionar de forma continua a una temperatura equivalente a la temperatura máxima requerida.
- Controladores de caudal, equipados con controladores de flujo másico capaces de mantener constante el flujo de gas portador hasta el +/-1 % en todo el rango de temperatura de funcionamiento de la columna.
- Micro jeringa, para la introducción de la muestra.

Columna de destilación

Sistema de adquisición de datos

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Registrador: se debe utilizar un potenciómetro de registro de rango de 0 mV a 1 mV o equivalente, con un tiempo de respuesta a escala completa de 2 seg o menos.
- Software cromatográfico, para medir el tiempo de retención y las áreas de picos de elución (modo de detección de picos).

### **Reactivos y Materiales**

- Soporte sólido para columnas empaquetadas: se recomienda material de soporte sólido de tierra diatomea de grado cromatográfico dentro de un rango de tamaño de partícula de 60 a 100 tamaños de malla de tamiz.
- Líquidos de metilsilicon.
- Helio o nitrógeno de alta pureza.
- Hidrógeno de alta pureza
- Aire comprimido.
- Mezcla de prueba de resolución de columna: para columnas empaquetadas, una mezcla nominal de 1 % en masa de parafina n-C16 y n-C18 en un solvente adecuado, como n-octano, para su uso en la prueba de la resolución de columna.
- n-hidrocarburos disueltos en disulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>).
- Propano o butano
- Referencia gasóleo n.º 1 o n.º 2.

### **Muestreo**

La muestra de ensayo que se va a analizar debe ser homogénea y estar exenta de polvo o materia no disuelta.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### Calibración

- Inyecte una muestra de calibración que contenga parafinas con puntos de ebullición conocidos.
- Utilice las condiciones detalladas en las tablas del documento para esta calibración.
- Determine la resolución de la columna y la simetría de los picos. La resolución de la columna debería estar entre 4-11, y la simetría de los picos debería estar entre 0.8 y 1.30.

### Procedimiento

- Preparación de la muestra.
- La cantidad de muestra inyectada no debe sobrecargar la fase estacionaria de la columna ni exceder el rango lineal del detector. Una muestra de rango de ebullición estrecho requerirá una cantidad menor inyectada que una muestra de rango de ebullición más amplia.
- Determinar el rango lineal del detector.
- Inyecte diferentes cantidades de volúmenes del patrón de calibración para encontrar la cantidad máxima de un componente que la fase estacionaria puede tolerar sin sobrecargarse.
- Las muestras que tienen una viscosidad lo suficientemente baja como para ser muestreadas con una jeringa a temperatura ambiente se pueden inyectar solas.
- Las muestras que son demasiado viscosas o cerosas para muestrearlas con una jeringa pueden diluirse con CS<sub>2</sub>.
- Utiliza el cromatógrafo para separar los componentes de la muestra en función de sus puntos de ebullición, registrando los picos de los componentes a medida que se separe.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Utilizando el protocolo de secuencia de análisis, inyecte una alícuota de muestra en el cromatógrafo de gases. Recopile un registro de área de segmento de tiempo contiguo de todo el análisis.

### Cálculos y Reporte de Resultados

Al terminar el análisis utilice el software de adquisición de datos para calcular la distribución de puntos de ebullición de la muestra, utilizando la tabla de calibración obtenida anteriormente.

Se reporta en el informe la temperatura con una precisión de 0,5 °C (1 °F) a intervalos del 1 % entre el 1 % y el 99 % y en el IBP (0,5 %) y el FBP (99,5 %).

### Precisión

La precisión de este método de ensayo, se determina por el examen estadístico de los resultados de las pruebas entre laboratorios.

- Repetibilidad(°C):

IBP	0.011 x
5%	0.0032 (x + 100)
10 % a 20 %	0.8
30 %	0.8
40 %	0.8
50 % to 90 %	1.0
95 %	1.2
FBP	3.2

Donde x es el promedio de las temperaturas

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Reproducibilidad (°C):

IBP	0.066 x
5%	0.015 (x + 100)
10 % a 20 %	0.015 (x + 100)
30 %	0.013 (x + 100)
40 %	4.3
50 % to 90 %	4.3
95 %	5.0
FBP	11.8

### C.2 Procedimiento B (método acelerado)

#### Instrumentos y equipos

- Cromatógrafo de Gases: Detector, Horno Programable, Sistema de Inyección y Control Neumático Electrónico.
- Columna Cromatográfica.
- Software, software de adquisición de datos para controlar el instrumento, realizar inyecciones, lavados de la jeringa, aspiración de muestras, inyecciones de muestras y digitalización y adquisición de señales.

#### Reactivos y Materiales

- Soporte sólido para columnas empaquetadas: se recomienda material de soporte sólido de tierra diatomea de grado cromatográfico dentro de un rango de tamaño de partícula de 60 a 100 tamaños de malla de tamiz.
- Líquidos de metilsilicon.
- Hidrogeno o nitrogeno

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Aire comprimido.
- Mezcla de prueba de resolución de columna: para columnas empaquetadas, una mezcla nominal de 1 % en masa de parafina n-C16 y n-C18 en un solvente adecuado, como n-octano, para su uso en la prueba de la resolución de columna.
- n-hidrocarburos disueltos en disulfuro de carbono (CS<sub>2</sub>).
- Propano o butano
- Referencia gasóleo n.º 1 o n.º 2

### **Preparación, calibración y cuantificación de aparatos**

- Inyectar la muestra de calibración que contiene parafinas y verificar la resolución de la columna y la asimetría de los picos.
- Asegurarse de que los factores de respuesta relativa de las parafinas sean cercanos a la unidad.
- Inyectar una alícuota del estándar de calibración.
- Registrar los tiempos de retención y las áreas de los picos para cada componente.
- Determina los factores de respuesta relativa para cada n-parafina.

### **Procedimiento**

- Prepara la muestra, llena los viales del auto muestreador dejando un pequeño espacio vacío, al ser muy viscosas, se puede ajustar la velocidad de retirada del muestreador o agrega unas gotas de CS<sub>2</sub> al vial.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Para el aceite de referencia, usar viales de volumen reducido o insertos de viales para conservar la muestra, dado que su suministro es limitado.
- Ajustar el auto muestreador para enjuagar la jeringa adecuadamente si no se usa CS<sub>2</sub> en los viales de lavado.
- Al realizar el análisis, preparar la secuencia, incluyendo el estándar de calibración del tiempo de retención, el aceite de referencia y un blanco.
- Realizar la calibración semanalmente cuando el instrumento esté en uso o después de realizar mantenimiento; ajustar el auto muestreador para inyectar la cantidad estipulada en la tabla correspondiente, sin exceder el volumen permitido; incluir periódicamente blancos en la secuencia de análisis para evaluar el estado de la línea base.

### **Cálculos y Reporte de Resultados**

Se realiza la misma operación del procedimiento A.

Al reportar, se informará la distribución del punto de ebullición a 0,5 °C (1,0 °F) más cercano a intervalos del 1 % desde el punto de ebullición inicial (IBP) al 0,5 % hasta el punto de ebullición final al 99,5 % (FBP).

### **Precisión**

Se determinó mediante un estudio entre laboratorios (ILS 158). El estudio consistió en 10 muestras (10 laboratorios) que incluyeron 3 mezclas que contenían 5 %, 10 % y 20 % de éster FAME en diésel de ultra bajo azufre (B5, B10, B20). El gasóleo de referencia se incluyó como una incógnita en las muestras. A partir de estos datos, se determinaron los valores aceptados para el gasóleo de referencia.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Repetibilidad(°C):

**IBP (Punto de Ebullición Inicial)**

$$r = 2.94 \text{ °C (5.29 °F)}$$

**Entre 5% hasta 95 % de %masa destilada**

$$r(\text{°C}) = 0.000857 \times (x+500)$$

**FBP (Punto de Ebullición Final)**

$$r = 3.32 \text{ °C (6 °F)}$$

- Reproducibilidad (°C):

**IBP**

$$R=7.97 \text{ °C (9.52 °F)}$$

**Entre 5% hasta 95 %**

$$R(\text{°C}) = 0.00449 \times (x+500)$$

**FBP**

$$R=7.63 \text{ °C (10.8 °F)}$$

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Apéndice D. Destilación de Petróleo Crudo (Columna de 15 Placas Teóricas) ASTM D2892****D.1 Instrumentos y equipos**

## Destilación a presión atmosférica

- Matraz de destilación, con la capacidad de contener 1,0 L a 30 L
- Agitador magnético con un matraz esférico. El matraz deberá tener una zona ligeramente aplanada o cóncava en el fondo sobre la que el agitador magnético pueda girar sin moler el vidrio.
- Calefactora eléctrica con un autotransformador variable, con una potencia de 0,125 W /mL o el doble para aumentar su proceso.
- Tela de cuarzo reforzada con níquel para garantizar una vida útil.
- Columna de fraccionamiento, con diámetro interior, estará comprendida entre 25 mm y 70 mm. La eficacia se situará entre 14 y 18 placas teóricas. Está compuesta por una columna de vidrio integral y un divisor de reflujo totalmente encerrados en una camisa de vacío altamente reflectante con un vacío permanente inferior a 0,1 mPa ( $10^{-6}$  mm Hg).
- Contará con un sensor de temperatura, como un termopar, soldado a unos 6 cm<sup>2</sup> de cobre fino fijado en la pared exterior de la cubierta de vidrio.
- Condensador: debe tener capacidad suficiente para condensar esencialmente todos los vapores C<sub>4</sub> y C<sub>5</sub> del crudo a la velocidad especificada, utilizando una temperatura de refrigerante de -20 °C.
- Dos trampas a base de hielo seco y mezcla de alcohol.
- Medidor de gas

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Colector de fracciones: esta parte del aparato permite la recolección del destilado sin interrupción durante la extracción del producto del receptor a presión atmosférica o reducida.
- Receptores del producto: Los receptores deben tener el tamaño adecuado para la cantidad de petróleo crudo que se destila. La capacidad recomendada es de 100 mL a 500 mL.

Y para determinar a presión reducida se le adicionan los siguientes instrumentos.

- Bomba de vacío, con capacidad de reducir la presión en el receptor o receptores de la atmósfera a 0,25 kPa (2 mm Hg) en menos de 30 seg para evitar perturbaciones del sistema durante el vaciado de los receptores al vacío.
- Vacuómetro
- Regulador de presión, puede ser un dispositivo satisfactorio. Es una válvula solenoide colocada entre la fuente de vacío y un tanque de compensación de al menos 10 L de capacidad.
- Termómetro de resistencia de platino o un termopar tipo J. Con la medición de temperatura del vapor, tendrá una precisión de 0,5 °C o superior y se medirá con una resolución de 0,1 °C o superior. Y en líquidos, una precisión de 1,0 °C o superior y medirse con una resolución de 0,5 °C o superior.
- Manómetro para presión de vacío, de mercurio.

### **D.2 Reactivos y Materiales**

- Helio o nitrógeno como gas portador.
- Disulfuro de Carbono (CS<sub>2</sub>).

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Muestra de hidrocarburo.

### **D.3 Preparación de equipo**

- Limpie y seque la columna de destilación y todos los aparatos auxiliares de vidrio antes de comenzar la destilación.
- Asegúrese de que el sistema esté libre de fugas y que todos los calentadores, dispositivos de control e instrumentos estén encendidos y en buen estado. Contar con un cronómetro para la toma de datos de tiempo.

### **D.4 Muestreo**

- La muestra debe recibirse en un recipiente sellado y no mostrar evidencia de fuga
- Enfríe la muestra entre 0 °C y 5 °C colocándola en un refrigerador durante varias horas (preferiblemente durante la noche) antes de abrirla.
- Si está demasiado viscosa, eleve la temperatura a 5 °C por encima de su punto de fluidez. Y agite para que mantenga consistencia homogénea.

### **D.5 Procedimiento**

- Mida la concentración de ácido esteárico en la mezcla de prueba por un medio conveniente.
- Registre los resultados como % en masa de ácido esteárico.
- Introduzca trozos de vidrio o porcelana en el matraz o utilice un buen agitador para favorecer una ebullición uniforme.
- Añada al matraz 1 L de la mezcla de ensayo para una columna de 25 mm de diámetro interior o 4 L para una columna de 50 mm. Pesar el matraz con una precisión de 1 g
- Fije el matraz a la columna de destilación y al sistema de medición  $\Delta P$
- Hacer circular el agua a temperatura ambiente a través del condensador

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Aplique calor al matraz y lleve a ebullición la mezcla de prueba. Ajuste la velocidad de ebullición a aproximadamente 200 mL /h; cuando se haya establecido la tasa deseada, manténgala presionada durante 30 minutos evidenciando la caída de presión.
- Tome muestras del reflujo y de los líquidos del matraz, tomando muestras de no más de la cantidad necesaria para una determinación, y observe y registre inmediatamente la velocidad de ebullición y la  $\Delta P$ .
- Analice las muestras de reflujo y matraz para determinar la concentración de ácido esteárico en masa % (P).
- Repetir los pasos anteriores en intervalos de 15 minutos hasta que la concentración de ácido esteárico en la muestra del matraz sea estable.
- Aumente la velocidad de ebullición en  $200 \text{ (mL/h)} \times \text{cm}^2$  adicionales y repita.
- Continúe haciendo mediciones como se indicó anteriormente en incrementos de aproximadamente  $200 \text{ (mL/h)} \times \text{cm}^2$  hasta estar cerca de llenar el matraz. Se deben obtener al menos cuatro conjuntos de mediciones, incluyendo uno cercano a la velocidad máxima operable.
- Se realiza el proceso de butanización, iniciando la circulación del refrigerante a una temperatura no superior a  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  en el condensador, el enfriador de destilados y el receptor.
- Registre la presión barométrica al principio y periódicamente a lo largo de la destilación.
- Aplique calor al matraz a una velocidad tal que los vapores alcancen la parte superior de la columna entre 20 min y 50 min después de la puesta en marcha. Ajuste la entrada

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

de calor para lograr una caída de presión de menos de 0,13 kPa /m en el caso de columnas de placa real de menos de 0,065 kPa.

- Deje que la columna funcione a reflujo total hasta que la temperatura del vapor alcance el equilibrio, pero no más de 15 minutos después de que aparezca la primera gota. Registre la temperatura de vapor como la temperatura de vapor inicial.
- Detenga la circulación del refrigerante y observe la temperatura del vapor. Cuando la temperatura del vapor alcance los 15 °C, vuelva a iniciar la circulación del refrigerante.
- Si la temperatura del vapor desciende por debajo de 15 °C, continúe refluendo durante al menos 15 minutos. Pero si la temperatura del vapor se mantiene a 15 °C o aumenta, continúe con la destilación atmosférica.
- Retire y pese las trampas de hielo seco que contienen hidrocarburos ligeros líquidos después de secarlas cuidadosamente.
- Tome muestras del contenido de la primera trampa de hielo seco utilizando un recipiente a presión de 10 mL a 50 mL evacuado a no menos de 26,6 kPa (200 mm Hg). Mantenga todos los recipientes a la temperatura del hielo seco para asegurarse de que no haya pérdida de volátiles.

## Destilación a presión atmosférica:

- Mantenga una temperatura inferior a -20 °C en las líneas del enfriador y el receptor de destilado, así como en el condensador. Encienda el controlador de calor del manto de la columna y mantenga la temperatura de la camisa de la columna de 0 °C a 5 °C por debajo de la temperatura de vapor.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Regule la entrada de calor según sea necesario para establecer y mantener una tasa de ebullición de aproximadamente el 75 % del máximo.
- Comience el despegue con una relación de reflujo de 5:1 y un tiempo de ciclo total no superior a 36 s ni inferior a 24 s.
- Retirar el destilado en fracciones separadas y consecutivas de tamaño adecuado. El tamaño recomendado de fracción es el correspondiente a 5 °C o 10 °C a temperatura de vapor. Recoja las fracciones con un punto de ebullición inferior a 65 °C en recipientes enfriados a 0 °C o menos. Cuando la temperatura del vapor alcanza los 65 °C, se puede descontinuar el refrigerante en el condensador y los enfriadores relacionados y sustituir el agua a temperatura ambiente.
- Al final de cada fracción y en cada punto de corte, registre las siguientes observaciones: tiempo en horas y minutos, volumen en mililitros, temperatura del vapor en °C con una precisión de 0,5 °C, temperatura del líquido en ebullición en °C con una precisión de 1 °C, presión atmosférica en kPa (mm Hg) y caída de presión en la columna en kPa (mm Hg).

## Destilación a presión baja

- Conecte un sistema de control y bombeo de vacío al aparato
- Ponga en marcha la bomba de vacío y ajuste la presión gradualmente hacia abajo hasta el valor de 13,3 kPa (100 mm Hg) o al valor deseado.
- Aplique calor a la caldera y restablezca el reflujo a una velocidad moderada en el divisor de reflujo durante unos 15 minutos para recalentar la columna a la temperatura de funcionamiento.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Vuelva a aplicar calor al matraz de destilación y ajuste la velocidad de calentamiento para mantener una caída de presión constante equivalente a la tasa de ebullición de aproximadamente el 75 % de la tasa máxima para esta presión y comience el despegue sin demora. Manteniendo una temperatura de aislamiento de la columna de 0 °C a 5 °C por debajo de la temperatura de vapor durante toda la operación.
- Al final de cada fracción destilada y en cada punto de corte, registre las siguientes observaciones: Tiempo en horas y minutos, volumen en mililitros, temperatura del líquido hirviendo en °C, caída de presión en la columna en kPa
- Presión medida en la parte superior de la columna en kPa.

### D.6 Cálculos y Reporte de Resultados

- Calcule el % en masa de cada fracción de destilado y el residuo hasta el 0,1 % en masa, utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ masa} = 100(m/M) \quad (D1)$$

Donde:

m = masa de fracción o residuo, g.

M = masa de petróleo crudo seco cargado, g.

- Calcular el volumen de la muestra de petróleo crudo en mililitros a 15 °C, con la siguiente ecuación:

$$V = (M/D) \quad (D2)$$

Donde:

D = densidad de carga a 15 °C, g/mL,

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

M = masa de carga seca, g,

V = volumen de carga, mL.

- Calcular el volumen de cada fracción y del residuo en mililitros a 15 °C.

$$v = m/d \quad (D3)$$

Donde:

d = densidad de la fracción o residuo a 15 °C, g/mL,

m = masa de la fracción o residuo corregida por pérdida, g

v = volumen de la fracción, mL.

- Calcule el % volumétrico de cada fracción de destilado con una precisión del 0,1 % volumétrico utilizando.

$$\text{vol \%} = 100(v/V) \quad (D4)$$

- Calcule el porcentaje de ganancia o pérdida de volumen al 0,1 % de volumen más cercano utilizando.

$$\text{Loss} = 100 - (\sum 100(v/V)) \quad (D5)$$

Se reporta lo siguiente: masa de la muestra seca cargada (g), la densidad de la muestra a 15 °C (g/mL), el volumen de la muestra a 15 °C (mL), la ganancia o pérdida de masa y volumen al 0,1% más próximo, el volumen y el porcentaje de masa de cada fracción, los porcentajes acumulados de volumen y masa, y la masa de agua si la hubiere. El gas, la nafta debutanizada y las fracciones sucesivas se enumeran en orden ascendente de punto de ebullición, con el residuo registrado en último lugar. Realice gráficos de la temperatura en grados Celsius AET como la ordenada (eje y) frente al porcentaje de masa y volumen destilado como la abscisa (eje x). Estas son las curvas finales de destilación TBP.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**D.7 Precisión**

La precisión de este método de prueba, determinada por el examen estadístico de los resultados de pruebas entre laboratorios obtenidos de ocho laboratorios en cinco muestras de petróleo crudo con una gravedad que oscila entre 20° y 41° API. El conjunto de muestras contenía crudos con alto y bajo contenido de azufre, alto y bajo contenido de ácido nafténico y tipos asfálticos.

- Repetibilidad

	%masa	Grados de libertad
Presión atmosférica	0.6	19
13.33 kPa Presión de vacío	0.9	19
1.33 kPa Presión de vacío	0.9	19

- Reproducibilidad

	%masa	Grados de libertad
Presión atmosférica	1.3	16
13.33 kPa Presión de vacío	1.5	25
1.33 kPa Presión de vacío	2	15

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**Apéndice E. Destilación de productos derivados del petróleo y combustibles líquidos a presión atmosférica (método de microdestilación) ASMT D7345****E.1 Instrumentos y equipos**

- Los componentes básicos de la unidad de microdestilación son: el matraz de destilación, una zona de recuperación de condensado con vaso de precipitados, un recinto para el matraz de destilación con la fuente de calor y el soporte del matraz, el dispositivo de medición de la temperatura del líquido de la muestra, el dispositivo de medición de la temperatura del vapor de la muestra, el dispositivo de medición de la presión interna del matraz de destilación, el dispositivo de medición de la presión ambiente, los sistemas de control para regular el proceso de destilación y el sistema de procesamiento de datos para convertir la información registrada en un formulario de informe.
- Barómetro para calibración
- Jeringa de vidrio o plástico de 10 mL  $\pm$  0.3 mL con capacidad del dispensador de volumen constante de 10 mL  $\pm$  0.3 mL.
- Vaso de precipitados de residuos, de vidrio, aproximadamente 200 ml. Con un diámetro exterior de aproximadamente 70 mm y altura de aproximadamente 130 mm, equipado con una cubierta para reducir la evaporación.

**E.2 Reactivos y Materiales**

- Nafta de petróleo y acetona para la limpieza y secado del matraz de ensayo.
- Tolueno, 99,5 % de pureza.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- n-hexadecano, 99 % de pureza.
- Piedras pómez de grado fino limpias y secas de diámetro 0.8 mm a 3.0 mm, se necesitan aproximadamente 10 granos para cada prueba.
- Sulfato de sodio, como agente secante de muestra.

### **E.3 Muestreo, almacenamiento y acondicionamiento de muestras**

#### **Muestreo**

- Se debe tener extrema sensibilidad de las mediciones de la volatilidad a las pérdidas por evaporación y a los cambios resultantes en la composición, tal que requiere la máxima precaución en la extracción y manipulación de muestras de productos volátiles.
- Obtener una muestra al menos de 50 ml.
- La muestra deberá estar libre de sólidos en suspensión u otras contaminaciones insolubles.

#### **Almacenamiento**

- Todas las muestras se almacenarán en un recipiente herméticamente cerrado y sin fugas, lejos de la luz solar directa o de fuentes de calor directo.
- Proteger las muestras que contengan materiales ligeros con un punto de ebullición inicial previsto inferior a 100 °C de las temperaturas excesivas antes de los ensayos. Refrigerador a una temperatura inferior a 10 °C.
- Si la muestra se ha solidificado parcial o completamente durante el almacenamiento, se calentará cuidadosamente hasta una temperatura en la que esté completamente fluida. Se agitará enérgicamente después de fundir, antes de abrir el recipiente de muestras, para garantizar la homogeneidad.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### E.4 Preparación de equipo

- Instale el analizador para que funcione de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- El equipo de destilación debe estar ubicado lejos de la luz solar directa, fuentes de calor directo o corrientes de aire.

### E.5 Procedimiento

- Si la muestra su punto de ebullición es 100°C o menor, se lleve la temperatura de la muestra y del recipiente a una temperatura de al menos 10 °C por debajo del punto de ebullición inicial esperado del material antes de abrir el recipiente de muestra.
- Pero si es mayor, lleve la muestra y su recipiente a temperatura ambiente. Si la muestra se ha solidificado parcial o completamente durante el almacenamiento, caliente hasta que esté fluida y mezcle agitando suavemente.
- Asegúrese de que se haya permitido que el cabezal de medición de destilación del aparato automático alcance la temperatura ambiente y de que se haya eliminado cualquier condensado residual. Compruebe que el matraz de destilación esté limpio y seco.
- Coloque al menos 10 granos de piedras pómez granulares limpias y secas en el matraz de destilación.
- Mida 10 mL  $\pm$  porción de prueba de 0.3 mL utilizando la jeringa. Cuando la muestra sea biodiésel (B100), mida 5 mL  $\pm$  porción de prueba de 0,3 mL. Compruebe la presencia de burbujas y, si las hay, deseche la porción de prueba y vuelva a llenarla con material libre de burbujas. Transfiera la porción de prueba sin burbujas al matraz de

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

destilación preparado, teniendo cuidado de que nada del líquido fluya hacia el tubo de vapor.

- Coloque el cabezal de medición de destilación en su posición en el matraz de destilación de forma segura de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- Coloque el matraz de destilación en el recinto de calentamiento e inserte el brazo lateral del matraz de destilación en el sellado del tubo del condensador al mismo tiempo que coloca el soporte del cabezal de medición.
- Coloque la fuente de calentamiento/soporte del matraz alrededor de la sección inferior del matraz de destilación.
- Cierre la carcasa calefactora colocando el escudo de protección en su posición; compruebe que hay un vaso de precipitados de recogida de residuos situado debajo del extremo inferior saliente del tubo del condensador.
- En este punto hasta la terminación de la medición, el aparato controla automáticamente todas las operaciones. El instrumento aplica calor a la muestra y regula automáticamente la potencia de calentamiento durante la destilación; utilizando los datos de temperatura del líquido de la muestra, el equipo toma los valores necesarios de la prueba y los registra. Los datos de prueba recopilados se procesan automáticamente y se informan en la pantalla y se imprimen al final de la ejecución de la prueba.
- Registre los datos de prueba.
- Deje enfriar el matraz de destilación y retírelo del aparato.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

**E.6 Reporte de Resultados**

El informe contiene el IBP, el FBP, el 5 %, el 95 % y cada incremento del 10 % del 10 % al 90 %, así como el porcentaje de recuperación y el porcentaje de residuos. Estos datos los ofrece el equipo. Además, porcentajes volumétricos al 0.1 % (V/V), Informe todas las lecturas de temperatura con una precisión de 0,1 °C, indique si se utilizó un agente secante, una referencia a esta norma, el resultado de la prueba, si se presentó cualquier desviación, por acuerdo o de otra manera, del procedimiento especificado y por último la fecha de la prueba.

**E.7 Precisión**

La precisión de este método de prueba, determinada por el examen estadístico de los resultados de las pruebas entre laboratorios, es la siguiente:

- Repetibilidad

Grupo 1,2 y 3:

IBP:	r = 3.3 rango válido: 20 °C – 50 °C
E5/E10:	r = 1.1 rango válido: 25 °C – 65 °C
E20:	r = 1.2 rango válido: 40 °C – 70 °C
E30:	r = 1.8 rango válido: 50 °C – 85 °C
E40:	r = 2.7 rango válido: 55 °C – 100 °C
E50:	r = 2.4 rango válido: 60 °C – 120 °C
E60:	r = 2.4 rango válido: 75 °C – 125 °C
E70:	r = 1.8 rango válido: 100 °C – 140 °C
E80:	r = 2.1 rango válido: 115 °C – 160 °C
E90/E95:	r = 2.0 rango válido: 140 °C – 200 °C
FBP:	r = 3.0 rango válido: 140 °C – 260 °C

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

## Grupo 4:

IBP:	$r = 3.9$	rango válido: 145 °C – 195 °C
T5:	$r = T \times 0,01194$	rango válido: 175 °C – 250 °C
T10:	$r = T \times 0,00954$	rango válido: 160 °C – 265 °C
T20:	$r = T \times 0,00932$	rango válido: 180 °C – 275 °C
T30:	$r = T \times 0,00782$	rango válido: 190 °C – 285 °C
T40:	$r = T \times 0,00822$	rango válido: 200 °C – 290 °C
T50:	$r = T \times 0,00614$	rango válido: 170 °C – 295 °C
T60:	$r = T \times 0,00534$	rango válido: 220 °C – 305 °C
T70:	$r = T \times 0,00405$	rango válido: 230 °C – 315 °C
T80:	$r = T \times 0,00441$	rango válido: 240 °C – 325 °C
T90:	$r = T \times 0,0041$	rango válido: 180 °C – 340 °C
T95:	$r = 2.03$	rango válido: 260 °C – 360 °C
FBP:	$r = 3,93$	rango válido: 195 °C – 365 °C

Dónde:

E = temperatura de evaporación al x por ciento dentro del rango válido prescrito (°C)

T = temperatura recuperada al x por ciento dentro del rango válido prescrito (°C)

- Reproducibilidad

## Grupo 1,2 y 3:

IBP:	$R = 5.9$	rango válido: 20 °C – 50 °C
E5/E10:	$R = 2,5$	rango válido: 25 °C – 65 °C
E20:	$R = 2.2$	rango válido: 40 °C – 70 °C
E30:	$R = 2,6$	rango válido: 50 °C – 85 °C
E40:	$R = 3,6$	rango válido: 55 °C – 100 °C
E50:	$R = 4.1$	rango válido: 60 °C – 120 °C

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

E60:	R = 4.5	rango válido: 75 °C – 125 °C
E70:	R = 3,5	rango válido: 100 °C – 140 °C
E80:	R = 3.7	rango válido: 115 °C – 160 °C
E90/E95:	R = 5,8	rango válido: 140 °C – 200 °C
FBP:	R = 5,7	rango válido: 175 °C – 220 °C

## Grupo 4:

IBP:	R = 6.0	rango válido: 145 °C – 195 °C
T5:	$R = T \times 0,0172$	rango válido: 175 °C – 250 °C
T10:	$R = T \times 0,0177$	rango válido: 160 °C – 265 °C
T20:	$R = T \times 0,0117$	rango válido: 180 °C – 275 °C
T30:	$R = T \times 0,0122$	rango válido: 190 °C – 285 °C
T40:	$R = T \times 0,0122$	rango válido: 200 °C – 290 °C
T50:	$R = T \times 0,0103$	rango válido: 170 °C – 295 °C
T60:	$R = T \times 0,0092$	rango válido: 220 °C – 305 °C
T70:	$R = T \times 0,0084$	rango válido: 230 °C – 315 °C
T80:	$R = T \times 0,0084$	rango válido: 240 °C – 325 °C
T90:	$R = T \times 0,0081$	rango válido: 180 °C – 340 °C
T95:	R = 3,23	rango válido: 260 °C – 360 °C
FBP:	R = 7,7	rango válido: 195 °C – 365 °C

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **Apéndice F. Guía Del Estudiante en el Laboratorio Para La Determinación De Las Curvas De Destilación De Productos De Petróleo Implementado Un Método De Prueba Estandarizado ASTM D86**

#### **F.1 Importancia y Uso**

Este método es utilizado para la destilación de productos de petróleo y combustibles líquidos a presión atmosférica, en el cual se logra determinar la volatilidad de los productos petrolíferos, un factor que influye directamente en la seguridad y el rendimiento, especialmente en combustibles. El rango de ebullición proporciona información sobre su composición y comportamiento durante el almacenamiento y uso.

Además, este método es apto para realizar un control de calidad, asegurando que los productos de petróleo cumplan con las especificaciones necesarias, garantizando su calidad antes de su comercialización y uso.

#### **F.2 Objetivo**

Determinar las propiedades de productos de petróleo mediante un proceso de destilación a presión atmosférica usando las curvas de destilación por el método ASTM D86.

#### **F.3 Equipos, Elementos y Reactivos**

- Equipo de destilación con sus componentes.
- Matraz de destilación de 125 ml.
- Probeta de 100 ml con graduaciones con tapón.
- Termómetros ASTM 7C/IP 5C y ASTM 8C/IP 6C.
- Muestra a analizar (gasolina, nafta, diésel...).

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

- Agua
- Tolueno
- Hexadecano

### **F.4 Preparación**

- Identifique la muestra.
- Se necesita 100ml de la muestra.

### **F.5 Procedimiento**

Paso 1: Registre la presión barométrica del área.

Paso 2: Asegúrese de que la muestra esté acondicionada. Coloque firmemente en el cuello del recipiente de muestra un termómetro de rango bajo equipado con corcho o tapón de caucho de silicona o material polimérico equivalente, para que se mantenga centrado el termómetro.

Paso 3: Si pertenecen al grupo 1,2,3 y 4, deben mantener las condiciones mencionadas anteriormente. Vierta la muestra hasta la marca de 100 ml del cilindro receptor y transfiera el contenido del cilindro receptor de la manera más sencilla al matraz de destilación, asegurándose de que nada del líquido fluya hacia el tubo de vapor. Si las muestras que pertenecen al grupo 3 y 4 no es fluida a temperatura ambiente, debe calentarse a una temperatura de 9 °C a 21 °C por encima de su punto de fluidez antes del análisis. Si la muestra se ha solidificado parcial o completamente durante el almacenamiento, se agitará enérgicamente después de fundirla antes de abrir el recipiente de la muestra para garantizar la homogeneidad.

Paso 4: Ubique el termómetro en el matraz, colocándolo entre 25 mm y 50 mm por debajo del tubo condensador del matraz sin tocar la muestra.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Paso 5: Se inicia la destilación. Para reducir la pérdida por evaporación del destilado, cubra el cilindro receptor con un trozo de papel, o material similar, que se haya cortado para que quepa bien en el tubo del condensador. Si se está utilizando un deflector receptor, inicie la destilación con la punta del deflector tocando la pared del cilindro receptor. Si no se utiliza un deflector receptor, mantenga la punta de goteo del condensador alejada de la pared del cilindro receptor. Anote la hora de inicio. Observe y registre el IBP con una precisión de 0.5 °C (1.0 °F).

Paso 6: Regule la temperatura del calentador de modo que el intervalo de tiempo entre la primera aplicación de calor y el IBP sea de 5 a 10 minutos para los del grupo 1-3 y para el grupo 4 variar entre 5 y 15 min.

Paso 7: Regule el calentamiento de modo que el tiempo desde IBP hasta el 5 % recuperado sea de 60-100 seg.

Paso 8: Continúe regulando el calentamiento de modo que la tasa media uniforme de condensación desde el 5 % recuperado hasta 5 mL de residuo en el matraz sea de 4 a 5 mL por minuto. Sin embargo, algunas pruebas de destilación pueden tener una o más tasas de condensación a corto plazo que se desvían de 4 mL/min a 5 mL/min. Por lo general, estas desviaciones a corto plazo no deben ocurrir para más del diez por ciento de volumen contiguo. La precisión de las lecturas de temperatura se verá significativamente afectada durante estos períodos. Cuando la tasa media global calculada de condensación entre el 5 % recuperado y 5 mL de residuo se encuentra dentro de la tasa prescrita.

Paso 9: Continúa registrando las temperaturas correspondientes a los volúmenes recolectados del destilado en incrementos del 10%, 20%, 30%, y así sucesivamente, hasta el 90% y 95% del volumen total. Teniendo en cuenta el IBP y el EP.

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Paso 10: Cuando se haya recolectado 100 ml de destilado, registre la temperatura final. Este dato es crucial para completar el perfil de destilación del producto.

Paso 11: Apaga el sistema de calefacción para que el equipo se enfríe. Mide y registra el volumen del residuo que queda en el balón de destilación.

### F.6 Cálculos y reporte

Y para la corrección de temperatura a presión atmosférica se utiliza la ecuación de Sydney Young, como se indica a continuación:

Para temperaturas en Celsius (°C)

$$C_c = 0,0009 * (101,3 - P_k) * (273 + t_c) \quad (F1)$$

Donde:

$t_c$  = Temperatura observada en °C

$C_c$  = Corrección de temperatura.

$P_k$  = Presión barométrica en el momento, medida en Kpa.

Ya al corregir las temperaturas a presión atmosférica se determinan las pérdidas corregidas  $L_c$  con las siguientes ecuaciones.

$$L_c = 0,5 * \frac{(L-0,5)}{\left\{1 + \frac{(101,3 + P_k)}{8}\right\}} \quad (F2)$$

Donde:

$L$  = Pérdida observada

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

$L_c$  = Pérdida corregida

$P_k$  = Presión en Kpa

Al calcular las pérdidas corregidas a presión atmosférica se logra determinar el porcentaje de recobro corregido de la muestra en interés con la siguiente ecuación.

$$R_c = R + (L - L_c) \quad (F3)$$

Donde:

$R$  = Porcentaje de recobro

$R_c$  = Porcentaje de recobro corregido

Cuando se desea determinar el porcentaje de evaporización a dicha temperatura, sume el porcentaje de pérdida a cada uno de los porcentajes observados recuperados en las lecturas de temperatura prescritas.

$$P_e = P_r + L \quad (F4)$$

Para el reporte de resultados de la prueba de destilación utilizando el método estandarizado de la norma ASTM D86, se informa el procedimiento utilizado, método, presión barométrica y se reportan todas las lecturas volumétricas en porcentajes. Con base en lo anterior, se llena la siguiente guía tomada de la norma ASTM D86 y se forma la curva de destilación, donde se expresan comúnmente como porcentaje evaporado o porcentaje recuperado versus la temperatura correspondiente.

### Porcentaje Recuperado

Fecha

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

Hora


Operador

Temperatura ambiente (°C)	
Presión atmosférica (Kpa)	
Temperatura del condensador	
Temperatura del baño alrededor del cilindro receptor	

Porcentaje recuperado	Lectura de temperatura corregida (°C)	Tiempo o mL/min
IBP		
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		
70		
75		
80		
85		
90		
5 ml residuo		
95		
FBP		

Porcentaje de recuperación	
Porcentaje de residuo	
Porcentaje de recuperación total	
Pérdida porcentual	
Porcentaje corregido de recuperación	

## ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD IMPLEMENTANDO LA NORMA ASTM D86

### **Recomendaciones generales**

Todas las muestras se almacenarán lejos de la luz solar directa o de fuentes de calor directo. Las muestras no deben contener agua para evitar éxito en la prueba. Al utilizar o manejar reactivos siempre use el equipo de protección personal adecuado, incluyendo guantes, gafas de seguridad y bata de laboratorio.

Supervise continuamente el proceso de destilación para prevenir cualquier riesgo de sobrecalentamiento o accidente que afecte al personal. Asegúrese de que el área de trabajo esté bien ventilada para evitar la acumulación de vapores inflamables.