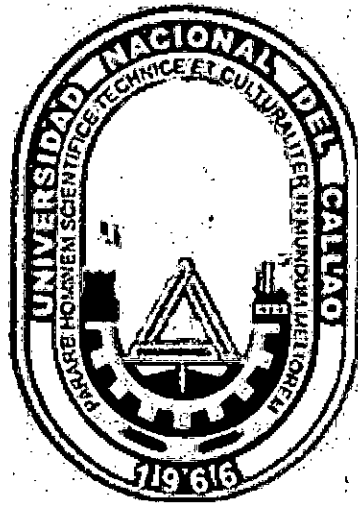


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**"MODELOS REOLOGICOS ASOCIADOS A LA
SANGRE "**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO

MOLINA RODRIGUEZ, EDUARDO DANIEL

ROJAS QUISPE, ROSA MARGARITA

CALLAO, Abril 2018

PERÚ

~~PERÚ~~
Eduardo Daniel Molina Rodríguez

Rosa Margarita Rojas Quispe

PRÓLOGO DEL JURADO

El presente informe fue expuesto por los bachilleres **MOLINA RODRÍGUEZ EDUARDO DANIEL** y **ROJAS QUISPE ROSA MARGARITA** ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes profesores ordinarios:

ING. MEDINA COLLANA JUAN TAUMATURGO:	PRESIDENTE
ING. SUERO IQUIAPAZA POLICARPO AGATON:	SECRETARIO
ING. LUNA CHAVEZ CARMEN MABEL:	VOCAL
ING. CARRASCO VENEGAS LUIS AMERICO:	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas de Tesis N° 2 Folio N° 107 y Acta N° 290 de fecha **NUEVE DE MARZO DE 2018** para la obtención del título profesional de Ingeniero Químico en la modalidad de Titulación por Tesis, de conformidad a lo establecido por el reglamento de Grados y Títulos aprobado por la Resolución N° 082 – 2011 – CU de fecha 29 de abril del 2011, Resolución N° 221 – 2012 – CU de fecha 19 de setiembre 2012.

DEDICATORIA

A Dios, por darnos la oportunidad de vivir, por estar con nosotros en cada paso que damos y por iluminar nuestras mentes. A nuestros padres y a nuestra menor hija que es el motor más grande que nos impulsa a cumplir y alcanzar todo lo que nos proponemos.

A todas aquellas personas que nos apoyaron en nuestro camino para así poder cumplir con nuestra meta; asimismo, a doña Elena Nieto Marón quien desde el cielo debe estar muy orgullosa por este nuevo logro.

“Porque el Señor da la sabiduría;

Conocimiento y ciencia brotan de sus labios.”

Proverbios 2:6

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de nuestro caminar en la vida hemos recibido el apoyo de muchas personas cercanas a nuestro entorno (familiares y amigos), son todas aquellas a las cuales en este momento deseamos agradecer por la ayuda y por las enseñanzas inculcadas en nosotros.

A nuestros padres quienes fueron el pilar que nos sostuvieron desde el principio de nuestras carreras y hasta el momento; estamos muy agradecidos por todas sus palabras, su inconmensurable amor, incansable ayuda y por darnos la vida. A nuestra hermana Lic. Elena Molina Rodríguez quien fue la persona que nunca dejó de creer en nuestra determinación para lograr nuestra meta.

A nuestros profesores Dr. Luis Carrasco Venegas, Mg. Juan Medina Tamaturgo, Mg. Policarpo Suero Iquipaza, Mg. Mabel Luna Chávez por su apoyo en la revisión y asesoría en el desarrollo de esta tesis.

A nuestro incondicional primo Mg. Oswaldo Cauti Soto por habernos apoyado de manera desinteresada a concretar este peldaño de nuestro crecimiento personal, académico y profesional.

INDICE GENERAL

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.1. Identificación del Problema.....	21
1.2. Formulación del Problema	22
1.2.1. Problema general	22
1.2.2. Problemas específicos.....	22
1.3. Objetivos de la investigación.....	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Justificación.....	23
1.5. Importancia.....	23
II. MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes del estudio	25
2.2. Marco conceptual.....	30
2.2.1. Reología	30
2.2.2. Fluidos Newtonianos y Fluidos Viscoelásticos	32
2.2.3. Fluidos no Newtonianos	34
2.2.4. Estructura de los líquidos no newtonianos.	40
2.2.5. Modelos de fluidos no newtonianos	41
2.2.6. Parámetros para modelado de fluido sanguíneo.....	45
2.2.7. ¿Por qué la sangre humana se comporta como un fluido no newtoniano?	46
2.3. Definiciones de términos básicos	47
2.3.1. Sangre.....	47
2.3.2. Plaquetas:	48
2.3.3. Colesterol.....	48
2.3.4. Viscosidad	49
2.3.5. Viscosidad aparente y viscosidad diferencial.....	50
2.3.6. Viscosidad efectiva, μ_e [cp].	51
2.3.7. Reómetro.....	52
2.3.8. Esfuerzo Cortante	52
2.3.9. Velocidad de Corte.....	53
2.3.10. Índice de consistencia	53
2.3.11. Índice de flujo, n [Adimensional].	54
2.3.12. Punto de cedencia, PC [lb / 100 pies].	54

2.3.13. Reogramas.....	55
III. VARIABLES E HIPÓTESIS	57
3.1. Variables de la investigación.....	57
3.1.1. Variables independientes (VI).....	57
3.1.2. Variables dependientes (VD)	57
3.2. Operacionalización de variables	57
3.3. Hipótesis general e hipótesis específicas.....	59
3.3.1. Hipótesis General	59
3.3.2. Hipótesis específica	59
IV. METODOLOGÍA	60
4.1. Tipo de Investigación.....	60
4.2. Diseño de la investigación.....	61
4.2.1. Etapas de la investigación.....	61
4.3. Población y muestra	63
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
4.4.1. Lugar de ejecución	63
4.4.2. Técnica de recolección de datos	63
4.4.3. Instrumentos de Recolección de Datos.....	64
4.4.4. Procesamiento de las muestras.....	65
4.5. Procedimiento de recolección de datos	67
4.5.1. Recopilación de información.....	67
4.5.2. Fuente secundaria.....	68
4.6. Procesamiento Estadístico y Análisis de Datos	68
V. RESULTADOS.....	70
5.1. Parámetros de los modelos de fluidos no newtonianos y parámetros reológicos	70
5.2. Cálculo de los parámetros de los modelos de fluidos no newtonianos a partir de los datos experimentales	85
VI. DISCUSION DE RESULTADOS	180
6.1. Contrastación de las hipótesis con los resultados	180
6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares	194
VII. CONCLUSIONES.....	196
VIII. RECOMENDACIONES	197
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	198
ANEXOS	201

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Valores de los parámetros reológicos de algunos tipos de fluidos.	45
Tabla 3.1: Operacionalización De Variables Dependientes	57
Tabla 3.2: Operacionalización de variables independientes	58
Tabla 4.1: Rango de la composición de la sangre.	65
Tabla 4.2: Codificación y características de la muestra	66
Tabla 5.1: Datos reológicos de la sangre a 15°C	70
Tabla 5.2: Datos reológicos de la sangre a 20°C	70
Tabla 5.3: Datos reológicos de la sangre a 28°C	71
Tabla 5.4: Datos reológicos de la sangre a 37 °C	71
Tabla 5.5: Datos reológicos de la sangre a 45°C	71
Tabla 5.6: Datos reológicos de la sangre a 32°C	75
Tabla 5.7: Datos reológicos de la sangre a 37°C	75
Tabla 5.8: Datos reológicos de la sangre a 42°C	76
Tabla 5.9: Datos reológicos de la sangre a 32°C	78
Tabla 5.10: Datos reológicos de la sangre a 37°C	79
Tabla 5.11: Datos reológicos de la sangre a 42°C	79
Tabla 5.12: Datos reológicos de la sangre a 32 °C	82
Tabla 5.13: Datos reológicos de la sangre a 37 °C	82
Tabla 5.14: Datos reológicos de la sangre a 42 °C	82

Tabla 5.15: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Herschel - Bulkley.....	86
Tabla 5.16: Parámetros reológicos de la sangre a las diferentes temperaturas basados en el modelo de Casson - Generalizada N°1.....	90
Tabla 5.17: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	94
Tabla 5.18: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Sisko	97
Tabla 5.19: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Steiger-Ory	101
Tabla 5.20: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ellis-de Haven	105
Tabla 5.21: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Herschel-Bulkley.....	109
Tabla 5.22: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Casson - Generalizada N°1	113
Tabla 5.23: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	117
Tabla 5.24: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Sisko.....	121
Tabla 5.25: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Steiger-Ory	125

Tabla 5.26: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ellis-de Haven	129
Tabla 5.27: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Herschel-Bulkley	133
Tabla 5.28: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Casson - Generalizada N°1	137
Tabla 5.29: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	141
Tabla 5.30: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Sisko	145
Tabla 5.31: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Steiger-Ory.	149
Tabla 5.32: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ellis-de Haven	153
Tabla 5.33: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Herschel-Bulkley	157
Tabla 5.34: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Casson -Generalizada N°1	161
Tabla 5.35: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	165
Tabla 5.36: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Sisko	169

Tabla 5.37: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Steiger-Ory	173
Tabla 5.38: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ellis-de Haven	177

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Viscosímetro de cono y plato	29
Figura 2.2: Diagrama de esfuerzos de fluidos viscoelásticos	33
Figura 2.3: Comportamiento del fluido plástico de Bingham	34
Figura 2.4: Comportamiento del fluido seudoplástico.....	35
Figura 2.5: Comportamiento del fluido dilatante.....	36
Figura 2.6: Fluidos seudoplásticos y dilatantes con punto de cedencia ..	36
Figura 2.7: Fluido tixotropico esforzado en tiempo diferente	38
Figura 2.8: Lazos de histéresis para un fluido tixotropico.....	38
Figura 2.9: (a) Plástico Bingham tixotrópico verdadero, (b) Comportamiento de un cuerpo falso	39
Figura 2.10: Formas de evaluar la viscosidad aparente para(a) un fluido tipo Bingham y (b) Un fluido pseudoplastico	50
Figura 2.11: Esquema para el cálculo de la viscosidad aparente y viscosidad diferencial.....	51
Figura 2.12: Punto de cedencia	54
Figura 2.13: Reograma de algunos tipos de fluidos independientes del tiempo.....	56

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 15 °C	72
Gráfico 5.2: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 20 °C	72
Gráfico 5.3: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 28 °C	73
Gráfico 5.4: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 37 °C	73
Gráfico 5.5: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 45 °C	74
Gráfico 5.6: Grafico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte aplicado a la sangre a 15°C, 20°C, 28°C, 37°C y 45°C	74
Gráfico 5.7: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C	76
Gráfico 5.8: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 37 °C	77
Gráfico 5.9: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 42 °C	77
Gráfico 5.10: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C, 37 °C y 42 °C	78
Gráfico 5.11: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C	79

Gráfico 5.12: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 37 °C	80
Gráfico 5.13: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 42 °C	80
Gráfico 5.14: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C, 37°C y 42°C	81
Gráfico 5.15: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C	83
Gráfico 5.16: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 37 °C	83
Gráfico 5.17: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 42 °C	84
Gráfico 5.18: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 42 °C	84
Gráfico 5.19: Gráfico Comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I	87
Gráfico 5.20: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo Herschel-Bulkley I	87
Gráfico 5.21: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley	88
Gráfico 5.22: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson Generalizada N° 1	91

Gráfico 5.23: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson Generalizada N° 191	
Gráfico 5.24: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson Generalizada N° 1	92
Gráfico 5.25: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting..	95
Gráfico 5.26: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	95
Gráfico 5.27: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	96
Gráfico 5.28: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko.....	98
Gráfico 5.29: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	98
Gráfico 5.30: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	99
Gráfico 5.31: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory	102
Gráfico 5.32: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory.....	102

Gráfico 5.33: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory ..	103
Gráfico 5.34: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven.....	106
Gráfico 5.35: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven	106
Gráfico 5.36: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven	107
Gráfico 5.37: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I	110
Gráfico 5.38: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I.....	110
Gráfico 5.39: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley	111
Gráfico 5.40: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1 .	114
Gráfico 5.41: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1	114
Gráfico 5.42: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1	115

Gráfico 5.43: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	118
Gráfico 5.44: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	118
Gráfico 5.45: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	119
Gráfico 5.46: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko.....	122
Gráfico 5.47: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	122
Gráfico 5.48: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	123
Gráfico 5.49: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory	126
Gráfico 5.50: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory.....	126
Gráfico 5.51: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory ..	127
Gráfico 5.52: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven.....	130
Gráfico 5.53: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven	130

Gráfico 5.54: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven	131
Gráfico 5.55: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I	134
Gráfico 5.56: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I.....	134
Gráfico 5.57: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I.....	135
Gráfico 5.58: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1 .	138
Gráfico 5.59: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1	138
Gráfico 5.60: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1	139
Gráfico 5.61: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	142
Gráfico 5.62: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	142

Gráfico 5.63: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	143
Gráfico 5.64: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	146
Gráfico 5.65: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	146
Gráfico 5.66: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	147
Gráfico 5.67: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory	150
Gráfico 5.68: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory.....	150
Gráfico 5.69: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory ..	151
Gráfico 5.70: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven.....	154
Gráfico 5.71: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven	154
Gráfico 5.72: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven	155
Gráfico 5.73: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley.....	158

Gráfico 5.74: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley	158
Gráfico 5.75: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley	159
Gráfico 5.76: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson -Generalizada N°1 ..	162
Gráfico 5.77: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson -Generalizada N°1	162
Gráfico 5.78: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1	163
Gráfico 5.79: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	166
Gráfico 5.80: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	166
Gráfico 5.81: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting	167
Gráfico 5.82: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	170
Gráfico 5.83: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	170

Gráfico 5.84: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko	171
Gráfico 5.85: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory	174
Gráfico 5.86: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory.....	174
Gráfico 5.87: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory ..	175
Gráfico 5.88: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven.....	178
Gráfico 5.89: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven	178
Gráfico 5.90: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven	179

RESUMEN

La sangre es un tejido líquido que recorre los organismos a través de los vasos sanguíneos, venas y arterias con el fin de llevar oxígeno y nutrientes. El siguiente estudio tiene por objetivo determinar los modelos reológicos asociados a la sangre en un intervalo de 15 °C – 45 °C.

Debido a las leyes tan estrictas en nuestro país referente a la extracción de sangre humana, se trabajó cuatro muestras; la muestra 01 se recogió en una bolsa recolectora de sangre de 300 ml con anticoagulante y 3 muestras en 2 tubos ensayo de 5 ml cada uno, en el Laboratorio Clínico del Hospital Emergencias III Grau y en el laboratorio del Policlínico Municipal del Rímac respectivamente. Las 4 muestras fueron tomadas de manera que, 2 muestras pertenecen al grupo de personas que se encuentran dentro de los parámetros para una sangre saludable y las otras 2 se encuentran fuera de este grupo. Las medidas reológicas fueron determinadas en un reómetro rotacional Anton Paa modelo RheolabQC con geometría de paletas en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Química de la universidad Nacional de Callao.

En el estudio se concluye que los 5 modelos reológicos usados modelan satisfactoriamente el comportamiento reológico de la sangre, los modelos usados son Casson Generalizada N°1, Herschel-Bulkley I, Ostwald – de

Waele-Nutting, Sisko, Steiger-Ory y Ellis de Haven. A la vez se pudo determinar que el modelo con mayor índice de correlación entre estos cinco modelos para las diferentes muestras de sangres y para las diferentes temperaturas utilizadas, es el de Casson Generalizada N° 1; si bien los otros modelos cuentan con un índice muy cercano a la unidad, es éste el más próximo.

ABSTRACT

Blood is a liquid tissue that travels through organisms through blood vessels, veins and arteries in order to carry oxygen and nutrients. The following study aims to determine the rheological models associated with blood in a range of 15 ° C - 45 ° C.

Due to the strict laws in our country regarding the extraction of human blood, we worked four samples; Sample 01 was collected in a 300 ml blood collection bag with anticoagulant and 3 samples in 2 test tubes of 5 ml each, in the Clinic Laboratory of Hospital Emergencias III Grau and in the laboratory of the Rímac Municipal Polyclinic, respectively. The 4 samples were taken so that, 2 samples belong to the group of people that are within the parameters for a healthy blood and the other 2 are outside this group. The rheological measurements were determined in a rotational rheometer Anton Paa RheolabQC model with vane geometry in the research laboratory of the Faculty of Chemical Engineering of the National University of Callao.

In the study it is concluded that the 5 rheological models used successfully model the rheological behavior of blood, the models used are Generalized Casson N ° 1, Herschel-Bulkley I, Ostwald - de Waele-Nutting, Sisko, Steiger-Ory and Ellis de Haven. At the same time it was possible to determine that the model with the highest correlation index among these

five models for the different blood samples and for the different temperatures used, is the one of Generalized Casson N ° 1; Although the other models have an index very close to the unit, this is the closest one.

I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del Problema

Hoy en día la sangre humana se considera con frecuencia como un fluido newtoniano, sin embargo es un sistema formado por un medio líquido conocido como plasma y moléculas en suspensión que interactúan entre sí con el plasma, estas moléculas en suspensión, son células cuyas membranas tienen cargas negativas y sustancias como el colesterol. Esto da lugar a un sistema muy complejo, cuya respuesta reológica es variada dependiendo del sistema de flujo y las condiciones de estudios.

La reología de la sangre humana no tiene una clara y permanente tendencia a desarrollarse; sin embargo, la falta de estudios y modelos adecuados de las propiedades reológicas de la sangre pueden permitir un avance de la tecnología para el desarrollo de la medicina técnica (construcción de piezas ortopédicas).

Actualmente, no encontramos muchos estudios reológicos relacionados a la sangre humana debido a su complejidad y a la restricción en la extracción de sangre. Es por ello, es necesario plantearnos la interrogante más importante que será respondida en el presente trabajo como es: ¿Cuáles son los modelos de flujo no newtoniano relacionados a la sangre?

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuáles son los modelos de flujo no newtoniano relacionados a la sangre?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación numérica entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte determinado experimentalmente para la sangre?
- ¿Cómo debe ser la correlación no lineal de los datos experimentales conducentes a obtener los parámetros reológicos relacionados a la sangre?
- ¿Cómo son los reogramas relacionados a la sangre a temperaturas diversas?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- "Determinar los modelos reológicos que se ajustan al comportamiento de la sangre."

1.3.2. Objetivos específicos

- Obtener de forma experimental la relación numérica entre la velocidad de corte y esfuerzo de corte para la muestra de sangre.

- Obtener los parámetros reológicos de los modelos relacionados a la sangre mediante el tratamiento estadístico.
- Obtener los reogramas asociados a la sangre a temperaturas de pruebas.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

Debido que el fluido de la sangre es muy compleja, cuyas propiedades de flujo resultan afectadas por el arreglo, orientación y deformabilidad de las células sanguínea, por tal motivo no se encuentran muchas investigaciones respecto al tema. En ese sentido el desarrollo de la investigación va a significar un aporte desde el punto de vista teórico.

1.4.2. Justificación Tecnológica:

Los resultados obtenidos permitirán brindar un aporte significativo sobre el conocimiento de la relación entre los modelos reológicos y la sangre, el cual nos permitirá el inicio del desarrollo de nuevas técnicas y sistemas artificiales para determinar enfermedades cardiovasculares y la cura de las mismas.

1.5. Importancia

El estudio de la Reología es muy importante ya que se puede encontrar diferentes modelos de fluidos no newtonianos al cual se asemeja según

las características de las mismas, para así poder predecir qué ocurre dentro del cuerpo del ser humano y dar solución al problema.

Es el de identificar enfermedades con cualquier cambio en la viscosidad de la sangre. Por ejemplo, la trombosis se puede causar fácilmente cuando se presente un grado mayor de viscosidad en la sangre, comparada con la viscosidad de una persona saludable. La elevación de la viscosidad con grados de esfuerzo bajos indica aglomeración, mientras que grados de esfuerzo altos sugieren la pérdida de deformabilidad de los glóbulos rojos. El cambio en la viscosidad sugiere que algunas enfermedades están relacionadas con los cambios en la sangre.

Otro factor importante de la Reología es el de estudiar las características de coagulación de la sangre. Un ejemplo es el de los pacientes hemofílicos con problemas de coagulación de sangre.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

La primera investigación sobre dinámica de suspensiones fue realizada en su tesis doctoral por Albert Einstein (1906-1911), quien demostró, teórica y experimentalmente, que una suspensión de esferas posee una viscosidad mayor que la del líquido. Su fórmula permanece hasta hoy, no solamente como un hito sino que también ha inspirado muchos desarrollos posteriores. Bingham (1929) fue el primero en utilizar el término de "reología", como el estudio de la deformación y el flujo de todo tipo de materiales. Bagnold (1954) realizó una extensa investigación sobre la reología de una suspensión de esferas, encontrando una ley que lleva su nombre y que se emplea hasta hoy. Además de los mencionados, múltiples autores han contribuido al desarrollo de esta área del conocimiento¹.

✓ "La sangre humana desde el punto de vista de la reología".

Leonardo Moreno y Fausto Calderas, Departamento de Reología y Mecánica de Materiales, IIM- UNAM; Guadalupe Sánchez-Olivares, CIATEC; Luis Medina-Torres, Departamento de Ingeniería Química, UNAM; Antonio Sánchez-Solís y Octavio Manero, Departamento de*

¹ Revista: minería chilena, información confiable y oportuna.

La importancia del análisis reológico

Publicado el 9 De Junio Del 2009

Para determinar los parámetros reológicos que gobiernan el movimiento de un fluido se requiere de la obtención de datos de terreno y/o laboratorio que permitan su caracterización.

Reología y Mecánica de Materiales, IIM- UNAM. Disponible en: F. Calderas. Recuperado el: 19 de marzo de 2016.

El efecto del colesterol en la sangre, en general, a mayor contenido de colesterol mayor viscosidad. El contenido de colesterol de una persona que se considera dentro de los límites normales es 200 mg/dl, en cambio la sangre que contiene 350 mg/dl de colesterol esta fuera de los límites que se consideran normales, dando lugar a una viscosidad alta.

Según este artículo, la viscosidad inicial para todas las curvas es más alta al inicio, conforme aumentan los esfuerzos, los constituyentes de la sangre se orientan cada vez más a la dirección del flujo y da origen a estructuras que cada vez se oponen menos al flujo, por tanto la viscosidad disminuye. La sangre está sometida a rapidezces de deformación de $1 - 100 \text{ s}^{-1}$.

✓ **“Revisión de modelos teóricos de la dinámica de fluidos asociada al flujo de sangre”**

Instituto Tecnológico de Costa Rica (2013)- Ortiz-león, g; Araya-luna, d; Vilchez Monge, m. revisión de modelos teóricos de la dinámica de fluidos asociada al flujo de sangre. Tecnología en marcha. Vol. 27, N° 1. pág. 66-76.

El comportamiento de la viscosidad en función de la tasa de corte para los modelos Newtoniano, de Ley de Potencias y de Carreau en la cual se observa que la viscosidad predicha tanto por el Modelo de Carreau como

por el de Ley de Potencias aumentan considerablemente para tasas de corte menores a 100 s^{-1} . A altas tasas de corte, superiores a 1600 s^{-1} , se observa que el modelo de Ley de Potencias disminuye hasta un 50% de los valores típicos esperados; por otro lado, se observa la concordancia que existe entre el Modelo de Carreau y el Modelo newtoniano para un amplio rango de tasas de corte ($1000 - 2900 \text{ s}^{-1}$). Estos resultados concuerdan con lo esperado a partir del estudio de modelos no newtonianos.

El modelo de Ley de Potencia, para el caso del fluido sanguíneo a bajas tasas de corte (200 s^{-1}), la viscosidad aumenta rápidamente, llegando a valores críticos para tasas de corte cercanas a 0 s^{-1} donde η tiende a infinito. Por otro lado, en altas tasas de corte ($>1200 \text{ s}^{-1}$) este modelo subvalora la viscosidad.

El Modelo de Carreau requiere cuatro parámetros, dos más que el Modelo de Ley de Potencias, pero ofrece un comportamiento más adecuado tanto para altas como para bajas tasas de corte. A altas tasas de corte la viscosidad tiende al valor utilizado para modelos newtonianos $3,5 \text{ mPa s}$, mientras que a bajas tasas de corte el valor de la viscosidad tiende a $\mu_0=0,056 \text{ Pa s}$. Su principal desventaja es que no incluye los efectos del hematocrito, por lo que la adaptación del modelo a condiciones de un paciente en particular es difícil de lograr.

También se observa que a bajas tasas de corte el comportamiento no newtoniano de la sangre es más pronunciado; esto también concuerda con estudios reológicos de sangre que muestran que a tasas de corte inferiores a 100 s^{-1} los glóbulos rojos tienden a agruparse.

La viscosidad de la sangre humana con un hematocrito de 45% alcanza valores constantes de entre 3,5 y 4.0 mPa s. Se observa que tanto para el Modelo de Carreau como para el Newtoniano la velocidad presenta el mismo orden de magnitud, en tanto que la diferencia del Modelo de Ley de Potencias se debe a que este subestima la viscosidad sanguínea y eso provoca un aumento en la velocidad en comparación con los otros dos modelos. Estos resultados permiten justificar el uso de un modelo newtoniano en la caracterización de un modelo de sangre en vasos sanguíneos mayores

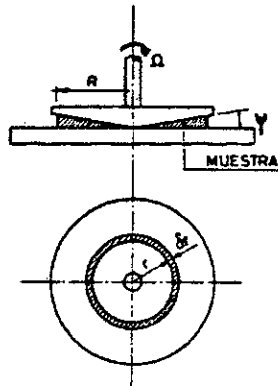
✓ **“COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LA SANGRE HUMANA A PEQUEÑAS VELOCIDADES DE DEFORMACION”.**

Revista de obras públicas, Luis Berga Casafont, catedra de hidráulica e hidrología, febrero-marzo de 1980, paginas 207 al 2014.

El comportamiento reológico de la sangre a pequeñas velocidades de formación usando una técnica viscosimétrica.

Aquí se realizó con sangre de 8 individuos normales a los que se ha añadido como anticoagulante EDTA. Los ensayos se realizaron con el viscosímetro WELLS BROOKFIELD de tipo como plato, modelo LVT-C/P.

Figura 2.1: Viscosímetro de cono y plato



Variando los valores de velocidad angular o lo que es lo mismo, para diferentes valores de deformación.

La sangre debido a ser un fluido poco viscoso el esfuerzo generado a las primeras velocidades de deformación es tan pequeño que no pueden hacerse la lectura en las tres primeras velocidades de deformación, siendo por lo tanto el intervalo de la velocidad de deformación ensayado el que va de 22.5 a 450 l/seg.

La temperatura de ensayo ha sido la normal y la cantidad de muestra necesaria de plasma o sangre para cada ensayo ha sido de un cm^3 .

Los modelos reológicos del comportamiento no newtoniano de la sangre a pequeñas velocidades de deformación son: Casson, Whitmore, Ostwald, Herschel y Bulkey.

Se concluyó que el modelo de Casson se adapta muy bien a los datos experimentales. Actualmente, es el modelo más utilizado, ignorándose en algunos casos la posibilidad de aplicación de otros modelos.

Esta ecuación de Casson se puede tomar como ecuación constitutiva de la sangre total.

En cuanto la ecuación de Whitmore conviene señalar que, conociendo el valor de la viscosidad plasmática en cada caso, como es usual en los estudios reológicos, se puede pasar de la ecuación de Whitmore a la de Casson, por lo que a efectos de ecuación constitutiva se puede tomar la de Casson, ya que conceptualmente ambas tienen el mismo modelo reológico.

La ecuación de Ostwald, se adapta también a los resultados experimentales dentro del campo de velocidades de deformación ensayado, pero hay que señalar que según resultados de otros autores no se adapta bien al comportamiento reológico de la sangre a velocidades de deformaciones inferiores a 10 seg^{-1} , por lo que su aplicación no es tan general como el modelo de Casson.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Reología

La Reología es una parte de la mecánica de medios continuos. Una de las metas más importantes en reología es encontrar ecuaciones

constitutivas para modelar el comportamiento de los materiales. Dichas ecuaciones son en general de carácter tensorial².

Las propiedades mecánicas estudiadas por la Reología se pueden medir mediante reómetros, aparatos que permiten someter al material a diferentes tipos de deformaciones controladas y medir los esfuerzos o viceversa. Algunas de las propiedades reológicas más importantes son:

- Viscosidad aparente (relación entre esfuerzo de corte y velocidad de corte)
- Coeficientes de esfuerzos normales
- Viscosidad compleja (respuesta ante esfuerzos de corte oscilatorio)
- Módulo de almacenamiento y módulo de pérdidas (comportamiento viscoelástico lineal)
- Funciones complejas de viscoelasticidad no lineal

Los estudios teóricos en reología, en ocasiones, emplean modelos microscópicos para explicar el comportamiento de un material. Por ejemplo en el estudio de polímeros, éstos se pueden representar como cadenas de esferas conectadas mediante enlaces rígidos o elásticos³.

² Artículo reología. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Reolog%C3%ADa>. Artículo web, visitada en abril del 2016.

³ Artículo reología. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Reolog%C3%ADa>. Artículo web, visitada en abril del 2016.

2.2.2. Fluidos Newtonianos y Fluidos Viscoelásticos

La Ley de la viscosidad de Newton vista con anterioridad, establece que en movimientos de fluidos laminares existe una relación lineal entre las tensiones tangenciales y los gradientes de velocidad, siendo la constante de proporcionalidad una propiedad física del fluido llamada viscosidad dinámica o absoluta μ :⁴

$$\tau = \mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad 2.1$$

Aquellos fluidos que verifican la relación (2.1), se denominan fluidos newtonianos, y muchos fluidos comunes tanto líquidos como gaseosos se comportan siguiendo esa relación. La misma también puede expresarse de otro modo analizando la deformación en el entorno de un punto⁵.

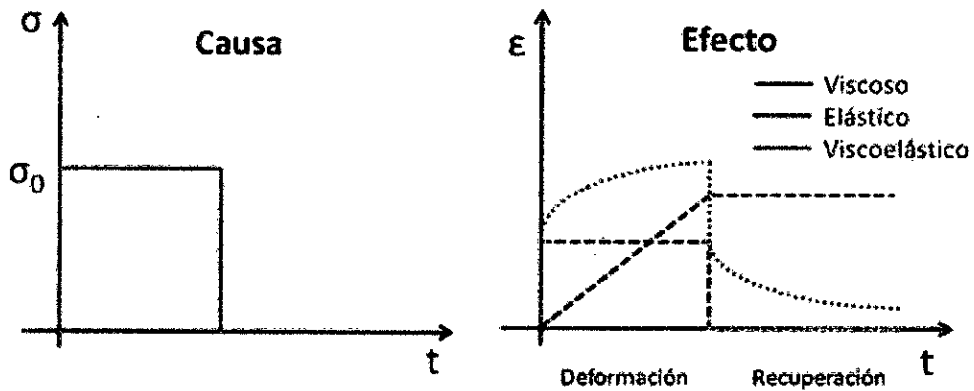
Aquellos fluidos no-Newtonianos que cumplen tanto la ley de Hooke como la ley de Newton de la viscosidad se conocen como FLUIDOS VISCOELÁSTICOS; una característica importante de este tipo de fluidos

⁴ Ing. Esteban Luis Ibarrola. **Introducción a Los Fluidos No Newtonianos**. Cátedra de Mecánica de los Fluidos- UNCor. Disponible en <http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/aero/Asignaturas/MecFluid/material/introduccion%20no%20newtonianos.pdf>. Artículo web, visitada en abril del 2016.

⁵ Ing. Esteban Luis Ibarrola. **Introducción a Los Fluidos No Newtonianos**. Cátedra de Mecánica de los Fluidos- UNCor. Disponible en <http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/aero/Asignaturas/MecFluid/material/introduccion%20no%20newtonianos.pdf>. Artículo web, visitada en abril del 2016.

es que pueden recuperar parte de la deformación al ser retirado el esfuerzo aplicado cuando se presentan deformaciones durante el flujo.⁶

Figura 2.2: Diagrama de esfuerzos de fluidos viscoelásticos



Fuente: Desarrollo de fluidos viscoelásticos para la estimulación de pozos

Estos fluidos tienen una fracción elástica que cumple la ley de Hooke (modelo del resorte) y una fracción viscosa que obedece la ley de Newton (efecto amortiguador). Cuando son sometidos estos tipos de fluidos a cargas que posteriormente son removidas, la deformación que se presenta sólo se restablece en la fracción elástica del fluido; la fracción viscosa del fluido permanecerá parcialmente deformada por tanto se podría afirmar que la recuperación no es completa⁷.

⁶ José Carlos Cárdenas¹, Oscar Javier López, Karem Tatiana Pinto R. Estudio Reológico De Los Fluidos Viscoelásticos Surfactantes Utilizados En Operaciones De Fracturamiento Hidráulico. Revista Fuentes: El Reventón Energético Vol. 9 Nº 1 de 2011 - Ene/Jun - pp 5/12.

⁷ José Carlos Cárdenas¹, Oscar Javier López, Karem Tatiana Pinto R. Estudio Reológico De Los Fluidos Viscoelásticos Surfactantes Utilizados En Operaciones De Fracturamiento Hidráulico. Revista Fuentes: El Reventón Energético Vol. 9 Nº 1 de 2011 - Ene/Jun - pp 5/12.

2.2.3. Fluidos no Newtonianos

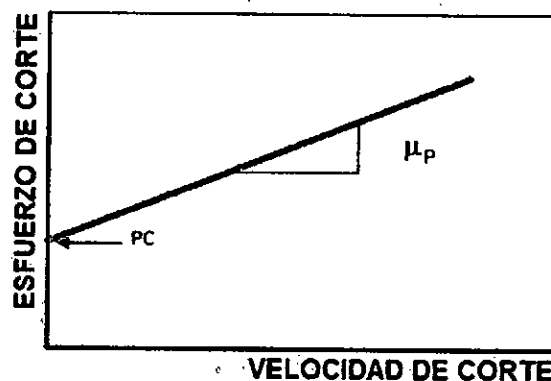
Son aquellos fluidos que no exhiben una relación directa entre el esfuerzo y la velocidad de corte⁸.

Los fluidos no-newtonianos se dividen en dos principales grupos:

❖ **Fluidos independientes del tiempo.** Son así llamados debido a que sus propiedades reológicas no cambian con el tiempo. Entre estos se encuentran los siguientes⁹:

- *Fluidos plásticos de Bingham;* Estos fluidos, para iniciar su movimiento requieren vencer un esfuerzo inicial finito o punto de cedencia y al graficar en escala lineal exhibiendo una relación lineal entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte¹⁰, figura 2.3.

Figura 2.3: Comportamiento del fluido plástico de Bingham.



Fuente: Métodos de control de pozos, Wild Welt Control

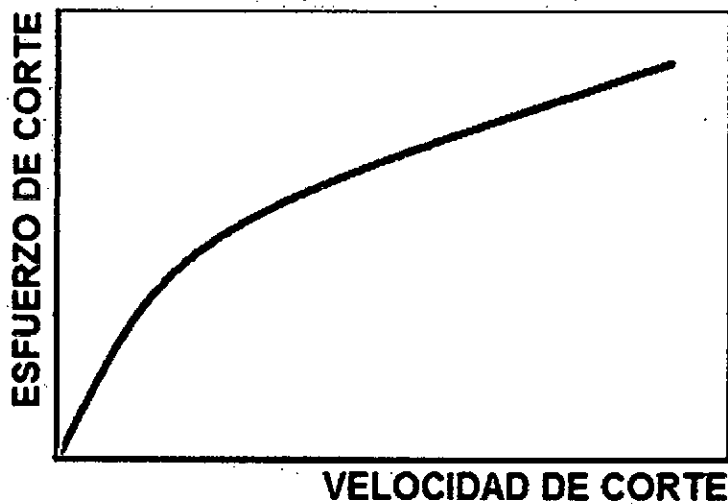
⁸ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

⁹ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

¹⁰ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

- *Fluidos pseudoplásticos*; son aquellos fluidos que con un esfuerzo cortante infinitesimal iniciará su movimiento y posteriormente la velocidad de corte se incrementará en forma no lineal; lo que nos indica que la viscosidad del fluido disminuye al incrementarse la velocidad de corte¹¹, figura 2.4.

Figura 2.4: Comportamiento del fluido pseudoplásticos.



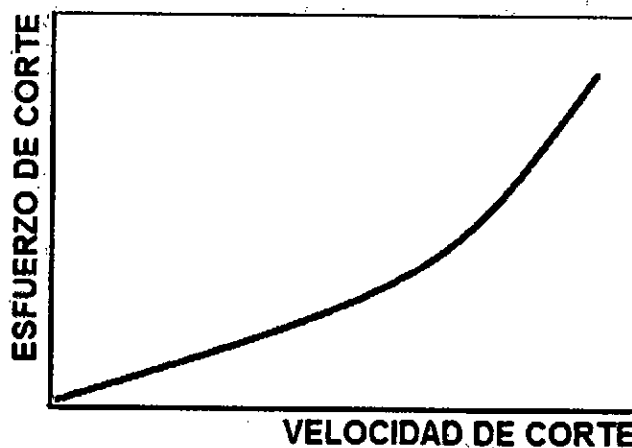
Fuente: Métodos de control de pozos, Wild Welt Control

- *Fluidos dilatantes*; estos fluidos presentan un comportamiento similar a los fluidos pseudoplásticos, con la diferencia de que en los fluidos dilatantes el ritmo del incremento del esfuerzo cortante con la velocidad de corte se incrementa¹², figura 2.5.

¹¹ Apéndice A. *Propiedades Reológicas De Los Fluidos*, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

¹² Apéndice A. *Propiedades Reológicas De Los Fluidos*, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

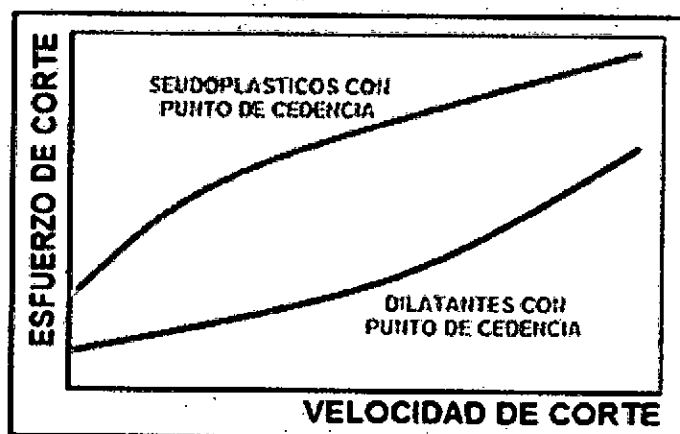
Figura 2.5: Comportamiento del fluido dilatante.



Fuente: Métodos de control de pozos, Wild Welt Control

- *Fluidos pseudoplásticos y dilatantes con puntos de cedencia*; son aquellos fluidos que exhiben un esfuerzo inicial finito o punto de cedencia. Una vez que el esfuerzo inicial ha sido rebasada, la relación entre el esfuerzo cortante, con la velocidad de corte resultante no es línea¹³. Ver figura 2.6.

Figura 2.6: Fluidos seudoplásticos y dilatantes con punto de cedencia.



Fuente: Métodos de control de pozos, Wild Welt Control

¹³ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

❖ **Fluidos dependientes del tiempo.** Estos fluidos se caracterizan porque sus propiedades reológicas varían con la duración del corte (esfuerzo cortante y velocidad de corte), bajo ciertas consideraciones. Los fluidos dependientes del tiempo se subdividen en¹⁴:

- *Fluidos tixotrópicos*; son aquellos fluidos en los cuales el esfuerzo cortante decrece con la duración del corte¹⁵.

La consistencia o viscosidad aparente de los fluidos tixotrópicos depende del tiempo de esfuerzo, así como también de la rata secante. Al esforzar el fluido desde el estado de reposo, se fracciona (a escala molecular), pero luego la reformación estructural se incrementa con el tiempo. Eventualmente, se logra una situación de equilibrio en donde la rata de fraccionamiento iguala la reagrupación. Al permitir el reposo, de nuevo, el fluido se recupera lentamente y fortuitamente logra la consistencia original. La tixotropía es, pues, un proceso reversible.

La figura N° 2.7 muestra una gráfica del esfuerzo contra la recta secante de un fluido tixotrópico inmediatamente después de esforzado y luego de que el fluido reposa durante tiempos variables. La curva inicial se muestra en la figura N° 2.7 como newtoniana, pero podría ser no-newtoniana.

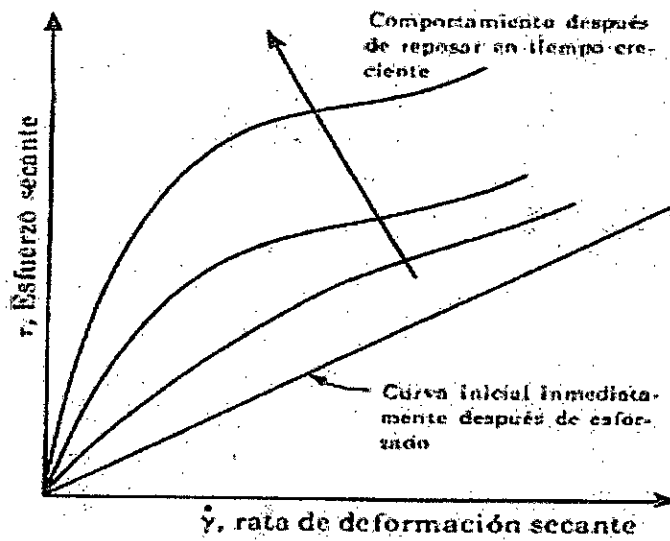
Si un fluido tixotrópico se esfuerza a una rata constante creciente, entonces al crecer constantemente la rata, se genera una curva similar a

¹⁴ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

¹⁵ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

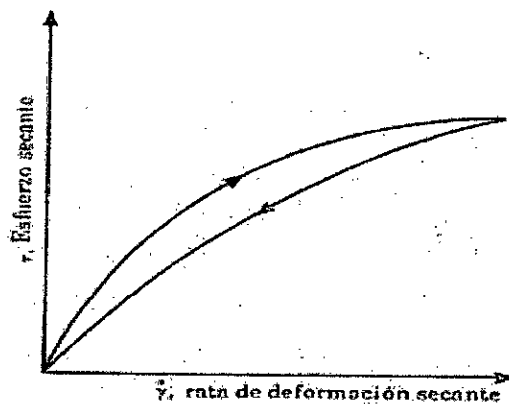
un lazo de histéresis; la figura N° 2.8 muestra la curva para un tipo pseudoplástico de fluido tixotrópico. A medida que disminuye el esfuerzo, la viscosidad aparente es menor que la correspondiente a esfuerzo creciente.

Figura II.7: Fluido tixotrópico esforzado en tiempo diferente



Fuente: Dinámica de Fluidos

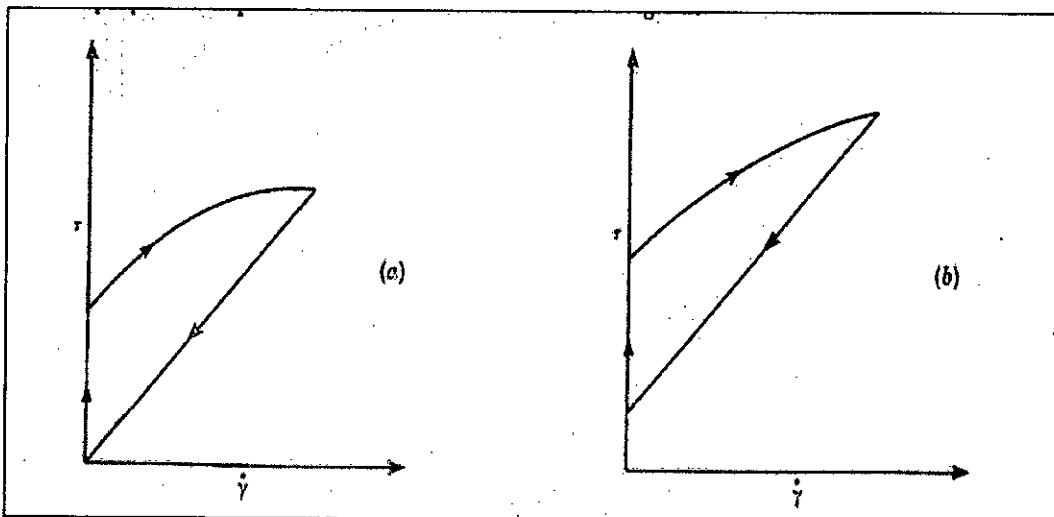
Figura 2.8: Lazos de histéresis para un fluido tixotrópico



Fuente: Dinámica de Fluidos

Algunos materiales plásticos Bingham manifiestan un comportamiento como líquidos verdaderos mientras se reconstruye la estructura. (Véase la figura el N° 2.9 (a)) muestra este comportamiento. Sin embargo, algunos materiales, conocidos como cuerpos falsos, muestran un esfuerzo de fluencia disminuye (véase la figura el N° 2.9 (b)). Generalmente un cuerpo falso toma bastante tiempo para recuperar su resistencia de influencia original.

Figura 2.9: (a) Plástico Bingham tixotrópico verdadero, (b) Comportamiento de un cuerpo falso



Fuente: Dinámica de Fluidos

- *Fluido reopéticos*; a diferencia de los fluidos tixotrópicos, el esfuerzo cortante se incrementa conforme se incrementa la duración del corte¹⁶. Un ejemplo de la formación de la estructura por efecto secante es la agitación y espesamiento de la clara de huevo, aunque la clara de

¹⁶ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

huevo no es probablemente un verdadero reopéctico. Muchas sustancias pierden su propiedad reopéctica a ratas extremadamente altas de esfuerzo secante y pueden aun comportarse como fluidos tixotrópicos.

2.2.4. Estructura de los líquidos no newtonianos.

Los líquidos simples y las disoluciones verdaderas suelen ofrecer un comportamiento newtoniano. Los líquidos no newtonianos son generalmente muy complejos y constan de más de una fase, aunque las disoluciones de polímeros puedan considerarse como fases únicas. Una de las fases es continua y la otra discontinua (dispersa). Pese a lo mucho que se ha estudiado, la relación entre la reología y la estructura de los líquidos no newtonianos sigue sin estar demasiado clara.

Cualitativamente, la reología de un sistema disperso depende de las propiedades de la fase continua, las de la fase dispersa y la interacción entre ambas. En la fase continua, son de interés la viscosidad, la composición química, el pH y la concentración de electrolitos. En la dispersa, que puede ser líquida o sólida (emulsiones y suspensiones, respectivamente), la concentración en volumen (si se trata de una emulsión), el tamaño de partícula, la forma, la distribución por tamaños y la composición química. La interacción entre las dos fases puede verse afectada, también, por la presencia de agentes estabilizantes y surfactantes; el comportamiento puede verse modificado además por las propiedades de cualquier película estabilizante.

Un sistema tixotrópico puede visualizarse como un fluido en el que los enlaces químicos se rompen, o en el que las partículas se alinean, al aumentar la velocidad de deformación. En el comportamiento de flujo dependiente del tiempo el statu que se alcanza lentamente; en los fenómenos de estado estacionario, de un modo muy rápido. Se ha sugerido que en los sistemas espesantes (reopexía) la intensidad de las interacciones eléctricas aumenta con la velocidad de deformación. (Consuelo, 2008).

2.2.5. Modelos de fluidos no newtonianos

Los efectos no newtonianos de la sangre son despreciados cuando el diámetro del vaso sanguíneo considerado es mucho mayor que el diámetro de las partículas sólidas en el fluido sanguíneo, por ejemplo, en la aorta ascendente (y la aorta torácica en general) y particularmente a velocidades de corte menores a 100 s^{-1} (Johnston, Corney y Kilpatrick, 2004, Finocchiaro et al., 2009)¹⁷.

Un modelo de sangre no newtoniano ideal debe satisfacer los siguientes parámetros (Goubergrits, Wellnhofer y Kertzscher, 2008)¹⁸:

¹⁷ Instituto Tecnológico de Costa Rica (2013)- Ortiz-león, g; Araya-luna, d; Vilchez Monge, m. **Revisión de Modelos Teóricos de la Dinámica de Fluidos Asociada al Flujo de Sangre.** Tecnología en marcha. Vol. 27, Nº 1. pág. 66-76.

¹⁸ Instituto Tecnológico de Costa Rica (2013)- Ortiz-león, g; Araya-luna, d; Vilchez Monge, m. **Revisión de Modelos Teóricos de la Dinámica de Fluidos Asociada al Flujo de Sangre.** Tecnología en marcha. Vol. 27, Nº 1. pág. 66-76.

- Simular el fenómeno de adelgazamiento por corte ("shear thinning"), es decir, la disminución en la viscosidad cuando se incrementa la tasa tensión de corte.
- Incluir la dependencia del hematocrito.
- Considerar la dependencia de la temperatura.
- Contener la concentración de proteínas en la sangre.
- Valorar las condiciones del flujo, es decir, si el flujo es pulsátil o continuo.

A continuación detallamos algunos modelos de fluidos no newtonianos:

➤ **Ley de Potencias ("Power Law");** Este modelo es una modificación del Modelo Newtoniano con la velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) elevada a una potencia que incluye un índice no newtoniano (Goubergrits et al., 2008, Johnston et al., 2004). Este comportamiento es la base para los otros modelos no newtonianos y se expresa por medio de la ecuación 2.2

$$\mu = \mu_0(\dot{\gamma})^{n-1} \quad 2.2$$

La ecuación 2.2 representa el cambio en la viscosidad μ debido a los parámetros m_0 y n , donde m_0 es un índice de consistencia de valor 0,035 y n es el índice no newtoniano con valor de 0,6. Los parámetros m_0 y n corresponden a constantes de ajuste determinadas experimentalmente, entre más alto sea m_0 más viscoso es el fluido y entre más alejado se

encuentre n de la unidad, las características no newtonianas se hacen más pronunciadas (Kim, 2002)¹⁹.

➤ **Modelo de Ostwald y de Waele;** fluidos como la sangre presentan un comportamiento en que la viscosidad disminuye con el aumento del esfuerzo aplicado. Este tipo de fluido es descrito por el modelo de Ostwald y de Waele, que se muestra en la ecuación 2.3.

$$\tau = K \left(\frac{dv}{dx} \right)^n \quad 2.3$$

➤ **Modelo Casson;** este modelo es una modificación de la Ley de Potencias que incluye la dependencia de la viscosidad con el hematocrito (Goubergrits et al., 2008). La expresión de la viscosidad en este caso se considera como:

$$\mu = \left(\sqrt{\mu_{\infty}} + \sqrt{\frac{\gamma_y}{\dot{\gamma}}} \right)^2 \quad 2.4$$

Los parámetros utilizados son: $m_0 = 0,0012$, $0 < H < 1$, donde H representa el hematocrito, es decir, el porcentaje de eritrocitos en la sangre, $\gamma_y = 0,01(0,625 H)$ y $\mu_{\infty} = \mu_0 * (1 - H)^{-2,5}$ ambas dependencias al

¹⁹ Instituto Tecnológico de Costa Rica (2013)- Ortiz-león, g; Araya-luna, d; Vilchez Monge, m. **Revisión de Modelos Teóricos de la Dinámica de Fluidos Asociada al Flujo de Sangre.** Tecnología en marcha. Vol. 27, N° 1. pág. 66-76.

hematocrito (γ , y μ_{∞}) son ajustadas experimentalmente (Goubergrits et al., 2008)²⁰.

➤ **Modelo Carreau**; este modelo asume que la viscosidad varía siguiendo la siguiente ecuación (Shibeshi & Collins, 2006)²¹:

$$\mu = \mu_{\infty} + (\mu_0 - \mu_{\infty}) [1 + (\lambda \dot{\gamma})^2]^{\frac{n-1}{2}} \quad 2.5$$

➤ **Modelo Walburn-Schneck**; Walburny Schneck describieron los datos experimentales obtenidos de sangre con anticoagulantes por medio de cuatro constantes y dos parámetros que incluyen la dependencia al hematocrito (H) y la concentración total de proteína menos albúmina (TPMA) (Goubergrits et al., 2008).

La viscosidad se describe con la siguiente expresión:

$$\mu = C_1 e^{C_2 H} \left[e^{C_3 \left[\frac{TPM}{H^2} \right]} \right] (\dot{\gamma})^{-C_4 H} \quad 2.6$$

Donde las constantes se determinaron experimentalmente en:

$$C_1 = 0,00797 ; C_2 = 0,0608 ; C_3 = 0,00499 \text{ Y } C_4 = 14,585$$

²⁰ Instituto Tecnológico de Costa Rica (2013)- Ortiz-león, g; Araya-luna, d; Vilchez Monge, m. **Revisión de Modelos Teóricos de la Dinámica de Fluidos Asociada al Flujo de Sangre**. Tecnología en marcha. Vol. 27, N° 1. pág. 66-76.

²¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica (2013)- Ortiz-león, g; Araya-luna, d; Vilchez Monge, m. **Revisión de Modelos Teóricos de la Dinámica de Fluidos Asociada al Flujo de Sangre**. Tecnología en marcha. Vol. 27, N° 1. pág. 66-76.

A partir de los resultados experimentales que obtuvieron, estos autores proponen un modelo con $H= 40\%$ y $TPMA=25,9$ g/l.

En la tabla (que tiene el N° 2.1) se muestran los rangos de los parámetros de ajuste de distintos fluidos, así como la clasificación que con ellos se hace de dichos fluidos²².

Tabla 2.1: Valores de los parámetros reológicos de algunos tipos de fluidos.

	k	n	σ_0	Ejemplos
Herschel-Bulkley	> 0	$0 < n < \infty$	> 0	Pasta de pescado
Newtoniano	> 0	1	0	Sumo de frutas, miel, aceite vegetal
Pseudoplástico	> 0	$0 < n < 1$	0	Puré de plátano, zumo de naranja concentrado
Dilatante	> 0	$1 < n < \infty$	0	Algunos tipo de miel, disoluciones almidón
Plástico de Bingham	> 0	1	> 0	Pasta de dientes, pasta de tomate

Fuente: Reología de Productos alimentarios (Consuelo, 2008).

2.2.6. Parámetros para modelado de fluido sanguíneo

Las características y composición de la sangre hacen difícil la construcción de un modelo funcional que pueda ser utilizado en distintos estudios, por lo cual es común realizar simplificaciones para cada caso en particular. Los parámetros utilizados por diferentes autores para modelar el fluido sanguíneo incluyen características, como tipo de fluido, densidad,

²² Instituto Tecnológico de Costa Rica (2013)- Ortiz-león, g; Araya-luna, d; Vilchez Monge, m. **Revisión de Modelos Teóricos de la Dinámica de Fluidos Asociada al Flujo de Sangre.** Tecnología en marcha. Vol. 27, N° 1. pág. 66-76.

viscosidad y, por último, particularidades del flujo utilizado para el modelo a utilizar.

Variación de la viscosidad con la temperatura: Se ha observado que en los líquidos, la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura. En cambio en gases, se observa que la viscosidad aumenta con la temperatura. En el caso de **líquidos, la relación más admitida es del tipo Arrhenius²³**.

2.2.7. ¿Por qué la sangre humana se comporta como un fluido no newtoniano?

La sangre es un fluido no newtoniano, ya que su viscosidad aumenta cuando hay más presencia de hematocrito, y además la viscosidad de la sangre varía cuando cambia la temperatura.

También, se sabe que la sangre es un sistema que está formado por una fase dispersa (plasma), que en esencia es un fluido newtoniano, pero tiene partículas en suspensión (fase dispersa) que interactúan entre sí y con el plasma. Esta fase dispersa está compuesta de células cuyas membranas tienen una carga eléctrica negativa y sustancias como el colesterol. Esto da lugar a un sistema complejo cuya respuesta reológica es muy variada dependiendo del sistema de flujo y las condiciones en las que se estudie. Aquí se observa el fenómeno de la pseudoplasticidad, a

²³ Instituto Tecnológico de Costa Rica (2013)- Ortiz-león, g; Araya-luna, d; Vílchez Monge, m. **Revisión de Modelos Teóricos de la Dinámica de Fluidos Asociada al Flujo de Sangre**. Tecnología en marcha. Vol. 27, N^o 1. pág. 66-76.

mayor velocidad de deformación (y por ende mayor esfuerzo), la viscosidad disminuye.

2.3. Definiciones de términos básicos

2.3.1. Sangre

La sangre humana es un fluido con gran cantidad de funciones dentro del cuerpo humano, entre ellas la entrega de oxígeno y la remoción de dióxido de carbono de tejidos distales, y el transporte de nutrientes y metabolitos de todos los órganos y sistemas del cuerpo humano.

La sangre está conformada por las células sanguíneas y el plasma:

- ✓ **Eritrocitos** (de $4 \cdot 10^6$ a $5 \cdot 10^6$ / mm^3 de sangre).
- ✓ **Plaquetas** (de 200.000 a 400.000 / mm^3 de sangre).
- ✓ **Leucocitos** (de 6.000 a 9.000 / mm^3).
 - Granulocitos
 - Neutrófilos (55-60% de los leucocitos).
 - Eosinófilos (2-5%).
 - Basófilos (0-1%).
 - Agranulocitos
 - Linfocitos (30-35%).
 - Monocitos (3-7%).
- ✓ **Plasma sanguíneo;** es la sustancia intercelular líquida en la que nadan las células y que puede asimilarse a la matriz extracelular en otros

tipos de tejido conectivo. El plasma sanguíneo supone el 55% del volumen sanguíneo y está compuesto por:

- Agua.
- Electrolitos.
- Proteínas nutrientes.
- Sustancias nitrogenadas no proteicas.
- Sustancias reguladoras.

2.3.2. Plaquetas:

Las plaquetas o trombocitos son uno de los elementos que conforman nuestra sangre y juegan un papel muy importante en su proceso de coagulación, de allí que la alteración de sus niveles pueda tener consecuencias graves en nuestra salud, afectando nuestro rendimiento y alterando la capacidad de nuestra sangre para coagular de manera adecuada.

Los niveles normales de plaquetas en la sangre de una persona adulta oscilan entre las 150.000 y las 450.000 por milímetro cúbico.

2.3.3. Colesterol

El colesterol es una sustancia grasa natural presente en todas las células del cuerpo humano necesaria para el normal funcionamiento del organismo. La mayor parte del colesterol se produce en el hígado, aunque también se obtiene a través de algunos alimentos.

Definamos su función:

Interviene en la formación de ácidos biliares, vitales para la digestión de las grasas.

Los rayos solares lo transforman en vitamina D para proteger la piel de agentes químicos y evitar la deshidratación.

A partir de él se forman ciertas hormonas, como las sexuales y las tiroideas.

2.3.4. Viscosidad

La viscosidad está relacionada con la resistencia que opone un fluido a ponerse en movimiento al aplicarse sobre él esfuerzos cortantes (los esfuerzos normales no son capaces de poner en movimiento un fluido). Por esta razón, un aspecto relevante en el transporte de fluidos es el valor de esta propiedad. Por ejemplo, la mayoría de las personas tienen la vivencia de que la leche condensada se pone en movimiento con bastante dificultad, en tanto que el agua puede ponerse en movimiento sin mayor esfuerzo.

Las unidades de la viscosidad cinemática, se pueden deducir a partir de la ecuación y corresponden a:

$$\frac{\textit{longitud}^2}{\textit{tiempo}}$$

En el sistema CGS, las unidades son de cm²/s, que se denomina Stoke.

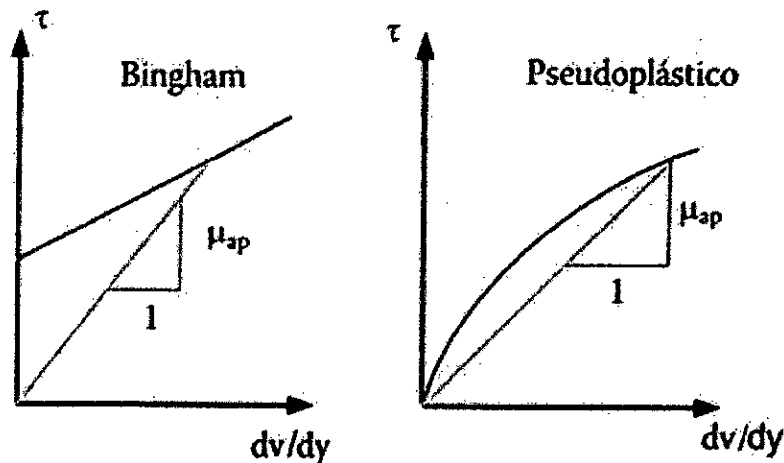
2.3.5. Viscosidad aparente y viscosidad diferencial

Como ya se ha mencionado, cuando los fluidos son no newtonianos la relación entre el esfuerzo de corte y dv/dy es no lineal, pudiendo definirse en estos casos una viscosidad aparente a través de:

Geoméricamente, la viscosidad aparente se puede calcular trazando la secante entre dos puntos de la curva de la forma que se muestra en la figura 2.10.

Otro concepto utilizado es la viscosidad diferencial que viene dado por el ángulo que forma la tangente a la curva, en un punto dado, en el eje de las abscisas: $\mu_{dif} = \tan \beta$ tal como se muestra en la figura 2.11²⁴

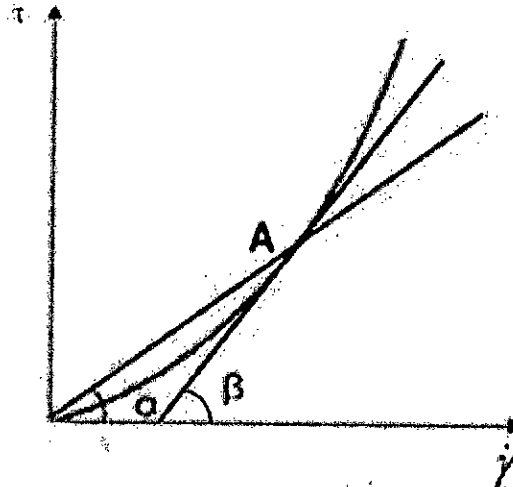
Figura 2.10: Formas de evaluar la viscosidad aparente para(a) Un fluido tipo Bingham y (b) Un fluido pseudoplástico.



Fuente: Métodos de control de pozos, Wild Welt Control

²⁴ Luis Carrasco Venegas, Luz Castañeda Pérez, Karina Altamirano Oncoy. Modelos de Viscosidad de Fluidos No Newtoniano. Universidad Nacional del Callao.

Figura 2.11: Esquema para el cálculo de la viscosidad aparente y viscosidad diferencial



Fuente: Modelos de viscosidad de fluidos no newtonianos, Luis Carrasco Venegas, Luz Castañeda Perez, Karina Altamirano Oncoy.

2.3.6. Viscosidad efectiva, μ_e [cp].

Describe la resistencia del fluido a fluir a través de una geometría particular. El fluido fluyendo a través del espacio anular tendrá una viscosidad efectiva diferente a la que tiene cuando fluye dentro de la tubería de perforación.

También la podemos definir como la viscosidad verdadera en cualquiera de los puntos obtenidos por lecturas del viscosímetro²⁵.

Viscosidad plástica, μ_p [cP]. Es la parte de la resistencia al flujo causada por la fricción, afectada principalmente por la concentración de sólidos, tamaño y forma de las partículas sólidas y la viscosidad de la fase fluida²⁶.

²⁵ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

2.3.7. Reómetro

Los reómetros son equipos que permiten obtener los datos de esfuerzo y velocidad de corte del fluido a analizar y con estos valores nos permite la elaboración de reogramas. Existen dos tipos de reómetros más utilizados, reómetros de flujo de arrastre y reómetro de flujo por presión. Reómetro de flujo de arrastre, que incluyen a los reómetros rotacionales que son los que se detallaran en este trabajo. Véase anexo 7.

2.3.8. Esfuerzo Cortante

Se define como la fuerza necesaria para mover una superficie determinada de fluido y se denota con la letra τ . Según Newton el esfuerzo cortante, también llamado tensión de cizalla, es proporcional al gradiente de velocidad (du/dy); si se duplica la fuerza, se duplica el gradiente de velocidad.

En este caso es necesario un Newton por cada metro cuadrado de área. Las unidades de Esfuerzo Cortante son Newton por metro cuadrado, conocida también como Pascal. Existen unidades alternas, tales como dinas por centímetro cuadrado y libras de fuerza por pulgada cuadrada. Este concepto está relacionado con la fuerza necesaria para mantener a un fluido fluyendo.

²⁶ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

2.3.9. Velocidad de Corte

Se define como la tasa de movimiento del fluido contenido entre dos superficies.

Se determina dividiendo la velocidad con que se mueven las superficies entre la distancia que las separa. En este caso se desplazan a un metro por segundo por cada metro de fluido y por lo tanto se mide en segundos recíprocos ($1/\text{segundo}$ ó seg^{-1}).

Dicho en otras palabras, es la tasa de desplazamiento a la cual una partícula del fluido se mueve con respecto a otra, dividido por la distancia entre ellas.

2.3.10. Índice de consistencia

Representado por K [cP]. Es el factor de consistencia del flujo laminar. Podemos describirla de forma idéntica al concepto de viscosidad plástica dado que un aumento de K indica un aumento en la concentración de sólidos o disminución del tamaño de las partículas²⁷.

Indica la consistencia del fluido; es decir, si el valor de K es alto, el fluido es más "viscoso" y viceversa²⁸.

²⁷ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

²⁸ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

2.3.11. Índice de flujo, n [Adimensional].

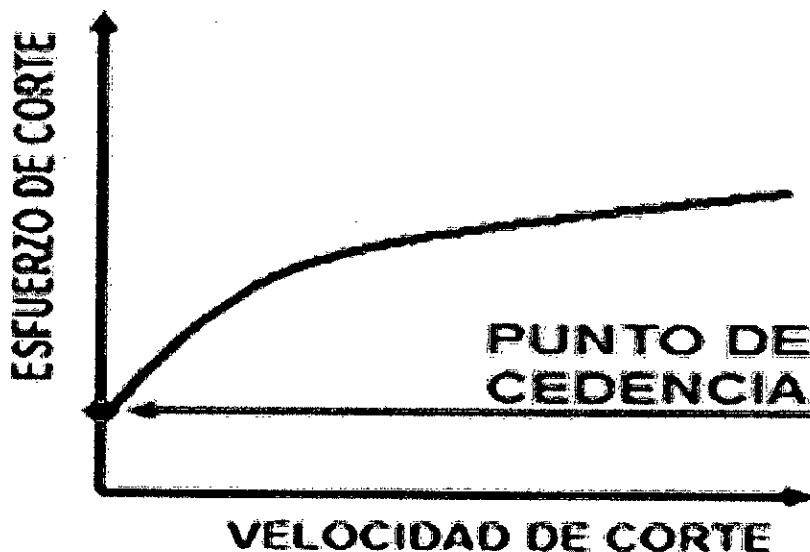
Es la relación numérica entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte.

Es una medida de la no-newtonianidad del fluido, entre más alejado de la unidad sea el valor de n , mas no-Newtoniano es el comportamiento del fluido²⁹.

2.3.12. Punto de cedencia, PC [lb / 100 pies].

Es el esfuerzo mínimo de corte que debe aplicarse a un fluido para que comience a desplazarse³⁰, figura 2.12.

Figura 2.12: Punto de Cedencia



Fuente: Métodos de control de pozos, Wild Welt Control

²⁹ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

³⁰ Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en: http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDADES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.

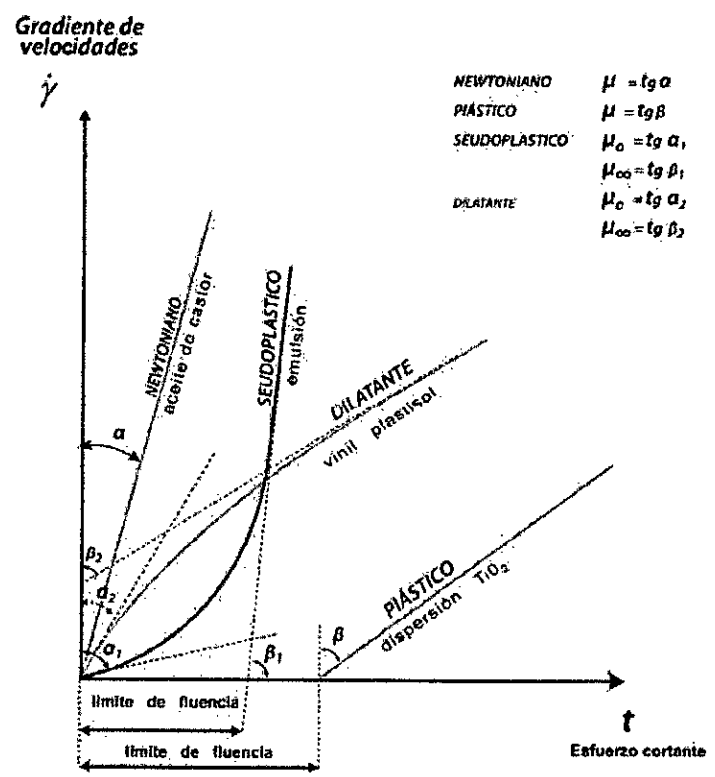
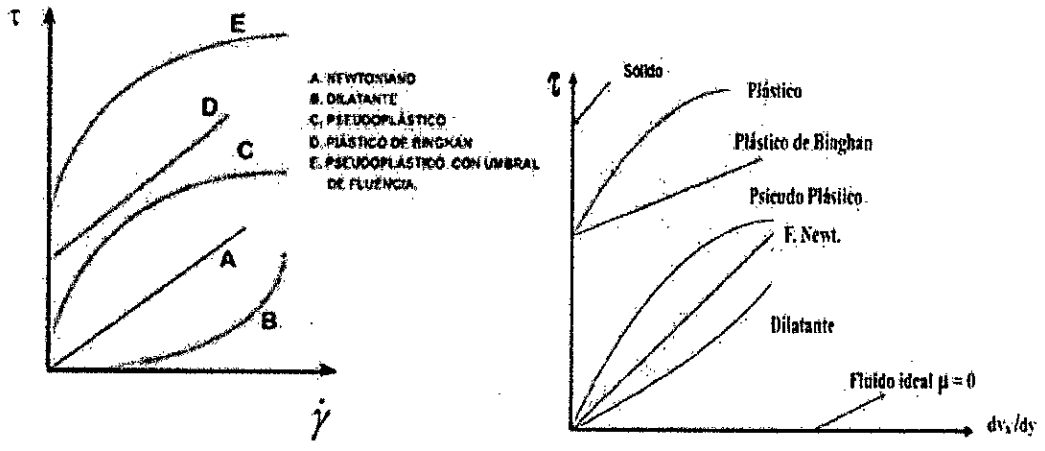
2.3.13. Reogramas

Los fluidos no-newtonianos se caracterizan por los reogramas, que son las representaciones gráficas de sus comportamientos, o bien por sus parámetros reológicos, que son las constantes de las ecuaciones que definen el comportamiento reológico respectivo.

Tanto los reogramas como los parámetros reológicos se obtienen a partir de datos experimentales. En general se traza primero el reograma, buscando un sistema de escalas que permita la linealización y, a partir de los datos gráficos, se calculan los parámetros reológicos. En muchos casos se utilizan solamente reogramas³¹. Ejemplos de algunos reogramas en la figura 2.13.

³¹ Luis Carrasco Venegas, Luz Castañeda Pérez, Karina Altamirano Oncoy. **Modelos de Viscosidad de Fluidos No Newtoniano**. Universidad Nacional del Callao.

Figura 2.13: Reograma de algunos tipos de fluidos independientes del tiempo



Fuente: Modelos de viscosidad de fluidos no newtonianos, Luis Carrasco Venegas, Luz Castañeda Perez, Karina Altamirano Oncoy.

III. VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1. Variables de la investigación

3.1.1. Variables independientes (VI)

X₁: la relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte asociado a la sangre.

X₂: tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte para obtener los parámetros de los modelos asociados a la sangre.

X₃: los reogramas asociados a la sangre.

3.1.2. Variables dependientes (VD)

Y₁: Y₁: Modelos reológicos asociados a la sangre.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 3.1: Operacionalización De Variables Dependientes

DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODO
Modelos reológicos asociados a la sangre.	Reproducibilidad de los datos experimentales mediante los modelos reológicos asociados al comportamiento de la sangre	Los índices de correlación múltiple y análisis de la varianza.	Correlacionando las variables x ₁ , x ₂ y x ₃ .

Fuente propia

Tabla 3.2: Operacionalización de variables independientes

INDEPENDIENTES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODO
La relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte asociado a la sangre	Análisis cuantitativo de la relación de la velocidad de corte y esfuerzo de corte	Diferencias respecto a la relación lineal.	Gráfico.
Tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte para obtener los parámetros de los modelos asociados a la sangre.	Correlación cuantitativa entre los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte asociado a la sangre	Índice de correlación y varianza	Regresión no lineal
Los reogramas asociados a la sangre	Forma típica de los reogramas de los modelos que representan su comportamiento reológico de la sangre.	Desviación respecto al comportamiento a las propiedades del fluido newtoniano.	Gráfico.

Fuente propia

3.3. Hipótesis general e hipótesis específicas.

3.3.1. Hipótesis General

La sangre tiene un comportamiento reológico característico de los fluidos pseudoplástico como los de Ostwald, Waele, Herschelbulkley, Casson y otros.

3.3.2. Hipótesis específica

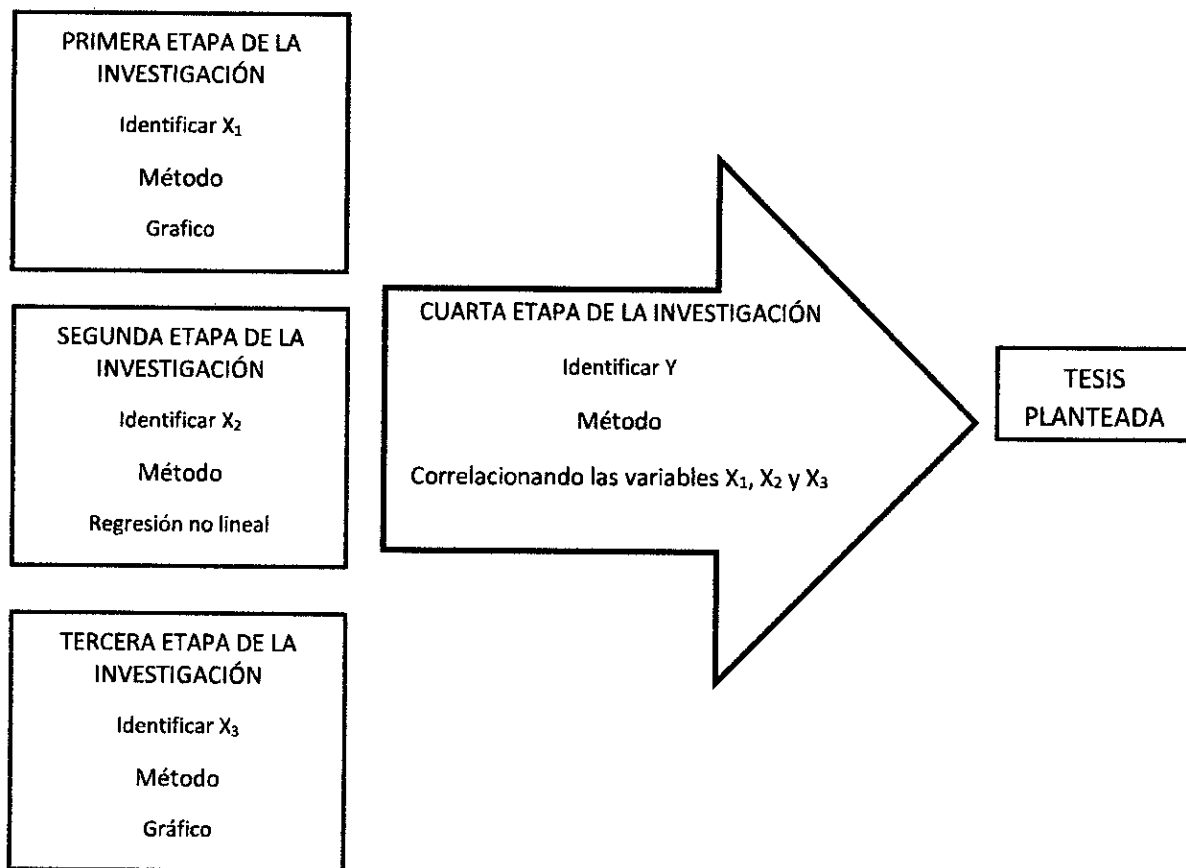
- ❖ Existe una relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte asociado a la sangre.
- ❖ El tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte permite obtener los parámetros de los modelos asociados a la sangre.
- ❖ Los reogramas de sangre tienen el comportamiento típico de un fluido no newtoniano específicamente al del fluido pseudoplástico.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de Investigación

- **Correlacional:** Debido a que la utilidad de este tipo de investigación es saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas.
- **Transversal:** Debido a que se determinará los parámetros y modelos matemáticos en un tiempo determinado interesando estudiar el problema en ese momento.
- **Aplicada:** Ya que es una generación de conocimientos con aplicación directa a los problemas de la sociedad como por ejemplo el posible diagnóstico de padecer alguna enfermedad cardiovascular.
- **Experimental:** Ya que se realizará un conjunto de actividades metódicas y técnicas para recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver. Principalmente se manipula una variable importante la temperatura.

4.2. Diseño de la investigación



4.2.1. Etapas de la investigación

Se ha considerado 4 etapas para la investigación propuesta.

➤ Primera etapa de la investigación

En esta primera etapa de la investigación se recurrió a la revisión de teorías vinculadas a la variable de investigación, en nuestro caso será la variable X_1 , con el fin de identificar esta variable se realizaron Análisis

cuantitativos de la relación de la velocidad de corte y esfuerzo de corte; con el método gráfico se identificó dicha variable.

➤ Segunda etapa de la investigación

En la segunda etapa de la investigación se volvió a requerir de la revisión teórica vinculada a la variable de investigación, en esta etapa la variable será X_3 , con el propósito de identificar algunos argumentos científicos, antecedentes de estudio o base científica.

Se obtuvo esta variable mediante el método de regresión no lineal

➤ Tercera etapa de la investigación

En esta etapa de la investigación, también se requirió revisar teorías vinculadas a la variable de investigación, para esta etapa nuestra variable será X_3 , para este caso usamos el método gráfico para su identificación.

➤ Cuarta etapa de la investigación

En esta última etapa de la investigación con la teoría y la información lograda en las otras tres etapas anteriores, se correlacionaron las variables X_1 , X_2 y X_3 . Se realizaron los ensayos experimentales de viscosidad con un reómetro rotacional.

4.3. Población y muestra

Población: Se extrajo un total de 318 ml de sangre humana a 4 personas, integrantes de una familia domiciliada en el distrito del Rímac, provincia de Lima, departamento de Lima. Se trabajó en 2 grupos: sangre que cumple con los estándares de una persona sana, según Tabla N° 4.1, y sangre que se encuentra fuera de los estándares saludables.

Muestra: Se utilizó 6ml por cada muestra obtenida; en la Tabla N° 4.2 se detalla los códigos y algunas características de las muestras y en el Anexo N° 3 se detallan los parámetros de las muestras.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales se realizaron en una sola etapa. Se realizó en el laboratorio de investigación de la FIQ-UNAC.

4.4.2. Técnica de recolección de datos

A. Análisis clínico

Se obtuvo los análisis clínicos de la sangre para cada muestra en los siguientes laboratorios:

Muestra 1: MedLab Laboratorio Clínico

Muestra 2: Policlínico Municipal – Servicio de Laboratorio

Muestra 3: 4G Laboratorio clínico

Muestra 4: 4G Laboratorio clínico

Las características clínicas de cada muestra se encuentran en el anexo 3

4.4.3. Instrumentos de Recolección de Datos

A. Muestra

- Fluido de la sangre

B. Materiales

- Tubos de ensayos para la recolección de la muestra
- Bolsa recolectora de sangre

C. Equipos

- Refrigeradora
- Cooler
- Reómetro Rotacional

D. Desinfectante

- Alcohol
- Agua destilada

E. Implementos de protección

- Guantes quirúrgicos.
- Cofia.
- Tapa boca
- Mandil blanco

- Pantalón blanco
- Zapatos cerrados blancos.

4.4.4. Procesamiento de las muestras

a. Identificación de las muestras

La sangre usada en la investigación corresponde a 4 personas que pertenecen a una misma familia, todas domiciliadas en el distrito del Rímac – provincia de Lima – departamento de Lima, las cuales se encuentran dentro y fuera del rango de los parámetros de la sangre para considerarlos normales, ver tabla 4.1.

Tabla 4.1: Rango de la composición de la sangre.

Composición	Rango de Referencia	Unidades
Hemoglobina	12.0 – 16.0	g/dL
Hematocrito	36.0 – 48.0	%
Hematíes	4.0 – 5.2	10^6 /mm ³
Plaquetas	150 – 350	10^3 /uL
Glucosa	90 – 130	mg/dl
Colesterol Total	menos 200	mg/dl

Fuente: análisis clínicos del Laboratorios MEDLAB

b. Caracterización de las muestras

Para conocer la composición de la sangre, se realizó los análisis clínicos correspondientes en los laboratorios clínicos ya mencionados en el punto 4.4.2.

c. Extracción de Sangre

El especialista recolecto un total de 318 ml de sangre los cuales fueron recolectados para la primera muestra en una bolsa recolectora de sangre y las otras 3 muestras en tubos de ensayo.

Luego se codificó la sangre, ver tabla N° 4.2

Tabla 4.2: Codificación y características de la muestra

Código de las muestras	Edad	Volumen de la Muestra (ml)	Grupo
MS - 01	28	06	I
MS - 02	64	06	I
MS - 03	36	06	II
MS - 04	54	06	II

I: Sangre que cumple con los estándares

II: Sangre que se encuentra fuera de los estándares

Fuente propia

d. Conservación y Transporte de las Muestras

Las muestras fueron conservadas en un ambiente de temperatura moderada (10 °C - 14 °C), el transporte de la muestra se realizó mediante un cooler para mantener la temperatura indicada.

e. Medidas Reológicas

- Antes de empezar los ensayos experimentales, se procedió a lo siguiente: desinfectar las manos y usar la indumentaria correspondiente (mandil blanco, pantalón blanco, cofia, tapa bocas, guantes quirúrgicos, zapatos blancos).

- Se utilizó un reómetro rotacional con una geometría de paletas de la marca Anton-Paar modelo RheoLab QC.
- Se desinfectó el porta muestra del reómetro con alcohol y agua destilada.
- Se colocaron las muestras de sangre en el contenedor del reómetro para luego fijar la temperatura de análisis; este procedimiento se realizó con todas las temperaturas de trabajo.
- El reómetro RheoLab QC, fue operado desde un computador utilizando el Software RheoPlus.
- El reómetro arrojó como resultado el esfuerzo de corte y la velocidad de corte de la muestra.
- Después de terminar con las corridas se procedió a limpiar y desinfectar el equipo de trabajo.
- Con estos datos obtenidos se realizó los análisis estadísticos para encontrar el modelo de fluido no newtoniano que se asocia al comportamiento de la sangre, y a la vez obtendremos los diferentes reogramas asociados a la sangre.

4.5. Procedimiento de recolección de datos

4.5.1. Recopilación de información

Para la realización del proceso de obtención de la velocidad de corte y esfuerzo de corte de la sangre (muestra de 4 personas) en un reómetro rotacional y a diferentes temperaturas, se hizo uso del reómetro

rotacional que se encuentra en el laboratorio de investigación de la FIQ – UNAC

4.5.2. Fuente secundaria

Se revisaron fuentes bibliográficas de libros, revistas, normas de extracción de sangre, referencias electrónicas, investigaciones preliminares. Además se realizó el análisis clínico de las muestras en laboratorios clínicos especializados.

4.6. Procesamiento Estadístico y Análisis de Datos

Del diseño experimental resultaron 14 combinaciones. Las variables de respuesta fueron la relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte asociado a la sangre. Los reogramas asociados a la sangre y Tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte para obtener los parámetros de los modelos asociados a la sangre, los cuales en conjunto definen el o los modelos reológicos asociados a la sangre.

El análisis de los ajustes de los modelos a los resultados experimentales se realizará a través de los parámetros estadísticos de coeficiente de determinación (R^2) y las pruebas de validación de supuestos para cada uno de ellos, para la determinación de los parámetros reológicos se utilizó el programa POLYMATH.

Mediante el uso de pruebas paramétricas de análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tuckey, con un nivel de significancia ($p=0,05$), se determinó la diferencia o similitud de los Valores de los parámetros de los modelos obtenidos. Y con el grafico de banderas (Excel), se realizó la comparación de los R^2 obtenidos, se determinó gráficamente cual es el más cercano a 1.

V. RESULTADOS

5.1. Parámetros de los modelos de fluidos no newtonianos y parámetros reológicos

A. MS - 01

Luego de haber obtenido la muestra de sangre, se llevaron al laboratorio para ser evaluadas en el reómetro a las siguientes temperaturas 15°C, 20°C, 28°C, 37°C y 45°C; las cuales se muestran a continuación.

Tabla 5.1: Datos reológicos de la sangre a 15°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	7.33	1
2	17.4	1.5
3	30.6	1.99
4	47.1	2.49
5	66.3	2.99
6	87.9	3.49

Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.2: Datos reológicos de la sangre a 20°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	4.71	1
2	14.2	1.5
3	26.1	1.99
4	40.9	2.49
5	59	2.99
6	80.3	3.49

Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.3: Datos reológicos de la sangre a 28°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	4.2	1
2	12.3	1.5
3	24.1	1.99
4	38.8	2.49
5	56.6	2.99
6	77.5	3.49

Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.4: Datos reológicos de la sangre a 37 °C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	6.72	1
2	14.7	1.5
3	26.1	1.99
4	40.5	2.49
5	58	2.99
6	78.5	3.49

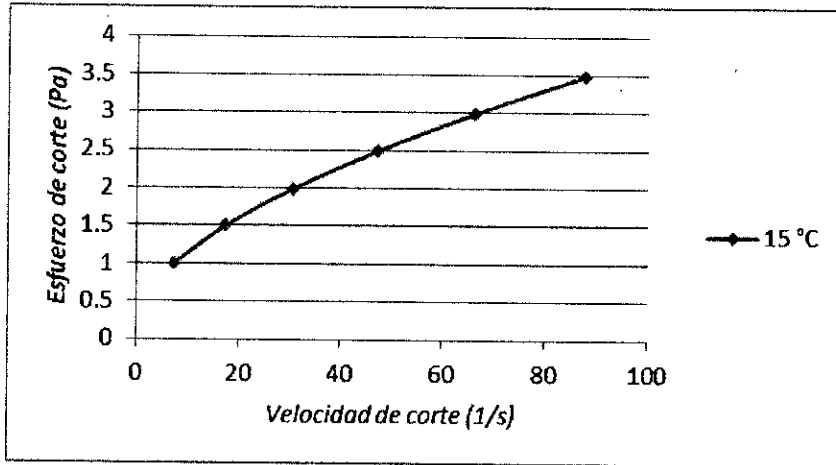
Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.5: Datos reológicos de la sangre a 45°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	3.78	1
2	13.1	1.5
3	24.3	1.99
4	38.9	2.49
5	56.6	2.99
6	77.7	3.49

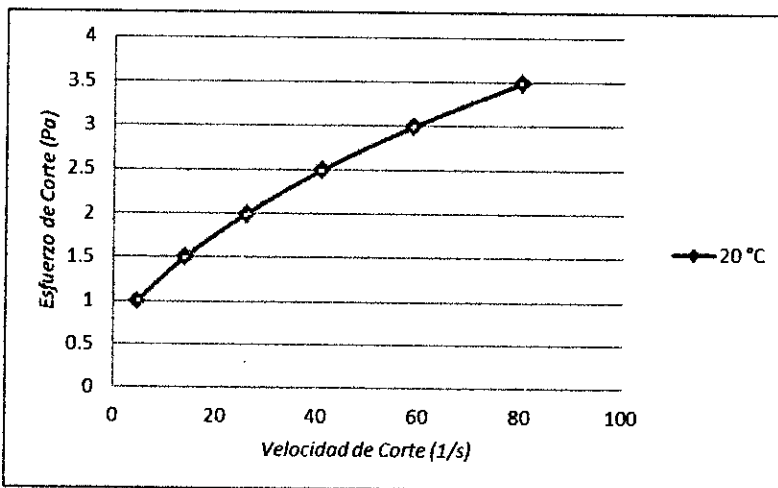
Fuente: Datos reportados del reómetro

Gráfico 5.1: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 15 °C



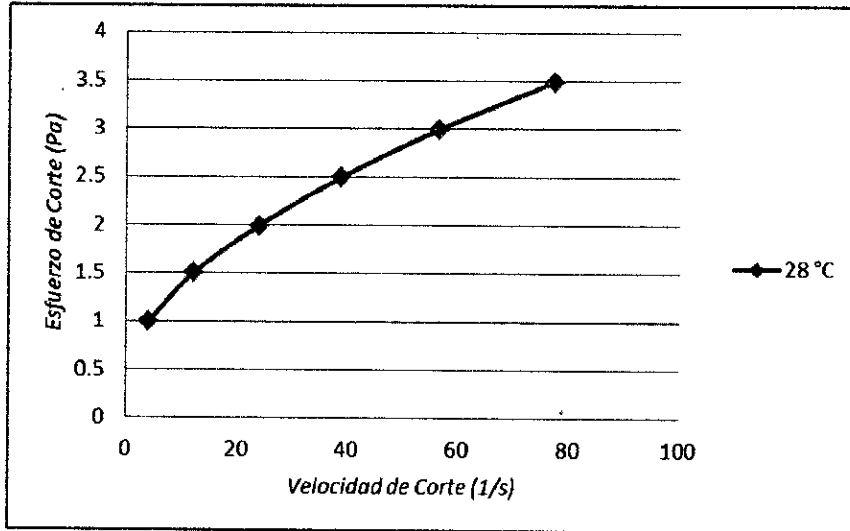
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.1

Gráfico 5.2: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 20 °C



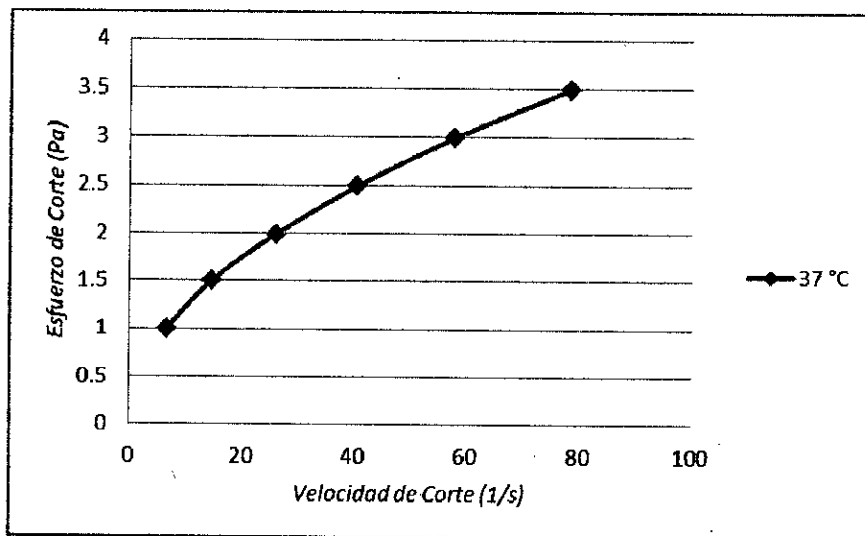
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.2

Gráfico 5.3: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 28 °C



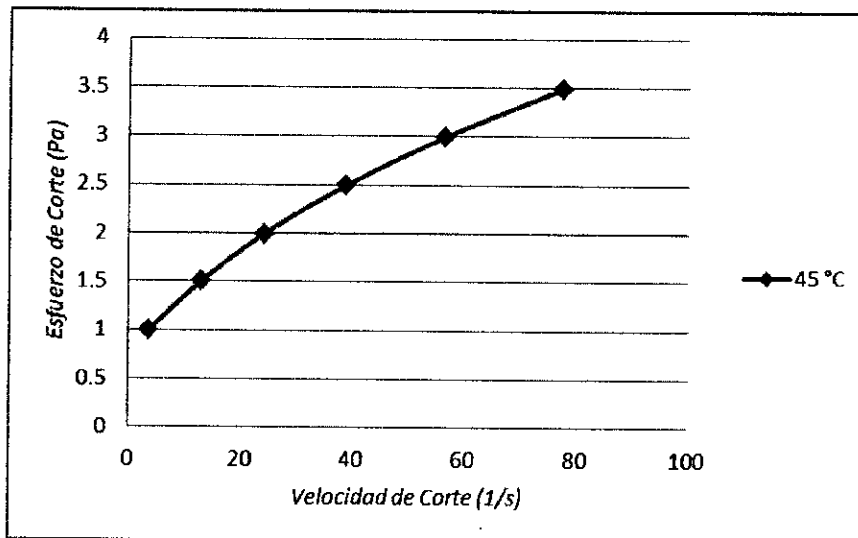
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.3

Gráfico 5.4: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 37 °C



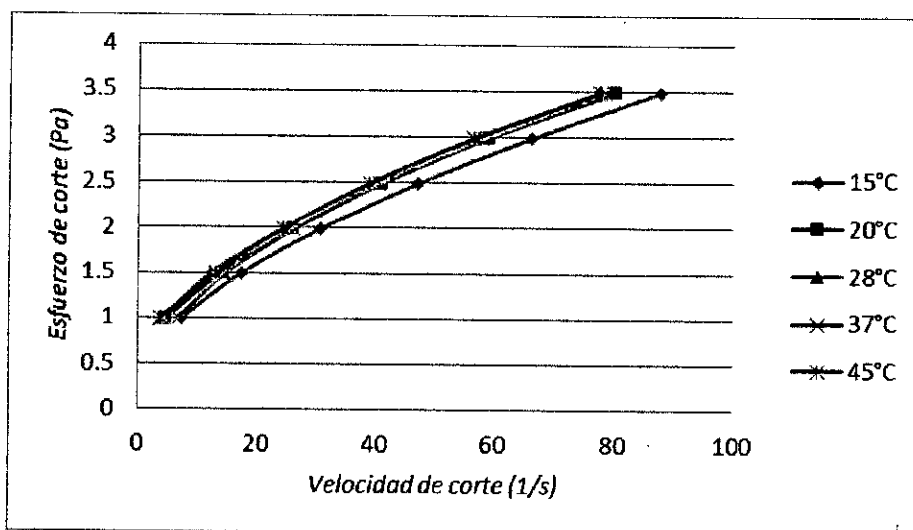
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.4

Gráfico 5.5: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 45 °C



Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.5

Gráfico 5.6: Grafico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte aplicado a la sangre a 15°C, 20°C, 28°C, 37°C y 45°C



Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5

B. MS – 02

Luego de haber obtenido la muestra de sangre, se llevaron al laboratorio para ser evaluadas en el reómetro a las siguientes temperaturas 32°C, 37°C y 42°C; las cuales se muestran a continuación.

Tabla 5.6: Datos reológicos de la sangre a 32°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	4.38	1
2	14.8	1.5
3	26.7	1.99
4	41.9	2.49
5	60.1	2.99
6	81.7	3.49

Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.7: Datos reológicos de la sangre a 37°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	6.16	1
2	15.4	1.5
3	27.1	1.99
4	41.8	2.49
5	59.9	2.99
6	81.1	3.49

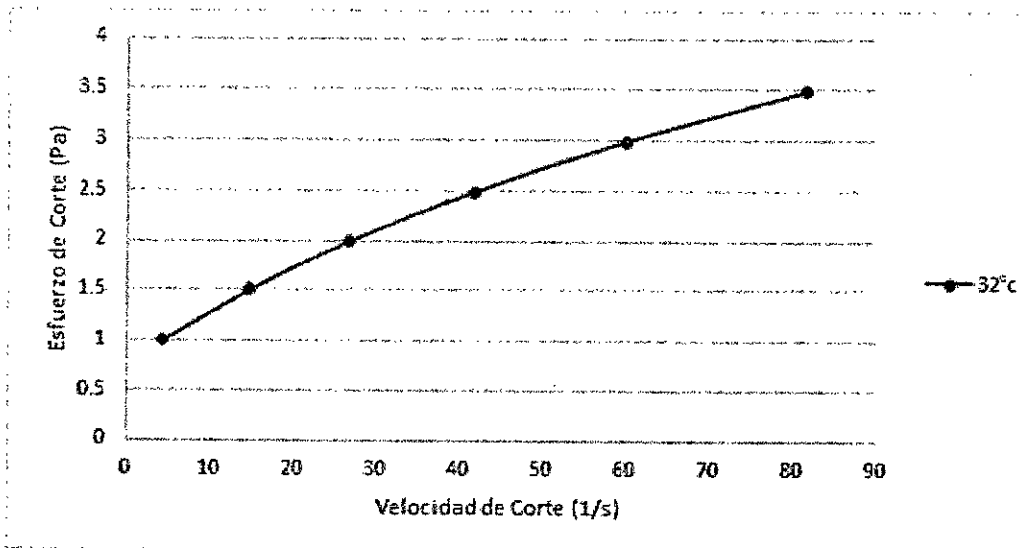
Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.8: Datos reológicos de la sangre a 42°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	6.93	1
2	15.4	1.5
3	27	1.99
4	41.4	2.49
5	59.3	2.99
6	80.7	3.49

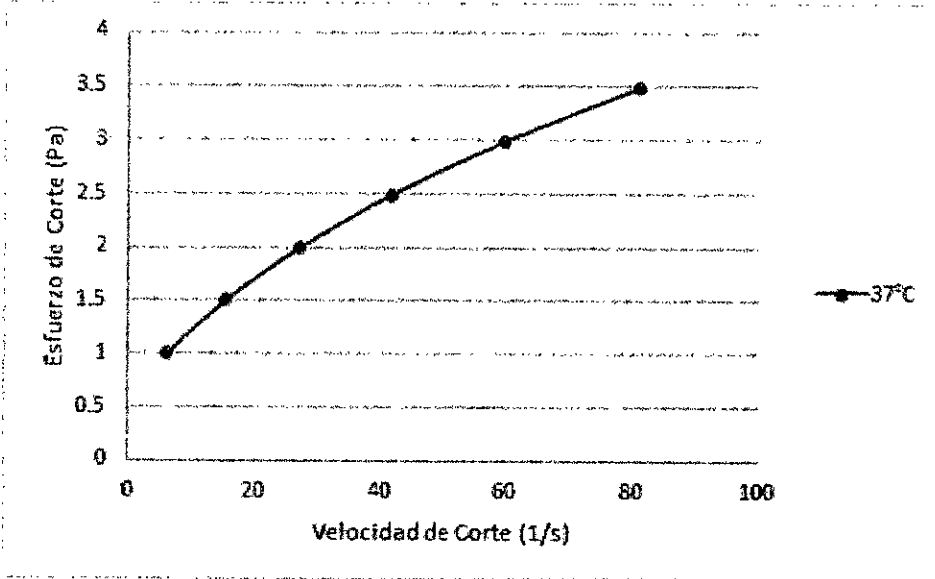
Fuente: Datos reportados del reómetro

Gráfico 5.7: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C



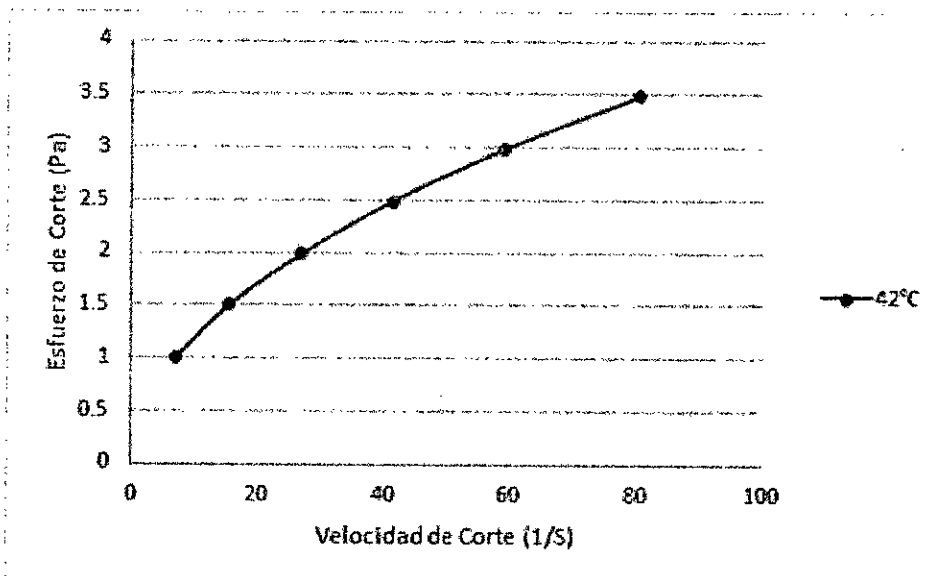
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.6

Gráfico 5.8: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 37 °C



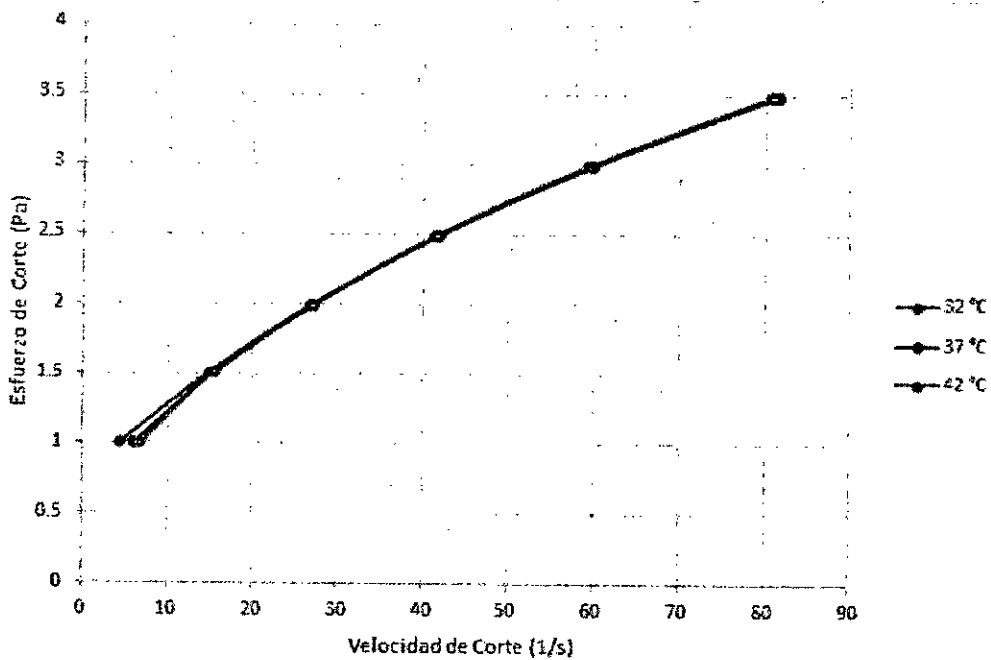
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.7

Gráfico 5.9: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 42 °C



Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.8

Gráfico 5.10: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C, 37 °C y 42 °C



Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.6, 5.7 y 5.8

C. MS – 03

Luego de haber obtenido la muestra de sangre, se llevaron al laboratorio para ser evaluadas en el reómetro a las siguientes temperaturas 32°C, 37°C y 42°C; las cuales se muestran a continuación.

Tabla 5.9: Datos reológicos de la sangre a 32°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	5.59	1
2	14.3	1.5
3	26	1.99
4	40.7	2.49
5	59.2	2.99
6	81	3.49

Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.10: Datos reológicos de la sangre a 37°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	3.08	1
2	12	1.5
3	23.7	1.99
4	38.2	2.49
5	55.9	2.99
6	77.1	3.49

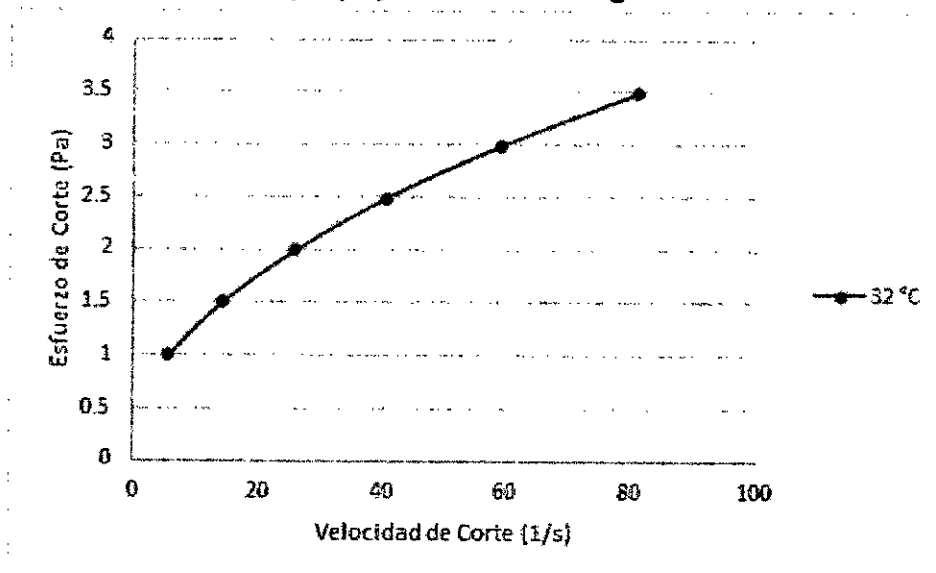
Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.11: Datos reológicos de la sangre a 42°C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	4.33	1
2	13.7	1.5
3	25	1.99
4	39.7	2.49
5	57.5	2.99
6	78.4	3.49

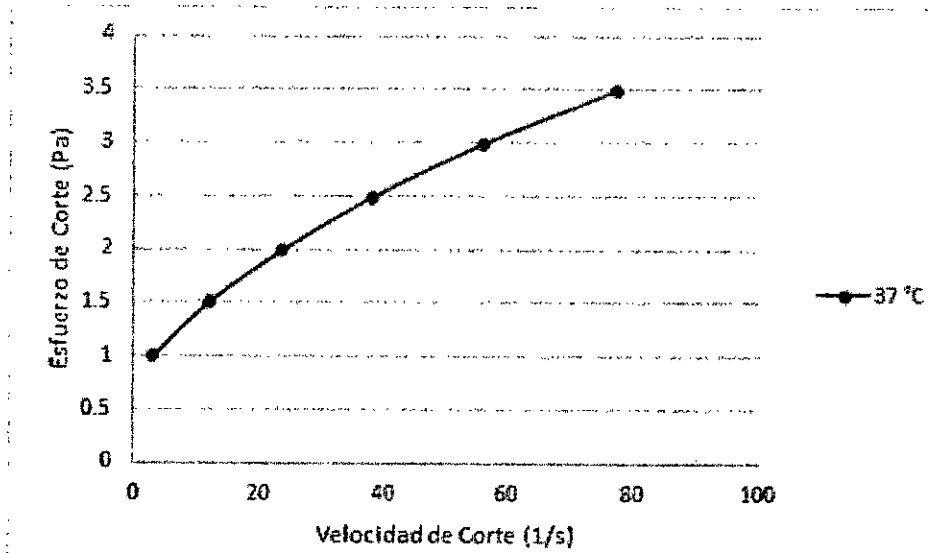
Fuente: Datos reportados del reómetro

Gráfico 5.11: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C



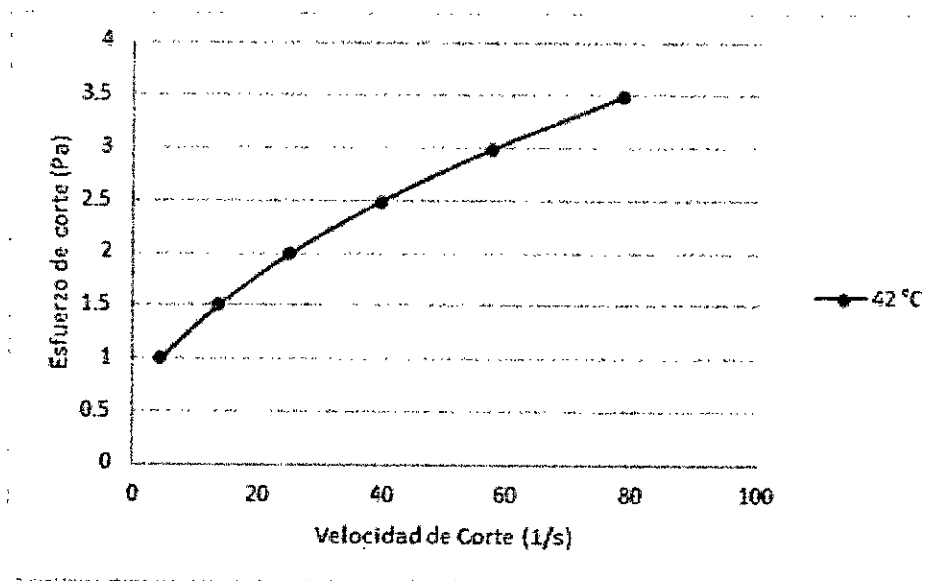
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.9

Gráfico 5.12: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte 1/s) aplicado a la sangre a 37 °C



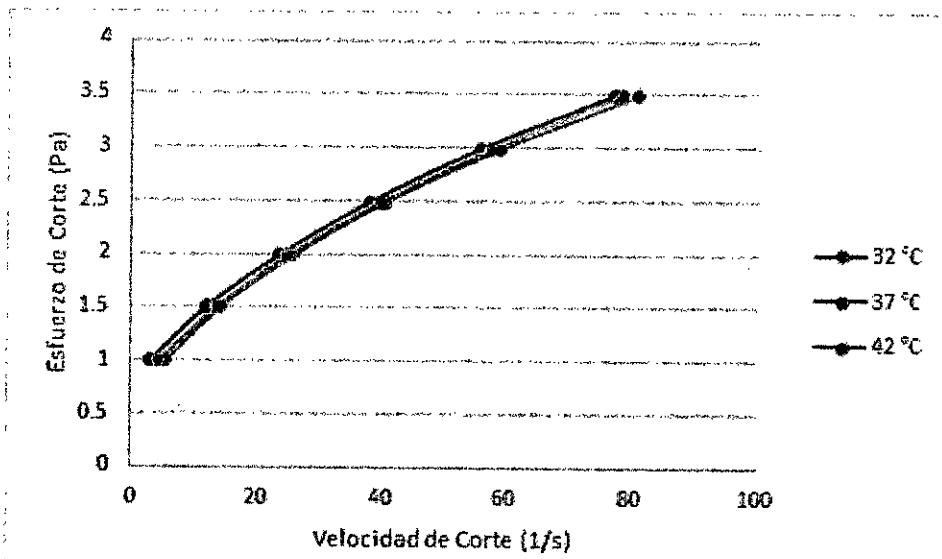
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.10

Gráfico 5.13: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 42 °C



Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.11

Gráfico 5.14: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C, 37°C y 42°C



Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.9, 5.10 y 5.11

D. MS – 04

Luego de haber obtenido la muestra de sangre, se llevaron al laboratorio para ser evaluadas en el reómetro a las siguientes temperaturas 32°C, 37°C y 42°C; las cuales se muestran a continuación.

Tabla 5.12: Datos reológicos de la sangre a 32 °C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	6.78	1
2	15.1	1.5
3	26.6	1.99
4	40.9	2.49
5	58.4	2.99
6	79.4	3.49

Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.13: Datos reológicos de la sangre a 37 °C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	3.38	1
2	11.3	1.5
3	23.1	1.99
4	37.4	2.49
5	55	2.99
6	75.9	3.49

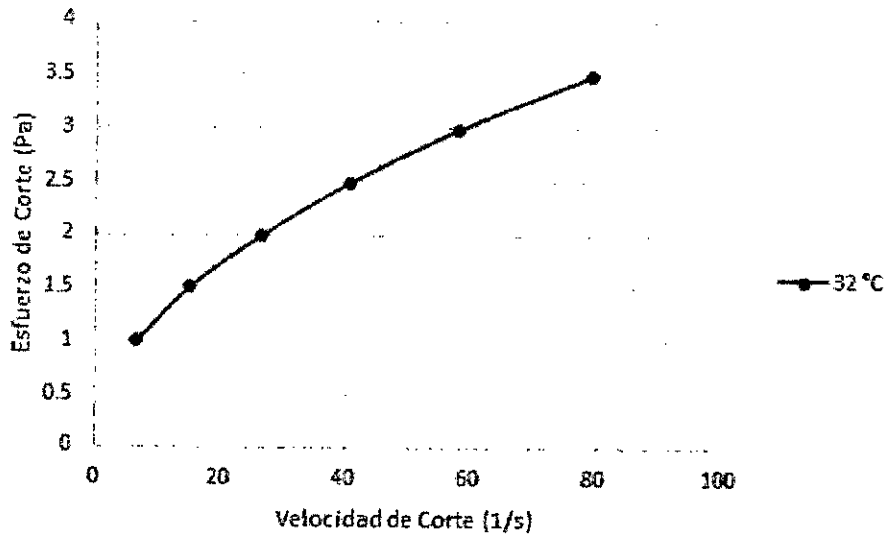
Fuente: Datos reportados del reómetro

Tabla 5.14: Datos reológicos de la sangre a 42 °C

Nº	Velocidad de corte (1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)
1	2.84	1
2	10.8	1.5
3	21.5	1.99
4	35.1	2.49
5	52.4	2.99
6	73.1	3.49

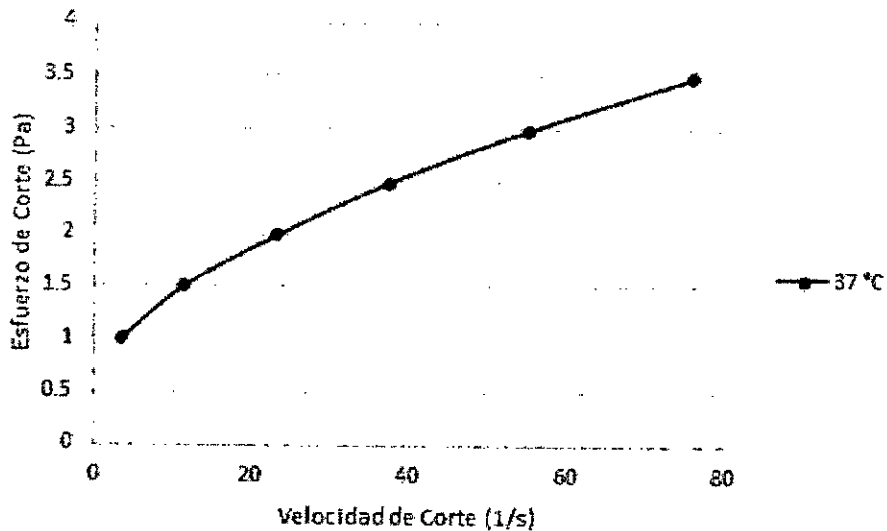
Fuente: Datos reportados del reómetro

Gráfico 5.15: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 32 °C



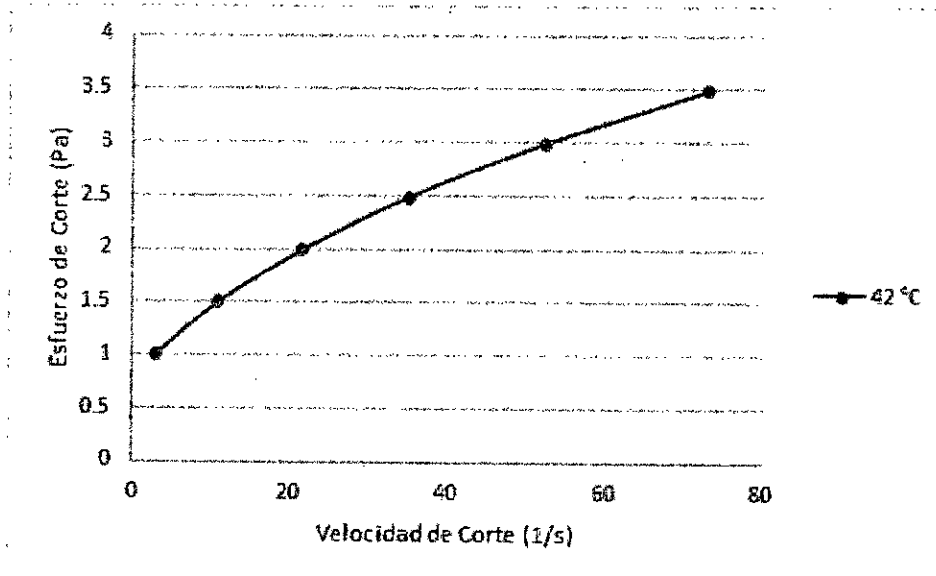
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.12

Gráfico 5.16: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 37 °C



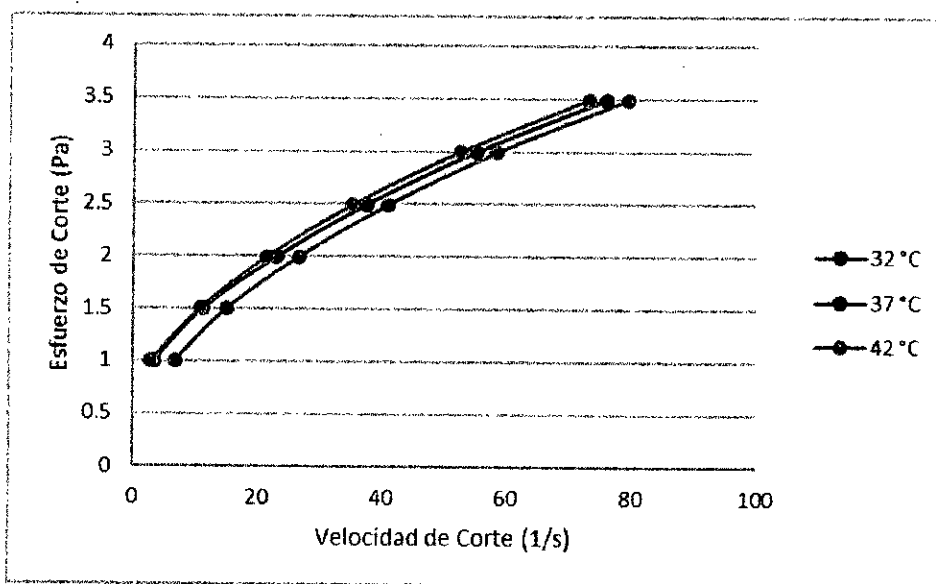
Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.13

Gráfico 5.17: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 42 °C



Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.14

Gráfico 5.18: Grafico del esfuerzo de corte (Pa) y velocidad de corte (1/s) aplicado a la sangre a 42 °C



Fuente propia: Obtenida a partir de los datos de la Tabla 5.12, 5.13 y 5.14

5.2. Cálculo de los parámetros de los modelos de fluidos no newtonianos a partir de los datos experimentales

A. MS - 01

- Cálculo de los parámetros del modelo de Herschel-Bulkley I

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \tau_0 + \mu \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{1}{\mu} \right)^m (\tau - \tau_0)^m$	$y = A + Bx^C$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	15°C	20°C	28°C	37°C	45°C
A	0.257132	0.4351388	0.4197392	0.0113791	0.5114224
B	0.2293223	0.2191854	0.2565153	0.3756052	0.2128055
C	0.5909976	0.6014206	0.5707111	0.5100339	0.6071641
R ²	0.9999955	0.9998451	0.999978	0.9999713	0.9997047
R ² adj	0.9999926	0.9997419	0.9999634	0.9999522	0.9995079
Rmsd	0.0007337	0.0043183	0.0016266	0.0018594	0.0059629
Variance	6.46E-06	0.0002238	3.18E-05	4.15E-05	0.0004267

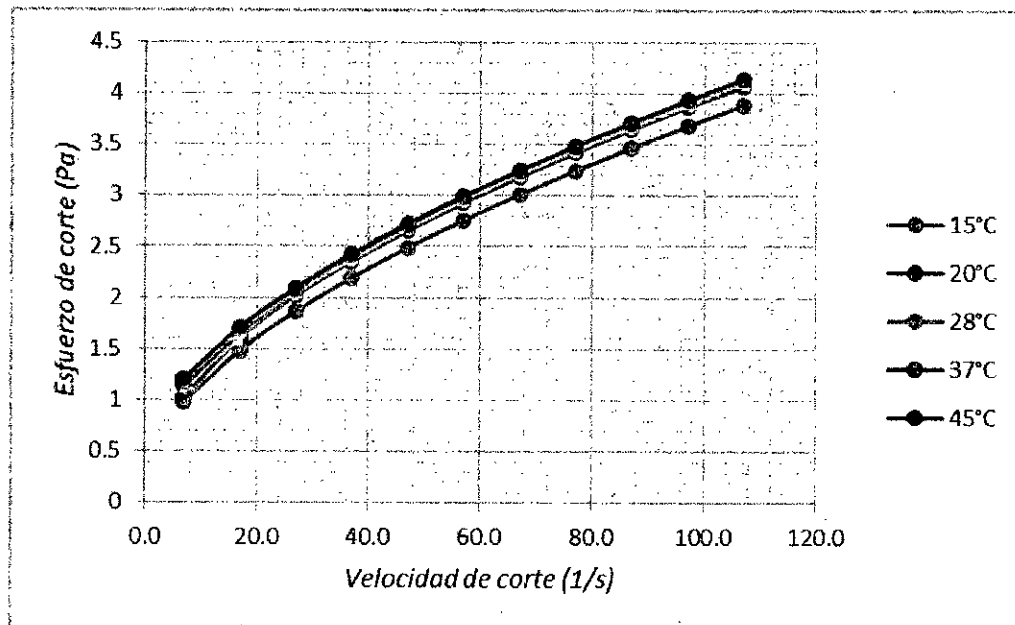
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4. y 5.5.

Tabla 5.15: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Herschel – Bulkley I

Gamma	15°C			20°C			28°C			37°C			45°C		
	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
7.0	0.98139651	0.1401995	0.06114837	1.14157182	0.16308169	0.06069477	1.19852873	0.17121839	0.06349483	1.0247309	0.14639013	0.07383482	1.20500157	0.17214308	0.06015948
17.0	1.48072969	0.08710175	0.04253784	1.63970022	0.09645295	0.04261459	1.71198203	0.10070483	0.0433822	1.60469635	0.0943939	0.04780269	1.70010871	0.10000639	0.04245457
27.0	1.86547561	0.06909169	0.03520471	2.02611351	0.07504124	0.0354387	2.10244605	0.07786837	0.03556813	2.02870302	0.07513715	0.03810754	2.08560657	0.07724469	0.03539956
37.0	2.19466784	0.05931535	0.03094808	2.35805538	0.06373123	0.03125626	2.43394297	0.06578224	0.03106834	2.38039316	0.06433495	0.03265615	2.41749148	0.06533761	0.03127829
47.0	2.48891574	0.05295565	0.02806338	2.65561294	0.0565024	0.02841359	2.72860176	0.05805536	0.02803603	2.68782327	0.05718773	0.0290442	2.71546832	0.05777592	0.02847271
57.0	2.75842239	0.04839338	0.02593433	2.92876258	0.0513818	0.02631082	2.99730965	0.05258438	0.02580786	2.96454127	0.0520095	0.02642479	2.98934094	0.05244458	0.02639479
67.0	3.00915535	0.04491277	0.02427521	3.18335329	0.04751274	0.02466915	3.2464048	0.0484538	0.02407775	3.21832512	0.0480347	0.0244127	3.24486471	0.04843082	0.02477087
77.0	3.24497505	0.04214253	0.02293257	3.42317604	0.04445683	0.02333853	3.47997204	0.04519444	0.02268193	3.45413172	0.04485885	0.02280416	3.4857739	0.04526979	0.0234535
87.0	3.46855499	0.03986845	0.02181544	3.65086049	0.04196391	0.0222299	3.70083144	0.04253829	0.02152363	3.67535126	0.04224542	0.02147989	3.71466115	0.04269725	0.02235508
97.0	3.68184053	0.03795712	0.02086592	3.86832273	0.03987962	0.02128647	3.91102945	0.04031989	0.02054142	3.884424	0.04004561	0.02036479	3.933417	0.04055069	0.02141971
107.0	3.88630132	0.03632057	0.02004514	4.07701209	0.03810292	0.02047007	4.11210842	0.03843092	0.01969417	4.08317611	0.03816052	0.01940892	4.14347244	0.03872404	0.02060982

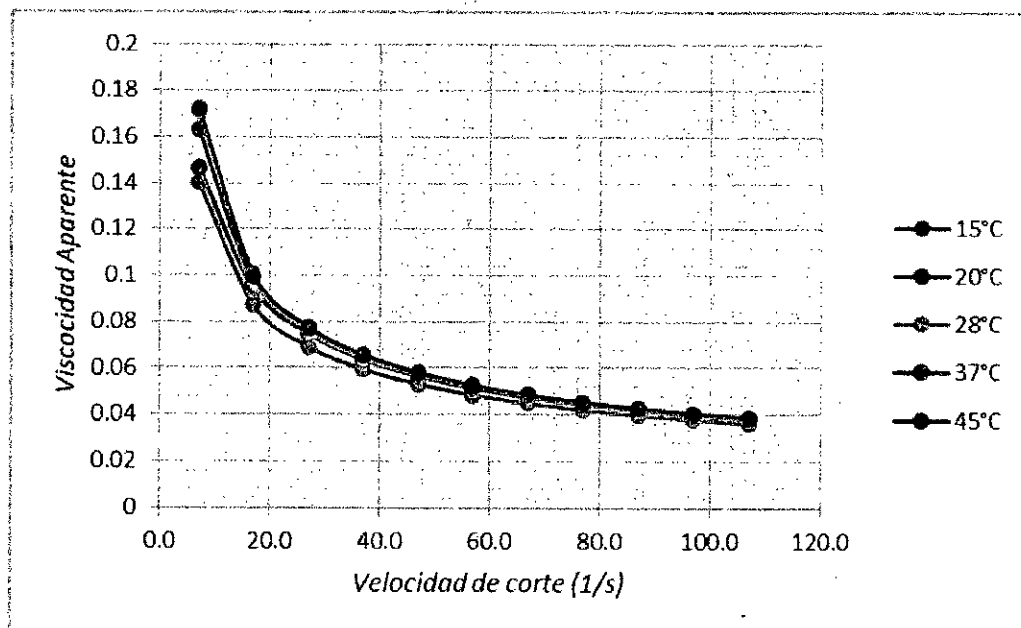
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Herschel-Bulkley I

Gráfico 5.19: Gráfico Comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



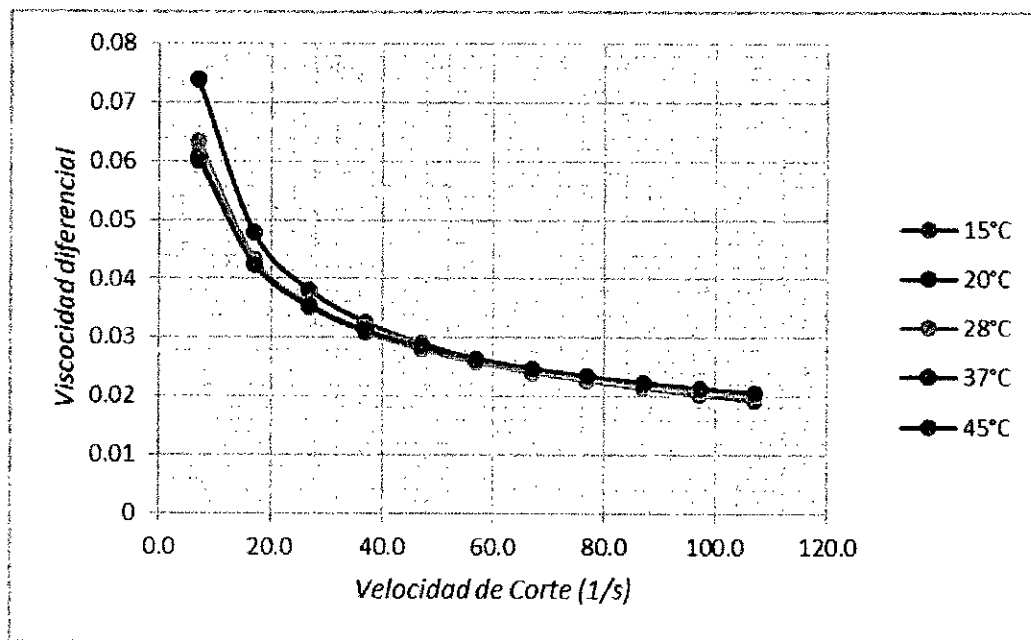
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.15

Gráfico 5.20: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo Herschel-Bulkley I



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.15

Gráfico 5.21: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.15

- Cálculo de los parámetros del modelo de Casson -
Generalizada N°1

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ <p>$n > 1 \quad m > 1$</p>	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} \left(\tau^{1/n} - \tau_0^{1/n} \right)^m$	$y = (A + Bx^C)^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	15°C	20°C	28°C	37°C	45°C
A	0.2952584	0.4748685	0.4364669	0.0138818	0.6099531
B	0.304568	0.0419146	0.2759012	0.4590128	0.029272
C	0.421527	1.630014	0.4986589	0.4030528	1.946386
n	1.49638	0.3137394	1.193486	1.268225	0.2527464
R ²	0.9999986	0.9999928	0.9999789	0.9999714	0.9999989
R ² adj	0.9999965	0.9999819	0.9999471	0.9999286	0.9999973
Rmsd	0.0004118	0.0009338	0.0015957	0.0018551	0.0003589
Variance	3.05E-06	1.57E-05	4.58E-05	6.20E-05	2.32E-06

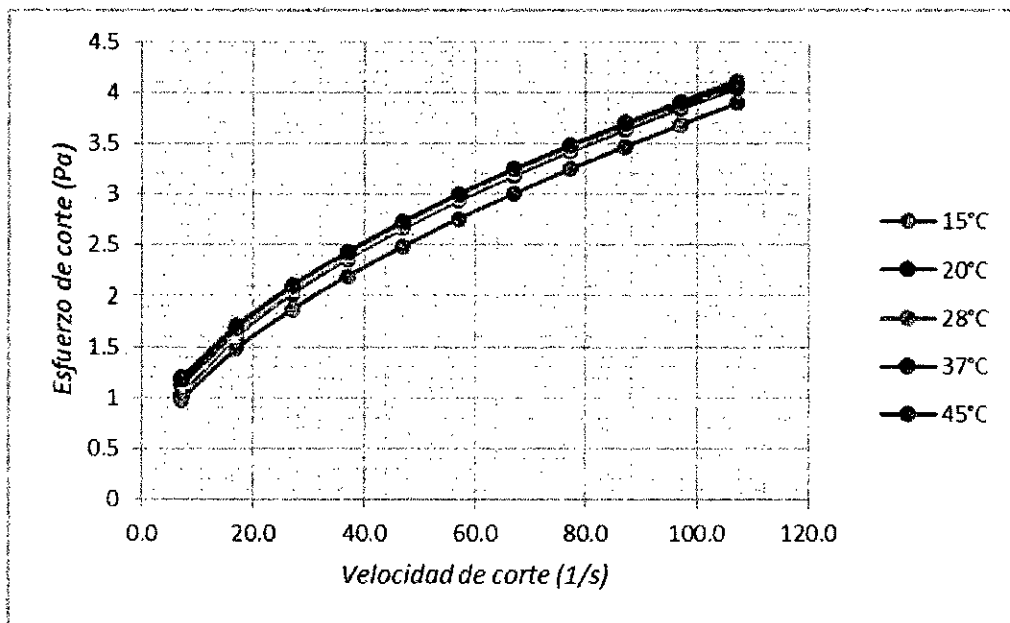
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5

Tabla 5.16: Parámetros reológicos de la sangre a las diferentes temperaturas basados en el modelo de Casson
- Generalizada N°1

Gamma	15°C			20°C			28°C			37°C			45°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	0.98054371	0.14007767	0.06192337	1.12958916	0.16136988	0.05594911	1.19936144	0.17133735	0.06375164	1.02482665	0.14640381	0.07381705	1.17646753	0.16806679	0.05616726
17.0	1.48199401	0.08717612	0.04250533	1.62733478	0.09572558	0.04403013	1.71282064	0.10075416	0.04329013	1.60460273	0.0943884	0.04778642	1.68483485	0.09910793	0.04498019
27.0	1.86594823	0.06910919	0.03510825	2.02659394	0.07505903	0.03646666	2.10236992	0.07786555	0.0354887	2.02848095	0.07512892	0.03809781	2.09040716	0.07742249	0.03683114
37.0	2.1942647	0.05930445	0.03087463	2.36582437	0.0639412	0.03170158	2.43327347	0.06576415	0.03102981	2.38009856	0.06432699	0.03265111	2.43150332	0.06571631	0.03174227
47.0	2.48796655	0.05293546	0.02802837	2.66541939	0.05671105	0.02839676	2.7277494	0.05803722	0.02803722	2.68749598	0.05718077	0.02904253	2.73049957	0.05809574	0.02825213
57.0	2.75732043	0.04837404	0.02593845	2.93656572	0.0515187	0.02594288	2.99664658	0.05257275	0.02584364	2.96421049	0.05200369	0.02642564	2.99958359	0.05262427	0.0256835
67.0	3.00827874	0.04489968	0.02431557	3.18607087	0.0475533	0.02403136	3.24625112	0.04845151	0.02414307	3.21801303	0.04803005	0.02441551	3.24609232	0.04844914	0.02369636
77.0	3.24466831	0.04213855	0.02300559	3.418417	0.04439503	0.02248922	3.48060117	0.04520261	0.02277253	3.45385572	0.04485527	0.02280852	3.47481229	0.04512743	0.02210203
87.0	3.46912716	0.03987502	0.02191766	3.636733	0.04180153	0.02121158	3.70247801	0.04255722	0.02163599	3.67512532	0.04224282	0.0214855	3.68905999	0.04240299	0.0207871
97.0	3.68356792	0.03797493	0.02099427	3.84330248	0.03962168	0.0201308	3.91389633	0.04034945	0.02067269	3.88425959	0.04004391	0.02037144	3.89124124	0.04011589	0.019679
107.0	3.88943141	0.03634983	0.02019692	4.03985137	0.03775562	0.01920115	4.1163725	0.03847077	0.01984198	4.08308276	0.03815965	0.01941645	4.08316513	0.03816042	0.01872892

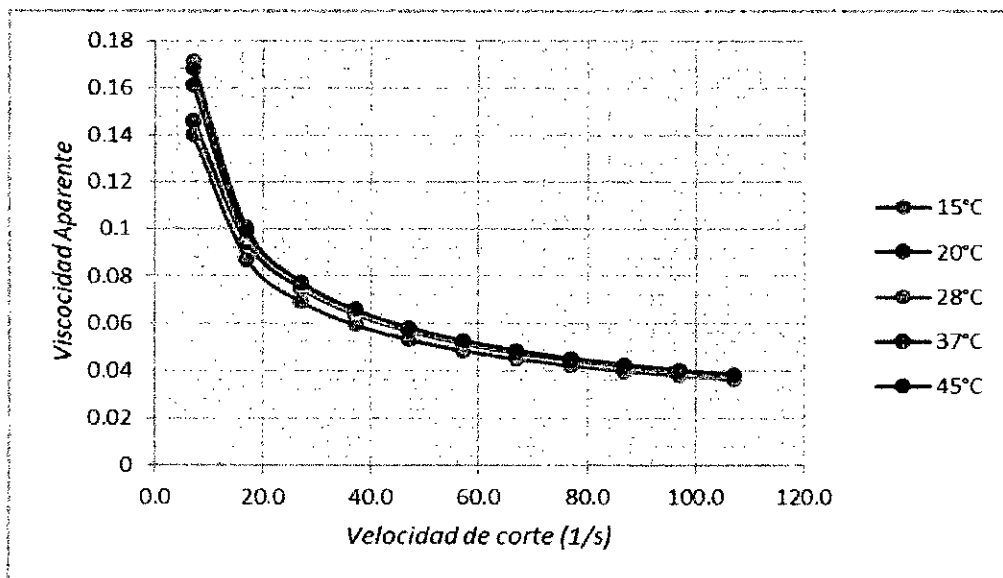
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Casson Generalizada N° 1

Gráfico 5.22: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson Generalizada N° 1



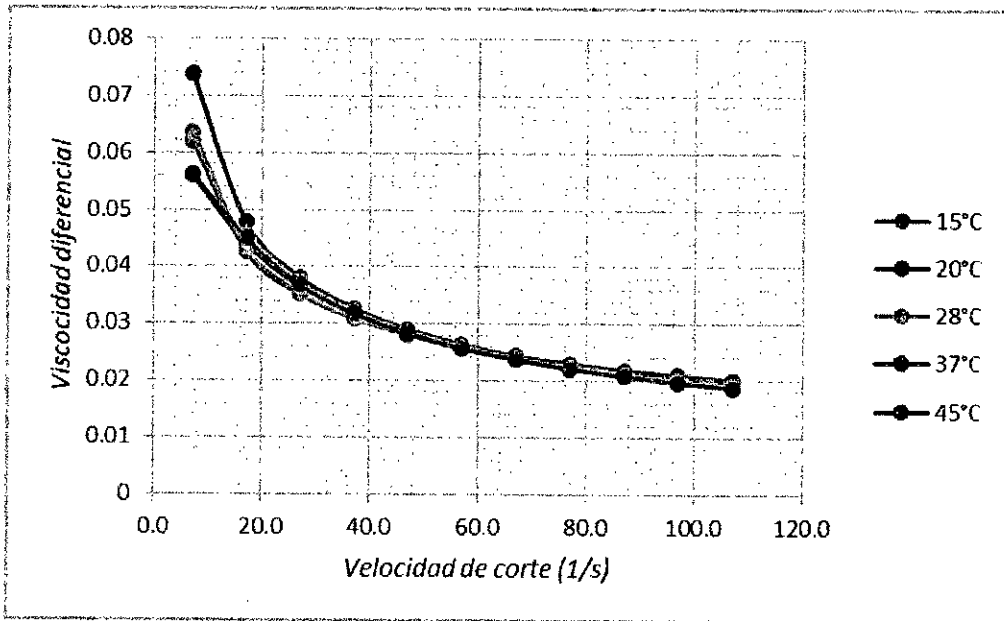
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.16

Gráfico 5.23: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson Generalizada N° 1



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.16

Gráfico 5.24: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson Generalizada N° 1



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.16

- Cálculo de los parámetros del modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = k \left(\frac{du}{dy} \right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{\tau}{k} \right)^{1/n}$	$y = A * x^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	15°C	20°C	28°C	37°C	45°C
A	0.3442521	0.4396446	0.4860921	0.3814041	0.4861905
n	0.5159097	0.4700479	0.4504292	0.5072163	0.4498491
R ²	0.9993098	0.9970058	0.9975761	0.9999703	0.9950492
R ² adj	0.9991373	0.9962572	0.9969701	0.9999629	0.9938115
Rmsd	0.0091165	0.0189886	0.0170847	0.0018899	0.0244168
Variance	0.000748	0.0032451	0.002627	3.22E-05	0.0053656

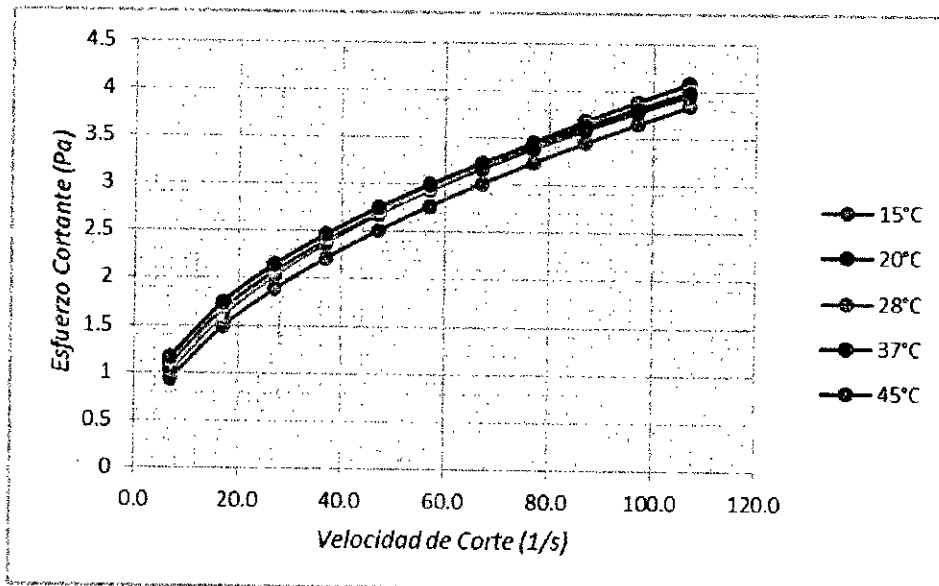
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5.

Tabla 5.17: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Gamma	15°C			20°C			28°C			37°C			45°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	0.93944395	0.13420628	0.06923832	1.09733265	0.15676181	0.07368556	1.16781862	0.16683123	0.07514566	1.02337042	0.14619577	0.07415288	1.16673724	0.16667675	0.07497939
17.0	1.48483136	0.08734302	0.04506111	1.66522022	0.09795413	0.04604313	1.74160108	0.10244712	0.04614518	1.605052	0.09441482	0.04788874	1.73909301	0.10229959	0.04601938
27.0	1.88508548	0.06981798	0.03601977	2.06971847	0.07665624	0.0360321	2.14509533	0.07944798	0.03578569	2.02953427	0.07516794	0.0381264	2.14143142	0.07931227	0.03567856
37.0	2.217824	0.05994119	0.03092424	2.4001129	0.06486792	0.03049103	2.47219322	0.06681603	0.03009589	2.38123816	0.06435779	0.03264332	2.46751955	0.06668972	0.03000031
47.0	2.50915854	0.05338635	0.02754254	2.68576389	0.05714391	0.02686038	2.75346946	0.05858446	0.02638815	2.68844184	0.05720089	0.02901322	2.74788267	0.05846559	0.02630069
57.0	2.77172072	0.04862668	0.02508698	2.94067502	0.05159079	0.02425014	3.00341862	0.05269155	0.02373381	2.96478841	0.05201383	0.02638226	2.9969893	0.05257876	0.02365251
67.0	3.01277225	0.04496675	0.02319878	3.17281222	0.04735541	0.02225931	3.23024881	0.04821267	0.02171639	3.21810539	0.04803142	0.02436232	3.22303169	0.04810495	0.02163997
77.0	3.23694606	0.04203826	0.02168795	3.38721487	0.0439898	0.02067731	3.43913379	0.04466408	0.020118	3.45337868	0.04484907	0.02274818	3.43117306	0.04456069	0.02004559
87.0	3.44741363	0.03962544	0.02044315	3.58730824	0.04123343	0.01938169	3.63357951	0.04176528	0.0188123	3.67401679	0.04223008	0.02141978	3.62491192	0.04166565	0.01874326
97.0	3.64645961	0.03759237	0.01939427	3.77554477	0.03892314	0.01829574	3.81608962	0.03934113	0.01772039	3.88247229	0.04002549	0.02030158	3.8067464	0.03924481	0.01765424
107.0	3.83579487	0.03584855	0.01849461	3.9537511	0.03695094	0.01736871	3.98852459	0.03727593	0.01679017	4.08057992	0.03813626	0.01934333	3.97853272	0.03718255	0.01672654

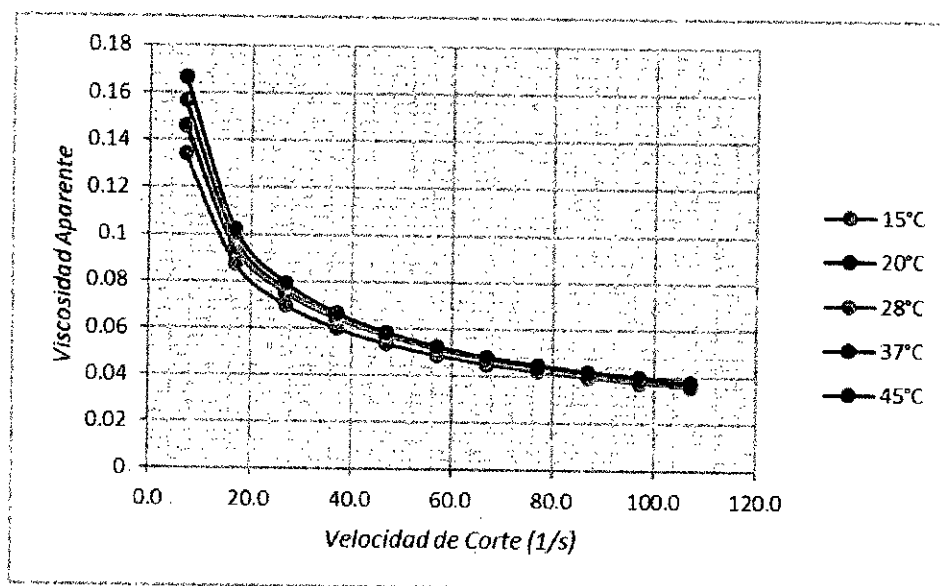
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Ostwald – de Waele-Nutting.

Gráfico 5.25: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



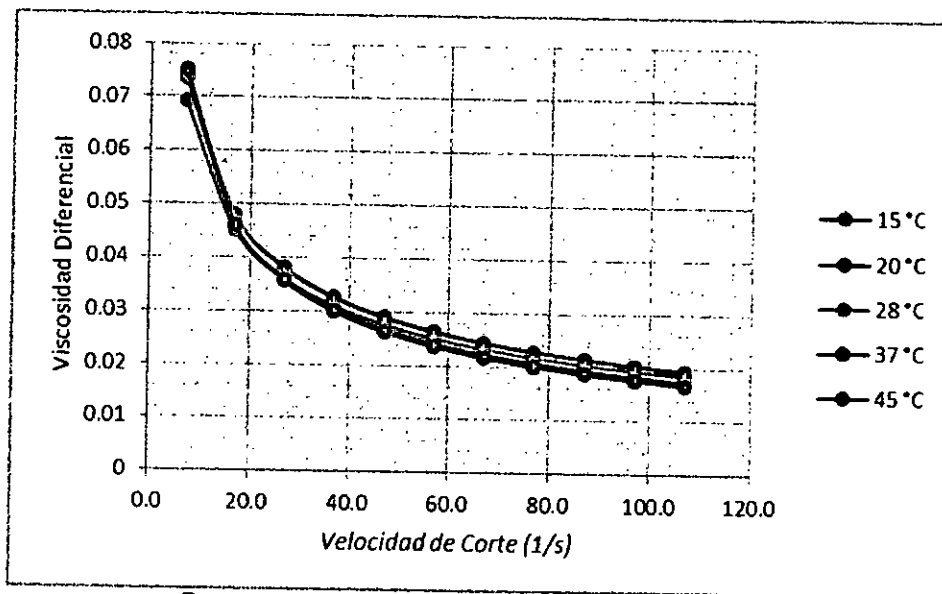
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.17

Gráfico 5.26: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.17

Gráfico 5.27: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.17

- Cálculo de los parámetros del modelo de Sisko

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = A \cdot \frac{du}{dy} + B \cdot \left(\frac{du}{dy} \right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{A + B \cdot \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}}$	$y = A * x + B * x^n$

	15°C	20°C	28°C	37°C	45°C
A	0.0093967	0.0137802	0.0127705	0.0008137	0.0156502
B	0.3986297	0.5423392	0.5795675	0.3845673	0.6133977
n	0.4245152	0.3389646	0.3367683	0.5012056	0.3029452
R ²	0.9999925	0.9995266	0.9999006	0.9999734	0.9991683
R ² adj	0.9999875	0.999211	0.9998344	0.9999557	0.9986138
Rmsd	0.0009486	0.0075502	0.0034592	0.0017888	0.0100078
Variance	1.08E-05	0.0006841	0.0001436	3.84E-05	0.0012019

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

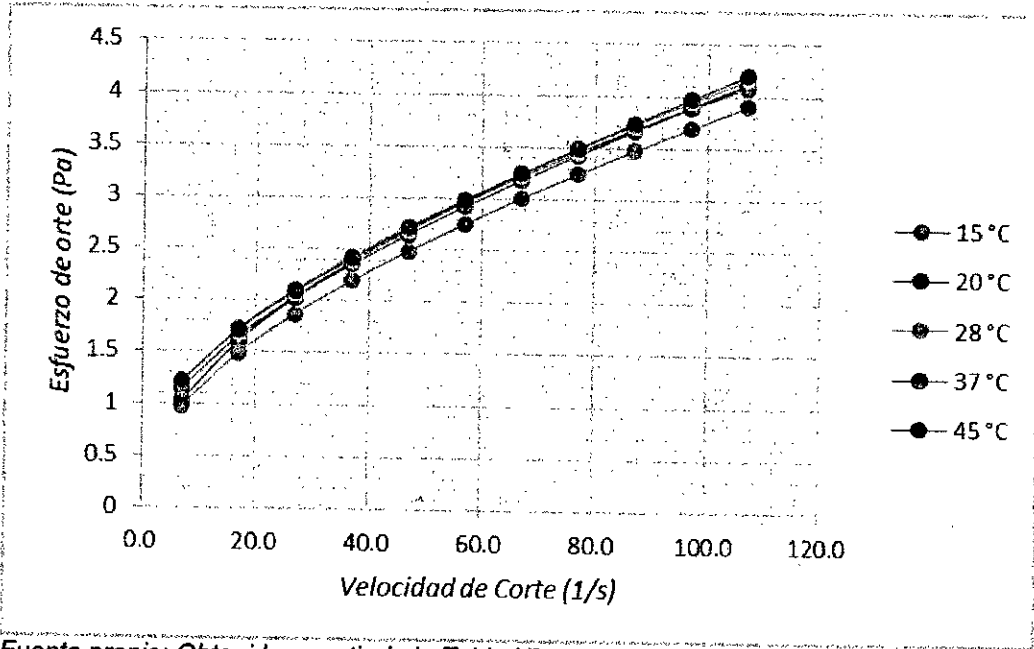
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las Tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5

Tabla 5.18: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Sisko

Gamma	15°C			20°C			28°C			37°C			45°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	0.97637474	0.13948211	0.06461993	1.14534988	0.16362141	0.06457107	1.20550158	0.17221451	0.06646619	1.02555511	0.14650787	0.07383644	1.21556518	0.17365217	0.06351614
17.0	1.48687529	0.08746325	0.04253714	1.6511974	0.09712926	0.04203258	1.72190346	0.10128844	0.04258054	1.60486977	0.0944041	0.04772173	1.71316071	0.10077416	0.04143809
27.0	1.86883288	0.06921603	0.03479092	2.02956198	0.07516896	0.03458882	2.10330185	0.07790007	0.03470407	2.02819605	0.07511837	0.03805562	2.08737402	0.07731015	0.03432979
37.0	2.19394751	0.05929588	0.03057966	2.35418566	0.06362664	0.03067638	2.42785916	0.06561782	0.0305678	2.37954409	0.064312	0.0326394	2.41061815	0.06515184	0.03064648
47.0	2.48526709	0.05287802	0.02785518	2.64777524	0.05633564	0.02820499	2.71961666	0.05786418	0.02795662	2.68697068	0.05716959	0.02905959	2.70478813	0.05754868	0.02834314
57.0	2.75363068	0.04830931	0.02591569	2.92072968	0.05124087	0.02647804	2.98957692	0.05244872	0.02613287	2.96398704	0.05199977	0.02646845	2.97979943	0.05227718	0.02674617
67.0	3.00513977	0.04485283	0.02444837	3.17878836	0.0474446	0.02519124	3.24380941	0.04841507	0.02477446	3.21833428	0.04803484	0.0244812	3.24107924	0.04837432	0.02556381
77.0	3.24362191	0.04212496	0.02329034	3.42549511	0.04448695	0.0241887	3.48606022	0.04527351	0.02371648	3.45493785	0.04486932	0.02289462	3.49195634	0.04535008	0.02464764
87.0	3.47166041	0.03990414	0.02234757	3.66321024	0.04210586	0.0233816	3.71882356	0.0427451	0.02286499	3.67716175	0.04226623	0.02158994	3.73463544	0.04292684	0.02391353
97.0	3.69109366	0.03805251	0.02156153	3.89359435	0.04014015	0.02271529	3.94385369	0.04065829	0.02216222	3.88742462	0.04007654	0.02049246	3.97066025	0.04093464	0.02331
107.0	3.90328363	0.03647929	0.02089367	4.1178654	0.03848472	0.02215416	4.16243694	0.03890128	0.02157052	4.08753451	0.03820126	0.01955255	4.20115817	0.03926316	0.02280363

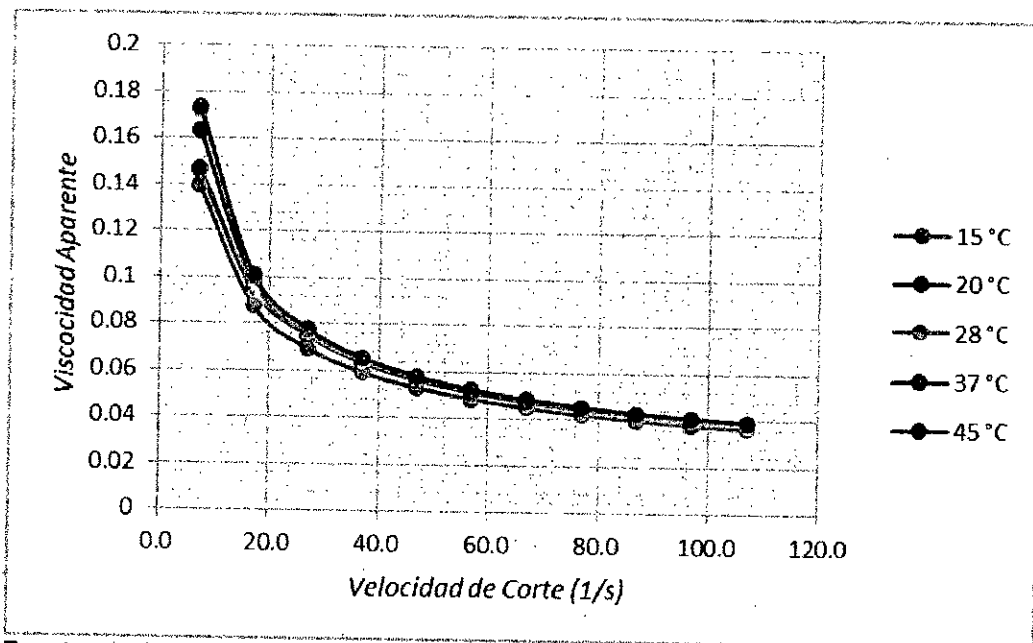
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Sisko

Gráfico 5.28: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



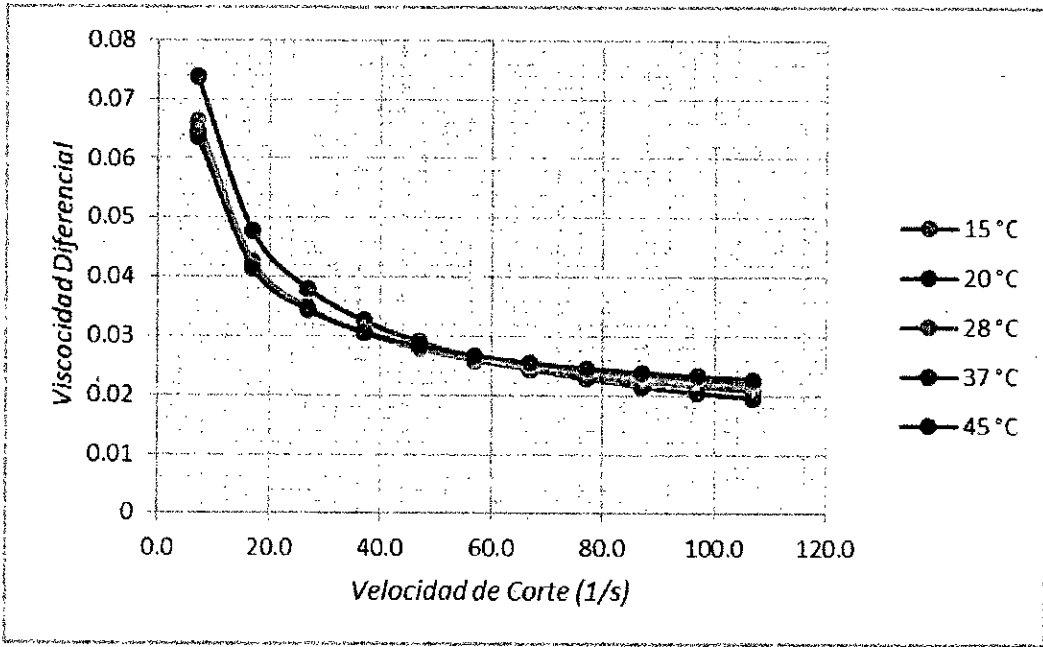
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.18

Gráfico 5.29: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.18

Gráfico 5.30: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.18

- Cálculo de los parámetros del modelo de Steiger-Ory

Dado que este modelo no es explícito en el esfuerzo de corte (variable dependiente), para la regresión se toma la forma alterna; es decir, se toma como variable dependiente la velocidad de corte y en el proceso de regresión, se toma como modelo la función alterna, en términos de las variables x e y .

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\gamma = C * \tau + A * \tau^3$	$\tau = \frac{1}{C + A * \tau^2} * \gamma$	$x = C * y + A * y^3$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	15°C	20°C	23°C	37°C	45°C
C	9.800658	7.343554	6.325358	7.972374	6.462674
A	1.311038	1.327264	1.346822	1.225965	1.337751
R ²	0.9931622	0.9929855	0.9929826	0.9958492	0.9927385
R ² adj	0.9914527	0.9912319	0.9912283	0.9948115	0.9909232
Rmsd	0.9404921	0.888735	0.868312	0.6538086	0.8835941
Variance	7.960728	7.108648	6.785692	3.847191	7.026647

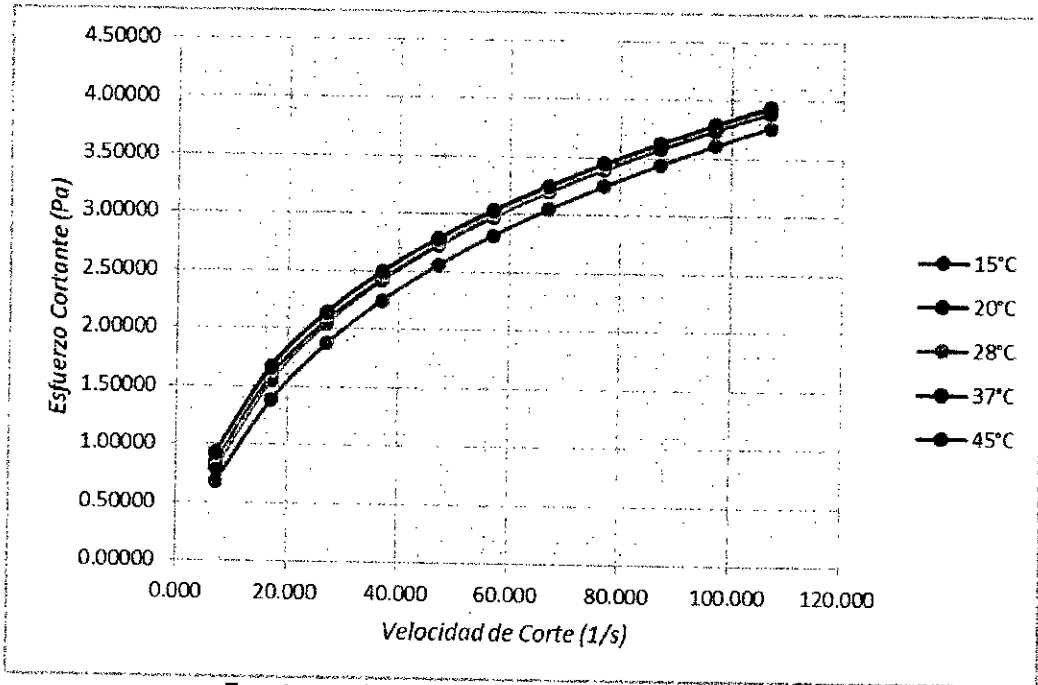
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5

Tabla 5.19: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Steiger-Ory

15°C				20°C				28°C				37°C				45°C			
Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
0.67340	7.000	0.09619851	0.08632449	0.84440	7.000	0.12062860	0.09820658	0.93350	7.000	0.13335096	0.10156089	0.79950	7.000	0.11420726	0.09686839	0.92130	7.000	0.13161101	0.10132638
1.38170	17.000	0.08127733	0.05777226	1.58932	17.000	0.09349167	0.05746692	1.67926	17.000	0.09878221	0.05643619	1.55460	17.000	0.09144727	0.05930832	1.66870	17.000	0.09815737	0.05669636
1.87424	27.000	0.06941533	0.04234273	2.07109	27.000	0.07670630	0.04094483	2.15060	27.000	0.07965260	0.03997947	2.05405	27.000	0.07607531	0.04257156	2.14241	27.000	0.07934716	0.04018778
2.25050	37.000	0.06082452	0.03364636	2.43358	37.000	0.06577206	0.03233633	2.50450	37.000	0.06768956	0.03157636	2.43120	37.000	0.06570852	0.03365708	2.49814	37.000	0.06751656	0.03173777
2.55760	47.000	0.05441711	0.02814649	2.72858	47.000	0.05805437	0.02703537	2.79270	47.000	0.05941963	0.02642870	2.73821	47.000	0.05826010	0.02813060	2.78778	47.000	0.05931446	0.02655863
2.81906	57.000	0.04945695	0.02435608	2.97981	57.000	0.05227751	0.02341978	3.03846	57.000	0.05330621	0.02292111	2.99956	57.000	0.05262376	0.02435240	3.03471	57.000	0.05324064	0.02302949
3.04807	67.000	0.04549351	0.02157862	3.20018	67.000	0.04776401	0.02078065	3.25426	67.000	0.04857084	0.02036049	3.22863	67.000	0.04818837	0.02159317	3.25151	67.000	0.04853002	0.02045322
3.25278	77.000	0.04224365	0.01944947	3.39747	77.000	0.04412303	0.01876011	3.44765	77.000	0.04477463	0.01839875	3.43356	77.000	0.04459173	0.01948091	3.44577	77.000	0.04475027	0.01847973
3.43851	87.000	0.03952332	0.01776097	3.57677	87.000	0.04111230	0.01715744	3.62357	87.000	0.04165021	0.01684133	3.61970	87.000	0.04160556	0.01780595	3.62245	87.000	0.04163746	0.01691327
3.60903	97.000	0.03720646	0.01638542	3.74161	97.000	0.03857313	0.01585107	3.78543	97.000	0.03902497	0.01557071	3.79071	97.000	0.03907951	0.01644147	3.78499	97.000	0.03902059	0.01563547
3.76700	107.000	0.03520548	0.01524096	3.89452	107.000	0.03639732	0.01476308	3.93568	107.000	0.03678220	0.01451158	3.94928	107.000	0.03690919	0.01530554	3.93587	107.000	0.03678381	0.01457041

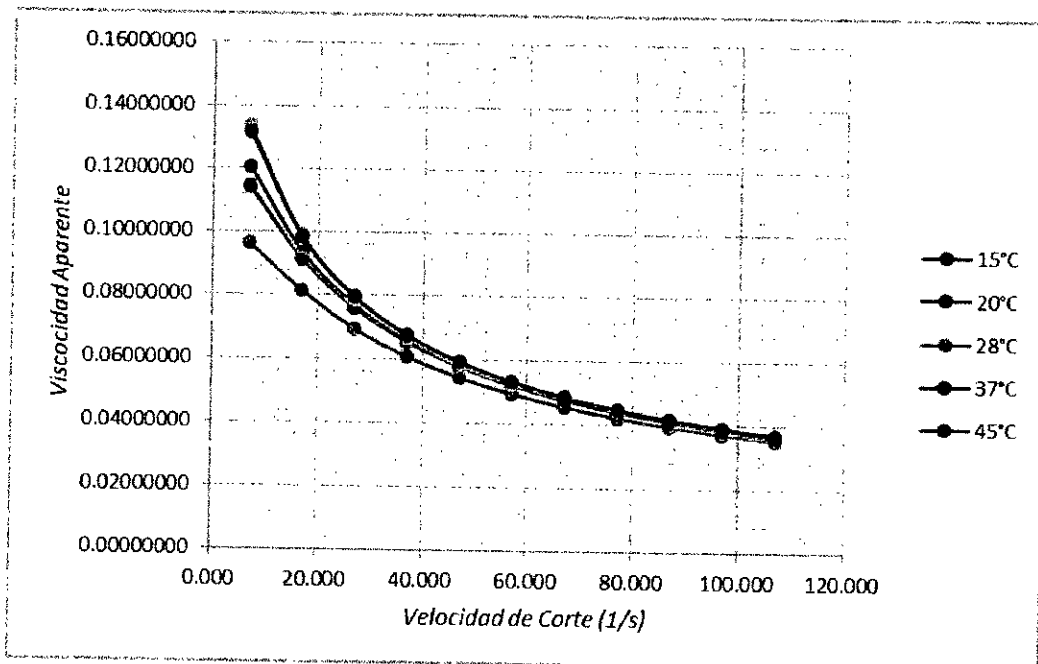
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Steiger-Ory

Gráfico 5.31: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



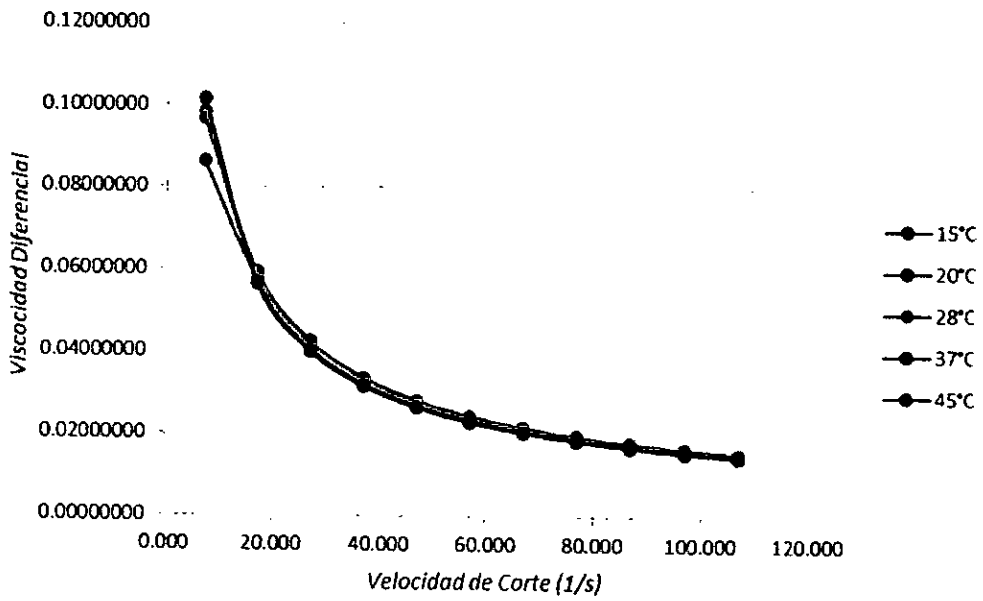
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.19

Gráfico 5.32: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.19

Gráfico 5.33: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.19

- Cálculo de los parámetros del modelo de Ellis-de Haven

Dado que este modelo no es explícito en el esfuerzo de corte (variable dependiente), para la regresión se toma la forma alterna; es decir, se toma como variable dependiente la velocidad de corte y en el proceso de regresión, se toma como modelo la función alterna, en términos de las variables x e y .

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \frac{\mu_0}{1 + c\tau^{n-1}} \frac{du}{dy}$ $n > 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_0} (1 + c\tau^{n-1}) \tau$	$x = A * y + A * C * y^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	15°C	20°C	28°C	37°C	45°C
C	5.29059	3.114924	2.213742	3.778535	2.332569
A	4.039951	3.910964	3.864807	3.804791	3.868901
n	2.287848	2.309605	2.324169	2.280532	2.319594
R ²	0.9981002	0.9980385	0.9981768	0.9994647	0.9979238
R ² adj	0.9968336	0.9967308	0.9969614	0.9991079	0.9965397
Rmsd	0.4957401	0.4699704	0.4425925	0.2347852	0.4724671
Variance	2.949099	2.650466	2.350657	0.6614892	2.678701

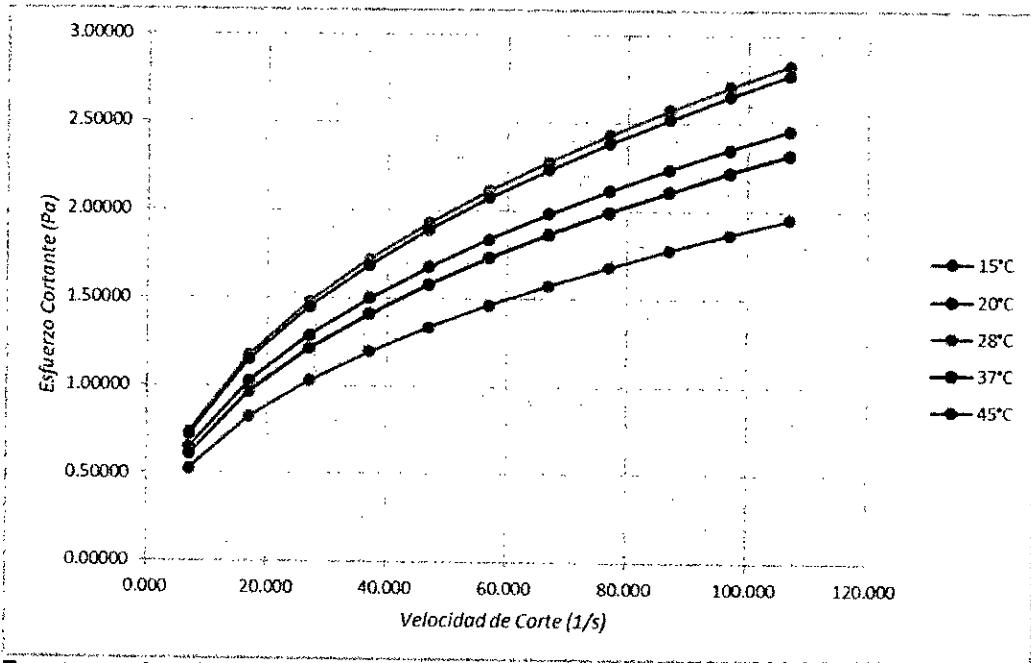
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 y 5.5

Tabla 5.20: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ellis-de Haven

15°C				20°C				28°C				37°C				45°C			
Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
0.52440	7.000	0.07491883	0.03947133	0.64768	7.000	0.09252059	0.05039985	0.73360	7.000	0.10480463	0.05862164	0.61107	7.000	0.08728959	0.04705021	0.72016	7.000	0.10287370	0.05733090
0.82270	17.000	0.04839448	0.02376870	1.02785	17.000	0.06046116	0.03023158	1.17543	17.000	0.06914482	0.03509338	0.96710	17.000	0.05688778	0.02839610	1.15243	17.000	0.06779010	0.03435019
1.02945	27.000	0.03812758	0.01824744	1.29045	27.000	0.04779410	0.02314695	1.48000	27.000	0.05481497	0.02682216	1.21418	27.000	0.04496975	0.02181481	1.45063	27.000	0.05372657	0.02626831
1.19567	37.000	0.03231553	0.01524522	1.50111	37.000	0.04057004	0.01930241	1.72395	37.000	0.04659310	0.02233908	1.41295	37.000	0.03818738	0.01823242	1.68958	37.000	0.04566423	0.02188598
1.33780	47.000	0.02846388	0.01330240	1.68092	47.000	0.03576459	0.01681911	1.93197	47.000	0.04110536	0.01944614	1.58295	47.000	0.03367957	0.01591331	1.89340	47.000	0.04028518	0.01905707
1.46356	57.000	0.02567641	0.01191891	1.83984	57.000	0.03227787	0.01505298	2.11562	57.000	0.03711631	0.01739104	1.73340	57.000	0.03041059	0.01426143	2.07341	57.000	0.03637558	0.01704666
1.57729	67.000	0.02354165	0.01087191	1.98341	67.000	0.02960314	0.01371797	2.28144	67.000	0.03405138	0.01583854	1.86950	67.000	0.02790294	0.01301089	2.23595	67.000	0.03337263	0.01552783
1.68173	77.000	0.02184053	0.01004525	2.11513	77.000	0.02746928	0.01266500	2.43349	77.000	0.03160359	0.01461483	1.99449	77.000	0.02590248	0.01202345	2.38503	77.000	0.03097437	0.01433031
1.77870	87.000	0.02044494	0.00937207	2.23736	87.000	0.02571678	0.01180813	2.57449	87.000	0.02959199	0.01361975	2.11057	87.000	0.02425954	0.01121914	2.52330	87.000	0.02900357	0.01335635
1.86954	97.000	0.01927355	0.00881048	2.35177	97.000	0.02424502	0.01109395	2.70643	97.000	0.02790132	0.01279068	2.21932	97.000	0.02287949	0.01054811	2.65270	97.000	0.02734729	0.01254477
1.95520	107.000	0.01827280	0.00833318	2.45960	107.000	0.02298685	0.01048732	2.83072	107.000	0.02645544	0.01208685	2.32187	107.000	0.02169976	0.00997778	2.77461	107.000	0.02593089	0.01185571

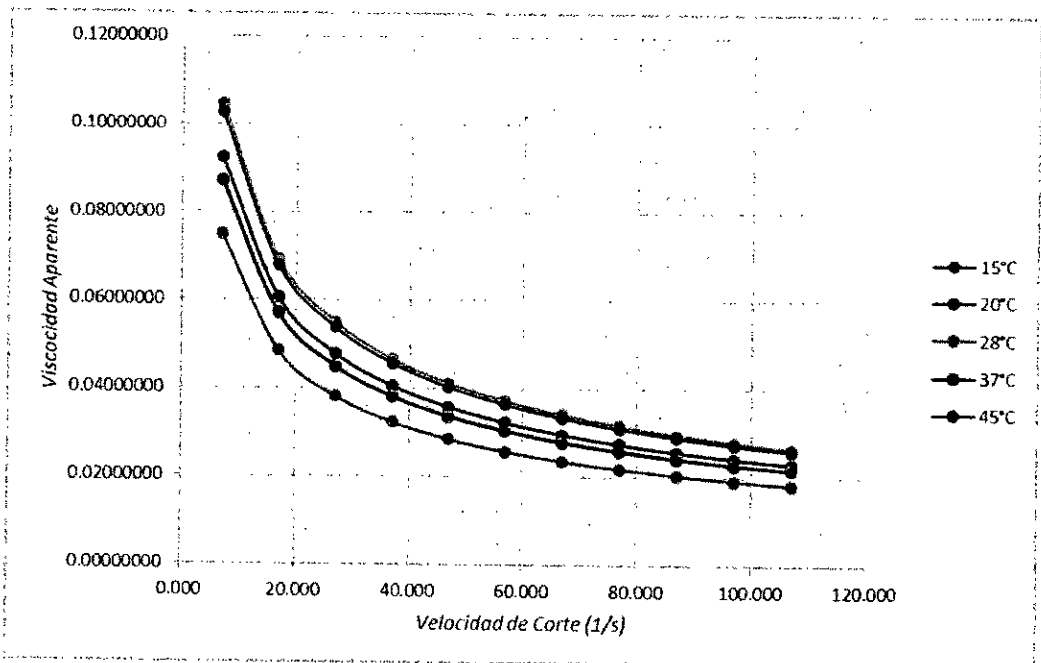
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Ellis-de Haven

Gráfico 5.34: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



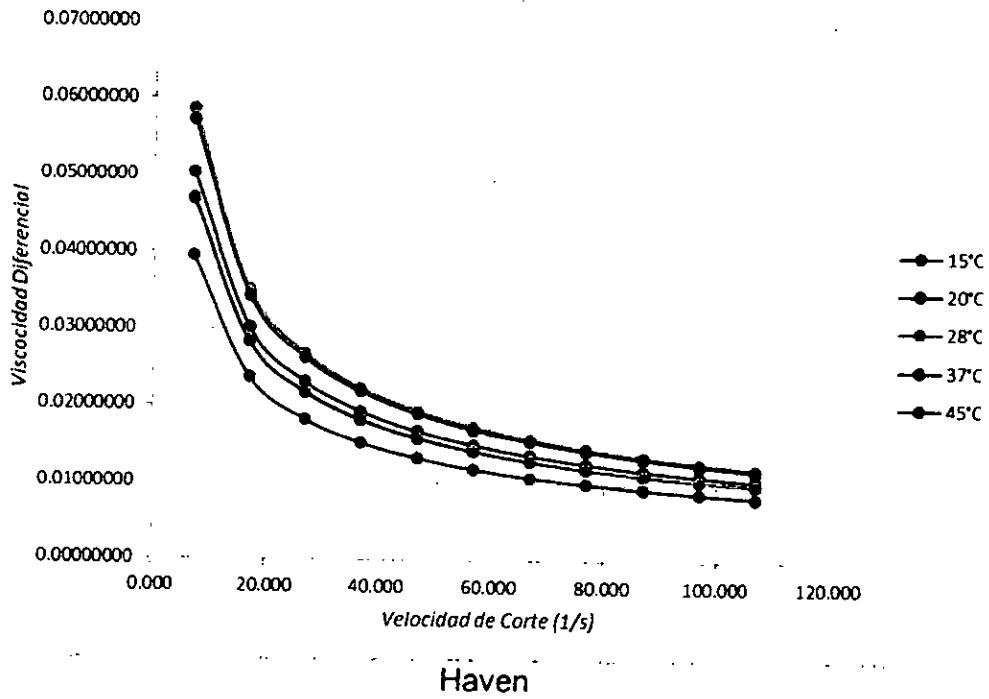
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.20

Gráfico 5.35: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.20

Gráfico 5.36: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.20

B. MS - 02

- Cálculo de los parámetros del modelo de Herschel-Bulkley

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \tau_0 + \mu \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{1}{\mu} \right)^m (\tau - \tau_0)^m$	$y = A + Bx^C$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.5205176	0.2217525	0.003652
B	0.1827107	0.2785915	0.36972
C	0.6343509	0.5605952	0.5112995
R ²	0.9996012	0.9999173	0.9999706
R ² adj	0.9993354	0.9998621	0.999951
Rmsd	0.0069297	0.0031567	0.0018813
Variance	0.0005762	0.0001196	4.25E-05

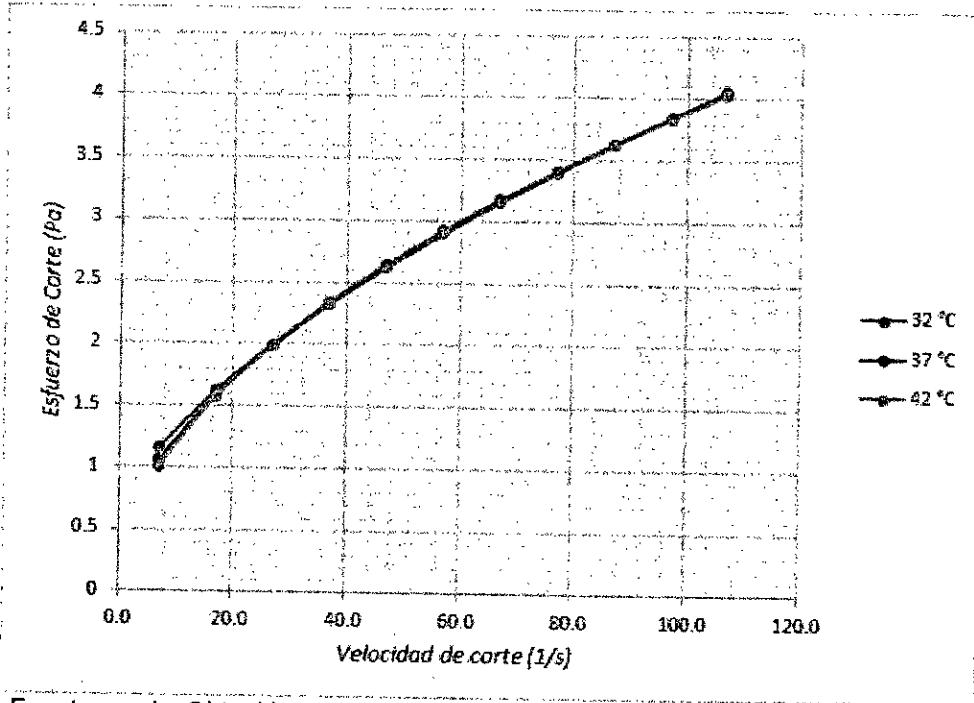
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.6, 5.7 y 5.8.

Tabla 5.21: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Herschel-Bulkley I

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	1.14836295	0.16405185	0.05689632	1.05107943	0.1501542	0.06641667	1.00358557	0.14336937	0.07303793
17.0	1.62281901	0.09545994	0.04113211	1.58555544	0.09326797	0.04497302	1.57763799	0.09280223	0.0473399
27.0	1.99877776	0.07402881	0.03473095	1.98935056	0.07367965	0.03670026	1.99766746	0.07398768	0.03776071
37.0	2.32583745	0.06286047	0.03095152	2.33083817	0.06299563	0.03195522	2.34622807	0.06341157	0.03237184
47.0	2.62168553	0.05578054	0.0283591	2.63353364	0.05603263	0.02876666	2.65102871	0.05640487	0.02880005
57.0	2.89519586	0.05079291	0.02642771	2.90897036	0.05103457	0.0264288	2.92545466	0.05132377	0.02620906
67.0	3.15161046	0.04703896	0.02491099	3.16384709	0.0472216	0.02461678	3.17719274	0.04742079	0.02421836
77.0	3.39434758	0.04408244	0.02367554	3.40247299	0.04418796	0.0231571	3.41114293	0.04430056	0.0226266
87.0	3.62579044	0.04167575	0.02264175	3.62781839	0.04169906	0.0219474	3.63065712	0.04173169	0.02131593
97.0	3.84768322	0.03966684	0.02175866	3.84203582	0.03960862	0.02092282	3.83814844	0.03956854	0.02021212
107.0	4.0613503	0.03795654	0.02099187	4.04674569	0.03782005	0.02003993	4.03542299	0.03771423	0.01926582

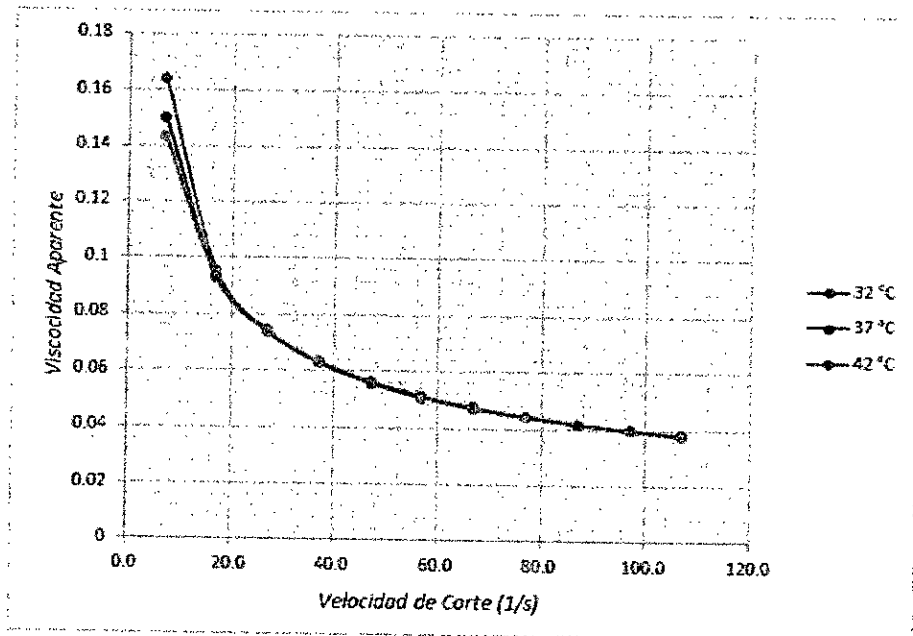
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Herschel-Bulkley I

Gráfico 5.37: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



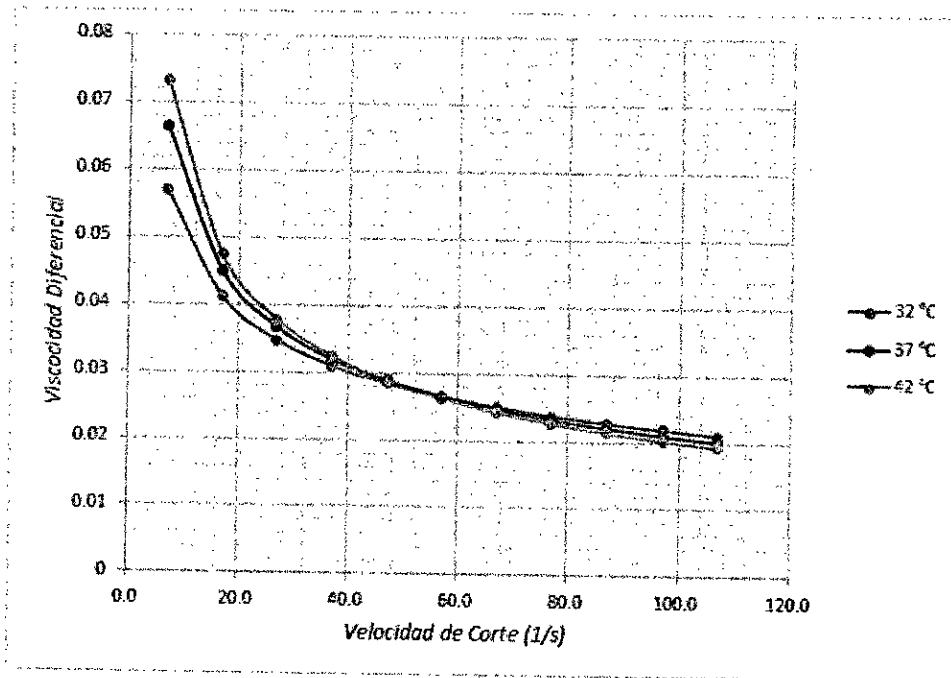
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.21

Gráfico 5.38: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.21

Gráfico 5.39: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.21

- Cálculo de los parámetros del modelo de Casson - Generalizada N°1

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ <p>$n > 1 \quad m > 1$</p>	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} \left(\tau^{1/n} - \tau_0^{1/n} \right)^m$	$y = (A + Bx^C)^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.6556898	0.2208068	0.0074181
B	0.0118016	0.0697943	0.1031314
C	2.282422	1.322387	1.168619
n	0.2227516	0.395902	0.4374796
R ²	0.9999985	0.9999681	0.999971
R ² adj	0.9999963	0.9999203	0.9999276
Rmsd	0.0004242	0.0019594	0.0018678
Variance	3.24E-06	6.91E-05	6.28E-05

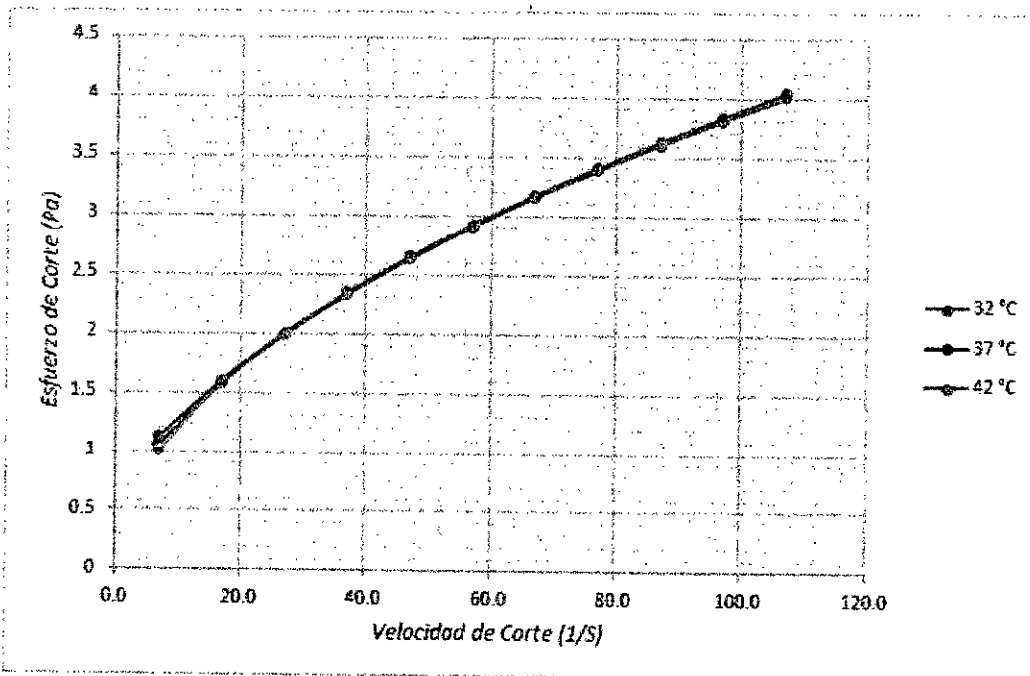
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.6, 5.7 y 5.8.

Tabla 5.22: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Casson
- Generalizada N°1

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	1.11914691	0.15987813	0.04913013	1.05166586	0.15023798	0.06336246	1.00423068	0.14346153	0.07280542
17.0	1.59997099	0.09411594	0.04404564	1.58062733	0.09297808	0.04529575	1.57739277	0.09278781	0.04731333
27.0	2.00036713	0.07408767	0.03656843	1.98820394	0.07363718	0.03705138	1.997327	0.07397507	0.03776182
37.0	2.34003241	0.06324412	0.03169028	2.33241137	0.06303815	0.03214463	2.3459451	0.06340392	0.03238082
47.0	2.63909518	0.05615096	0.02830788	2.6362209	0.05608981	0.02880462	2.65085195	0.05640111	0.02881186
57.0	2.90909753	0.0510368	0.0258069	2.91139858	0.05107717	0.0263436	2.92540211	0.05132284	0.02622191
67.0	3.1570879	0.04712071	0.0238667	3.16491266	0.0472375	0.02443308	3.17727073	0.04742195	0.02423153
77.0	3.38769189	0.043996	0.02230685	3.40129102	0.04417261	0.02289407	3.41135271	0.04430328	0.02263975
87.0	3.60412468	0.04142672	0.02101818	3.62367199	0.0416514	0.02161968	3.63099757	0.0417356	0.0213289
97.0	3.8087234	0.03926519	0.01993061	3.83433681	0.03952925	0.02054167	3.83861731	0.03957337	0.02022483
107.0	4.00324819	0.03741353	0.0189969	4.03500547	0.03771033	0.01961414	4.0360175	0.03771979	0.01927823

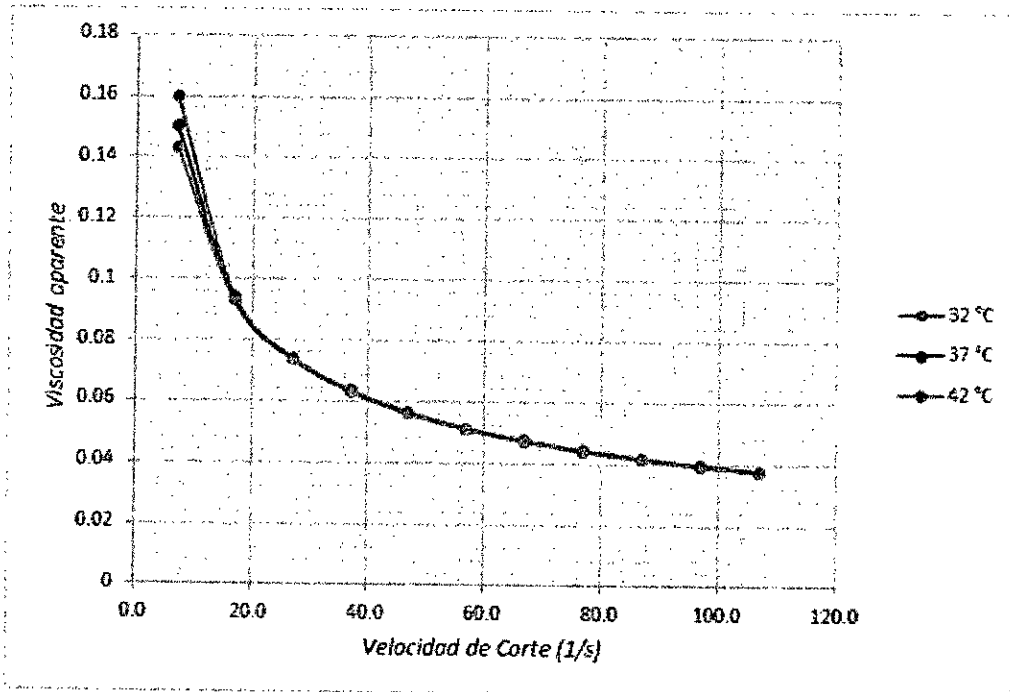
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Casson N°1.

Gráfico 5.40: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.22

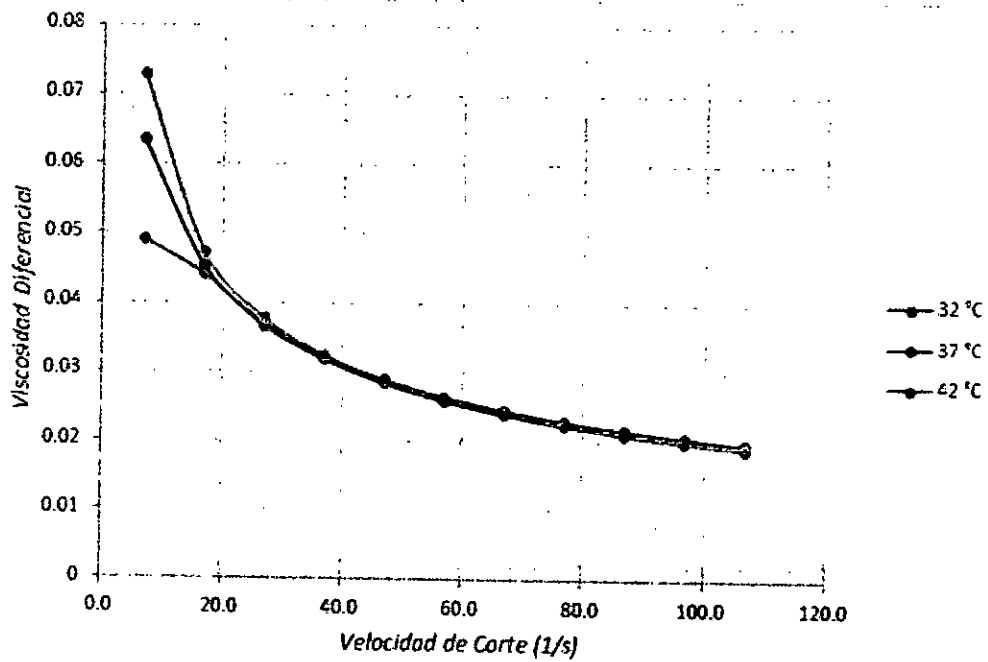
Gráfico 5.41: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1



Generalizada N°1

Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.22

Gráfico 5.42: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.22

- Cálculo de los parámetros del modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = k \left(\frac{du}{dy} \right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{\tau}{k} \right)^{1/n}$	$y = A * x^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.4409688	0.3870272	0.3715515
n	0.4669226	0.4994703	0.5103946
R ²	0.9946199	0.9994068	0.9999705
R ² adj	0.9932749	0.9992585	0.9999631
Rmsd	0.0254533	0.0084518	0.0018845
Variance	0.0058308	0.0006429	3.20E-05

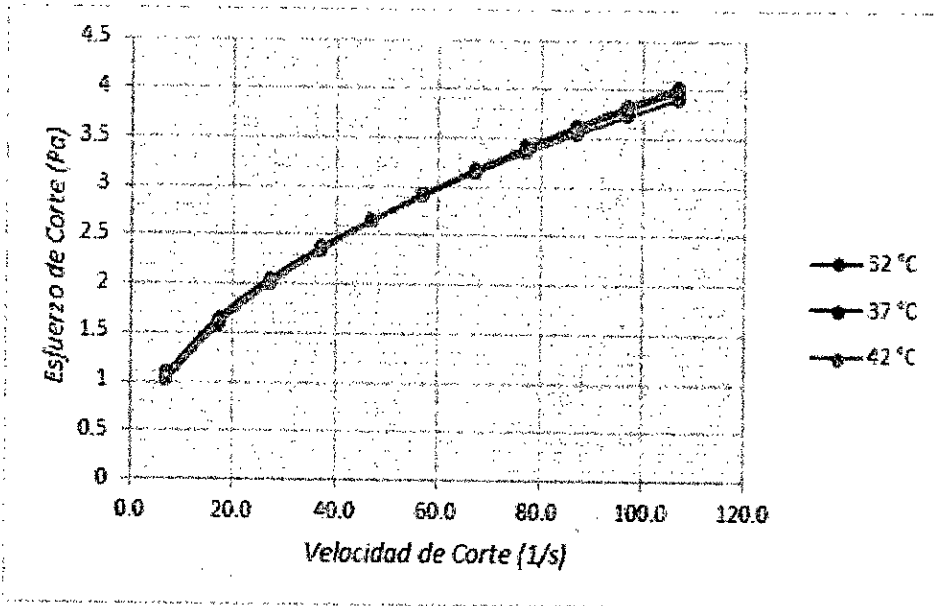
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las Tablas 5.6, 5.7 y 5.8.

Tabla 5.23: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	1.09396452	0.15628065	0.07297097	1.0229228	0.14613183	0.07298851	1.00311909	0.14330273	0.07314094
17.0	1.65551177	0.09738305	0.04547034	1.59336099	0.09372712	0.04681391	1.57773298	0.09280782	0.04736861
27.0	2.05467886	0.07609922	0.03553244	2.00754448	0.0743535	0.03713736	1.9979258	0.07399725	0.0377678
37.0	2.38032736	0.06433317	0.03003861	2.34969598	0.0635053	0.03171901	2.34650082	0.06341894	0.03236869
47.0	2.66163281	0.05663049	0.02644205	2.64791907	0.0563387	0.02813951	2.65123813	0.05640932	0.02879101
57.0	2.91249719	0.05109644	0.02385808	2.91574023	0.05115334	0.02554957	2.92555363	0.0513255	0.02619626
67.0	3.14082296	0.04687795	0.02188838	3.16090627	0.04717771	0.02356386	3.17715013	0.04742015	0.02420299
77.0	3.35160645	0.04352736	0.02032391	3.38834463	0.04400448	0.02197893	3.410937	0.04429788	0.0226094
87.0	3.54824202	0.04078439	0.01904315	3.60141983	0.04139563	0.02067589	3.63027205	0.04172726	0.02129737
97.0	3.73315899	0.03848618	0.01797006	3.80255025	0.03920155	0.01958001	3.83757241	0.0395626	0.02019254
107.0	3.90816609	0.03652492	0.01705431	3.99354343	0.03732284	0.01864165	4.03464697	0.03770698	0.01924544

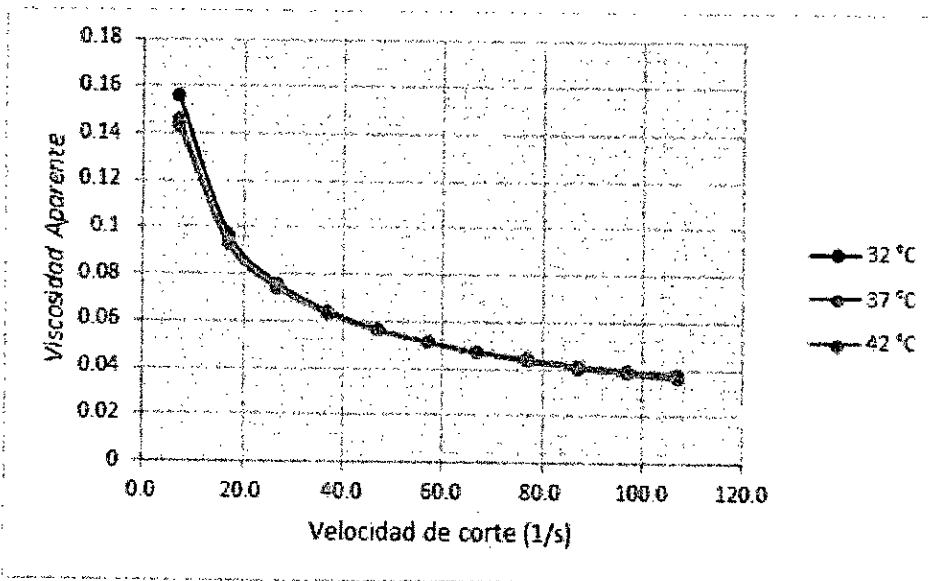
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Gráfico 5.43: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



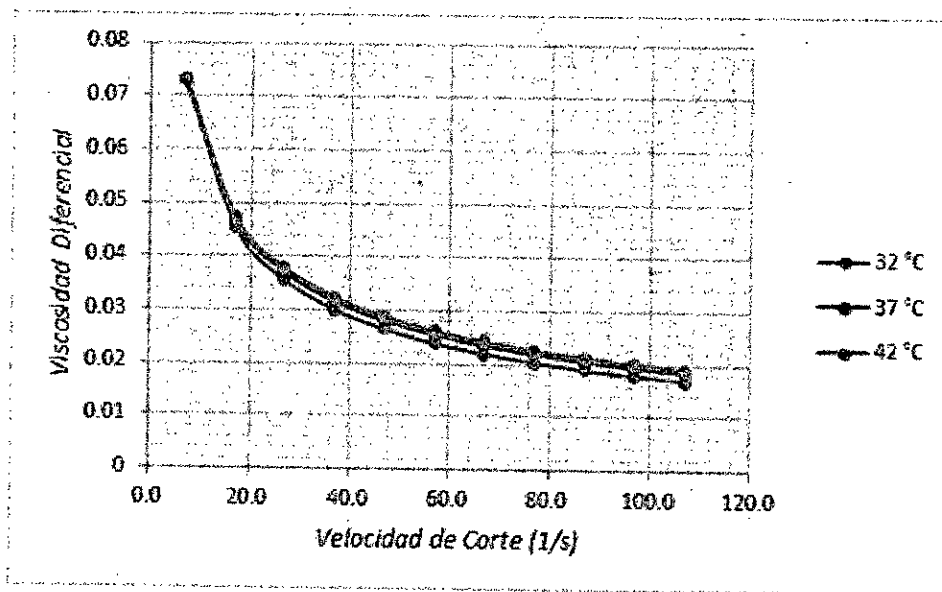
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.23

Gráfico 5.44: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.23

Gráfico 5.45: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.23

- Cálculo de los parámetros del modelo de Sisko

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = A \cdot \frac{du}{dy} + B \cdot \left(\frac{du}{dy} \right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{A + B \cdot \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}}$	$y = A * x + B * x^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.0163018	0.0075962	0.3260273
B	0.580322	0.4271871	-0.1727677
n	0.3005263	0.4342733	1.113126
R ²	0.9990307	0.999823	0.9785346
R ² adj	0.9983846	0.999705	0.9642244
Rmsd	0.0108036	0.0046167	0.0508416
Variance	0.0014006	0.0002558	0.0310184

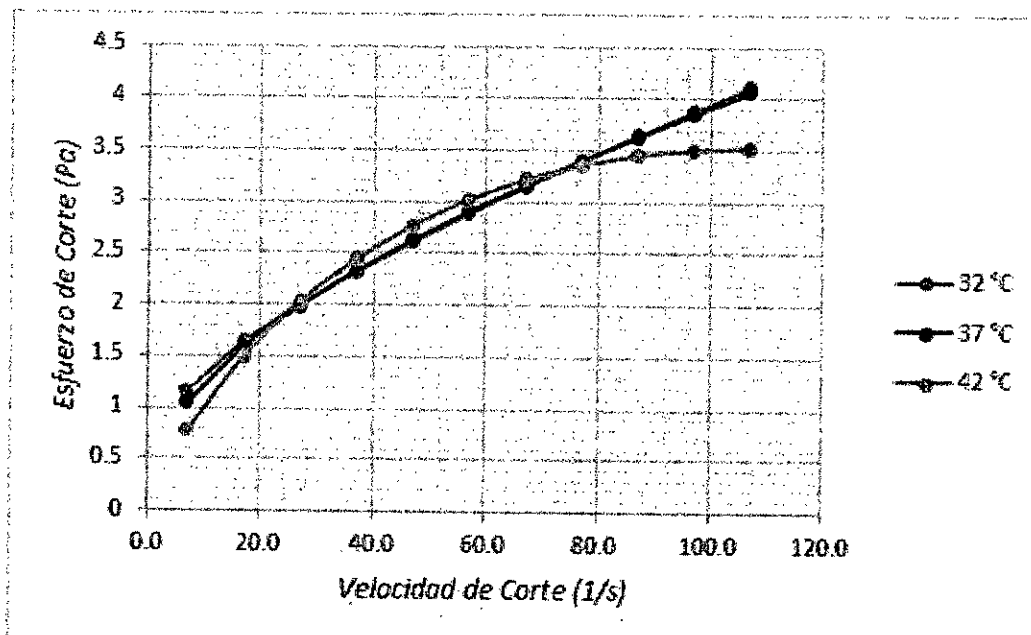
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.6, 5.7 y 5.8.

Tabla 5.24: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Sisko.

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
7.0	1.15557411	0.16508202	0.06101417	1.047712	0.14967314	0.06929642	0.77501794	0.11071685	0.08635964
17.0	1.63685627	0.09628566	0.04033905	1.59120903	0.09360053	0.04494558	1.49570606	0.08798271	0.06105368
27.0	2.00268985	0.0741737	0.03369383	1.9924951	0.07379611	0.03634506	2.03020966	0.07519295	0.04681706
37.0	2.32089658	0.06272693	0.03025377	2.33055159	0.06298788	0.03165133	2.44536684	0.066091	0.03668544
47.0	2.61195815	0.05557358	0.028104	2.63089115	0.05597641	0.02860643	2.77113219	0.05896026	0.02874803
57.0	2.88514296	0.05061654	0.02661428	2.90554829	0.05097453	0.02643425	3.02488478	0.05306815	0.02218938
67.0	3.14552122	0.04694808	0.02551181	3.16131267	0.04718377	0.02478803	3.21807382	0.04803095	0.01658234
77.0	3.39620136	0.04410651	0.02465785	3.40245124	0.04418768	0.0234869	3.35885102	0.04362144	0.011674
87.0	3.63924137	0.04183036	0.0239738	3.63184822	0.04174538	0.02242628	3.45333509	0.03969351	0.00730171
97.0	3.87608174	0.03995961	0.02341159	3.85155883	0.03970679	0.02154097	3.50629857	0.03614741	0.00335446
107.0	4.10777424	0.03839041	0.02294001	4.06310741	0.03797297	0.02078802	3.52157442	0.03291191	-0.00024706

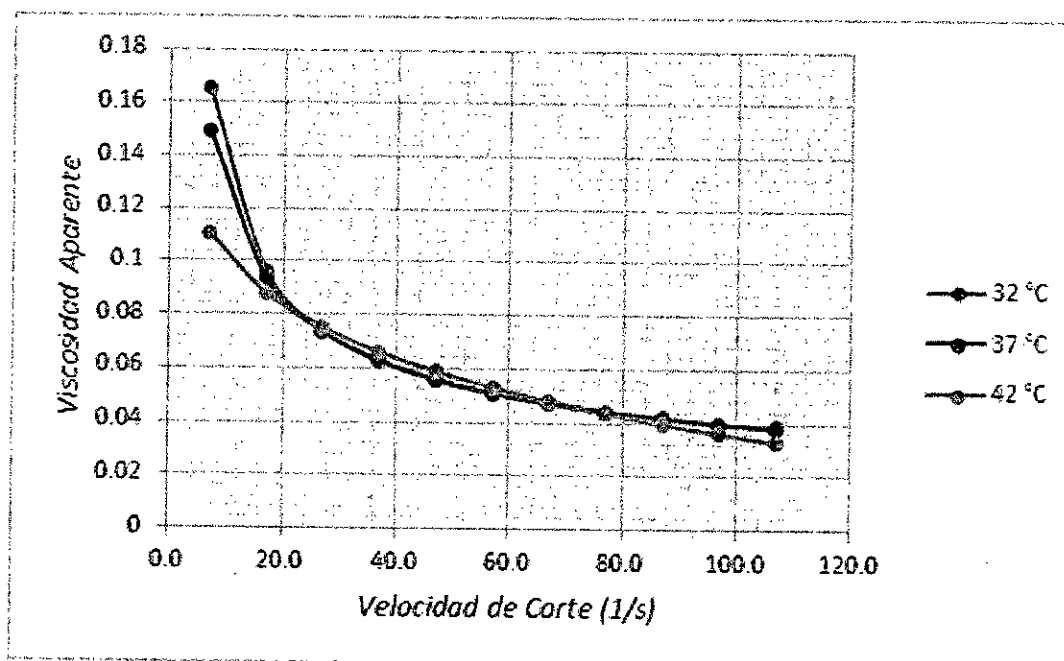
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Sisko

Gráfico 5.46: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



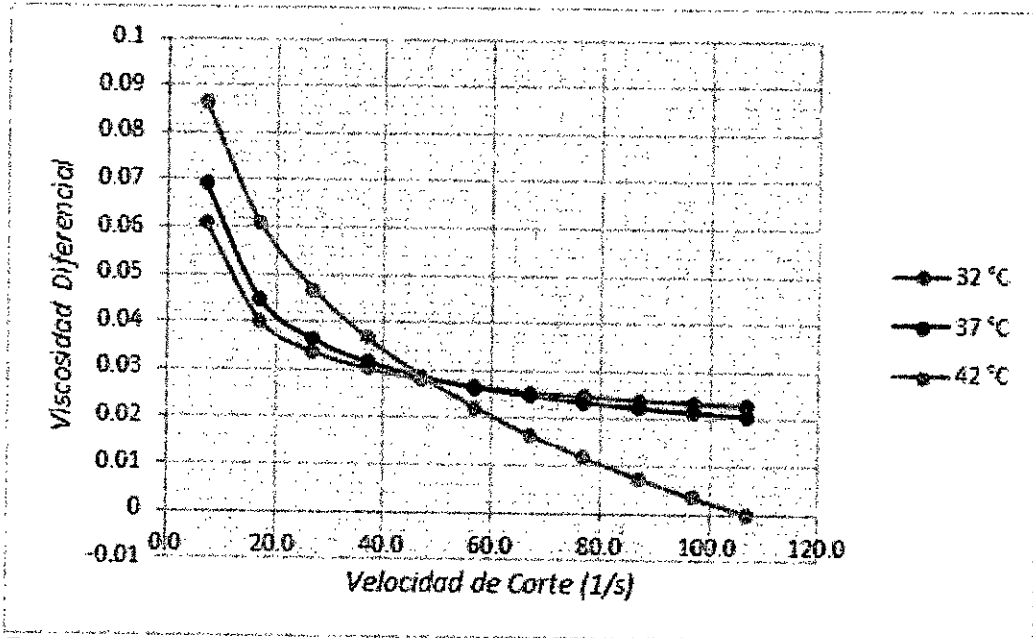
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.24

Gráfico 5.47: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.24

Gráfico 5.48: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.24

- Cálculo de los parámetros del modelo de Steiger-Ory

Dado que este modelo no es explícito en el esfuerzo de corte (variable dependiente), para la regresión se toma la forma alterna; es decir, se toma como variable dependiente la velocidad de corte y en el proceso de regresión, se toma como modelo la función alterna, en términos de las variables x e y .

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\gamma = C * \tau + A * \tau^3$	$\tau = \frac{1}{C + A * \tau^2} * \gamma$	$x = C * y + A * y^3$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
C	7.566808	8.170852	8.243976
A	1.343627	1.273175	1.25189
R ²	0.9919391	0.9948844	0.9963991
R ² adj	0.9899239	0.9936055	0.9954989
Rmsd	0.9708127	0.7532645	0.6233271
Variance	8.482296	5.106667	3.49683

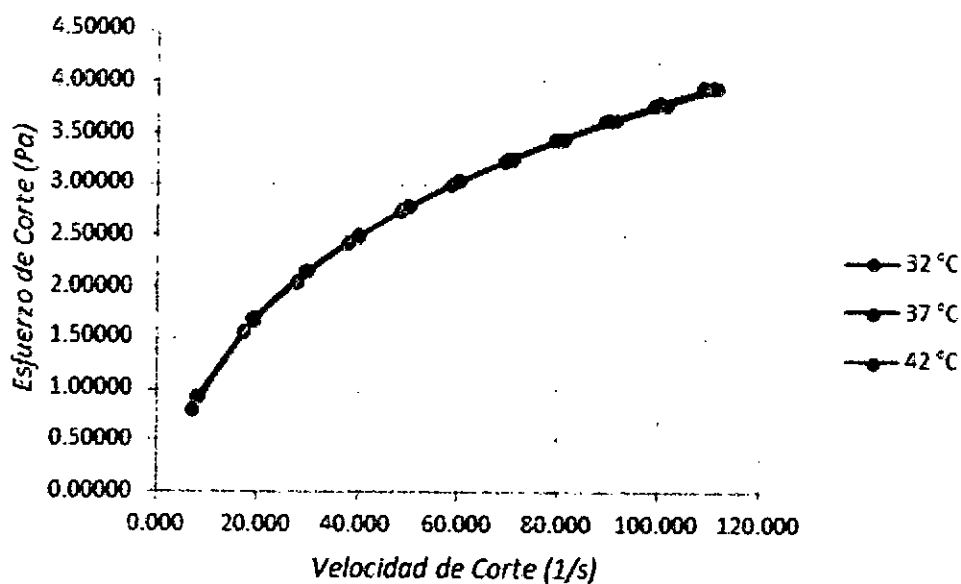
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.6, 5.7 y 5.8.

Tabla 5.25: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Steiger-Ory

32°C				37°C				42°C			
Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
0.93350	8.157	0.11444693	0.09025753	0.79950	7.183	0.11130075	0.09423034	0.92130	8.574	0.10745095	0.08747556
1.67926	19.069	0.08806134	0.05281631	1.55460	17.486	0.08890598	0.05746529	1.66870	19.574	0.08525194	0.05347061
2.15060	29.638	0.07256267	0.03815344	2.05405	27.817	0.07384144	0.04117617	2.14241	29.972	0.07147936	0.03924307
2.50450	40.059	0.06252057	0.03044085	2.43120	38.161	0.06370948	0.03252345	2.49814	40.112	0.06227949	0.03156367
2.79270	50.397	0.05541398	0.02563817	2.73821	48.512	0.05644342	0.02716737	2.78778	50.106	0.05563805	0.02671512
3.03846	60.683	0.05007137	0.02233097	2.99956	58.870	0.05095265	0.02350922	3.03471	60.006	0.05057347	0.02334720
3.25426	70.930	0.04587977	0.01989865	3.22863	69.230	0.04663637	0.02083951	3.25151	69.840	0.04655633	0.02085501
3.44765	81.149	0.04248531	0.01802483	3.43356	79.592	0.04313927	0.01879681	3.44577	79.625	0.04327491	0.01892639
3.62357	91.347	0.03966841	0.01653075	3.61970	89.958	0.04023775	0.01717766	3.62245	89.371	0.04053267	0.01738332
3.78543	101.526	0.03728521	0.01530755	3.79071	100.324	0.03778473	0.01585906	3.78499	99.086	0.03819894	0.01611649
3.93568	111.691	0.03523730	0.01428501	3.94928	110.692	0.03567819	0.01476161	3.93587	108.776	0.03618325	0.01505495

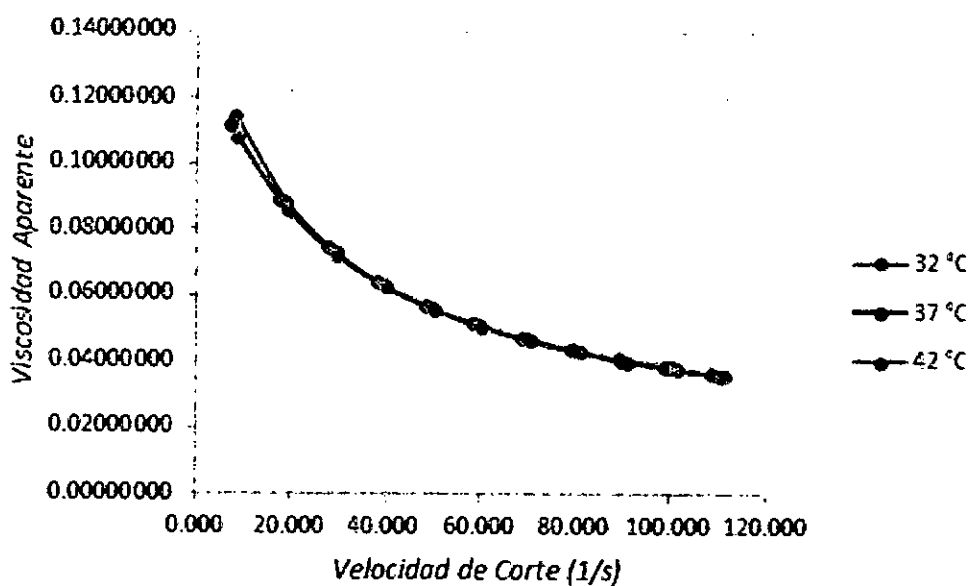
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Steiger-Ory

Gráfico 5.49: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



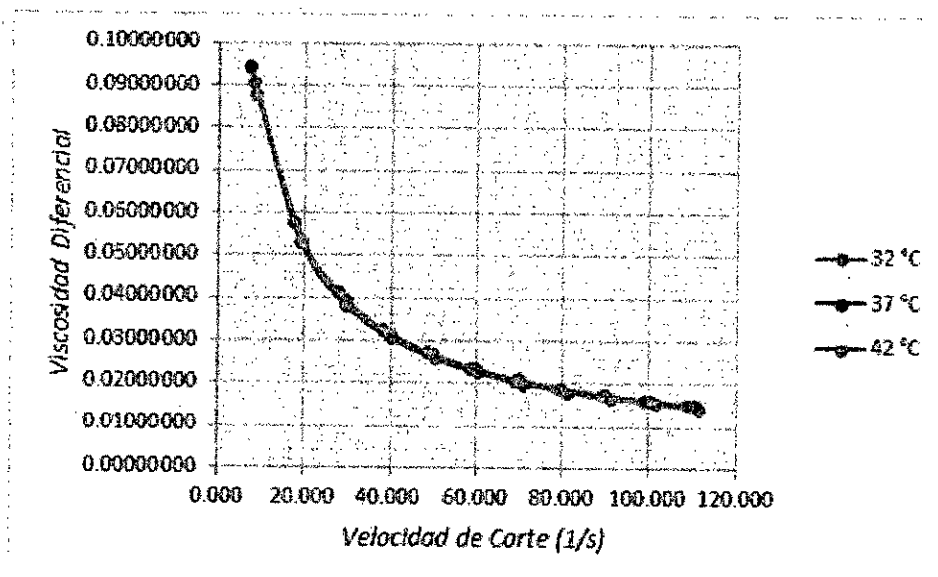
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.25

Gráfico 5.50: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.25

Gráfico 5.51: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.25

- Cálculo de los parámetros del modelo de Ellis-de Haven

Dado que este modelo no es explícito en el esfuerzo de corte (variable dependiente), para la regresión se toma la forma alterna; es decir, se toma como variable dependiente la velocidad de corte y en el proceso de regresión, se toma como modelo la función alterna, en términos de las variables x e y .

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \frac{\mu_0}{1 + c\tau^{n-1}} \frac{du}{dy}$ $n > 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_0} (1 + c\tau^{n-1}) \tau$	$x = A * y + A * C * y^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.4823369	0.8794319	1.403257
C	12.64843	7.050957	4.149959
n	2.063374	2.027931	2.053112
R ²	0.9986442	0.9997438	0.9999523
R ² adj	0.9977404	0.999573	0.9999205
Rmsd	0.3981431	0.1685707	0.0717424
Variance	1.902215	0.3409928	0.0617636

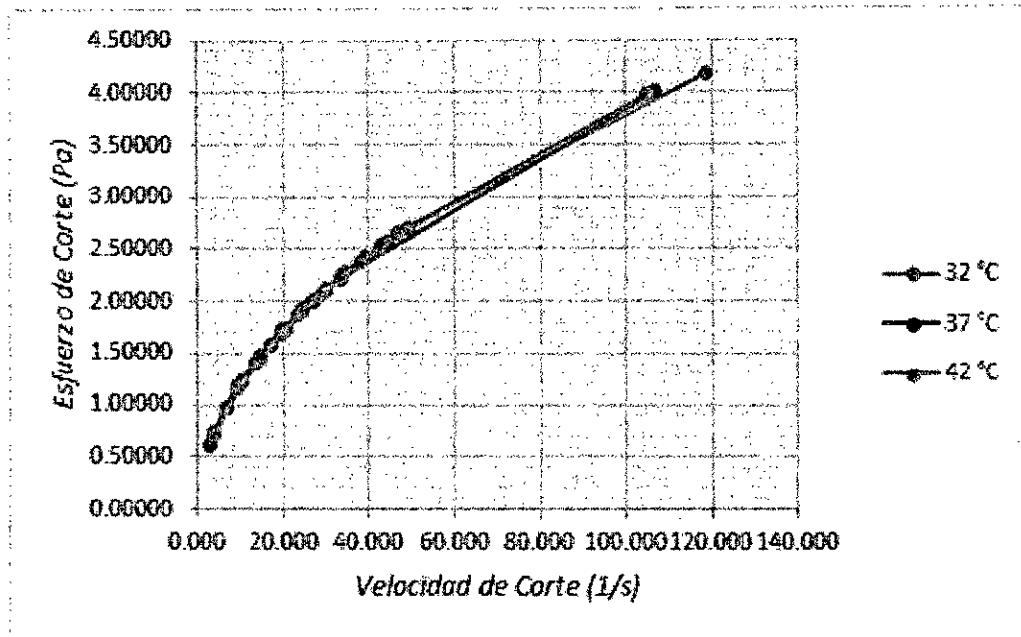
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.6, 5.7 y 5.8.

Tabla 5.26: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ellis-de Haven

32°C				37°C				42°C			
Tao	Gamma	Viscosidad aparente	Viscosidad diferencial	Tao	Gamma	Viscosidad aparente	Viscosidad diferencial	Tao	Gamma	Viscosidad aparente	Viscosidad diferencial
0.73360	3.573	0.20530185	0.04607524	0.61107	2.821	0.21659997	0.06835226	0.72016	3.979	0.18100888	0.07929259
1.17543	9.083	0.12941233	0.03623533	0.96710	6.645	0.14554642	0.05208129	1.15243	9.410	0.12247160	0.05545420
1.48000	14.413	0.10268342	0.03149834	1.21418	10.259	0.11835321	0.04463868	1.45063	14.535	0.09980531	0.04578737
1.72395	19.600	0.08795722	0.02848027	1.41295	13.742	0.10281817	0.04001441	1.68958	19.465	0.08680260	0.04012588
1.93197	24.674	0.07830104	0.02631233	1.58295	17.130	0.09240627	0.03674668	1.89340	24.254	0.07806615	0.03627320
2.11562	29.655	0.07134169	0.02464535	1.73340	20.444	0.08478613	0.03426333	2.07341	28.933	0.07166158	0.03342355
2.28144	34.559	0.06601596	0.02330520	1.86950	23.698	0.07888761	0.03228502	2.23595	33.523	0.06669884	0.03120053
2.43349	39.397	0.06176900	0.02219368	1.99449	26.901	0.07414142	0.03065629	2.38503	38.038	0.06270138	0.02940035
2.57449	44.175	0.05827894	0.02125022	2.11057	30.060	0.07021168	0.02928204	2.52330	42.487	0.05938949	0.02790240
2.70643	48.903	0.05534301	0.02043462	2.21932	33.181	0.06688545	0.02810015	2.65270	46.880	0.05658452	0.02662910
4.18000	118.726	0.03520722	0.01423290	4.00661	107.000	0.03744503	0.01682791	3.98000	104.853	0.03795801	0.01806425

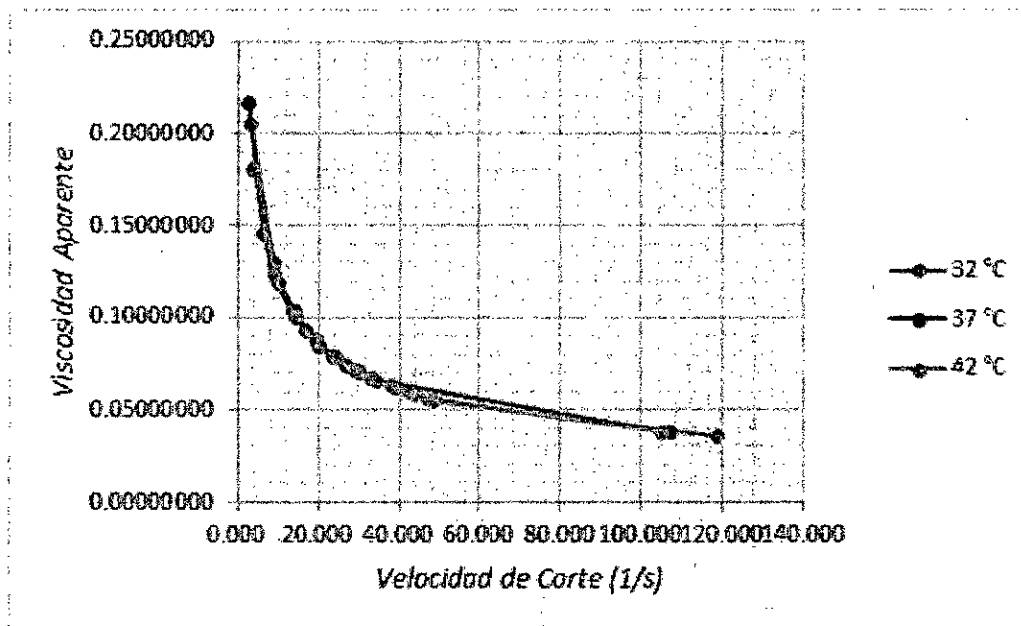
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Ellis-de Haven

Gráfico 5.52: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



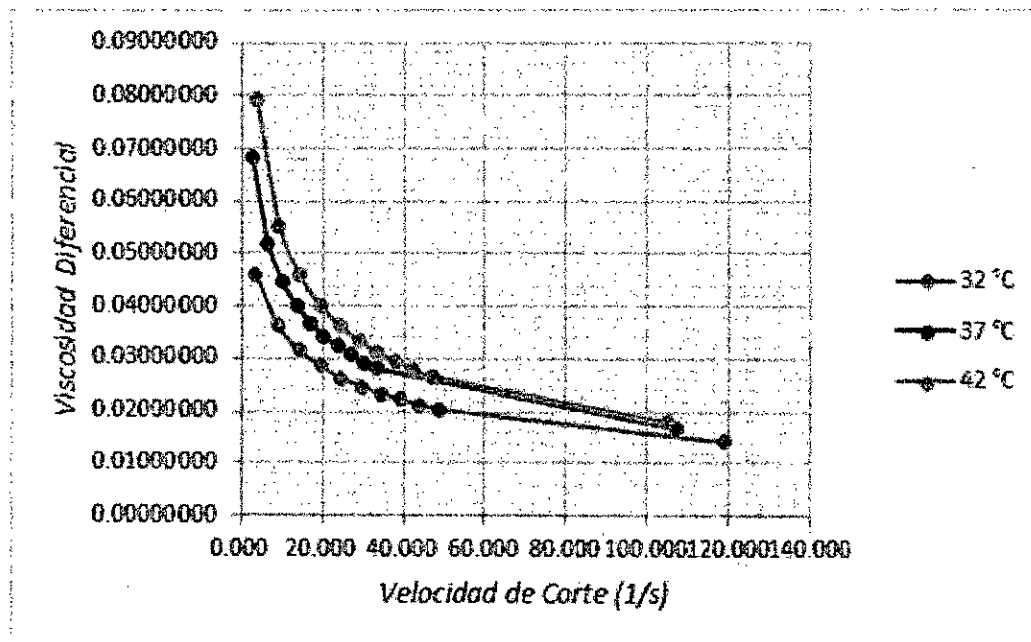
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.26

Gráfico 5.53: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.26

Gráfico 5.54: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.26

C. MS - 03

- Cálculo de los parámetros del modelo de Herschel-Bulkley

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \tau_0 + \mu \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{1}{\mu} \right)^m (\tau - \tau_0)^m$	$y = A + Bx^C$

	32°C	37°C	42°C
A	0.2192515	0.5954234	0.4561721
B	0.3073782	0.1977279	0.2212639
C	0.538455	0.6185575	0.6009767
R²	0.9999478	0.9998207	0.9997863
R²adj	0.999913	0.9997012	0.9996439
Rmsd	0.0025077	0.0046466	0.0050726
Variance	7.55E-05	0.0002591	0.0003088

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

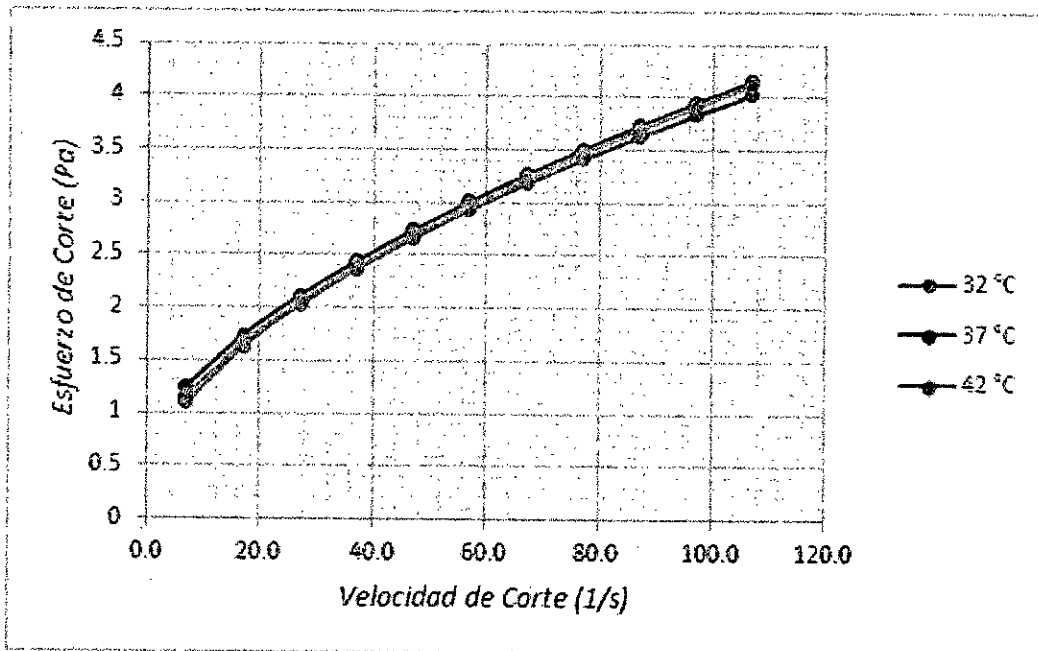
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.9, 5.10 y 5.11.

Tabla 5.27: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Herschel-Bulkley I

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	1.09568774	0.15652682	0.06741735	1.2543085	0.17918693	0.05822262	1.16868838	0.16695548	0.06117224
17.0	1.63248667	0.09602863	0.04476256	1.73612319	0.10212489	0.0415052	1.67062785	0.09827223	0.04293292
27.0	2.03225248	0.07526861	0.03615628	2.11404211	0.07829786	0.03479085	2.05988578	0.07629207	0.03569609
37.0	2.36747331	0.06398577	0.03126272	2.440825	0.06596824	0.030851	2.39421444	0.0647085	0.03147887
47.0	2.66280873	0.0566555	0.02799459	2.73514182	0.05819451	0.0281604	2.69387495	0.05731649	0.02861292
57.0	2.93027111	0.05140827	0.02560986	3.00631406	0.05274235	0.02616271	2.9689288	0.05208647	0.02649313
67.0	3.17680201	0.04741496	0.02376877	3.25982827	0.04865415	0.02459832	3.22527422	0.04813842	0.0248383
77.0	3.40684863	0.04424479	0.02229062	3.49925175	0.04544483	0.02332708	3.46673381	0.04502252	0.02349711
87.0	3.62346588	0.04164903	0.02106915	3.72706558	0.04283983	0.02226553	3.69595899	0.04248229	0.02237973
97.0	3.82886114	0.0394728	0.02003724	3.94508173	0.04067095	0.02136037	3.91488157	0.0403596	0.02142891
107.0	4.02469173	0.03761394	0.01915008	4.15467353	0.03882872	0.02057571	4.12496273	0.03855105	0.02060615

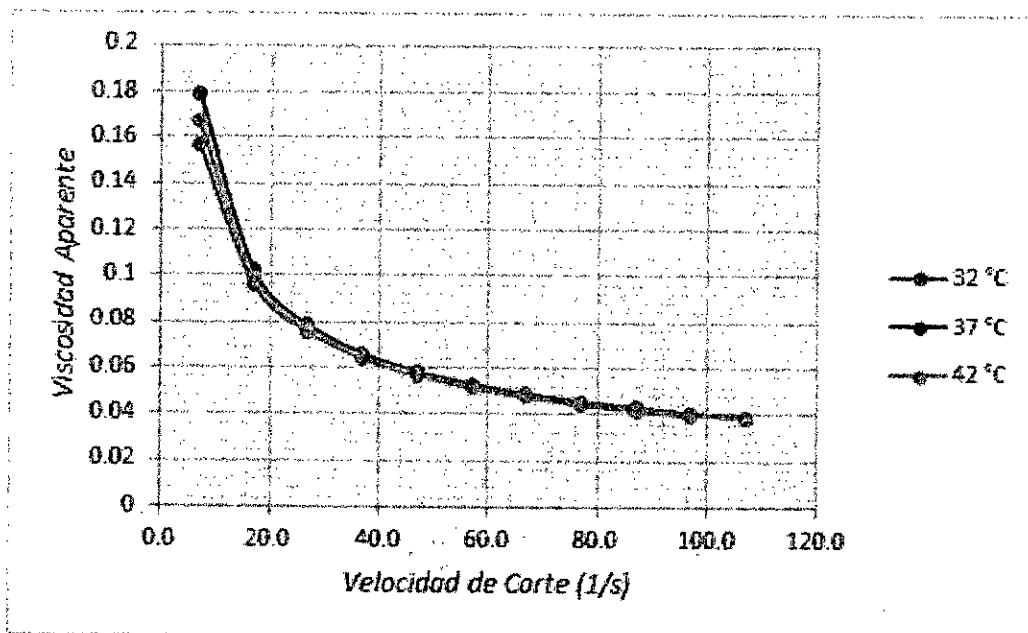
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Herschel-Bulkley I

Gráfico 5.55: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



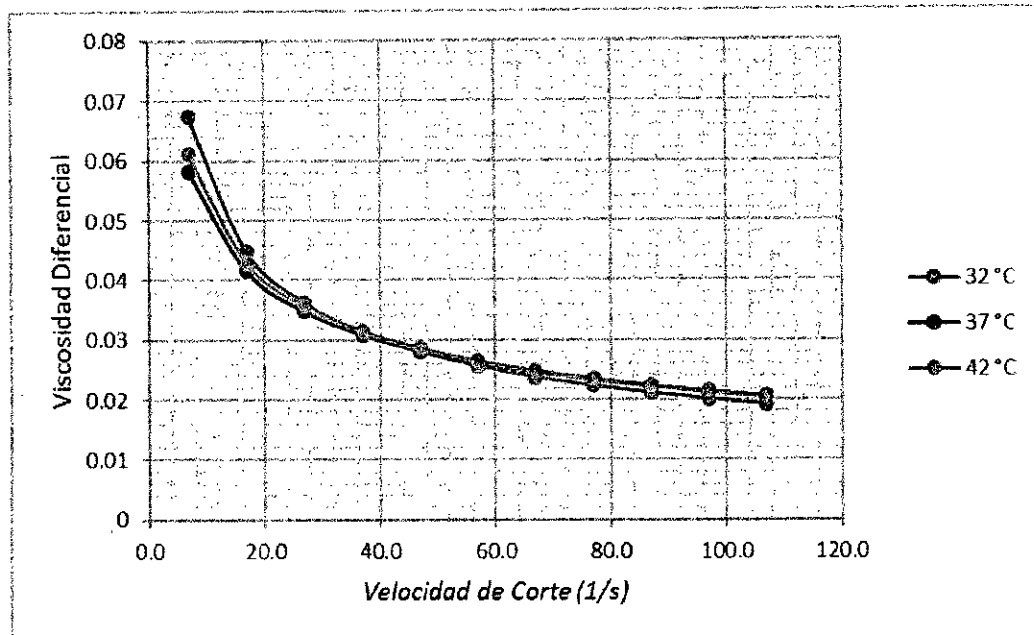
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.27

Gráfico 5.56: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.27

Gráfico 5.57: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.27

- Cálculo de los parámetros del modelo de Casson - Generalizada N°1

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ $n > 1 \quad m > 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} \left(\tau^{1/n} - \tau_0^{1/n} \right)^m$	$y = (A + Bx^C)^{1/n}$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.2535361	0.6195373	0.5320527
B	0.0280715	0.0915057	0.0292339
C	1.906692	1.268934	1.889782
n	0.2600289	0.3971195	0.2650608
R ²	0.9999869	0.9999832	0.999997
R ² adj	0.9999672	0.9999579	0.9999925
Rmsd	0.0012573	0.0014239	0.0006003
Variance	2.85E-05	3.65E-05	6.49E-06

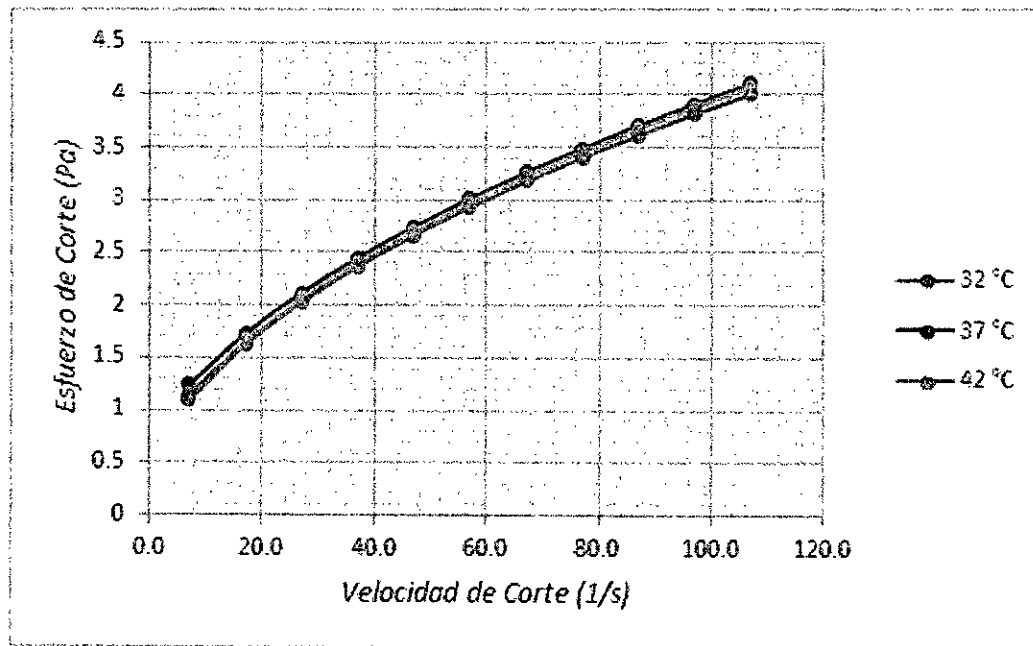
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.9, 5.10 y 5.11.

Tabla 5.28: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Casson - Generalizada N°1

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
7.0	1.09156623	0.15593803	0.06331859	1.23472225	0.17638889	0.05650275	1.14886099	0.164123	0.0562979
17.0	1.62577618	0.09563389	0.04556012	1.72592326	0.1015249	0.04314075	1.65657273	0.09744545	0.04494341
27.0	2.03261098	0.07528189	0.03670589	2.11750176	0.07842599	0.03581844	2.06256318	0.07639123	0.03693878
37.0	2.37164433	0.0640985	0.03148874	2.45115666	0.06624748	0.03122007	2.40517304	0.06500468	0.03192933
47.0	2.66797277	0.05676538	0.02798014	2.74647127	0.05843556	0.02801387	2.70628272	0.05758048	0.02848375
57.0	2.93437151	0.0514802	0.02542058	3.01411607	0.05287923	0.02562087	2.9778269	0.05224258	0.02594177
67.0	3.17832926	0.04743775	0.02344955	3.26061264	0.04866586	0.02374899	3.22700821	0.0481643	0.02397136
77.0	3.40466697	0.04421645	0.02187233	3.49027847	0.04532829	0.0222339	3.45853608	0.04491605	0.02238785
87.0	3.61669962	0.04157126	0.02057358	3.7061424	0.04259934	0.02097545	3.6756798	0.04224919	0.02108
97.0	3.81682063	0.03934867	0.01948022	3.91042436	0.04031365	0.01990874	3.8808148	0.0400084	0.01997652
107.0	4.00682417	0.03744695	0.01854339	4.10480805	0.03836269	0.0189897	4.07572977	0.03809093	0.01902939

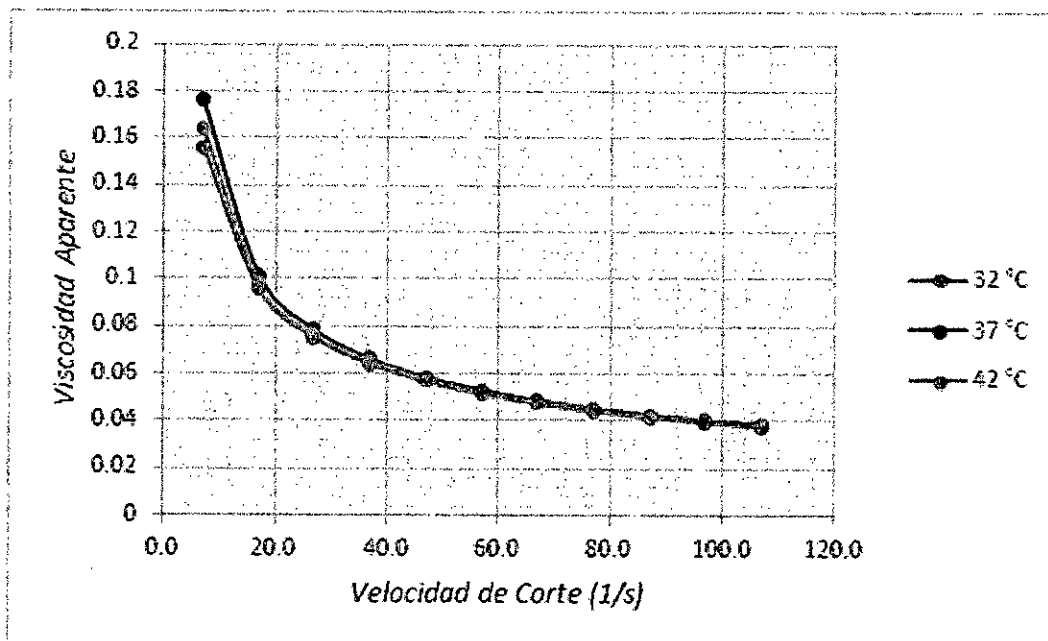
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Casson - Generalizada N°1

Gráfico 5.58: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1



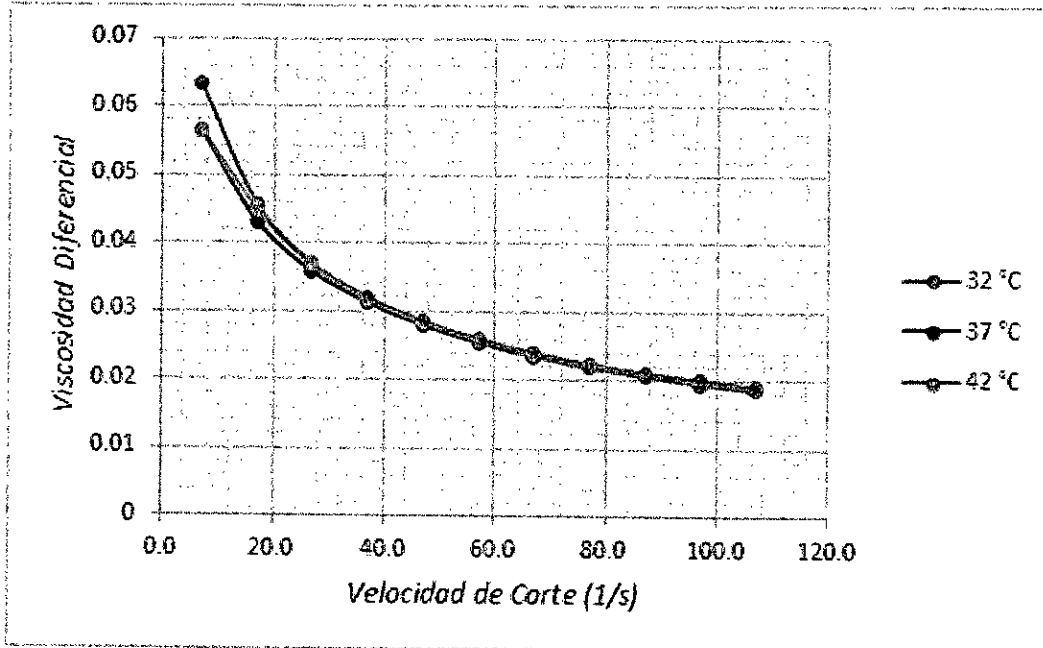
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.28

Gráfico 5.59: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.28

Gráfico 5.60: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson - Generalizada N°1



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.28

- Cálculo de los parámetros del modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = k \left(\frac{du}{dy} \right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{\tau}{k} \right)^{1/n}$	$y = A * x^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.4209996	0.5307467	0.4579971
n	0.4803933	0.4293727	0.4630493
R ²	0.9994562	0.9923818	0.9965104
R ² adj	0.9993203	0.9904772	0.9956379
Rmsd	0.0080921	0.0302885	0.0204994
Variance	0.0005893	0.0082565	0.003782

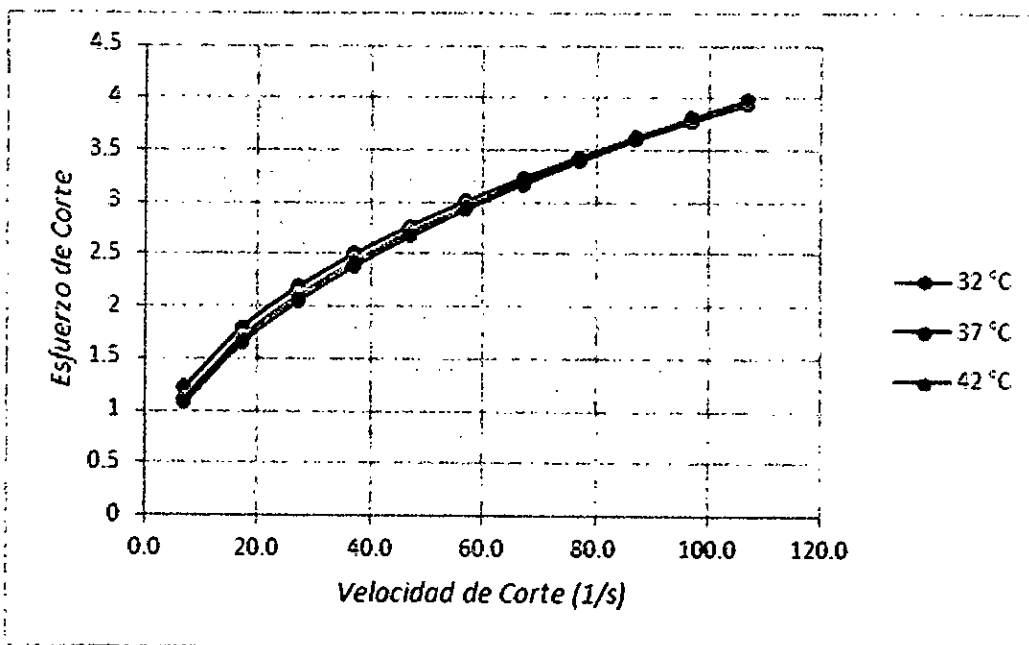
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.9, 5.10 y 5.11.

Tabla 5.29: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

	32°C			37°C			42°C		
Gamma	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
7.0	1.07216375	0.15316625	0.07358004	1.22390957	0.17484422	0.07507334	1.12767716	0.16109674	0.07459573
17.0	1.64203005	0.09659	0.04640119	1.79146562	0.10538033	0.04524744	1.70067466	0.10003969	0.04632331
27.0	2.05068637	0.07595135	0.03648652	2.18512269	0.08093047	0.03474933	2.10695237	0.07803527	0.03613418
37.0	2.38580687	0.06448127	0.03097637	2.50167167	0.06761275	0.02903107	2.43790871	0.06588942	0.03051005
47.0	2.67637085	0.05694406	0.02735555	2.77230159	0.05898514	0.02532661	2.7234943	0.05794669	0.02683217
57.0	2.93624439	0.05151306	0.02474653	3.01170223	0.05283688	0.02268671	2.97796337	0.05224497	0.024192
67.0	3.17333399	0.04736319	0.02275296	3.22815197	0.04818137	0.02068777	3.20941137	0.04790166	0.02218083
77.0	3.39265101	0.0440604	0.02116632	3.42684861	0.04450453	0.01910903	3.42295301	0.04445394	0.02058436
87.0	3.59760715	0.04135181	0.01986513	3.61130293	0.04150923	0.01782293	3.622061	0.04163289	0.01927808
97.0	3.79064848	0.03907885	0.01877322	3.78401497	0.03901046	0.01675003	3.80921941	0.0392703	0.01818409
107.0	3.97359914	0.03713644	0.0178401	3.94683794	0.03688634	0.01583799	3.98627693	0.03725492	0.01725087

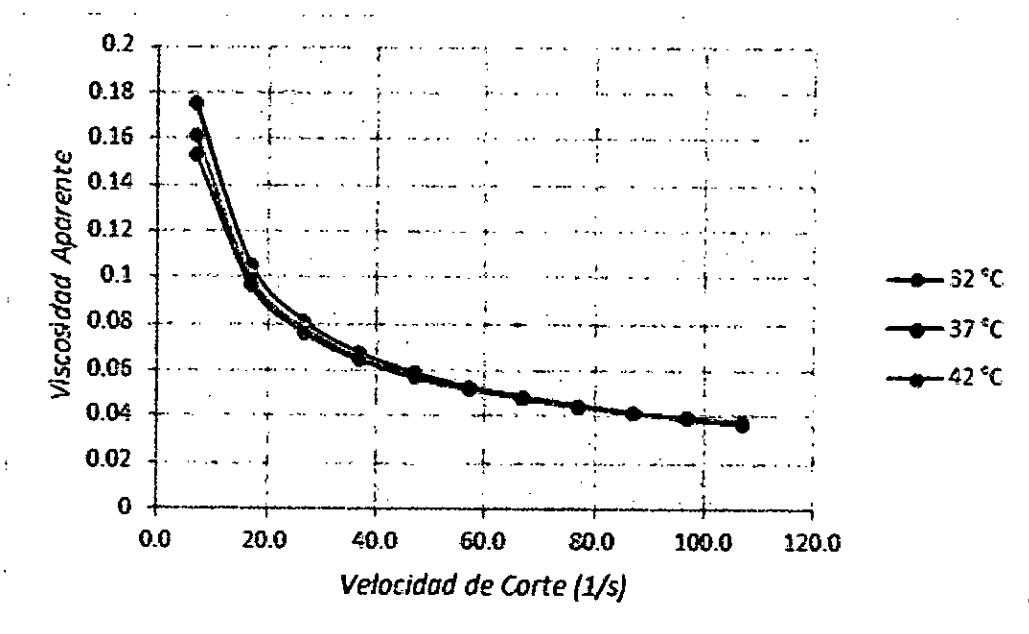
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Gráfico 5.61: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



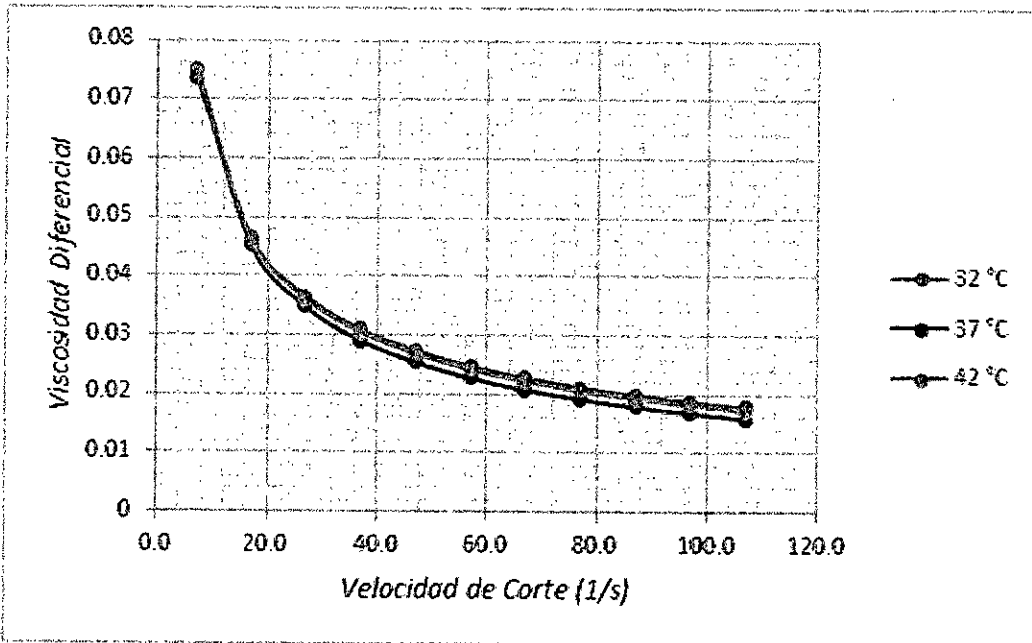
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.29

Gráfico 5.62: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y la velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.29

Gráfico 5.63: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.29

- Cálculo de los parámetros del modelo de Sisko

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = A \cdot \frac{du}{dy} + B \cdot \left(\frac{du}{dy}\right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{A + B \cdot \left(\frac{du}{dy}\right)^{n-1}}$	$y = A * x + B * x^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.0068731	0.0174088	0.0144191
B	0.460223	0.6875472	0.566699
n	0.4220025	0.2644328	0.3284963
R ²	0.9998696	0.9992185	0.9994042
R ² adj	0.9997827	0.9986975	0.999007
Rmsd	0.0039625	0.0097009	0.0084705
Variance	0.0001884	0.0011293	0.000861

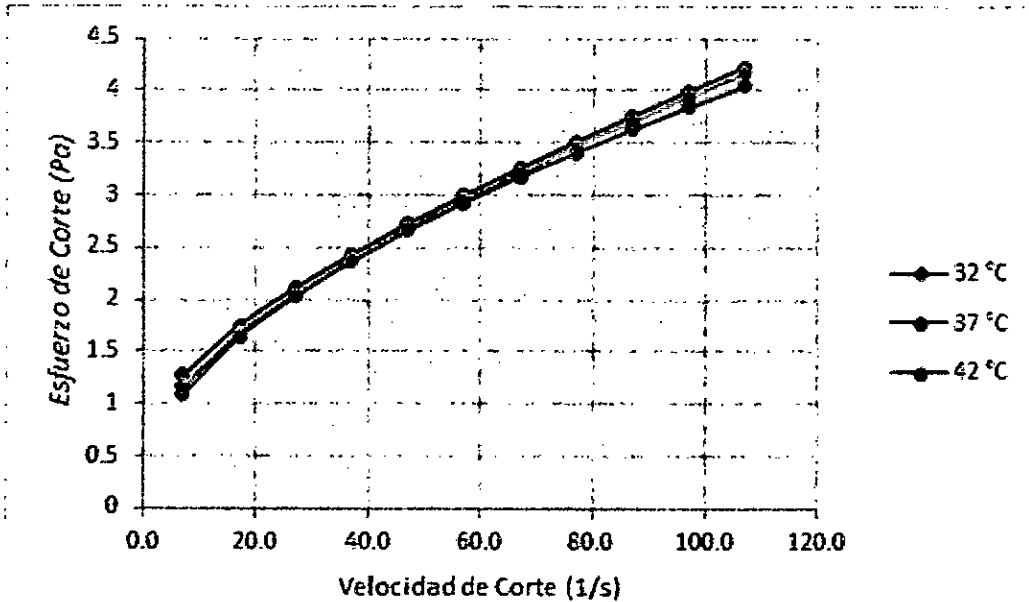
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.9, 5.10 y 5.11.

Tabla 5.30: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Sisko

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
7.0	1.0942806	0.1563258	0.06994251	1.27206371	0.18172339	0.06085897	1.17483415	0.16783345	0.06481515
17.0	1.63816363	0.09636257	0.04463788	1.75031513	0.10295971	0.04003127	1.68243443	0.09896673	0.04219268
27.0	2.03487385	0.0753657	0.03577715	2.11365998	0.0782837	0.03350612	2.06252453	0.0763898	0.03477624
37.0	2.36659384	0.063962	0.03096476	2.4305576	0.06569075	0.03017613	2.3891774	0.06457236	0.03089426
47.0	2.65970792	0.05658953	0.02785356	2.72130671	0.05790014	0.02811604	2.68508146	0.05712939	0.02844927
57.0	2.92661456	0.05134412	0.02563998	2.99499018	0.05254369	0.02669962	2.96059348	0.05194024	0.02674465
67.0	3.17428903	0.04737745	0.02396604	3.25653544	0.04860501	0.0256581	3.22141575	0.04808083	0.02547685
77.0	3.40710499	0.04424812	0.02264545	3.50894323	0.04557069	0.02485573	3.4710624	0.04507873	0.02449068
87.0	3.62801317	0.0417013	0.02157069	3.75418914	0.0431516	0.02421604	3.71187013	0.04266517	0.02369783
97.0	3.83911274	0.03957848	0.02067485	3.99364936	0.04117164	0.02369248	3.94548067	0.04067506	0.02304409
107.0	4.04195839	0.03777531	0.01991391	4.22832439	0.03951705	0.02325495	4.1730966	0.0390009	0.02249413

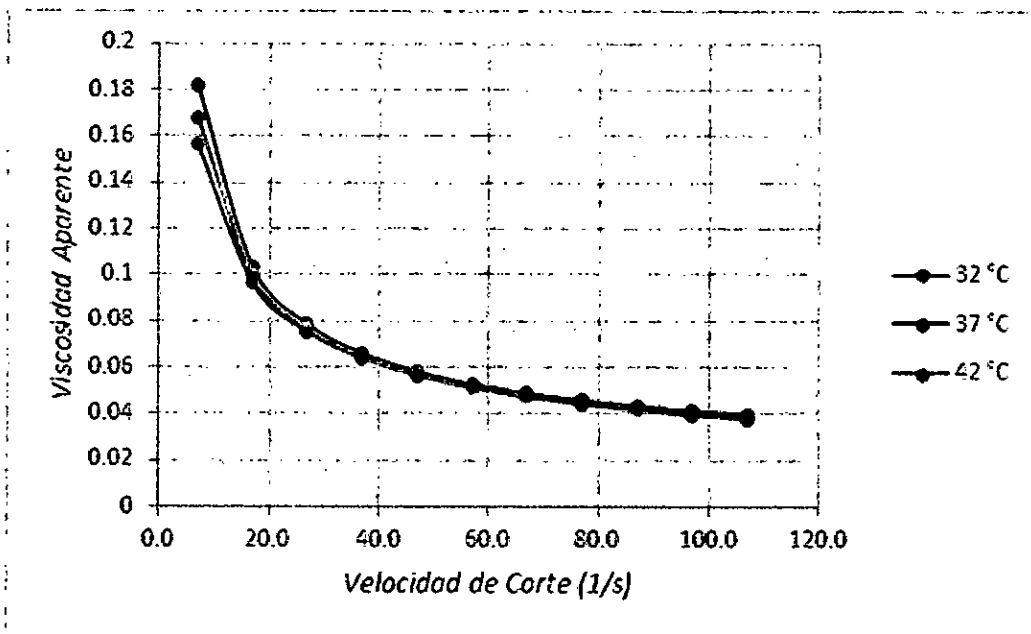
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Sisko

Gráfico 5.64: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



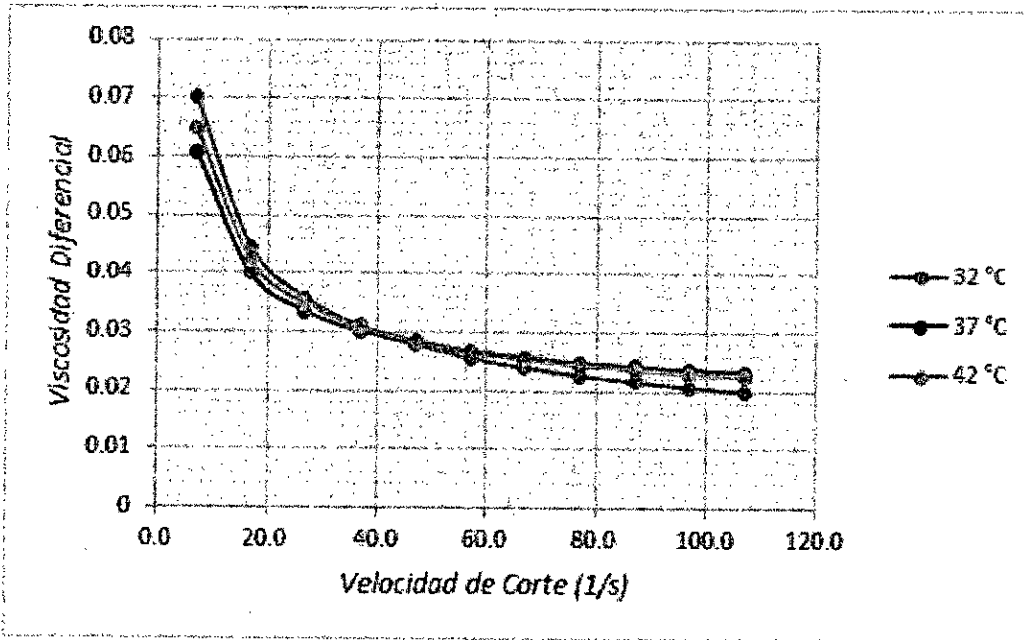
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.30

Gráfico 5.65: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.30

Gráfico 5.66: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.30

- Cálculo de los parámetros del modelo de Steiger-Ory

Dado que este modelo no es explícito en el esfuerzo de corte (variable dependiente), para la regresión se toma la forma alterna; es decir, se toma como variable dependiente la velocidad de corte y en el proceso de regresión, se toma como modelo la función alterna, en términos de las variables x e y .

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\gamma = C * \tau + A * \tau^3$	$\tau = \frac{1}{C + A * \tau^2} * \gamma$	$x = C * y + A * y^3$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 2

	32°C	37°C	42°C
C	7.357479	5.893488	6.928981
A	1.337294	1.373042	1.316492
R ²	0.9952436	0.9917091	0.9929625
R ² adj	0.9940545	0.9896364	0.9912032
Rmsd	0.7325469	0.9471199	0.87246
Variance	4.829624	8.073324	6.850678

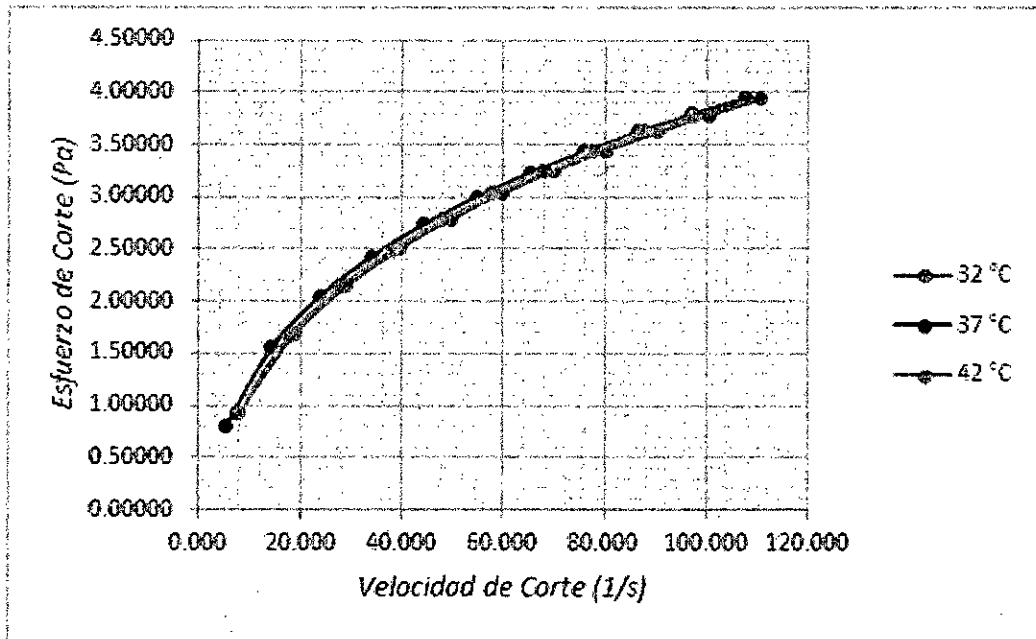
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.9, 5.10 y 5.11.

Tabla 5.31: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Steiger-Ory.

32°C				37°C				42°C			
Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	Gamma	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
0.93350	7.956	0.11733196	0.09213599	0.79950	5.414	0.14768569	0.11728232	0.92130	7.413	0.12427901	0.09726424
1.67926	18.688	0.08985910	0.05356002	1.55460	14.321	0.10855606	0.06309740	1.66870	17.680	0.09438564	0.05578324
2.15060	29.125	0.07384122	0.03859103	2.05405	24.005	0.08556868	0.04296902	2.14241	27.790	0.07709164	0.03990939
2.50450	39.435	0.06350947	0.03074833	2.43120	34.059	0.07138180	0.03306819	2.49814	37.834	0.06602919	0.03166913
2.79270	49.674	0.05621999	0.02587534	2.73821	44.327	0.06177311	0.02719028	2.78778	47.839	0.05827375	0.02657935
3.03846	59.869	0.05075190	0.02252448	2.99956	54.734	0.05480280	0.02328031	3.03471	57.821	0.05248471	0.02309387
3.25426	70.031	0.04646905	0.02006254	3.22863	65.238	0.04948989	0.02047860	3.25151	67.785	0.04796772	0.02054059
3.44765	80.168	0.04300531	0.01816733	3.43356	75.816	0.04528834	0.01836371	3.44577	77.737	0.04432599	0.01857962
3.62357	90.287	0.04013405	0.01665708	3.61970	86.451	0.04187009	0.01670475	3.62245	87.678	0.04131518	0.01701995
3.78543	100.390	0.03770710	0.01542123	3.79071	97.131	0.03902684	0.01536495	3.78499	97.612	0.03877586	0.01574561
3.93568	110.481	0.03562320	0.01438852	3.94928	107.849	0.03661855	0.01425746	3.93587	107.539	0.03659940	0.01468200

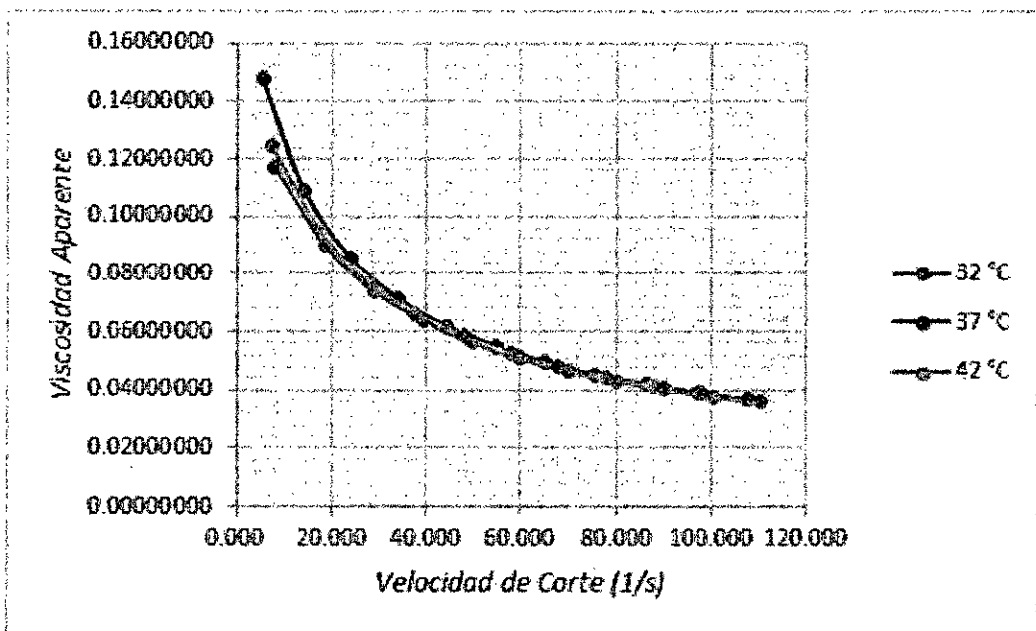
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Steiger-Ory

Gráfico 5.67: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



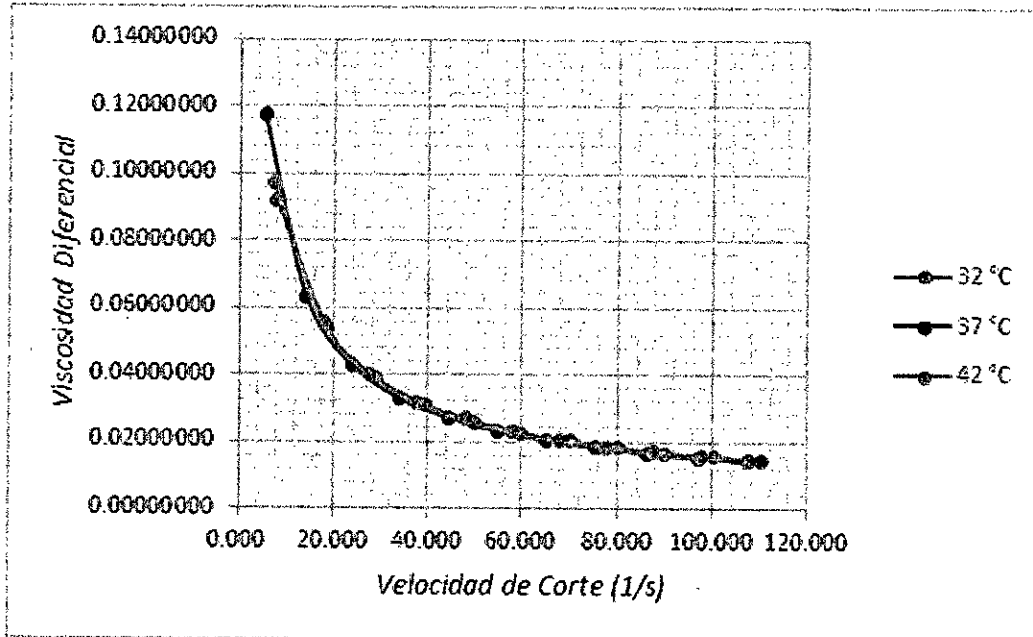
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.31

Gráfico 5.68: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.31

Gráfico 5.69: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.31

- Cálculo de los parámetros del modelo de Ellis-de Haven

Dado que este modelo no es explícito en el esfuerzo de corte (variable dependiente), para la regresión se toma la forma alterna; es decir, se toma como variable dependiente la velocidad de corte y en el proceso de regresión, se toma como modelo la función alterna, en términos de las variables x e y .

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \frac{\mu_0}{1 + c\tau^{n-1}} \frac{du}{dy}$ $n > 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_0} (1 + c\tau^{n-1}) \tau$	$x = A * y + A * C * y^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.7805481	0.5706665	0.4818619
C	7.266704	8.437277	11.6023
n	2.10198	2.203563	2.099741
R ²	0.9997559	0.9981433	0.9990458
R ² adj	0.9995932	0.9969055	0.9984097
Rmsd	0.1659361	0.4482029	0.3212526
Variance	0.3304174	2.41063	1.238439

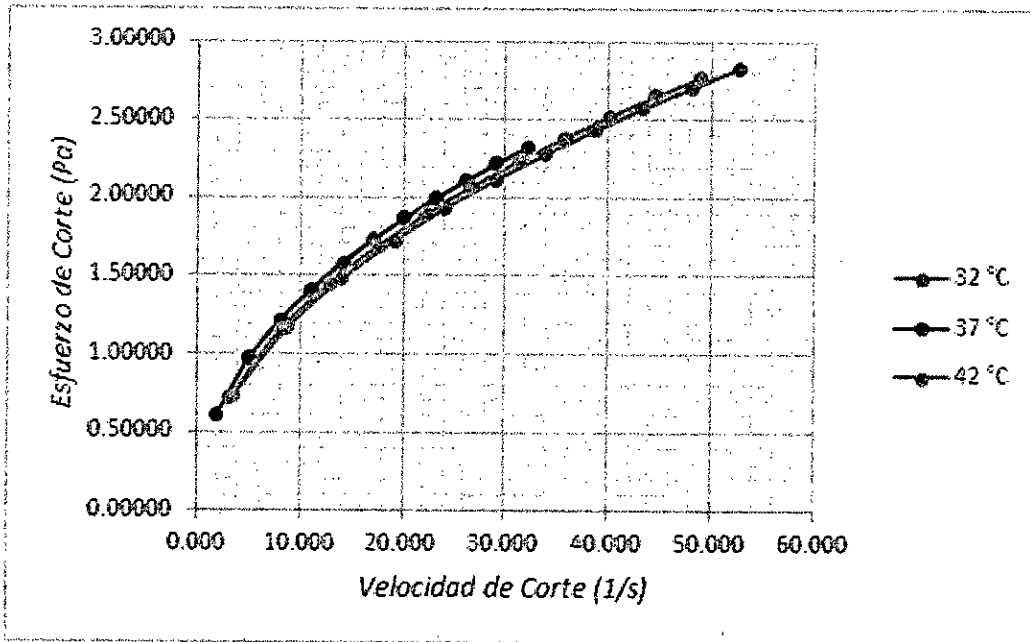
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.9, 5.10 y 5.11.

Tabla 5.32: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ellis-de Haven

32°C				37°C				42°C			
Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
0.73360	3.530	0.20780798	0.06352829	0.61107	1.975	0.30938694	0.06991965	0.72016	3.153	0.22839554	0.05054601
1.17543	8.884	0.13230300	0.04648216	0.96710	5.025	0.19247328	0.05368134	1.15243	8.086	0.14251936	0.03948895
1.48000	14.086	0.10506912	0.03901420	1.21418	8.077	0.15032255	0.04579032	1.45063	12.908	0.11237886	0.03415884
1.72395	19.166	0.08995019	0.03448957	1.41295	11.120	0.12706791	0.04078072	1.68958	17.631	0.09583043	0.03076779
1.93197	24.149	0.08000060	0.03134741	1.58295	14.151	0.11186523	0.03720494	1.89340	22.272	0.08501072	0.02833645
2.11562	29.055	0.07281557	0.02899123	1.73340	17.170	0.10095229	0.03447379	2.07341	26.847	0.07723090	0.02647019
2.28144	33.894	0.06731081	0.02713411	1.86950	20.181	0.09263782	0.03229282	2.23595	31.364	0.07129092	0.02497275
2.43349	38.677	0.06291810	0.02561856	1.99449	23.182	0.08603683	0.03049558	2.38503	35.831	0.06656256	0.02373274
2.57449	43.410	0.05930685	0.02434959	2.11057	26.175	0.08063454	0.02897916	2.52330	40.255	0.06268328	0.02268184
2.70643	48.099	0.05626838	0.02326537	2.21932	29.160	0.07610854	0.02767578	2.65270	44.640	0.05942494	0.02177470
2.83072	52.747	0.05366578	0.02232443	2.32187	32.138	0.07224723	0.02653922	2.77461	48.988	0.05663809	0.02098043

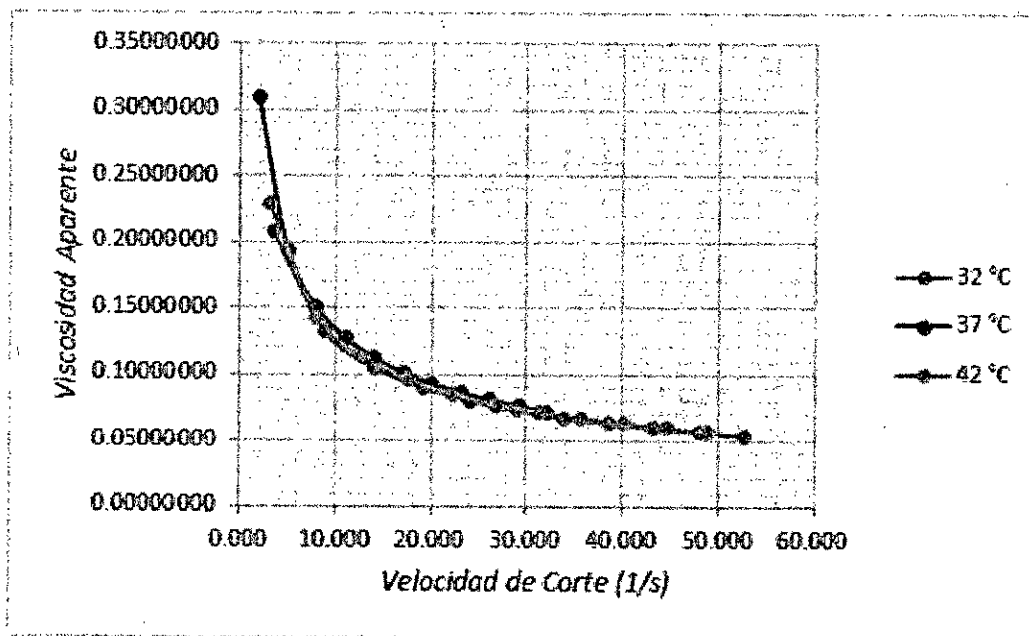
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Ellis-de Haven.

Gráfico 5.70: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



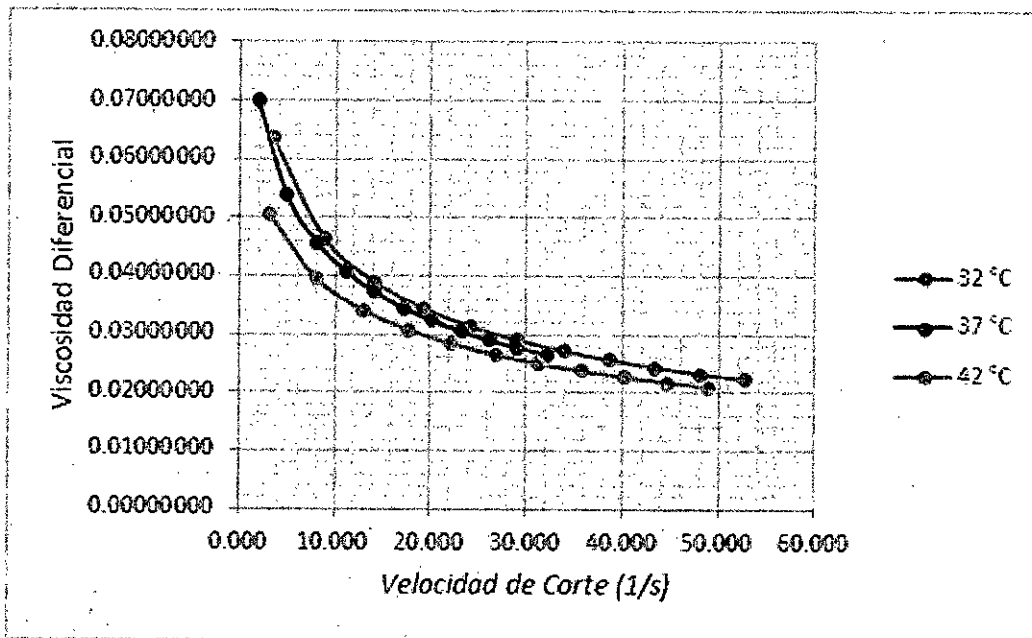
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.32

Gráfico 5.71: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.32

Gráfico 5.72: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.32

D. MS - 04

- Cálculo de los parámetros del modelo de Herschel-Bulkley

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \tau_0 + \mu \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{1}{\mu} \right)^m (\tau - \tau_0)^m$	$y = A + Bx^C$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.0285139	0.5184949	0.5426857
B	0.3610825	0.2362336	0.2446666
C	0.5169318	0.5851797	0.5807204
R²	0.9999761	0.99994	0.9998057
R²adj	0.9999601	0.9999	0.9996762
Rmsd	0.001697	0.0026878	0.004837
Variance	3.46E-05	8.67E-05	0.0002808

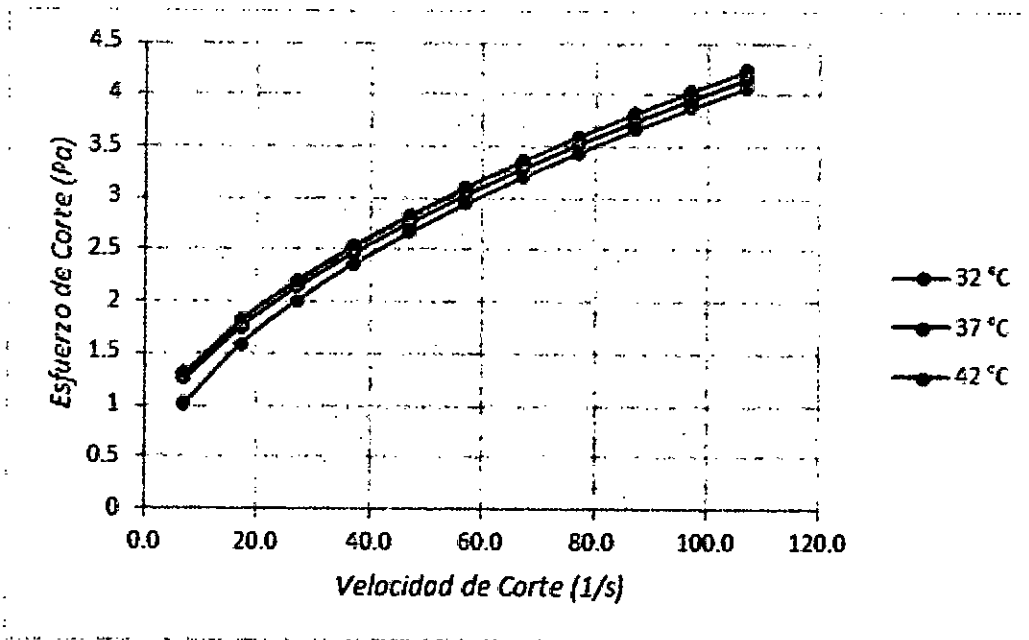
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.12, 5.13 y 5.14.

Tabla 5.33: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Herschel-Bulkley

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	1.01584881	0.14512126	0.07291212	1.25618828	0.17945547	0.06166903	1.30011196	0.18573028	0.06283613
17.0	1.59045487	0.09355617	0.04749512	1.75836275	0.1034331	0.04267915	1.81069219	0.10651131	0.04331513
27.0	2.01243268	0.07453454	0.03798336	2.14384412	0.07940163	0.03522672	2.20149639	0.0815369	0.03567797
37.0	2.36336818	0.06387482	0.03262055	2.47293103	0.06683597	0.03091071	2.53455767	0.06850156	0.03126272
47.0	2.67072186	0.05682387	0.02906045	2.76661439	0.05886414	0.02799051	2.8314234	0.06024305	0.02827908
57.0	2.94778206	0.05171547	0.02647478	3.03526757	0.05325031	0.02583797	3.10272738	0.05443381	0.0260819
67.0	3.20218981	0.04779388	0.02448618	3.28494967	0.0490291	0.02416229	3.35467444	0.05006977	0.02437282
77.0	3.43882098	0.04466001	0.02289476	3.51957609	0.04570878	0.02280743	3.59127089	0.04663988	0.02299189
87.0	3.66101387	0.04208062	0.02158339	3.74185602	0.04300984	0.02168098	3.81528688	0.04385387	0.02184444
97.0	3.87117363	0.03990901	0.02047828	3.9537592	0.0407604	0.0207242	4.02873531	0.04153335	0.02087031
107.0	4.0711016	0.03804768	0.0195303	4.15677272	0.03884834	0.01989763	4.23313502	0.03956201	0.02002915

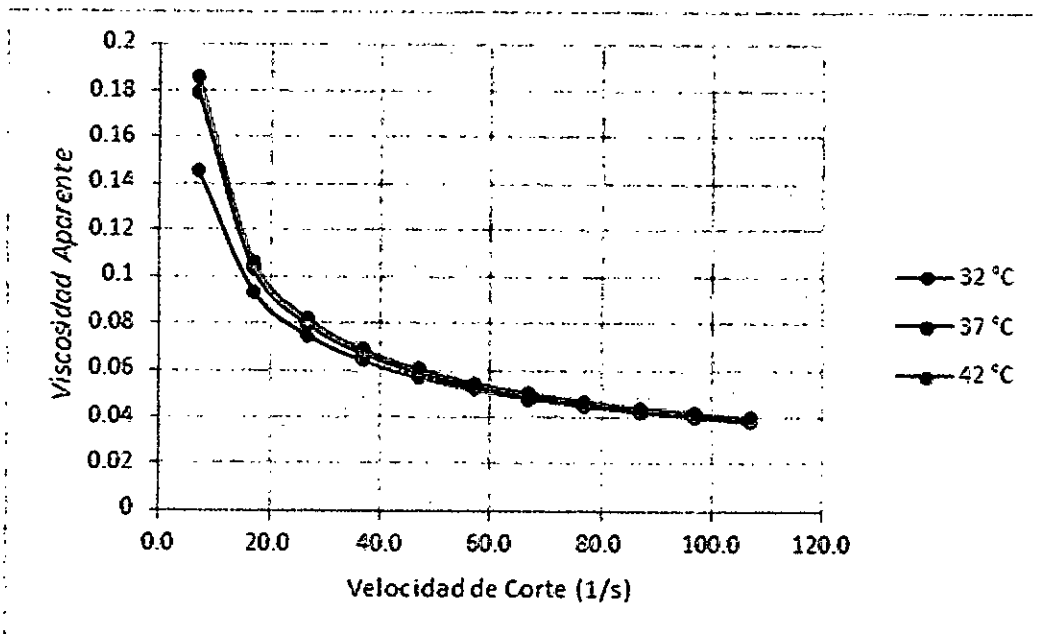
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Herschel-Bulkley I

Gráfico 5.73: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



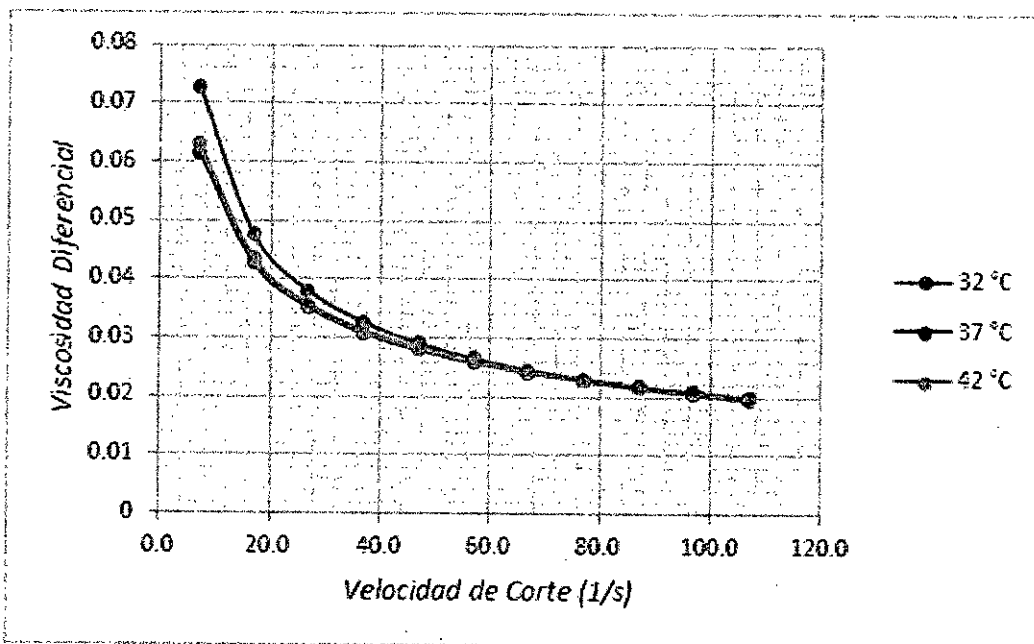
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.33

Gráfico 5.74: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.33

Gráfico 5.75: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Herschel-Bulkley I



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.33

- Cálculo de los parámetros del modelo de Casson - Generalizada N°1

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ <p>$n > 1 \quad m > 1$</p>	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} \left(\tau^{1/n} - \tau_0^{1/n} \right)^m$	$y = (A + Bx^C)^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.2535361	0.5070807	0.5821829
B	0.0280715	0.2183903	0.098533
C	1.906692	0.6710458	1.385649
n	0.2600289	0.8320127	0.3430051
R ²	0.9999767	0.9999423	0.9999866
R ² adj	0.9999417	0.9998558	0.9999664
Rmsd	0.0016751	0.0026354	0.0012718
Variance	5.05E-05	0.000125	2.91E-05

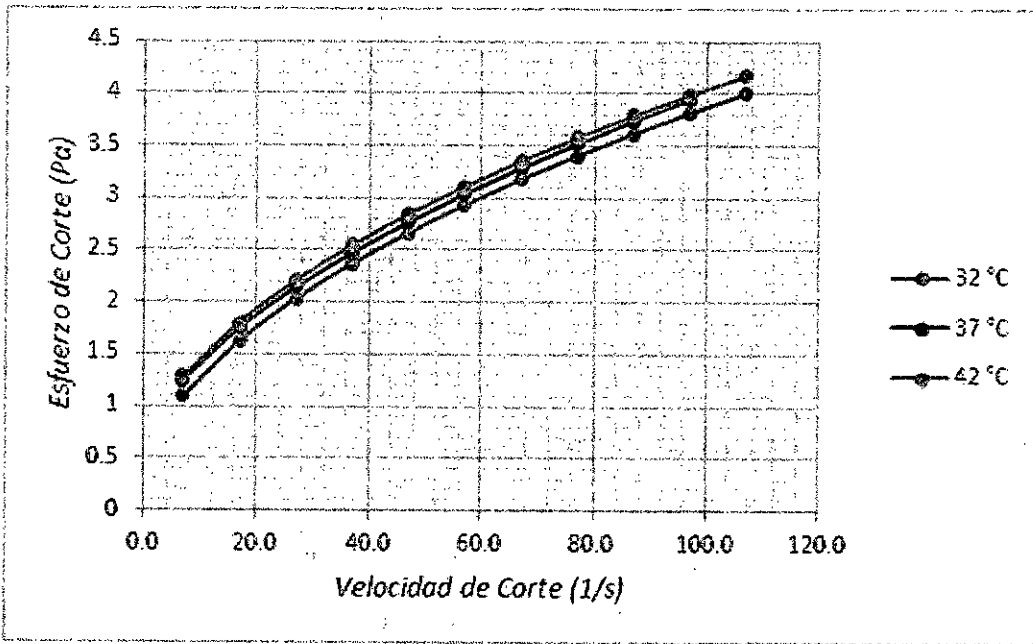
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.12, 5.13 y 5.14.

Tabla 5.34: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Casson -Generalizada N°1

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial	Tao	viscocidad aparente	viscocidad diferencial
7.0	1.09156623	0.15593803	0.06331859	1.25435029	0.1791929	0.06141093	1.27768099	0.18252586	0.06203036
17.0	1.62577618	0.09563389	0.04556012	1.7571735	0.10336315	0.04284744	1.80313894	0.106067	0.04514986
27.0	2.03261098	0.07528189	0.03670589	2.14417288	0.07941381	0.03534919	2.20787332	0.08177309	0.03661748
37.0	2.37164433	0.0640985	0.03148874	2.4741215	0.06686815	0.03096103	2.54642792	0.06882238	0.03146201
47.0	2.66797277	0.05676538	0.02798014	2.7679785	0.05889316	0.02797674	2.84249093	0.06047853	0.02794855
57.0	2.93437151	0.0514802	0.02542058	3.03621855	0.05326699	0.02577079	3.10846738	0.05453452	0.02536644
67.0	3.17832926	0.04743775	0.02344955	3.28500054	0.04902986	0.0240508	3.35175418	0.05002618	0.02336946
77.0	3.40466697	0.04421645	0.02187233	3.51832151	0.04569249	0.02265889	3.57716482	0.04645669	0.02176735
87.0	3.61669962	0.04157126	0.02057358	3.73895531	0.0429765	0.02150114	3.78803301	0.04354061	0.0204461
97.0	3.81682063	0.03934867	0.01948022	3.94892293	0.04071055	0.02051761	3.98677757	0.0411008	0.01933283
107.0	4.00682417	0.03744695	0.01854339	4.14975246	0.03878273	0.01966797	4.17521804	0.03902073	0.01837855

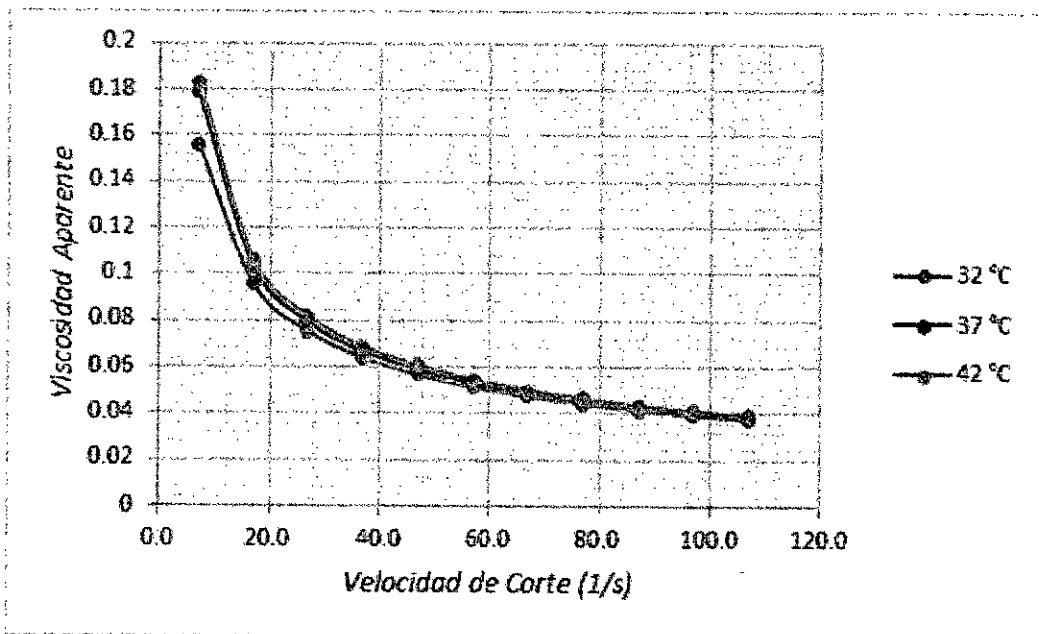
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Casson -Generalizada N°1

Gráfico 5.76: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson -Generalizada N°1



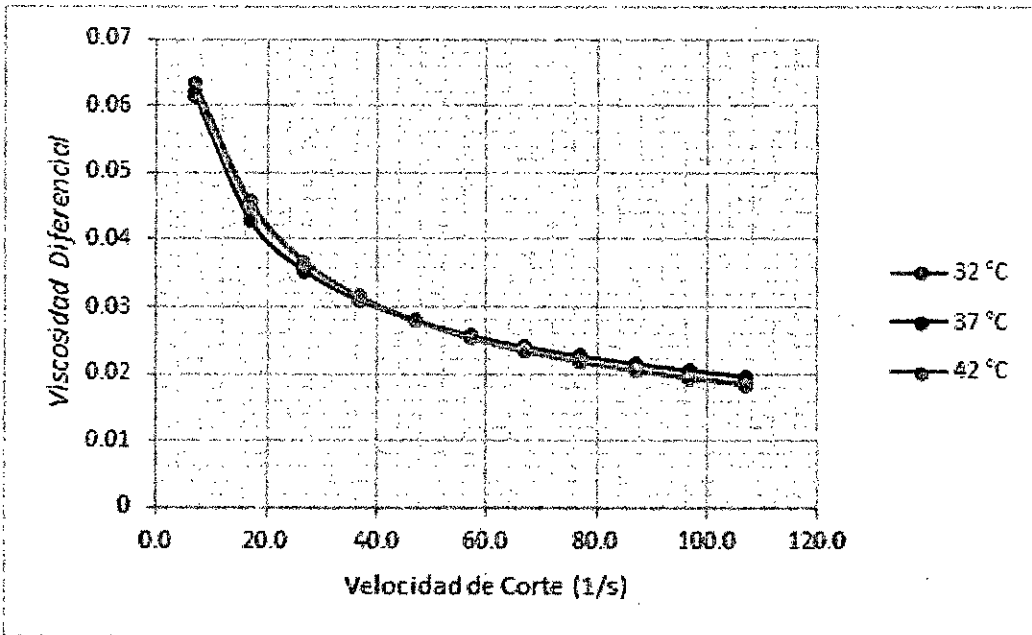
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.34

Gráfico 5.77: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson -Generalizada N°1



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.34

Gráfico 5.78: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Casson -Generalizada N°1



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.34

- Cálculo de los parámetros del modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = k \left(\frac{du}{dy} \right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \left(\frac{\tau}{k} \right)^{1/n}$	$y = A * x^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.3754	0.5319402	0.5663103
n	0.5097759	0.4309517	0.4202334
R ²	0.9999698	0.9954517	0.9942981
R ² adj	0.9999623	0.9943147	0.9928727
Rmsd	0.001907	0.023403	0.0262035
Variance	3.27E-05	0.0049293	0.0061796

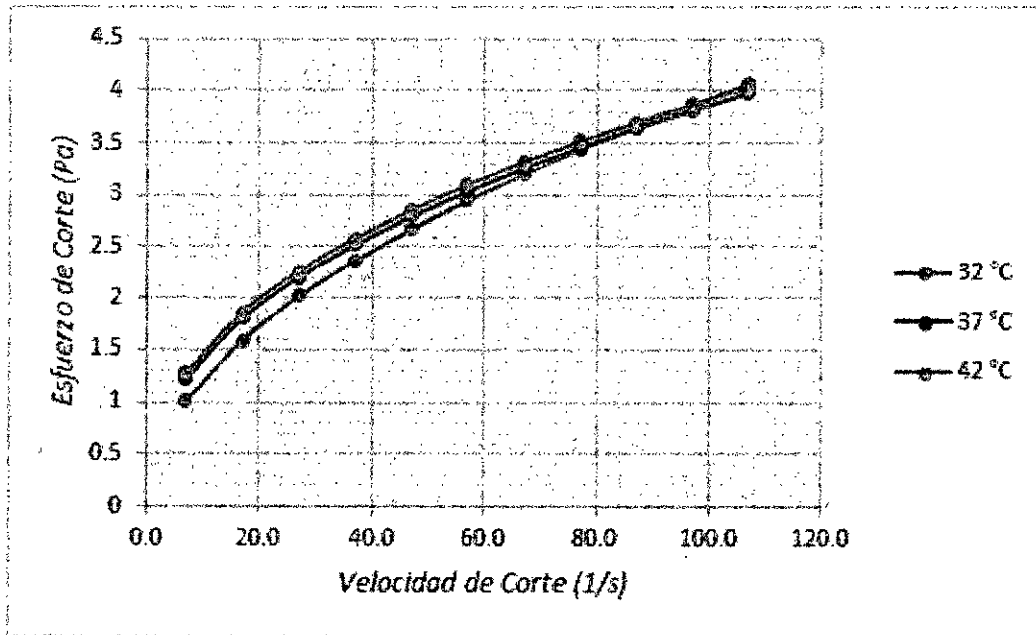
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.12, 5.13 y 5.14.

Tabla 5.35: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	1.01228985	0.14461284	0.07372014	1.23043662	0.17577666	0.07575125	1.28290023	0.18327146	0.07701679
17.0	1.59128319	0.09360489	0.04771752	1.80354452	0.10609085	0.04572003	1.86264544	0.10956738	0.04604387
27.0	2.01450811	0.07461141	0.0380351	2.20146335	0.08153568	0.03513794	2.26235796	0.08379104	0.03521179
37.0	2.36551504	0.06393284	0.03259142	2.52163377	0.06815226	0.02937033	2.58264791	0.06980129	0.02933284
47.0	2.67232613	0.056858	0.02898484	2.79547895	0.05947828	0.02563226	2.85578711	0.06076143	0.02553398
57.0	2.94847163	0.05172757	0.02636947	3.03780621	0.05329485	0.0229675	3.09693237	0.05433215	0.02283218
67.0	3.20171886	0.04778685	0.02436058	3.25696321	0.04861139	0.02094916	3.31460731	0.04947175	0.02078968
77.0	3.43701775	0.04463659	0.02275466	3.45819276	0.04491159	0.01935473	3.51415467	0.04563837	0.01917877
87.0	3.65775355	0.04204314	0.02143258	3.64503692	0.04189698	0.01805557	3.69917801	0.04251929	0.01786802
97.0	3.86636292	0.03985941	0.02031937	3.82001852	0.03938163	0.01697158	3.87224031	0.03992	0.01677572
107.0	4.06466923	0.03798756	0.01936514	3.98500803	0.03724307	0.01604996	4.0352394	0.03771252	0.01584806

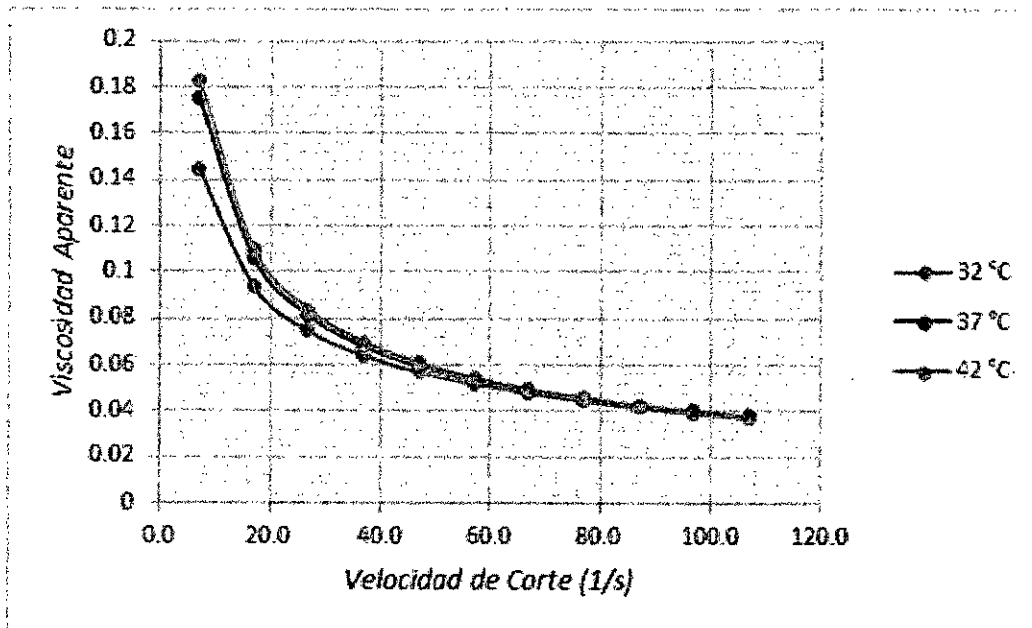
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Ostwald – de Waele-Nutting.

Gráfico 5.79: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



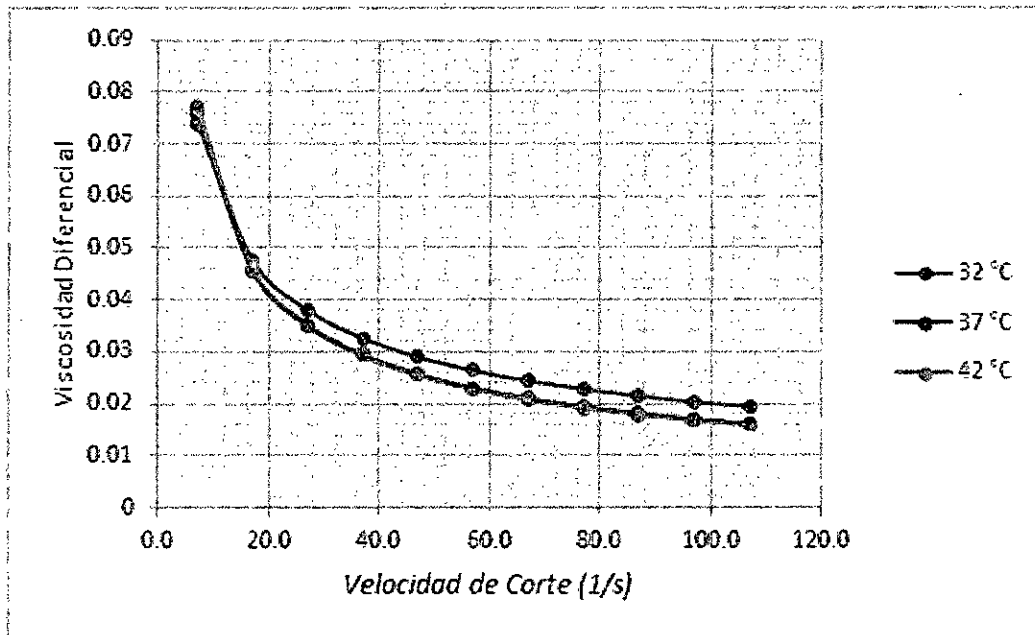
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.35

Gráfico 5.80: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.35

Gráfico 5.81: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ostwald – de Waele-Nutting



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.35

- Cálculo de los parámetros del modelo de Sisko

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = A \cdot \frac{du}{dy} + B \cdot \left(\frac{du}{dy}\right)^n$ $0 < n < 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{A + B \cdot \left(\frac{du}{dy}\right)^{n-1}}$	$y = A * x + B * x^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
A	0.000906	0.0151148	0.0157669
B	0.3789276	0.6544077	0.6928072
n	0.5030111	0.295863	0.2852406
R ²	0.9999736	0.999732	0.9992302
R ² adj	0.9999561	0.9995534	0.9987171
Rmsd	0.0017819	0.0056805	0.0096279
Variance	3.81E-05	0.0003872	0.0011123

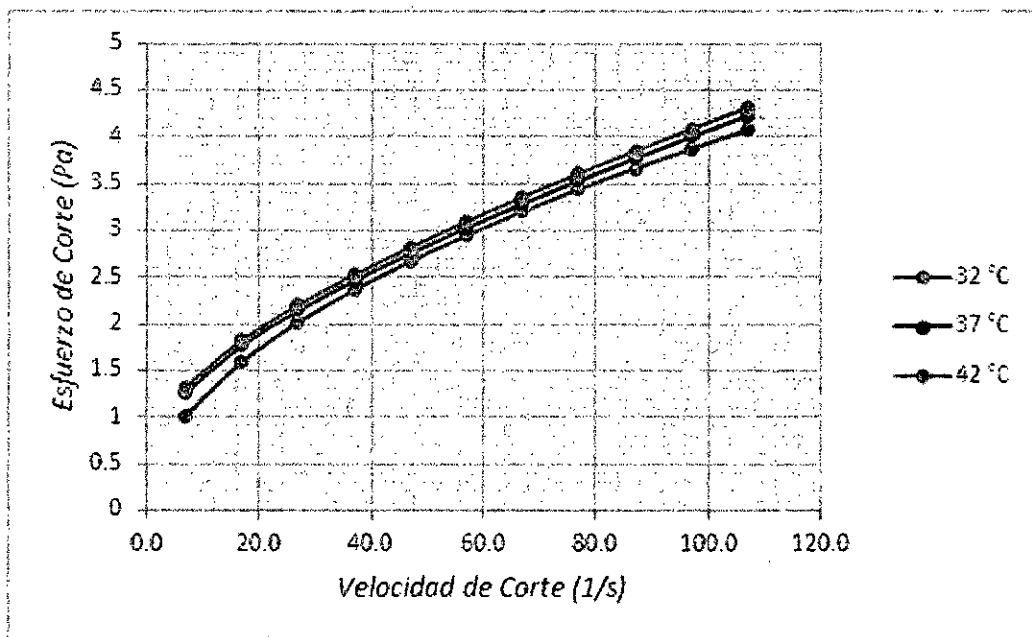
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.12, 5.13 y 5.14.

Tabla 5.36: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Sisko

Gamma	32°C			37°C			42°C		
	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
7.0	1.0147817	0.14496881	0.07337119	1.26961241	0.1813732	0.06430451	1.31726101	0.18818014	0.06494616
17.0	1.59114615	0.09359683	0.04753052	1.77013898	0.10412582	0.04144987	1.82252175	0.10720716	0.04184938
27.0	2.01306505	0.07455796	0.03795376	2.14324542	0.07937946	0.03412834	2.19946873	0.0814618	0.03450575
37.0	2.36364643	0.06388234	0.0325838	2.46392429	0.06659255	0.03034516	2.52393583	0.06821448	0.03072708
47.0	2.67067072	0.05682278	0.02903276	2.75476932	0.05861211	0.02798405	2.81864742	0.05997122	0.02837577
57.0	2.94752347	0.05171094	0.02646145	3.02598984	0.05308754	0.02634953	3.09383797	0.05427786	0.02675179
67.0	3.20187701	0.04778921	0.02448877	3.28316475	0.04900246	0.0251409	3.35508637	0.05007592	0.02555322
77.0	3.43861464	0.04465733	0.02291341	3.52971139	0.04584041	0.02420537	3.60580326	0.04682861	0.02462696
87.0	3.6610725	0.04208129	0.02161763	3.76789066	0.04330909	0.02345645	3.84824137	0.04423266	0.02388649
97.0	3.87164978	0.03991392	0.02052741	3.99928408	0.04122973	0.02284124	4.08397428	0.04210283	0.02327898
107.0	4.07214037	0.03805739	0.01959356	4.22504573	0.03948641	0.02232546	4.31414883	0.04031915	0.0227702

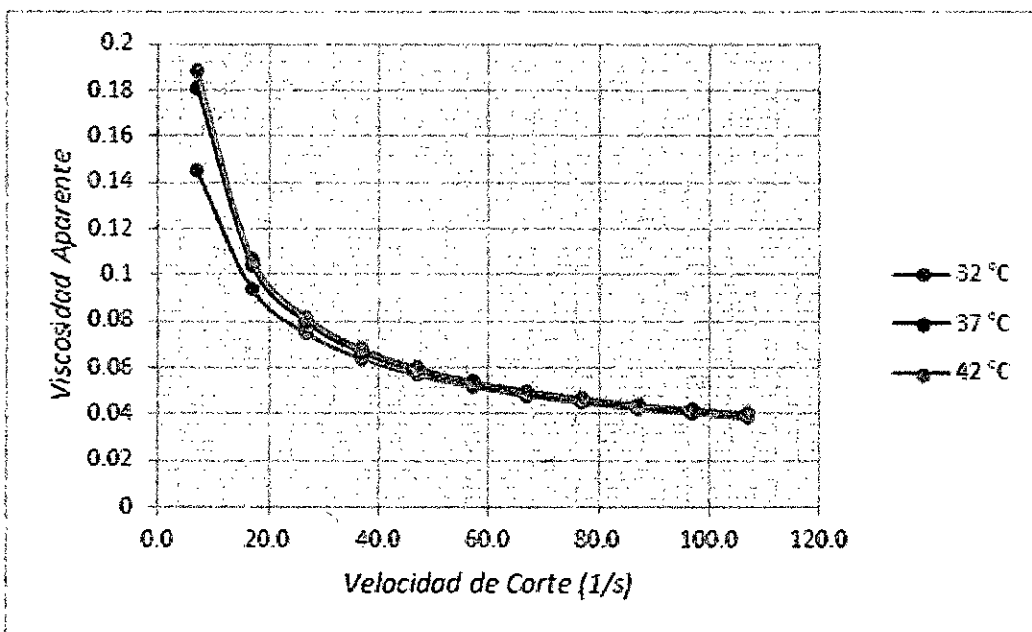
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Sisko

Gráfico 5.82: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



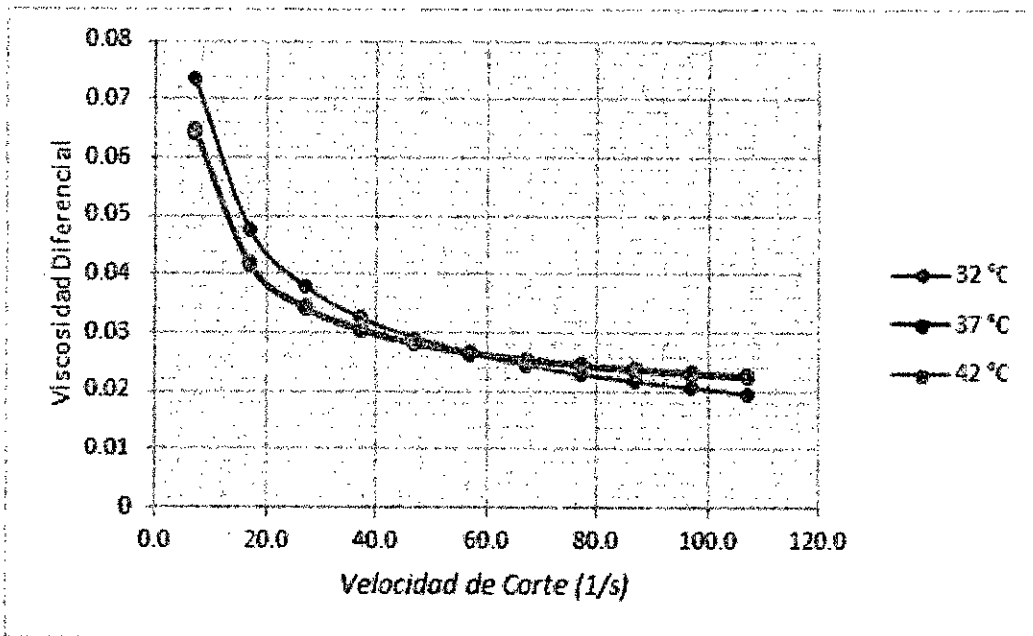
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.36

Gráfico 5.83: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.36

Gráfico 5.84: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Sisko



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.36

- Cálculo de los parámetros del modelo de Steiger-Ory

Dado que este modelo no es explícito en el esfuerzo de corte (variable dependiente), para la regresión se toma la forma alterna; es decir, se toma como variable dependiente la velocidad de corte y en el proceso de regresión, se toma como modelo la función alterna, en términos de las variables x e y .

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\gamma = C * \tau + A * \tau^3$	$\tau = \frac{1}{C + A * \tau^2} * \gamma$	$x = C * y + A * y^3$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
C	8.133459	5.656272	4.991865
A	1.230908	1.363947	1.34729
R ²	0.9961326	0.9924024	0.9935171
R ² adj	0.9951658	0.990503	0.9918963
Rmsd	0.6361826	0.8930653	0.7964683
Variance	3.642554	7.178091	5.709256

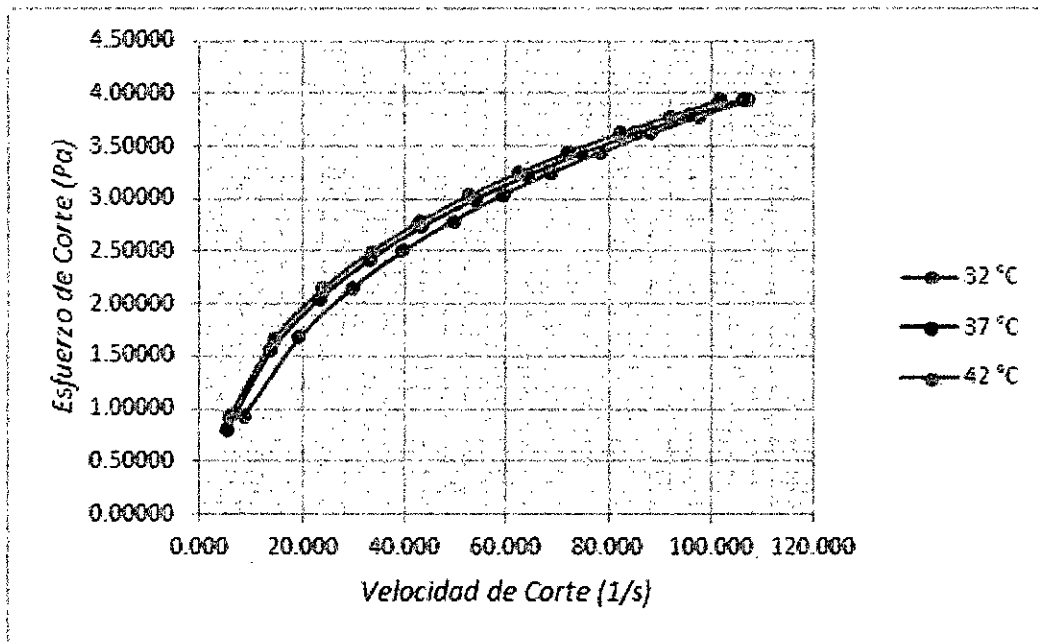
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.12, 5.13 y 5.14.

Tabla 5.37: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Steiger-Ory

32°C				37°C				42°C			
Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
0.93350	8.594	0.10862363	0.08809501	0.79950	5.219	0.15318376	0.12089300	0.92130	5.653	0.16298760	0.11872848
1.67926	19.487	0.08617336	0.05391817	1.55460	13.918	0.11169898	0.06432789	1.66870	14.590	0.11437101	0.06155099
2.15060	29.735	0.07232484	0.03966270	2.05405	23.439	0.08763528	0.04362955	2.14241	23.943	0.08947890	0.04247416
2.50450	39.707	0.06307415	0.03195282	2.43120	33.352	0.07289587	0.03350976	2.49814	33.475	0.07462741	0.03309507
2.79270	49.524	0.05639037	0.02707558	2.73821	43.491	0.06296093	0.02752088	2.78778	43.106	0.06467208	0.02746941
3.03846	59.242	0.05128864	0.02368233	2.99956	53.777	0.05577807	0.02354490	3.03471	52.803	0.05747231	0.02368808
3.25426	68.890	0.04723882	0.02116842	3.22863	64.166	0.05031668	0.02069972	3.25151	62.546	0.05198629	0.02095391
3.44765	78.484	0.04392826	0.01922107	3.43356	74.633	0.04600599	0.01855413	3.44577	72.322	0.04764472	0.01887422
3.62357	88.037	0.04115972	0.01766164	3.61970	85.161	0.04250433	0.01687237	3.62245	82.125	0.04410883	0.01723251
3.78543	97.557	0.03880221	0.01638048	3.79071	95.736	0.03959536	0.01551496	3.78499	91.950	0.04116354	0.01589919
3.93568	107.049	0.03676511	0.01530639	3.94928	106.352	0.03713400	0.01439347	3.93587	101.793	0.03866553	0.01479186

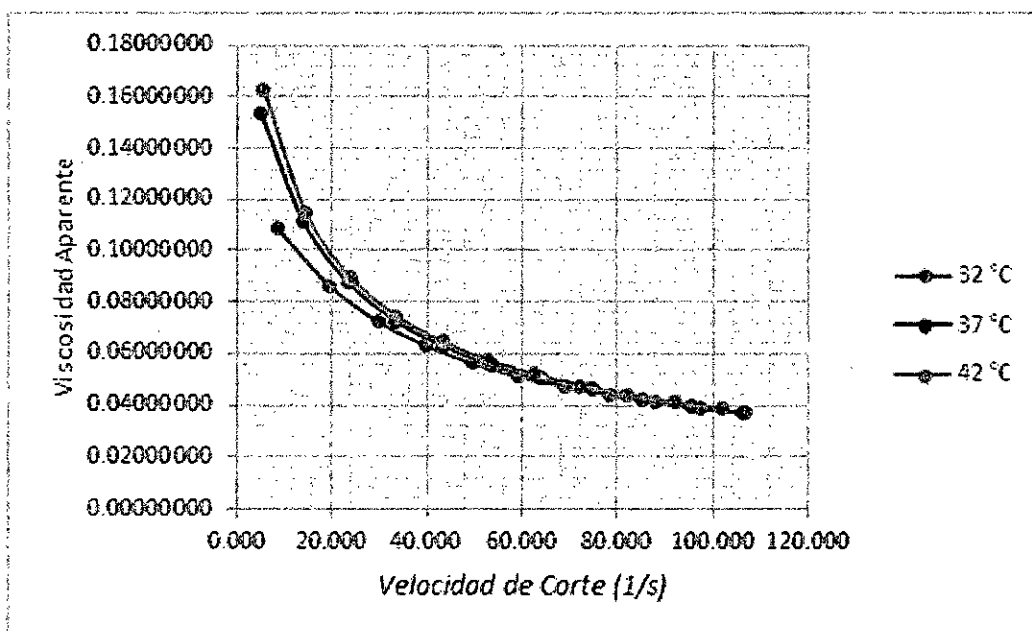
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de Steiger-Ory

Gráfico 5.85: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



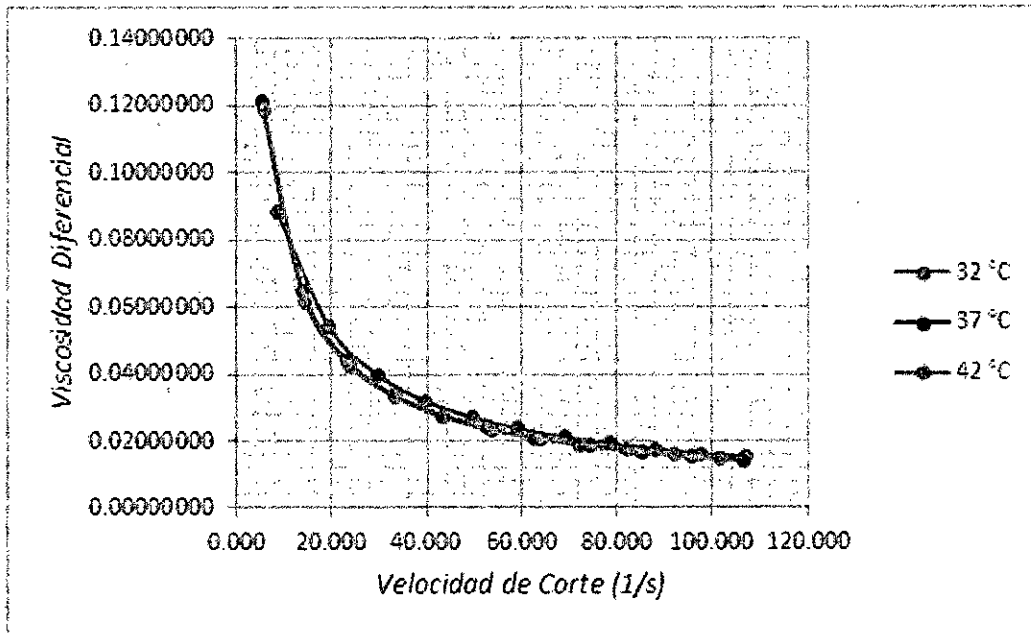
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.37

Gráfico 5.86: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla Nº 5.37

Gráfico 5.87: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Steiger-Ory



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.37

- Cálculo de los parámetros del modelo de Ellis-de Haven

Dado que este modelo no es explícito en el esfuerzo de corte (variable dependiente), para la regresión se toma la forma alterna; es decir, se toma como variable dependiente la velocidad de corte y en el proceso de regresión, se toma como modelo la función alterna, en términos de las variables x e y .

Forma estándar	Forma alterna	Forma para la regresión
$\tau = \frac{\mu_0}{1 + c\tau^{n-1}} \frac{du}{dy}$ $n > 1$	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_0} (1 + c\tau^{n-1}) \tau$	$x = A * y + A * C * y^n$

Fuente: Obtenida a partir del anexo 4

	32°C	37°C	42°C
C	1.265911	0.5314292	0.3215314
A	4.612615	8.765822	13.41239
n	2.042553	2.218998	2.256797
R ²	0.9999402	0.9984853	0.9988019
R ² adj	0.9999004	0.9974755	0.9980032
Rmsd	0.0790928	0.3987579	0.3423927
Variance	0.075068	1.908095	1.406793

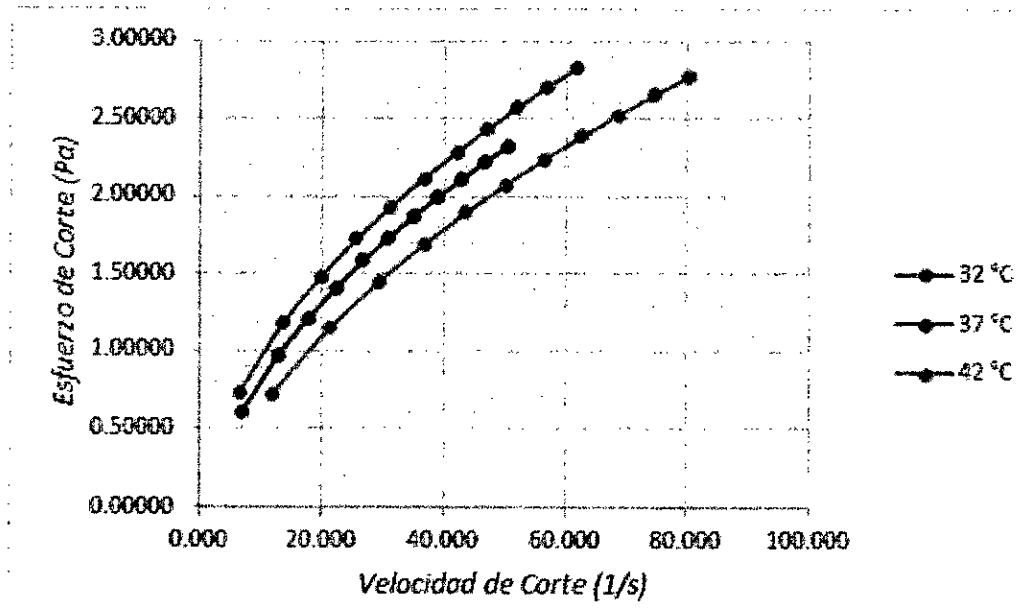
Fuente: Obtenido a partir de la regresión de los datos de las tablas 5.12, 5.13 y 5.14.

Tabla 5.38: Parámetros reológicos de la sangre a diferentes temperaturas basados en el modelo de Ellis-de Haven

32°C				37°C				42°C			
Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial	Tao	Gamma	viscosidad aparente	viscosidad diferencial
0.73360	6.485	0.11312058	0.07548579	0.61107	6.918	0.08832856	0.06926854	0.72016	11.715	0.06147415	0.05036600
1.17543	13.545	0.08677912	0.05339461	0.96710	12.803	0.07553960	0.05350520	1.15243	21.397	0.05385997	0.03992886
1.48000	19.832	0.07462714	0.04432385	1.21418	17.809	0.06817773	0.04574202	1.45063	29.441	0.04927244	0.03454736
1.72395	25.713	0.06704637	0.03897741	1.41295	22.417	0.06302961	0.04078282	1.68958	36.747	0.04597865	0.03102994
1.93197	31.326	0.06167397	0.03532363	1.58295	26.784	0.05910113	0.03722972	1.89340	43.609	0.04341746	0.02847188
2.11562	36.741	0.05758272	0.03261288	1.73340	30.984	0.05594563	0.03450899	2.07341	50.167	0.04133023	0.02649191
2.28144	42.002	0.05431779	0.03049258	1.86950	35.060	0.05332297	0.03233234	2.23595	56.499	0.03957538	0.02489505
2.43349	47.137	0.05162570	0.02877221	1.99449	39.039	0.05108948	0.03053618	2.38503	62.655	0.03806613	0.02356847
2.57449	52.166	0.04935167	0.02733823	2.11057	42.940	0.04915193	0.02901901	2.52330	68.669	0.03674609	0.02244199
2.70643	57.105	0.04739378	0.02611744	2.21932	46.775	0.04744637	0.02771386	2.65270	74.565	0.03557569	0.02146852
2.83072	61.964	0.04568306	0.02506109	2.32187	50.555	0.04592777	0.02657494	2.77461	80.361	0.03452694	0.02061570

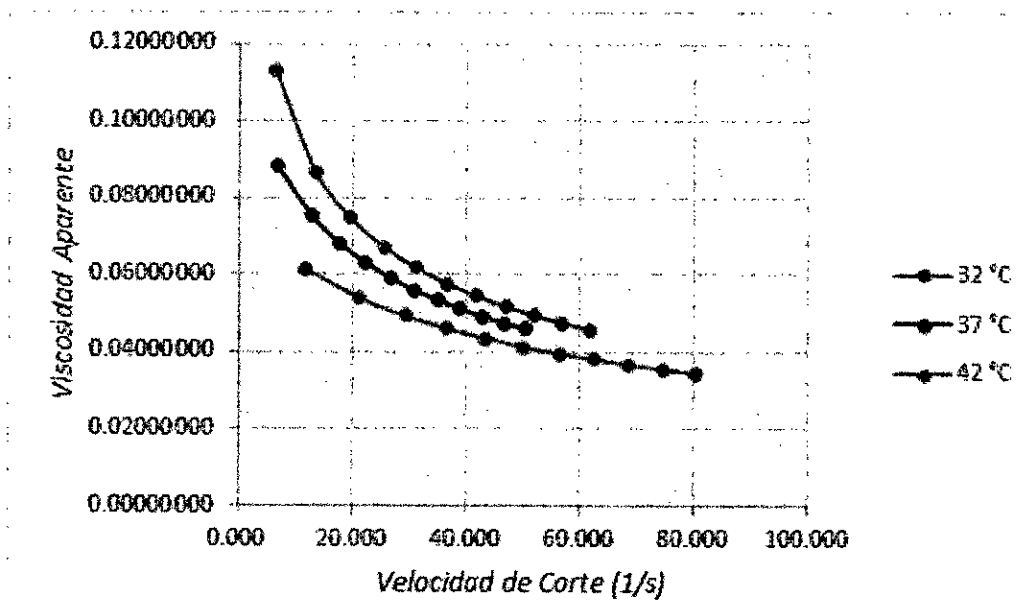
Fuente propia: Obtenida a partir del modelo de modelo de Ellis-de Haven

Gráfico 5.88: Gráfico comparativo del esfuerzo de corte y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



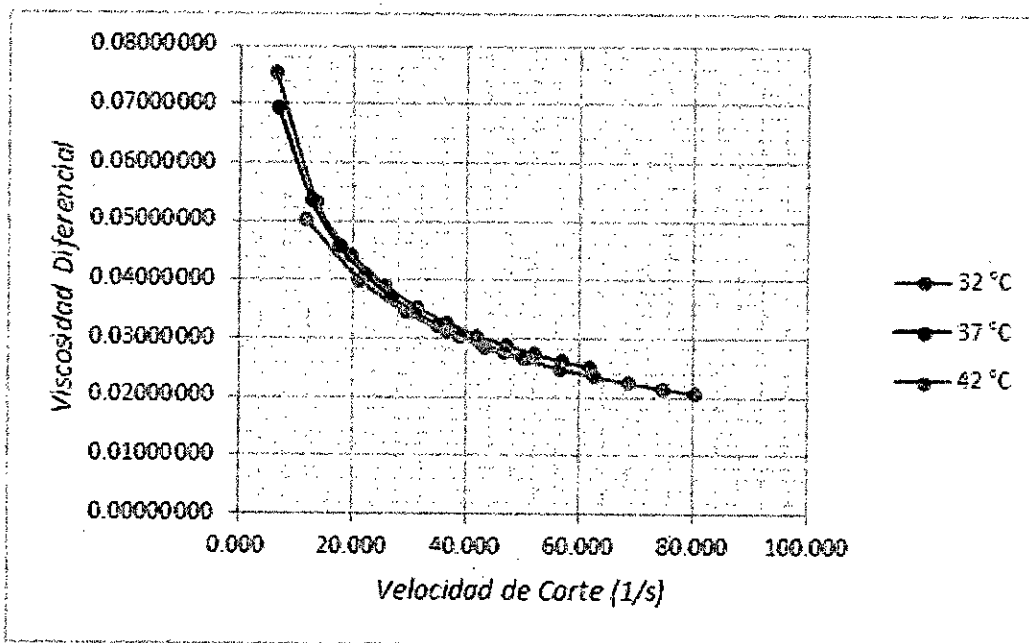
Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.38

Gráfico 5.89: Gráfico comparativo de la viscosidad aparente y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.38

Gráfico 5.90: Gráfico comparativo de la viscosidad diferencial o dinámica y velocidad de corte a diferentes condiciones, modelo de Ellis-de Haven



Fuente propia: Obtenida a partir de la Tabla N° 5.38

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de las hipótesis con los resultados

Hipótesis específica 1: *Existe una relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte asociado a la sangre.*

Mediante los reogramas elaborados en los gráficos 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.7, 5.8, 5.9, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15 y 5.16 con ayuda de los datos de las tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 y 5.14, obtenidas de 4 muestras y a diferentes temperaturas del reómetro, podemos definir que la relación existente entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte tiene un comportamiento no lineal y esto también se ve reflejado en las gráficas 5.18, 5.21, 5.24, 5.27, 5.30, 5.33, 5.36, 5.39, 5.42, 5.45, 5.48, 5.51, 5.54, 5.57, 5.60, 5.63, 5.66, 5.69, 5.72, 5.75, 5.78, 5.81, 5.84 y 5.87 obtenidas de las tablas 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29, 5.30, 5.31, 5.32, 5.33, 5.34, 5.35, 5.36, 5.37 y 5.38 de los modelos reológicos utilizados.

Hipótesis específica 2: *El tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte permite obtener los parámetros de los modelos asociados a la sangre.*

Con ayuda del software POLYMATH se realizó el análisis de los valores obtenidos en el reómetro, el tratamiento estadístico se describe por muestra a continuación:

Muestra 01:

Para el modelo reológico de Herschel-Bulkley I a la temperatura de 15 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.257132$, $B=0.2293223$ y $C=0.5909976$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999955 y la varianza de 6.46×10^{-6} . A la temperatura de 20 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4351388$, $B=0.2191854$ y $C=0.6014206$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9998451 y la varianza de 0.0002238. A la temperatura de 28 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4197392$, $B=0.2565153$ y $C=0.5707111$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.999978 y la varianza de 3.18×10^{-5} . A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0113791$, $B=0.3756052$ y $C=0.5100339$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999713 y la varianza de 4.15×10^{-5} . Y a la temperatura de 45 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5114224$, $B=0.2128055$ y $C=0.6071641$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9997047 y la varianza de 0.0004267.

Para el modelo reológico de Casson - Generalizada $N^0 1$ a la temperatura de 15 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.2952584$, $B=0.304568$, $C=0.421527$ y $n=1.49638$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999986 y la varianza de 3.05×10^{-6} . A la temperatura de 20 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4748685$, $B=0.0419146$, $C=1.630014$ y $n=0.3137394$; los cuales son

respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999928 y la varianza de 1.57×10^{-5} . A la temperatura de 28 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4364669$, $B=0.2759012$, $C=0.4986589$ y $n=1.193486$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999789 y la varianza de 4.58×10^{-5} . A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0138818$, $B=0.4590128$, $C=0.4030528$ y $n=1.268225$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999714 y la varianza de 6.20×10^{-5} . Y a la temperatura de 45 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.6099531$, $B=0.029272$, $C=1.946386$ y $n=0.2527464$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999989 y la varianza de 2.32×10^{-6} .

Para el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting a la temperatura de 15 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.3442521$ y $n=0.5159097$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9993098 y la varianza de 0.000748. A la temperatura de 20 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4396446$ y $n=0.4700479$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.99970058 y la varianza de 0.0032451. A la temperatura de 28 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4860921$ y $n=0.4504292$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9975761 y la varianza de 0.002627. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.3814041$ y $n=0.5072163$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999703 y la varianza de 3.22×10^{-5} . Y a la temperatura de 45 °

C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4861905$ y $n=0.4498491$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9950492 y la varianza de 0.0053656.

Para el modelo de Sisko a la temperaturas de 15°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0093967$, $B=0.3986297$ y $n=0.4245152$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999925 y varianza de 1.08×10^{-5} . A la temperatura de 20°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0137802$, $B=0.5423392$ y $n=0.3389646$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9995266 y la varianza de 0.0006841. A la temperatura de 28°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0127705$, $B=0.5795675$ y $n=0.3367683$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999006 y la varianza de 0.0001436. A la temperatura de 37°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0008137$, $B=0.3845673$ y $n=0.5012056$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999734 y la varianza de 3.84×10^{-5} . Y a la temperatura de 45°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0156502$, $B=0.6133977$ y $n=0.3029452$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9991683 y la varianza de 0.0012019.

Para el modelo de Steiger-Ory a la temperatura de 15°C obtenemos los siguientes parámetros $C=9.800658$ y $A=1.311038$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0,9931622 y la varianza de 7.960728. A la temperatura de 20°C obtenemos los siguientes

parámetros $C=7.343554$ y $A=1.327264$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9929855 y la varianza de 7.108648. A la temperatura de 28 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=6.325358$ y $A=1.346822$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9929826 y la varianza de 6.785692. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=7.972374$ y $A=1.225965$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9958492 y la varianza de 3.847191. Y a la temperatura de 45 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=6.462674$ y $A=1.337751$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9927385 y la varianza de 7.026647.

Para el modelo de Ellis-de Haven a la temperaturas de 15 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=5.29059$, $A=4.039951$ y $n=2.287848$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9981002 y la varianza de 2.949099. A la temperatura de 20 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=3.114924$, $A=3.910964$ y $n=2.309605$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9980385 y la varianza de 2.650466. A la temperatura de 28 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=2.213742$, $A=3.864807$ y $n=2.324169$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9981768 y la varianza de 2.350657. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=3.778535$, $A=3.804791$ y $n=2.280532$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9994647 y la

varianza de 0.6614892. Y a la temperatura de 45 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=2.332569$, $A=3.868901$ y $n=2.319594$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9979238 y la varianza de 2.678701.

Muestra 02:

Para el modelo reológico de Herschel-Bulkley I a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5205176$, $B=0.1827107$ y $C=0.6343509$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9996012 y la varianza de 0.0005762. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.2217525$, $B=0.2785915$ y $C=0.5605952$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999173 y la varianza de 0.0001196. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.003652$, $B=0.36972$ y $C=0.5112995$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999706 y la varianza de 4.25×10^{-5} .

Para el modelo reológico de Casson Generalizada N° 1 a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.6556898$, $B=0.0118016$, $C=2.282422$ y $n=0.2227516$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999985 y la varianza de 3.4×10^{-6} . A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.2208068$, $B=0.0697943$, $C=1.322387$ y $n=0.395902$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999681 y la varianza

de 6.9×10^{-5} . Y a la temperatura de 42°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0074181$, $B=0.1031314$, $C=1.168619$ y $n=0.4374796$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.999971 y la varianza 6.28×10^{-5} .

Para el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting a la temperatura de 32°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4409688$ y $n=0.4669226$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9946199 y la varianza de 0.0058308 . A la temperatura de 37°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.3870272$ y $n=0.4994703$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9994068 y la varianza de 0.006429 . Y a la temperatura de 42°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.3715515$ y $n=0.5103946$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999705 y la varianza de 3.20×10^{-5} .

Para el modelo de Sisko a la temperatura de 32°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0163018$, $B=0.580322$ y $n=0.3005263$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9990307 y la varianza de 0.0014006 . A la temperatura de 37°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0075962$, $B=0.4271871$ y $n=0.4342733$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.999823 y la varianza de 0.0002558 . Y a la temperatura de 42°C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.3260273$, $B=0.1727677$ y $n=1.113126$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9785346 y la varianza de 0.0310184 .

Para el modelo de Steiger-Ory a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=7.566808$ y $A=1.343627$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9919391 y la varianza de 8.482296. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=8.170852$ y $A=1.273175$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9948844 y la varianza de 5.106667. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=8.243976$ y $A=1.25189$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9963991 y la varianza de 3.49683.

Para el modelo de Ellis-de Haven a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4823369$, $C=12.64843$ y $n=2.063374$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9986442 y la varianza de 1.902215. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.8794319$, $C=7.050957$ y $n=2.027931$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9997438 y la varianza de 0.3409928. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=1.403257$, $C=4.149959$ y $n=2.053112$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999523 y la varianza de 0.0617636.

Muestra 03:

Para el modelo reológico de Herschel-Bulkley I a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.2192515$, $B=0.3073782$ y

C=0.538455; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999478 y la varianza de 7.5×10^{-5} . A la temperatura de 37°C obtenemos los siguientes parámetros A=0.5954234, B=0.1977279 y C=0.6185575; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9998207 y la varianza de 0.0002591. Y a la temperatura de 42°C obtenemos los siguientes parámetros A=0.4561721, B=0.2212639 y C=0.6009767; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9997863 y la varianza de 0.0003088.

Para el modelo reológico de Casson Generalizada N^o 1 a la temperatura de 32°C obtenemos los siguientes parámetros A=0.2535361, B=0.0280715, C=1.906692 y $n=0.2600289$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999869 y la varianza de 2.85×10^{-5} . A la temperatura de 37°C obtenemos los siguientes parámetros A=0.6195373, B=0.0915057, C=1.268934 y $n=0.3971195$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999832 y la varianza de 3.65×10^{-5} . Y a la temperatura de 42°C obtenemos los siguientes parámetros A=0.5320527, B=0.0292339, C=1.889782 y $n=0.2650608$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.999997 y la varianza de 6.49×10^{-6} .

Para el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting a la temperatura de 32°C obtenemos los siguientes parámetros A=0.4209996 y $n=0.4803933$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9994562 y la varianza de 0.0005893. A la temperatura de 37°C obtenemos los

siguientes parámetros $A=0.5307467$ y $n=0.4293727$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9923818 y la varianza de 0.0082565. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4579971$ y $n=0.4630493$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9965104 y la varianza de 0.003782.

Para el modelo de Sisko a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0068731$, $B=0.460223$ y $n=0.4220025$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9998696 y la varianza de 0.0001884. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0174088$, $B=0.6875472$ y $n=0.2644328$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9992185 y la varianza de 0.0011293. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0144191$, $B=0.566699$ y $n=0.3284963$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9994042 y la varianza de 0.000861.

Para el modelo de Steiger-Ory a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=7.357479$ y $A=1.337294$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9952436 y la varianza de 4.829624. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=5.893488$ y $A=1.373042$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9917091 y la varianza de 8.073324. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=6.928981$

y $A=1.316492$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9929625 y la varianza de 6.850678.

Para el modelo de Ellis-de Haven la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.7805481$, $C=7.266704$ y $n=2.10198$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9997559 y la varianza de 0.3304174. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5706665$, $C=8.437277$ y $n=2.203563$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9981433 y la varianza de 2.41063. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.4818619$, $C=11.6023$ y $n=2.099741$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9990458 y la varianza de 1.238439.

Muestra 04:

El modelo reológico de Herschel-Bulkley I a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0285139$, $B=0.3610825$ y $C=0.5169318$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999761 y la varianza de 3.46×10^{-5} . A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5184949$, $B=0.2362336$ y $C=0.5851797$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.99994 y la varianza de 8.67×10^{-5} . Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5426857$, $B=0.2446666$ y

$C=0.5807204$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9998057 y la varianza de 0.0002808.

Para el modelo reológico de Casson Generalizada N^o 1 a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.2535361$, $B=0.0280715$, $C=1.906692$ y $n=0.2600289$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999767 y la varianza de 5.05×10^{-5} .

A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5070807$, $B=0.2183903$, $C=0.6710458$ y $n=0.8320127$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999423 y la varianza de 0.000125. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5821829$, $B=0.098533$, $C=1.385649$ y $n=0.3430051$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999866 y la varianza de 2.91×10^{-5} .

Para el modelo de Ostwald – de Waele-Nutting a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.3754$ y $n=0.5097759$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999698 y la varianza de 3.27×10^{-5} . A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5319402$ y $n=0.4309517$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9954571 y la varianza de 0.0049293. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.5663103$ y $n=0.4202334$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9942981 y la varianza de 0.0061796.

Para el modelo de Sisko a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.000906$, $B=0.3789276$ y $n=0.5030111$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999736 y la varianza de 3.81×10^{-5} . A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0151148$, $B=0.6544077$ y $n=0.295863$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.999732 y la varianza de 0.0003872. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $A=0.0157669$, $B=0.6928072$ y $n=0.2852406$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9992302 y la varianza de 0.0011123.

Para el modelo de Steiger-Ory a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=8.133459$ y $A=1.230908$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9961326 y la varianza de 3.642554. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=5.656272$ y $A=1.363947$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9924024 y la varianza de 7.178091. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=4.991865$ y $A=1.34729$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9935171 y la varianza de 5.709256.

Para el modelo de Ellis-de Haven a la temperatura de 32 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=1.265911$, $A=4.612615$ y $n=2.042553$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9999402 y la varianza de 0.075068. A la temperatura de 37 ° C obtenemos los

siguientes parámetros $C=0.5314292$, $A=8.765822$ y $n=2.218998$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9984853 y la varianza de 1.908095. Y a la temperatura de 42 ° C obtenemos los siguientes parámetros $C=0.3215314$, $A=13.41239$ y $n=2.256797$; los cuales son respaldados por el índice de correlación (R^2) de 0.9988019 y la varianza de 1.406793.

Estos datos nos permiten obtener la viscosidad aparente, viscosidad diferencial, el esfuerzo cortante y la velocidad de corte en cada modelo utilizado.

Hipótesis específica 3: Los reogramas de sangre tienen el comportamiento típico de un fluido no newtoniano específicamente al del fluido pseudoplástico.

Como podemos verificar en el capítulo V, se graficó el comportamiento del esfuerzo cortante en función de la velocidad de corte para los valores calculados del modelamiento reológico, los cuales confirman que los modelos reológicos de Casson Generalizada N° 1 y Herschel-Bulkley I se comportan como un fluido pseudoplástico con punto de cedencia. Con respecto a los modelos reológicos de Ostwald – de Waele-Nutting, Sisko, Steiger-Ory y Ellis de Haven actúan como un fluido pseudoplástico.

Hipótesis general: La sangre tiene un comportamiento de un modelo reológico característico de los fluidos pseudoplástico como los de Ostwald, Waele, Herschelbulkley, Casson y otros.

En los resultados obtenidos confirmamos la convergencia con esta hipótesis.

Mediante el análisis estadístico ANOVA se calculó el índice de correlación de los valores obtenidos en el modelamiento, mediante este índice podemos confirmar lo dicho en la hipótesis; los modelos de Casson Generalizada N° 1 y Herschel-Bulkley I cuentan con índices de correlación que difiere de la unidad en $>1 \times 10^{-4}$ mientras que los modelos de Ostwald – de Waele-Nutting, Sisko, Steiger-Ory y Ellis de Haven difieren de la unidad en $>1 \times 10^{-3}$, estos datos se pueden verificar en el Anexo N° 2.

6.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares

Según Leonardo Moreno (2016), el fluido de la sangre se comporta con un fluido pseudoplástico y que la viscosidad de la sangre depende de la concentración de colesterol total, según nuestros estudios el fluido de la sangre se comporta como un fluido pseudoplástico con punto de cedencia cuya variable experimental es la temperatura.

El Modelo de Carreau ha sido utilizado para describir el comportamiento reológico de la sangre para un amplio rango de tasas de corte (1000 - 2900 s⁻¹). Estos resultados concuerdan con lo esperado a partir del estudio de modelos no newtonianos (Ortiz León 2013). El Modelo de Ley de Potencias ha sido utilizado para fluidos sanguíneos a bajas tasas de corte cercana a 0 s⁻¹ y para fluidos sanguíneos de tasas altas (>1200 s⁻¹) subvalora la viscosidad (Ortiz León 2013). El Modelo de Casson se adapta muy bien a los datos experimentales a pequeñas velocidades de

deformación (22.5 – 450 l/sg) (Luis Berga 2014). Todos estos estudios corresponden a fluidos no newtonianos independientes del tiempo de tipo pseudoplásticos.

Existe una divergencia entre el comportamiento reológico de los antecedentes y el fluido de la sangre, debido que en el párrafo anterior menciona que el fluido de la sangre tiene un comportamiento pseudoplástico; según lo determinado por el estudio realizado a las cuatro (4) muestras se comprueba que la sangre tiene un comportamiento de un fluido pseudoplástico con punto de cedencia.

VII. CONCLUSIONES

- Se determinó que de los 6 modelos reológicos propuestos en el presente trabajo se ajustan al fluido de la sangre; habiendo tomando 4 muestras aleatorias con características mostradas en el Anexo N°3, se puede generalizar que a la sangre humana se ajusta con mayor exactitud al modelo de Casson Generalizada N° 1, ya que cuenta con el índice de correlación más cercano a uno a cualquier temperatura y con muestras que se encuentra fuera o dentro de los parámetros de una persona saludable.
- Se obtuvo de forma experimental la relación numérica entre la velocidad de corte y el esfuerzo cortante, con ayuda del reómetro rotacional Anton Paa modelo RheolabQC.
- Se obtuvo los parámetros reológicos de las diferentes muestras (MS – 01, MS – 02, MS – 03, MS – 04) y diferentes temperaturas mediante el software POLYMATH; los tratamientos estadísticos para la validación de los datos cálculos están presentados en el Anexo N° 2.
- Se elaboraron los diferentes reogramas que se asocian a la sangre a las diferentes temperaturas de prueba, estos reogramas corresponde a los modelos utilizados, también se obtuvo los reogramas con los datos obtenidos en el reómetro, en los se puede verificar una gran convergencia de valores.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer un estudio pero esta vez tomando como una variante el grupo sanguíneo de las personas.
- Utilizar otro tipo de reómetro para hacer la comparación con el reómetro rotacional ya utilizado y ver si el resultado presenta variantes.
- Se sugiere evaluar de manera más profunda los modelos reológicos, variando no sólo la temperatura sino la cantidad de glóbulos rojos, plaquetas o colesterol que se encuentran en la sangre.
- Antes de realizar la medición reológica se debe esperar al menos 15 minutos luego del cambio de temperatura del reómetro para que la muestra alcance la temperatura de trabajo.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alberto Monsalve G. **Reología, la Ciencia que Estudia el Movimiento de Fluidos**, Académico Departamento de ingeniería Metalúrgica, Facultad de ingeniería, Universidad de Santiago de Chile. Año N0 30, 18 de octubre de 2016.
2. Apéndice A. **Propiedades Reológicas De Los Fluidos**, Disponible en:
http://www.academia.edu/29900869/AP%C3%89NDICE_A_PROPIEDAD_ES_REOL%C3%93GICAS_DE_LOS_FLUIDOS. Artículo web. Revisado 10 de abril del 2016.
3. Artículo reología. Disponible en:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Reolog%C3%ADa>. Artículo web, visitada en abril del 2016.
4. Berga Casafont, Luis; **Comportamiento reológico de la Sangre Humana a Pequeñas Velocidades de Deformación**; Catedra de Hidráulica e Hidrología; Revista de Obras Públicas; Febrero-Marzo 1980 págs. 207 al 2014.
5. Carrasco Venegas, Luis; **Fenómenos de Transporte**; Editorial Macro; Segunda Edición; Lima Perú; 2011.
6. Carrasco Venegas, Luis; Castañeda Pérez, Luz; Altamirano Oncoy, Karina; **Modelos de Viscosidad de Fluidos No Newtonianos**; Docente Importante de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao; Docente Asociado de la Facultad de Ciencias

Naturales de la Universidad Nacional Federico Villareal; Estudiante de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao.

7. Esteban Luis Ibarrola. **Introducción a los Fluidos No Newtonianos**. Cátedra de Mecánica de los Fluidos- UNCor.

8. José Carlos Cárdenas, Oscar Javier López H. y Karem Tatiana Pinto R. **Estudio Reológico de los Fluidos Viscoelásticos Surfactantes Utilizados en Operaciones de Fracturamiento Hidráulico**. Revista Fuentes: El Reventón Energético Vol. 9 N° 1 de 2011 - Ene/Jun - pp 5/12.

9. Mendez-Sanchez, A; Pérez Trejo, L; Paniagua Mercado, A; **Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette)**; Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Asimilación Tecnológica-FESC, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, Edo. De México; 2010.

10. Moreno, Leonardo y Calderas, Fausto; Sánchez, Guadalupe; Medina, Luis; Sánchez, Antonio y Manero, Octavio; **La Sangre Humana Desde el Punto de Vista de la Reología**; Departamento de Reología y Mecánica de Materiales, IIM-UNAM; CIATEC; Departamento de Ingeniería química, UNAM; Departamento de Reología y Mecánica de Materiales, IIM-UNAM. Noviembre 2013.

11. Mott, Robert L. **Mecánica de Fluidos**. México. Editorial Pearson Educación, S.A. Sexta Edición. 2006.

12. Ortiz León, G; Araya Luna, D; Vílchez Monge, M. **Revisión de Modelos Teóricos de la Dinámica de Fluidos Asociada al Flujo de Sangre**; Tecnología en Marcha. Vol. 27, NO 1. Pág. 66-76; Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Enero-Marzo 2014.
13. Ramírez Navas, Juan; **Fundamentos de Reología de los Alimentos**; Edit. JSR e-books; Cali, Colombia; 2006.
14. REGALADO MENDEZ, Alejandro y NORIEGA RAMOS, Octavio Antonio. **Comportamiento reológico de un Fluido**. Ciencia y Mar 2008, XII (36): 35 – 42.
15. Rojas, O; **Introducción a la Reología**; Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Mérida, Venezuela; 1999.
16. Wild Welt Control; **Métodos de control de pozos**, Well Control KILLSHEETS Ver. 10.11.

ANEXOS

ANEXO 1:

MATRIZ DE CONSISTENCIA: **“MODELOS REOLÓGICOS ASOCIADOS A LA SANGRE”**.

ANEXO 2:

TRATAMIENTO ESTADISTICO

ANEXO 3:

ANALISIS DE SANGRE DE LAS MUESTRAS.

ANEXO 4:

MODELOS EXPERIMENTALES PARA FLUIDOS NO NEWTONIANOS INDEPENDIENTES DEL TIEMPO.

ANEXO 5:

OTROS MODELOS ADICIONALES.

ANEXO 6:

DECRETO SUPREMO N° 03-95-SA.

ANEXO 7:

TIPOS DE GEOMETRIA PARA REOMETROS ROTACIONALES.

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA: "MODELOS REOLÓGICOS RELACIONADOS A LA SANGRE"

“MODELOS REOLÓGICOS ASOCIADOS A LA SANGRE”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuáles son los modelos de flujo no newtoniano relacionados a la sangre?	Determinar los modelos reológicos que se ajustan al comportamiento de la sangre.	La sangre tiene un comportamiento de un modelo reológico característico de los fluidos pseudoplásticos como los de Ostwald de Waele, Herschel Bulkley, Casson y otros.	Y = Modelos de flujo no newtoniano relacionado a la sangre	Reproducibilidad de los datos experimentales mediante los modelos reológicos relacionados al comportamiento de la sangre	Los índices de correlación múltiple y análisis de la varianza.	Correlacionando las variables X1, X2 y X3.
SUB - PROBLEMA	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
a. ¿Cuál es la relación numérica entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte determinado experimentalmente para la sangre?	a. Obtener en forma experimental la relación numérica entre la velocidad de corte y el esfuerzo de corte para las muestras de la sangre	Existe una relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte relacionado a la sangre.	X ₁ = La relación no lineal entre el esfuerzo de corte y velocidad de corte relacionado a la sangre	Análisis cualitativo de la relación entre la velocidad de corte y esfuerzo de corte.	Diferencias respecto a la relación lineal	Grafico
b. ¿Cómo debe de ser la correlación no lineal de los datos experimentales conducentes a obtener los parámetros reológicos relacionados a la sangre?	b. Obtener los parámetros reológicos de los modelos relacionados a la sangre mediante el tratamiento estadístico de regresión no lineal.	El tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte permite obtener los parámetros de los modelos relacionados a la sangre.	X ₂ = Tratamiento estadístico de los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte para obtener los parámetros de los modelos relacionados a la sangre.	Correlación cuantitativa entre los datos de esfuerzo de corte y velocidad de corte asociados a la sangre.	Índice de correlación y varianza	Regresión no lineal.
c. ¿Cómo son los reogramas relacionados a la sangre a temperaturas diversas?	c. Obtener los reogramas relacionados a la sangre a las temperaturas de prueba.	Los reogramas de la sangre tienen el comportamiento típico de un fluido no newtoniano específicamente al del fluido pseudoplástico.	X ₃ = Los reogramas relacionados a la sangre.	Forma típica de los reogramas de los modelos que representan el comportamiento reológico de la sangre.	Desviación respecto al comportamiento a las propiedades del fluido newtoniano.	Grafico

ANEXO 2:
TRATAMIENTO ESTADISTICO

ANEXO 2.1:

TRATAMIENTO ESTADISTICO MUESTRA N° 1

Y TAO BY TRATAMIENTO
 ATISTICS HOMOGENEITY
 SSING ANALYSIS
 -STHOC=TUKEY GH ALPHA(0.05).

ANOVA de un factor

Notas

datos creados		18-FEB-2018 20:48:17
variables		
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos0
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	72
	Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
Eliminación de los valores perdidos		Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
	Casos utilizados	ONEWAY TAO BY TRATAMIENTO /STATISTICS HOMOGENEITY /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=TUKEY GH ALPHA(0.05).
	Tiempo de procesador	00:00:00.08
	Tiempo transcurrido	00:00:00.06

Conjunto_de_datos0]

Prueba de homogeneidad de varianzas

o Cortante

Estadístico de	gl1	gl2	Sig.
Levene			
	.802	6	65
			.572

La prueba de >Homogeneidad de Levene indica que se cumple el supuesto estadístico: .802; gl1:6 y gl2:65; p>.05).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
grupos	13,677	6	2,279	2,711	,021
grupos	54,660	65	,841		
	68,336	71			

ANOVA unifactorial indica que la sangre si tiene un comportamiento reologico tipo pseudoplastico con umbral, por lo cual el comportamiento arrojado al reometro si tiene semejanza con los comportamientos calculados con los metros de los modelos usados (F:2.711; p<0.021).

Pruebas post hoc

De acuerdo con la prueba post-hoc de tukey, se observa que no se encuentra diferencias

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY-I	-,6314991521212	,4654042667890	,822
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,5752168284848	,4654042667890	,877
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,5749374093939	,4654042667890	,878
	SISKO	-,5761680984848	,4654042667890	,877
	STEIGER - ORY	-,5383939393939	,4654042667890	,907
	ELLIS DE HAVEN	,6035696969697	,4654042667890	,851
	REOMETRO	,6314991521212	,4654042667890	,822
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0562823236364	,3910177954837	1,000
HERSCHEL - BULKLEY I	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0565617427273	,3910177954837	1,000
	SISKO	,0553310536364	,3910177954837	1,000
	STEIGER - ORY	,0931052127273	,3910177954837	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,2350688490909	,3910177954837	,037
CASSON GENERALIZADO N° 1	REOMETRO	,5752168284848	,4654042667890	,877
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0562823236364	,3910177954837	1,000
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0002794190909	,3910177954837	1,000
	SISKO	-,0009512700000	,3910177954837	1,000
	STEIGER - ORY	,0368228890909	,3910177954837	1,000

	ELLIS DE HAVEN	1,1787865254545	,3910177954837	,054
	REOMETRO	,5749374093939	,4654042667890	,878
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0565617427273	,3910177954837	1,000
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0002794190909	,3910177954837	1,000
	SISKO	-,0012306890909	,3910177954837	1,000
	STEIGER - ORY	,0365434700000	,3910177954837	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,1785071063636	,3910177954837	,054
	REOMETRO	,5761680984848	,4654042667890	,877
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0553310536364	,3910177954837	1,000
SISKO	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0009512700000	,3910177954837	1,000
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0012306890909	,3910177954837	1,000
	STEIGER - ORY	,0377741590909	,3910177954837	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,1797377954545	,3910177954837	,053
	REOMETRO	,5383939393939	,4654042667890	,907
STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0931052127273	,3910177954837	1,000
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0368228890909	,3910177954837	1,000

Comparaciones múltiples

dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tukey	REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-2,047519770687	,784521466444
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,991237447050	,840803790080
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,990958027959	,841083209171
		SISKO	-1,992188717050	,839852520080
		STEIGER - ORY	-1,954414557959	,877626679171
		ELLIS DE HAVEN	-,812450921596	2,019590315535
	HERSCHEL - BULKLEY I	REOMETRO	-,784521466444	2,047519770687
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,133412958814	1,245977606086
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,133133539723	1,246257025177
		SISKO	-1,134364228814	1,245026336086
		STEIGER - ORY	-1,096590069723	1,282800495177
		ELLIS DE HAVEN	,045373566641*	2,424764131541
	CASSON GENERALIZADO N° 1	REOMETRO	-,840803790080	1,991237447050
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,245977606086	1,133412958814
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,189415863359	1,189974701541
		SISKO	-1,190646552450	1,188744012450
STEIGER - ORY		-1,152872393359	1,226518171541	
ELLIS DE HAVEN		-,010908756995	2,368481807905	
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	REOMETRO	-,841083209171	1,990958027959	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,246257025177	1,133133539723	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,189974701541	1,189415863359	

	SISKO	-1,190925971541	1,188464593359
	STEIGER - ORY	-1,153151812450	1,226238752450
	ELLIS DE HAVEN	-,011188176086	2,368202388814
	REOMETRO	-,839852520080	1,992188717050
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,245026336086	1,134364228814
SISKO	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,188744012450	1,190646552450
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,188464593359	1,190925971541
	STEIGER - ORY	-1,151921123359	1,227469441541
	ELLIS DE HAVEN	-,009957486995	2,369433077905
	REOMETRO	-,877626679171	1,954414557959
STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,282800495177	1,096590069723
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,226518171541	1,152872393359

Comparaciones múltiples

dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	
Tukey	STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,0365434700000	,3910177954837	1,000	
		SISKO	-,0377741590909	,3910177954837	1,000	
		ELLIS DE HAVEN	1,1419636363636	,3910177954837	,068	
		REOMETRO	-,6035696969697	,4654042667890	,851	
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,2350688490909	,3910177954837	,037	
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,1787865254545	,3910177954837	,054	
		ELLIS DE HAVEN	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,1785071063636	,3910177954837	,054
		SISKO	-1,1797377954545	,3910177954837	,053	
		STEIGER - ORY	-1,1419636363636	,3910177954837	,068	
		HERSCHEL - BULKLEY I	-,6314991521212	,4736333721011	,823	
Howell	REOMETRO	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,5752168284848	,4812212362449	,882	
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,5749374093939	,4811157673435	,882	
		SISKO	-,5761680984848	,4814186012227	,882	
		STEIGER - ORY	-,5383939393939	,4837384284160	,911	
		ELLIS DE HAVEN	,6035696969697	,4139846303794	,760	
		REOMETRO	,6314991521212	,4736333721011	,823	
		CASSON GENERALIZADO N° 1	,0562823236364	,4085260830009	1,000	
		HERSCHEL - BULKLEY I	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0565617427273	,4084018411632	1,000
		SISKO	,0553310536364	,4087585496136	1,000	
		STEIGER - ORY	,0931052127273	,4114882129605	1,000	
Howell	CASSON GENERALIZADO N° 1	ELLIS DE HAVEN	1,2350688490909	,3266541848337	,022	
		REOMETRO	,5752168284848	,4812212362449	,882	

1	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0562823236364	,4085260830009	1,000
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0002794190909	,4171778648379	1,000
	SISKO	-,0009512700000	,4175270756818	1,000
	STEIGER - ORY	,0368228890909	,4201997815928	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,1787865254545	,3375622365055	,039
	REOMETRO	,5749374093939	,4811157673435	,882
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0565617427273	,4084018411632	1,000
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0002794190909	,4171778648379	1,000
	SISKO	-,0012306890909	,4174055130216	1,000
	STEIGER - ORY	,0365434700000	,4200789923622	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,1785071063636	,3374118653634	,039

Comparaciones múltiples

dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Tukey	STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,226238752450	1,153151812450
		SISKO	-1,227469441541	1,151921123359
		ELLIS DE HAVEN	-,047731646086	2,331658918814
	ELLIS DE HAVEN	REOMETRO	-2,019590315535	,812450921596
		HERSCHEL - BULKLEY I	-2,424764131541	-,045373566641
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,368481807905	,010908756995
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,368202388814	,011188176086
		SISKO	-2,369433077905	,009957486995
		STEIGER - ORY	-2,331658918814	,047731646086
	REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-2,332156758131	1,069158453889
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,290093161406	1,139659504436
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,289608153522	1,139733334734
		SISKO	-2,291429732451	1,139093535481
		STEIGER - ORY	-2,258240460346	1,181452581558
		ELLIS DE HAVEN	-1,043599891674	2,250739285614
HERSCHEL - BULKLEY I	REOMETRO	-1,069158453889	2,332156758131	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,278536939410	1,391101586683	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,277844669683	1,390968155137	
	SISKO	-1,280260931052	1,390923038324	
	STEIGER - ORY	-1,251583680745	1,437794106200	
Howell	ELLIS DE HAVEN	REOMETRO	,140514188530	2,329623509652
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,139659504436	2,290093161406
	CASSON GENERALIZADO N° 1	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,391101586683	1,278536939410
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,362544078620	1,363102916802
		SISKO	-1,364915677813	1,363013137813
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	STEIGER - ORY	-1,335899229295	1,409545007476
		ELLIS DE HAVEN	,043839758600	2,313733292309
		REOMETRO	-1,139733334734	2,289608153522
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,139733334734	2,289608153522
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,390968155137	1,277844669683
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,363102916802	1,362544078620	
	SISKO	-1,364798206178	1,362336827997	
	STEIGER - ORY	-1,335786366673	1,408873306673	

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	
s-Howell	REOMETRO	,5761680984848	,4814186012227	,882	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0553310536364	,4087585496136	1,000	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0009512700000	,4175270756818	1,000	
	SISKO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0012306890909	,4174055130216	1,000
		STEIGER - ORY	,0377741590909	,4204257935008	1,000
	STEIGER - ORY	ELLIS DE HAVEN	1,1797377954545	,3378435361298	,039
		REOMETRO	,5383939393939	,4837384284160	,911
		HERSCHEL - BULKLEY I	-,0931052127273	,4114882129605	1,000
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0368228890909	,4201997815928	1,000
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,0365434700000	,4200789923622	1,000
SISKO		-,0377741590909	,4204257935008	1,000	
ELLIS DE HAVEN		1,1419636363636	,3411411033985	,052	
REOMETRO		-,6035696969697	,4139846303794	,760	
HERSCHEL - BULKLEY I		-1,2350688490909	,3266541848337	,022	
CASSON GENERALIZADO N° 1		-1,1787865254545	,3375622365055	,039	
ELLIS DE HAVEN	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,1785071063636	,3374118653634	,039	
	SISKO	-1,1797377954545	,3378435361298	,039	
	STEIGER - ORY	-1,1419636363636	,3411411033985	,052	

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%		
		Límite inferior	Límite superior	
s-Howell	REOMETRO	-1,139093535481	2,291429732451	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,390923038324	1,280260931052	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,363013137813	1,364915677813	
	SISKO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,362336827997	1,364798206178
		STEIGER - ORY	-1,335682227666	1,411230545848
	STEIGER - ORY	ELLIS DE HAVEN	,043747794184	2,315727796725
		REOMETRO	-1,181452581558	2,258240460346
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,437794106200	1,251583680745
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,409545007476	1,335899229295	

ELLIS DE HAVEN

OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,408873306673	1,335786366673
SISKO	-1,411230545848	1,335682227666
ELLIS DE HAVEN	-,006261072034	2,290188344762
REOMETRO	-2,250739285614	1,043599891674
HERSCHEL - BULKLEY I	-2,329623509652	-,140514188530
CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,313733292309	-,043839758600
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,312896233186	-,044117979541
SISKO	-2,315727796725	-,043747794184
STEIGER - ORY	-2,290188344762	,006261072034

Diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

de acuerdo con la post-hoc de Tukey, se observa que no se encuentran diferencias entre los comportamientos de los modelos escogidos frente al comportamiento Reometro ($p > 0.05$).

Subconjuntos homogéneos

Esfuerzo Cortante

Tratamientos Realizados a las muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
ELLIS DE HAVEN	11	1,639763636364
REOMETRO	6	2,243333333333
STEIGER - ORY	11	2,781727272727
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	11	2,818270742727
CASSON GENERALIZADO N° 1	11	2,818550161818
SISKO	11	2,819501431818
HERSCHEL - BULKLEY I	11	2,874832485455
Sig.		,058

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

El tamaño muestral de la media armónica = 9,830.

Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos.

Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

ANEXO 2.2:

TRATAMIENTO ESTADISTICO MUESTRA N° 2

TAO BY TRATAMIENTO
 STATISTICS HOMOGENEITY
 MISSING ANALYSIS
 POSTHOC= TUKEY GH ALPHA(0.05).

/A de un factor

Notas		
datos creados		18-FEB-2018 21:40:22
datos		
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos0
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	72
	Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
Porcentaje de los valores perdidos		Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
	Casos utilizados	ONEWAY TAO BY TRATAMIENTO /STATISTICS HOMOGENEITY /MISSING ANALYSIS /POSTHOC= TUKEY GH ALPHA(0.05).
	Tiempo de procesador	00:00:00.08
	Tiempo transcurrido	00:00:00.08

Conjunto_de_datos0}

Prueba de homogeneidad de varianzas

Cortante			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
.203	6	65	.975

La prueba de Homogeneidad de Levene indica que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas (estadístico: .203; gl1:6 y gl2:65; p>.05).

ANOVA de un factor

Esfuerzo Cortante

	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Grupos	9,502	6	1,584	1,756	,012
Grupos	58,624	65	,902		
	68,126	71			

ANOVA unifactorial indica que la sangre si tiene un comportamiento reologico tipo pseudoplastico con umbral, por lo cual el comportamiento arrojado en el reometro si tiene semejanza con los comportamientos calculados con los modelos de los modelos usados (F:1.756; p<0.012).

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-,5368709921212	,4819850278910	,922
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,5348253875758	,4819850278910	,923
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,5279346630303	,4819850278910	,927
	SISKO	-,5392744421212	,4819850278910	,920
	STEIGER - ORY	-,4965743030303	,4819850278910	,945
	ELLIS DE HAVEN	,4504115151515	,4819850278910	,965
	REOMETRO	,5368709921212	,4819850278910	,922
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0020456045455	,4049484212133	1,000
HERSCHEL - BULKLEY I	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0089363290909	,4049484212133	1,000
	SISKO	-,0024034500000	,4049484212133	1,000
	STEIGER - ORY	,0402966890909	,4049484212133	1,000
	ELLIS DE HAVEN	,9872825072727	,4049484212133	,200
CASSON GENERALIZADO N° 1	REOMETRO	,5348253875758	,4819850278910	,923
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0020456045455	,4049484212133	1,000
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0068907245455	,4049484212133	1,000
	SISKO	-,0044490545455	,4049484212133	1,000
	STEIGER - ORY	,0382510845455	,4049484212133	1,000
	ELLIS DE HAVEN	,9852369027273	,4049484212133	,202
	REOMETRO	,5279346630303	,4819850278910	,927
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0089363290909	,4049484212133
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0068907245455	,4049484212133	1,000

	SISKO	-,0113397790909	,4049484212133	1,000
	STEIGER - ORY	,0313603600000	,4049484212133	1,000
	ELLIS DE HAVEN	,9783461781818	,4049484212133	,209
	REOMETRO	,5392744421212	,4819850278910	,920
	HERSCHEL - BULKLEY I	,0024034500000	,4049484212133	1,000
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0044490545455	,4049484212133	1,000
SISKO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0113397790909	,4049484212133	1,000
	STEIGER - ORY	,0427001390909	,4049484212133	1,000
	ELLIS DE HAVEN	,9896859572727	,4049484212133	,198
	REOMETRO	,4965743030303	,4819850278910	,945
STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0402966890909	,4049484212133	1,000
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0382510845455	,4049484212133	1,000

Comparaciones múltiples

Dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
		HERSCHEL - BULKLEY I	-2,003339578760	,929597594517
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,001293974214	,931643199063
	REOMETRO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,994403249669	,938533923608
		SISKO	-2,005743028760	,927194144517
		STEIGER - ORY	-1,963042889669	,969894283608
		ELLIS DE HAVEN	-1,016057071487	1,916880101790
		REOMETRO	-,929597594517	2,003339578760
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,230034448888	1,234125657979
	HERSCHEL - BULKLEY I	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,223143724343	1,241016382524
		SISKO	-1,234483503433	1,229676603433
		STEIGER - ORY	-1,191783364343	1,272376742524
		ELLIS DE HAVEN	-,244797546161	2,219362560706
		REOMETRO	-,931643199063	2,001293974214
He Tukey		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,234125657979	1,230034448888
	CASSON GENERALIZADO N° 1	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,225189328888	1,238970777979
		SISKO	-1,236529107979	1,227630998888
		STEIGER - ORY	-1,193828968888	1,270331137979
		ELLIS DE HAVEN	-,246843150706	2,217316956161
		REOMETRO	-,938533923608	1,994403249669
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,241016382524	1,223143724343
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,238970777979	1,225189328888
		SISKO	-1,243419832524	1,220740274343
		STEIGER - ORY	-1,200719693433	1,263440413433
		ELLIS DE HAVEN	-,253733875252	2,210426231615
		REOMETRO	-,927194144517	2,005743028760
SISKO		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,229676603433	1,234483503433

	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,227630998888	1,236529107979
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,220740274343	1,243419832524
	STEIGER - ORY	-1,189379914343	1,274780192524
	ELLIS DE HAVEN	-,242394096161	2,221766010706
	REOMETRO	-,969894283608	1,963042889669
STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,272376742524	1,191783364343
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,270331137979	1,193828968888

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Tukey	STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,0313603600000	,4049484212133	1,000
		SISKO	-,0427001390909	,4049484212133	1,000
		ELLIS DE HAVEN	,9469858181818	,4049484212133	,242
		REOMETRO	-,4504115151515	,4819850278910	,965
		HERSCHEL - BULKLEY I	-,9872825072727	,4049484212133	,200
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-,9852369027273	,4049484212133	,202
	ELLIS DE HAVEN	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,9783461781818	,4049484212133	,209
		SISKO	-,9896859572727	,4049484212133	,198
		STEIGER - ORY	-,9469858181818	,4049484212133	,242
		HERSCHEL - BULKLEY I	-,5368709921212	,4782780017854	,908
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-,5348253875758	,4778636877529	,909
		REOMETRO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,5279346630303	,4759297353967
	REOMETRO	SISKO	-,5392744421212	,4788501062864	,907
		STEIGER - ORY	-,4965743030303	,4815776321594	,936
		ELLIS DE HAVEN	,4504115151515	,4644725362607	,950
		REOMETRO	,5368709921212	,4782780017854	,908
CASSON GENERALIZADO N° 1		,0020456045455	,4099934904066	1,000	
HERSCHEL - BULKLEY I		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0089363290909	,4077377479921	1,000
Howell	HERSCHEL - BULKLEY I	SISKO	-,0024034500000	,4111427761660	1,000
		STEIGER - ORY	,0402966890909	,4143162727907	1,000
		ELLIS DE HAVEN	,9872825072727	,3943040641985	,210
		REOMETRO	,5348253875758	,4778636877529	,909
		HERSCHEL - BULKLEY I	-,0020456045455	,4099934904066	1,000
		CASSON GENERALIZADO N° 1	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0068907245455	,4072516767536
CASSON GENERALIZADO N° 1	SISKO	-,0044490545455	,4106607352480	1,000	
	STEIGER - ORY	,0382510845455	,4138379283972	1,000	
	ELLIS DE HAVEN	,9852369027273	,3938014120396	,211	
	REOMETRO	,5279346630303	,4759297353967	,912	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0089363290909	,4077377479921	1,000

CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0068907245455	,4072516767536	1,000
SISKO	-,0113397790909	,4084086782089	1,000
STEIGER - ORY	,0313603600000	,4116032555047	1,000
ELLIS DE HAVEN	,9783461781818	,3914523739695	,212

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
e Tukey	STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,263440413433	1,200719693433
		SISKO	-1,274780192524	1,189379914343
		ELLIS DE HAVEN	-,285094235252	2,179065871615
	ELLIS DE HAVEN	REOMETRO	-1,916880101790	1,016057071487
		HERSCHEL - BULKLEY I	-2,219362560706	,244797546161
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,217316956161	,246843150706
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,210426231615	,253733875252
		SISKO	-2,221766010706	,242394096161
		STEIGER - ORY	-2,179065871615	,285094235252
	REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-2,246092472669	1,172350488427
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,243264768101	1,173613992950
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,232769916831	1,176900590770
SISKO		-2,249581594559	1,171032710316	
STEIGER - ORY		-2,212146950869	1,218998344809	
ELLIS DE HAVEN		-1,234754257532	2,135577287835	
s-Howell	REOMETRO	-1,172350488427	2,246092472669	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,337308924753	1,341400133844	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,323073377057	1,340946035239	
	SISKO	-1,345513115382	1,340706215382	
	STEIGER - ORY	-1,313226076551	1,393819454732	
	ELLIS DE HAVEN	-,301747946432	2,276312960977	
CASSON GENERALIZADO N° 1	REOMETRO	-1,173613992950	2,243264768101	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,341400133844	1,337308924753	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,323523123938	1,337304573029	
	SISKO	-1,345986880265	1,337088771175	
	STEIGER - ORY	-1,313721868319	1,390224037410	
	ELLIS DE HAVEN	-,302099060870	2,272572866325	
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	REOMETRO	-1,176900590770	2,232769916831	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,340946035239	1,323073377057	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,337304573029	1,323523123938	
	SISKO	-1,345554743063	1,322875184881	
	STEIGER - ORY	-1,313393304316	1,376114024316	
	ELLIS DE HAVEN	-,301089635825	2,257781992188	

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
s-Howell	SISKO	REOMETRO	,5392744421212	,4788501062864	,907
		HERSCHEL - BULKLEY I	,0024034500000	,4111427761660	1,000

de acuerdo con la post-hoc de Tukey, se observa que no se encuentran diferencias significativas entre los comportamientos de los modelos escogidos frente al comportamiento del Reómetro ($p > 0.05$).

Subconjuntos homogéneos

Esfuerzo Cortante

Tratamientos Realizados a las muestras	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$
		1
ELLIS DE HAVEN	11	1,792921818182
REOMETRO	6	2,243333333333
STEIGER - ORY	11	2,739907636364
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	11	2,771267996364
CASSON GENERALIZADO N° 1	11	2,778158720909
HERSCHEL - BULKLEY I	11	2,780204325455
SISKO	11	2,782607775455
Sig.		,255

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

El tamaño muestral de la media armónica = 9,830.

Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos.

Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

ANEXO 2.3:

TRATAMIENTO ESTADISTICO MUESTRA N° 3

ONEWAY TAO BY TRATAMIENTO
 /STATISTICS HOMOGENEITY
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC= TUKEY GH ALPHA(0.05).

ANOVA de un factor

Notas

datos creados		18-FEB-2018 22:36:53
fontarios		
	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos0
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	72
	Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
amiento de los valores perdidos	Casos utilizados	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
		ONEWAY TAO BY TRATAMIENTO /STATISTICS HOMOGENEITY /MISSING ANALYSIS /POSTHOC= TUKEY GH ALPHA(0.05).
	Tiempo de procesador	00:00:00.06
	Tiempo transcurrido	00:00:00.06

unto_de_datos0]

Prueba de homogeneidad de varianzas

zo Cortante

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
.766	6	65	.600

Prueba de Homogeneidad de Levene indica que se cumple el supuesto estadístico: (.766; gl1:6 y gl2:65; p>.05).

ANOVA de un factor

Esfuerzo Cortante

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Grupos	14,916	6	2,486	3,166	,009
Grupos	51,034	65	,785		
	65,950	71			

ANOVA unifactorial indica que la sangre si tiene un comportamiento reológico tipo pseudoplástico con umbral, por lo cual el comportamiento arrojado por reómetro si tiene semejanza con los comportamientos calculados con los reómetros de los modelos usados (F:3.166; p<0.009).

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-,6541808066667	,4497042484370	,770
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,6441355021212	,4497042484370	,782
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,6187875566667	,4497042484370	,812
	SISKO	-,6679880184848	,4497042484370	,752
	STEIGER - ORY	-,5383939393939	,4497042484370	,893
	ELLIS DE HAVEN	,6035696969697	,4497042484370	,829
	REOMETRO	,6541808066667	,4497042484370	,770
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0100453045455	,3778271416735	1,000
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0353932500000	,3778271416735	1,000
	HERSCHEL - BULKLEY I	SISKO	-,0138072118182	,3778271416735
CASSON GENERALIZADO N° 1	STEIGER - ORY	,1157868672727	,3778271416735	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,2577505036364	,3778271416735	,023
	REOMETRO	,6441355021212	,4497042484370	,782
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0100453045455	,3778271416735	1,000
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0253479454545	,3778271416735	1,000
	SISKO	-,0238525163636	,3778271416735	1,000
	STEIGER - ORY	,1057415627273	,3778271416735	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,2477051990909	,3778271416735	,025
	OSTWALD DE WAELE - REOMETRO	,6187875566667	,4497042484370	,812

Prueba de Tukey

NUTTING	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0353932500000	,3778271416735	1,000	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0253479454545	,3778271416735	1,000	
	SISKO	-,0492004618182	,3778271416735	1,000	
	STEIGER - ORY	,0803936172727	,3778271416735	1,000	
	ELLIS DE HAVEN	1,2223572536364	,3778271416735	,030	
	REOMETRO	,6679880184848	,4497042484370	,752	
	HERSCHEL - BULKLEY I	,0138072118182	,3778271416735	1,000	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0238525163636	,3778271416735	1,000	
	SISKO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0492004618182	,3778271416735	1,000
		STEIGER - ORY	,1295940790909	,3778271416735	1,000
ELLIS DE HAVEN		1,2715577154545	,3778271416735	,021	
REOMETRO		,5383939393939	,4497042484370	,893	
STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-,1157868672727	,3778271416735	1,000	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,1057415627273	,3778271416735	1,000	

Comparaciones múltiples

Dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-2,022433170223	,714071556890
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,012387865678	,724116861435
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,987039920223	,749464806890
	SISKO	-2,036240382041	,700264345071
	STEIGER - ORY	-1,906646302950	,829858424162
	ELLIS DE HAVEN	-,764682666587	1,971822060526
	REOMETRO	-,714071556890	2,022433170223
HERSCHEL - BULKLEY I	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,139516616222	1,159607225313
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,114168670767	1,184955170767
	SISKO	-1,163369132585	1,135754708949
	STEIGER - ORY	-1,033775053495	1,265348788040
CASSON GENERALIZADO N° 1	ELLIS DE HAVEN	,108188582869*	2,407312424404
	REOMETRO	-,724116861435	2,012387865678
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,159607225313	1,139516616222
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,124213975313	1,174909866222
	SISKO	-1,173414437131	1,125709404404
	STEIGER - ORY	-1,043820358040	1,255303483495
	ELLIS DE HAVEN	,098143278324*	2,397267119858
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	REOMETRO	-,749464806890	1,987039920223
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,184955170767	1,114168670767
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,174909866222	1,124213975313

de Tukey

	SISKO	-1,198762382585	1,100361458949
	STEIGER - ORY	-1,069168303495	1,229955538040
	ELLIS DE HAVEN	,072795332869	2,371919174404
	REOMETRO	-,700264345071	2,036240382041
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,135754708949	1,163369132585
SISKO	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,125709404404	1,173414437131
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,100361458949	1,198762382585
	STEIGER - ORY	-1,019967841676	1,279155999858
	ELLIS DE HAVEN	,121995794687	2,421119636222
	REOMETRO	-,829858424162	1,906646302950
STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,265348788040	1,033775053495
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,255303483495	1,043820358040

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	
Tukey	STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,0803936172727	,3778271416735	1,000	
		SISKO	-,1295940790909	,3778271416735	1,000	
		ELLIS DE HAVEN	1,1419636363636	,3778271416735	,053	
		REOMETRO	-,6035696969697	,4497042484370	,829	
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,2577505036364	,3778271416735	,023	
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,2477051990909	,3778271416735	,025	
		ELLIS DE HAVEN	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,2223572536364	,3778271416735	,030
			SISKO	-1,2715577154545	,3778271416735	,021
			STEIGER - ORY	-1,1419636363636	,3778271416735	,053
			HERSCHEL - BULKLEY I	-,6541808066667	,4735206729423	,800
REOMETRO	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,6441355021212	,4719069694897	,808		
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,6187875566667	,4610747313081	,818		
	SISKO	-,6679880184848	,4760994466639	,790		
	STEIGER - ORY	-,5383939393939	,4837384284160	,911		
	ELLIS DE HAVEN	,6035696969697	,4139846303794	,760		
Howell	REOMETRO	,6541808066667	,4735206729423	,800		
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0100453045455	,3973778135072	1,000		
	HERSCHEL - BULKLEY I	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0353932500000	,3844513579970	1,000	
		SISKO	-,0138072118182	,4023476381546	1,000	
		STEIGER - ORY	,1157868672727	,4113584883545	1,000	
CASSON GENERALIZADO N° 1	1,2577505036364	,3264907548542	,019			
	REOMETRO	,6441355021212	,4719069694897	,808		

1	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0100453045455	,3973778135072	1,000
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0253479454545*	,3824620331678	1,000
	SISKO	-,0238525163636	,4004472275815	1,000
	STEIGER - ORY	,1057415627273	,4094998975463	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,2477051990909	,3241459133699	,019
	REOMETRO	,6187875566667	,4610747313081	,818
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0353932500000	,3844513579970	1,000
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0253479454545*	,3824620331678	1,000
	SISKO	-,0492004618182	,3876231444015	1,000
	STEIGER - ORY	,0803936172727	,3969683691283	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,2223572536364	,3081627705489	,014

Comparaciones múltiples

a dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
a Tukey	STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,229955538040	1,069168303495
		SISKO	-1,279155999858	1,019967841676
		ELLIS DE HAVEN	-,007598284404	2,291525557131
	ELLIS DE HAVEN	REOMETRO	-1,971822060526	,764682666587
		HERSCHEL - BULKLEY I	-2,407312424404	-,108188582869
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,397267119858	-,098143278324
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,371919174404	-,072795332869
		SISKO	-2,421119636222	-,121995794687
		STEIGER - ORY	-2,291525557131	,007598284404
	REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-2,354636291327	1,046274677994
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,341727270622	1,053456266380
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,298720408022*	1,061145294688
		SISKO	-2,373136444021	1,037160407051
		STEIGER - ORY	-2,258240460346	1,181452581558
		ELLIS DE HAVEN	-1,043599891674	2,250739285614
HERSCHEL - BULKLEY I	REOMETRO	-1,046274677994	2,354636291327	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,288108449409	1,308199058499	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,221322019964*	1,292108519964	
	SISKO	-1,328214736981	1,300600313345	
	STEIGER - ORY	-1,228488719778	1,460062454324	
Howell	ELLIS DE HAVEN	REOMETRO	,163800011995	2,351700995278
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,053456266380	2,341727270622
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,308199058499	1,288108449409
	CASSON GENERALIZADO N° 1	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,224681585766*	1,275377476675
		SISKO	-1,332103652591	1,284398619863
		STEIGER - ORY	-1,232626536148	1,444109661603
		ELLIS DE HAVEN	,162419486388	2,332990911793
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	REOMETRO	-1,061145294688	2,298720408022
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,292108519964	1,221322019964
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,275377476675*	1,224681585766
	SISKO	-1,316621898685	1,218220975049	
	STEIGER - ORY	-1,218879768371	1,379667002917	

Comparaciones múltiples

dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	
Howell	REOMETRO	,6679880184848	,4760994466639	,790	
	HERSCHEL - BULKLEY I	,0138072118182	,4023476381546	1,000	
	SISKO	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0238525163636	,4004472275815	1,000
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0492004618182	,3876231444015	1,000
	STEIGER - ORY	,1295940790909	,4143243431796	1,000	
	ELLIS DE HAVEN	1,2715577154545	,3302197274773	,019	
	REOMETRO	,5383939393939	,4837384284160	,911	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,1157868672727	,4113584883545	1,000	
	CASSON GENERALIZADO N° 1		-,1057415627273	,4094998975463	1,000
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,0803936172727	,3969683691283	1,000
	STEIGER - ORY	SISKO	-,1295940790909	,4143243431796	1,000
	ELLIS DE HAVEN	ELLIS DE HAVEN	1,1419636363636	,3411411033985	,052
REOMETRO		-,6035696969697	,4139846303794	,760	
HERSCHEL - BULKLEY I		-,1257750503636	,3264907548542	,019	
CASSON GENERALIZADO N° 1		-,1247705199090	,3241459133699	,019	
OSTWALD DE WAELE - NUTTING		-,1222357253636	,3081627705489	,014	
SISKO		-,1271557715454	,3302197274773	,019	
	STEIGER - ORY	-,1419636363636	,3411411033985	,052	

Comparaciones múltiples

dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%		
		Límite inferior	Límite superior	
Howell	REOMETRO	-1,037160407051	2,373136444021	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,300600313345	1,328214736981	
	SISKO	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,284398619863	1,332103652591
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,218220975049	1,316621898685
	STEIGER - ORY	-1,224162020228	1,483350178409	
	ELLIS DE HAVEN	,163814093659	2,379301337250	
	REOMETRO	-1,181452581558	2,258240460346	
	STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,460062454324	1,228488719778
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,444109661603	1,232626536148

ELLIS DE HAVEN

OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,379667002917	1,218879768371
SISKO	-1,483350178409	1,224162020228
ELLIS DE HAVEN	-,006261072034	2,290188344762
REOMETRO	-2,250739285614	1,043599891674
HERSCHEL - BULKLEY I	-2,351700995278	-,163800011995
CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,332990911793	-,162419486388
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,248792878234	-,195921629038
SISKO	-2,379301337250	-,163814093659
STEIGER - ORY	-2,290188344762	,006261072034

Diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

de acuerdo con la post-hoc de Tukey, se observa que no se encuentra diferencias entre los comportamientos de los modelos escogidos frente al comportamiento Reómetro ($p > 0.05$).

Subconjuntos homogéneos

Esfuerzo Cortante

Tratamientos Realizados a las muestras	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
ELLIS DE HAVEN	11	1,639763636364	
REOMETRO	6	2,243333333333	2,243333333333
STEIGER - ORY	11	2,781727272727	2,781727272727
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	11		2,862120890000
CASSON GENERALIZADO N° 1	11		2,887468835455
HERSCHEL - BULKLEY I	11		2,897514140000
SISKO	11		2,911321351818
Sig.		,079	,637

muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

el tamaño muestral de la media armónica = 9,830.

los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error no están garantizados.

ANEXO 2.4:

TRATAMIENTO ESTADISTICO MUESTRA N° 4

Y TAO BY TRATAMIENTO
 ATISTICS HOMOGENEITY
 SSING ANALYSIS
 STHOC= TUKEY GH ALPHA(0.05).

VA de un factor

Notas	
datos creados	18-FEB-2018 22:54:00
datos	
Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos0
Filtro	<ninguno>
Peso	<ninguno>
Dividir archivo	<ninguno>
Núm. de filas del archivo de trabajo	72
Definición de los valores perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario serán tratados como perdidos.
Método de los valores perdidos	Los estadísticos de cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos para cualquier variable en el análisis.
Casos utilizados	ONEWAY TAO BY TRATAMIENTO /STATISTICS HOMOGENEITY /MISSING ANALYSIS /POSTHOC= TUKEY GH ALPHA(0.05).
Tiempo de procesador	00:00:00.06
Tiempo transcurrido	00:00:00.07

Conjunto_de_datos0]

Prueba de homogeneidad de varianzas

de Cortante

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
.755	6	65	.607

La prueba de Homogeneidad de Levene indica que se cumple el supuesto estadístico: .755; gl1:6 y gl2:65; p>.05).

ANOVA de un factor

Esfuerzo Cortante

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Grupos	15,450	6	2,575	3,269	,007
Grupos	51,208	65	,788		
	66,658	71			

ANOVA unifactorial indica que la sangre si tiene un comportamiento reológico tipo pseudoplástico con umbral, por lo cual el comportamiento arrojado por reómetro si tiene semejanza con los comportamientos calculados con los parámetros de los modelos usados (F:3.269; p<0.007).

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	
REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-,6739504703030	,4504691839707	,746	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,6725728457576	,4504691839707	,748	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,6435378357576	,4504691839707	,784	
	SISKO	-,6869191093939	,4504691839707	,729	
	STEIGER - ORY	-,5383939393939	,4504691839707	,893	
	ELLIS DE HAVEN	,6035696969697	,4504691839707	,831	
	REOMETRO	,6739504703030	,4504691839707	,746	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0013776245455	,3784698160695	1,000	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0304126345455	,3784698160695	1,000	
	HERSCHEL - BULKLEY I	SISKO	-,0129686390909	,3784698160695	1,000
STEIGER - ORY		,1355565309091	,3784698160695	1,000	
ELLIS DE HAVEN		1,2775201672727	,3784698160695	,020	
REOMETRO		,6725728457576	,4504691839707	,748	
HERSCHEL - BULKLEY I		-,0013776245455	,3784698160695	1,000	
OSTWALD DE WAELE - NUTTING		,0290350100000	,3784698160695	1,000	
CASSON GENERALIZADO N° 1		SISKO	-,0143462636364	,3784698160695	1,000
		STEIGER - ORY	,1341789063636	,3784698160695	1,000
		ELLIS DE HAVEN	1,2761425427273	,3784698160695	,020
		OSTWALD DE WAELE - REOMETRO	,6435378357576	,4504691839707	,784

NUTTING	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0304126345455	,3784698160695	1,000	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0290350100000	,3784698160695	1,000	
	SISKO	-,0433812736364	,3784698160695	1,000	
	STEIGER - ORY	,1051438963636	,3784698160695	1,000	
	ELLIS DE HAVEN	1,2471075327273	,3784698160695	,025	
	REOMETRO	,6869191093939	,4504691839707	,729	
	HERSCHEL - BULKLEY I	,0129686390909	,3784698160695	1,000	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0143462636364	,3784698160695	1,000	
	SISKO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0433812736364	,3784698160695	1,000
		STEIGER - ORY	,1485251700000	,3784698160695	1,000
ELLIS DE HAVEN		1,2904888063636	,3784698160695	,018	
REOMETRO		,5383939393939	,4504691839707	,893	
STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-,1355565309091	,3784698160695	1,000	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,1341789063636	,3784698160695	1,000	

Comparaciones múltiples

le dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%		
		Límite inferior	Límite superior	
REOMETRO	HERSCHEL - BULKLEY I	-2,044530196466	,696629255860	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,043152571921	,698006880406	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,014117561921	,727041890406	
	SISKO	-2,057498835557	,683660616769	
	STEIGER - ORY	-1,908973665557	,832185786769	
	ELLIS DE HAVEN	-,767010029193	1,974149423133	
	REOMETRO	-,696629255860	2,044530196466	
HERSCHEL - BULKLEY I	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,150139671926	1,152894921017	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,121104661926	1,181929931017	
	SISKO	-1,164485935562	1,138548657380	
	STEIGER - ORY	-1,015960765562	1,287073827380	
	ELLIS DE HAVEN	,126002870801*	2,429037463744	
	REOMETRO	-,698006880406	2,043152571921	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,152894921017	1,150139671926	
CASSON GENERALIZADO N° 1	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,122482286471	1,180552306471	
	SISKO	-1,165863560108	1,137171032835	
	STEIGER - ORY	-1,017338390108	1,285696202835	
	ELLIS DE HAVEN	,124625246256*	2,427659839199	
	REOMETRO	-,727041890406	2,014117561921	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,181929931017	1,121104661926
	CASSON GENERALIZADO N° 1	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,180552306471	1,122482286471

He Tukey

	SISKO	-1,194898570108	1,108136022835
	STEIGER - ORY	-1,046373400108	1,256661192835
	ELLIS DE HAVEN	,095590236256*	2,398624829199
	REOMETRO	-,683660616769	2,057498835557
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,138548657380	1,164485935562
SISKO	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,137171032835	1,165863560108
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,108136022835	1,194898570108
	STEIGER - ORY	-1,002992126471	1,300042466471
	ELLIS DE HAVEN	,138971509892*	2,442006102835
	REOMETRO	-,832185786769	1,908973665557
STEIGER - ORY	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,287073827380	1,015960765562
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,285696202835	1,017338390108

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	
de Tukey	STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,1051438963636	,3784698160695	1,000	
		SISKO	-,1485251700000	,3784698160695	1,000	
		ELLIS DE HAVEN	1,1419636363636	,3784698160695	,053	
		REOMETRO	-,6035696969697	,4504691839707	,831	
		HERSCHEL - BULKLEY I	-1,2775201672727	,3784698160695	,020	
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,2761425427273	,3784698160695	,020	
		ELLIS DE HAVEN	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,2471075327273	,3784698160695	,025
			SISKO	-1,2904888063636	,3784698160695	,018
			STEIGER - ORY	-1,1419636363636	,3784698160695	,053
			HERSCHEL - BULKLEY I	-,6739504703030	,4730805481834	,779
REOMETRO	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,6725728457576	,4728258081916	,780		
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,6435378357576*	,4628178261478	,795		
	SISKO	-,6889191093939	,4755927749701	,769		
	STEIGER - ORY	-,5383939393939	,4837384284160	,911		
	ELLIS DE HAVEN	,6035696969697	,4139846303794	,760		
	REOMETRO	,6739504703030	,4730805481834	,779		
s-Howell	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0013776245455	,3979454247415	1,000		
	HERSCHEL - BULKLEY I	,0304126345455*	,3860008502333	1,000		
	SISKO	-,0129686390909	,4012291163218	1,000		
	STEIGER - ORY	,1355565309091	,4108517777825	1,000		
	ELLIS DE HAVEN	1,2775201672727	,3258520989207	,017		
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,6725728457576	,4728258081916	,780		

1	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0013776245455	,3979454247415	1,000
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0290350100000	,3856886000433	1,000
	SISKO	-,0143462636364	,4009287263429	1,000
	STEIGER - ORY	,1341789063636	,4105584283992	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,2761425427273	,3254821503456	,017
	REOMETRO	,6435378357576	,4628178261478	,795
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,0304126345455	,3860008502333	1,000
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,0290350100000	,3856886000433	1,000
	SISKO	-,0433812736364	,3890757495849	1,000
	STEIGER - ORY	,1051438963636	,3989916270271	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,2471075327273	,3107647430159	,013

Comparaciones múltiples

Dependiente: Esfuerzo Cortante

	(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
=e Tukey	STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,256661192835	1,046373400108
		SISKO	-1,300042466471	1,002992126471
		ELLIS DE HAVEN	-,009553660108	2,293480932835
		REOMETRO	-1,974149423133	,767010029193
	ELLIS DE HAVEN	HERSCHEL - BULKLEY I	-2,429037463744	-,126002870801
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,427659839199	-,124625246256
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,398624829199	-,095590236256
		SISKO	-2,442006102835	-,138971509892
	REOMETRO	STEIGER - ORY	-2,293480932835	,009553660108
		HERSCHEL - BULKLEY I	-2,373619248896	1,025718308290
		CASSON GENERALIZADO N° 1	-2,371788214260	1,026642522745
		OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-2,326118653185	1,039042981669
HERSCHEL - BULKLEY I	SISKO	-2,391134351645	1,017296132858	
	STEIGER - ORY	-2,258240460346	1,181452581558	
	ELLIS DE HAVEN	-1,043599891674	2,250739285614	
	REOMETRO	-1,025718308290	2,373619248896	
-Howell	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,298618208702	1,301373457793	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,231102764544	1,291928033635	
	SISKO	-1,323720821231	1,297783543049	
	STEIGER - ORY	-1,207105878199	1,478218940017	
CASSON GENERALIZADO N° 1	ELLIS DE HAVEN	,185930349625	2,369109984921	
	REOMETRO	-1,026642522745	2,371788214260	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,301373457793	1,298618208702	
	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,231434825968	1,289504845968	
OSTWALD DE WAELE - NUTTING	SISKO	-1,324123509906	1,295430982633	
	STEIGER - ORY	-1,207550477077	1,475908289804	
	ELLIS DE HAVEN	,185919941604	2,366365143851	
	REOMETRO	-1,039042981669	2,326118653185	
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,291928033635	1,231102764544	
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,289504845968	1,231434825968	
	SISKO	-1,315223216044	1,228460668771	
	STEIGER - ORY	-1,200349172190	1,410636964918	

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
s-Howell	REOMETRO	,6869191093939	,4755927749701	,769
	HERSCHEL - BULKLEY I	,0129686390909	,4012291163218	1,000
	CASSON GENERALIZADO N° 1	,0143462636364	,4009287263429	1,000
SISKO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	,0433812736364	,3890757495849	1,000
	STEIGER - ORY	,1485251700000	,4137420281302	1,000
	ELLIS DE HAVEN	1,2904888063636	,3294888054324	,017
STEIGER - ORY	REOMETRO	,5383939393939	,4837384284160	,911
	HERSCHEL - BULKLEY I	-,1355565309091	,4108517777825	1,000
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-,1341789063636	,4105584283992	1,000
ELLIS DE HAVEN	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-,1051438963636	,3989916270271	1,000
	SISKO	-,1485251700000	,4137420281302	1,000
	REOMETRO	1,1419636363636	,3411411033985	,052
SISKO	HERSCHEL - BULKLEY I	-,6035696969697	,4139846303794	,760
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,2775201672727	,3258520989207	,017
	ELLIS DE HAVEN	-1,2761425427273	,3254821503456	,017
STEIGER - ORY	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,2471075327273	,3107647430159	,013
	SISKO	-1,2904888063636	,3294888054324	,017
	REOMETRO	-1,1419636363636	,3411411033985	,052

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Esfuerzo Cortante

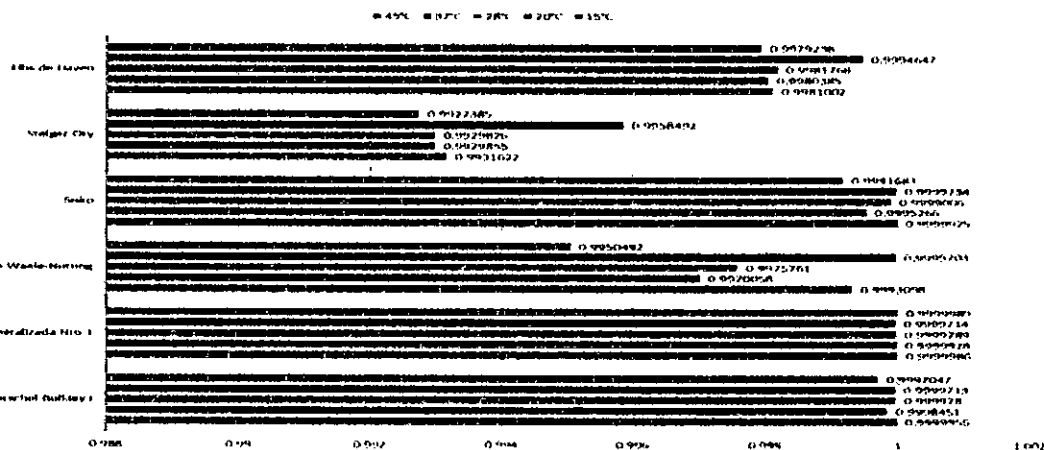
(I) Tratamientos Realizados a las muestras	(J) Tratamientos Realizados a las muestras	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior
s-Howell	REOMETRO	-1,017296132858	2,391134351645
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,297783543049	1,323720821231
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,295430982633	1,324123509906
SISKO	OSTWALD DE WAELE - NUTTING	-1,228460668771	1,315223216044
	STEIGER - ORY	-1,203364434239	1,500414774239
	ELLIS DE HAVEN	,185450061368	2,395527551359
STEIGER - ORY	REOMETRO	-1,181452581558	2,258240460346
	HERSCHEL - BULKLEY I	-1,478218940017	1,207105878199
	CASSON GENERALIZADO N° 1	-1,475908289804	1,207550477077

ANEXO N° 2.5:
GRAFICO DE BANDERAS

Muestra 01:

	Herschel-Bulkley I	Casson - Generalizada Nro.1	Ostwald - de Waele - Nutting	Sisko	Steiger-Ory	Ellis-de Haven
15°C	0.9999955	0.9999986	0.9993098	0.9999925	0.9931622	0.9981002
20°C	0.9998451	0.9999928	0.9970058	0.9995266	0.9929855	0.9980385
28°C	0.999978	0.9999789	0.9975761	0.9999006	0.9929826	0.9981768
37°C	0.9999713	0.9999714	0.9999703	0.9999734	0.9958492	0.9994647
45°C	0.9997047	0.9999989	0.9950492	0.9991683	0.9927385	0.9979238

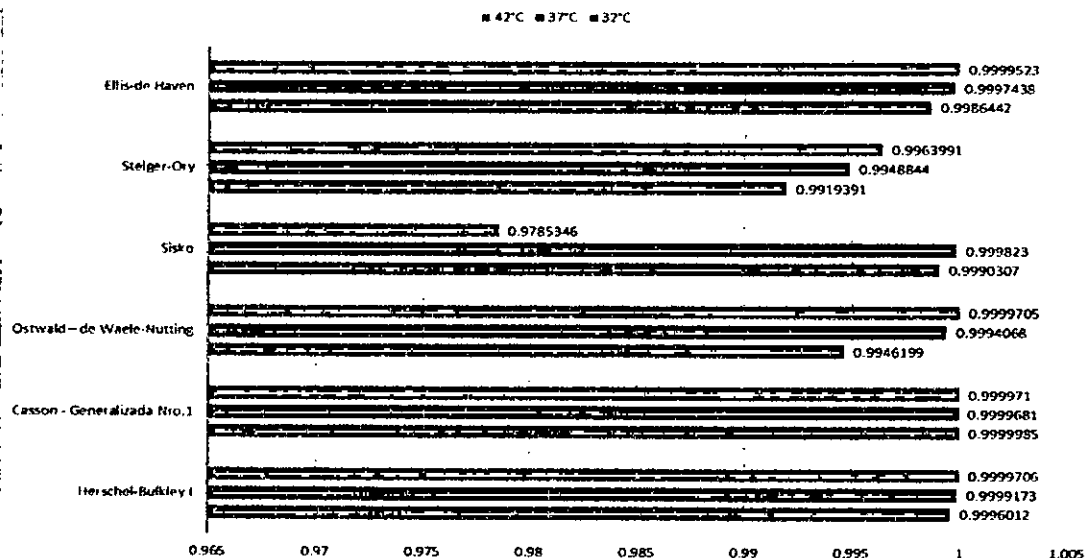
COMPARACIÓN DEL INDICE DE CORRELACIÓN



Muestra 02:

	Herschel-Bulkley I	Casson - Generalizada Nro.1	Ostwald - de Waele - Nutting	Sisko	Steiger-Ory	Ellis-de Haven
32°C	0.9996012	0.9999985	0.9946199	0.9990307	0.9919391	0.9986442
37°C	0.9999173	0.9999681	0.9994068	0.999823	0.9948844	0.9997438
42°C	0.9999706	0.999971	0.9999705	0.9785346	0.9963991	0.9999523

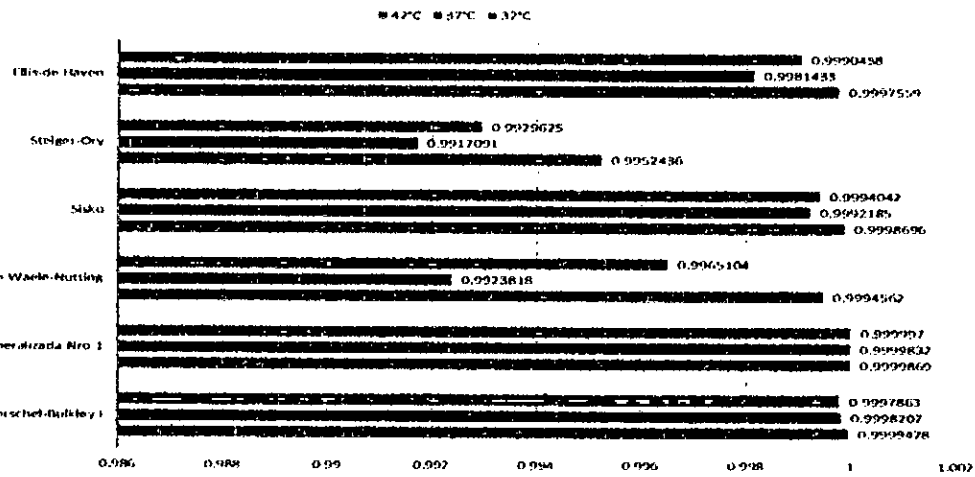
COMPARACIÓN DE LOS INDICE DE CORRELACIÓN



Muestra 03

	Herschel-Bulkley I	Casson - Generalizada Nro.1	Ostwald - de Waele - Nutting	Sisko	Steiger-Ory	Ellis-de Haven
32°C	0.9999478	0.9999869	0.9994562	0.9998696	0.9952436	0.9997559
37°C	0.9998207	0.9999832	0.9923818	0.9992185	0.9917091	0.9981433
42°C	0.9997863	0.999997	0.9965104	0.9994042	0.9929625	0.9990458

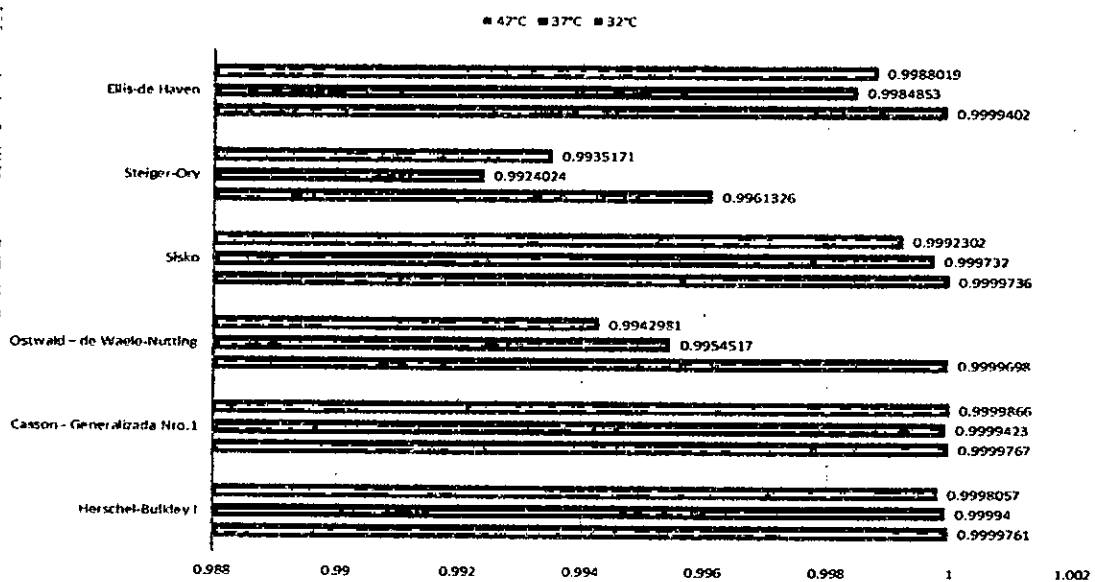
COMPARACIÓN DE LOS INDICE DE CORRELACIÓN



Muestra 04

	Herschel-Bulkley I	Casson - Generalizada Nro.1	Ostwald - de Waele - Nutting	Sisko	Steiger-Ory	Ellis-de Haven
32°C	0.9999761	0.9999767	0.9999698	0.9999736	0.9961326	0.9999402
37°C	0.99994	0.9999423	0.9954517	0.999732	0.9924024	0.9984853
42°C	0.9998057	0.9999866	0.9942981	0.9992302	0.9935171	0.9988019

COMPARACIÓN DE LOS INDICE DE CORRELACIÓN



ANEXO 3:

**ANALISIS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE
SANGRE**

ANEXO 3.1:

ANALISIS DE LABORATORIO MUESTRA N° 1



Paciente : MOLINA RODRIGUEZ EDUARDO DANIEL Prioridad : Urgencias
 DNI : 45962547 Historia : Nro. Guía : 62400
 Sexo : Masculino Edad : 27 Años Cliente :
 Dirección : PSJ. PRIMAVERA 116 STA. ROSA
 Médico :, Localidad : APTUS CENTRAL
 Servicio : Fecha de Toma de Muestra: 08/09/2016 13:31:42

Exámenes Realizados	Resultado Actual	Valor Referencial	Unidades
HEMOGRAMA			
Método: Citometría de Flujo Fluorescente - XE 2100			
Hemoglobina	15.3	13.50 - 17.50	g/dL
Hematocrito	46.2	41.00 - 53.00	%
Hemáties	5.11	4.50 - 5.50	*10 ⁶ /uL
Volumen Corpuscular Medio	90.4	80.00 - 100.00	fL
Hemoglobina Corpuscular Media	29.9	26.00 - 34.00	pg
Concentración de la Hemoglobina Corpuscular	33.1	31.00 - 37.00	g/dL
Índice de Anisocitosis (RDW) (%)	12.7	11.00 - 14.00	%
Índice de Anisocitosis (RDW) (SD)	42.1	35.10 - 43.90	fL
Leucocitos Totales	5.75	4.50 - 11.00	* 10 ³ /uL
Neutrófilos (%)	2.6	0.00 - 3.00	%
Linfocitos (%)	0.5	0.00 - 1.00	%
Eosinófilos (%)	31	24.00 - 44.00	%
Monocitos (%)	5.9	3.00 - 6.00	%
Plaquetas Segmentadas (%)	60	35.00 - 66.00	%
Neutrófilos (%)	0.0	0.00 - 5.00	%
Neutrófilos (10 ³ /UL)	0.15	0.00 - 0.70	* 10 ³
Linfocitos (10 ³ /UL)	0.03	0.00 - 0.20	* 10 ³ /uL
Eosinófilos (10 ³ /UL)	1.78	1.00 - 4.80	* 10 ³ /uL
Monocitos (10 ³ /UL)	0.34	0.00 - 0.90	* 10 ³ /uL
Plaquetas Segmentadas (10 ³ /UL)	3.45	1.80 - 7.70	* 10 ³ /uL
Neutrófilos (10 ³ /UL)	0.0	0.00 - 0.50	* 10 ³ /uL
Cuento de Plaquetas	294	150.00 - 350.00	* 10 ³ /uL
Volumen Plaquetario Medio	10	7.50 - 11.50	fL
Plaquetas Totales (ANC)	3.45	1.80 - 8.20	*10 ³ /uL

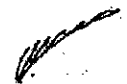


Paciente : MOLINA RODRIGUEZ EDUARDO DANIEL Prioridad : Urgencias
 DNI : 45962547 Historia : Nro. Guía : 62400
 Sexo : Masculino Edad : 27 Años Cliente :
 Dirección : PSJ. PRIMAVERA 116 STA. ROSA
 Médico : Localidad : APTUS CENTRAL
 Servicio : Fecha de Toma de Muestra: 08/09/2016 13:31:42

Exámenes Realizados	Resultado Actual	Valor Referencial	Unidades
RUPO SANGUINEO			
Método: AGLUTINACION			
upo Sanguíneo	O		S/U
ctor RH	Positivo		S/U
IR	No Reactivo		S/U
Método: Aglutinación			



Dr. JULIO BELTRAN
 CMP: 46441 RNE: 17687



Dr. ALEJANDRO COLICHON Y.
 DIRECTOR MEDICO
 CMP: 3634 RNE: 12471

ANEXO 3.2:

ANALISIS DE LABORATORIO MUESTRA N° 2

Nº DE ORDEN : 333
 PACIENTE : MOLINA GARCIA RAQUEL
 EDAD : 64 AÑOS
 MEDICO : PARTICULAR
 PROCEDENCIA : POLICLINICO MUNICIPAL RIMAC
 FECHA : 22 / 09 / 2017

RESULTADO DE ANALISIS

BIOQUIMICA

TEST: RESULTADO: RANGO REFERENCIAL:

TRIGLICÉRIDOS :	60 mg/dl Método: COLORIMETRICO	Los niveles aumentados de triglicéridos contribuyen a la obesidad general e incrementan el riesgo de ateroesclerosis e infarto de miocardio debido al depósito arterial de placas.
COLESTEROL :	155 mg/dl Método: COLORIMETRICO	Se emplea para diagnosticar y tratar enfermedades con niveles elevados de colesterol o trastornos en el metabolismo lipídico y lipoproteico.
GLUCOSA	79 mg/dl Método COLORIMETRICO	La cuantificación de glucosa en sangre es usada para el diagnóstico de desordenes del metabolismo de carbohidratos tales como hiperglicemia, glicemia neonatal.



Alejandro Tiburcio Gonzalez
 MEDICO PATOLOGO CLINICO
 C.M.P. 14331
 R.N.E. 20900

a: Este es un examen auxiliar, los resultados deben ser complementados con la interpretación de un médico tratante.
 (*) : Exámenes realizados en Laboratorio de Derivación.

ANEXO 3.4:

ANALISIS DE LABORATORIO MUESTRA N° 4

Denominación/ autor	Función reológica	Viscosidad aparente	Viscosidad diferencial	Nro. parámetros	Función alterna
Newton	$\tau = \mu \frac{du}{dy}$	μ	μ	1: μ	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu} \tau$
Bingham	$\tau = \tau_0 + \mu \frac{du}{dy}$	μ	μ	2: τ_0, μ	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu} (\tau - \tau_0)$
Casson	$\tau^{1/2} = \tau_0^{1/2} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/2}$	μ_c^2	μ_c^2	2: τ_0, μ_c	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^2} (\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_0})^2$
Casson-generalizada Nro.1	$\tau^{1/n} = \tau_0^{1/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ $n > 1 \quad m > 1$			4: τ_0, μ_c, n, m	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} (\tau^{1/n} - \tau_0^{1/n})^m$
Casson-generalizada Nro.2	$\tau^{2/n} = \tau_0^{2/n} + \mu_c \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$ $n > 2 \quad m > 1$			4: τ_0, μ_c, n, m	$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_c^m} (\tau^{2/n} - \tau_0^{2/n})^m$
Casson generalizada Nro.3 modificado	$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \mu_c \sqrt{\frac{\mu_{ap}}{\mu_{ap0}} \frac{du}{dy}}$ μ_{ap} fase continua μ_{ap0} fase extrapolada	$\mu_c^2 \frac{\mu_{ap}}{\mu_{ap0}}$		4: $\tau_0, \mu_c, \mu_{ap}, \mu_{ap0}$	$\frac{du}{dy} = \frac{\mu_{ap0}}{\mu_{ap} \cdot \mu_c^2} (\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_0})^2$

Herschel-Bulkley Nro.1

$$\tau = \tau_0 + \mu \left(\frac{du}{dy} \right)^{1/m}$$

$$\mu^{1/m} \cdot \left(\frac{du}{dy} \right)^{\frac{1-m}{m}}$$

3: τ_0, μ, m

$$\frac{du}{dy} = \left(\frac{1}{\mu} \right)^m (\tau - \tau_0)^m$$

Herschel-Bulkley Nro.2

$$\tau = \tau_0 + \frac{\mu(du/dy)}{1 + c(\tau - \tau_0)^n}$$

$$\frac{\mu}{1 + c(\tau - \tau_0)^n}$$

4: τ_0, μ, c, n

$$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu} (1 + c(\tau - \tau_0)^n) (\tau - \tau_0)$$

Ostwald – de Waele-Nutting

$$\tau = k \left(\frac{du}{dy} \right)^n$$

$$0 < n < 1$$

$$k \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}$$

$$kn \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}$$

2: k, n

$$\frac{du}{dy} = \left(\frac{\tau}{k} \right)^{1/n}$$

Ellis-de Haven

$$\tau = \frac{\mu_0}{1 + c\tau^{n-1}} \frac{du}{dy}$$

$$n > 1$$

$$\frac{\mu_0}{1 + c\tau^{n-1}}$$

$$\frac{\mu_0}{1 + c n \tau^{n-1}}$$

3: μ_0, c, n

$$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu_0} (1 + c \tau^{n-1}) \tau$$

Steiger-Ory

$$\tau = \frac{1}{A^2 + c} \frac{du}{dy}$$

$$c > 0$$

$$\frac{1}{A\tau^2 + c}$$

$$\frac{1}{3A\tau^2 + c}$$

2: A, c

$$\frac{du}{dy} = A\tau^3 + c\tau$$

Sisko

$$\tau = A \frac{du}{dy} + B \left(\frac{du}{dy} \right)^n$$

$$0 < n < 1$$

$$A + B \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}$$

$$A + B.n \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}$$

3: A, B, n

$$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{A + B \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}}$$

Ferrys

$$\tau = \frac{\mu}{1 + \frac{\tau}{G}} \cdot \frac{du}{dy}$$

2: μ, G

$$\frac{du}{dy} = \frac{1}{\mu} \left(\tau + \frac{\tau^2}{G} \right)$$

Reiner- Philipoff

$$\tau = \left[\mu_\infty + \frac{\mu_0 - \mu_\infty}{1 + \left(\frac{\tau}{A} \right)^2} \right] \cdot \frac{du}{dy}$$

$$\mu_\infty + \frac{\mu_0 - \mu_\infty}{1 + \left(\frac{\tau}{A} \right)^2}$$

3: μ_∞, μ_0, A

$$\frac{du}{dy} = \left[\frac{1 + \left(\frac{\tau}{A} \right)^2}{\mu_\infty \cdot \left(\frac{\tau}{A} \right)^2 + \mu_0} \right] \tau$$

El exponente 2 se generaliza a n.

Reiner

$$\tau = \frac{du/dy}{\frac{1}{\mu_\infty} - \left(\frac{1}{\mu_\infty} - \frac{1}{\mu_0} \right) e^{-\frac{\tau^2}{\lambda^2}}}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{\mu_\infty} - \left(\frac{1}{\mu_\infty} - \frac{1}{\mu_0} \right) e^{-\frac{\tau^2}{\lambda^2}}}$$

3: $\mu_\infty, \mu_0, \lambda$

$$\frac{du}{dy} = \left[\frac{1}{\mu_\infty} - \left(\frac{1}{\mu_\infty} - \frac{1}{\mu_0} \right) e^{-\frac{\tau^2}{\lambda^2}} \right] \cdot \tau$$

Williamson

$$\tau = \frac{A \frac{du}{dy}}{B + \frac{du}{dy}} + \mu_0 \frac{du}{dy}$$

$$\frac{A}{B + \frac{du}{dy}} + \mu_0$$

3: A, B, μ_0

$$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{\frac{A}{B + \frac{du}{dy}} + \mu_0}$$

Briant

$$\tau = \mu_{\infty} \left[1 + \frac{\tau_0}{n \cdot \mu_{\infty} \cdot \frac{du}{dy}} \right] \cdot \frac{du}{dy}$$

$$\mu_{\infty} \left[1 + \frac{\tau_0}{n \cdot \mu_{\infty} \cdot \frac{du}{dy}} \right]^n$$

$$0 < n < 1$$

3: μ_{∞}, τ_0, n

$$\frac{du}{dy} = \frac{\tau}{\mu_{\infty} \left[1 + \frac{\tau_0}{n \cdot \mu_{\infty} \cdot \frac{du}{dy}} \right]^n}$$

Bellet Nro 1

$$\tau = \left[\mu_{\infty} + \frac{\mu_0 - \mu_{\infty}}{1 + c\tau^{\alpha-1}} \right] \frac{du}{dy}$$

$$\mu_{\infty} + \frac{\mu_0 - \mu_{\infty}}{1 + c\tau^{\alpha-1}}$$

$$\alpha > 1$$

4: $\mu_{\infty}, \mu_0, \alpha, c$

$$\frac{du}{dy} = \left[\frac{1 + c\tau^{\alpha-1}}{\mu_{\infty} c\tau^{\alpha-1} + \mu_0} \right] \tau$$

Bellet Nro 2

$$\tau = \frac{\mu_{\infty} \cdot B \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}}{1 + B \cdot \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}} + \mu_{\infty} \frac{du}{dy}$$

$$\frac{\mu_{\infty} \cdot B \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-2}}{1 + B \cdot \left(\frac{du}{dy} \right)^{n-1}} + \mu_{\infty}$$

3: μ_{∞}, B, n

Fuente: Soler, M; 1976; López Chalarca, Liliana; Miranda Galvis; Lisbeth; (2009).

ANEXO 5:
OTROS MODELOS ADICIONALES.

DENOMINACION	MODELO	PARAMETROS
Casson Modificado (Mizrahi and Berk, 1972)	$\tau^{0.5} = \tau_0^{0.5} + K_1 \times \dot{\gamma}^{n_1}$	3: τ_0, K_1, n_1
Herschel-Bulkley Generalizado (Ofoli et. al. 1987)	$\tau^{n_1} = \tau_0^{n_1} + K_1 \times \dot{\gamma}^{n_2}$	4: τ_0, K_1, n_1, n_2
V°Cadlo (Parzonka and V°Cadlo, 1968)	$\tau = (\tau_0^{1/n_1} + K_1 \times \dot{\gamma})^{n_1}$	3: τ_0, K_1, n_1
Power Series (Whorlow, 1992)	$\dot{\gamma} = K_1 \times \tau + K_2 \times \tau^3 + K_3 \times \tau^5 \dots\dots\dots$ $\tau = K_1 \times \dot{\gamma} + K_2 \times \dot{\gamma}^3 + K_3 \times \dot{\gamma}^5 \dots\dots\dots$	3: K_1, K_2, K_3
Carreau (Carreau, 1968)	$\eta = \eta_\infty + (\eta_0 - \eta_\infty) [1 + (K_1 \times \dot{\gamma})^2]^{(n-1)/2}$	4: $\eta_0, \eta_\infty, K_1, n$
Cross (Cross, 1965)	$\eta = \eta_\infty + \frac{(\eta_0 - \eta_\infty)}{1 + K_1 \times \dot{\gamma}^{n_1}}$	4: $\eta_0, \eta_\infty, K_1, n_1$
Van Wazer (Van Wazer, 1963)	$\eta = \frac{(\eta_0 - \eta_\infty)}{1 + K_1 \times \dot{\gamma} + K_2 \times \dot{\gamma}^{n_1}} + \eta_\infty$	5: $\eta_0, \eta_\infty, K_1, K_2, n_1$
Carreau-Yasuda	$\eta = \eta_\infty + (\eta_0 - \eta_\infty) [1 + (K_1 \times \dot{\gamma})^a]^{(n-1)/a}$	5: $\eta_0, \eta_\infty, K_1, a, n_1$
Tscheuschner	$\mu = \mu_\infty + \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} + \frac{\mu_0}{(\dot{\gamma}/\dot{\gamma}_b)^n}$	5: $\mu_0, \mu_\infty, \tau_0, \dot{\gamma}_b, n_1$
Papir-Krieger	$\mu = \mu_\infty + \frac{(\mu_0 - \mu_\infty)}{1 + \left(\frac{\tau}{\tau_m}\right)^m}$	4: $\mu_0, \mu_\infty, \tau_m, m$
Spriggs	$\tau = \mu_0 \times \dot{\gamma}, \dot{\gamma} < \dot{\gamma}_0; \tau = \mu_0 \times \dot{\gamma} (\dot{\gamma}/\dot{\gamma}_0)^n$	3: $\mu_0, \dot{\gamma}_0, n$
Metzner	$\tau = \mu_0 \times \dot{\gamma} \left[\frac{1 + \frac{\mu_\infty}{\mu_0} (1 + (\tau/\tau_m)^{\alpha-1})}{1 + (\tau/\tau_m)^{\alpha-1}} \right]$	4: $\mu_0, \mu_\infty, \tau_m, \alpha$
Skelland	$\tau = \tau_0 + \mu_0 \times \dot{\gamma} (1 + c(\tau - \tau_0))^{-1}$	4: τ_0, μ_0, c, m
Crowley-Kitzes	$\tau = \left[\frac{1.2 + \alpha(1 + (c_1 \tau)^{-0.2})^3}{1.2 - \alpha(1 + (c_1 \tau)^{-0.2})^3} \right] \times \mu_1 \dot{\gamma}$	3: α, c_1, μ_1

Power Law	$\mu_a = \frac{\mu_0}{1 + \frac{\mu_0}{K} \dot{\gamma}^{1-n}} \quad n < 1$	pseudoplástico	3: μ_0, K, n
	$\mu_a = \mu_0 \left[1 + \frac{K}{\mu_0} \dot{\gamma}^{1-n} \right] \quad n > 1 \text{ dilatante}$		
Roberston - Stiff	$\tau = k \times (\dot{\gamma}_0 + \dot{\gamma})^n$		3: $k, \dot{\gamma}_0, n$
Williams	$\tau = \left[\eta_\infty + \frac{(\eta_0 - \eta_\infty)}{1 + \tau_1^2 \times \dot{\gamma}^2} \right] \times \dot{\gamma}$		3: $\eta_0, \eta_\infty, \tau_1$

Fuente: Ramírez Navas, J. (2006); López Chalarca, Liliana; Miranda Galvis; Lisbeth; (2009).

ANEXO 6:

DECRETO SUPREMO N° 03-95-SA



Aprueban el Reglamento de la Ley No 26454, que declaró de orden público la obtención, donación, transfusión y suministro de sangre humana

DECRETO SUPREMO N° 03-95-SA

CONCORDANCIAS: R.M.N° 283-99-SA-DM

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que por Ley N° 26454 se ha declarado de orden público y de interés nacional la obtención, donación, conservación procesamiento, transfusión y suministro de sangre humana, sus componentes y derivados;

Que es necesario establecer la relación de dependencia del Programa Nacional de Hemoterapia y Bancos de Sangre;

De conformidad con lo previsto en el Artículo 118 inciso 8) de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1.- Apruébase el Reglamento de la Ley N° 26454, cuyo texto consta de cincuenta y dos artículos y forma parte del presente Decreto Supremo.

Artículo 2 .- El Programa Nacional de Hemoterapia y Bancos de Sangre, cuyas siglas serán "PRONAHEBAS", a que se refiere el Artículo 4 de la Ley N° 26454, dependerá de la Dirección General de Salud de las Personas del Ministerio de Salud.

Artículo 3.- Facúltase al Ministro de Salud para que dicte las disposiciones modificatorias y complementarias, al Reglamento materia del presente Decreto Supremo.

Artículo 4.- Derógase el Decreto Supremo N° 004-90-SA, y toda otra disposición que se oponga al presente Decreto Supremo.

Artículo 5.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintisiete días del mes de julio de mil novecientos noventa y cinco.

ALBERTO FUJIMORI FUJIMORI
Presidente Constitucional de
la República

EDUARDO YONG MOTA
Ministro de Salud

REGLAMENTO DE LA LEY N° 26454

CAPITULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Toda mención que se haga en este Reglamento a "la Ley" debe entenderse como referida a la Ley N° 26454.

Artículo 2.- El presente, Reglamento regula las actividades de obtención, donación, conservación, transfusión y suministro de sangre humana, sus componentes y derivados, así como los aspectos de supervisión, fiscalización y monitoreo de las mencionadas actividades; con el fin de proporcionar sangre segura, en calidad y cantidad necesarias.

Artículo 3.- Las disposiciones establecidas en la Ley y en el presente reglamento son de aplicación para los establecimientos públicos o privados dedicados, total o parcialmente, la extracción procesamiento, conservación, almacenamiento, transfusión, distribución y suministro de sangre.

Artículo 4.- El control del cumplimiento de lo establecido por la Ley, el presente Reglamento y demás disposiciones afines son competencia del Ministerio de Salud, a través del Programa Nacional de Hemoterapia y Bancos de Sangre (PRONAHEBAS), sin perjuicio de las acciones que le competen al Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPÍ).

Artículo 5.- El PRONAHEBAS tiene como objetivo fundamental normar, coordinar y vigilar las actividades señaladas en el Artículo 2 del presente, Reglamento.

Artículo 6.- Las actividades de obtención, donación, procesamiento, conservación, transfusión y suministro de sangre humana, son inherentes y de competencia exclusiva de los Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre los cuales estarán sujetos a las directivas y a la supervisión y fiscalización del PRONAHEBAS.

CAPITULO II

DEL PROGRAMA NACIONAL DE HEMOTERAPIA Y BANCOS DE SANGRE

Artículo 7.- El PRONAHEBAS, es el órgano competente del manejo del tejido hemático y esta conformado por dos niveles funcionales:

- a) Nivel Técnico Normativo y de Supervisión, y
- b) Nivel Operativo.

Artículo 8 .- Son funciones del nivel técnico normativo y de supervisión del PRONAHEBAS los siguientes:

- a) Técnico Normativo:

a.1. Elaborar las normas técnico-administrativas referentes a los mecanismos de obtención, donación, conservación, almacenamiento, transfusión y suministro de sangre humana sus componentes y derivados;

a.2. Fomentar el desarrollo integral, a nivel regional y nacional, de los Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre;

a.3. Orientar el desarrollo de las actividades de capacitación de los recursos humanos, investigación, educación de la comunidad, propaganda, promoción y fomento de la donación voluntaria.

a.4. Proponer las normas para preservar la sangre y sus componentes, la salud de los receptoras la protección de los donantes y del personal que interviene en su manejo;

a.5. Absolver consultas sobre los alcances de las normas que rigen las actividades mencionadas en el Artículo 2 el presente Reglamento;

a.6. Establecer los niveles de acreditación.

b.) Supervisión:

b.1. Velar por el cumplimiento de la normatividad de las actividades establecidas en el Artículo 2 del presente Reglamento, sin perjuicio de Las acciones que le competen al INDECOPI;

b.2. Supervisar y evaluar el desempeño de los Centros de Hemoterapia, Bancos de Sangre y Plantas de Hemoderivados;

b.3. Supervisar la organización, funcionamiento e ingeniería sanitaria en los Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre, Servicios de Transfusión y Puestos de Extracción Hemática, a través de visitas de inspección periódicas, a fin de evaluar el real cumplimiento de la legislación vigente;

b.4. Asumir vigilancia permanente para el correcto y seguro manejo de la sangre en los Centros de hemoterapia, Bancos de Sangre y plantas de hemoderivados.

Artículo 9.- Son funciones del nivel operativo del PRONAHEBAS, coordinar, promover y vigilar la organización de la Red Nacional

Artículo 10 .- Son atribuciones del PRONAHEBAS:

a) Establecer y mantener actualizado el Registro Nacional de los Centros de Hemoterapia, Bancos de Sangre y Plantas de Hemoderivados;

b) Establecer y mantener actualizado un sistema de informática que permita la operatividad del Programa;

c) Definir los recursos materiales humanos y técnicos necesarias para el funcionamiento de los Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre

d) Coordinar y apoyar los programas de hemoterapia, así como la atención de demanda técnica

e) Disponer Las medidas correctivas que aseguren el buen funcionamiento de los Centros de Hemoterapia, Bancos de Sangre y Plantas de Hemoderivados ante los Directores responsables de los establecimientos;

f) Proponer Las sanciones a las infracciones por el incumplimiento de las normas establecidas en la Ley, el presente Reglamento y disposiciones Y complementarias que se dicten, ante la Dirección General de Salud de las Personas;

e) Estudiar y dictaminar las solicitudes y expedientes relacionados con el funcionamiento de Bancos de Sangre y Plantas de Hemoderivados;

h) las demás atribuciones establecidas en la Ley y aquellas que sean compatibles con los fines del PRONAHEBAS.

Artículo 11.- El PRONAHEBAS podrá solicitar cuando lo considere conveniente, la colaboración de las Direcciones Regionales o Subregionales de Salud, quienes quedarán obligadas a prestar su concurso de acuerdo a los requerimientos que reciban para el efecto, informando a la brevedad posible sobre el resultado de la diligencia practicada.

CAPITULO III

DE LOS CENTROS DE HEMOTERAPIA Y BANCOS DE SANGRE

Artículo 12.- La Hemoterapia es un acto médico, y como tal la garantía de calidad total de su ejercicio es responsabilidad de un médico cirujano con especialidad en Patología Clínica; y, en su ausencia, el médico designado o el responsable del establecimiento de salud.

Artículo 13.- Los Centros de Hemoterapia son organizaciones de salud que realizan directamente la obtención, donación, control, conservación, selección, aplicación de transfusiones de sangre y/o fracciones y preparación de hemoderivados no industrializados.

Artículo 14.- Los Bancos de Sangre son las organizaciones de salud que realizan directamente la donación, control, conservación y distribución de sangre y/o fracciones en forma oportuna y en calidad y cantidad necesarias para ser aplicadas con fines terapéuticos. En algunos casos podrá seleccionar, aplicar y preparar hemoderivados.

Artículo 15.- Todos los Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre, estatales y privados, deben contar con los Manuales de Organización y Funciones, de normas y Procedimientos, y de Técnicas.

CAPITULO IV

DE LA RED NACIONAL DE CENTRO DE HEMOTERAPIA Y BANCOS DE SANGRE

Artículo 16.- La Red Nacional de Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre (RNCHBS), constituye un sistema técnico administrativo cuyo objetivo es la integración funcional de los Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre del país, para el desarrollo de actividades relacionadas al uso adecuado de la sangre, al acceso de la población a la sangre y sus derivados de óptima calidad, de manera oportuna y suficiente; y, servir como medio de vigilancia epidemiológica.

Artículo 17.- La RNCHBS, estará constituida por el Centro de Referencia Nacional de Hemoterapia y Bancos de Sangre, por los Bancos de Sangre de los Hospitales del Ministerio de Salud, Instituto Peruano de Seguridad Social, Fuerzas Armadas, Fuerzas Policiales, y por los Bancos de Sangre del Sector Privado que cuenten con las condiciones necesarias para su funcionamiento.

Mediante Resolución Ministerial de Salud se designará al organismo en el cual recaerá las funciones de Centro de Referencia Nacional, así como de nivel subregional.

Artículo 18.- La Dirección Nacional de la Red, estará a cargo de un Comité Técnico integrado por:

- El Director del Centro de Referencia Nacional de Hemoterapia y Bancos de Sangre, quien lo presidirá;
- El Director General de Salud de las Personas del Ministerio de Salud o su representante;
- Un representante del Instituto Nacional de Defensa civil;
- Un representante del Instituto Nacional de Salud;
- Un representante del Instituto Peruano de Seguridad Social;
- Un representante de las Fuerzas Armadas;

- Un representante de la Sanidad de las Fuerzas Policiales;
- Un representante de la Asociación de Clínicas Privadas.

Artículo 19.- La coordinación de la Red estará a cargo del Centro de Referencia Nacional de Hemoterapia y Bancos de Sangre.

Artículo 20.- El Comité Técnico de la Red, tendrá las siguientes funciones:

- a) Establecer mecanismos para la coordinación de la infraestructura operacional, que permita atender en forma adecuada y oportuna el suministro de sangre en todo el país;
- b) Proponer programas de educación continua, capacitación de personal y adiestramiento en servicio para los funcionarios responsables de la Red;
- c) Proponer funciones adicionales a las establecidas en el presente Reglamento de acuerdo a las necesidades de la Red;
- d) Las demás que le señale el PRONAHEBAS.

Artículo 21.- Son funciones del Director del Centro de Referencia Nacional de Hemoterapia y Bancos de Sangre, las siguientes:

- a) Velar por el cumplimiento de la aplicación de las directivas establecidas por el Comité Técnico de la RNCHBS y las que establezca el PRONAHEBAS;
- b) Organizar y sistematizar el recurso de información de la Red para que integre la base de datos del PRONAHEBAS;
- c) Preparar el programa anual de actividades y presentarlo al Comité Técnico de la RNCHBS; y
- d) Las demás que le señale el Ministerio de Salud.

CAPITULO V

DE LA DONACION Y TRANSFUSION DE SANGRE

Artículo 22.- La donación de sangre o sus componentes es un acto voluntario, solidario y altruista, por el cual una persona da a título gratuito, para fines terapéuticos, de diagnóstico o de investigación, una porción de su sangre en forma libre y consciente.

Artículo 23.- Queda prohibida la comercialización de sangre humana para fines de transfusión, así como la exportación de la sangre humana y de sus componentes.

Artículo 24.- Previo a realizar la extracción de la sangre humana, y con la finalidad de evitar causar algún daño al donador y al receptor, deberá tenerse en cuenta obligatoriamente, lo siguiente:

Primer Paso: Explicar al posible donador el procedimiento a que será sujeto, previo a su conocimiento escrito.

Segundo Paso: Evaluar al posible donador mediante un minucioso cuestionario de antecedentes patológicos, que permitan aceptarlo o excluirlo, permanente o temporalmente como donador.

Tercer Paso: Cumplido el segundo paso, y habiéndose descartado antecedentes patológicos, se procederá a evaluar al posible donador mediante un examen clínico y de

laboratorio, para lo cual se extraerá una mínima cantidad de sangre para descartar alguna enfermedad de la lista oficial reconocida.

Si del análisis se detecta alguna enfermedad, el establecimiento de salud está obligado a informar y orientar a la persona para que profundice su estudio.

Cuarto Paso: Comprobada que la sangre del posible donador es apta para transfundirla, se efectuará la extracción de sangre, para que ésta sea envasada y almacenada en el Banco de Sangre.

Quinto Paso: El donador será identificado mediante sistema numérico o alfabético-numérico y huella digital, en la "Ficha de donador", lo que permitirá el rastreo de cualquier unidad de sangre o componentes desde la obtención hasta su disposición final, así como la resolución de trámites de carácter legal.

Artículo 25.- Queda terminantemente prohibido ingresar sangre contaminada a los Bancos de Sangre.

Artículo 26.- Cuando el establecimiento de salud no cuente con la infraestructura adecuada para realizar el procesamiento de la sangre, podrá derivarse al donador a otro Centro que realice la extracción de conformidad con el Artículo 24 del presente Reglamento, para que posteriormente se envíe la sangre al establecimiento solicitante.

El establecimiento de salud brindará el apoyo que sea necesario para que se efectúe el traslado del donador.

Artículo 27.- El Personal calificado y entrenado, de los Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre, que realicen la extracción de sangre, son los responsables de aplicar los mecanismos de protección durante y después de la donación.

Artículo 28.- La transfusión de sangre humana, sus componentes y derivados con fines terapéuticos, constituye un acto médico que debe llevarse a cabo únicamente después de un estudio racional y específico de la patología a tratar.

Artículo 29.- El acto de transfusión de sangre y/o componentes es de responsabilidad del transfusor, quien deberá estar provisto de los mecanismos para atender las complicaciones inmediatas que surjan.

Artículo 30.- La transfusión de sangre se efectuará bajo el control del personal médico que tenga a su cargo el tratamiento del paciente.

Artículo 31.- La transfusión de sangre, sus componentes o derivados, no podrán practicarse sin haberse efectuado previamente las pruebas de compatibilidad obligatorias entre la sangre del donante y la del receptor, salvo excepción de urgencia específicamente señaladas en las normas técnicas y médicas.

Artículo 32.- El uso de sangre proveniente de flebotomía terapéutica será determinado por el Jefe del Banco de Sangre y el médico tratante del posible receptor, previo consentimiento escrito de éste.

Artículo 33.- EL PRONAHEBAS coordinará intersectorialmente permanentes campañas de divulgación sanitaria dirigidas a la población, haciendo uso de los medios de comunicación masiva a fin de despertar el interés por la donación de sangre humana y a la vez incentivándola mediante diversas formas de reconocimiento.

CAPITULO VI

DE LA DISTRIBUCION Y TRANSPORTE DE SANGRE

Artículo 34.- La sangre y/o sus componentes deberán ser distribuidos y transportados cumpliendo todos los requisitos de bioseguridad, para mantener su calidad y ser utilizado sin ningún riesgo para el receptor. Los requisitos de bioseguridad serán precisados por el PRONAHEBAS.

Artículo 35.- La distribución de sangre y/o componentes, tienen por exclusivo objeto, el de atender las necesidades de la RNCHBS, salvo que excepcionalmente, el Gobierno por razones de solidaridad internacional, autorice el envío de sangre y/o sus componentes a otros países que lo soliciten.

CAPITULO VII

DEL FRACCIONAMIENTO DE LA SANGRE

Artículo 36.- La extracción de sangre entera, su separación en componentes, la retención del componente deseado, la recombinación de las fracciones y la restitución al donante o paciente (hemapheresis), sólo se realizará en Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre.

Artículo 37.- Sólo se podrá realizar fraccionamiento de la sangre con fines terapéuticos para restaurar o mantener el volumen sanguíneo, la capacidad transportadora de oxígeno, la hemotasia o retirar componente no deseado.

CAPITULO VIII

DE LAS PLANTAS DE HEMODERIVADOS

Artículo 38.- El fraccionamiento y transformación industrial de la sangre, se efectuará en Plantas de Hemoderivados, los cuales deberán obtener para su funcionamiento la autorización sanitaria respectiva.

Artículo 39.- Las Plantas autorizadas para la elaboración de hemoderivados quedarán facultadas para celebrar convenios de provisión de plasma o sus componentes, con Bancos de Sangre públicos y privados, y para el trueque por fracciones de su producción. Tales Convenios deberán hacerse de conocimiento del PRONAHEBAS.

CAPITULO IX

DE LA SITUACIONES DE CATASTROFE Y EMERGENCIA NACIONAL

Artículo 40.- La RNCHBS deberá mantener una reserva permanente y renovable de sangre y plasma congelado para que, en coordinación con el Instituto Nacional de Defensa Civil, pueda atender una demanda inusitada en situaciones de catástrofe o emergencia nacional.

Artículo 41.- En caso de catástrofe y/o emergencia nacional, la obtención y transfusión de sangre podrá hacerse en lugares distintos de los autorizados oficialmente, siempre y cuando sean supervisados por la autoridad sanitaria del lugar o por médico cirujano con apoyo de otros profesionales de la salud calificado.

Esta calificación deberá cumplir las normas que sobre idoneidad profesional y sanitaria se establezcan al respecto.

Artículo 42.- La adquisición, el mantenimiento y la, distribución de los insumos necesarios (bolsas recolectoras equipos de transfusión sanguínea y suero hemoclasificador) para el funcionamiento de los Bancos de Sangre en épocas de castástrofe y emergencia nacional, corresponde ejecutarse a través del PRONAHEBAS, en coordinación con el Instituto Nacional de Defensa Civil.

Artículo 43.- La Dirección Nacional de la RNCHBS será la responsable de establecer un cronograma de actividades permanentes de capacitación y entrenamiento del personal que directa o indirectamente interviene en el proceso de extracción, clasificación y transfusión de sangre y/o sus componentes.

CAPITULO X

DE LA ELIMINACION DE LA SANGRE Y DEL MATERIAL CONTAMINADO

Artículo 44.- La sangre y el material de trabajo utilizado, deberá ser descartado en lo posible bajo sistema de incineración. Previamente se levantará un acta donde se especificará lo que se descarta, el código del donante y el motivo de su eliminación. En los sitios donde no existiera equipos de incineración, su eliminación deberá ser por el método que señale el Manual de Bioseguridad. Durante el procedimiento de eliminación participará un miembro del Comité de SIDA del establecimiento.

El Jefe del Banco de Sangre será responsable del cumplimiento de esta disposición.

CAPITULO XI

DE LAS AUTORIZACIONES SANITARIAS

Artículo 45.- Las autorizaciones sanitarias de funcionamiento de Bancos de Sangre y Plantas de Hemoderivados serán otorgadas mediante Resolución de la Dirección General de Salud de las Personas del Ministerio de Salud previa la opinión favorable del PRONAHEBAS. En caso de denegatoria la instancia que resolverá el recurso impugnativo de apelación será el Viceministro de Salud.

CONCORDANCIAS: R.M. Nº 540-99-SA-DM

Artículo 46.- Las autorizaciones sanitarias tendrán vigencia de cuatro (4) años pudiendo ser renovadas por períodos iguales a solicitud del Director del establecimiento, previo cumplimiento de los trámites pertinentes por ante la Dirección General de Salud de las Personas. La solicitud de renovación de la autorización sanitaria de funcionamiento, deberá ser presentada antes de los 30 días calendario de la fecha de vencimiento. Concluido el plazo para solicitar la renovación, la autorización quedará cancelada automáticamente.

Artículo 47.- Los requisitos para la obtención de las autorizaciones sanitarias de funcionamiento serán elaborados por el PRONAHEBAS y aprobados mediante Resolución Ministerial de Salud.

Los Bancos de Sangre y Plantas de Hemoderivados existentes o en proceso de constitución tendrán un plazo de seis (6) meses para adecuarse a los requisitos que se establezcan para los fines de solicitar la autorización sanitaria de funcionamiento.

CAPITULO XII

DE LAS SANCIONES

Artículo 48.- Los Centros de Hemoterapia, Bancos de Sangre y Plantas de Hemoderivados, sean públicos o privados, están obligados a cumplir las disposiciones y

requisitos señalados en la Ley, en el presente Reglamento y en las normas complementarias que se dicten.

Artículo 49.- La transfusión de sangre total, o de alguna de sus fracciones contaminadas con algún agente transmisible infeccioso no detectado previamente, será declarado negligencia profesional, pasible de suspensión de las labores médicas y puesto de conocimiento del Colegio Profesional respectivo, sin perjuicio de la responsabilidad civil y penal a que hubiere lugar.

Artículo 50.- Los Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre privados que comercialicen la sangre humana, y/o componentes, se harán acreedores a una multa de 15 Unidades Impositivas Tributarias. En caso de reincidencia se duplicará el monto de la multa y se procederá a su clausura.

Tratándose de Centros de Hemoterapia y Bancos de Sangre públicos, el personal involucrado será destituido previo proceso administrativo, sin perjuicio de las acciones judiciales a que hubiere lugar.

Artículo 51.- Los establecimientos privados que incumplan las normas contenidas en la Ley, en el presente Reglamento y en las disposiciones complementarias serán sancionados con multa de 2 a 20 Unidades Impositivas Tributarias. En caso de reincidencia se duplicará el monto de la multa.

Tratándose de establecimientos públicos, establecida la responsabilidad individual de los servidores, estos serán sancionados de conformidad con el Decreto Legislativo N° 276 y su Reglamento.

Artículo 52.- Las multas serán impuestas mediante Resolución de la Dirección General de Salud de las Personas. La instancia que resolverá el recurso impugnativo de apelación será el Viceministro de Salud.

ANEXO 7:
TIPOS DE GEOMETRIA PARA REOMETROS
ROTACIONALES.

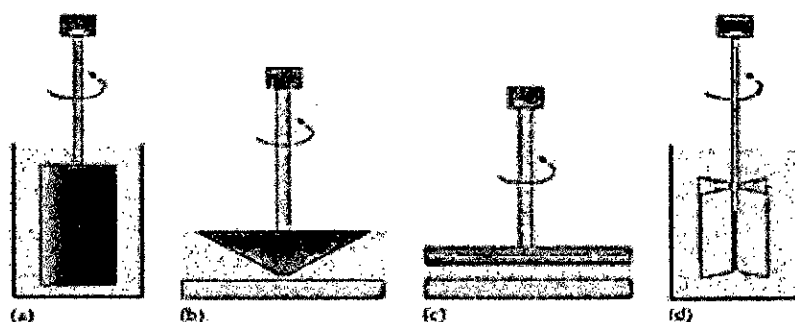


FIGURE 8.14 Different types of measurement cell commonly used with dynamic shear rheometers and viscoelasticity.

generated in the sample. For convenience, we will discuss only constant stress instruments in the following text although both types of instrument are commonly used in the food industry. In addition, with many of the modern instruments, it is possible to make a constant stress instrument operate like a constant strain instrument and vice versa.

A number of different types of measurement cell can be used to contain the sample during an experiment (Bourne 2002, Rao 2013):

1. **Concentric cylinder:** The sample is placed in the narrow gap between two concentric cylinders (Figure 8.14). Normally, the inner cylinder (the bob) is driven at a constant torque (angular force) and the resultant strain (angular deflection) or rate of strain (speed at which the cylinder rotates) is measured, depending on whether one is analyzing a predominantly solid or liquid sample. For a solid, the angular deflection of the inner cylinder from its rest position is an indication of its elasticity: the larger the deflection, the smaller the shear modulus. For a liquid, the speed at which the inner cylinder rotates is governed by the viscosity of the fluid between the plates: the faster it spins at a given torque, the lower the viscosity of the liquid being analyzed. The torque can be varied in a controlled manner so that the (apparent) elastic modulus or viscosity can be measured as a function of shear stress. This instrument can be used for measuring the viscosity of Newtonian liquids, the apparent viscosity of non-Newtonian liquids, the viscoelasticity of semisolids, and the plasticity and elasticity of solids. In some instruments, the outer cylinder rotates, and the inner cylinder remains fixed, but the principles of the measurements are the same.
2. **Parallel plate:** In this type of measurement cell, the sample is placed between two parallel plates (Figure 8.14). The lower plate is stationary, while the upper one can rotate. A constant torque is applied to the upper plate, and the resultant strain or rate of strain is measured, depending on whether one is analyzing a predominantly solid or liquid sample. The main challenge with this type of experimental arrangement is that the shear strain varies across the sample: the shear strain in the middle of the sample being less than that at the edges. The parallel-plate arrangement is therefore suitable for analyzing only samples that have rheological properties that are independent of shear rate, and it is therefore usually unsuitable for analyzing nonideal liquids or solids.
3. **Cone and plate:** This is essentially the same design as the parallel-plate measurement cell, except that the upper plate is replaced by a cone (Figure 8.14). The cone has a slight angle that is designed to ensure that a more uniform shear stress acts across the sample. The cone-and-plate arrangement can therefore be used to analyze nonideal materials.
4. **Vane:** A vane consists of a multibladed bob that is placed in a sample and then rotated around its axis (Figure 8.14). This method is finding increasing utilization for characterizing semisolid

food emulsions because it overcomes many of the problems associated with conventional measurement geometries, such as disruption of sample structure during insertion into the device and wall slip.

5. *Serrated edges:* The effects of wall slip may also be overcome by using measurement cells that have serrated edges (rather than being smooth).

Often, the rheological properties of samples are measured either as a function of storage time at a fixed temperature or as the temperature is varied in a controlled manner.