

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN PETROQUÍMICA**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE ASFALTOS MODIFICADOS CON ESTIRENO-BUTADIENO-ESTIRENO (SBS) Y POLIETILENO (PE) RECICLADO MEDIANTE DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS PARA SU APLICACIÓN EN LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES**

**AUTOR: MENA PACHECO, WELLINGTON STEVEN**

**TUTOR: LUNA ORTIZ, EDUARDO DAVID, M. SC.**



# CONTENIDO

**INTRODUCCIÓN**

OBJETIVOS

METODOLOGÍA

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



**INTRODUCCIÓN**

**Asfalto - Bitumen**



**Polímeros**



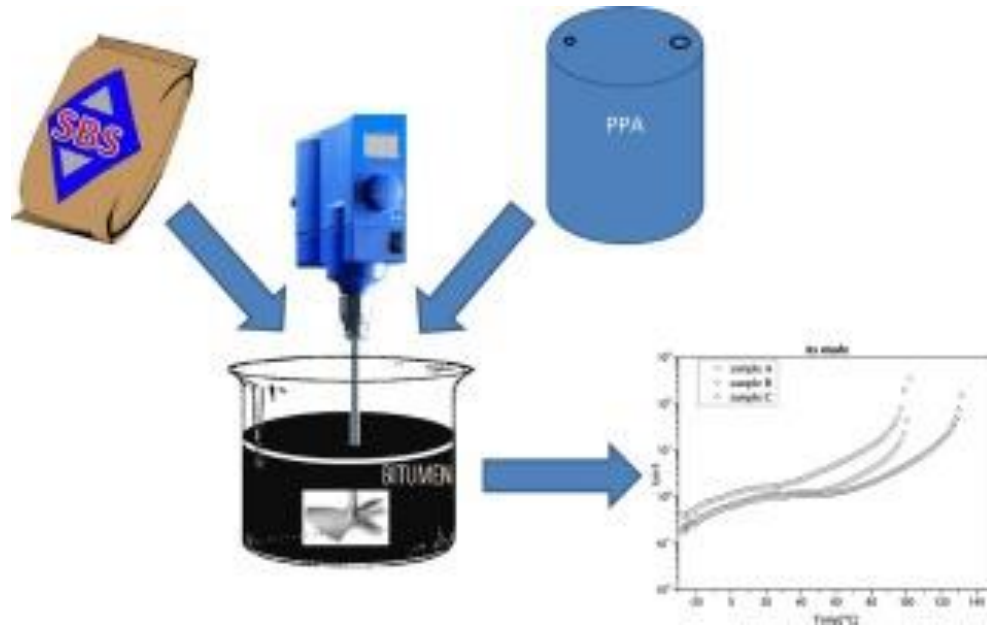
**SBS**



**LDPE - HDPE**

# INTRODUCCIÓN

## Bitumen modificado con polímeros



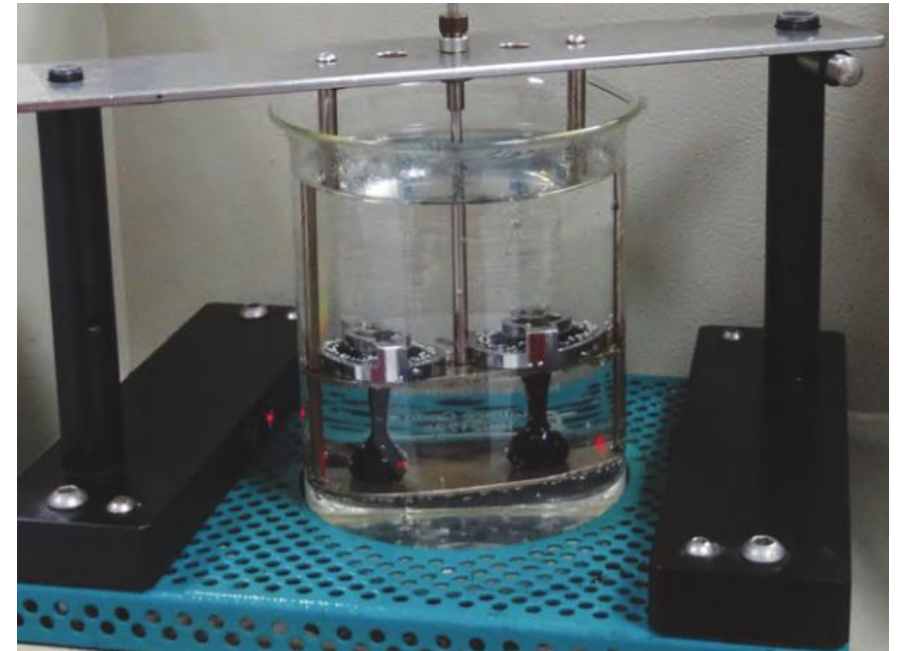
## Láminas impermeabilizantes



## INTRODUCCIÓN

# Propiedades fisicoquímicas

Ensayo	Normativa
Punto de reblandecimiento	ASTM D36/D36M-14 UNE-EN 1427:2015 NTE INEN 920:2013
Penetración	ASTM D5/D5M-20 UNE 104 281-4-2:1986 NTE-INEN-917:2013
Viscosidad dinámica	ASTM D4402/D4402M-15
Punto de inflamación	ASTM D92-18 UNE-EN ISO 2592:2018 INEN 808:2013
Recuperación elástica	IRAM 6830 NLT 239-91



# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

**OBJETIVOS**

METODOLOGÍA

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

- Comparar asfaltos modificados con Estireno-butadieno-estireno (SBS) y Polietileno (PE) reciclado mediante determinación de propiedades físico-químicas para su aplicación en láminas impermeabilizantes.

# OBJETIVOS

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físico-químicas del asfalto proveniente de La Refinería de Esmeraldas mediante ensayos basados en normas nacionales e internacionales.
- Evaluar las condiciones óptimas y la compatibilidad del asfalto proveniente de La Refinería de Esmeraldas con los polímeros (SBS y PE reciclado) que se incorporarán en las mezclas asfálticas.



# OBJETIVOS

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físico-químicas de las mezclas asfálticas modificadas mediante ensayos basados en normas nacionales e internacionales.
- Comparación de las propiedades físico-químicas de las mezclas asfálticas mediante análisis estadístico.

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

**METODOLOGÍA**

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



# METODOLOGÍA

## Caracterización de la materia prima

Asfalto

Polímeros

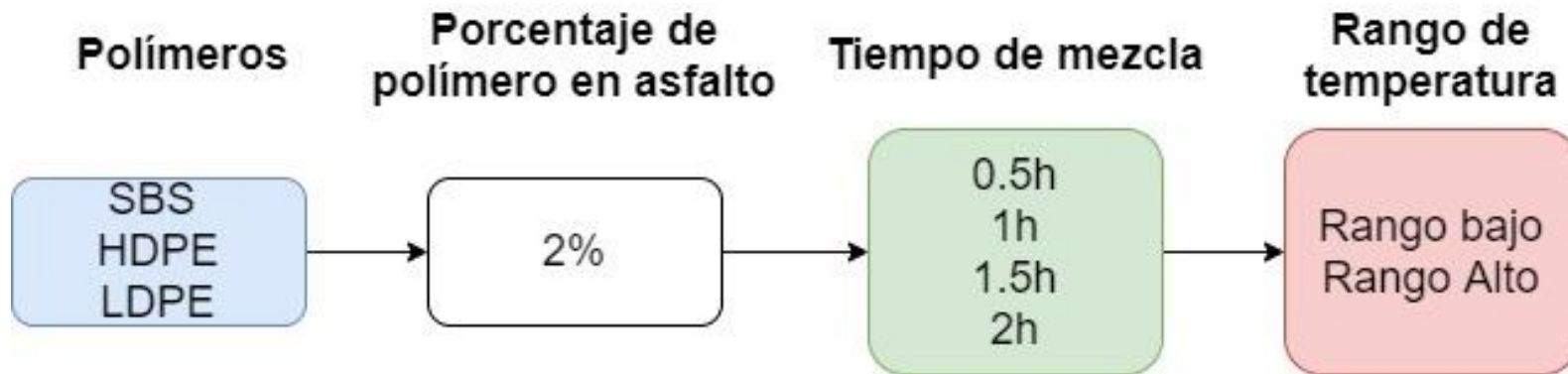


Ensayo	Grado de viscosidad
	AC-20
Viscosidad, 60 °C, Pa.s	200 ±40
Viscosidad, 135 °C, min, mm <sup>2</sup> /s	210
Penetración, 25 °C, 100 g, 5 s, min	40
Punto de inflamación, Copa Cleveland Abierta, min, °C	232



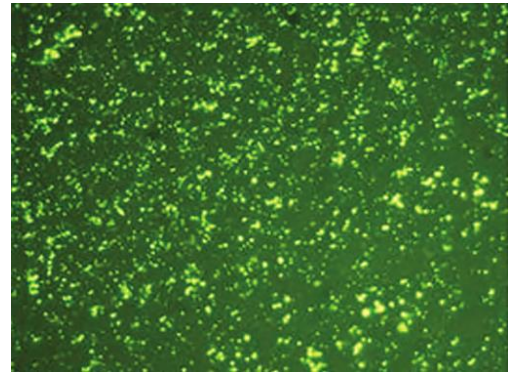
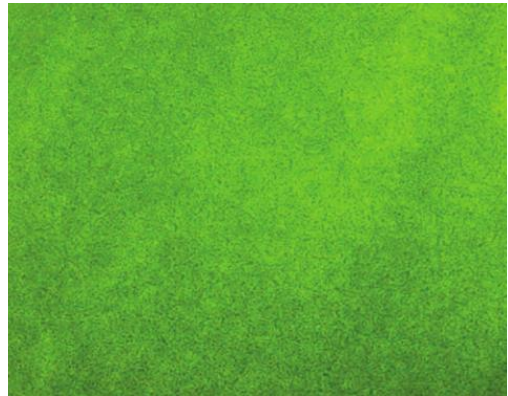
# METODOLOGÍA




## Diseño factorial mixto para determinar la compatibilidad y las condiciones de trabajo óptimas



# METODOLOGÍA

## Determinación de dispersión y compatibilidad

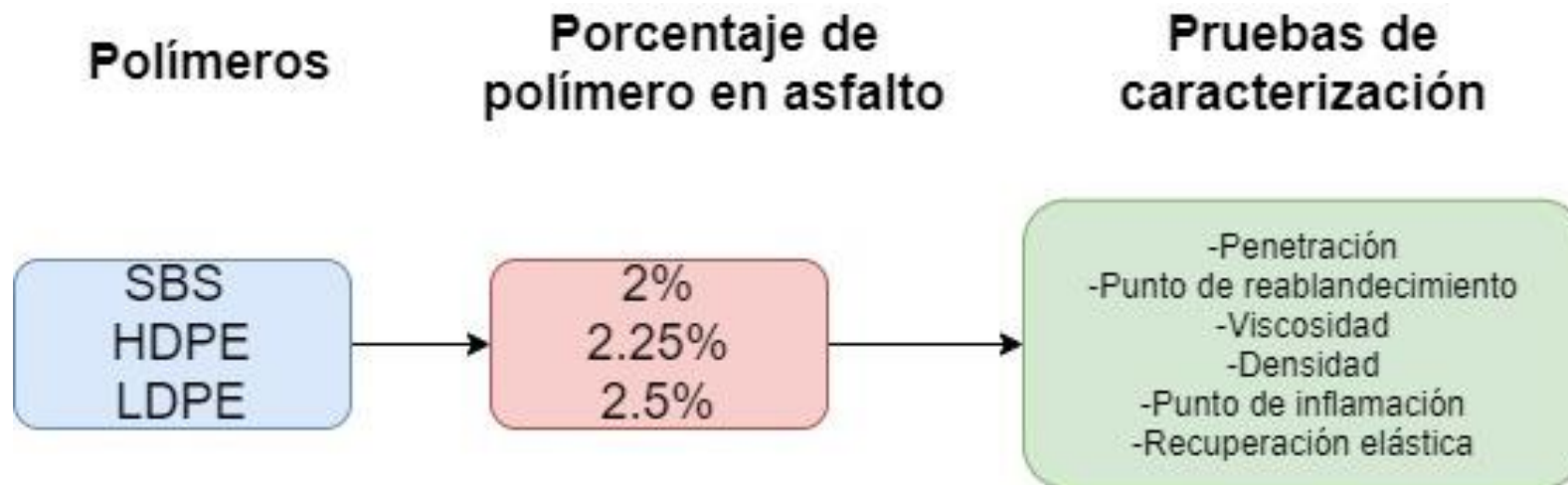


SBS	LDPE	HDPE
		



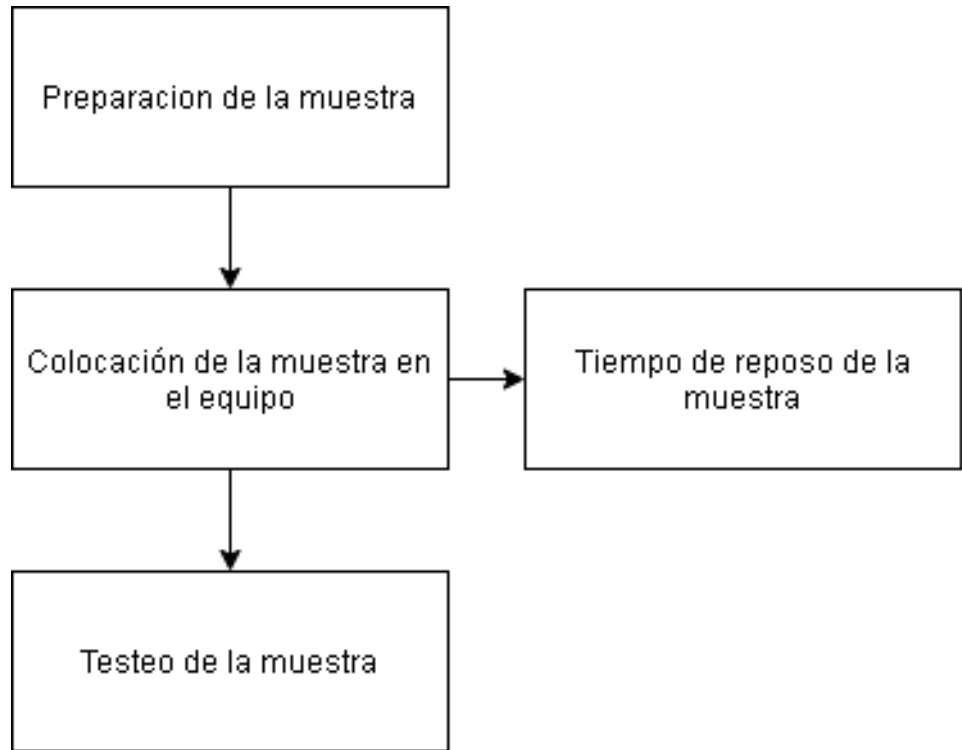
# METODOLOGÍA

## Diseño factorial $3^2$ para analizar las propiedades físico-químicas de las mezclas asfálticas modificadas



# METODOLOGÍA

## Determinación de propiedades fisicoquímicas





# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

METODOLOGÍA

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



# RESULTADOS

## Asfalto inicial

Propiedad	Unidad	Valor promedio
Punto de reblandecimiento	°C	50.6
Penetración	<i>dmm</i>	68
Punto de inflamación	°C	246
Densidad	<i>g/mL</i>	0.99
Recuperación elástica inicial	%	7.7
Recuperación elástica final	%	9.7
Viscosidad@60°C	<i>cP</i>	281700
Viscosidad@90°C	<i>cP</i>	9117
Viscosidad@135°C	<i>cP</i>	42.5

El asfalto proveniente de la Refinería de Esmeraldas tiene valores que lo catalogan según la norma INEN 155:2010 como Asfalto de tipo AC-20.

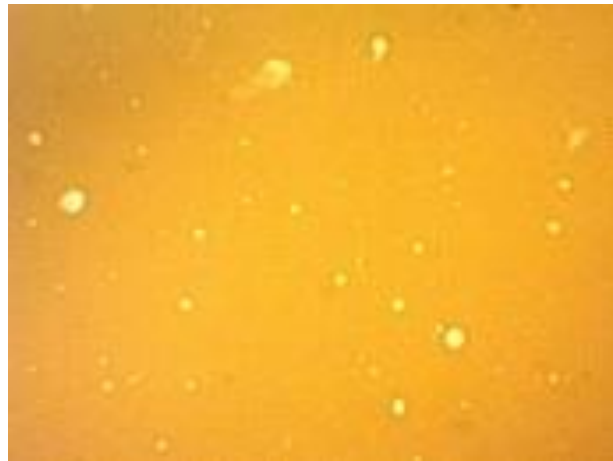
# RESULTADOS

## Determinación de Dispersión y homogenización

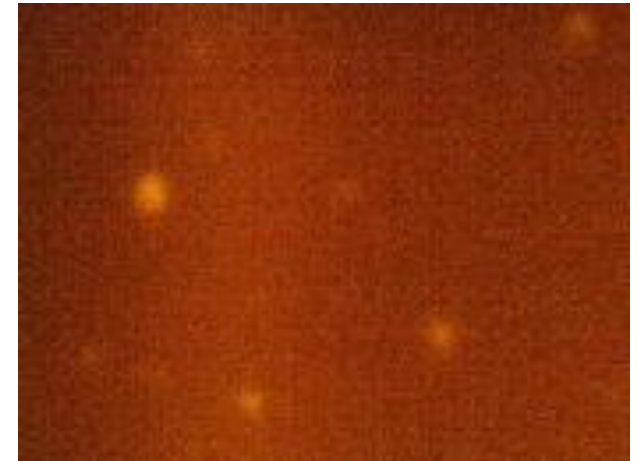
SBS  
2 horas, T=200°C,  
1000 rpm



LDPE  
1.5 horas, T=170°C,  
1000 rpm

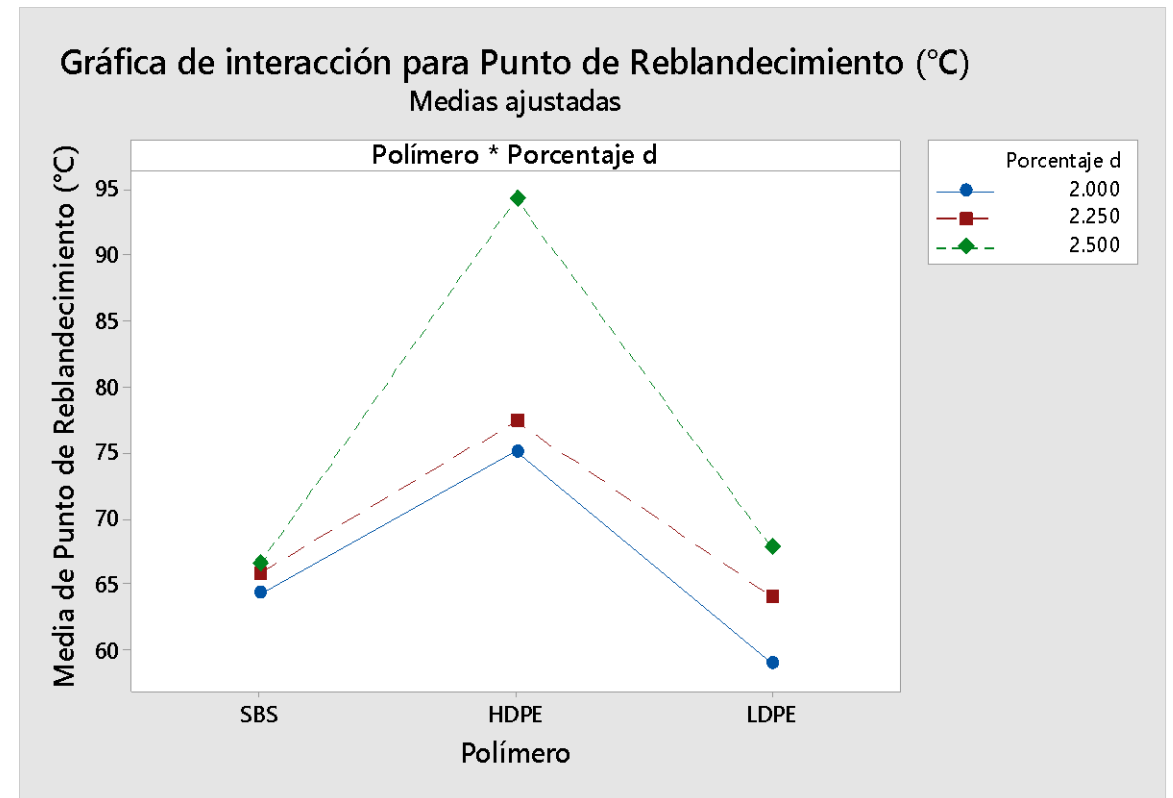
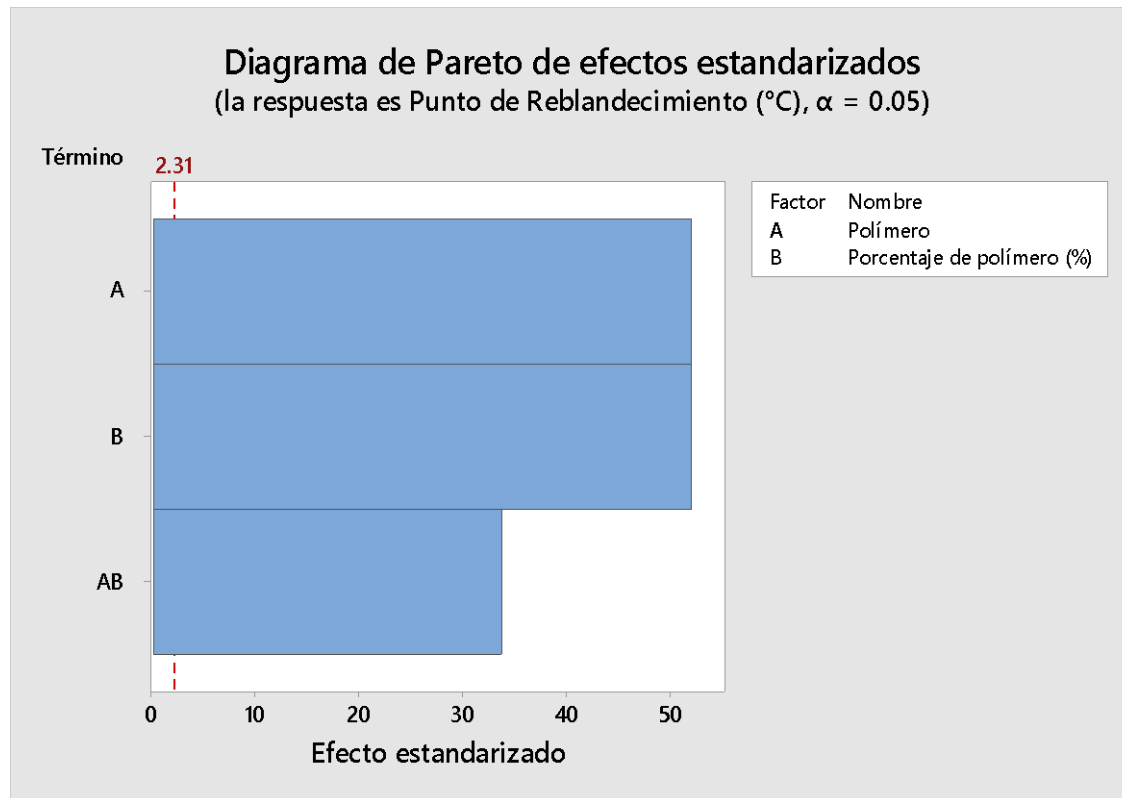


HDPE  
1.5 horas, T=170°C,  
1000 rpm



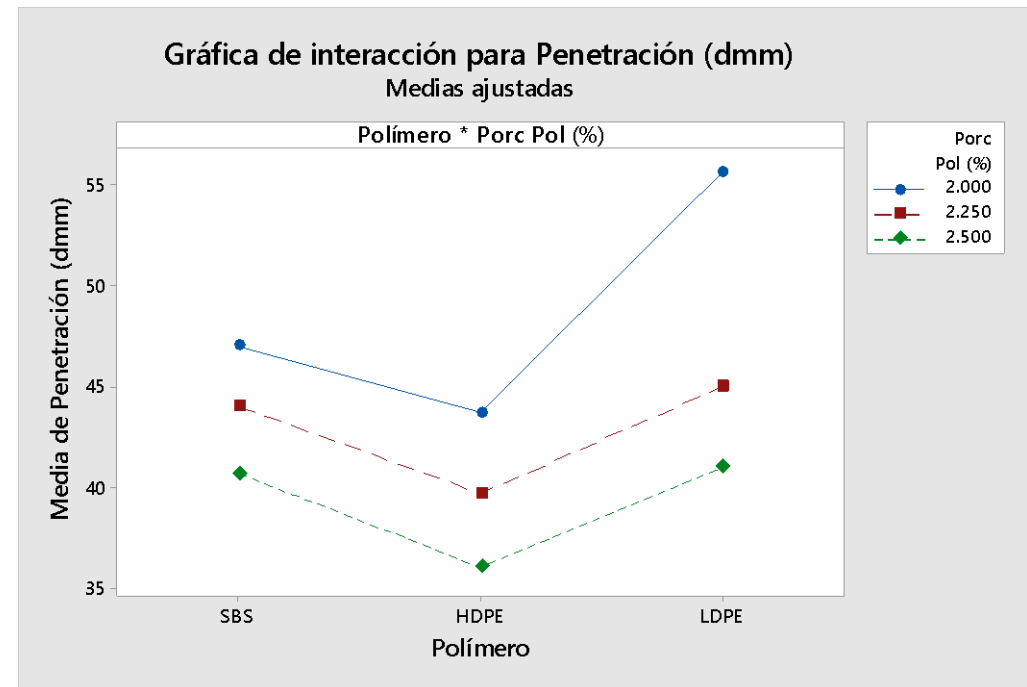
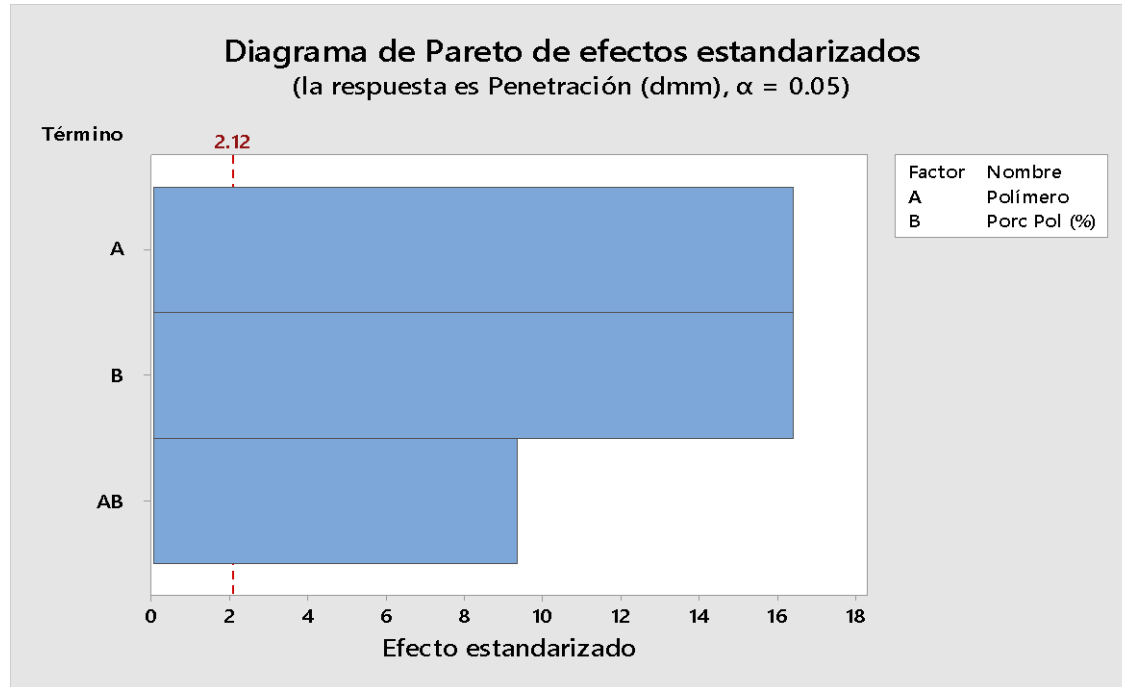
# RESULTADOS

## Punto de reblandecimiento



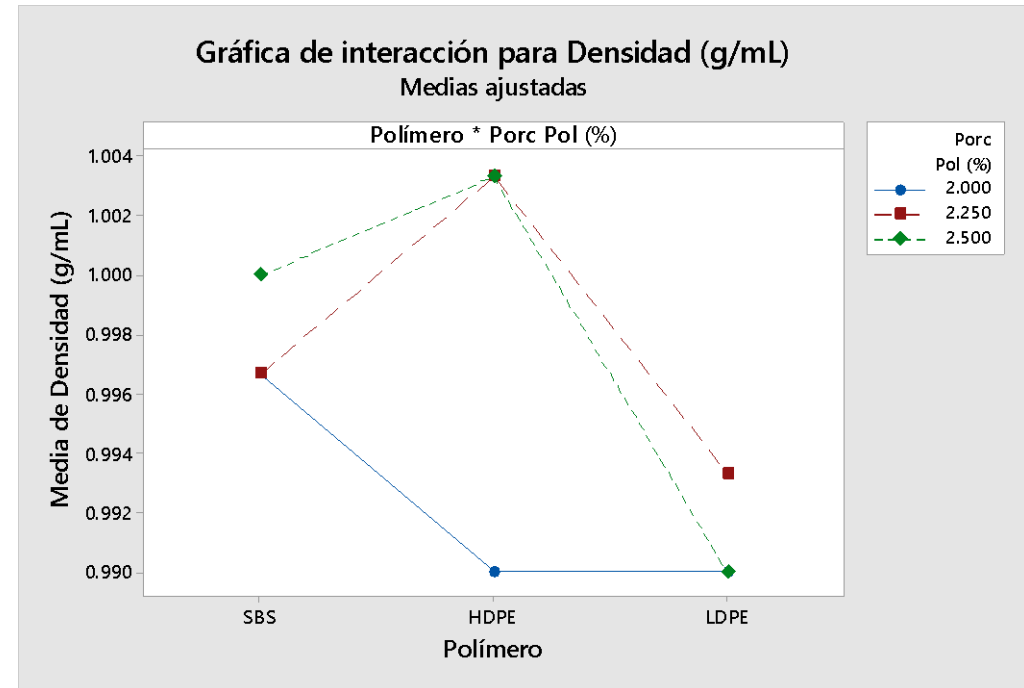
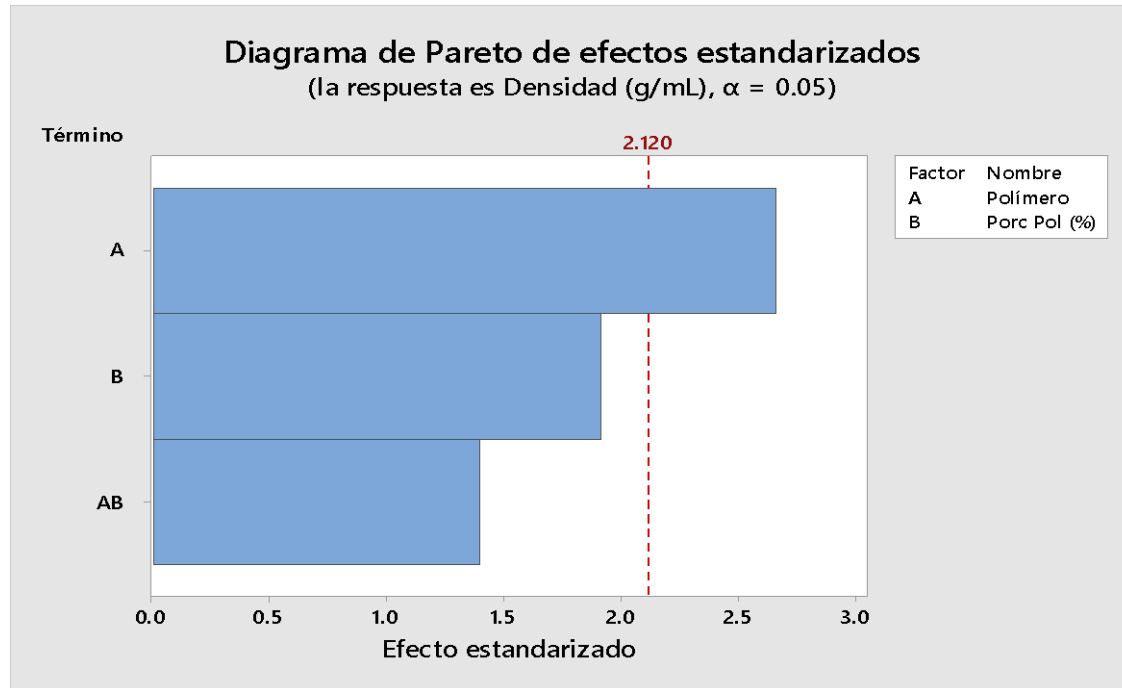
# RESULTADOS

## Penetración



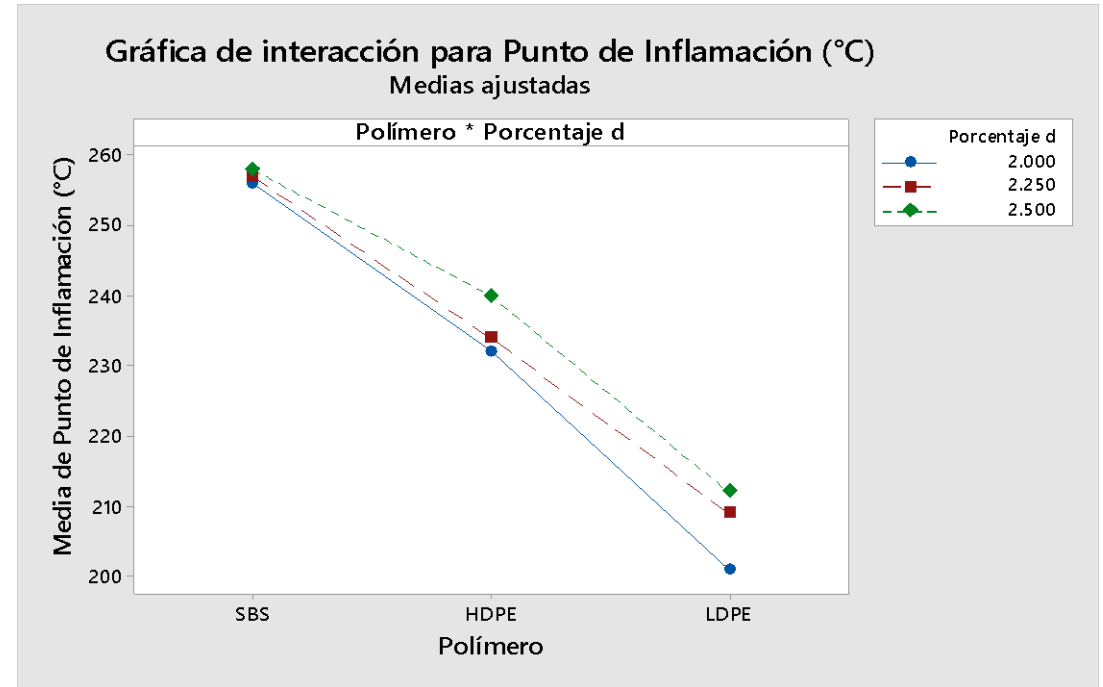
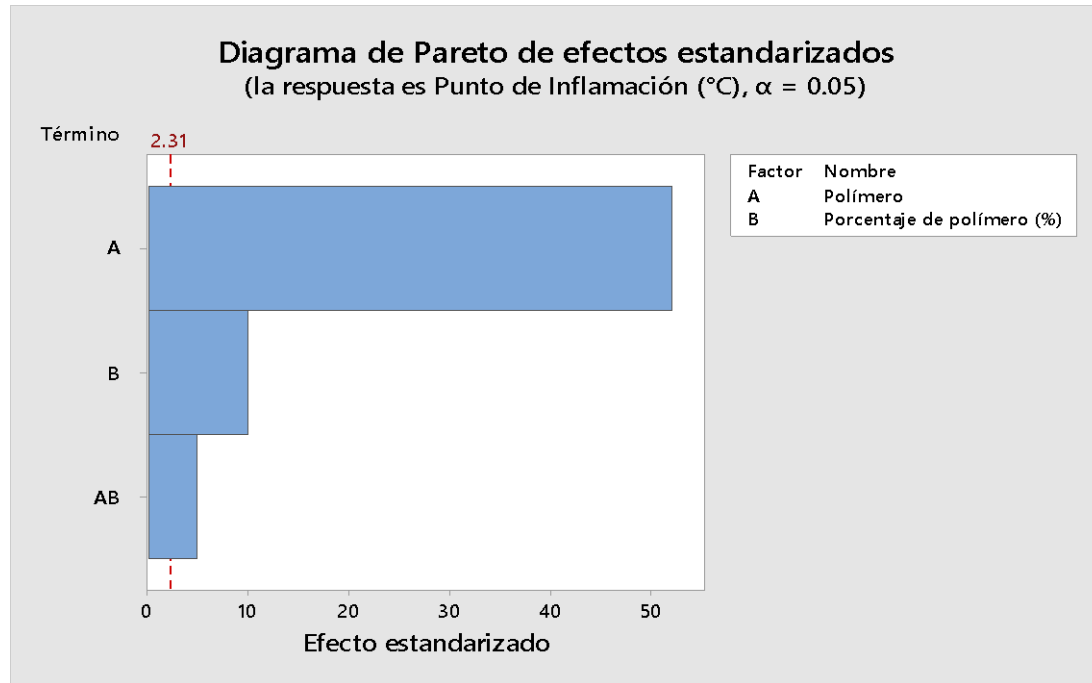
# RESULTADOS

## Densidad



# RESULTADOS

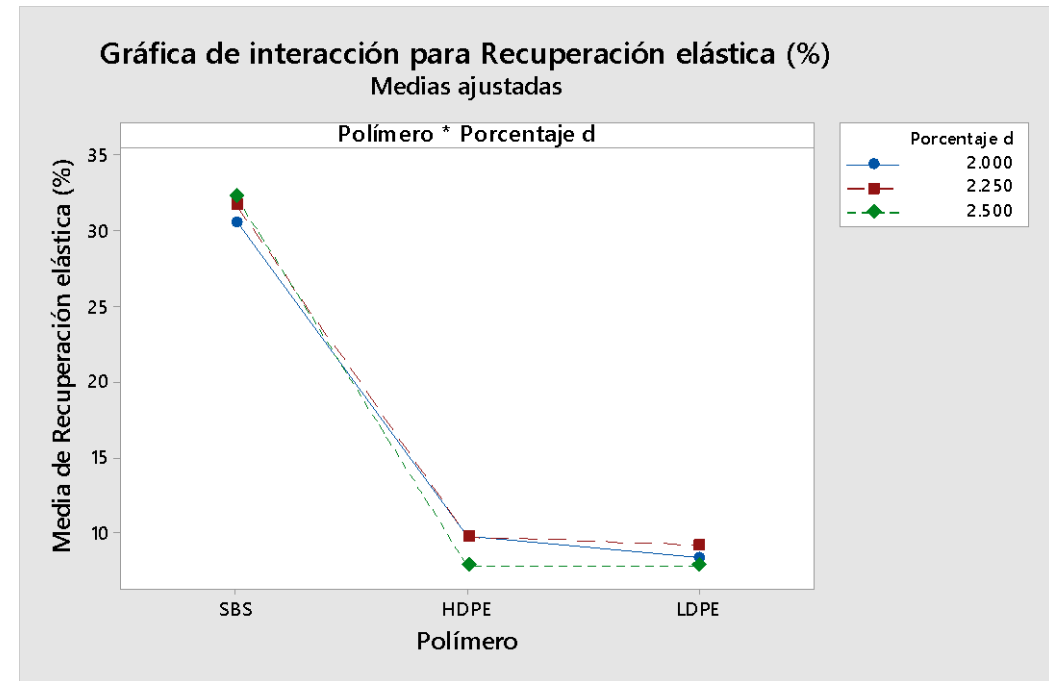
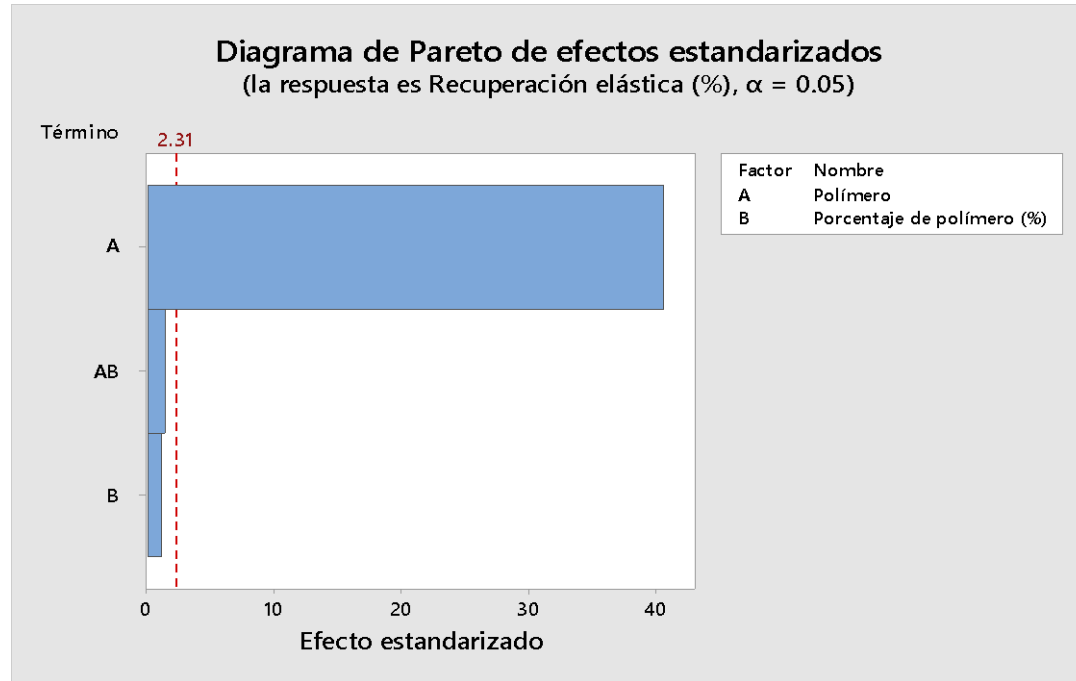
## Punto de inflamación





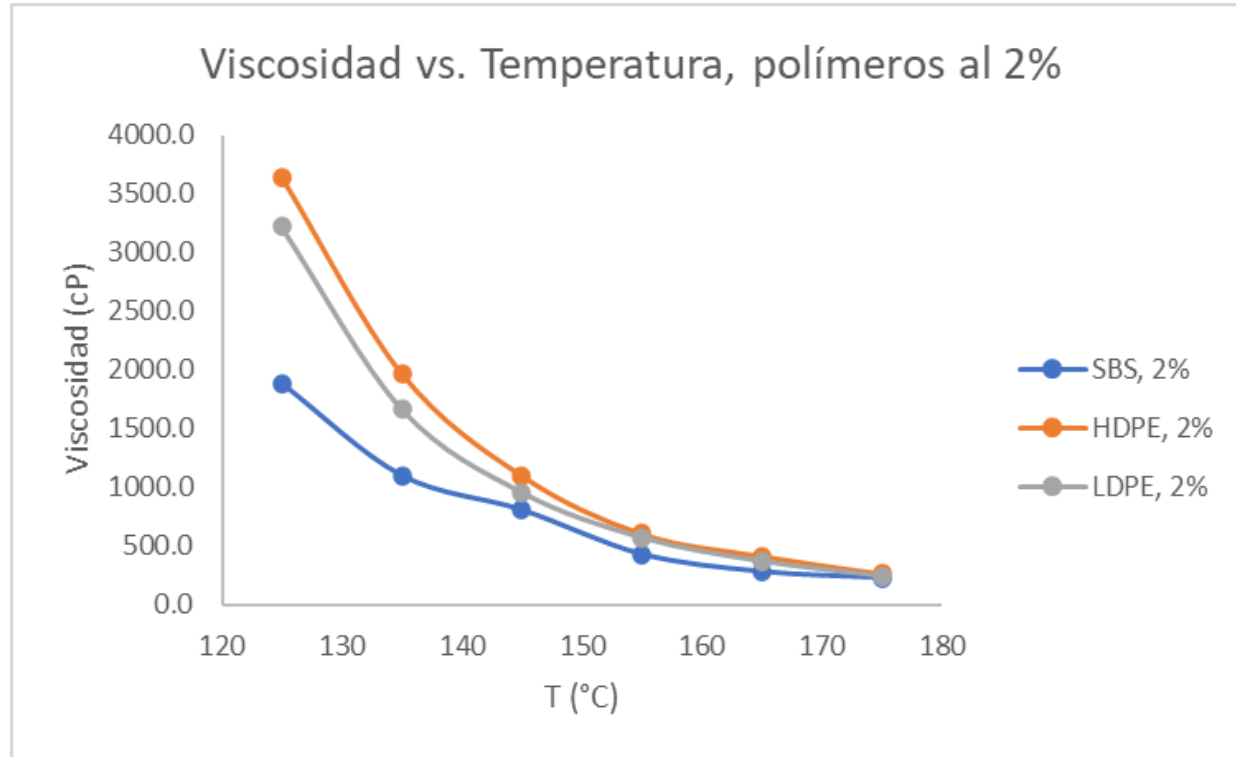
# RESULTADOS

## Recuperación elástica



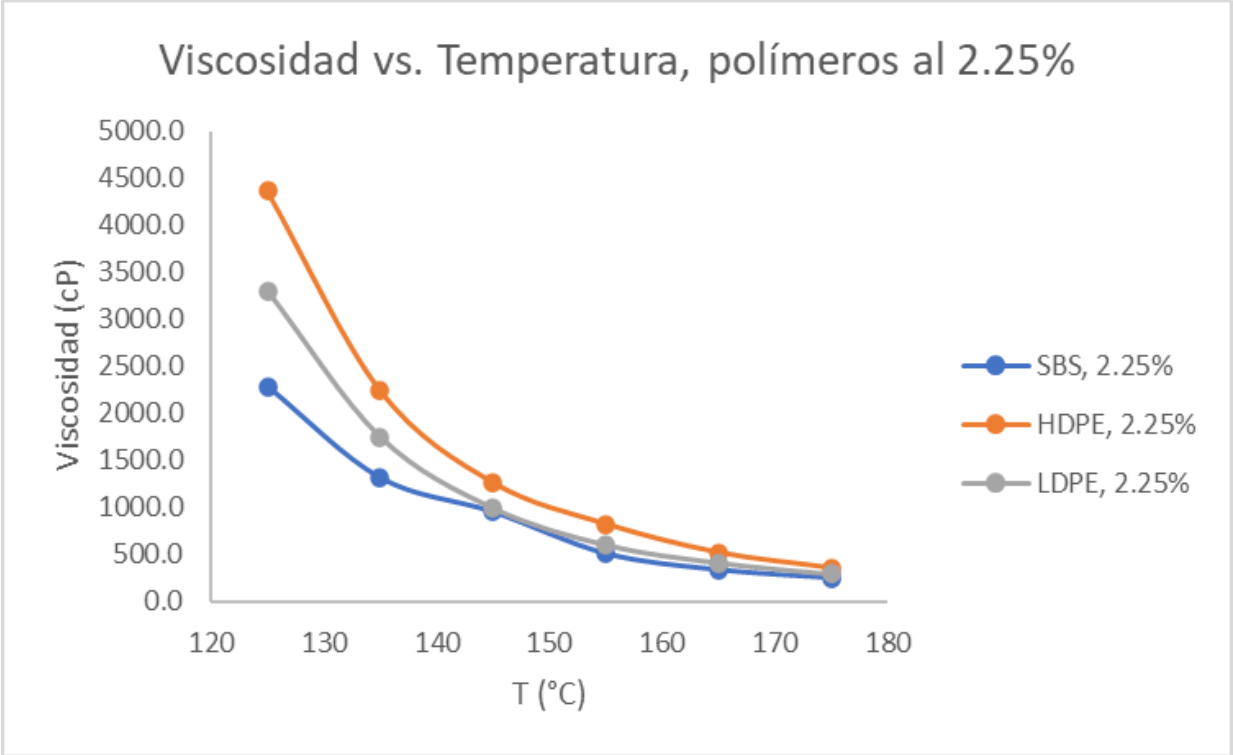
# RESULTADOS

## Viscosidad



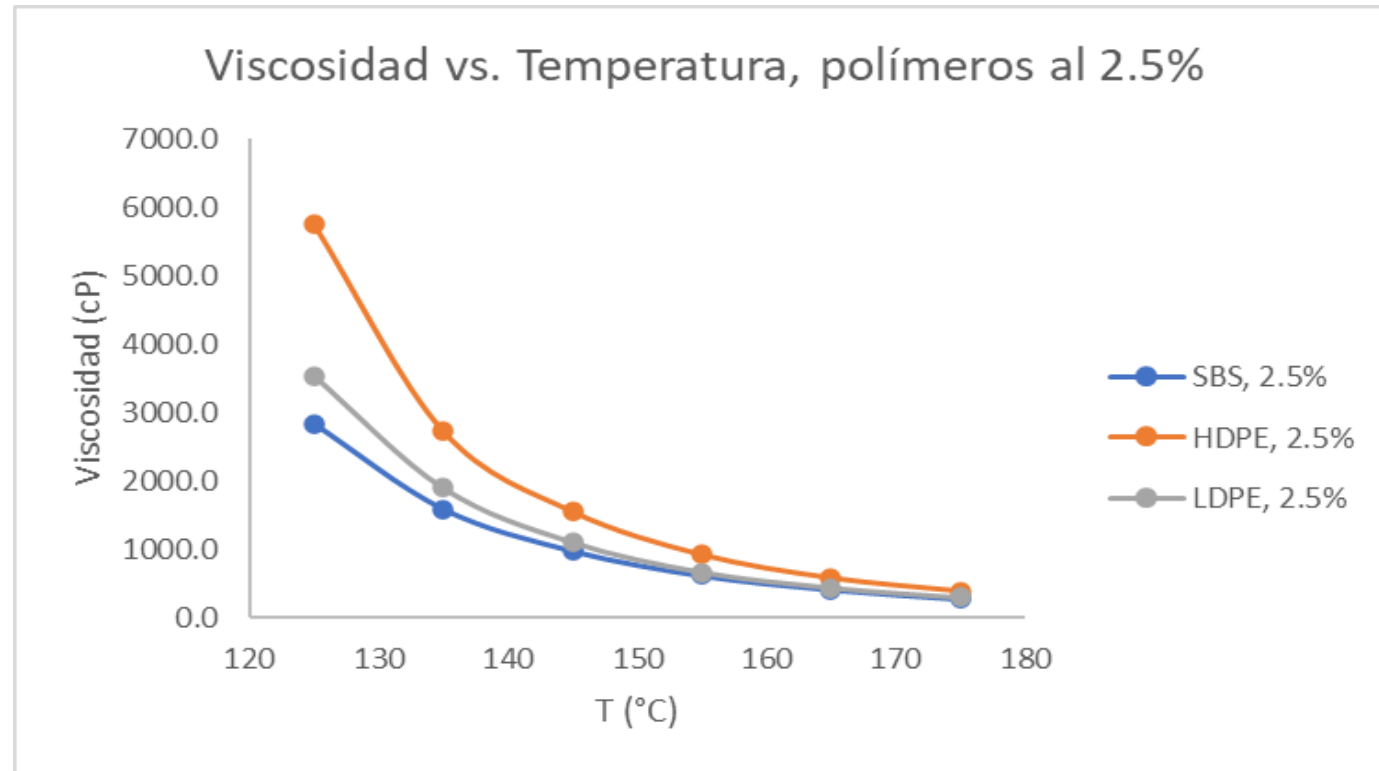
# RESULTADOS

## Viscosidad



# RESULTADOS

## Viscosidad



# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

METODOLOGÍA

ANÁLISIS DE RESULTADOS

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



1922  
ECUADOR

**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

- Se determinó las propiedades fisicoquímicas del asfalto usado como materia prima en esta investigación. Los resultados se encuentran dentro del rango especificado por la norma INEN para su clasificación como asfalto AC-20.
- Las condiciones de operación óptimas se determinaron satisfactoriamente mediante las pruebas de homogeneidad y dispersión. En el caso de las mezclas de asfalto modificado con SBS se estableció el rango de temperatura de  $195 - 205^{\circ}\text{C}$ , agitación de  $1000\text{ rpm}$ , tiempo de mezclado de  $2\text{ horas}$ . En el caso de las mezclas de asfalto modificado con HDPE y LDPE se estableció el rango de temperatura de  $165 - 175^{\circ}\text{C}$ , agitación de  $1000\text{ rpm}$ , tiempo de mezclado de  $1.5\text{ horas}$ .

## CONCLUSIONES

- El tiempo de mezclado de *2 horas* se descartó para el caso de las mezclas de bitumen modificado con polietilenos debido a la poca diferencia en la dispersión de moléculas de polímero al comparar los resultados con el tiempo de mezclado de *1.5 horas*.
- En base a normas ASTM, UNE e INEN se han determinado las propiedades fisicoquímicas de las mezclas de asfalto modificado con polímeros. Para el punto de reblandecimiento, penetración, punto de inflamación y viscosidad el efecto e interacción de las variables son significativas estadísticamente. Mientras que, para la densidad y recuperación elástica solo el tipo de polímero tiene significancia estadística.



## CONCLUSIONES

- El punto de reblandecimiento, el punto de inflamación y la viscosidad es directamente proporcional al porcentaje de polímero usado en la mezcla de asfalto modificado. Mientras que, la penetración es inversamente proporcional al porcentaje de polímero usado en la mezcla de asfalto modificado.
- La comparación entre mezclas de asfalto modificado con SBS y mezclas de asfalto modificado con polietilenos han tenido resultados muy variables en algunas propiedades fisicoquímicas. Además, la propiedad que más diferencia tienen entre ambas mezclas es la elasticidad de las mezclas modificadas con SBS versus la poca penetración y gran viscosidad de las mezclas modificados con polietilenos.

## CONCLUSIONES

- Tanto la adición del SBS como del HDPE y del LDPE mejoran las propiedades fisicoquímicas de punto de reblandecimiento, penetración, y viscosidades iniciales del bitumen proveniente de la Refinería de Esmeraldas.
- Las propiedades fisicoquímicas iniciales del bitumen proveniente de la Refinería de Esmeraldas que no tienen gran cambio con la adición de polímeros modificantes son la densidad, y la recuperación elástica en el caso de los polietilenos.

## RECOMENDACIONES

- Realizar diseños experimentales más rigurosos para una mejor obtención de datos junto con la adición de más condiciones de operaciones y variables.
- Usar contenedores más grandes para la preparación de las mezclas de asfalto modificados con polímeros con el fin de aprovechar el mezclador y su relación con el agitador a nivel planta.
- Añadir pruebas de desempeño mecánico como ruptura por tensión, comportamiento a la cizalla, prueba de adhesividad, etc. Esto mediante la preparación de láminas de las mezclas de asfalto modificado aumentando la base de la mezcla a 1000 gramos.

# GRACIAS