



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA:

"ESTUDIO REOLÓGICO DEL YOGURTH, BEBIDA PROBIÓTICA, NÉCTAR Y MERMELADAS OBTENIDAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN PERTENECIENTE A LA CARRERA DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"

Propuesta Tecnológica Presentada Previa A La Obtención Del Título De Ingeniería Electromecánica.

Autores:

Chiluisa Socasi Wilmer Mauricio

Pusdá Mejía Diego Xavier

Tutor:

Héctor Luis Laurencio Alfonso; PhD.

Latacunga – Ecuador

Agosto – 2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **CHILUISA SOCASI WILMER MAURICIO** con número de cédula N°. 172194955-8, **PUSDÁ MEJÍA DIEGO XAVIER** con número de cédula N°. 100454286-4, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: “**ESTUDIO REOLÓGICO DEL YOGURTH, BEBIDA PROBIÓTICA, NÉCTAR Y MERMELADAS OBTENIDAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN PERTENECIENTE A LA CARRERA DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, siendo el PhD, Héctor Luis Laurencio Alfonso; tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de nuestra exclusiva responsabilidad.

CHILUISA SOCASI WILMER MAURICIO

CI: 172194955-8

PUSDÁ MEJÍA DIEGO XAVIER

CI:1004542864



AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la presente propuesta tecnológica sobre el título: **“ESTUDIO REOLÓGICO DEL YOGURTH, BEBIDA PROBIÓTICA, NÉCTAR Y MERMELADAS OBTENIDAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN PERTENECIENTE A LA CARRERA DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** de **CHILUISA SOCASI WILMER MAURICIO** con número de cédula N°. 172194955-8, **PUSDÁ MEJÍA DIEGO XAVIER** con número de cédula N°. 100454286-4, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2023

PHD, HÉCTOR LUIS LAURENCIO ALFONSO;

C.I. 1758367252

TUTOR DEL PROYECTO



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA; por cuanto, los postulantes: **CHILUISA SOCASI WILMER MAURICIO** con número de cédula N°. 172194955-8, **PUSDÁ MEJÍA DIEGO XAVIER** con número de cédula N°. 100454286-4, con el título de Proyecto de Investigación: **“ESTUDIO REOLÓGICO DEL YOGURTH, BEBIDA PROBIÓTICA, NÉCTAR Y MERMELADAS OBTENIDAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN PERTENECIENTE A LA CARRERA DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Latacunga, agosto 2023

Para constancia firman:

Lector 1

Ing. Msc. Luis Miguel Navarrete López
C.I. 180374728-4

Lector 2

Ing. Msc. Segundo Ángel Cevallos Betún
C.I. 050178243-7

Lector 3

Ing. Msc. Cristian Fabian Gallardo Molina
C.I. 050284769-2

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitirme estar en este mundo terrenal y por haberme permitido dar un paso más en mi formación académica,

También quiero agradecer a cada uno de los Ingenieros que estuvieron a lo largo de nuestra formación académica quienes siempre aparte de brindarnos sus conocimientos nos inculcaron valores como el respeto y la responsabilidad.

Agradecer también a cada una de las personas y compañeros con quienes compartí a lo largo de todos estos años de Universidad.

Finalmente, agradezco al tutor Dr. Héctor Laurencio quien nos ayudó y guio con sus conocimientos para cumplir con el proyecto y también agradecer al Ing. Alberto Tinajero quien siempre estuvo presto a colaborarnos en el laboratorio de Agroindustrias en Salache.

Wilmer Mauricio

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente proyecto a mi madre Rosa Socasi, quien siempre con su esfuerzo y cariño estuvo presta para apoyarme a cumplir una meta más en mi vida, nunca permitió que me rindiera y es por eso por lo que he conseguido lograr un objetivo más en mi vida.

A mi Padre Luis Chiluisa quien siempre creyó en mí y siempre se esforzó por ayudarme en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos, Héctor quien siempre estuvo presto a enseñarme y compartir sus conocimientos, experiencias. Verónica quien aparte de ser una hermana para mí ha sido como una segunda madre y me ha apoyado y creído en mí siempre. Carmen quien siempre con su esfuerzo y valentía me ha demostrado que nunca hay que rendirse y Sandra quien siempre ha estado presta para un consejo.

Finalmente. cómo no dedicarle a cada uno de mis sobrinos quienes siempre han sido mi fuente de inspiración y uno de mis motivos a siempre quererme superar más

Wilmer Mauricio

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de titulación refleja el arduo trabajo y esfuerzo de 5 años de intenso estudio y dedicación, por ello quiero agradecer a quienes fueron mis docentes a lo largo de mi etapa académica y compartieron sus conocimientos para formarme como profesional.

También quiero agradecer a quienes fueron mis compañeros y amigos en estos años de estudio que mutuamente nos hemos brindado apoyo para no de caer y seguir adelante.

Finalmente quiero Agradecer al Ing. Héctor Laurencio quien fue el principal colaborador para poder sacar adelante este proyecto, quien con sus directrices, conocimiento, enseñanza, colaboración y paciencia permitió el desarrollo de este trabajo.

Diego Xavier

DICATORIA

Esta tesis va dedicada a:

Mi abuela Inés, mi segunda madre quien desde el cielo sé que me cuida y me guía en el camino de la vida y quien me enseñó a jamás rendirme, espero que esté orgullosa de mí por finalizar una meta más en mi vida.

También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres y hermanos quienes con su apoyo me han alentado a conseguir mis sueños, sin su apoyo no habría logrado este gran logro, quiero agradecer a el amor de mi vida, Estefany Carrera quien me dejo ser parte de su vida, me ayudo, brindado su apoyo y me alentó para que no decaer en los momentos más difíciles a lo largo de la carrera, y a su familia, su madre, Hermana, y tíos quienes me brindaron su apoyo.

Diego Xavier

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DICATORIA	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxi
ÍNDICE DE ANEXOS	xxii
RESUMEN	xxiii
ABSTRACT	xxiv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xxv
INFORMACIÓN GENERAL	1
1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 EL PROBLEMA	4
1.1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.1.2 Formulación del problema	5

1.2	BENEFICIARIOS	5
1.2.1	Beneficiarios directos	5
1.2.2	Beneficiarios Indirectos	5
1.3	JUSTIFICACIÓN	6
1.4	HIPÓTESIS	7
1.5	OBJETIVOS	7
1.5.1	General	7
1.5.2	Específicos	7
1.6	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	8
2	FUNDAMENTACIÓN TEORICA.....	9
2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	9
2.1.1	Trabajos precedentes de análisis reológicos.	10
2.2	MARCO REFERENCIAL.	11
2.3	HISTORIA DEL ANÁLISIS REOLÓGICO	11
2.3.1	Estudio reológico	13
2.3.2	Estudio reológico de líquidos no newtonianos	14
2.3.3	Uso de la reología en diseño de máquinas.....	15
2.4	TIPOS DE FLUIDO	15
2.4.1	Clasificación de las viscosidades existentes.	17
2.4.2	Curvas obtenidas en el análisis reológico de líquidos no newtonianos	18

2.4.3	Temperatura de fluidos	20
2.4.4	Características de los fluidos reológicos.....	22
2.5	Viscosímetros	30
2.5.1	Tipos de viscosímetros.....	30
2.6	PROCESO DE OBTENCION DE FLUIDOS EN PLANTA DE PROCESAMIENTO DE AGROINDUSTRIA DE SALACHE.	31
2.6.1	Obtención del yogurt.	31
2.6.2	Obtención de la Mermelada.	34
2.6.3	Obtención del Néctar.	36
2.6.4	Obtención de la bebida probiótica.	38
3	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.	40
3.1	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	40
3.2	MUESTRAS CON TEMPERATURA Y VISCOSIDAD sin título de calculo que no diga calculo.....	40
3.2.1	Toma de muestras y medición de viscosidad de los fluidos	41
3.3	METODOLOGÍA.....	43
3.3.1	Descripción del equipo de medición.....	44
3.3.2	Formulas reológicas	47
3.3.3	Fórmulas de viscosidad de fluidos y velocidad de cizallamiento	51
3.3.4	Fórmulas de Esfuerzo de corte.....	53
3.3.5	Procedimiento para pérdida de cargas	54
3.3.6	Ecuaciones para la optimización para diámetro de tuberías	56

3.4	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	58
3.4.1	Descripción de comportamiento reológico del yogurt.....	58
3.4.2	Descripción de comportamiento reológico del néctar	68
3.4.3	Descripción de comportamiento reológico de la mermelada.....	78
3.4.4	Descripción de comportamiento reológico de la bebida probiótica.....	89
3.4.5	Descripción de análisis técnico económico de tubería	99
3.5	EVALUACIÓN TÉCNICO, ECONÓMICA:	106
3.5.1	Evaluación técnica:	106
3.5.2	Evaluación económica:	107
4	CONCLUSIONES DEL PROYECTO.....	107
4.1	CONCLUSIONES.....	107
4.2	RECOMENDACIONES:	108
4.3	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	108
5	BIBLIOGRAFÍA	109
6	ANEXOS	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y sistemas	8
Tabla 2: Precedentes reológicos [13].	10
Tabla 3: Reseña de los líquidos no newtonianos	12
Tabla 4: Líquidos no newtonianos y la reología	14
Tabla 5: Efectos de la temperatura en la viscosidad.....	21
Tabla 6: Proceso del yogurt.....	32
Tabla 7: Proceso de la mermelada.....	34
Tabla 8: Proceso de obtención del néctar	36
Tabla 9: Proceso de la bebida Probiótica	38
Tabla 10: Cuadro de variables dependientes e independientes con sus unidades e instrumentos	40
Tabla 11: Materiales para la metodología	43
Tabla 12: Tabla de descripciones técnicas del equipo NDJ-8S.....	44
Tabla 13: Viscosímetro NDJ8S	45
Tabla 14: Fluidos a analizar	48
Tabla 15: Resultados	53
Tabla 16: Parámetros reológicos del yogurt producido en la planta de Salache.....	59
Tabla 17: Parámetros reológicos del yogurt producido en la planta de Salache.....	63
Tabla 18: parámetros reológicos del yogurt producido en la planta de Salache.	66
Tabla 19: Parámetros reológicos del néctar producido en la planta de Salache.....	70
Tabla 20: Parámetros reológicos del néctar producido en la planta de Salache.....	73
Tabla 21: Parámetros reológicos del néctar producido en la planta de Salache.....	76
Tabla 22: Parámetros reológicos de la mermelada producido en la planta de Salache.....	80
Tabla 23: Parámetros reológicos de la mermelada producido en la planta de Salache.....	83

Tabla 24: Parámetros reológicos de la mermelada producido en la planta de Salache rotor3.	87
Tabla 25: Parámetros reológicos de la bebida probiótica producido en la planta de Salache del primer rotor	90
Tabla 26: Parámetros reológicos de la bebida probiótica producido en la planta de Salache.	94
Tabla 27: Parámetros reológicos de la bebida probiótica producido en la planta de Salache.	97
Tabla 28: Datos para análisis técnico económico del Yogurt 22 °C.	99
Tabla 29: Costos totales de análisis técnico económico.	100
Tabla 30: Datos para análisis técnico económico del Néctar a 22 °C.	101
Tabla 31: Costos totales de análisis técnico económico.	102
Tabla 32: Datos para análisis técnico económico de la bebida probiótica a 22 °C.	103
Tabla 33: Costos totales de análisis técnico económico.	104
Tabla 34: Datos para análisis técnico económico de la Mermelada a 22 °C.	105
Tabla 35: Costos totales de análisis técnico económico.	106
Tabla 36: Análisis de costo	107
Tabla 37: Mediciones del viscosímetro del Yogurt con 5°C.	123
Tabla 38: Mediciones del viscosímetro del Yogurt con 22°C.	123
Tabla 39: Mediciones del viscosímetro del Yogurt con 44°C.	124
Tabla 40: Mediciones del viscosímetro de la mermelada con temperatura 5 °C.	125
Tabla 41: Mediciones del viscosímetro de la mermelada con temperatura 10 °C.	126
Tabla 42: Mediciones del viscosímetro de la mermelada con temperatura 21°C	126
Tabla 43: Viscosidad de la bebida probiótica con temperatura 6 °C	127
Tabla 44: Viscosidad de la bebida probiótica con temperatura 22°C	128
Tabla 45: Viscosidad de la bebida probiótica con temperatura 44°C	128
Tabla 46: Viscosidad del néctar con temperatura 5°C.	129
Tabla 47: Viscosidad del néctar con temperatura 20°C.	130
Tabla 48: Viscosidad del néctar con temperatura 40°C.	130

Tabla 49: Datos para análisis técnico económico del Yogurt 5 °C.....	131
Tabla 50: Costos totales de análisis técnico económico.....	131
Tabla 51: Datos para análisis técnico económico del Yogurt 44 °C.....	132
Tabla 52: Costos totales de análisis técnico económico.....	132
Tabla 53: Datos para análisis técnico económico del Néctar 6 °C.	133
Tabla 54: Costos totales de análisis técnico económico.....	133
Tabla 55: Datos para análisis técnico económico del Néctar 6 °C.	134
Tabla 56: Costos totales de análisis técnico económico.....	134
Tabla 57: Datos para análisis técnico económico de la bebida probiótica a 44 °C.....	135
Tabla 58: Costos totales de análisis técnico económico.....	135
Tabla 59: Datos para análisis técnico económico de la mermelada 5 °C.	136
Tabla 60: Costos totales de análisis técnico económico.....	136
Tabla 61: Datos para análisis técnico económico de la mermelada 10 °C.	137
Tabla 62: Costos totales de análisis técnico económico.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Matriz causa y efecto basado en el Diagrama de Ishikawa	5
Figura 2: Esquema de fluidos no newtonianos.....	16
Figura 3: Esquema de viscosidad dependiente a la temperatura [17]	18
Figura 4: Curvas de viscosidad frente a la tasa de cizallamiento [18]	18
Figura 5: Curva de esfuerzo frente a la tasa de cizallamiento [19]	19
Figura 6: Curva histéresis de un fluido no newtoniano [20]	19
Figura 7: Curva de flujo en función del tiempo [21].....	20
Figura 8: Esquema de comportamiento del esfuerzo de corte en fluido newtoniano.	25
Figura 9: Transiciones de fase de los fluidos [24]	27
Figura 10: Comportamiento de la estabilidad térmica de compuestos [25].....	28
Figura 11: Muestras de Yogurt.....	41
Figura 12: Medición de la temperatura	41
Figura 13: Programar el viscosímetro	42
Figura 14: Datos obtenidos de los viscosímetros del rotor 2	42
Figura 15: Toma de Datos	42
Figura 16: Modelo reológico utilizado para el yogurt, mermelada y bebida probiótica [31] .	48
Figura 17: Gráfica del Modelo de Bingham [31].....	49
Figura 18: Gráfica de Ecuación de la Ley de Newton de viscosidad de un fluido [31].....	49
Figura 19: Gráfica del modelo de Herschel [31].....	50
Figura 20: Giro de cilindro de un Viscosímetro de Couette.	51
Figura 21: Comportamiento esquemático: [30]	52
Figura 22: Rotor N1 del yogurt	58
Figura 23: Índice de flujo del yogurt en (rotor n1)	59
Figura 24: Dependencia de viscosidad o consistencia del yogurt (rotor n1)	60

Figura 25: Grafica de esfuerzo cortante en relación con la gradiente (rotor n1)	61
Figura 26: Relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt (rotor n2)	62
Figura 27: Relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt (rotor n2)	63
Figura 28: Relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt (rotor n2)	64
Figura 29: Grafica de esfuerzo cortante en relación con la gradiente (rotor n1).	64
Figura 30: Relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt (rotor n3)	65
Figura 31: Índice de flujo del yogurt (rotor n3)	66
Figura 32: Dependencia de viscosidad o consistencia del yogur en función de su Temperatura 5°C, 22°C, 44 °C (rotor n3).....	67
Figura 33: Grafica de esfuerzo cortante en relación con la gradiente. (rotor n3)	68
Figura 34: Grafica con relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente de viscosidad del néctar para temperaturas a $T (^{\circ}C) = 5, 20, 44$. (rotor n1)	69
Figura 35: Índice de flujo del néctar en función a su temperatura 5°C, 20°C, 44 °C. (rotor n1)	70
Figura 36: Dependencia de viscosidad o consistencia del néctar en función de su Temperatura 5°C, 20°C, 40 °C. (rotor n1)	71
Figura 37: Reograma de las viscosidades del néctar, para temperaturas de 5°C, 20°C, 40°C.	71
Figura 38: Grafica relación viscosidad aparente y gradiente del néctar	72
Figura 39: Índice de flujo del néctar en función a su temperatura 5°C, 20°C, 40 °C. (rotor n2)	73
Figura 40: Dependencia de viscosidad o consistencia del néctar en función de su Temperatura 5°C, 20°C, 44 °C. (rotor n2)	74
Figura 41: Reograma de las viscosidades del néctar, T de 5°C, 20°C, 44°C. (rotor n2)	75

Figura 42: promedio de la viscosidad aparente y gradiente de viscosidad del a 44 °C	75
Figura 43: Índice de flujo del néctar en función a su temperatura 5°C, 20°C, 44°C. (rotor n3)	77
Figura 44: Dependencia de viscosidad o consistencia del néctar en función de su Temperatura 5°C, 20°C, 40 °C. (rotor n3)	77
Figura 45: Reograma de las viscosidades del néctar, T de 5°C, 20°C, 44°C. (rotor n3)	78
Figura 46: Relación del promedio de la viscosidad aparente a T (°C) = 5, 10, 21.	79
Figura 47: Grafica de relación de viscosidad plástica y temperatura.....	80
Figura 48: Grafica de esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura.	81
Figura 49: Grafica de esfuerzo de corte en relación con el gradiente de velocidad.....	81
Figura 50: Relación del promedio de la viscosidad aparente y el gradiente de la mermelada	82
Figura 51: Grafica de relación de viscosidad plástica y temperatura.....	84
Figura 52: Grafica de esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura.	84
Figura 53: Grafica de esfuerzo de corte en relación con el gradiente de velocidad.....	85
Figura 54: Relación del promedio de la viscosidad aparente y el gradiente	86
Figura 55: Grafica de relación de viscosidad plástica y temperatura.....	87
Figura 56: Grafica de esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura.	88
Figura 57: Grafica de esfuerzo de corte en relación con el gradiente de velocidad.....	88
Figura 58: Grafica con relación del promedio de la viscosidad del fluido probiótico.....	90
Figura 59: Grafica en relación de índice de flujo en función de su Temperatura, 22°, 44 °C.	91
Figura 60: Índice de consistencia en función a su temperatura, 22 °C, 44 °C.....	91
Figura 61: Reograma en función de esfuerzo corte en relación con el gradiente de velocidad	92
Figura 62: Relación del promedio de viscosidad aparente y gradiente del fluido probiótico .	93
Figura 63: Grafica en relación de índice de flujo en función de su Temperatura, 22°, 44 °C.	94
Figura 64: Índice de consistencia en función a su temperatura, 22 °C, 44 °C.....	95

Figura 65: Reograma en función de esfuerzo y el gradiente de velocidad en probióticos.....	95
Figura 66: Reograma del fluido probiótico del tercer rotor	96
Figura 67: Grafica en relación de índice de flujo en función de su Temperatura, 22°, 44 °C.	97
Figura 68: Índice de consistencia en función a su temperatura, 22 °C, 44 °C.....	98
Figura 69: Reograma en función de esfuerzo corte con relación al gradiente de velocidad..	98
Figura 70: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	100
Figura 71: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	102
Figura 72: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	104
Figura 73: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	106
Figura 74: Muestra de Yogurt con temperatura de 20°C.	124
Figura 75: Muestra de Yogurt con temperatura de 44°C.	124
Figura 76: Muestra de mermelada.....	125
Figura 77: Muestra de mermelada del Rotor 1	125
Figura 78: Muestra de mermelada del Rotor 1.....	126
Figura 79: Medición térmica y viscosidad	126
Figura 80: Muestra de bebidas probióticas	127
Figura 81: Viscosidad de la bebida probiótica con temperatura 6 °C.....	127
Figura 82: Viscosidad de la bebida probiótica	128
Figura 83: Viscosidad del néctar con temperatura 20°C.....	129
Figura 84: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	131
Figura 85: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	132
Figura 86: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	133
Figura 87: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	134
Figura 88: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	135
Figura 89: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	136
Figura 90: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.....	137

Figura 91: Precio en Amazon..... 141

Figura 92: Precio de importación y Impuestos por Laarbox..... 141

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ley de potencia (Ostwald-de Waele) (3-1)	48
Formula del Modelo de Bingham (3-2).....	49
Ecuación de la Ley de Newton de viscosidad de un fluido (3-3).....	50
Modelo de Herschel–Bulkley (3-4)	50
La velocidad de cizallamiento (3-5)	51
Formula del viscosímetro (3-6)	51
Formula del viscosímetro con velocidad (3-7).....	51
Viscosidad aparente (3-8).....	52
Corte de fluidos (3-9)	53
Esfuerzo de corte (3-10)	53
Viscosidad plástica (3-11)	54
Formula de la velocidad angular (3-12)	54
Fórmulas para costo de tuberías y costo de bombeo(3-13)	54
Gradiente de velocidad (3-14)	54
Reynolds (3-15).....	55
Landa (factor de fricción) (3-16).....	55
Resistencia (3-17).....	56
Cabeza de carga (3-18).....	56
Costo de bombeo (3-19)	56
Costo total (3-20).....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Manual del Funcionamiento	114
Anexo 2: Velocidad de revolución.....	121
Anexo 3: Métodos y técnicas del diseño experimental.....	122
Anexo 4 Toma de muestra y medición de viscosidad del Yogurt 5 °C, 20, °C 44 °C.....	123
Anexo 5 Toma de muestras y medición de viscosidad de la mermelada.....	125
Anexo 6 Toma de muestras y medición de viscosidad de la Bebida probiótica	127
Anexo 7 Toma de muestras y medición de viscosidad del Néctar.....	129
Anexo 8 Yogurt datos a 5°C.....	131
Anexo 9: Yogurt datos a 44 °C.....	132
Anexo 10: Néctar datos a 44 °C.	133
Anexo 11 Néctar datos a 44 °C.....	134
Anexo 12 Bebida probiótica datos a 44 °C.....	135
Anexo 13: Mermelada datos a 5 °C.....	136
Anexo 14: Mermelada datos a 10 °C.....	137
Anexo 15: Registro fotográfico.....	138
Anexo 16: Catálogo de tubería.....	139
Anexo 17: Catálogo de tubería.....	141

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA

TITULO “ESTUDIO REOLOGICO DEL YOGURTH, BEBIDA PROBIOTICA, NECTAR
Y MERMELADA OBTENIDAS EN LA PLANTA DE PRODUCCION PERTENECIENTES
A LA CARRERA DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE
COTOPAXI”

AUTORES: Chiluisa Socasi Wilmer Mauricio
Pusda Mejia Diego Xavier

RESUMEN

Al realizar un estudio reológico del yogurt, bebida probiótica, néctar y mermeladas obtenidas en la planta de producción perteneciente a la carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se consideró como problemática la escasa información acerca de la tecnificación de máquinas, tuberías y bombeo de estos fluidos, por lo que se identificó una pérdida de productividad, en esta planta de producción.

El proyecto de investigación en primera instancia se justifica teóricamente al plantear información teórica y bibliográfica de fuentes actualizadas y fidedignas como lo son artículos científicos y tesis de investigación similares que sirvieron de antecedentes. Mientras que la investigación de campo facilito tomar muestras de los fluidos y aplicar estudios a través del diseño experimental.

Como parte de la metodología que facilita el estudio reológico se utilizaron los siguientes modelos Modelo de ley de potencia (Ostwald-de Waele), Modelo de Bingham, La ecuación de la Ley de Newton de viscosidad de un fluido, Modelo de Herschel–Bulkley, así como el uso de fórmulas como el de viscosidad aparente. Estos modelos facilitaron graficar los fluidos y determinar los diámetros adecuados de las tuberías

Como herramienta usada se adquirió un viscosímetro NDJ8S y un medidos de temperatura por termocupla, además se utilizó un software matemático para analizar los datos. En la actualidad el uso de herramientas y equipos tecnológicos facilita la investigación, en la metodología se procedió a analizar mediante el viscosímetro cada uno de los productos newtonianos y no newtonianos, y se obtuvieron graficas que nos permitirán analizar como la viscosidad aparente, gradiente de velocidad, reo grama del fluido intervienen en los costos de la tubería y en sus diámetros.

Palabras Clave: Reología, Viscosidad, Análisis, fidedignas, ecuación, optimización.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER

TITLE "RHEOLOGICAL STUDY OF YOGURTH, PROBIOTIC DRINK, NECTAR AND JAM OBTAINED IN THE PRODUCTION PLANT BELONGING TO THE AGROINDUSTRY CAREER OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI"

AUTHORS: Chiluisa Socasi Wilmer Mauricio
Pusda Mejia Diego Xavier

ABTRACT

When carrying out a rheological study of the yogurt, probiotic drink, nectar and jams obtained in the production plant belonging to the Agroindustry career of the Technical University of Cotopaxi, the scarce information about the modernization of machines, pipes and pumping was considered as problematic. of these fluids, which is why a loss of productivity was identified in this production plant.

The research project in the first instance is theoretically justified by proposing theoretical and bibliographic information from updated and reliable sources such as scientific articles and similar research theses that served as background. While the field investigation facilitated taking samples of the fluids and applying studies through the experimental design.

As part of the methodology that facilitates the rheological study, the following models were used: Power Law Model (Ostwald-de Waele), Bingham Model, Newton's Law equation of fluid viscosity, Herschel-Bulkley Model, as well as the use of formulas such as apparent viscosity. These models made it easy to graph the fluids and determine proper pipe diameters.

As a tool used, an NDJ8S viscometer and a thermocouple temperature measurer were acquired, in addition a mathematical software was used to analyze the data. At present, the use of technological tools and equipment facilitates research, in the methodology we proceeded to analyze each of the Newtonian and non-Newtonian products using the viscometer, and graphs were obtained that will allow us to analyze such as the apparent viscosity, velocity gradient, rheogram of the fluid intervene in the costs of the pipe and in its diameters.

Keywords: Rheology, Viscosity, Analysis, reliable, equation, optimization

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“ESTUDIO REOLOGICO DEL YOGURTH, BEBIDA PROBIOTICA, NECTAR Y MERMELADA OBTENIDAS EN LA PLANTA DE PRODUCCION PERTENECIENTES A LA CARRERA DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI”** presentado por: **Chiluisa Socasi Wilmer Mauricio** y **Pusdá Mejía Diego Xavier** egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Agosto del 2023.

Atentamente,



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes



DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CC: 0502666514

INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“Estudio reológico del yogurt, bebida probiótica, néctar y mermeladas obtenidas en la planta de producción perteneciente a la carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi”

Fecha de inicio:

07 de marzo 2022.

Fecha de finalización:

Agosto 2022

Lugar de ejecución:

Región: Sierra

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Parroquia: Salache

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Sector comunitario y productivo (industrial) de la provincia de Cotopaxi.

Equipo de trabajo:

Chiluisa Socasi Wilmer Mauricio

Pusdá Mejía Diego Xavier

Tutor:

Héctor Luis Laurencio Alfonso; PhD.

Área de Conocimiento:**Área:**

Ingeniería, industria y construcción.

Sub-Área:

Ingeniería y profesiones afines.

Línea de investigación:

Procesos industriales

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sublímela 3

1 INTRODUCCIÓN

El propósito del presente proyecto es estudiar e identificar la reología del yogurt, bebida probiótica, néctar y mermelada, que se producen en la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache, planta de producción de Agroindustria, para aprovechar de mejor manera su producción.

Se considera que los alimentos líquidos exhiben un amplio comportamiento de diferentes propiedades reológicas en los sistemas de flujo y de bombeo. Algunos tienen bajas viscosidades y fluyen fácilmente, mientras otros son muy viscosos; sin embargo, para esta clase de alimentos, es posible caracterizar su comportamiento reológico usando unos pocos conceptos simples [1].

Se debe enfatizar que: “Las características reológicas de los materiales es uno de los criterios esenciales de la investigación, permiten el mejoramiento del producto frecuentemente estas determinan las propiedades funcionales del control de calidad los tratamientos y el comportamiento mecánico adecuado de una máquina” [2].

Este proyecto se lleva a cabo a través de un análisis metodológico aplicado por medio de ensayos que consisten en medir la viscosidad de cada líquido newtoniano o no newtoniano en la planta de producción de Agroindustria; estos líquidos o bebidas en la actualidad se realizan de manera un poco artesanal y no tienen estudios reológicos de estos productos para poder dimensionar las máquinas necesarias y requeridas para tecnificar estos procesos.

Un factor para considerar es que “A nivel mundial el transporte de líquidos y gases a través de conductos tubulares cerrados es muy común como consecuencia de los adelantos de la tecnología industria” [3]. El uso de la reología en la electromecánica va de la mano con la agroindustria, pues este estudio facilita estudiar la deformación, elasticidad y viscosidad de un fluido y al ser alimentos es necesario tener un estudio reológico para justificar su calidad en todo el proceso de producción como al realizar cálculos para bombeos, envasado, transporte de fluidos y almacenamiento.

El estudio de viscosidad de los productos antes mencionados, permitirán en un futuro tecnificar estos procesos implementando máquinas y herramientas de acuerdo con cada viscosidad y temperatura adecuada.

Este estudio usará instrumentos que faciliten la medición de las características físico-químicas por medio de instrumentos como el viscosímetro y la termocupla, estos datos técnicos facilitan en un futuro establecer los costos materiales y dimensiones de las tuberías.

1.1 EL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del problema

Al analizar el problema la investigación se centra en la planta de cesamiento de la Universidad Técnica de Cotopaxi. “La Universidad Técnica de Cotopaxi en el año de 1997 adquiere las haciendas Frutícola Salache Bajo y Santa Bárbara de Salache, lugares en el que actualmente funciona el Centro Experimental y Producción Salache (CEYPSA), el mismo que cuenta con una planta agroindustrial” [4]

Los estudiantes de esta área utilizan estas instalaciones para poner en práctica todos los procesos de enseñanza aprendizaje, sin embargo, estos procesos suelen presentar dificultades en el manejo de maquinarias lo que acarrea un problema costo beneficio, esto se debe a que en su mayoría se genera la producción de forma manual y empírica.

Po lo que la investigación se centrará en la planta de Agroindustrial de Salache, donde se analiza los productos como: el yogurt, mermelada, néctar, bebida probiótica etc. En especial se considera los procesos de producción y se evidencio no cuenta con una adecuada tubería que permita desplazar o transportar los fluidos a través de conductos cerrados. Además, no se tiene realizado un estudio reológico que facilite el dimensionamiento de tuberías, a esto se suma la ausencia de un estudio de cada uno de los fluidos.

“Existen muchos factores que influyen en el comportamiento reológico de los alimentos como son: la presión, la estructura del alimento, el gradiente de velocidad o velocidad de deformación, y el tiempo de tratamiento de la muestra. Pero la temperatura de tratamiento y la concentración de los fluidos son los más importantes” [5] y se desconoce estos datos. Por lo que no se logra una industrialización que pueda usar estándares nacionales e internacionales.

Otro factor se centra en que actualmente en la planta agroindustrial y sus laboratorios, es notoria la falta de conocimiento al momento de utilizar los equipos e instrumentos al tratar de tecnificar los procesos, dentro de la carrera de Ingeniería agroindustrial, no se cuenta con datos técnicos o manuales para el desarrollo de cada alimento de forma industrial y se aplican solo conceptos empíricos o manuales.

Todas estas problemáticas se pueden evidenciar en la siguiente matriz causa y efecto basado en el Diagrama de Ishikawa.

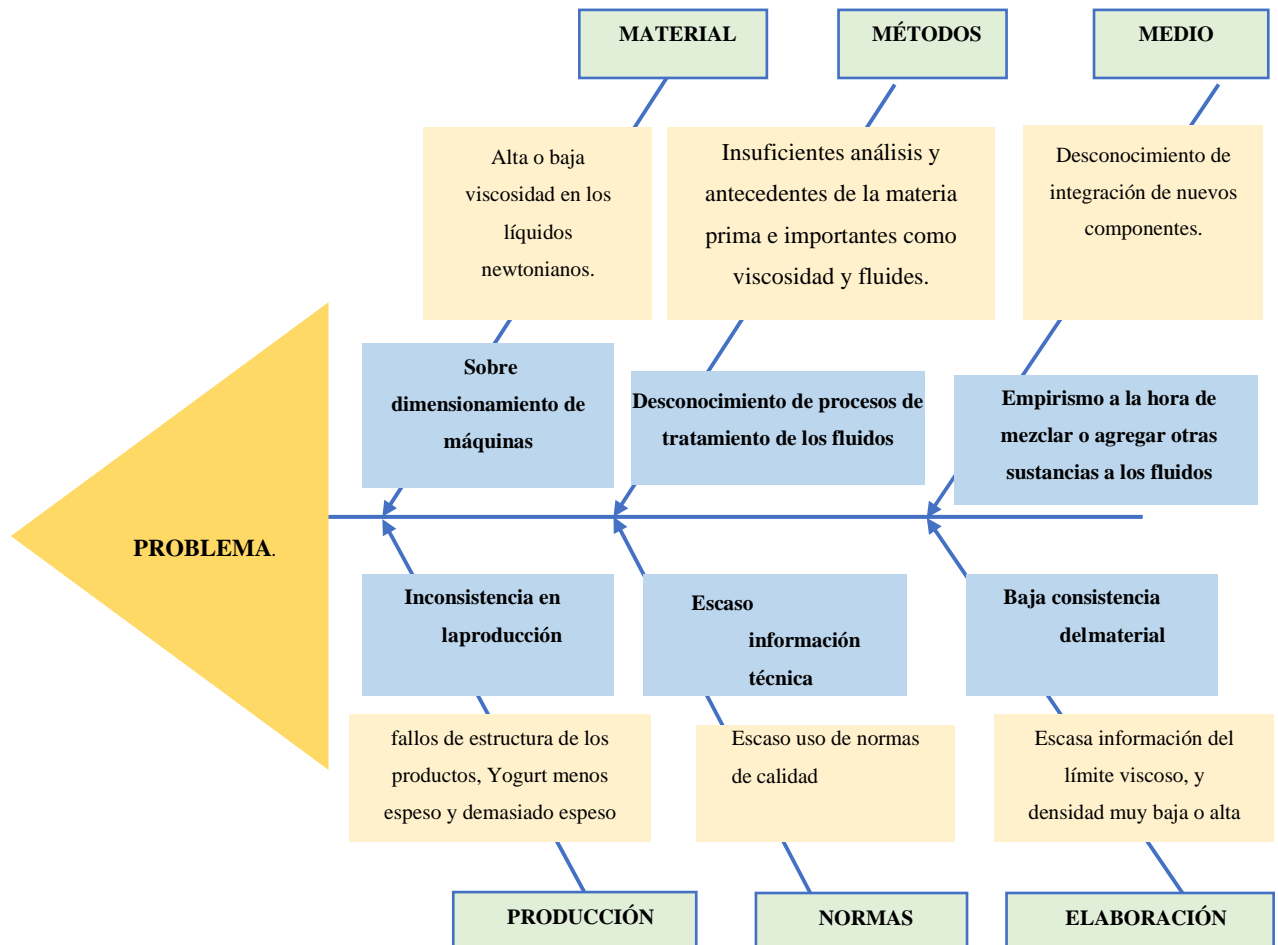


Figura 1: Matriz causa y efecto basado en el Diagrama de Ishikawa

1.1.2 Formulación del problema

Inadecuada proyección en dimensionamiento técnico económico de diámetros de tubería para los procesos de producción de Yogurt, mermelada, bebida probiótica y néctar producidos en la planta de agroindustria del Campus de Salache.

1.2 BENEFICIARIOS

1.2.1 Beneficiarios directos

Se beneficiará de manera directa, los estudiantes de la carrera de Agroindustrias en el campus Salache de la Universidad Técnica De Cotopaxi.

1.2.2 Beneficiarios Indirectos

Los productores, diseñadores de procesos agroindustriales del Yogurt, mermelada, bebida probiótica, de la planta de producción perteneciente a la Carrera de Agroindustria del Campus de Salache.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Uno de los parámetros a medir dentro de la industria alimentaria es la viscosidad, la cual además de ser una variable de gran influencia en las mediciones de flujo de fluidos, se usa como punto de referencia en la formulación de nuevos productos facilitando la reproducción de la consistencia final [6] y facilitando el dimensionamiento de nuevas máquinas para agilizar los procesos.

El presente proyecto tiene como finalidad la caracterización de las propiedades viscosas del yogurt, bebida probiótica, miel, mermeladas. con la finalidad de establecer las dimensiones de tuberías para transportar los fluidos de manera tecnificada, esto se puede lograr con un adecuado estudio de viscosidad obtenidos a partir del presente estudio reológico. Las medidas reológicas de un producto en la etapa de manufactura pueden servir como control de calidad.

En la actualidad al diseñar un mecanismo de accionamiento para una máquina se debe evaluar parámetros tanto de la misma y del producto que se va a trabajar para así poder aprovechar al máximo la eficiencia de la máquina. Este se enfoca en analizar la viscosidad de líquidos newtonianos, con ello poder realizar un diseño de accionamiento correcto, donde se pueda aprovechar el 100% de su rendimiento y producir el volumen necesario para satisfacer la demanda interna.

El presente trabajo presenta un valor teórico que debe de destacarse, pues, se encuentra plenamente relacionado con los cálculos necesarios para la dimensión de tuberías, tipos de fluido y su viscosidad, estas aplicaciones metodológicas dan un referente técnico para la transformación agroindustrial, esta investigación podrá abrir nuevos proyectos referentes a la carrera de electromecánica, ya que con estos cálculos se podrá en un futuro establecer un estudio de tecnificación de envasado, o de tecnificación de bombeo.

Utilidad metodológica del proyecto se dará al indicar los equipos utilizados al realizar el proceso de estudio reológico, además el proyecto va a contar con un aporte teóricos de funcionamiento al usar distintos modelos reológicos, y su uso de fórmulas en diferentes fluidos.

El proyecto será práctico y su ejecución es posible, pues los investigadores cuentan con el conocimiento técnico y cuentan con el presupuesto necesario para la adquisición de la maquinaria como lo son viscosímetros y la termocupla, así como distintas probetas, con lo expuesto anteriormente se puede llegar a la conclusión de que el proyecto es posible factible y necesario.

1.4 HIPÓTESIS

Mediante el estudio reológico de los diferentes fluidos obtenidos en la planta de procesamiento de Salache, y el análisis técnico económico, considerándose el costo de bombeo y el costo de las tuberías, se podrán obtener los diámetros óptimos de tuberías para cada fluido en específico.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 General

Realizar un estudio reológico de los fluidos en la planta de Salache tomando en cuenta variables como la temperatura y concentración de la viscosidad consiguiendo una optimización de diámetro de tuberías.

1.5.2 Específicos

- Investigar las diferentes temperaturas de producción de cada uno de los fluidos para realizar la reología de cada uno de ellos a diferentes temperaturas.
- Realizar la experimentación de dependencia entre esfuerzo cortante y gradiente de velocidad para cada tipo de fluidos a diferentes temperaturas y concentración para la obtención los modelos y parámetros reológicos de cada fluido.
- Proponer los diámetros óptimos de tubería, mediante la simulación de las pérdidas de presión en las tuberías.

1.6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 1: Actividades y sistemas

OBJETIVO ESPECÍFICO	ACTIVIDAD (TAREAS)	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Investigar las diferentes temperaturas de producción de cada uno de los líquidos.	Análisis de las temperaturas de producción de cada uno de los líquidos.	Identificar las diferentes temperaturas a las que se obtiene cada uno de los productos.	Revisión bibliográfica
	Obtención de los diferentes líquidos no newtonianos.	Análisis reológico a diferente temperatura de cada uno de los líquidos no newtonianos.	Obtención de datos reológicos de cada uno de los líquidos no newtonianos.
Realizar la experimentación de dependencia entre esfuerzo cortante y gradiente de velocidad para cada tipo de fluidos.	Obtención de Parámetros de producción de cada uno de los líquidos no newtonianos a estudiar.	Mediante análisis de fuentes bibliográficas determinar su proceso de producción.	Análisis de información basado en el proyecto de investigación
	Preparación de muestras para obtención de datos de viscosidad de los líquidos no newtonianos a analizar.	Caracterizaciones físicas mediante la variación de temperatura y la velocidad de giro de cada rotor.	Mediante la variación de datos obtenidos al variar la temperatura y velocidades de giro de los rotores 1#, 2#, 3#, 4#.
	Análisis físico de muestras de cada líquido.	Clasificación de datos obtenidos a diferente temperatura.	Tablas de Excel de datos obtenidos por el viscosímetro NDJ8S.
Obtener las curvas características de viscosidad de cada uno de los líquidos no newtonianos.	Estudio reológico.	Propiedades físicas y de corte de cada liquido no newtoniano que utilizamos para el análisis.	Análisis de procesos de producción en la planta de procesamiento de Agroindustria del campus de Salache.
	Aplicación de método reológico aplicativo. Optimización costo de bombeo costos de diámetro de tuberías los materiales y definir medidas de tuberías	Datos obtenidos por el reómetro NDJ8S.	Evaluación de datos donde se varió la temperatura y velocidad de giro de los rotores 1#, 2#, 3#, 4#. Catálogos de productos

2 FUNDAMENTACIÓN TEORICA.

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Se considera como antecedentes investigativos, proyectos que se orienten al análisis reológico de fluidos, donde se evidencie el uso de variables como la viscosidad y temperatura.

En torno a proyectos internacionales en Perú 202, Guerrero [7] establece el proyecto “diseño y construcción de máquina dosificadora de fluidos viscosos para microempresas del sector agroindustrial” el mismo que reducirá al mínimo los derrames, y su transporte para esto se usaron válvulas que facilitan el transporte. Esto permitió diseñar una maquina con bombeo que transporta, empaqueta y dosifica los fluidos [7].

En otra investigación con estudio reológico se consideró la investigación de Perú por Chevez en 2022 con el tema: “Evaluación fisicoquímica, sensorial y reológica de la mermelada de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) que a través de diferentes muestras con temperaturas de 40, 50 y 60 °C se pudo determinar la adecuada concentraciones de pulpa, azúcar y pectina; la evaluación reológica obtuvo un comportamiento pseudoplástico ($n < 1$) con un índice de consistencia (m) de 32,136 Pa-Sn ajustado al modelo de Ley de potencia. En esta investigación los modelos matemáticos fueron útiles para la descripción y predicción del comportamiento reológico de los alimentos” [8].

En el sector local se puede analizar los siguientes proyectos:

Llumigusin en 2023 realiza el proyecto de Investigación “Diseño y construcción de una máquina dispensadora de líquidos viscosos para la heladería Lulú donde se analizó la viscosidad de los líquidos utilizados en la elaboración de helados por medio de un viscosímetro digital Nahita serie 810 que es un instrumento de alta tecnología de microchip individual de 16 bits donde un sensor de torsión controla la resistencia viscosa detectando, procesando e indicando los valores obtenidos del líquido en la pantalla, luego se procedió a elaborar una maquina dosificadora, lo que incremento la producción, además la máquina dosificadora tiene 5,74% de desperdicio versus el 16% de forma manual” [9].

El segundo proyecto es de Atiencia en 2015 con un “Estudio de los sistemas de envasado de mermeladas de frutas en frascos de vidrio para incrementar la producción en la fábrica Carlita, cantón Guaranda, provincia de Bolívar” como problema se identificó la inexperiencia en el sistema de envasado pone en evidencia el retardo en la producción debido al inadecuado uso de

tuberías que ocasiona que el producto se quede estancado en varias ocasiones. por lo que las pruebas de viscosidad dieron una temperatura de funcionamiento óptimo de 30°C [10].

El tercer proyecto analiza fluidos alimenticios no newtonianos a cargo de Cayo [11] 2013 , con el tema de investigación “diseño y construcción de máquina dosificadora de fluidos viscosos para microempresas del sector agroindustrial” El objetivo de la investigación fue evaluar las pérdidas de producto debido a la fricción de las tuberías, la caracterización reológica fue de 8 pulgadas con una temperatura ambiente con un viscosímetro digital Brookfiel tomando para las muestras pulpas de guayaba y tamarindo por su alta viscosidad, lo que permitió identificar que la tubería de acero inoxidable de ½ pulgada es la adecuada [11].

2.1.1 Trabajos precedentes de análisis reológicos.

Antes del experimento de Thomas Parnell con la brea de alquitrán, hubo trabajos precedentes que sentaron las bases del análisis reológico de líquidos no newtonianos. A continuación, mencionaré algunos de los trabajos y científicos destacados en este campo.

Tabla 2: Precedentes reológicos [13].

INVESTIGADORES	APORTE
Isaac Newton	Aunque es conocido principalmente por sus leyes del movimiento, Newton también realizó algunos trabajos iniciales en reología. En su libro " Principios matemáticos de la filosofía natural" (1687), describió el comportamiento de los fluidos newtonianos, aquellos que siguen la ley de viscosidad de Newton.
Jean-Louis Marie Poiseuille	En la década de 1830, el médico y fisiólogo francés Poiseuille investigó el flujo de líquidos a través de tubos capilares y desarrolló una ley que lleva su nombre la Ley de Poiseuille. Esta ley describe el flujo laminar en tubos y es aplicable a líquidos newtonianos.
Eugene Bingham	En la década de 1920, antes del experimento de Parnell, Bingham, un ingeniero químico estadounidense, estudió las propiedades de flujo de los fluidos no newtonianos. Propuso el modelo conocido como "fluido de Bingham", que describe el comportamiento de los líquidos con un umbral de fluencia y una viscosidad plástica.
Oswald de Waele	En la década de 1920, el ingeniero belga De Waele estudió los fluidos pseudoplásticos, que son líquidos no newtonianos cuya viscosidad disminuye con el aumento de la velocidad de corte. Desarrolló la ecuación de Herschel-Bulkley, que describe este tipo de comportamiento reológico.

Los ejemplos anteriores son trabajos destacados que sentaron las bases del análisis reológico de líquidos no newtonianos. Desde entonces, se han realizado numerosas contribuciones en esta área por parte de científicos e ingenieros de todo el mundo.

El cuarto proyecto se realizó en 2021 por Choes con el tema: Diseño de un sistema de transporte para un fluido Herschel-Bulkley (mayonesa), el mismo que consistió en el diseño un sistema de transporte para un fluido para ello se aplicaron los principios, ecuaciones y modelos matemáticos, luego se ejecutó la búsqueda de información de los componentes, máquinas y accesorios necesarios para el diseño del sistema de transporte como son los resistentes a la corrosión y el sistema de transporte para un fluido no Newtoniano con las siguientes características: dimensiones de 7,5 m de largo por 23 m de ancho, 5 bomba Netzsch con caudal nominal máximo de 3,1 metros cúbicos por segundo, tubería AISI 304 acero inoxidable, distribuido en 5 líneas de tubería de 1 pulgada de diámetro nominal [12].

2.2 MARCO REFERENCIAL.

2.3 HISTORIA DEL ANÁLISIS REOLÓGICO

Es una rama de la física se define como la ciencia que estudia la deformación y el flujo de la materia condiciones controladas o específicas. Por lo común, los procedimientos o métodos para probar los materiales consisten en pruebas destructivas que producen deformaciones mayores y pruebas no destructivas que con lleva apocas deformaciones [14]

El primer análisis reológico de líquidos no newtonianos se llevó a cabo en la década de 1920. El físico británico Thomas Parnell realizó un famoso experimento en la Universidad de Queensland, Australia. En dicho experimento, Parnell utilizó un material llamado brea de alquitrán, que es un líquido altamente viscoso y no newtoniano [15].

El experimento consistió en llenar un embudo con brea de alquitrán y permitir que gotee lentamente. El objetivo era demostrar que, a pesar de su apariencia sólida, la brea en realidad fluía como un líquido viscoso a largo plazo. El experimento se realizó en 1927 y, desde entonces, la brea de alquitrán se ha convertido en uno de los ejemplos más conocidos de un líquido no newtoniano.

Los antecedentes investigativos de análisis reológicos de líquidos no newtonianos son numerosos y abarcan varias disciplinas científicas. A continuación, mencionaré algunos hitos importantes en la investigación de líquidos no newtonianos.

Tabla 3: Reseña de los líquidos no newtonianos

HITOS DE LOS LÍQUIDOS NO NEWTONIANOS	RESEÑA
1. Líquidos no newtonianos en la industria alimentaria	A principios del siglo XX, se llevaron a cabo investigaciones sobre el comportamiento reológico de líquidos utilizados en la industria alimentaria, como salsas, emulsiones y productos lácteos. Se estudiaron propiedades como la viscosidad, la tixotropía y la pseudoplasticidad para comprender mejor el flujo y la estabilidad de estos productos.
2. Elasticidad de los polímeros	En la década de 1920, Hermann Staudinger, un químico alemán, propuso la teoría de los polímeros, lo que llevó a una mayor comprensión de la viscoelasticidad de los líquidos no newtonianos. Los estudios sobre polímeros y su comportamiento reológico han sido fundamentales en la investigación de líquidos no newtonianos desde entonces.
3. Estudios sobre fluidos sanguíneos	En las décadas de 1950 y 1960, se realizaron investigaciones sobre el comportamiento reológico de la sangre y otros fluidos biológicos. Se descubrió que la sangre es un líquido no newtoniano, con propiedades viscoelásticas y pseudoplástica. Estos estudios fueron importantes para comprender la circulación sanguínea y desarrollar métodos de diagnóstico y tratamiento médico.
4. Investigación de geles y suspensiones coloidales	A lo largo del siglo XX, se realizaron investigaciones sobre la reología de geles y suspensiones coloidales, que son sistemas compuestos por partículas dispersas en un medio líquido. Estos estudios han proporcionado información crucial sobre la viscosidad, la estructura y el comportamiento de estos materiales complejos, con aplicaciones en campos como la química, la farmacia y la ingeniería de materiales.

Cabe destacar que los estudios sobre la reología de los líquidos no newtonianos continuaron en las décadas posteriores, y se han realizado numerosas investigaciones y avances en este campo. La investigación en esta área ha sido amplia y diversa, y ha involucrado a científicos y expertos de diferentes disciplinas con el objetivo de comprender y utilizar eficazmente las propiedades reológicas de estos líquidos en diversas aplicaciones tecnológicas e industriales.

2.3.1 Estudio reológico

Un estudio reológico se refiere a la investigación y análisis de las propiedades y el comportamiento de los materiales bajo deformación y flujo. La reología es la rama de la física que estudia la deformación y el flujo de la materia, especialmente en relación con su viscosidad, elasticidad y comportamiento ante fuerzas aplicadas. Los estudios reológicos se utilizan en una amplia gama de disciplinas científicas e industriales, como la química, la ingeniería de materiales, la medicina y la industria alimentaria.

“Si sometemos al mismo esfuerzo dos alimentos uno largo y uno corto, es de esperar que el primero cambie más que el segundo. La deformación dependerá tanto de la naturaleza del alimento como de sus medidas o dimensiones” [14, p. 20].

En un estudio reológico, se aplican fuerzas o tensiones a un material y se mide su respuesta, lo que puede incluir la deformación, el flujo, la viscosidad, la elasticidad, la plasticidad y otros parámetros relacionados. Los resultados de un estudio reológico pueden proporcionar información crucial sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, lo que permite comprender su comportamiento en diferentes condiciones y optimizar su uso en aplicaciones específicas.

Por ejemplo, en “la industria alimentaria, los estudios reológicos pueden ayudar a desarrollar productos con la textura y la consistencia deseadas, mientras que, en la industria farmacéutica, pueden evaluar la fluidez de los medicamentos y su capacidad para liberar los ingredientes activos de manera efectiva” [16].

En resumen, un estudio reológico es una investigación que analiza las propiedades y el comportamiento de los materiales bajo deformación y flujo, con el objetivo de comprender su respuesta ante fuerzas aplicadas y utilizar esta información para diversas aplicaciones científicas e industriales.

2.3.2 Estudio reológico de líquidos no newtonianos

Propósitos y aplicaciones prácticas.

Tabla 4: Líquidos no newtonianos y la reología

CARACTERÍSTICAS	LOS LÍQUIDOS NO NEWTONIANOS
1. Caracterización de las propiedades reológicas	Exhiben un comportamiento viscoso que varía con la velocidad de deformación o el esfuerzo aplicado. Un estudio reológico permite caracterizar y comprender estas propiedades reológicas, como la viscosidad aparente, la tasa de cizallamiento y el índice de flujo, lo que ayuda a describir cómo se comporta el líquido bajo diferentes condiciones.
2. Diseño y optimización de procesos industriales	Se encuentran en una variedad de industrias, como la alimentaria, farmacéutica, cosmética y de revestimientos, entre otras. Comprender las propiedades reológicas de estos líquidos es fundamental para el diseño y la optimización de los procesos de producción. Por ejemplo, en la industria alimentaria, los estudios reológicos ayudan a determinar las condiciones de procesamiento adecuadas para obtener la consistencia deseada de productos como salsas, aderezos, cremas o yogures.
3. Desarrollo de productos	Los estudios reológicos de líquidos no newtonianos son esenciales para el desarrollo de nuevos productos. Permiten evaluar la capacidad de flujo, la estabilidad y la textura de los líquidos, lo que es crucial para productos como el yogurt, mermelada, bebidas probióticas, néctar. Al comprender las propiedades reológicas, los fabricantes pueden ajustar las formulaciones y las condiciones de procesamiento para lograr las características deseadas en sus productos.
4. Control de calidad	Los estudios reológicos también se utilizan para el control de calidad de los líquidos no newtonianos. Las mediciones reológicas proporcionan información objetiva y cuantitativa sobre las propiedades del líquido, lo que permite detectar posibles desviaciones o inconsistencias en la calidad del producto. Esto ayuda a garantizar la consistencia y el rendimiento deseado en la producción a gran escala.

Los estudios reológicos de líquidos no newtonianos son fundamentales para comprender y caracterizar las propiedades reológicas de estos líquidos, lo que tiene aplicaciones en el diseño de procesos industriales, el desarrollo de productos, el control de calidad y la optimización de aplicaciones específicas en diversas industrias. Lo cual implica la obtención y representación de las curvas características que describen su comportamiento reológico. Estas curvas se generan mediante la aplicación de diferentes esfuerzos o tasas de cizallamiento al líquido y la medición de la respuesta correspondiente

2.3.3 Uso de la reología en diseño de máquinas.

La reología tiene varias aplicaciones en el diseño de máquinas y equipos. Aquí hay algunos ejemplos de cómo se utiliza la reología en el diseño de máquinas:

- **Diseño de bombas y sistemas de tuberías:** La reología se utiliza para comprender y predecir el comportamiento del flujo de fluidos a través de bombas y sistemas de tuberías. Al conocer las propiedades reológicas de los fluidos que se transportarán, como la viscosidad, la tixotropía o la dilatancia, se pueden dimensionar adecuadamente las bombas y diseñar sistemas de tuberías que sean eficientes y resistentes a las condiciones de flujo [12].
- **Diseño de sistemas de mezcla:** La reología es crucial en el diseño de sistemas de mezcla, especialmente cuando se trata de fluidos no Newtonianos. Comprender las propiedades reológicas de los fluidos ayuda a diseñar mezcladores y agitadores adecuados para lograr una mezcla homogénea y eficiente [7].
- **Diseño de extrusoras y moldeadoras:** En la industria de la transformación de plásticos y polímeros, la reología desempeña un papel vital en el diseño de extrusoras y moldeadoras. El comportamiento reológico de los materiales plásticos, como la viscosidad y la elasticidad, afecta la calidad del producto final y la eficiencia del proceso. Entender y controlar la reología del material es fundamental para optimizar los parámetros de procesamiento y lograr resultados deseados.
- **Diseño de sistemas de lubricación:** La reología también se utiliza en el diseño de sistemas de lubricación, como aceites y grasas lubricantes. Comprender la viscosidad y las propiedades de flujo del lubricante es esencial para garantizar una lubricación adecuada y reducir el desgaste y la fricción en los componentes de la máquina.

La comprensión de las propiedades reológicas de los fluidos es fundamental para optimizar el rendimiento de las máquinas y garantizar un funcionamiento eficiente y confiable.

2.4 TIPOS DE FLUIDO

Existen diferentes tipos de fluidos que se clasifican según su comportamiento y propiedades físicas. A continuación, se mencionan algunos de los tipos de fluidos más comunes:

1. **Fluidos Newtonianos:** Son aquellos que siguen la ley de viscosidad de Newton, es decir, su viscosidad es constante independientemente de la velocidad de deformación. El agua y muchos aceites son ejemplos de fluidos Newtonianos.

2. **Fluidos no Newtonianos:** Son aquellos que no siguen la ley de viscosidad de Newton y su viscosidad puede variar con la velocidad de deformación. Los fluidos no Newtonianos se pueden clasificar en diferentes categorías:

- **Fluidos pseudoplásticos:** Su viscosidad disminuye a medida que aumenta la velocidad de deformación. Un ejemplo común es la pintura.
- **Fluidos dilatantes:** Su viscosidad aumenta a medida que aumenta la velocidad de deformación. Una mezcla de agua y almidón de maíz es un ejemplo de fluido dilatantes.
- **Fluidos tixotrópicos:** Su viscosidad disminuye con el tiempo bajo un esfuerzo constante. Ejemplos de fluidos tixotrópicos son algunas pinturas y geles.
- **Fluidos respecticos:** Su viscosidad aumenta con el tiempo bajo un esfuerzo constante. Algunos fluidos de suspensiones coloidales exhiben comportamiento reopéctico.
- **Fluidos viscoelásticos:** Presentan tanto características viscosas como elásticas, es decir, exhiben propiedades de deformación y recuperación. La silicona y ciertas masas de modelar son ejemplos de fluidos viscoelásticos. [11] [14]

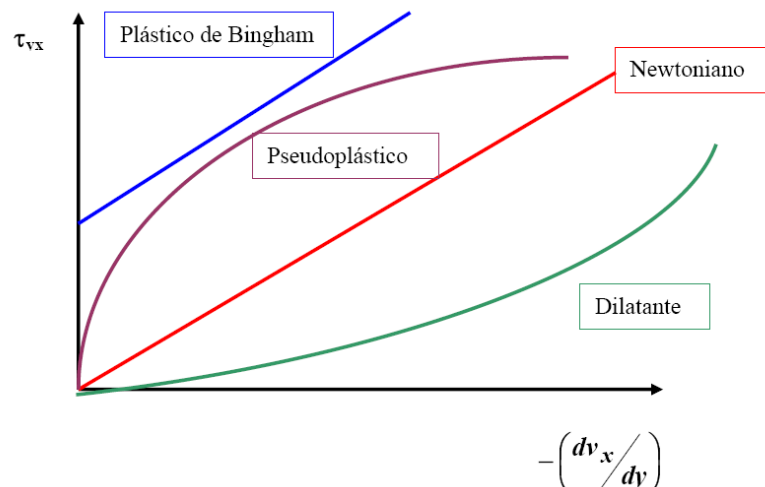


Figura 2: Esquema de fluidos no newtonianos.

3. **Fluidos no newtonianos de umbral:** Son fluidos que solo fluyen cuando se supera un umbral de esfuerzo. Antes de alcanzar ese umbral, se comportan como un sólido rígido. Algunas pastas de dientes y pastas de pulido son ejemplos de fluidos no newtonianos de umbral.

4. **Fluidos tixotrópicos inversos:** Son fluidos cuya viscosidad aumenta con el tiempo cuando no se aplica esfuerzo. Sin embargo, al aplicar un esfuerzo cortante, la viscosidad disminuye. Estos fluidos son menos comunes y se encuentran en algunas arcillas especiales.

Cada uno de ellos tiene propiedades y comportamientos reológicos distintos, lo que los hace adecuados para diferentes aplicaciones y procesos industriales.

2.4.1 Clasificación de las viscosidades existentes.

Existen varios tipos de viscosidades que se utilizan para describir el comportamiento de los fluidos en diferentes contextos. A continuación, se presentan algunos de los términos comunes utilizados para describir diferentes tipos de viscosidad:

- 1. Viscosidad cinemática:** Es la relación entre la viscosidad absoluta de un fluido y su densidad. Se denota por la letra griega "nu" (ν) y se expresa en unidades como el centistoke (cSt) en el sistema métrico. La viscosidad cinemática se utiliza comúnmente en aplicaciones relacionadas con el flujo de fluidos, como la hidráulica y la lubricación.
- 2. Viscosidad dinámica o absoluta:** Es la medida directa de la resistencia interna de un fluido al fluir bajo un esfuerzo cortante aplicado. Se denota por la letra griega "eta" (η) y se expresa en unidades como el poise (P) en el sistema CGS o el pascal segundo (Pa.s) en el sistema SI. La viscosidad dinámica es un término fundamental en la mecánica de fluidos y se utiliza ampliamente en el estudio de los fluidos.
- 3. Viscosidad aparente:** Se refiere a la viscosidad que se observa o mide en un fluido bajo ciertas condiciones específicas de corte y velocidad de deformación. En los líquidos no newtonianos, la viscosidad aparente puede variar dependiendo de la tasa de deformación aplicada. Es un término utilizado para describir el comportamiento reológico de los fluidos no newtonianos.
- 4. Viscosidad intrínseca:** Es una medida de la viscosidad inherente de un polímero en solución. Se utiliza para describir la capacidad del polímero para fluir. La viscosidad intrínseca se utiliza en la caracterización de polímeros y se expresa en unidades como dl/g (decilitro por gramo).

Estos son solo algunos ejemplos de los diferentes tipos de viscosidad utilizados en distintos contextos. Es importante tener en cuenta que la viscosidad puede ser una propiedad compleja y dependiente de las condiciones específicas del fluido y su entorno.

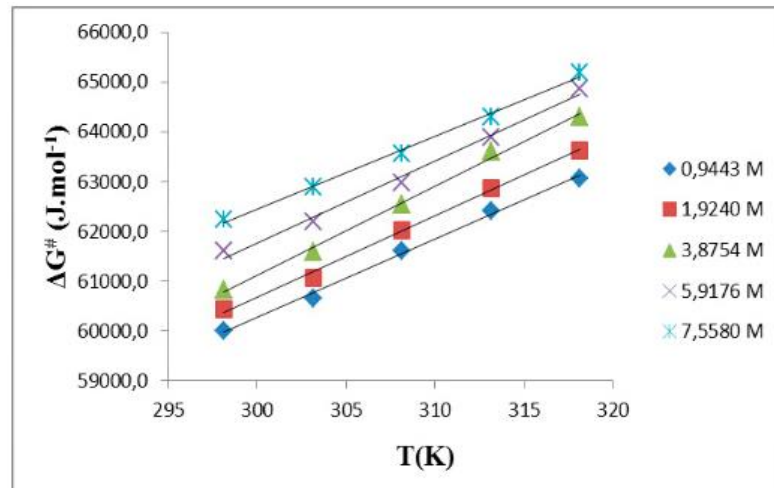


Figura 3: Esquema de viscosidad dependiente a la temperatura [17]

2.4.2 Curvas obtenidas en el análisis reológico de líquidos no newtonianos

2.4.2.1 Curva de viscosidad frente a la tasa de cizallamiento:

Esta curva muestra cómo varía la viscosidad aparente del líquido en función de la tasa de cizallamiento aplicada. En un líquido no newtoniano, la viscosidad puede cambiar significativamente con la velocidad de deformación. Esta curva puede presentar diferentes patrones, como un comportamiento pseudoplástico (disminución de la viscosidad con el aumento de la tasa de cizallamiento), dilatantes (aumento de la viscosidad con el aumento de la tasa de cizallamiento) o tixotrópico (disminución de la viscosidad con el tiempo de cizallamiento constante).

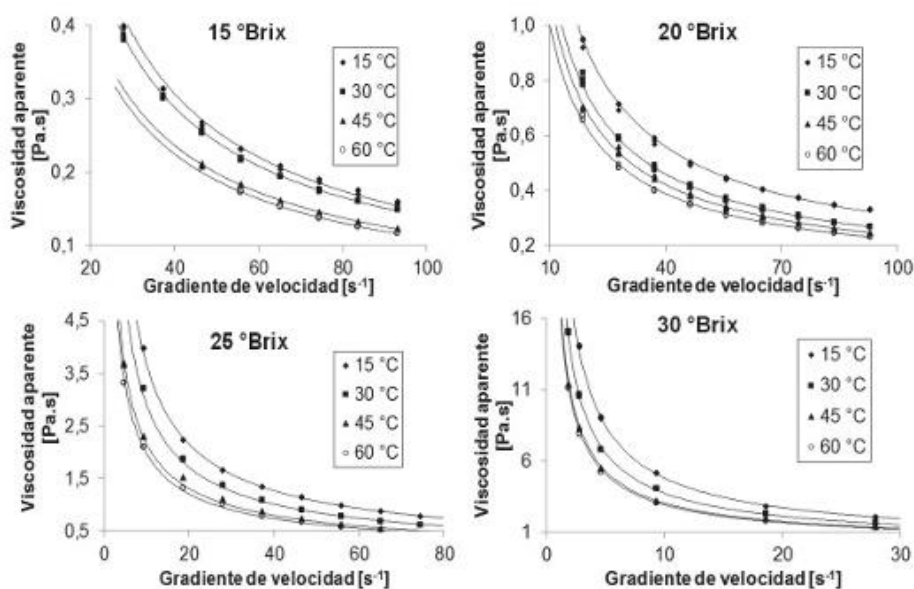


Figura 4: Curvas de viscosidad frente a la tasa de cizallamiento [18]

2.4.2.2 Curva de esfuerzo frente a la tasa de cizallamiento

Esta curva representa cómo varía el esfuerzo aplicado al líquido en función de la tasa de cizallamiento. Proporciona información sobre la resistencia del líquido al flujo y puede mostrar comportamientos no lineales o dependientes del tiempo.

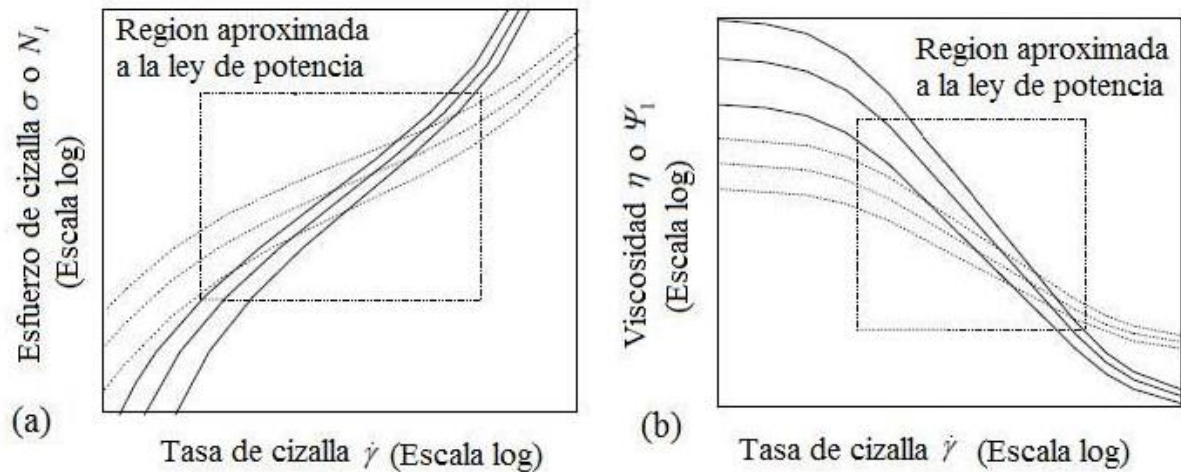


Figura 5: Curva de esfuerzo frente a la tasa de cizallamiento [19]

2.4.2.3 Curva de histéresis:

Esta curva se obtiene al aplicar un ciclo de deformación al líquido no newtoniano. Muestra la diferencia en el esfuerzo o la viscosidad aparente durante la etapa de aumento de la tasa de cizallamiento y la etapa de disminución de la tasa de cizallamiento. La presencia de una histéresis indica un comportamiento tixotrópico, donde el líquido muestra una disminución en la viscosidad durante la deformación seguida de una recuperación gradual.

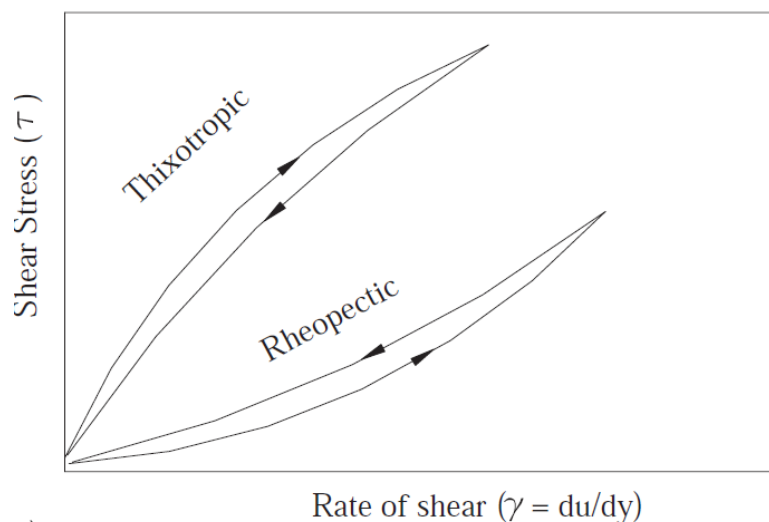


Figura 6: Curva histéresis de un fluido no newtoniano [20]

2.4.2.4 Curvas de flujo en función del tiempo

Estas curvas describen cómo varía el flujo del líquido no newtoniano en el tiempo bajo una tasa de cizallamiento constante. Pueden mostrar comportamientos transitorios, como una viscosidad inicial alta que disminuye con el tiempo, o un comportamiento de flujo estable.

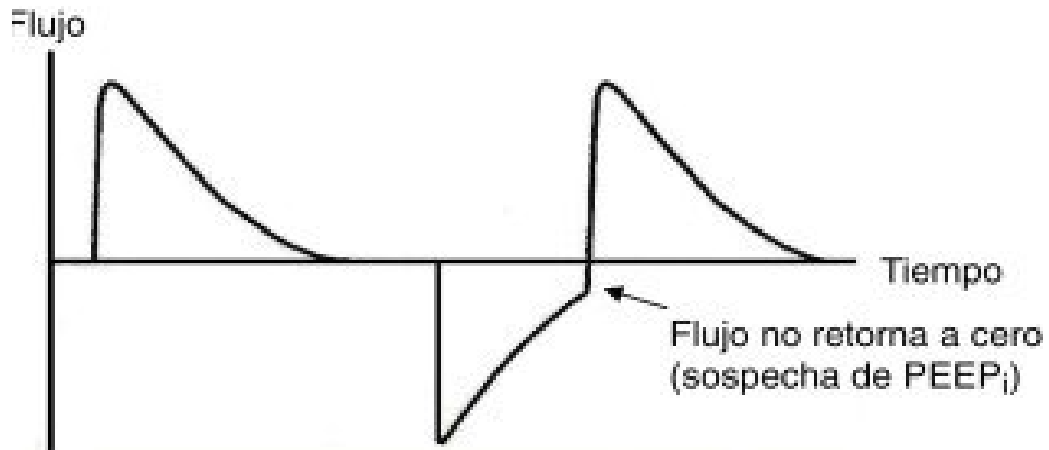


Figura 7: Curva de flujo en función del tiempo [21].

La elección de las curvas a generar dependerá del tipo de líquido y los objetivos específicos del estudio reológico.

2.4.3 Temperatura de fluidos

La temperatura es una variable física que indica el nivel de calor o frío presente en un objeto o medio. Se refiere a la medida de la energía cinética promedio de las partículas que componen una sustancia. La temperatura se expresa comúnmente en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) o en Kelvin (K).

Es una magnitud que mide la energía térmica de un cuerpo. Para una misma sustancia, una mayor temperatura es sinónimo de mayor velocidad de las partículas que la componen. En el caso de los líquidos no newtonianos, la temperatura puede tener un impacto significativo en su comportamiento y propiedades [22].

Los líquidos no newtonianos son aquellos que no siguen la ley de viscosidad de Newton, es decir, su viscosidad no es constante. En cambio, la viscosidad de los líquidos no newtonianos puede variar en función de la velocidad de corte, la fuerza aplicada o el tiempo. La temperatura puede afectar la viscosidad de los líquidos no newtonianos de varias maneras:

Tabla 5: Efectos de la temperatura en la viscosidad

AFECTACIONES	CONCEPTO
Sensibilidad a la temperatura	Algunos líquidos no newtonianos pueden cambiar su viscosidad de manera significativa a diferentes temperaturas. Por ejemplo, ciertos geles o suspensiones coloidales pueden volverse más fluidos o más pesos a medida que la temperatura aumenta o disminuye. Esto se debe a cambios en la estructura molecular o en las interacciones entre partículas.
Punto de transición	Algunos líquidos no newtonianos pueden experimentar un cambio de fase o transición a una temperatura crítica. Esto puede resultar en un cambio abrupto en las propiedades del líquido, incluyendo su viscosidad. Un ejemplo común es la transición de un gel a un líquido a temperatura ambiente o viceversa.
Reología compleja	Los líquidos no newtonianos a menudo exhiben una reología compleja, lo que significa que su comportamiento viscoso no puede describirse mediante una única constante de viscosidad. La temperatura puede influir en la relación entre el esfuerzo aplicado y la tasa de deformación del líquido, lo que conlleva cambios en su viscosidad aparente.
Transición de fase	Algunos líquidos no newtonianos pueden experimentar cambios de fase a temperaturas específicas. Estos cambios pueden afectar su comportamiento reológico, es decir, cómo fluyen y responden a la aplicación de fuerza. Por ejemplo, algunos líquidos no newtonianos pueden volverse más sólidos o gelatinosos a temperaturas más bajas y más líquidos a temperaturas más altas.

Es importante tener en cuenta que el comportamiento de los líquidos no newtonianos ante cambios de temperatura puede variar considerablemente según la composición química y las propiedades específicas del fluido en cuestión. Por lo tanto, es necesario estudiar y caracterizar cada líquido no newtoniano individualmente para comprender cómo la temperatura puede influir en su comportamiento reológico.

2.4.3.1 Influencia de la temperatura en el estudio reológico de líquidos.

La temperatura juega un papel importante en el estudio reológico de fluidos newtonianos, ya que puede tener efectos significativos en su viscosidad y comportamiento reológico. Aquí hay algunos puntos clave sobre cómo la temperatura influye en el estudio de líquidos no newtonianos:

2.4.3.1.1 Viscosidad dependiente de la temperatura.

La viscosidad de muchos líquidos no newtonianos varía con la temperatura. Al aumentar la temperatura, algunos líquidos no newtonianos pueden volverse menos viscosos, lo que significa que su viscosidad disminuye. Por otro lado, algunos líquidos no newtonianos pueden volverse más viscosos con el aumento de la temperatura. Esta dependencia de la temperatura en la viscosidad es particularmente evidente en líquidos como polímeros fundidos, emulsiones y suspensiones.

2.4.4 Características de los fluidos reológicos

Variable es una palabra que representa aquello que varía o que está sujeto a algún tipo de cambio. Se caracteriza por ser inconstante, inestable, mudable. Una variable se la define por un símbolo que permite identificar a un elemento no especificado dentro de un grupo.

En el presente trabajo vamos a ver dos variables que son muy comunes al momento de hacer análisis reológicos de líquidos, las que se mencionan a continuación son la velocidad angular, el esfuerzo de corte, la viscosidad de fluidos, la concentración.

2.4.4.1 Velocidad Angular

La velocidad angular es una variable que describe la rapidez a la que un objeto o partícula gira alrededor de un eje específico. Representa la magnitud del cambio angular experimentado por un objeto en un intervalo de tiempo determinado y se expresa en radianes por segundo (rad/s) o en revoluciones por minuto (RPM).

En el análisis de la viscosidad de los líquidos no newtonianos, la velocidad angular juega un papel importante [21]. La viscosidad de un líquido se refiere a su resistencia al flujo y está relacionada con la fricción interna entre las moléculas del fluido. En el caso de los líquidos no newtonianos, su viscosidad puede cambiar en respuesta a la velocidad de corte o la tasa de deformación aplicada [14]. La velocidad de corte es la diferencia de velocidad entre dos capas de fluidos adyacentes que se deslizan una sobre la otra.

La relación entre la velocidad de corte y la viscosidad de un líquido no newtoniano se puede describir mediante curvas de flujo o reología. Estas curvas muestran cómo la viscosidad varía con la velocidad de corte o la tasa de deformación.

En el análisis de viscosidad de líquidos no newtonianos, la velocidad angular se utiliza para calcular la velocidad de corte. La velocidad angular se relaciona con la velocidad tangencial de las capas de fluido auxiliar y la distancia radial desde el eje de rotación.

Al aumentar la velocidad angular, se incrementa la velocidad de corte en el fluido y esto puede tener diferentes efectos en la viscosidad. Algunos líquidos no newtonianos pueden exhibir un comportamiento de adelgazamiento, donde la viscosidad disminuye a medida que aumenta la velocidad de corte. Otros líquidos no newtonianos pueden mostrar un comportamiento de engrosamiento, donde la viscosidad aumenta con la velocidad de corte [23].

La influencia de la velocidad angular en el análisis de la viscosidad de los líquidos no newtonianos es fundamental para comprender su comportamiento reológico y diseñar modelos y ecuaciones que describen su flujo en diferentes condiciones.

2.4.4.1.1 Gradiente de velocidad.

El gradiente de velocidad es una medida de cómo varía la velocidad en relación con una variable independiente, como el tiempo o la posición. En el contexto de la física y la mecánica de fluidos, el gradiente de velocidad se refiere a la tasa de cambio de la velocidad de un fluido en diferentes puntos del espacio.

En términos más simples, el gradiente de velocidad indica cómo cambia la velocidad de un fluido a medida que nos movemos en diferentes direcciones dentro de dicho fluido. Puede entenderse como una medida de la variación espacial de la velocidad.

El gradiente de velocidad se expresa matemáticamente como un vector, llamado gradiente, que tiene una magnitud y una dirección. La magnitud del gradiente de velocidad indica la tasa de cambio de la velocidad, mientras que la dirección del gradiente indica la dirección en la cual la velocidad está cambiando más rápidamente.

En un campo de velocidad uniforme, donde la velocidad es constante en todas las direcciones, el gradiente de velocidad sería cero. Sin embargo, en un flujo turbulento o en presencia de obstáculos, el gradiente de velocidad puede ser significativo, lo que indica cambios rápidos en la velocidad en diferentes puntos del fluido.

El gradiente de velocidad es una herramienta importante para el estudio de la mecánica de fluidos, ya que permite analizar cómo fluye y se mueve un fluido en diferentes condiciones. Es utilizado en diversas áreas, como la ingeniería, la meteorología, la oceanografía y muchas otras disciplinas relacionadas con los fluidos.

En análisis reológico, el gradiente de velocidad se refiere a la tasa de cambio de la velocidad de deformación en un material sometido a estrés. La velocidad de deformación es la velocidad a la cual un material se deforma cuando se le aplica un esfuerzo o estrés. En un análisis reológico,

se aplica un esfuerzo a un material y se mide la respuesta del material en términos de su deformación. Se pueden aplicar diferentes tipos de esfuerzos, como el esfuerzo cortante, el esfuerzo de compresión o el esfuerzo de tracción. Es una medida importante en el análisis reológico porque puede proporcionar información sobre las propiedades mecánicas del material, como su viscosidad, elasticidad o plasticidad. También puede ayudar a comprender cómo fluye o se deforma un material en respuesta a un esfuerzo aplicado. El gradiente de velocidad en análisis reológico se refiere a la tasa de cambio de la velocidad de deformación en un material y es una medida importante para caracterizar las propiedades mecánicas del material.

2.4.4.2 Esfuerzo de corte

El esfuerzo de corte es una medida de la fuerza por unidad de área aplicada en un material para producir una deformación por corte. Es una propiedad fundamental en la mecánica de materiales y el análisis reológico.

En general, el esfuerzo de corte en análisis reológico permite comprender cómo un material responde y se deforma bajo la influencia de fuerzas aplicadas. Proporciona información sobre las propiedades mecánicas, viscoelásticas y reológicas de los materiales, lo que es crucial para diversas aplicaciones en campos como la industria, la investigación y el desarrollo de nuevos materiales.

2.4.4.2.1 Esfuerzo de corte en fluidos newtonianos.

En los fluidos Newtonianos, el esfuerzo de corte se relaciona directamente con la velocidad de deformación y se rige por la ley de viscosidad de Newton. Según esta ley, el esfuerzo de corte es proporcional a la velocidad de deformación.

En un fluido Newtoniano, como por ejemplo el agua, el esfuerzo de corte es directamente proporcional a la velocidad de deformación. Esta relación lineal se expresa mediante la siguiente ecuación:

Por lo tanto, en un fluido Newtoniano, si se aplica un esfuerzo de corte mayor, la velocidad de deformación aumentará proporcionalmente. Si se mantiene una velocidad de deformación constante, el esfuerzo de corte se mantendrá constante.

En los fluidos Newtonianos, la viscosidad es constante e independiente de la velocidad de deformación. Esto significa que no importa si la velocidad de deformación es pequeña o grande, la viscosidad del fluido se mantiene constante.

En resumen, en los fluidos Newtonianos, el esfuerzo de corte es proporcional a la velocidad de deformación y sigue la ley de viscosidad de Newton. La viscosidad en estos fluidos es constante e independiente de la velocidad de deformación.

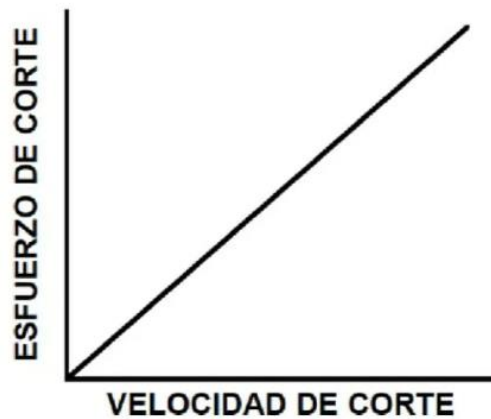


Figura 8: Esquema de comportamiento del esfuerzo de corte en fluido newtoniano.

2.4.4.2.2 Esfuerzo de corte en fluidos no newtonianos.

En los fluidos no Newtonianos, existen diferentes tipos de relaciones entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación. Algunos ejemplos comunes son:

La relación entre el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación puede ser más compleja y depender de factores como el tiempo, la temperatura, la concentración y la estructura del fluido. En los fluidos no Newtonianos, el esfuerzo de corte puede variar de manera no lineal con la velocidad de deformación y su comportamiento reológico puede ser más complejo. Existen diferentes tipos de comportamientos, como la pseudoplástica, la dilatancia y la tixotropía, entre otros. El estudio y la caracterización de los fluidos no Newtonianos requieren el uso de modelos reológicos adecuados para describir su respuesta al esfuerzo de corte.

El esfuerzo de corte es una medida de la fuerza por unidad de área aplicada en un material para producir una deformación por corte. Es una propiedad fundamental en la mecánica de materiales y el análisis reológico. En general, el esfuerzo de corte en análisis reológico permite comprender cómo un material responde y se deforma bajo la influencia de fuerzas aplicadas. Proporciona información sobre las propiedades mecánicas, viscoelásticas y reológicas de los materiales, lo que es crucial para diversas aplicaciones en campos como la industria, la investigación y el desarrollo de nuevos materiales.

2.4.4.3 Viscosidad de fluidos

La viscosidad es una propiedad física de los fluidos que se refiere a su resistencia interna al flujo. Se trata de la medida de la fricción interna que se opone al movimiento relativo de las capas de un fluido cuando se aplica una fuerza de corte.

En términos más sencillos, la viscosidad es una medida de la "fluidez" de un líquido o la capacidad de un fluido para fluir. Los líquidos con alta viscosidad son más espesos y resistentes al flujo, mientras que los líquidos con baja viscosidad son más fluidos y fluyen con mayor facilidad.

La viscosidad se debe a las fuerzas de cohesión entre las moléculas o partículas que componen el fluido. Estas fuerzas tienden a frenar o resistir el movimiento de las capas del fluido, lo que da lugar a la viscosidad.

La viscosidad se puede medir y expresar de diversas maneras, dependiendo del sistema de unidades utilizado. En el Sistema Internacional (SI), la unidad de viscosidad dinámica es el pascal-segundo (Pa.s), mientras que la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo (m^2/s).

Es importante destacar que la viscosidad de un fluido puede variar con la temperatura: algunos líquidos se vuelven más viscosos a medida que se enfrían, mientras que otros se vuelven menos viscosos. Este comportamiento se puede describir utilizando el concepto de viscosidad cinemática, que tiene en cuenta la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido. La viscosidad es una propiedad fundamental que se utiliza para caracterizar el comportamiento de flujo de los materiales. La viscosidad en reología se refiere a la resistencia interna que presenta un material a deformarse bajo la aplicación de un esfuerzo de corte.

En reología se mide mediante pruebas de flujo, donde se aplica un esfuerzo de corte a un material y se evalúa su respuesta en términos de la tasa de flujo o deformación. Esta respuesta puede describirse mediante diferentes modelos reológicos, como el modelo de flujo newtoniano o modelos no newtonianos más complejos, dependiendo de la naturaleza del material. En el caso de un material que sigue un comportamiento de flujo newtoniano, la viscosidad es constante e independiente del esfuerzo de corte aplicado. La viscosidad en este caso se expresa como una constante de proporcionalidad entre el esfuerzo de corte y la tasa de deformación o velocidad de flujo.

Sin embargo, muchos materiales no siguen un comportamiento de flujo newtoniano y su viscosidad puede variar con la tasa de deformación o el esfuerzo de corte aplicado. Estos

materiales se conocen como materiales no newtonianos y su viscosidad se puede describir mediante modelos reológicos más complejos, como los modelos de ley de potencia, pseudoplásticos, dilatantes o tixotrópicos, entre otros.

La viscosidad en reología es una propiedad importante para comprender el flujo y la deformación de los materiales en aplicaciones como la industria de alimentos, pinturas, recubrimientos, adhesivos, productos farmacéuticos y muchos otros campos donde es esencial controlar y comprender el comportamiento reológico de los materiales.

La viscosidad es una propiedad esencial en muchas áreas de la ciencia y la ingeniería, como la química, la física, la geología y la industria. En reología, la viscosidad se refiere a la resistencia interna que presenta un material a deformarse bajo la aplicación de un esfuerzo de corte. Es una propiedad crucial para caracterizar el comportamiento de flujo de los materiales y se utiliza para describir cómo fluyen y se deforman los materiales en diferentes aplicaciones y procesos industriales.

2.4.4.3.1 Transiciones de fase.

Algunos líquidos no newtonianos pueden experimentar transiciones de fase o cambios estructurales a diferentes temperaturas. Estos cambios pueden afectar su viscosidad y comportamiento reológico. Por ejemplo, algunos polímeros pueden experimentar transiciones de sol a gel a ciertas temperaturas, lo que resulta en cambios drásticos en su viscosidad y fluidez.

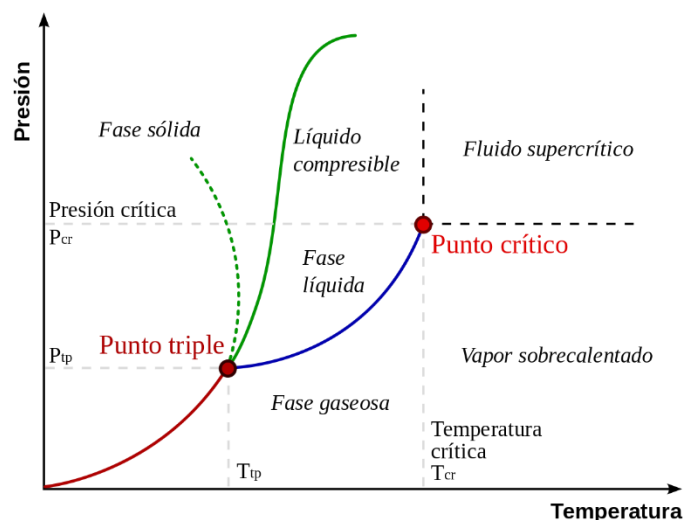


Figura 9: Transiciones de fase de los fluidos [24]

2.4.4.3.2 Estabilidad térmica.

La estabilidad térmica es un aspecto importante en el estudio de líquidos no newtonianos. Algunos líquidos no newtonianos pueden descomponerse o sufrir cambios químicos a temperaturas elevadas, lo que puede afectar su viscosidad y propiedades reológicas. Por lo tanto, es esencial comprender cómo la temperatura afecta la estabilidad del líquido y hasta qué punto se puede realizar el estudio reológico a diferentes temperaturas sin alterar sus propiedades.

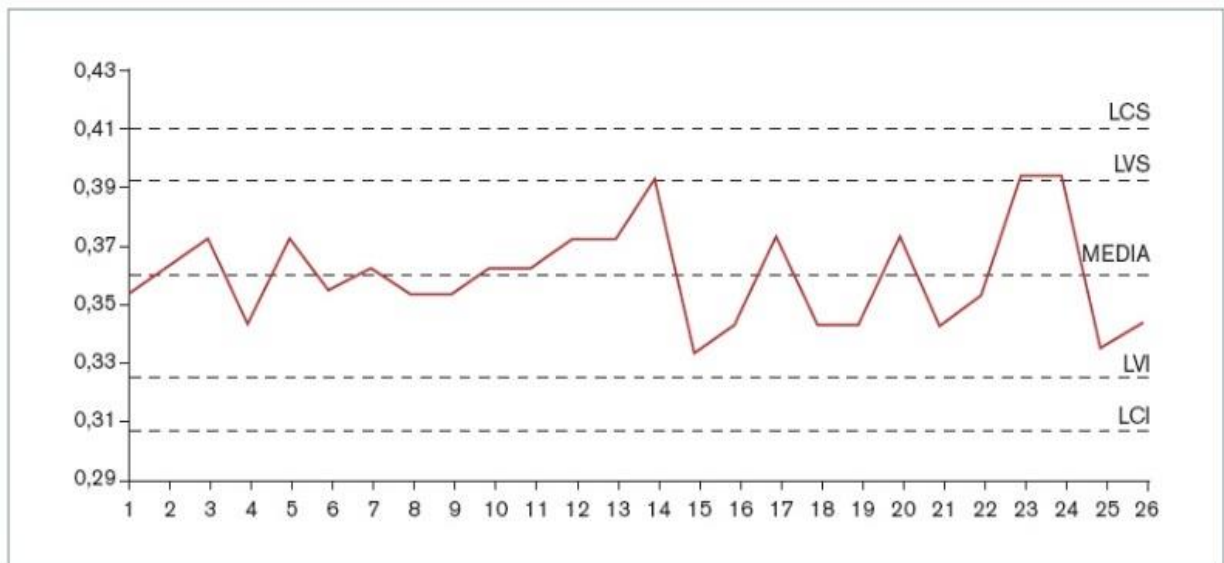


Figura 10: Comportamiento de la estabilidad térmica de compuestos [25]

2.4.4.4 Concentración.

La concentración como variable se refiere a la cantidad de una sustancia presente en relación con el volumen, masa o número de moles de una solución, mezcla o sistema. Es una medida que indica la proporción de una sustancia en relación con el total del sistema.

La concentración puede expresarse de diferentes maneras, dependiendo del contexto y las unidades de medida utilizadas. Algunas de las formas más comunes de expresar la concentración son:

- **Concentración molar:** Se expresa en moles de soluto por litro de disolución (mol/L). Indica la cantidad de sustancia disuelta en relación con el volumen total de la solución.
- **Concentración porcentual:** Se expresa en porcentaje (%). Indica la proporción de la cantidad de soluto en relación con la cantidad total de la solución, multiplicada por 100.

- **Concentración en masa:** Se expresa en gramos de soluto por litro de disolución (g/L). Indica la cantidad de masa del soluto en relación con el volumen total de la solución.
- **Concentración en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb):** Indican la cantidad de soluto presente en relación con un millón o un billón de partes del total de la solución.

En análisis reológico, la concentración se refiere a la proporción de un componente específico en una muestra o sistema que está siendo sometido a pruebas reológicas. La concentración puede ser un factor importante para considerar, especialmente cuando se trabaja con materiales poliméricos, suspensiones coloidales o sistemas multicomponentes.

La concentración puede afectar las propiedades reológicas de un material, como su viscosidad, elasticidad, comportamiento de flujo y resistencia al corte. A medida que la concentración de un componente aumenta, es posible que se produzcan cambios en la estructura y la interacción entre las partículas o moléculas presentes, lo que a su vez afectará las características reológicas del sistema. Es común realizar mediciones de propiedades reológicas a diferentes concentraciones para evaluar cómo varían las respuestas mecánicas del material. Esto puede implicar realizar pruebas reológicas en muestras con concentraciones crecientes o decrecientes del componente de interés, y luego analizar cómo se modifican los perfiles de flujo, las curvas de viscosidad o los valores de almacenamiento y pérdida de módulo, entre otros parámetros reológicos. En análisis reológico puede expresarse de diferentes maneras, dependiendo del tipo de material y la técnica de medición utilizada.

Por ejemplo, en sistemas coloidales o suspensiones, la concentración se puede expresar como la fracción volumétrica o la concentración en masa de las partículas dispersas en el medio líquido.

La concentración en análisis reológico se refiere a la proporción de un componente en una muestra o sistema y puede influir en las propiedades reológicas del material. Es un factor importante que considerar al realizar pruebas y análisis reológicos para comprender y caracterizar el comportamiento mecánico de los materiales.

Es fundamental en muchas áreas científicas y técnicas, como la química, la biología, la medicina, la industria alimentaria, entre otras. Permite cuantificar la cantidad de una sustancia en una mezcla o sistema, lo que es esencial para el análisis, el diseño de experimentos y el control de procesos.

2.5 Viscosímetros

“Un viscosímetro (denominado también viscosímetro) es un instrumento empleado para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido” [26]

El concepto hace referencia a “Un instrumento empleado para medir la viscosidad y algunos otros parámetros de flujo de un fluido. Isaac Newton sugirió una fórmula para medir la viscosidad de los fluidos, postuló que dicha fuerza correspondía al producto del área superficial del líquido por el gradiente de velocidad, y un coeficiente de viscosidad” [27]

2.5.1 Tipos de viscosímetros

2.5.1.1 Viscosímetro Rotacional.

Un viscosímetro rotacional es un dispositivo utilizado para medir la viscosidad de un fluido mediante la aplicación de un esfuerzo de corte controlado y la medición de la respuesta de flujo del fluido. Este tipo de viscosímetro se basa en el principio de que la velocidad de rotación de un elemento (generalmente una paleta o un cilindro) sumergido en el fluido está relacionada con la viscosidad de este.

2.5.1.2 Viscosímetros de cilindros concéntricos.

Los viscosímetros de cilindros concéntricos, también conocidos como viscosímetros de Couette, son dispositivos utilizados para medir la viscosidad de un fluido mediante la medición del esfuerzo de corte cuando se aplica un flujo laminar entre dos cilindros concéntricos. Cuando se aplica un esfuerzo de corte al fluido en la brecha entre los cilindros, el fluido comienza a fluir. La velocidad de rotación del cilindro interno crea un gradiente de velocidad en el fluido, lo que genera un esfuerzo de corte proporcional a la viscosidad del fluido. Este esfuerzo de corte induce un flujo laminar en el espacio entre los cilindros.

La viscosidad se determina midiendo la fuerza o el torque necesario para mantener el cilindro interno en rotación constante a una velocidad determinada.

A partir de esta medición, se puede calcular la viscosidad utilizando una calibración previa o mediante ecuaciones que relacionan el esfuerzo de corte, la velocidad de rotación y las dimensiones del viscosímetro.

Los viscosímetros de cilindros concéntricos son adecuados para medir la viscosidad de fluidos Newtonianos y no Newtonianos. La ventaja de este tipo de viscosímetros es su capacidad para simular el flujo laminar y proporcionar mediciones precisas y reproducibles de la viscosidad

en un rango de velocidades de corte. Su desventaja es el costo, podrían ser muy costosos dependiendo de su modelo.

2.5.1.3 Viscosidad aparente.

La viscosidad aparente es una medida de la resistencia de un fluido a fluir cuando se somete a un esfuerzo cortante. Se utiliza principalmente para describir el comportamiento de los fluidos no Newtonianos, que no siguen la ley de viscosidad de Newton.

En los fluidos no Newtonianos, la viscosidad aparente varía con la velocidad de deformación o el esfuerzo cortante aplicado. A diferencia de los fluidos Newtonianos, que tienen una viscosidad constante, los fluidos no Newtonianos pueden mostrar un comportamiento pseudoplástico, dilatantes, tixotrópico, entre otros.

En el caso de los fluidos pseudoplásticos, la viscosidad aparente disminuye a medida que aumenta la velocidad de deformación. Esto significa que el fluido se vuelve menos viscoso y más fácil de fluir a mayores velocidades de corte. Un ejemplo común de fluido pseudoplástico es la pintura.

Por otro lado, los fluidos dilatantes presentan un aumento en la viscosidad aparente a medida que aumenta la velocidad de deformación. Estos fluidos se vuelven más espesos y resistentes al fluir a mayores velocidades de corte. Un ejemplo de fluido dilatantes es una mezcla de maicena y agua.

Es una medida de la resistencia al flujo de un fluido no Newtoniano y puede variar con la velocidad de deformación o el esfuerzo cortante aplicado. Su valor depende del comportamiento reológico del fluido y se utiliza para caracterizar y describir su flujo en diferentes situaciones.

2.6 PROCESO DE OBTENCION DE FLUIDOS EN PLANTA DE PROCESAMIENTO DE AGROINDUSTRIA DE SALACHE.

2.6.1 Obtención del yogurt.

El yogur se produce a partir de la fermentación de la leche mediante bacterias vivas conocidas como cultivos de yogur a continuación podremos conocer los pasos que se realizan para obtener el yogurt.

Tabla 6: Proceso del yogurt

ETAPA	PROCESO
Temperatura de la leche	Comienza calentando la leche a una temperatura de aproximadamente 82-85 °C (180-185 °F) para matar cualquier bacteria dañina presente en la leche y para desnaturalizar las proteínas de la leche. Esto ayudará a que el yogur tenga una textura más espesa.
Enfriamiento	Después de calentar la leche, debe enfriarla a una temperatura de alrededor de 43-46 °C (110-115 °F). Puedes dejarla reposar a temperatura ambiente o acelerar el proceso colocando el recipiente de leche caliente en un baño de hielo.
Inoculación	Una vez que la leche haya alcanzado la temperatura deseada, agregue los cultivos de yogur. Estos cultivos de yogur pueden comprarse en forma de polvo o en yogur natural sin sabor, que contenga las cepas bacterianas activas. Sigue las instrucciones del fabricante para la cantidad de cultivo de yogur que debe utilizar.
Incubación	Coloca la mezcla de leche y cultivo de yogur en un recipiente hermético, como frascos de vidrio esterilizados, y mantenlos en un lugar cálido para permitir la fermentación. La temperatura de incubación ideal para la producción de yogur suele ser de alrededor de 43-46 °C (110-115 °F). Puede utilizar una yogurtera o un horno precalentado (apagado) para mantener la temperatura constante durante el proceso de fermentación.
Tiempo de fermentación	El tiempo de fermentación puede variar dependiendo de tus preferencias personales y de la acidez deseada. En general, un tiempo de fermentación de 4 a 8 horas suele ser suficiente para obtener un yogur bien formado. Sin embargo, algunos yogures pueden requerir hasta 24 horas para alcanzar la consistencia deseada.

Una vez que el yogur haya alcanzado la consistencia deseada, puede refrigerarlo para detener la fermentación y conservarlo a una temperatura de aproximadamente 4 °C (39 °F) para mantenerlo fresco y evitar el crecimiento de bacterias no deseadas. El tiempo de almacenamiento del yogur refrigerado suele ser de aproximadamente una semana.

Es importante destacar que la producción de yogur implica la manipulación de bacterias vivas, por lo que es fundamental garantizar la higiene adecuada durante todo el proceso para evitar la contaminación cruzada y asegurar un producto seguro para el consumo. Para medir la temperatura durante el proceso de elaboración de yogur, puede utilizar termómetros específicos para alimentos o termómetros digitales de cocina. Estos termómetros están diseñados para medir temperaturas en rangos adecuados para alimentos y son seguros de usar en líquidos como la leche.

2.6.1.1 Tipos de termómetros que podrían utilizar con el yogurt

- **Termómetros de sonda:** Son termómetros que tienen una sonda metálica que se inserta en el líquido para medir la temperatura. Puedes encontrar termómetros de sonda analógicos o digitales. Los termómetros digitales suelen ofrecer lecturas más precisas y rápidas.
- **Termómetros láser:** Estos termómetros utilizan un láser para medir la temperatura sin necesidad de contacto directo con el líquido. Son útiles para medir la temperatura superficial de la leche sin tener que sumergir un termómetro en el líquido.
- **Termómetros de infrarrojos:** Son similares a los termómetros láser y también miden la temperatura sin contacto directo. Pueden ser útiles para medir la temperatura en la superficie del recipiente donde se encuentra la leche.

Al elegir un termómetro, asegúrese de que sea adecuado para alimentos y que pueda medir temperaturas en el rango requerido para el proceso de hacer yogurt. Lea las instrucciones de uso y asegúrese de seguir las recomendaciones de limpieza y desinfección para garantizar la seguridad alimentaria.

2.6.1.2 Tipos de modelos reológicos que se pueden encontrar en el yogurt.

“Las propiedades reológicas del yogur son importantes en el diseño de procesos de flujo, en su control de calidad, procesamiento y almacenamiento, y en la predicción de la consistencia del yogur” [28].

En el caso del yogurt, un producto lácteo fermentado, se pueden encontrar varios modelos reológicos utilizados para describir su comportamiento reológico. A continuación, se mencionan algunos de los modelos comunes utilizados para analizar el yogurt:

- **Modelo de ley de potencia:** Este modelo se utiliza para describir el comportamiento pseudoplástico del yogurt. La viscosidad aparente del yogurt disminuye a medida que aumenta la tasa de cizallamiento [28].
- **Modelo de Herschel-Bulkley:** El modelo de Herschel-Bulkley es una extensión del modelo de ley de potencia y se utiliza para describir tanto el comportamiento pseudoplástico como el comportamiento tixotrópico del yogurt [28].
- **Modelo de Casson:** El modelo de Casson también se utiliza para describir el comportamiento pseudoplástico del yogurt. Este modelo establece que la relación entre el esfuerzo cortante y la tasa de cizallamiento tiene una raíz cuadrada [28].

Estos son solo algunos ejemplos de modelos reológicos que se utilizan para describir el comportamiento reológico del yogurt. Es importante destacar que la elección del modelo adecuado depende de los datos experimentales obtenidos y de la consistencia y las propiedades específicas del yogurt en cuestión.

2.6.2 Obtención de la Mermelada.

La obtención de la mermelada implica la transformación de frutas frescas en una consistencia suave y gelatinosa mediante la cocción y la adición de azúcar. A continuación, se presenta una descripción general de los pasos involucrados en la obtención de la mermelada.

Tabla 7: Proceso de la mermelada

ETAPA	PROCESO
Selección y preparación de frutas	Selecciona frutas maduras y de buena calidad para hacer la mermelada. Lávalas y retira cualquier parte dañada o inmadura. Pela, deshuesa y corta las frutas en trozos pequeños según tus preferencias.
Cocción de las frutas	Coloca los trozos de fruta en una olla grande y añade un poco de agua para ayudar a que las frutas se ablanden. Lleva la mezcla a ebullición y luego reduce el fuego a temperatura media. Cocina las frutas hasta que estén suaves y se puedan deshacer fácilmente con una cuchara.
Añadir azúcar y otros ingredientes	Una vez que las frutas estén cocidas, agrega azúcar a la olla. La cantidad de azúcar puede variar dependiendo de la receta y del nivel de dulzor deseado. También puedes añadir jugo de limón u otros ingredientes como pectina (un agente gelificante) para obtener una consistencia más gelatinosa.
Cocción y reducción	Continúa cocinando la mezcla de frutas y azúcar a fuego medio-bajo, removiendo constantemente para evitar que se pegue en el fondo de la olla. A medida que la mezcla se cocina, el agua se evaporará y la mermelada se espesará. Sigue cocinando hasta que la mermelada alcance la consistencia deseada. Para verificar la consistencia, puedes hacer la prueba del plato frío, coloca una pequeña cantidad de mermelada en un plato frío y deja que se enfríe para ver si tiene la consistencia adecuada.
Envasado	Una vez que la mermelada esté lista, retira la olla del fuego y deja que se enfríe ligeramente. Vierte la mermelada caliente en frascos de vidrio limpios y esterilizados. Asegúrate de sellar bien los frascos y, si es necesario, procesa los frascos en un baño de agua caliente para un sellado adicional.
Almacenamiento	Una vez que los frascos estén sellados y enfriados, almacénalos en un lugar fresco y oscuro. La mermelada casera generalmente tiene una vida útil de varios meses, pero es importante verificar la fecha de vencimiento y seguir las recomendaciones de almacenamiento específicas para cada receta.

Es importante seguir las buenas prácticas de higiene durante todo el proceso de obtención de la mermelada para garantizar su seguridad y conservación adecuada. Además, puedes experimentar con diferentes frutas, combinaciones de sabores y niveles de dulzor para crear mermeladas personalizadas según tus preferencias.

2.6.2.1 Temperatura de almacenamiento de la mermelada

“La mermelada se debe mantener a temperatura ambiente fresca, generalmente entre 10 °C y 21 °C. No es necesario refrigerar la mermelada a menos que se indique específicamente en la receta o en las instrucciones de la etiqueta del producto” [29].

La temperatura ambiente fresca es adecuada para la conservación de la mermelada y para mantener su calidad y sabor. Es importante almacenar la mermelada en un lugar fresco y oscuro para evitar la exposición a la luz solar directa y a cambios bruscos de temperatura. Se debe tener en cuenta que una vez que se abre un frasco de mermelada, se recomienda refrigerarla para mantener su frescura y prevenir la proliferación de microorganismos. “En este caso, la mermelada se debe mantener refrigerada a una temperatura de 4 °C a 8 °C” [29] y consumirse dentro de un tiempo razonable, según las indicaciones de la etiqueta o la receta.

Las temperaturas y recomendaciones pueden variar según la región y las regulaciones locales, así como las especificaciones de la receta o marca de mermelada en particular. Por lo tanto, siempre es recomendable seguir las instrucciones específicas.

2.6.2.2 Tipos de modelos reológicos que se pueden encontrar en la mermelada.

En el caso de la mermelada, su comportamiento reológico puede variar dependiendo de varios factores, como la fruta utilizada, la cantidad de azúcar y otros ingredientes presentes. A continuación, se mencionan algunos modelos reológicos que se pueden encontrar en la mermelada:

- **Modelo de flujo newtoniano:** Algunas mermeladas pueden comportarse como fluidos newtonianos, lo que significa que su viscosidad es constante independientemente de la tasa de cizallamiento. Este modelo se describe mediante la ley de Newton [30].
- **Modelo de ley de potencia:** Muchas mermeladas exhiben un comportamiento pseudoplástico, lo que significa que su viscosidad disminuye a medida que aumenta la tasa de cizallamiento. Este comportamiento se puede describir mediante el modelo de ley de potencia, que se mencionó previamente [30].

- **Modelo de Bingham:** Algunas mermeladas pueden mostrar un comportamiento más viscoso con un umbral de esfuerzo mínimo antes de comenzar a fluir. El modelo de Bingham se utiliza para describir este comportamiento [30] .

Estos son solo algunos ejemplos de modelos reológicos que se pueden encontrar en la mermelada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el comportamiento reológico de la mermelada puede variar según la receta específica, la concentración de ingredientes y las condiciones de almacenamiento. Además, existen otros modelos y enfoques reológicos más complejos que se pueden utilizar para describir el comportamiento de la mermelada en situaciones más específicas.

2.6.3 Obtención del Néctar.

La obtención del néctar de frutas implica la transformación de frutas frescas en una consistencia líquida gracias a la extracción de la pulpa de estas y la adición de azúcar. A continuación, se presenta una descripción general de los pasos involucrados en la obtención del néctar.

Tabla 8: Proceso de obtención del néctar

ETAPA	PROCESO
Selección de frutas	Se seleccionan las frutas de calidad adecuada para la elaboración del néctar. Pueden utilizarse una variedad de frutas, como naranjas, manzanas, uvas, piñas, entre otras, según el tipo de néctar deseado.
Extracción del jugo	Las frutas se someten a un proceso de extracción de jugo para obtener su contenido líquido. Este proceso puede realizarse mediante exprimidores o extractores de jugo que separan el jugo de la pulpa y otras partes no deseadas de la fruta.
Filtrado	El jugo extraído se filtra para eliminar cualquier pulpa, semillas u otras impurezas que puedan estar presentes. Esto se hace para obtener un líquido claro y libre de partículas indeseables.
Adición de agua y azúcar	Dependiendo de la receta y las preferencias de sabor, se puede añadir agua y azúcar al jugo filtrado. El agua se utiliza para diluir el jugo y ajustar la concentración deseada, mientras que el azúcar se añade para endulzar la bebida.
Mezclado y homogeneización	El jugo filtrado, el agua y el azúcar se mezclan y se someten a un proceso de homogeneización para asegurar una distribución uniforme de los ingredientes y obtener una mezcla homogénea.
Pasteurización	Para garantizar la seguridad y prolongar la vida útil del néctar, se somete a un proceso de pasteurización, que implica calentar la mezcla a una temperatura determinada y luego enfriarla rápidamente. Esto ayuda a eliminar microorganismos y enzimas que podrían afectar la calidad y la conservación del néctar.
Envasado	El néctar se envasa en botellas o envases adecuados y se sella herméticamente para preservar su calidad y frescura. Se etiqueta con la información nutricional y los ingredientes, listo para su distribución y consumo.

Cabe mencionar que el proceso exacto puede variar según el fabricante y la marca de néctar de frutas, pero estos son los pasos generales involucrados en su obtención como una bebida comercial.

2.6.3.1 Temperatura óptima del néctar

La temperatura a la cual se obtiene el néctar frutal puede variar dependiendo del proceso específico utilizado por el fabricante. Sin embargo, generalmente se extrae el jugo de las frutas a temperaturas moderadas, en un rango que va desde temperatura ambiente hasta temperaturas ligeramente refrigeradas. Esto se hace para preservar las características organolépticas de las frutas y evitar la degradación de los componentes nutritivos y sabores naturales.

2.6.3.2 Tipos de modelos reológicos encontrados en el néctar frutal.

En el análisis reológico del néctar frutal, se pueden utilizar diferentes modelos reológicos para describir su comportamiento viscoelástico. Algunos de los modelos reológicos comúnmente utilizados en la caracterización del néctar frutal son:

- **Modelo de Fluido de Bingham:** Este modelo describe el néctar frutal como un fluido viscoelástico con un umbral de fluencia. El néctar no comienza a fluir hasta que se supera un cierto nivel de esfuerzo cortante. Por debajo de ese umbral, el néctar se comporta como un sólido elástico. Una vez superado el umbral, el néctar muestra un comportamiento viscoso y su viscosidad varía con el esfuerzo cortante.
- **Modelo de Herschel-Bulkley:** Este modelo es una extensión del modelo de Bingham y se utiliza para describir néctares con comportamiento pseudoplástico. El néctar frutal exhibe una disminución en su viscosidad aparente a medida que aumenta la tasa de corte. Este modelo tiene en cuenta el umbral de fluencia, la viscosidad plástica y el índice de flujo para caracterizar este comportamiento.
- **Modelo de Casson:** El modelo de Casson se utiliza para describir néctares frutales que presentan un comportamiento plástico y tienen una estructura más compleja. Este modelo tiene en cuenta tanto la viscosidad plástica como el esfuerzo de cizallamiento requerido para iniciar el flujo en el néctar.
- **Modelo de Power Law:** También conocido como modelo de ley de potencias, este modelo se utiliza para describir néctares frutales con comportamiento tixotrópico. El néctar muestra una viscosidad aparente que varía según una relación de potencia con el esfuerzo cortante. El modelo de ley de potencias se utiliza para describir cómo la viscosidad del néctar cambia con la velocidad de corte.

Estos son solo algunos de los modelos reológicos utilizados para caracterizar el comportamiento del néctar frutal. La elección del modelo dependerá de las propiedades reológicas específicas del néctar y los resultados deseados en la caracterización de este. Es importante destacar que estos modelos son simplificaciones y que el comportamiento reológico del néctar puede ser más complejo en la realidad

2.6.4 Obtención de la bebida probiótica.

La obtención de una bebida probiótica implica la preparación de una bebida que contiene microorganismos vivos beneficiosos, como bacterias ácido lácticos y levaduras, que proporcionan efectos positivos para la salud intestinal. A continuación, se describe el proceso general de obtención de una bebida probiótica

Tabla 9: Proceso de la bebida Probiótica

ETAPA	PROCESO
Selección de cultivos probióticos	Se seleccionan cepas específicas de bacterias ácido lácticos y/o levaduras que se sabe que tienen efectos probióticos beneficiosos para la salud. Estas cepas pueden incluir <i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i> , <i>Streptococcus</i> , entre otras.
Preparación del medio de cultivo	Se prepara un medio de cultivo adecuado para los cultivos probióticos seleccionados. El medio puede contener ingredientes como leche, agua, azúcar, prebióticos (como la inulina) y otros nutrientes necesarios para el crecimiento y la actividad de los microorganismos.
Inoculación de cultivos	Los cultivos probióticos seleccionados se agregan al medio de cultivo y se incuban a una temperatura óptima durante un período de tiempo específico. Durante la incubación, los microorganismos se multiplican y producen metabolitos beneficiosos, como ácidos orgánicos y compuestos antimicrobianos.
Fermentación controlada	Durante la fermentación, los cultivos probióticos metabolizan los azúcares presentes en el medio de cultivo, lo que resulta en la producción de ácido láctico y otros compuestos que contribuyen al sabor y a las propiedades beneficiosas de la bebida probiótica.
Ajuste de características organolépticas	Una vez que se ha alcanzado el nivel deseado de fermentación, se pueden realizar ajustes para mejorar el sabor, la textura y el aroma de la bebida probiótica. Esto puede incluir la adición de ingredientes como frutas, aromatizantes naturales o edulcorantes.
Envasado y almacenamiento	La bebida probiótica se envasa en recipientes adecuados para su comercialización y se almacena en condiciones adecuadas para preservar la viabilidad de los microorganismos. Por lo general, se requiere refrigeración para mantener la actividad y la estabilidad de los probióticos.

Es importante destacar que los detalles específicos del proceso pueden variar según la receta y el tipo de bebida probiótica que se esté preparando. Además, se deben seguir las buenas

prácticas de fabricación y las regulaciones sanitarias correspondientes para garantizar la seguridad y la calidad de la bebida probiótica.

2.6.4.1 Temperatura óptima de la bebida probiótica

La temperatura a la que sale la bebida probiótica de su producción puede variar según el proceso específico de fabricación y las recomendaciones del fabricante. Sin embargo, por lo general, la bebida probiótica se enfría y se embotella a temperatura ambiente o ligeramente refrigerada.

En cuanto a la temperatura de almacenamiento de la bebida probiótica, generalmente se recomienda mantenerla refrigerada entre 2°C y 8°C. Esta temperatura ayuda a preservar la viabilidad de los microorganismos probióticos presentes en la bebida y a evitar el crecimiento de bacterias no deseadas.

Es importante seguir las instrucciones del fabricante en cuanto a la temperatura de almacenamiento específica para cada marca de bebida probiótica. Además, se debe prestar atención a la fecha de caducidad y al tiempo de vida útil de la bebida probiótica para garantizar su calidad y eficacia. Si la bebida probiótica se mantiene fuera de refrigeración por un período prolongado, la viabilidad de los microorganismos puede disminuir, lo que afectaría su eficacia como probiótico.

2.6.4.2 Tipos de modelos reológicos encontrados en una bebida probiótica.

En una bebida probiótica, los modelos reológicos pueden variar dependiendo de los ingredientes y la formulación específica de la bebida.

- **Modelo de flujo newtoniano:** Algunas bebidas probióticas pueden exhibir un comportamiento reológico similar al de un fluido newtoniano, lo que significa que su viscosidad se mantiene constante independientemente de la tasa de cizallamiento. Este modelo se aplica cuando la viscosidad de la bebida no cambia con la fuerza de corte aplicada.
- **Modelo de ley de potencia:** Algunas bebidas probióticas pueden mostrar un comportamiento pseudoplástico o tixotrópico, donde la viscosidad disminuye a medida que aumenta la tasa de cizallamiento. Este comportamiento se puede describir mediante el modelo de ley de potencia, donde el esfuerzo cortante es proporcional a una potencia de la tasa de cizallamiento.
- **Modelo de Bingham:** En algunas bebidas probióticas, especialmente aquellas que contienen partículas o ingredientes con propiedades de flujo más complejas, se puede aplicar el modelo de Bingham. Este modelo describe un comportamiento en el que la

bebida requiere una cierta fuerza mínima para comenzar a fluir, conocida como "esfuerzo de cedencia".

- **Modelo de flujo viscoelástico:** Algunas bebidas probióticas pueden exhibir un comportamiento viscoelástico, lo que significa que tienen tanto propiedades elásticas como viscosas. Estas bebidas pueden mostrar características de flujo y deformación elásticas y viscosas, y se pueden describir utilizando modelos reológicos más complejos, como el modelo de Maxwell o el modelo de Kelvin-Voigt.

Es importante tener en cuenta que la composición y los ingredientes de cada bebida probiótica pueden variar, lo que puede influir en su comportamiento reológico. Los fabricantes de bebidas probióticas suelen realizar pruebas y análisis reológicos para determinar los modelos adecuados que describen las propiedades de flujo y viscosidad.

3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

Para el desarrollo de la propuesta se analiza los siguientes enfoques, métodos, técnicas e instrumentos.

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

En la investigación se utiliza la observación de la mano con los cálculos matemáticos aplicados para la valoración de la viscosidad y reología de los fluidos. La medición experimental de parámetros reológicos que expliquen la viscosidad de diluciones de néctar de frutas mermelada y probióticos. Por lo que el enfoque de la investigación es cual-cuantitativo o enfoque mixto.

3.2 MUESTRAS CON TEMPERATURA Y VISCOSIDAD sin título de calculo que no diga calculo

Tabla 10: Cuadro de variables dependientes e independientes con sus unidades e instrumentos

Variables Independientes		
Variable	Unidad de medida	Instrumento de Medición
Temperatura	°C	Termocupla
Gradiente de Velocidad	$\frac{1}{s}$	Rotores
Viscosidad	mPa · s	Reómetro
Variables Dependientes		
Variable	Unidad de medida	Instrumento de Medición
Esfuerzo de corte	Pa	Reómetro
Índice de consistencia	Pa · s	Reómetro

3.2.1 Toma de muestras y medición de viscosidad de los fluidos

En base a lo expuesto anteriormente se procede a utilizar las variables de velocidad para el giro del rotor, la temperatura. Los pasos para la elaboración de la metodología son los siguientes:

Primero se recolecto las muestras de la mermelada, yogurt, mermelada, bebida probiótica y néctar que fueron facilitadas por parte del Ingeniero Alberto Tinajero encargado de la planta de Agroindustrial de Salache.



Figura 11: Muestras de Yogurt

Se procedió a armar el viscosímetro NDJ 8S, para proceder con cada una de las pruebas. Se Colocó los rotores con los que se va a medir la viscosidad del producto ya sea el rotor 1 , 2, 3 otro paso que se ejecutó fue elevar o disminuir a diferentes temperaturas, por ejemplo, en esta toma de muestra se usan temperaturas de 5°C, 20 °C, 44 °C.

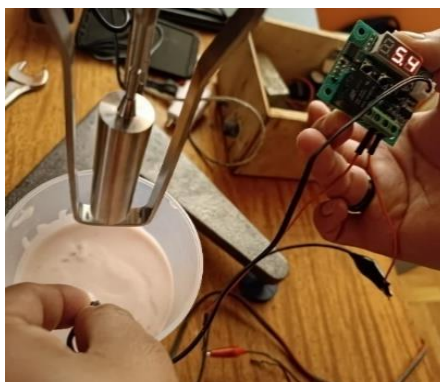


Figura 12: Medición de la temperatura

Se procedió a colocar el producto en una probeta de medición con su respectiva temperatura, luego se mide que la temperatura del producto sea la correcta mediante la termocupla. Se procedió a introducir el rotor con el que se va a medir en el producto.

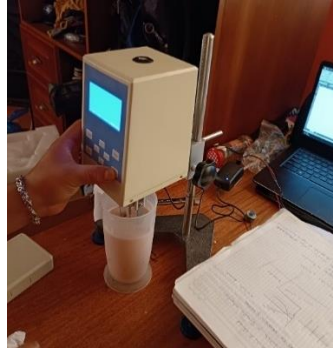


Figura 13: Programar el viscosímetro

Se programo el viscosímetro NDJ8S, con su respectiva velocidad 6,12,30,60 rpm y su respectivo rotor 1,2,3.



Figura 14: Datos obtenidos de los viscosímetros del rotor 2



Figura 15: Toma de Datos

Luego estos datos se proceden a calcular usando diferentes fórmulas matemáticas. se tomaron los datos de las mediciones del viscosímetro NDJ8S y se colocaron en una hoja de Excel.

3.3 METODOLOGÍA.

Materiales que van a utilizarse para la aplicación de la metodología.

Tabla 11: Materiales para la metodología

MATERIAL	UTILIDAD
	<p>Obtención de los productos de la planta de Salache tales como: yogurt, mermelada, bebidas probióticas y néctar para analizar su viscosidad con el viscosímetro NDJ8S</p>
	<p>Base para armar el viscosímetro NDJ8S</p>
	<p>Termocupla de 12V</p>
	<p>Base y Rotores 1,2,3,4</p>
	<p>Probeta de 600 ml</p>
	<p>Panel digital del viscosímetro NDJ8S</p>

Para empezar la metodología luego de tener todos los materiales se procede a describir el viscosímetro utilizado en diseño experimental.

3.3.1 Descripción del equipo de medición.

3.3.1.1 Selección de viscosímetro NDJ.8S

Para la selección adecuada de un reómetro para análisis reológico, se deben considerar varios factores, incluyendo el tipo de muestras a analizar, la precisión y sensibilidad requeridas, la temperatura y presión de operación, el tipo de geometría de medición requerido, la velocidad de corte, la deformación y el rango de frecuencia, entre otros factores. Además, también es importante considerar el presupuesto disponible y la disponibilidad de soporte técnico y mantenimiento. Algunos ejemplos de reómetros comunes incluyen el reómetro rotacional, el reómetro de corte oscilatorio y el reómetro de flujo, cada uno con sus propias fortalezas y limitaciones. Es importante evaluar cuidadosamente las opciones disponibles y seleccionar el reómetro que mejor se adapte a las necesidades específicas de análisis reológico.

Para el análisis reológico de los fluidos se eligió el reómetro rotacional NDJ-8S por sus especificaciones que se encuentran en la **Tabla 12** principalmente por su bajo porcentaje de error y la variabilidad de velocidades a las que puede girar los rotores lo cual nos permitirá un amplio análisis de resultados obtenidos de los fluidos a tratar.

Tabla 12: Tabla de descripciones técnicas del equipo NDJ-8S.

Modelo:	NDJ-8S
Voltaje de entrada:	CA 110-240V 50/60Hz
Potencia de entrada:	24W
Rango de medición:	1 ~ 2x10 ⁶ mPas
Precisión de medición:	±2% (líquido Newtoniano)
Exactitud de la pantalla:	0.01mPas
Tipos de rotor:	#1,#2,#3,#4
Velocidad del rotor:	0,3 rpm, 0,6 rpm, 1,5 rpm, 3 rpm, 6 rpm, 12 rpm, 30 rpm, 60 rpm.
Temperatura ambiente:	41.0 °F- 95.0 °F
Humedad relativa:	≤80%
Interfaz RS232:	sí
Peso:	11.0 lbs.
Tamaño:	14.961 x 12.598 x 15.354 in. El paquete incluye:

3.3.1.2 Viscosímetro NDJ.8S

El viscosímetro NDJ-8S es un tipo de viscosímetro rotacional utilizado para medir la viscosidad de líquidos, especialmente aquellos con características no newtonianas. El respectivo manual se encuentra ubicado en anexos, y en la siguiente tabla se coloca una descripción general de este tipo de viscosímetro:

Tabla 13: Viscosímetro NDJ8S

PARTES	CARACTERISTICAS
Principio de funcionamiento	El viscosímetro NDJ-8S utiliza el principio de rotación para medir la viscosidad de un líquido. Consiste en un rotor de tipo vane (paletas) que se sumerge en la muestra líquida. El rotor gira a una velocidad constante, generando un torque proporcional a la viscosidad del líquido. Un sistema de medición registra este torque y lo convierte en un valor de viscosidad.
Características del rotor	El NDJ-8S generalmente viene con cuatro rotores intercambiables que se pueden utilizar dependiendo de la viscosidad esperada del líquido a medir. Estos rotores tienen diferentes tamaños y geometrías de paletas para adaptarse a diferentes rangos de viscosidad. Los rotores se seleccionan de acuerdo con la viscosidad esperada del líquido a medir.
Control y visualización	El viscosímetro NDJ-8S tiene un panel de control con botones y una pantalla digital para configurar y mostrar los parámetros de medición. Permite establecer la velocidad de rotación del rotor y el tiempo de medición.
Aplicaciones	Este tipo de viscosímetro es comúnmente utilizado en laboratorios de investigación, control de calidad y desarrollo de productos en diversas industrias, como alimentos, cosméticos, productos químicos, farmacéuticos, entre otros. Se utiliza para medir la viscosidad de líquidos como pinturas, recubrimientos, adhesivos, aceites, pastas, suspensiones y muchos otros productos.

3.3.1.3 Medidor de temperatura por termocupla.

Un medidor de temperatura por termocupla de 12 voltios es un dispositivo utilizado para medir la temperatura utilizando una termocupla como sensor y una fuente de alimentación de 12 voltios para su funcionamiento.

Una termocupla es un sensor de temperatura que se basa en el principio de generación de voltaje termoeléctrico cuando dos metales diferentes se encuentran a diferentes temperaturas. Cuando una termocupla está expuesta a una temperatura, se genera un voltaje en sus extremos que es

proporcional a la diferencia de temperatura entre los puntos de medición y la temperatura de referencia.

El medidor de temperatura por termocupla de 12 voltios consta de los siguientes componentes principales:

1. **Termocupla:** Es el sensor de temperatura propiamente dicho, compuesto por dos metales diferentes unidos en un extremo llamado "unión caliente". La otra extremidad se conecta al circuito de medición.
2. **Amplificador:** Es un circuito electrónico que amplifica y acondiciona la señal generada por la termocupla. Su función es convertir el pequeño voltaje generado por la termocupla en una señal más fuerte y adecuada para su procesamiento.
3. **Convertidor analógico-digital (ADC):** Es un componente que convierte la señal analógica del amplificador en una señal digital que puede ser interpretada por un microcontrolador o un displaye.
4. **Fuente de alimentación de 12 voltios:** Proporciona la energía necesaria para alimentar el circuito de medición y asegurar su correcto funcionamiento.
5. **Pantalla o indicador:** Puede ser un displaye LCD, LED o cualquier otro tipo de pantalla que muestre la temperatura medida de manera legible.

El medidor de temperatura por termocupla de 12 voltios puede utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones industriales y comerciales donde se requiera una medición precisa y confiable de la temperatura. Puede encontrarse en sistemas de control de procesos, equipos de laboratorio, sistemas de calefacción y refrigeración, entre otros.

3.3.1.4 Características de funcionamiento.

Las características de funcionamiento de un medidor de temperatura por termocupla de 12 voltios pueden variar dependiendo del diseño y las especificaciones del dispositivo en particular. Sin embargo, a continuación, se presentan algunas características generales que suelen encontrarse en estos medidores:

- **Rango de temperatura:** El medidor de temperatura por termocupla está diseñado para operar en un rango específico de temperaturas. Este rango puede variar según el tipo de termocupla utilizada, pero en general, las termocuplas pueden medir temperaturas desde varios cientos de grados Celsius hasta más de 1000 grados Celsius.

- **Precisión:** La precisión es una medida de cuán cercana es la lectura del medidor a la temperatura real. Los medidores de temperatura por termocupla pueden tener una precisión específica, que generalmente se expresa como un porcentaje del rango de medición o en grados Celsius. La precisión puede variar según el diseño y la calidad del medidor.
- **Resolución:** La resolución se refiere a la capacidad del medidor para detectar cambios pequeños en la temperatura. Se expresa en unidades de temperatura por incremento de la señal eléctrica medida. Una mayor resolución significa que el medidor puede detectar cambios más pequeños en la temperatura.
- **Tiempo de respuesta:** El tiempo de respuesta es el tiempo que tarda el medidor en mostrar un cambio en la temperatura medida. Puede variar dependiendo de la velocidad de respuesta del sensor de termocupla, el circuito de amplificación y el procesamiento de la señal. Un tiempo de respuesta más rápido es deseable en aplicaciones donde los cambios de temperatura son rápidos.
- **Calibración:** Los medidores de temperatura por termocupla deben calibrarse periódicamente para garantizar mediciones precisas. Esto implica ajustar o corregir el medidor para que muestre la temperatura correcta en función de la señal medida por la termocupla. Algunos medidores pueden tener funciones de calibración automática o permitir la calibración manual.
- **Protección contra interferencias:** Los medidores de temperatura por termocupla pueden incluir características de protección para minimizar las interferencias eléctricas o electromagnéticas que podrían afectar la precisión de las mediciones. Esto puede incluir blindaje adecuado, filtrado de señales no deseadas y aislamiento eléctrico.

Estas son solo algunas de las características comunes que se pueden encontrar en un medidor de temperatura por termocupla de 12 voltios. Es importante consultar las especificaciones del fabricante para conocer las características específicas de un modelo en particular.

Luego de identificar los materiales e instrumentos se identificó a partir del marco teórico los que modelos se pueden aplicar en los diferentes fluidos de la investigación y se seleccionó diferentes métodos y fórmulas que se describen en el otro apartado.

3.3.2 Formulas reológicas

Para utilizar las fórmulas reológicas adecuadas para cada fluido se estableció la siguiente tabla

Tabla 14: Fluidos a analizar

Fluidos a analizar	Modelo de ley de potencia (Ostwald-de Waele):	Modelo de Bingham:	La ecuación de la Ley de Newton de viscosidad de un fluido	Modelo de Herschel–Bulkley
Yogurt	X	X	-	-
Néctar	-	X	-	X
Mermelada	X	X	X	-
Bebidas probióticas	X	X	-	-

A continuación, se describen todas las fórmulas utilizadas en esta metodología con respecto al estudio reológico.

3.3.2.1 Modelo de ley de potencia (Ostwald-de Waele):

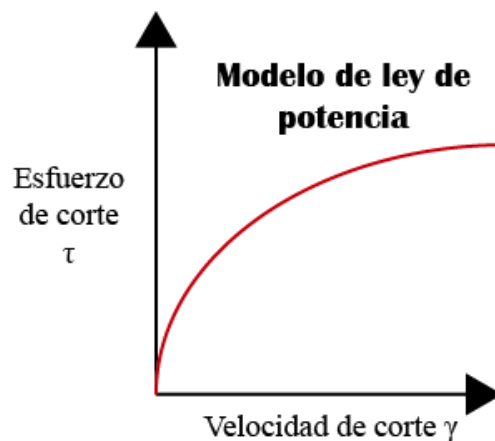


Figura 16: Modelo reológico utilizado para el yogurt, mermelada y bebida probiótica [31]

Este modelo se utiliza para describir los fluidos no Newtonianos pseudoplásticos o dilatantes. La relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación sigue una ley de potencia, donde la viscosidad aparente varía con la velocidad de deformación.

$$\tau = K(-\dot{\gamma})^n \quad (3-1)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante

n : Índice de flujo ($n < 1$).

K : índice de consistencia.

$\dot{\gamma}$: gradiente de velocidad.

3.3.2.2 Modelo de Bingham:

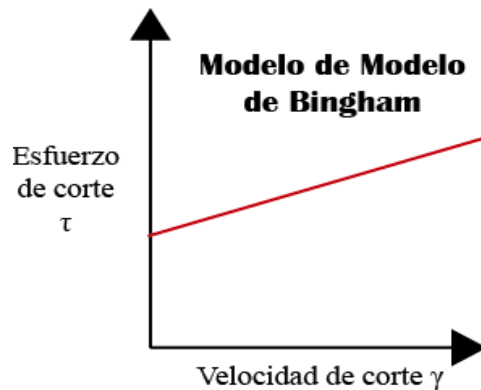


Figura 17: Gráfica del Modelo de Bingham [31].

Este modelo se utiliza para describir los fluidos Bingham, que tienen un umbral de fluencia. Por debajo del umbral, el fluido se comporta como un sólido rígido, y por encima del umbral, se comporta como un fluido Newtoniano. Este modelo se utilizará en todos los fluidos

$$\tau = \tau_0 + \mu_t \quad (3-2)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante.

τ_0 : Punto cedente o esfuerzo de corte a una velocidad de corte de cero.

μ_t : viscosidad plástica el aumento de la velocidad de corte.

3.3.2.3 La ecuación de la Ley de Newton de viscosidad de un fluido.

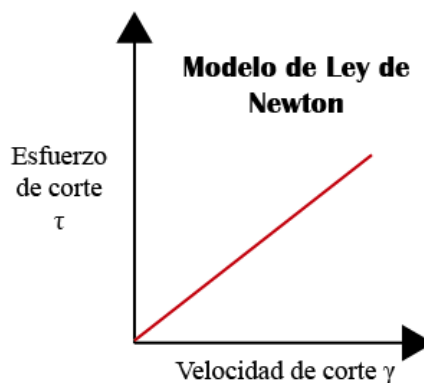


Figura 18: Gráfica de Ecuación de la Ley de Newton de viscosidad de un fluido [31]

$$\tau = -\mu \frac{du}{dy} \quad (3-3)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante (Pa)

μ : Viscosidad dinámica del fluido (Pa.s)

$\frac{du}{dy}$: Velocidad de deformación del fluido (s^{-1}) = γ

3.3.2.4 Modelo de Herschel–Bulkley

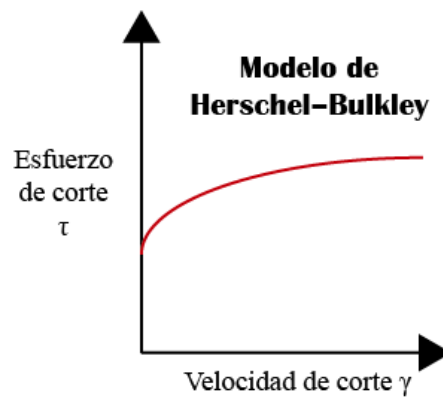


Figura 19:Gráfica del modelo de Herschel [31]

Varios modelos son utilizados para cuantificar el esfuerzo mínimo de deformación en fluidos pseudoplásticos.

$$\tau - \tau_0 = k(\gamma)^n \quad (3-4)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante (Pa)

k : Coeficiente o índice de consistencia de flujo ($Pa \cdot s^n$)

τ_0 : Umbral de fluencia (Pa)

γ : Velocidad de deformación (1/s)

3.3.3 Fórmulas de viscosidad de fluidos y velocidad de cizallamiento

3.3.3.1 La velocidad de cizallamiento

La velocidad de cizallamiento puede calcularse a partir de (material y métodos debajo del manual).

$$\gamma = \frac{R_2 \omega}{R_2 - R_1} \quad (3-5)$$

Donde

R_1 y R_2 son los radios del cilindro exterior e interior respectivamente, y ω es la velocidad angular

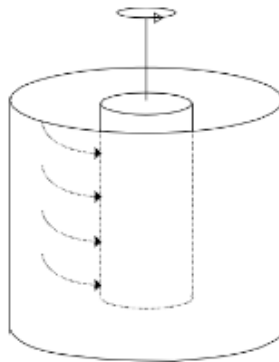


Figura 20: Giro de cilindro de un Viscosímetro de Couette.

Este tipo de viscosímetro cumple con los siguientes modelos de ecuaciones:

$$\tau = \frac{M}{2\pi R_b^2 L} \quad (3-6)$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{2\omega R_c^2 R_b^2}{x^2 (R_c^2 - R_b^2)} \quad (3-7)$$

Donde:

τ = Esfuerzo de deformación o esfuerzo de cizalla.

$\frac{dy}{dt}$ = velocidad de deformación o velocidad de cizalla.

M = Par de fuerza aplicado por unidad de longitud de cilindro sumergido en el fluido.

$w = \frac{2\pi}{60N}$, donde N es la velocidad angular en rpm.

R_c = Radio del contenedor de muestra.

R_b = Radio del cuerpo de giro.

x = punto donde se desea determinar la velocidad de cizalla.

L : longitud de cilindro

3.3.3.2 Viscosidad aparente

La viscosidad aparente en fluidos es una medida de la resistencia de un fluido no newtoniano al flujo. Se define como la relación entre la tensión cortante y la tasa de distorsión en un fluido no newtoniano. En algunos modelos reológicos, como el modelo de Bingham, la viscosidad aparente se considera una propiedad fundamental de los fluidos no newtonianos y se caracteriza por la siguiente formula (3-8) [32].

La siguiente formula se emplea en los resultados de la investigación en la diagramación de las

$$\mu_a = K(\gamma)^{n-1} \quad (3-8)$$

Donde:

μ_a = Viscosidad aparente.

K : índice de consistencia.

γ : gradiente de velocidad.

n : Índice de flujo ($n < 1$).

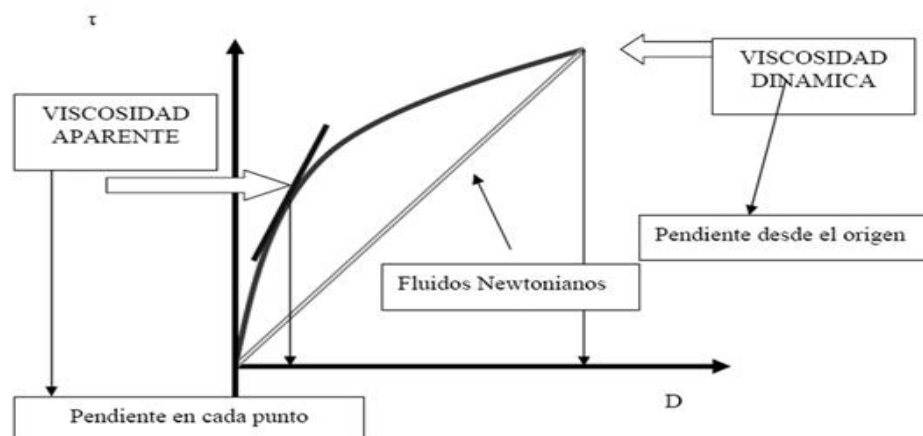


Figura 21:Comportamiento esquemático: [30]

La línea recta muestra la relación proporcional entre la velocidad de corte y esfuerzo cortante dando como resultado la viscosidad aparente (línea recta continua), mientras que la viscosidad dinámica es evaluada en cualquier punto.

3.3.4 Fórmulas de Esfuerzo de corte

Para calcular el esfuerzo de corte tomamos los valores de Índice de consistencia, Índice de flujo y Gradiente de velocidad. [32] [33]

- Corte de fluidos

$$\tau = \mu * \gamma \quad (3-9)$$

Donde:

τ : es el esfuerzo de corte (en unidades de presión, como pascales, Pa).

μ : es la viscosidad del fluido (en unidades de Pa.s o poise).

γ : es la velocidad de deformación (en unidades de 1/s o s⁻¹).

Para calcular el esfuerzo de corte tomamos los siguientes valores.

Tabla 15: Resultados

Temperatura	Índice de consistencia (Pa*s)	Índice de flujo (Pa)	Gradiente de velocidad
5	0,395	0,416	0,81
22	0,3382	0,398	0,398
44	0,2085	0,404	0,404

$$\tau = K(-\gamma)^n \quad (3-10)$$

Donde

τ = esfuerzo de corte

K = Índice de consistencia, el cual lo calculamos mediante la gráfica que relaciona el esfuerzo de corte y gradiente de velocidad.

γ = Gradiente de velocidad

n = Índice de flujo

Viscosidad plástica

La viscosidad plástica es un parámetro utilizado en la caracterización reológica de los fluidos, particularmente en el modelo plástico de Bingham, que describe la relación entre la velocidad de deformación y la fuerza cortante necesaria para producir flujo plástico en un fluido [32] [33]

$$\tau = \quad (3-11)$$

Formula de la velocidad angular

La velocidad angular es aquella a la que van a girar los rotores 1#, 2#, 3#, 4# cuando estén posicionados en la base del reómetro NJ8S [32] [33]

$$W = \frac{n \cdot \pi}{30} \quad (3-12)$$

W= velocidad angular

n = rpm

π = constante

3.3.5 Procedimiento para pérdida de cargas

Fórmulas para costo de tuberías y costo de bombeo

La velocidad utilizada para calcular el costo de bombeo es la velocidad media del fluido en la tubería. Se puede calcular mediante la fórmula (3-13).

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (3-13)$$

Q= caudal

D= diámetro

π = constante

Gradiente de velocidad

El gradiente de velocidad describe la tasa de cambio de la velocidad del fluido a lo largo de un cierto eje o dirección en un sistema de tuberías o en un flujo [33].

$$\gamma = \frac{8 \cdot V}{D} \quad (3-14)$$

γ = Gradiente de velocidad

V = velocidad

D = diámetro

Reynolds

El número de Reynolds se define como la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas presentes en un fluido en movimiento en un tubo o canal. En conductos o tuberías, si el número de Reynolds es menor a 2300, el flujo será laminar. Para un régimen de flujo laminar, el número de Reynolds es proporcional a la velocidad del fluido, el diámetro de la tubería y la viscosidad del fluido [34] [33]

$$Re = \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu_a} \quad (3-15)$$

Re = Reynolds

V = Velocidad (m/s)

D = diámetro (m)

ρ = densidad (kg/m^3)

Landa (factor de fricción)

Este factor es un parámetro esencial en la determinación de la resistencia que un fluido encuentra al fluir en una tubería, influyendo en la pérdida de carga producida [34] [33]. Por lo general, se utiliza la ecuación:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt{Re}} \quad (3-16)$$

λ = Factor de fricción

Re = Reynolds

H cabeza de carga (m)

Resistencia

La resistencia a la presión en tuberías es un factor importante para considerar en el diseño de un sistema de tuberías que transporte fluidos. La resistencia a la presión se refiere a la capacidad de la tubería para soportar la presión interna generada por el fluido que fluye a través de ella sin deformarse ni colapsarse [32] [33].

$$R = \left(\Sigma_{\xi} + \lambda \cdot \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{8}{g \cdot \pi \cdot D^2} \quad (3-17)$$

R= Resistencia (s²/m⁵)

Σ_ξ = Sumatoria de pérdidas locales, la cual es adimensional, se toma el valor de 0 ya que se analiza 1 m de tubería.

λ = Factor de fricción

L= Longitud (m)

D= Diámetro (m)

g= Gravedad ()

π= Constante

Cabeza de carga

El cálculo de la cabeza de carga es importante para determinar la presión mínima necesaria en una bomba y para seleccionar una bomba que pueda suministrar la cantidad necesaria de flujo a la altura necesaria [34] [33].

$$H = \Delta_z + R \cdot Q^2 \quad (3-18)$$

H= Cabeza de carga

Δ_z= Diferencia de nivel (m), se toma el valor de 0 y que se está optimizando en tubería horizontal.

R= Resistencia (s²/m⁵)

Q²= Caudal.

3.3.6 Ecuaciones para la optimización para diámetro de tuberías

Costo de bombeo

Este costo incluye la energía eléctrica necesario para operar la bomba, potencia hidráulica y rendimiento del motor, Por lo general se utiliza la ecuación. [34]

$$C_{bom} = \frac{t_{el} \cdot t_t}{n_m \cdot n_b \cdot L} * N_h * 10^{-3} \quad (3-19)$$

C_{bom} =Coato de bombeo

t_{el} = tarifa eléctrica

t_t = tiempo de trabajo

n_m = rendimiento del motor

n_b = rendimiento de la bomba

L = Longitud en metros (1m)

N_h = potencia hidráulica

Costo fijo

El costo fijo en tuberías se refiere a los costos que no varían con la cantidad de líquido transportado a través de la tubería, sino que se mantienen constantes independientemente del nivel de producción [32]. Este puede incluir el costo de la tubería en sí misma, y la vida útil dando nos así la siguiente formula:

$$C_F = \frac{C_{tub}}{V_u}$$

C_F = Costo de bombeo

C_{tub} = Costo de tubería

V_u = Vida útil

Costo total

El costo total en tuberías puede incluir tanto los costos fijos como los costos variables asociados a la construcción, operación y mantenimiento de una red de tuberías. El costo total dependerá de diversos factores, como el tipo de materiales utilizados, la longitud y diámetro de la tubería, la presión requerida y la distancia entre puntos de suministro y consumo [34] . Se lo calcula con la siguiente formula:

$$C_T = C_{bom} + C_F \quad (3-20)$$

C_T =Costo total

C_{bom} = Costo de bombeo

C_F = Costo final

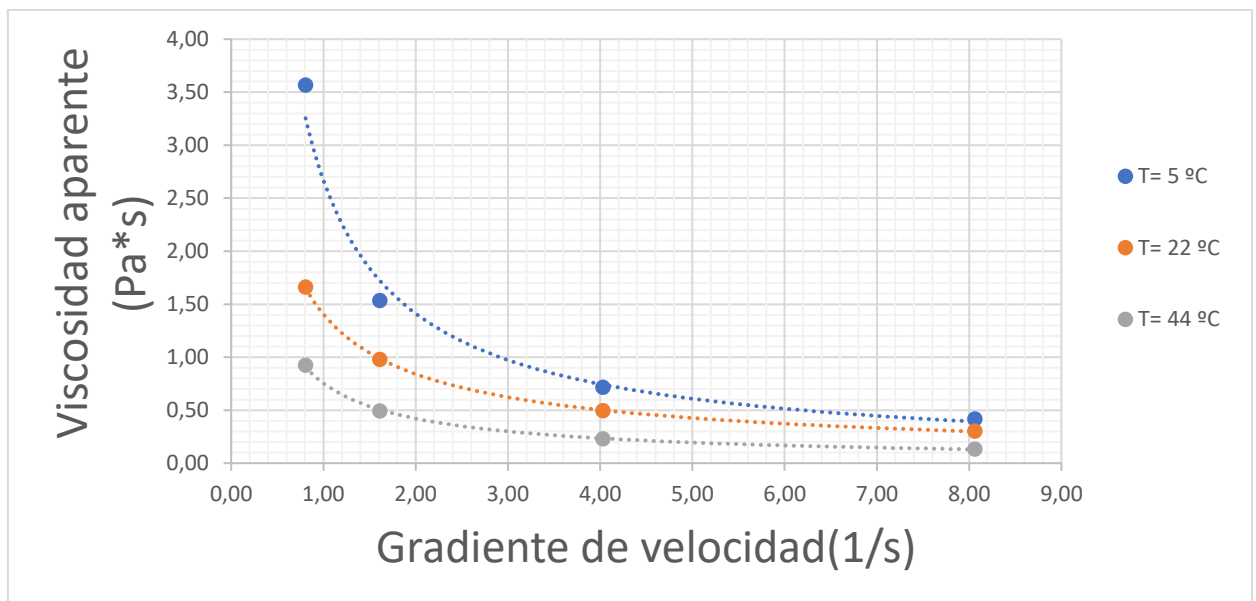
3.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.4.1 Descripción de comportamiento reológico del yogurt

3.4.1.1 Yogurt rotor N1

Este estudio reológico del yogurt se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad. Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el comportamiento de viscosidad del yogurt en aplicaciones de dimensionamiento de tuberías. En la figura 32 se muestra el reograma del yogurt, con el promedio de la viscosidad aparente (3-8) a diferentes temperaturas.

Figura 22: Rotor N1 del yogurt



Nota. Grafica con relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt para temperaturas de a T (°C)= 5, 22, 44. (rotor n1).

Del análisis reológico del yogurt se observó que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente es más baja mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante el uso de las siguientes ecuaciones: la viscosidad Pseudoplástica e índice de flujo. [34] [32] [33].

A la temperatura de T=5 °C se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9868$ y viscosidad aparente (ecuación viscosidad aparente 3-8).

$$\tau = 2,70 \cdot \gamma^{-0,91} \quad (3-21)$$

A la temperatura de $T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente sustitución de variables donde se obtuvo lo siguiente: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9998$ y viscosidad aparente.

$$\tau = 1,40 \cdot \gamma^{-0,74} \quad (3-22)$$

A la temperatura de $T=44\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo lo siguiente: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9989$ y viscosidad aparente (3-23)

$$\tau = 0,76 \cdot \gamma^{-0,84} \quad (3-23)$$

Mediante variables anteriores (3-21) (3-22) (3-23) (3-24) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 5°C , 22°C , 44°C .

Tabla 16: Parámetros reológicos del yogurt producido en la planta de Salache.

$T^{\circ}\text{C}$	Índice de consistencia (Pa*s)	Índice de flujo (Pa)
5	2,6709	0,081
22	1,406	0,259
44	0,7545	0,159

Con la **Tabla 16** se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica con respecto a la temperatura y el esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura y con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

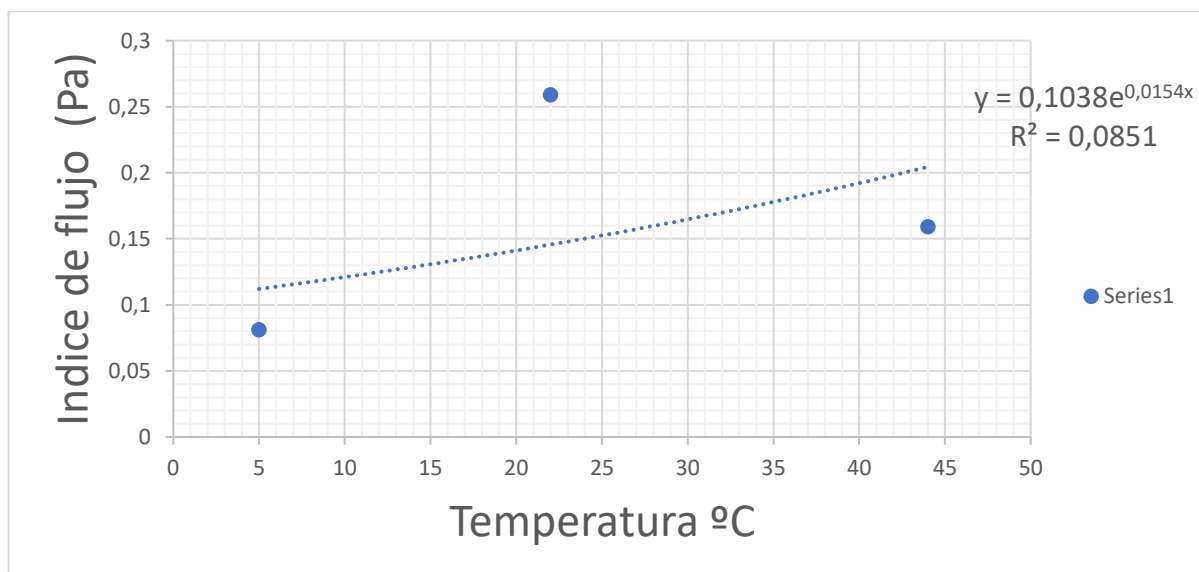


Figura 23: Índice de flujo del yogurt en (rotor n1)

En la **Figura 23** se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto.

Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,0851$ y viscosidad aparente (3-24).

$$\tau = 0,10 \cdot \gamma^{-0,015x} \quad (3-24)$$

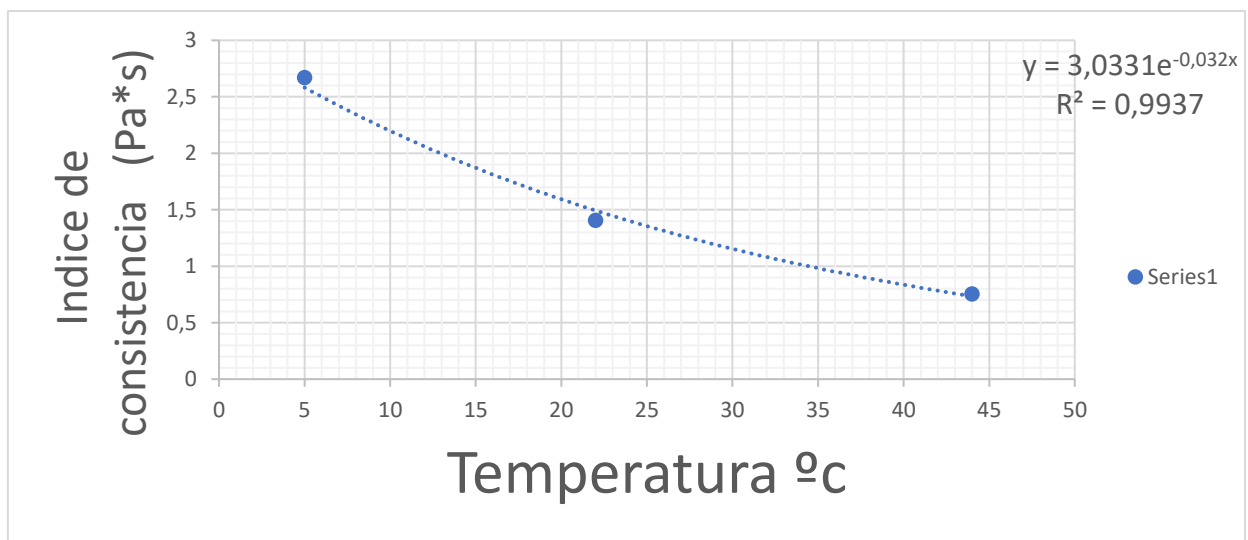


Figura 24: Dependencia de viscosidad o consistencia del yogurt (rotor n1)

Como se puede apreciar en la **Figura 24** el índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9937$ y viscosidad aparente (ecuación viscosidad aparente (3-8)

$$\tau = 3,03 \cdot \gamma^{-0,03x} \quad (3-25)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la **Figura 25**.

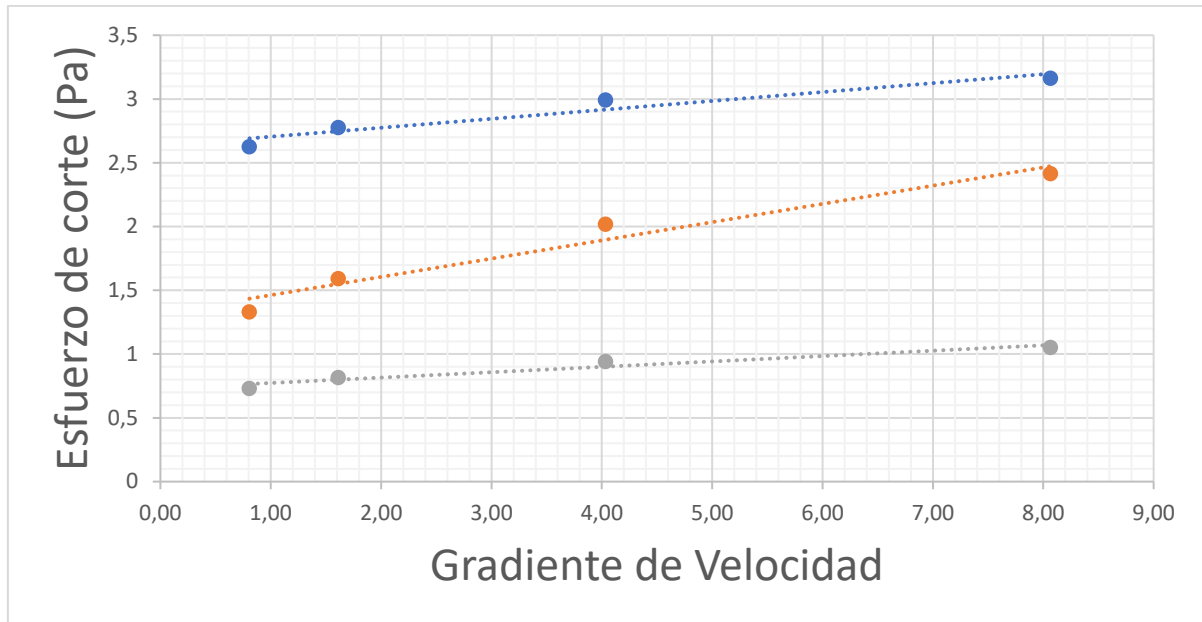


Figura 25: Grafica de esfuerzo cortante en relación con la gradiente (rotor n1)

A partir de la **Figura 25** se observa que el fluido aumenta los parámetros característicos con el incremento de su temperatura.

A medida de la temperatura del yogurt aumenta para valores de 5°C, 22°C, 44°C, el yogurt se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudoplástico (Modelo de ley de potencia (3-1)): y(Modelo de Bingham (3-2)).

3.4.1.2 Yogurt rotor N2

Este estudio reológico del yogurt se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad. Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el comportamiento de viscosidad del yogurt en aplicaciones de dimensionamiento de tuberías. En la figura 36. Se muestra el reograma del yogurt, con el promedio de la viscosidad aparente a diferentes temperaturas (ecuación viscosidad aparente 3-8).

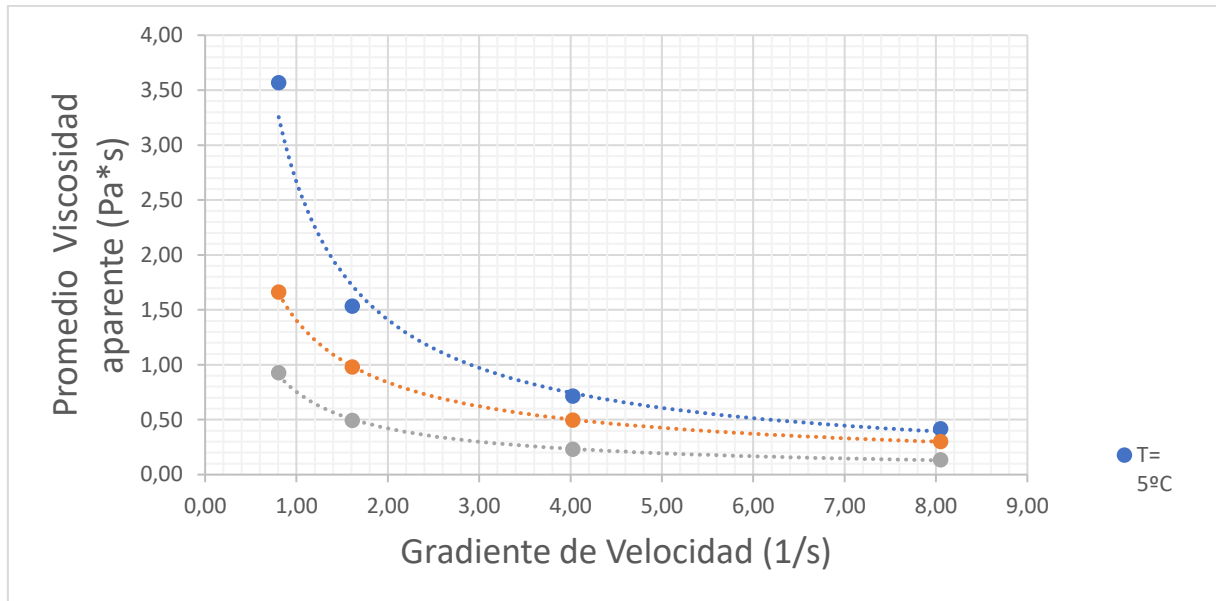


Figura 26: Relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt (rotor n2)

Del análisis reológico de la mermelada de acuerdo con la **Figura 26** se observa que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente es más baja mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones la viscosidad pseudoplástico y índice de flujo.

A la temperatura de $T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9868$ y viscosidad aparente (3-26).

$$\tau = 2,67 \cdot \gamma^{-0,92} \quad (3-26)$$

A la temperatura de $T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9998$ y viscosidad aparente (3-27).

$$\tau = 1,40 \cdot \gamma^{-0,74} \quad (3-27)$$

A la temperatura de $T=44\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9989$ y viscosidad aparente (3-28).

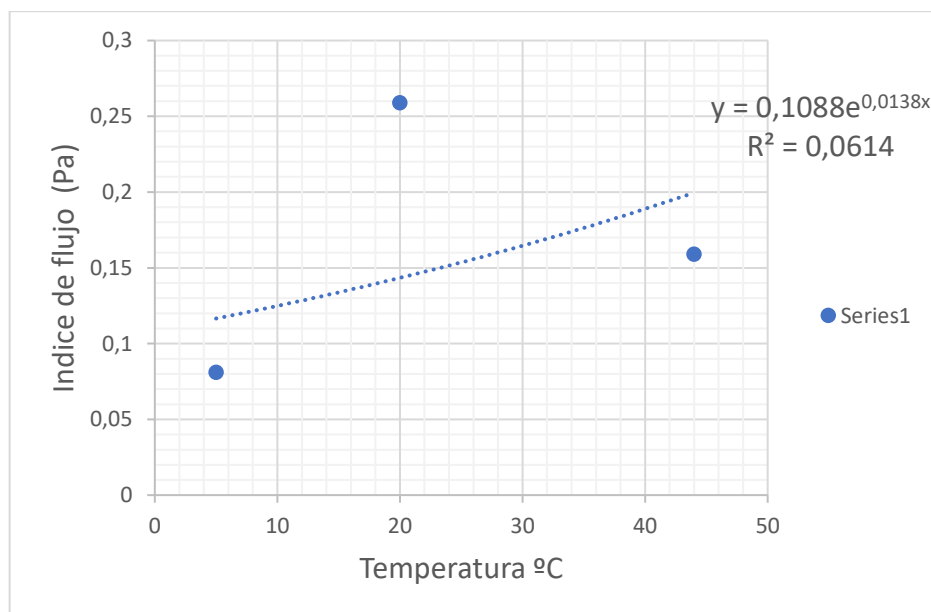
$$\tau = 0,76 \cdot \gamma^{-0,84} \quad (3-28)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas(3-28) (3-27) (3-26) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 5°C , 22°C , 44°C .

Tabla 17: Parámetros reológicos del yogurt producido en la planta de Salache.

Temperatura °C	Índice de consistencia (Pa*s)	Índice de flujo (Pa)
5	2,6672	0,081
22	1,4044	0,259
44	0,7536	0,159

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica con respecto a la temperatura y el esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura y con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

**Figura 27:** Relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt (rotor n2)

En la **Figura 27** se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto.

Con esta gráfica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,0851$ y viscosidad aparente (3-29).

$$\tau = 0,10 \cdot \gamma^{-0,016x} \quad (3-29)$$

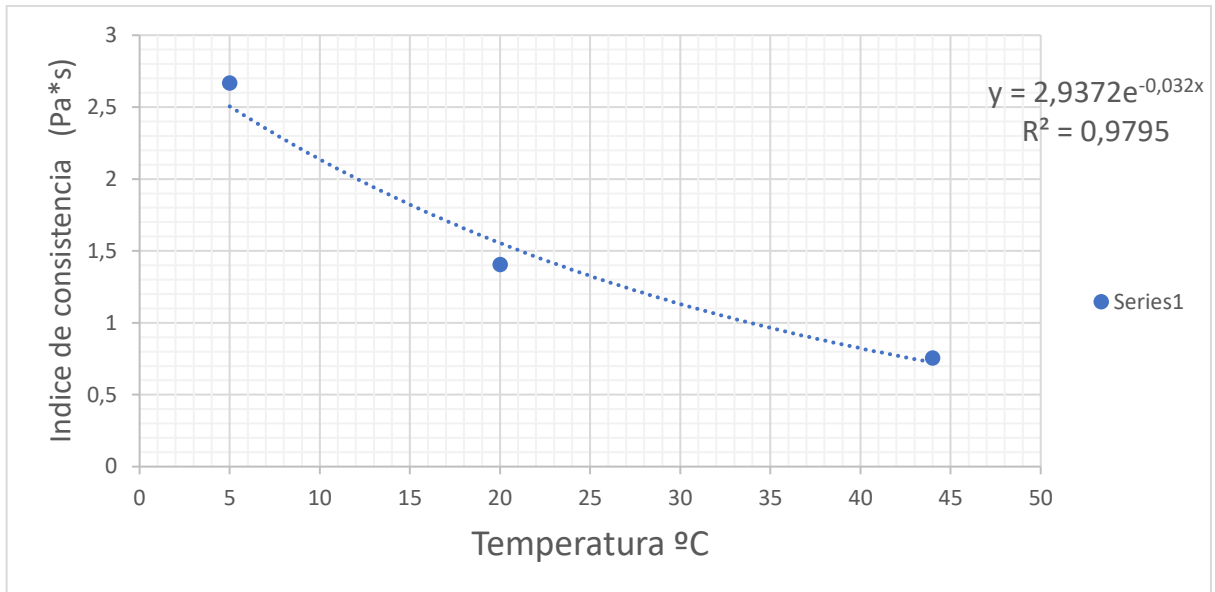


Figura 28: Relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt (rotor n2)

Como se puede apreciar en la **Figura 28**. El índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Coefficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9937$ y viscosidad aparente (3-30)

$$\tau = 3,03 \cdot \gamma^{-0,03x} \quad (3-30)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la figura 39

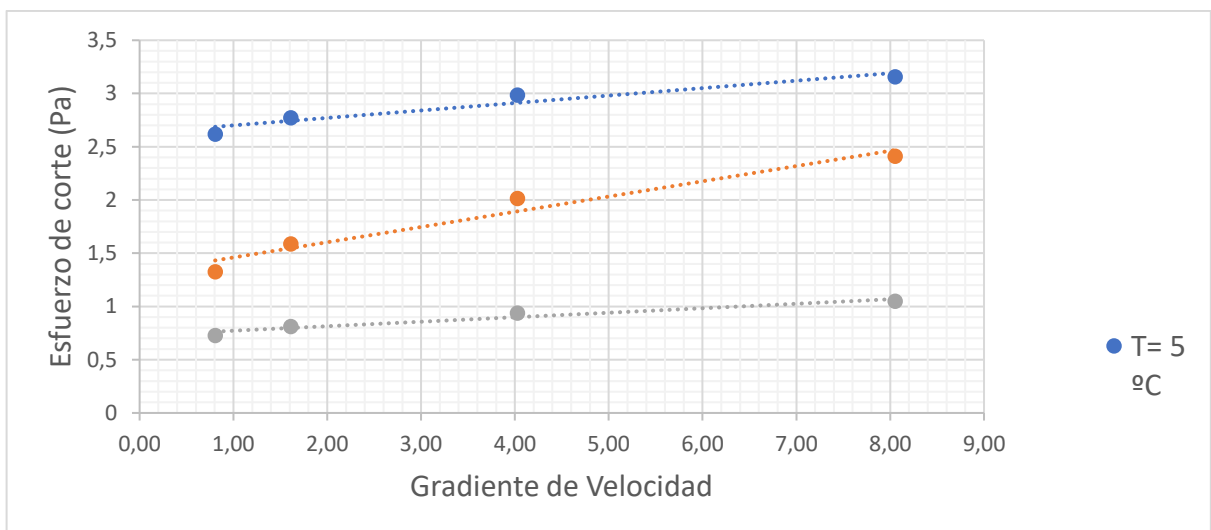


Figura 29: Grafica de esfuerzo cortante en relación con la gradiente (rotor n1).

A partir de la **Figura 29**. se observa que el fluido aumenta los parámetros característicos con el incremento de su temperatura.

A medida de la temperatura del yogurt aumenta para valores de 5°C, 22°C, 44°C, el yogurt se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudoplástico (Modelo de ley de potencia (3-1)): y (Modelo de Bingham (3-2)):

3.4.1.3 Yogurt rotor N3

Este estudio reológico del yogurt se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad. Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el comportamiento de viscosidad del yogurt en aplicaciones de dimensionamiento de tuberías. En la **Figura 30** se muestra el reograma del yogurt, con el promedio de la viscosidad aparente a diferentes temperaturas (ecuación viscosidad aparente 3-8).

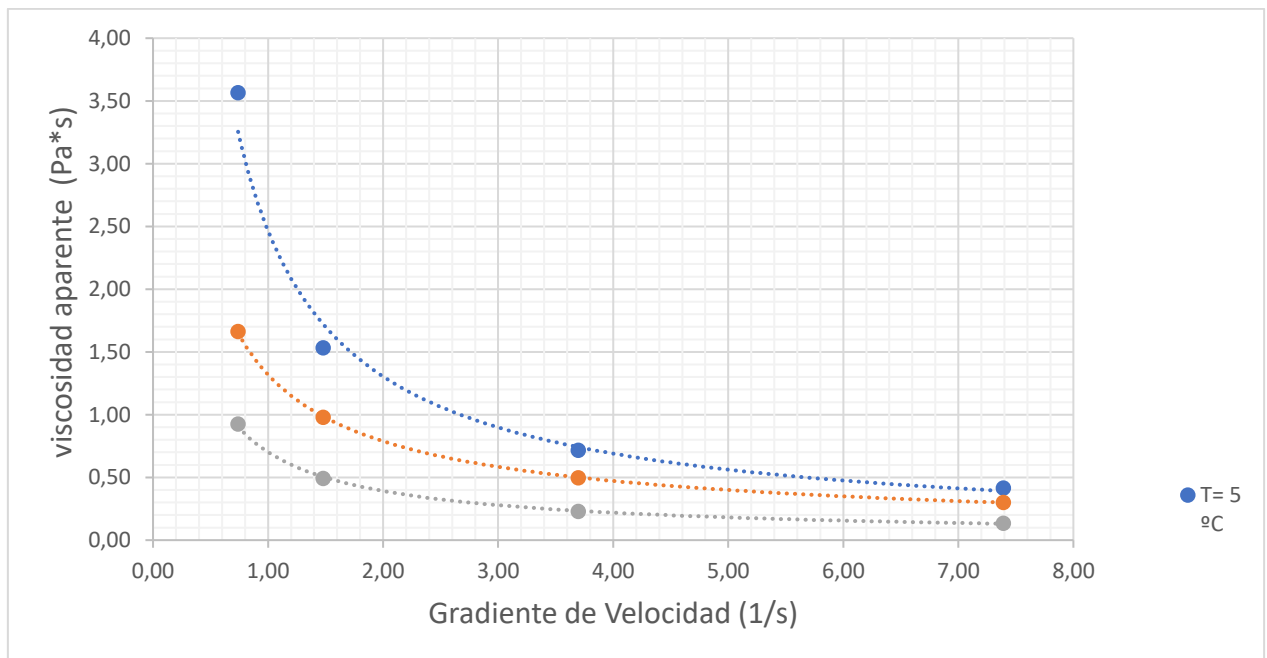


Figura 30: Relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente del yogurt (rotor n3)

Del análisis reológico del yogurt de acuerdo con la **Figura 30**, se observa que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente es más baja mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones la viscosidad pseudoplástico y índice de flujo.

A la temperatura de T=5 °C se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple

de $R^2 = 0,9868$ y viscosidad aparente (3-31)

$$\tau = 2,47 \cdot \gamma^{-0,92} \quad (3-31)$$

A la temperatura de $T=2\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9998$ y viscosidad aparente (3-32).

$$\tau = 1,32 \cdot \gamma^{-0,74} \quad (3-32)$$

A la temperatura de $T=44\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9989$ y viscosidad aparente (3-33).

$$\tau = 0,70 \cdot \gamma^{-0,84} \quad (3-33)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-31) (3-32) (3-33) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 5°C , 22°C , 44°C .

Tabla 18: parámetros reológicos del yogurt producido en la planta de Salache.

Temperatura $^{\circ}\text{C}$	Índice de consistencia (Pa·s)	Índice de flujo (Pa)
5	2,4657	0,081
22	1,3182	0,259
44	0,7013	0,159

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica con respecto a la temperatura y el esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura y con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

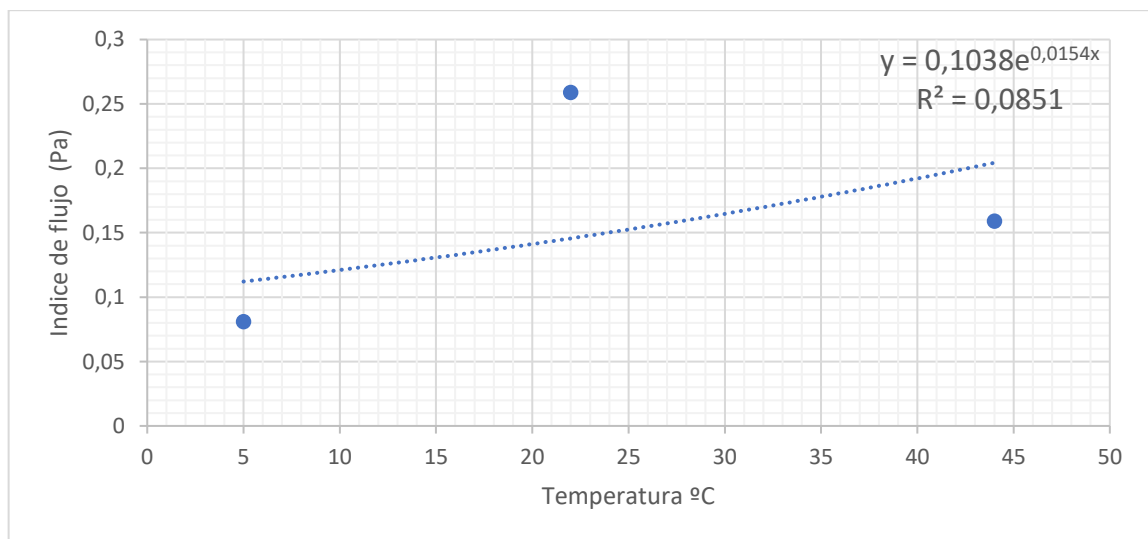


Figura 31: Índice de flujo del yogurt (rotor n3)

En la **Figura 31**. se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto.

Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,0851$ y viscosidad aparente (3-34).

$$\tau = 0,10 \cdot \gamma^{-0,015x} \quad (3-34)$$

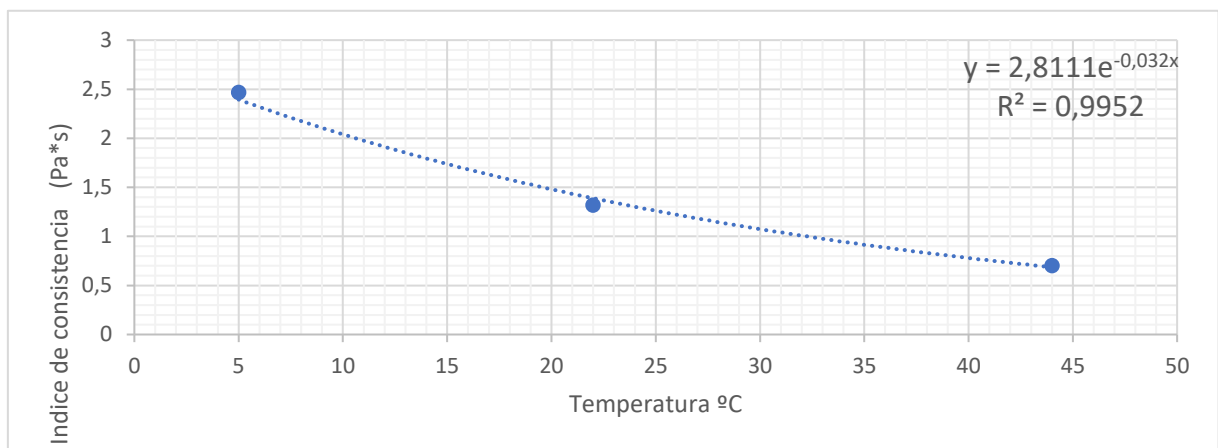


Figura 32: Dependencia de viscosidad o consistencia del yogur en función de su Temperatura 5°C, 22°C, 44 °C (rotor n3)

Como se puede apreciar en la **Figura 32**. El índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9952$ y viscosidad aparente (3-35)

$$\tau = 2,81 \cdot \gamma^{-0,03x} \quad (3-35)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la **Figura 33**.

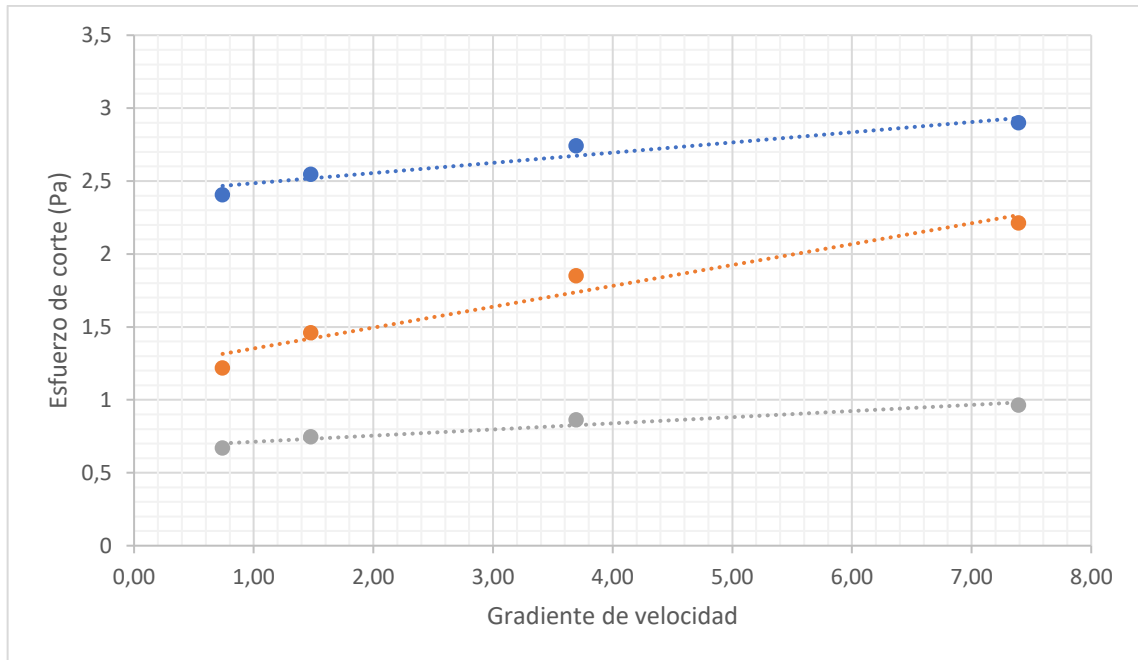


Figura 33: Grafica de esfuerzo cortante en relación con la gradiente. (rotor n3)

A partir de la **Figura 33**, se observa que el fluido aumenta los parámetros característicos con el incremento de su temperatura.

A medida de la temperatura del yogurt aumenta para valores de 5°C, 22°C, 44°C, el yogurt se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudopolítico. (Modelo de ley de potencia (3-1)): y (Modelo de Bingham (3-2)).

3.4.2 Descripción de comportamiento reológico del néctar

3.4.2.1 Néctar rotor n1

Este estudio reológico del néctar se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad. Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el comportamiento de viscosidad del Néctar en aplicaciones de dimensionamiento de tuberías. En la **Figura 34**, se muestra el reograma del néctar, con el promedio de la viscosidad aparente a diferentes temperaturas.

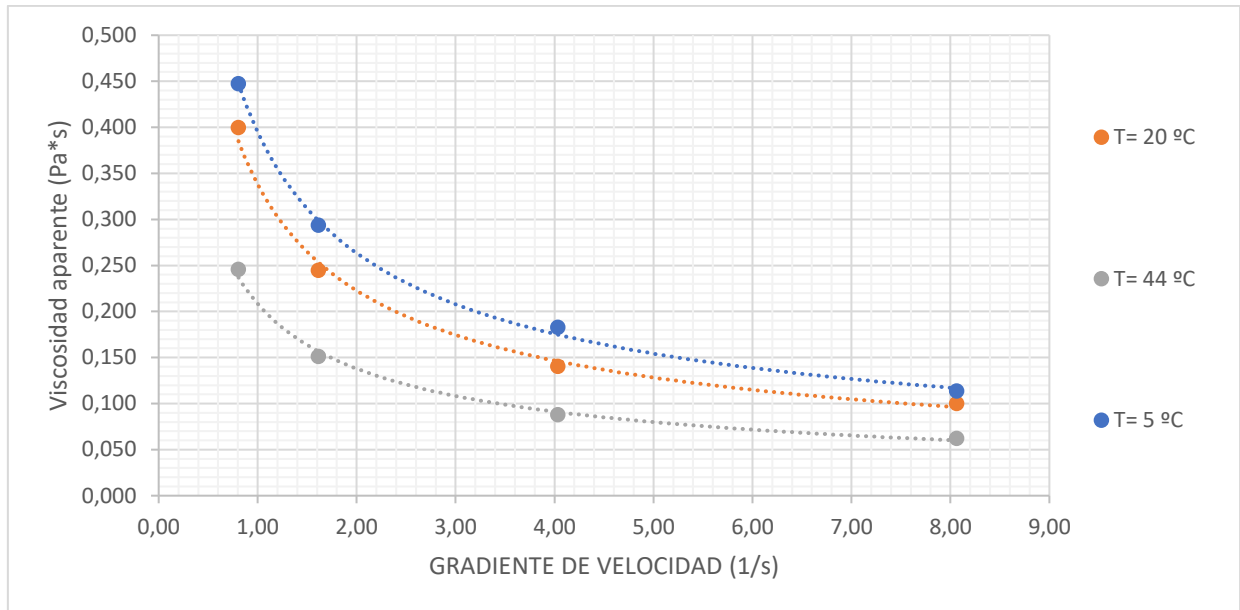


Figura 34: Grafica con relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente de viscosidad del néctar para temperaturas a T ($^{\circ}\text{C}$) = 5, 20, 44. (rotor n1)

Del análisis reológico del néctar de acuerdo con la **Figura 34**. se observar que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente es más baja mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones la viscosidad pseudoplástico y índice de flujo.

A la temperatura de $T=5$ $^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9986$ y viscosidad aparente (3-36)

$$\tau = 0,40 \cdot \gamma^{-0,59} \quad (3-36)$$

A la temperatura de $T=20$ $^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9953$ y viscosidad aparente (3-37)

$$\tau = 0,34 \cdot \gamma^{-0,60} \quad (3-37)$$

A la temperatura de $T=44$ $^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9954$ y viscosidad aparente (3-38)

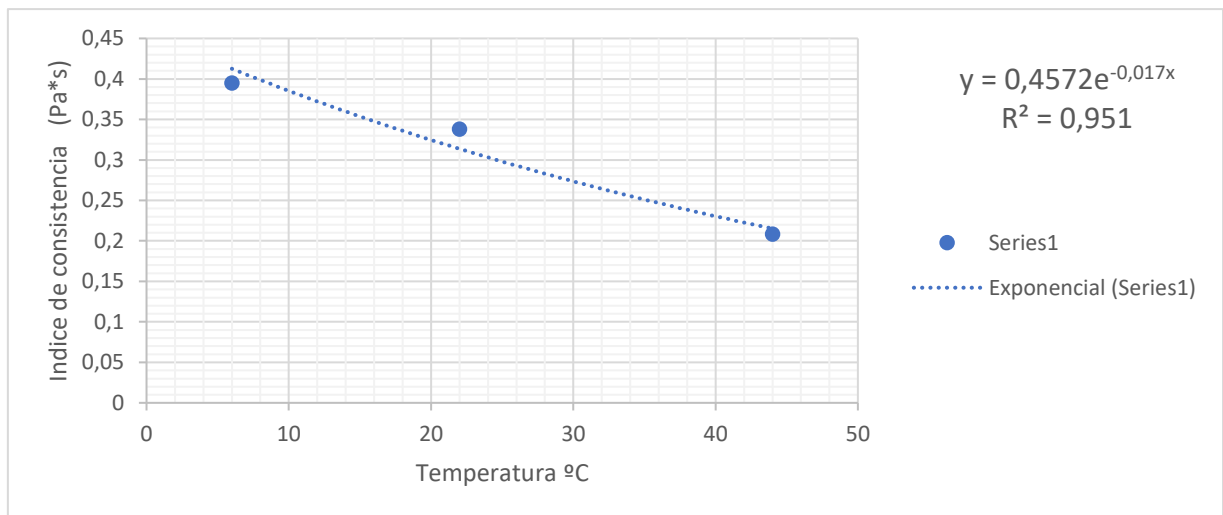
$$\tau = 0,21 \cdot \gamma^{-0,60} \quad (3-38)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-36) (3-37) (3-38) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 5°C , 20°C , 44°C .

Tabla 19: Parámetros reológicos del néctar producido en la planta de Salache

Temperatura °C	Índice de consistencia (Pa*s)	Índice de flujo (Pa)
5	0,395	0,416
20	0,3382	0,398
44	0,2085	0,404

Con la tabla 32. de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica con respecto a la temperatura y el esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura y con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

**Figura 35:** Índice de flujo del néctar en función a su temperatura 5°C, 20°C, 44 °C. (rotor n1)

En la **Figura 35.** se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto.

Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,951$ y viscosidad aparente (3-39)

$$\tau = 0,46 \cdot \gamma^{-0,01x} \quad (3-39)$$

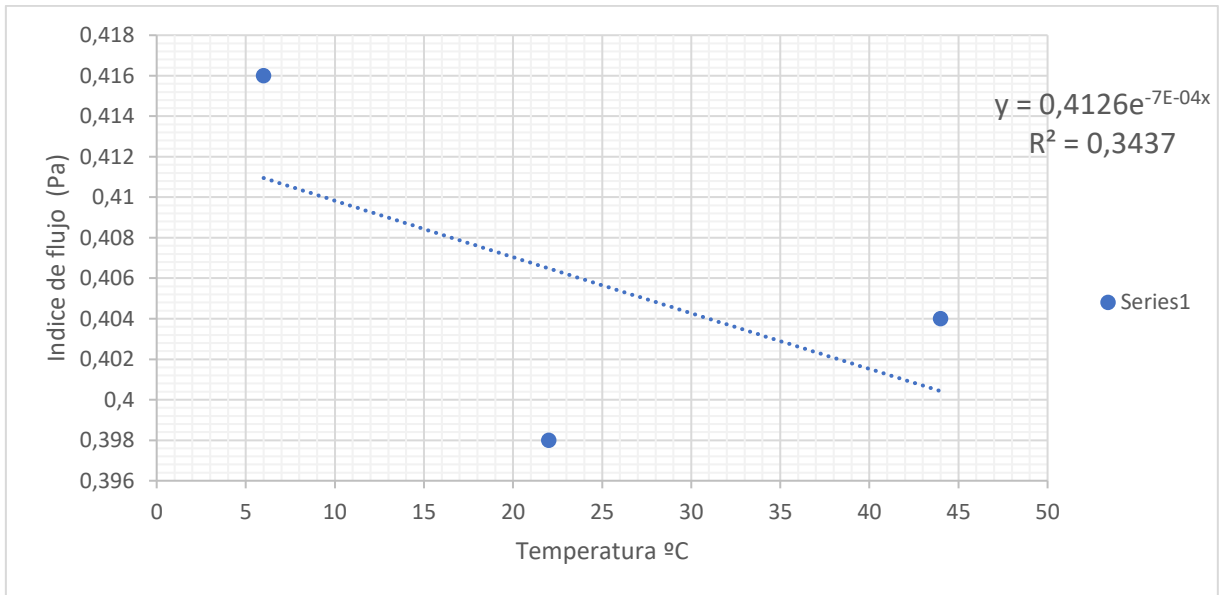


Figura 36: Dependencia de viscosidad o consistencia del néctar en función de su Temperatura 5°C, 20°C, 40 °C. (rotor n1)

Como se puede apreciar en la **Figura 36**. El índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta. Coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,3437$ y viscosidad aparente (3-40).

$$\tau = 0,41 \cdot \gamma^{-7E-04x} \quad (3-40)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la figura 47.

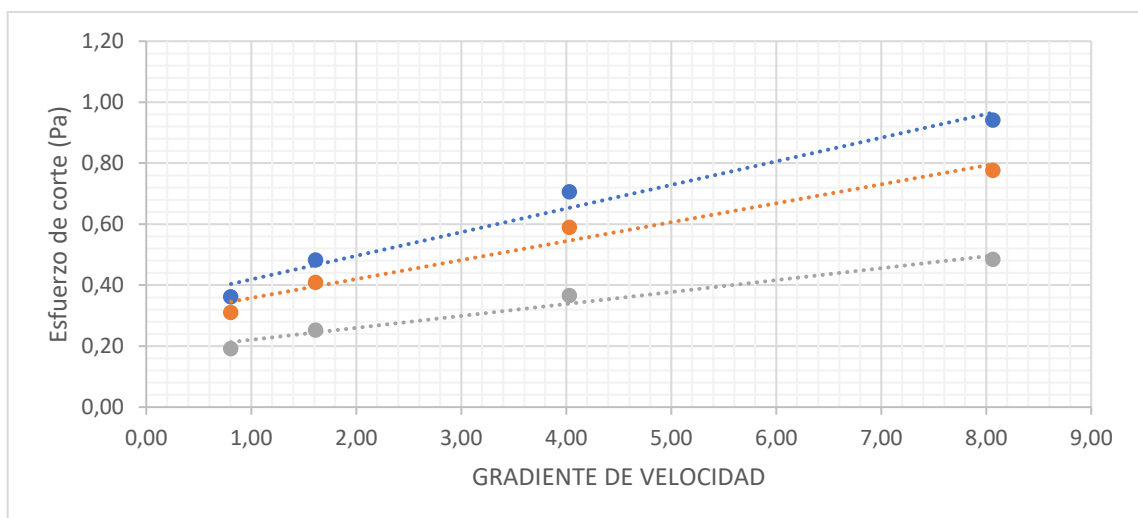


Figura 37: Reograma de las viscosidades del néctar, para temperaturas de 5°C, 20°C, 40°C. (rotor n1)

A partir de la **Figura 37**, se observa que el fluido aumenta los parámetros característicos con el incremento de su temperatura.

A medida de la temperatura del néctar aumenta para valores de 5°C, 20°C, 40°C, el néctar se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudopolítico (Modelo de ley de potencia (3-1)): y (Modelo de Bingham (3-2)).

3.4.2.2 Néctar rotor n2

Este estudio reológico del néctar se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad. Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el comportamiento de viscosidad del Néctar en aplicaciones de dimensionamiento de tuberías. En la figura 48. se muestra el reograma del néctar, con el promedio de la viscosidad aparente a diferentes temperaturas.

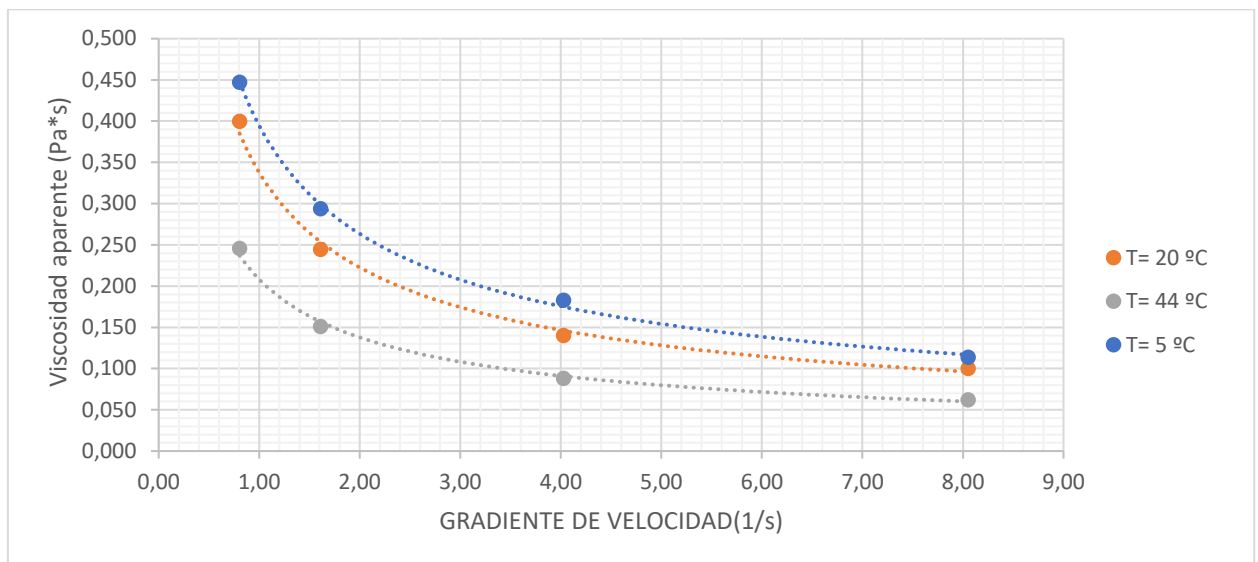


Figura 38: Grafica relación viscosidad aparente y gradiente del néctar

Del análisis reológico del néctar de acuerdo con la **Figura 38**, se observa que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente es más baja mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones la viscosidad pseudoplástico y índice de flujo.

A la temperatura de T=5 °C se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9986$ y viscosidad aparente (3-41)

$$\tau = 0,40 \cdot \gamma^{-0,59} \quad (3-41)$$

A la temperatura de $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9953$ y viscosidad aparente (3-42)

$$\tau = 0,34 \cdot \gamma^{-0,60} \quad (3-42)$$

A la temperatura de $T=44\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9954$ y viscosidad aparente (3-43)

$$\tau = 0,21 \cdot \gamma^{-0,60} \quad (3-43)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-41) (3-42) (3-43) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 5°C , 20°C , 44°C .

Tabla 20: Parámetros reológicos del néctar producido en la planta de Salache.

Temperatura $^{\circ}\text{C}$	Índice de consistencia (Pa·s)	Índice de flujo (Pa)
5	0,3946	0,416
20	0,3379	0,398
44	0,2083	0,404

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica con respecto a la temperatura y el esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura y con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

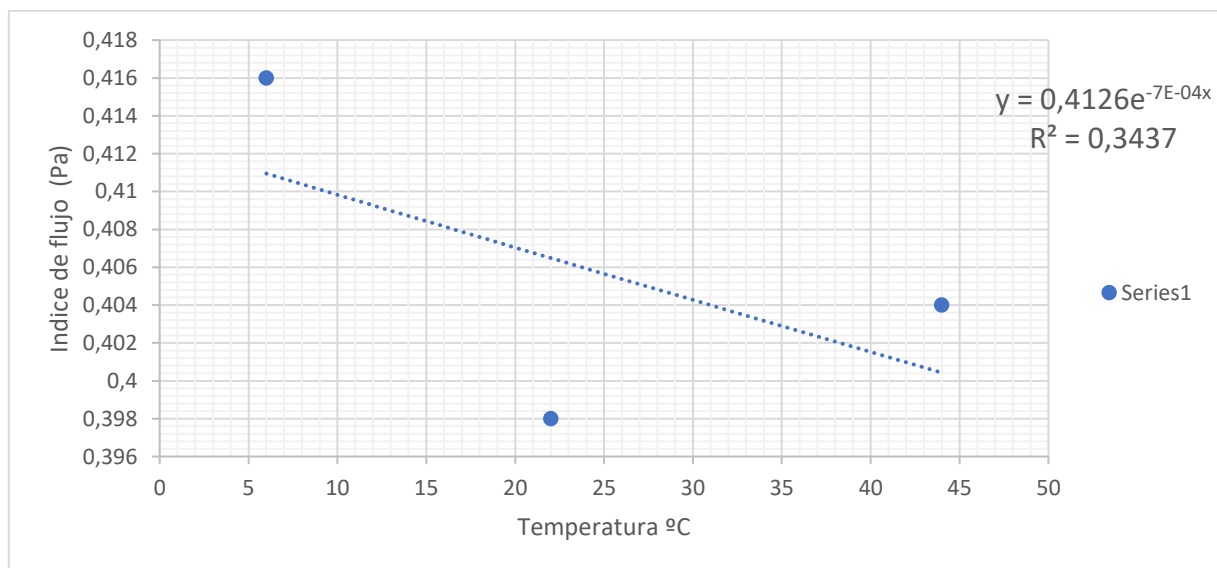


Figura 39: Índice de flujo del néctar en función a su temperatura 5°C , 20°C , $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. (rotor n2)

En la **Figura 39**. se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto.

Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9509$ y viscosidad aparente (3-44)

$$\tau = 0,46 \cdot \gamma^{-0,01x} \quad (3-44)$$

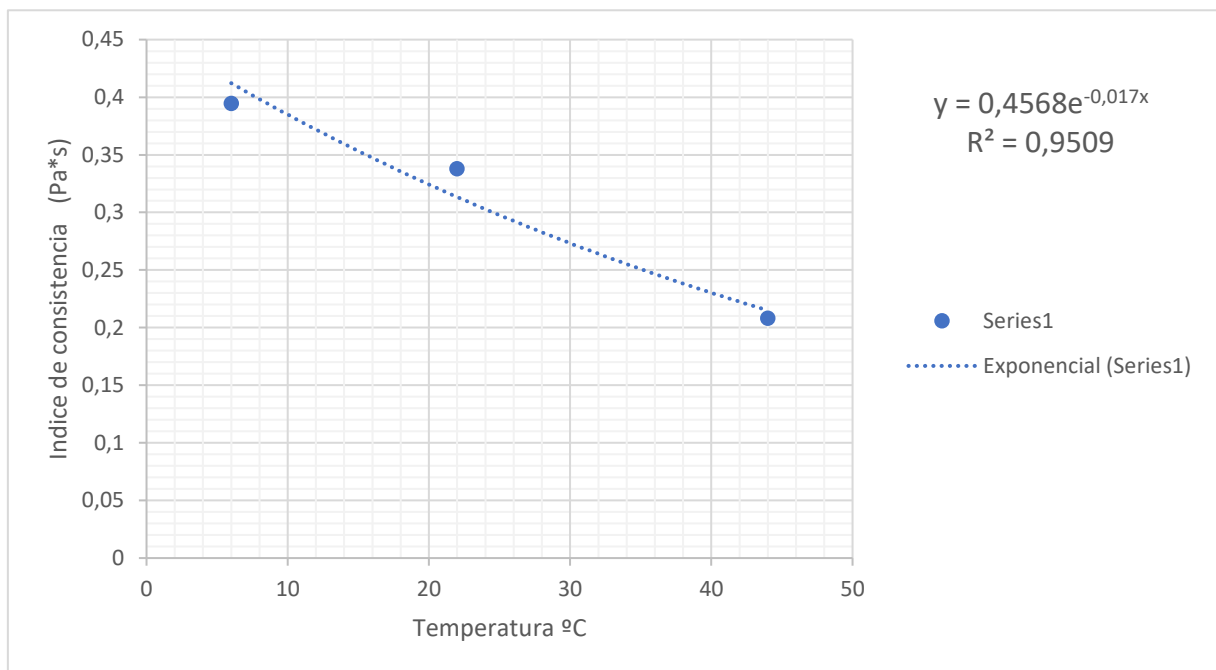


Figura 40: Dependencia de viscosidad o consistencia del néctar en función de su Temperatura 5°C, 20°C, 44 °C. (rotor n2)

Como se puede apreciar en la **Figura 40**. El índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,3437$ y viscosidad aparente (3-45)

$$\tau = 0,41 \cdot \gamma^{-7E-04x} \quad (3-45)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la **Figura 41**.

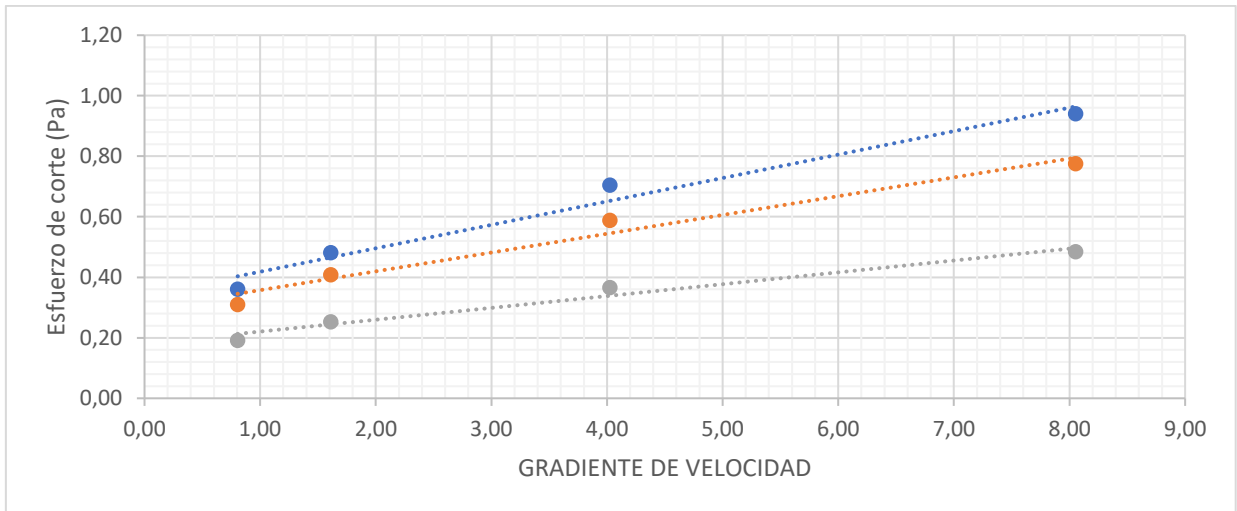


Figura 41: Reograma de las viscosidades del néctar, T de 5°C, 20°C, 44°C. (rotor n2)

A partir de la **Figura 41**, se observa que el fluido aumenta los parámetros característicos con el incremento de su temperatura.

A medida de la temperatura del néctar aumenta para valores de 5°C, 20°C, 44°C, el néctar se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudoplástico.

3.4.2.3 Néctar rotor n3

Este estudio reológico del néctar se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad. Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el comportamiento de viscosidad del Néctar en aplicaciones de dimensionamiento de tuberías. En la **Figura 42**, se muestra el reograma del néctar, con el promedio de la viscosidad aparente a diferentes temperaturas.

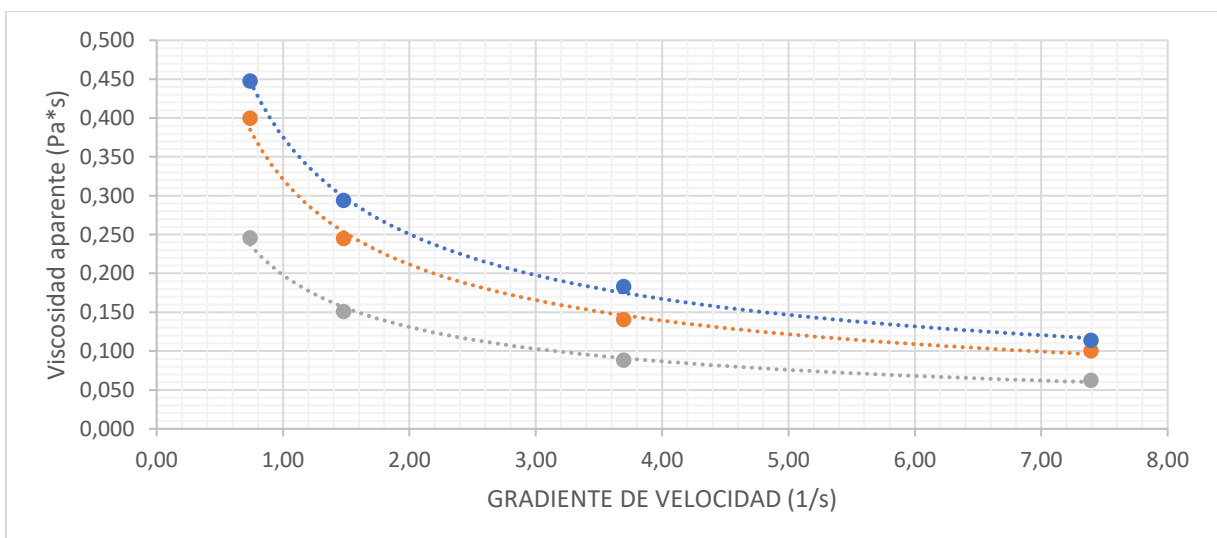


Figura 42: promedio de la viscosidad aparente y gradiente de viscosidad del a 44 °C

Del análisis reológico del néctar de acuerdo con la **Figura 42**. se observar que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente es más baja mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta.

Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones la viscosidad pseudoplástico y índice de flujo.

A la temperatura de $T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9986$ y viscosidad aparente (3-46)

$$\tau = 0,38 \cdot \gamma^{-0,59} \quad (3-46)$$

A la temperatura de $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9953$ y viscosidad aparente (3-47).

$$\tau = 0,32 \cdot \gamma^{-0,60} \quad (3-47)$$

A la temperatura de $T=44\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9954$ y viscosidad aparente (3-48).

$$\tau = 0,20 \cdot \gamma^{-0,60} \quad (3-48)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-46) (3-47) (3-48) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 5°C . 20°C , 44°C .

Tabla 21: Parámetros reológicos del néctar producido en la planta de Salache.

Temperatura $^{\circ}\text{C}$	Índice de consistencia (Pa·s)	Índice de flujo (Pa)
5	0,3754	0,416
20	0,321	0,398
44	0,198	0,404

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica con respecto a la temperatura y el esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura y con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

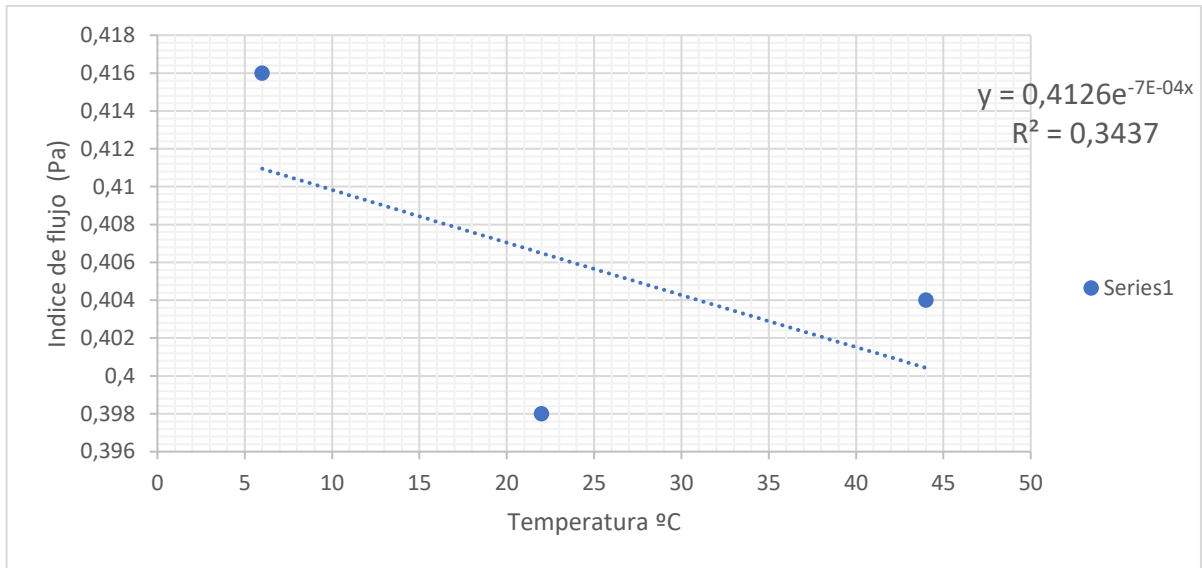


Figura 43: Índice de flujo del néctar en función a su temperatura 5°C, 20°C, 44°C. (rotor n3)

En la **Figura 43**. se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto.

Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,952$ y viscosidad aparente (3-49).

$$\tau = 0,43 \cdot \gamma^{-0,01x} \quad (3-49)$$

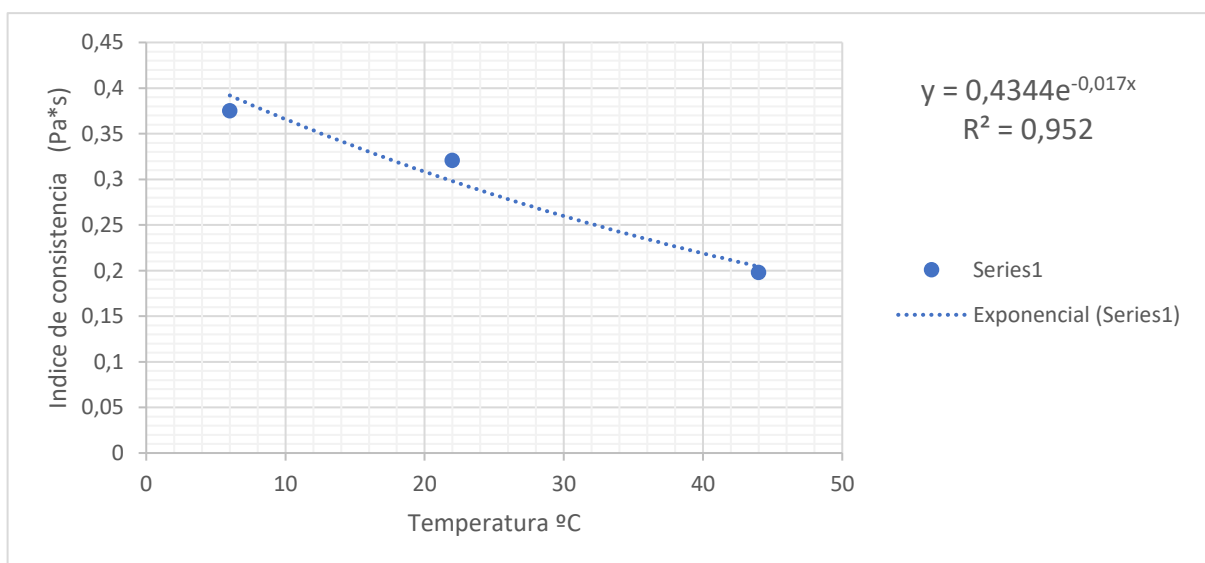


Figura 44: Dependencia de viscosidad o consistencia del néctar en función de su Temperatura 5°C, 20°C, 40 °C. (rotor n3)

Como se puede apreciar en la **Figura 44**. El índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Coefficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,3437$ y viscosidad aparente (3-50)

$$\tau = 0,41 \cdot \gamma^{-7E-04x} \quad (3-50)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la **Figura 45**.

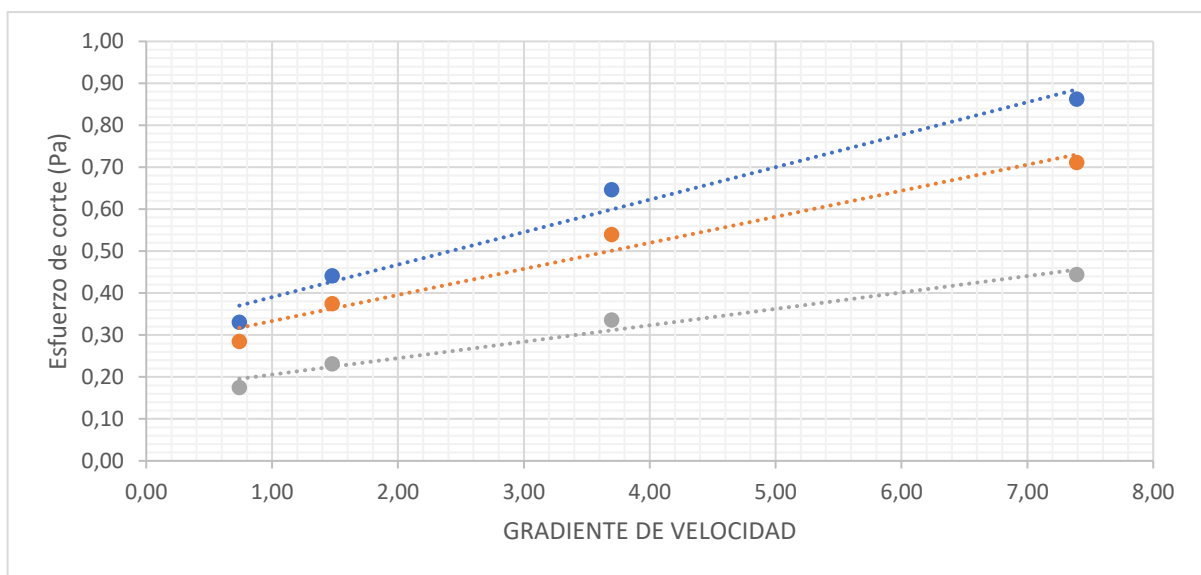


Figura 45: Reograma de las viscosidades del néctar, T de 5°C, 20°C, 44°C. (rotor n3)

A partir de la **Figura 45**. se observa que el fluido aumenta los parámetros característicos con el incremento de su temperatura. A medida de la temperatura del néctar aumenta para valores de 5°C, 20°C, 44°C, el néctar se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudoplástico.

3.4.3 Descripción de comportamiento reológico de la mermelada.

3.4.3.1 Primer Rotor.

El estudio reológico de la mermelada se realizó con el primer rotor del viscosímetro NDJ8S el cual tiene un diámetro de 0,0189 metros, se enfocó en el comportamiento físico en términos de fluidez y viscosidad. Los resultados se enfocaron en la utilidad para modelar los resultados en la producción en aplicación industriales. En la figura 56 se muestra la gráfica donde se relaciona

el promedio de las mediciones de la viscosidad aparente y el gradiente de velocidad a diferentes temperaturas.

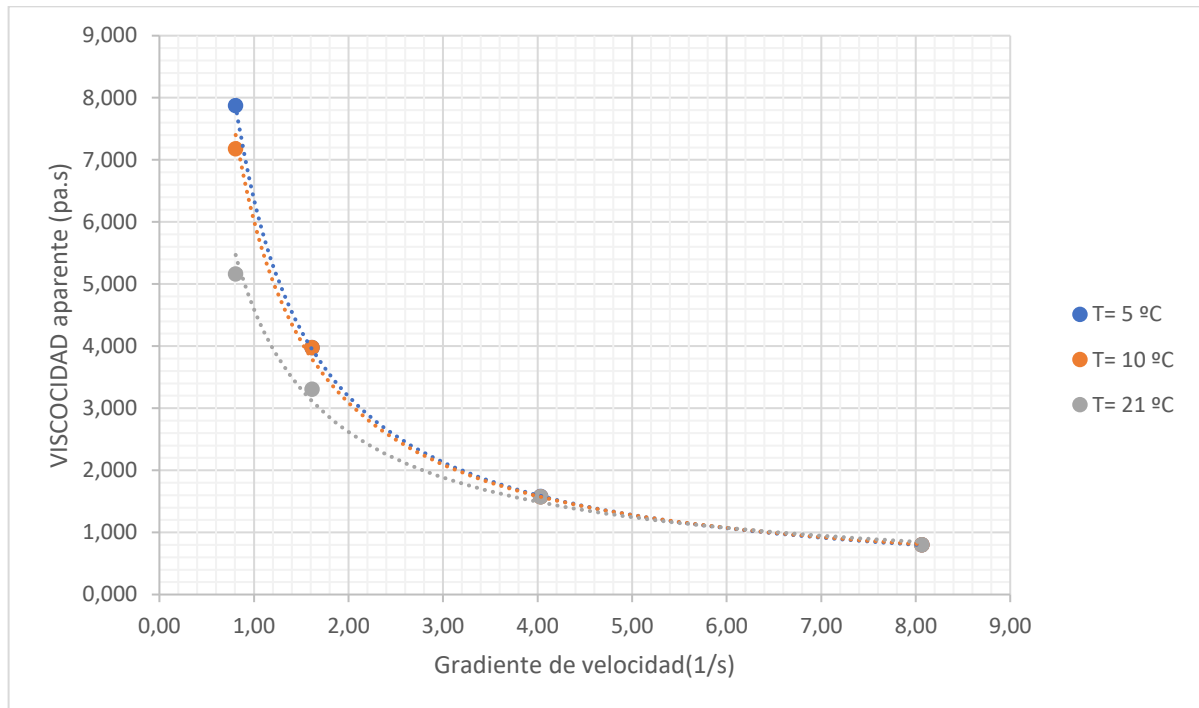


Figura 46: Relación del promedio de la viscosidad aparente a T (°C) = 5, 10, 21.

Del análisis reológico de la mermelada de acuerdo con la gráfica, **Figura 46**, se observa que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente baja, mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones la viscosidad plástica (3-10) y Esfuerzo de corte inicial (3-9).

A la temperatura de T=5 °C se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 1$ y viscosidad aparente (3-51).

$$\tau = 6,37 \cdot \gamma^{-0,99} \quad (3-51)$$

A la temperatura de T=10 °C se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9978$ y viscosidad aparente (3-52).

$$\tau = 6,01 \cdot \gamma^{-0,96} \quad (3-52)$$

A la temperatura de T=21 °C se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,992$ y viscosidad aparente (3-53).

$$\tau = 4,60 \cdot \gamma^{-0,81} \quad (3-53)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-51) (3-52) (3-53) se obtiene los parámetros reológicos de la mermelada para las temperaturas 5°C, 10°C, 21°C.

Tabla 22: Parámetros reológicos de la mermelada producido en la planta de Salache.

T°C	Viscosidad plástica (Pa*s)	Esfuerzo de corte inicial (Pa)
5	6,36	0,004
10	6,018	0,038
21	4,59	0,189

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica y el esfuerzo de corte con respecto a la temperatura.

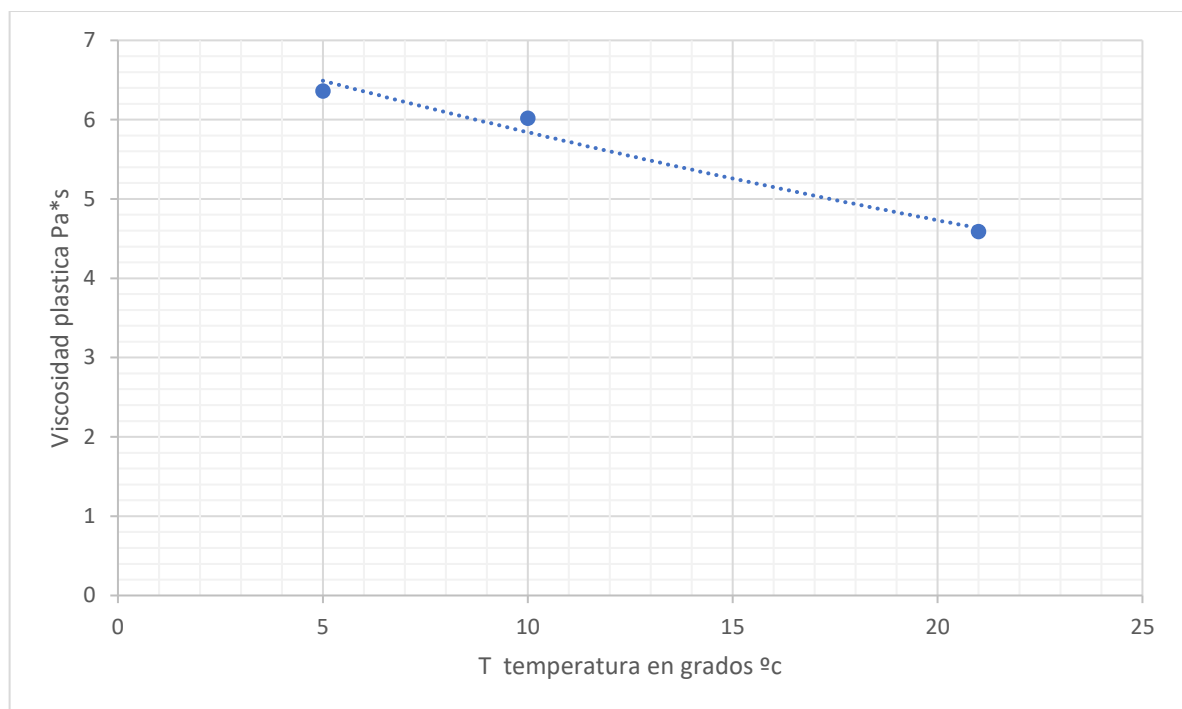


Figura 47: Grafica de relación de viscosidad plástica y temperatura.

Con esta **Figura 47**. se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9719$ y viscosidad aparente (3-54).

$$\tau = 7,21 \cdot \gamma^{-0,02x} \quad (3-54)$$

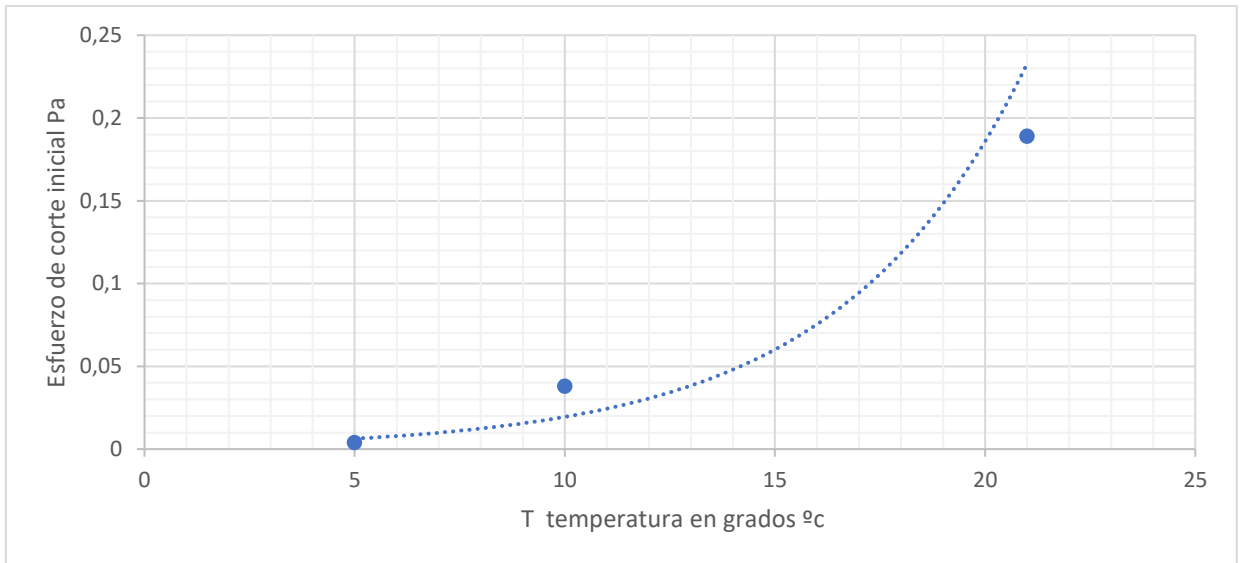


Figura 48: Grafica de esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura.

Coefficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9853$ y viscosidad aparente (3-55)

$$\tau = 0,002 \cdot \gamma^{-0,23x} \quad (3-55)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento plástico según la **Figura 49**

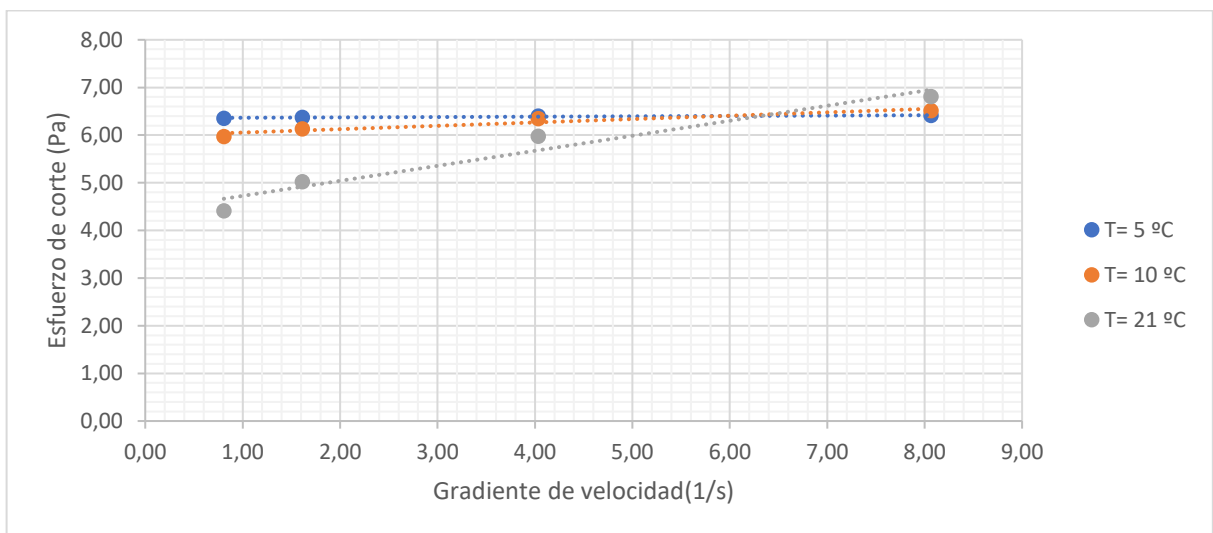


Figura 49: Grafica de esfuerzo de corte en relación con el gradiente de velocidad.

En este caso gracias al comportamiento reológico del reograma nos pudimos dar cuenta que la mermelada pertenecía a los plásticos ideales y no a los pseudoplásticos. Esta grafica también ayuda a encontrar la ecuación de esfuerzo de corte el cual ayuda calcular el análisis técnico económico de tubería óptima para el fluido.

A la temperatura de $T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9161$ y viscosidad plástica (3-56).

$$\mu_t = 0,0076x + 6,3564 \quad (3-56)$$

A la temperatura de $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9219$ y viscosidad plástica (3-57).

$$\mu_t = 0,0076x + 5,983 \quad (3-57)$$

A la temperatura de $T=21\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9161$ y viscosidad plástica (3-58).

$$\mu_t = 0,3152x + 4,4098 \quad (3-58)$$

Las ecuaciones de la viscosidad plástica y la ecuación del esfuerzo de corte del reograma permiten el análisis técnico económico de la tubería óptima para el fluido, cabe mencionar que estos son únicamente válidos para las condiciones específicas en las que se realizó el ajuste experimental.

3.4.3.2 Segundo Rotor.

El estudio reológico de la mermelada se realizó con el segundo rotor del viscosímetro NDJ8S el cual tiene un diámetro de 0,0188 metros, se enfocó en el comportamiento físico en términos de fluidez y viscosidad. Los resultados se enfocaron en la utilidad para modelar los resultados en la producción en aplicación industriales. En la **Figura 50** se muestra la gráfica donde se relaciona el promedio de las mediciones de la viscosidad aparente y el gradiente de velocidad a diferentes temperaturas.

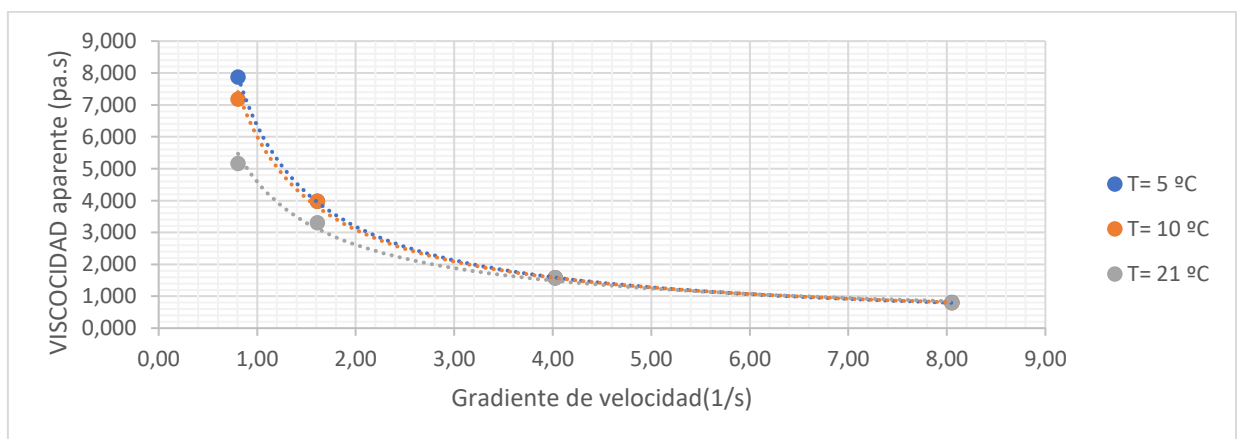


Figura 50: Relación del promedio de la viscosidad aparente y el gradiente de la mermelada

Del análisis reológico de la mermelada de acuerdo con la gráfica se observa que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente baja, mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones la viscosidad plástica y Esfuerzo de corte inicial.

A la temperatura de $T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 1$ y viscosidad aparente (3-59).

$$\tau = 6,36 \cdot \gamma^{-0,99} \quad (3-59)$$

A la temperatura de $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9978$ y viscosidad aparente (3-60).

$$\tau = 6,01 \cdot \gamma^{-0,97} \quad (3-60)$$

A la temperatura de $T=21\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,992$ y viscosidad aparente (3-61).

$$\tau = 4,59 \cdot \gamma^{-0,81} \quad (3-61)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-59) (3-60) (3-61) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 5°C , 10°C , 21°C .

Tabla 23: Parámetros reológicos de la mermelada producido en la planta de Salache.

$T\text{ }^{\circ}\text{C}$	viscosidad plástica (Pa·s)	Esfuerzo de corte inicial (Pa)
5	6,3548	0,004
10	6,0099	0,038
21	4,5891	0,189

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica y el esfuerzo de corte con respecto a la temperatura.

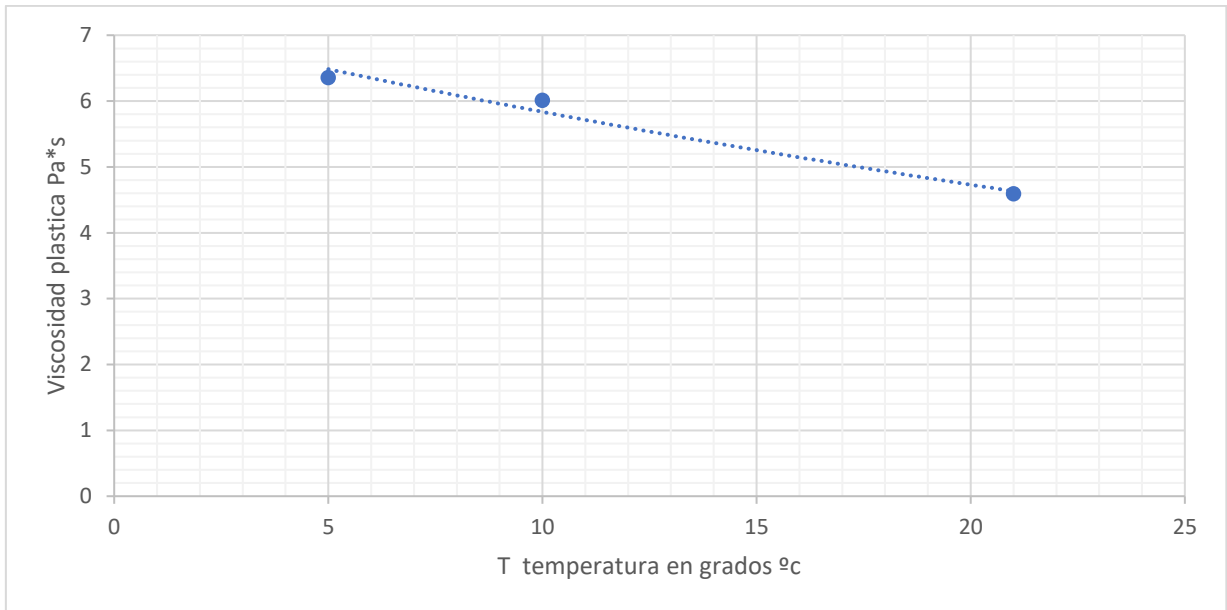


Figura 51: Grafica de relación de viscosidad plástica y temperatura.

En la **Figura 51** se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9727$ y viscosidad aparente (3-62)

$$\tau = 7,20 \cdot \gamma^{-0,02x} \quad (3-62)$$

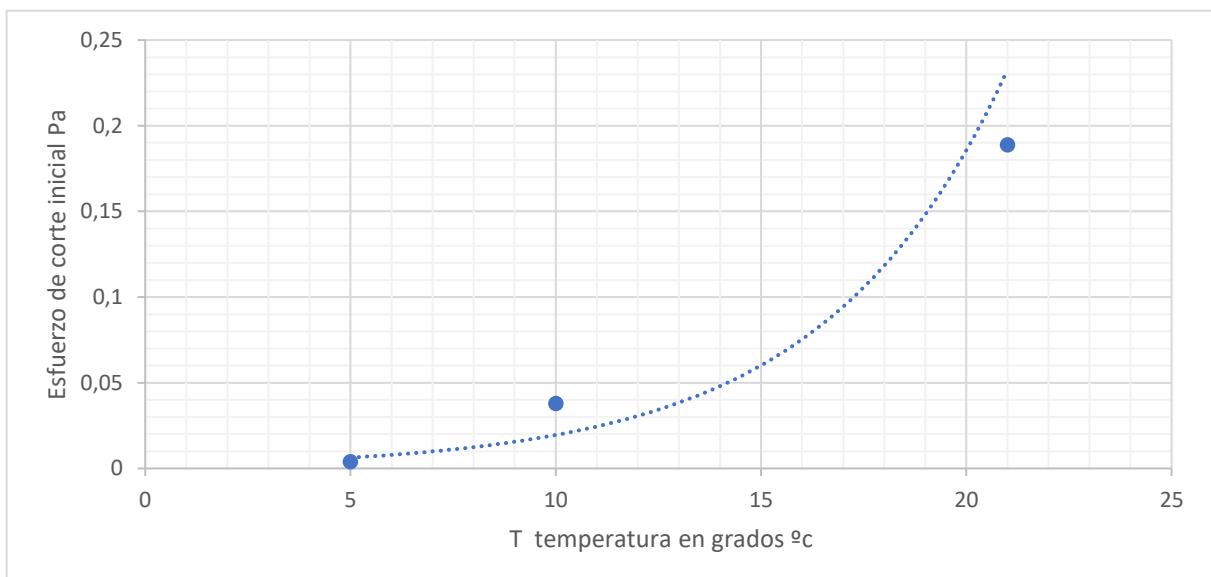


Figura 52: Grafica de esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura.

Coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9853$ y viscosidad aparente (3-63)

$$\tau = 0,002 \cdot \gamma^{-0,22x} \quad (3-63)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento plástico según la **Figura 53**.

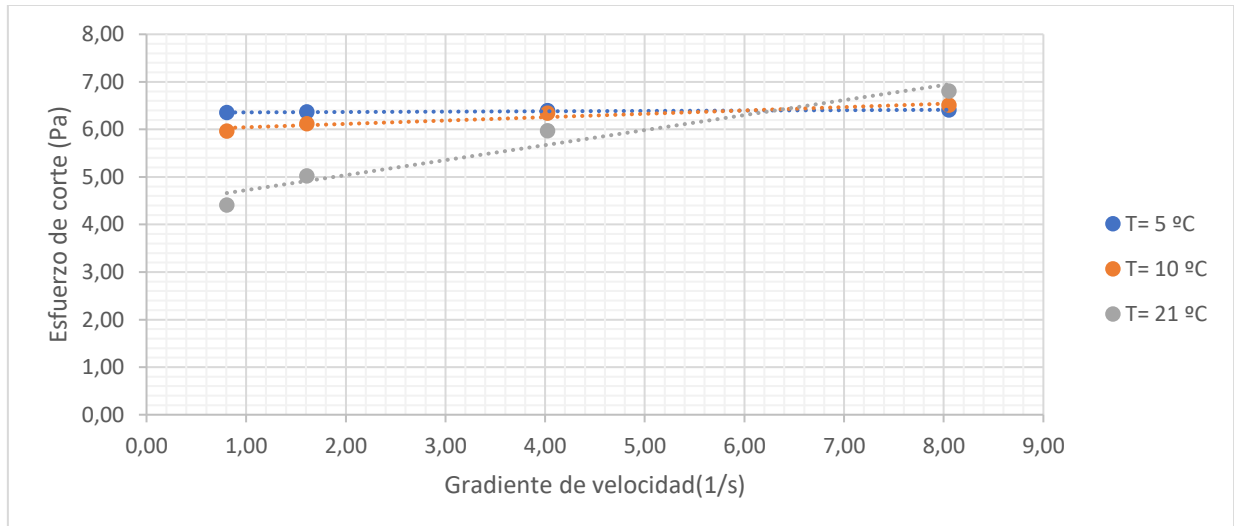


Figura 53: Grafica de esfuerzo de corte en relación con el gradiente de velocidad.

En este caso gracias al comportamiento reológico del reograma se concluye que la mermelada pertenece a los plásticos ideales y no a los pseudoplásticos. Esta grafica también ayuda a encontrar la ecuación de esfuerzo de corte el cual ayuda calcular el análisis técnico económico de tubería óptima para el fluido.

A la temperatura de $T=5\text{ °C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9161$ y viscosidad plástica (3-64).

$$\mu_t = 0,0076x + 6,3511 \quad (3-64)$$

A la temperatura de $T=10\text{ °C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9219$ y viscosidad plástica (3-65).

$$\mu_t = 0,0707x + 5,9746 \quad (3-65)$$

A la temperatura de $T=21\text{ °C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9453$ y viscosidad plástica (3-66).

$$\mu_t = 0,3156x + 4,4076 \quad (3-66)$$

Las ecuaciones de la viscosidad plástica y la ecuación del esfuerzo de corte del reograma permiten el análisis técnico económico de la tubería óptima para el fluido, cabe mencionar que estos son únicamente válidos para las condiciones específicas en las que se realizó el ajuste experimental.

3.4.3.3 Tercer Rotor.

El estudio reológico de la mermelada se realizó con el tercer rotor del viscosímetro NDJ8S el cual tiene un diámetro de 0,01286 metros, se enfocó en el comportamiento físico en términos de fluidez y viscosidad. Los resultados se enfocaron en la utilidad para modelar los resultados en la producción en aplicación industriales. En la **Figura 54**, se muestra la gráfica donde se relaciona el promedio de las mediciones de la viscosidad aparente y el gradiente de velocidad a diferentes temperaturas.

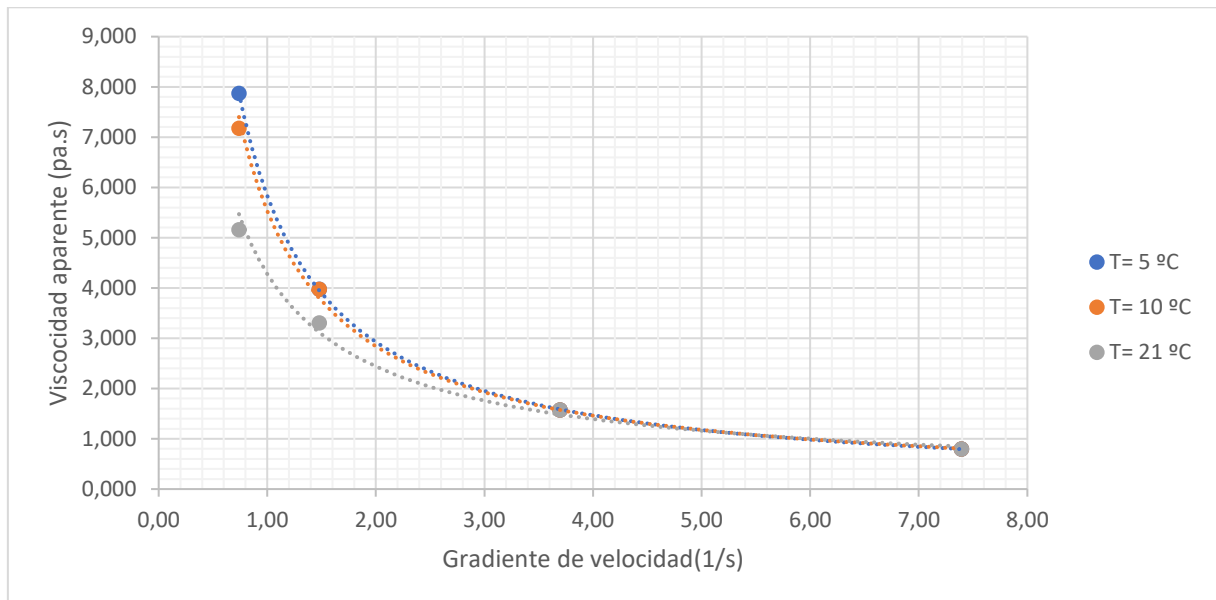


Figura 54: Relación del promedio de la viscosidad aparente y el gradiente

Del análisis reológico de la mermelada de acuerdo con la gráfica podemos observar que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente baja, mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones la viscosidad plástica y Esfuerzo de corte inicial.

A la temperatura de $T=5\text{ °C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 1$ y viscosidad aparente (3-67)

$$\tau = 5,84 \cdot \gamma^{-0,99} \quad (3-67)$$

A la temperatura de $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9978$ y viscosidad aparente (3-68).

$$\tau = 5,54 \cdot \gamma^{-0,96} \quad (3-68)$$

A la temperatura de $T=21\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,992$ y viscosidad aparente (3-69).

$$\tau = 4,29 \cdot \gamma^{-0,81} \quad (3-69)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-68) (3-67)(3-69) se obtiene los parámetros reológicos de la mermelada para las temperaturas 5°C , 10°C , 21°C .

Tabla 24: Parámetros reológicos de la mermelada producido en la planta de Salache rotor3.

$T\text{ }^{\circ}\text{C}$	viscosidad plástica (Pa·s)	Esfuerzo de corte inicial (Pa)
5	6,3548	0,004
10	6,0099	0,038
21	4,5891	0,189

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento de la viscosidad plástica y el esfuerzo de corte con respecto a la temperatura.

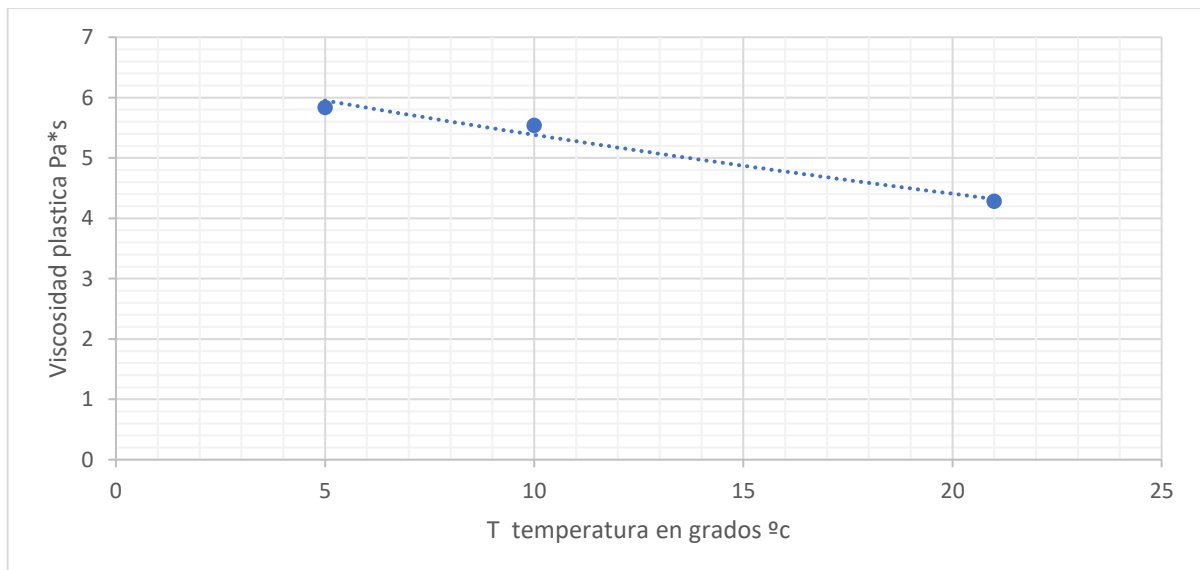


Figura 55: Grafica de relación de viscosidad plástica y temperatura.

Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: Coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9727$ y viscosidad aparente (3-70)

$$\tau = 6,576 \cdot \gamma^{-0,02x} \quad (3-70)$$

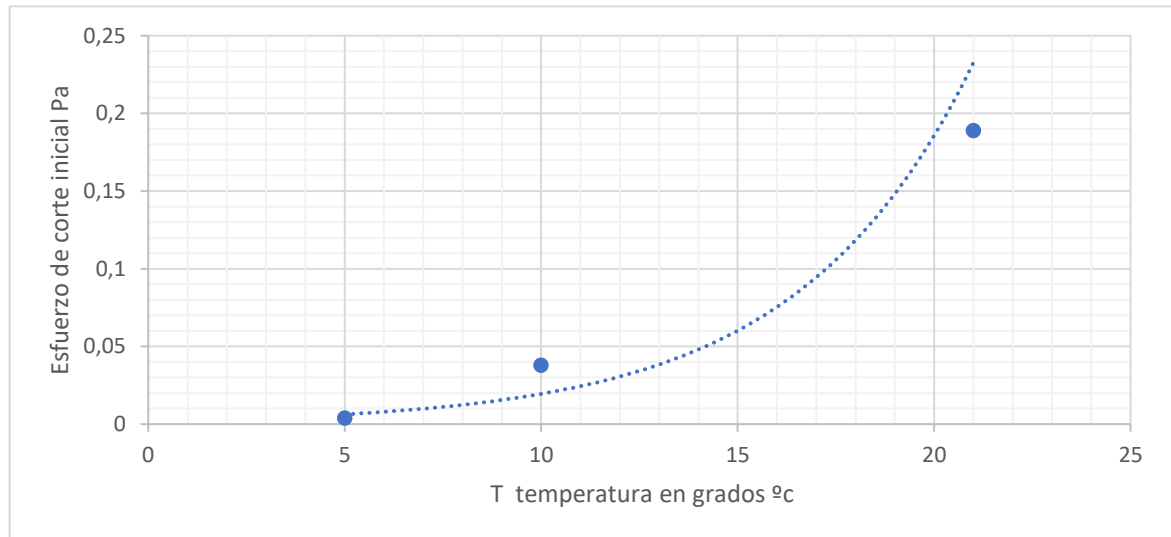


Figura 56: Grafica de esfuerzo de corte inicial con respecto a la temperatura.

Coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9853$ y viscosidad aparente (3-71)

$$\tau = 0,002 \cdot \gamma^{-0,23x} \quad (3-71)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento plástico según la **Figura 57**.

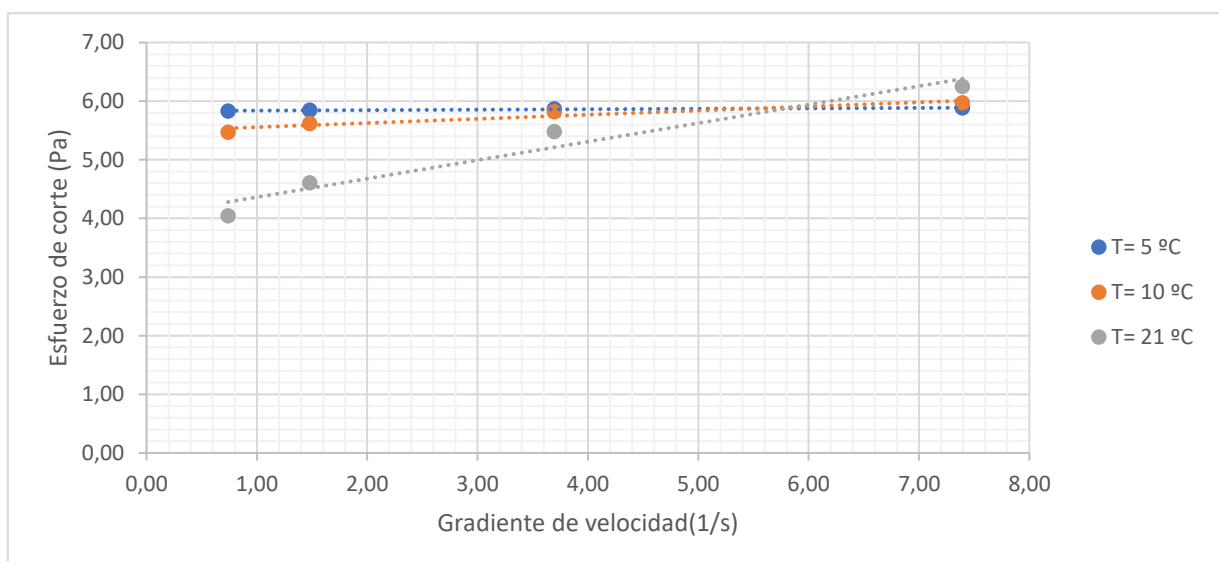


Figura 57: Grafica de esfuerzo de corte en relación con el gradiente de velocidad.

En este caso gracias al comportamiento reológico del reograma se concluye que la mermelada pertenece a los plásticos ideales y no a los pseudoplásticos. Esta grafica también ayuda a encontrar la ecuación de esfuerzo de corte el cual ayuda calcular el análisis técnico económico de tubería óptima para el fluido.

A la temperatura de $T=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9161$ y viscosidad plástica (3-72).

$$\mu_t = 0,0076x + 5,8312 \quad (3-72)$$

A la temperatura de $T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9219$ y viscosidad plástica (3-72).

$$\mu_t = 0,00707x + 5,4856 \quad (3-73)$$

A la temperatura de $T=21\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9453$ y viscosidad plástica (3-74).

$$\mu_t = 0,3156x + 4,0468 \quad (3-74)$$

Las ecuaciones de la viscosidad plástica y la ecuación del esfuerzo de corte del reograma permiten el análisis técnico económico de la tubería óptima para el fluido, cabe mencionar que estos son únicamente válidos para las condiciones específicas en las que se realizó el ajuste experimental.

3.4.4 Descripción de comportamiento reológico de la bebida probiótica.

3.4.4.1 Primer Rotor.

Este estudio reológico de la bebida probiótica se realizó con el primer rotor del viscosímetro NDJ8S el cual tiene un diámetro de 0,0189 metros, se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad.

Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el comportamiento de viscosidad del fluido probiótico en aplicaciones de dimensionamiento técnico económico de tuberías. En la **Figura 58**. se muestra el reograma del fluido probiótico, con el promedio de la viscosidad aparente a diferentes temperaturas.

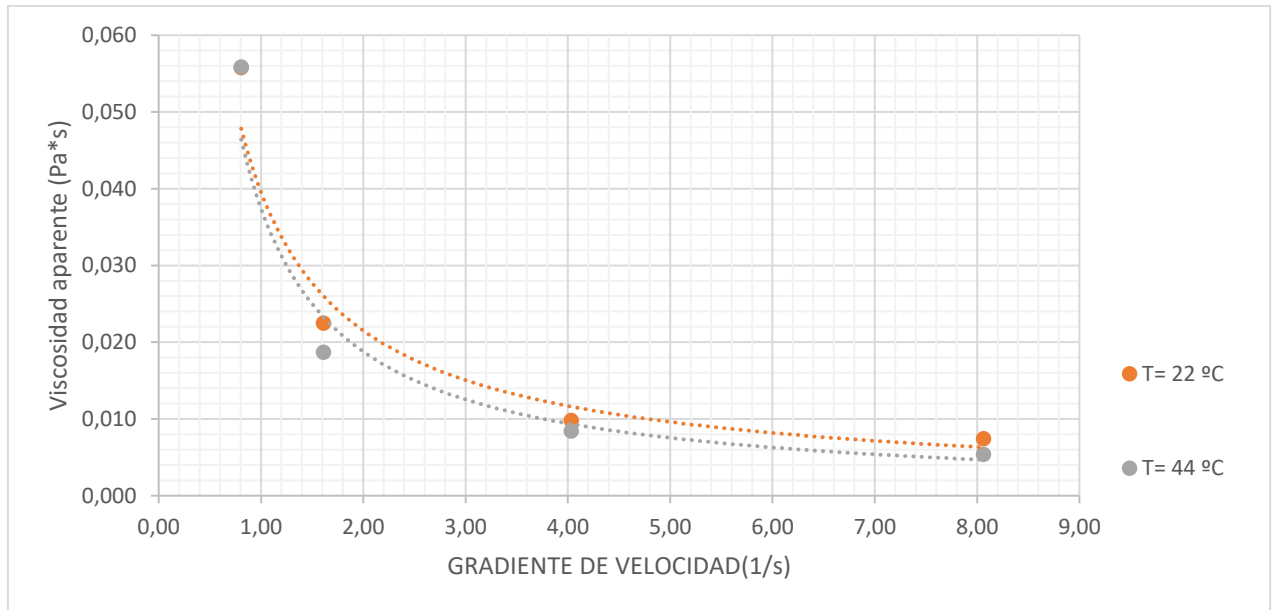


Figura 58: Grafica con relación del promedio de la viscosidad del fluido probiótico

Del análisis reológico del fluido probiótico de acuerdo con la **Figura 58**, podemos observar que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente baja, mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones del índice de consistencia y índice de flujo.

A la temperatura de $T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9717$ y viscosidad aparente (3-75).

$$\tau = 0,04 \cdot \gamma^{-0,88} \quad (3-75)$$

A la temperatura de $T=44\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9653$ y viscosidad aparente (3-76).

$$\tau = 0,3 \cdot \gamma^{-0,99} \quad (3-76)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-74) (3-75) (3-76) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 22°C , 44°C .

Tabla 25: Parámetros reológicos de la bebida probiótica producido en la planta de Salache del primer rotor

T °C	Índice de consistencia (Pa*s)	Índice de flujo (Pa)
22	0,0396	0,12
44	0,0375	0,003

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento del índice de consistencia y el índice de flujo con respecto a la temperatura, con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

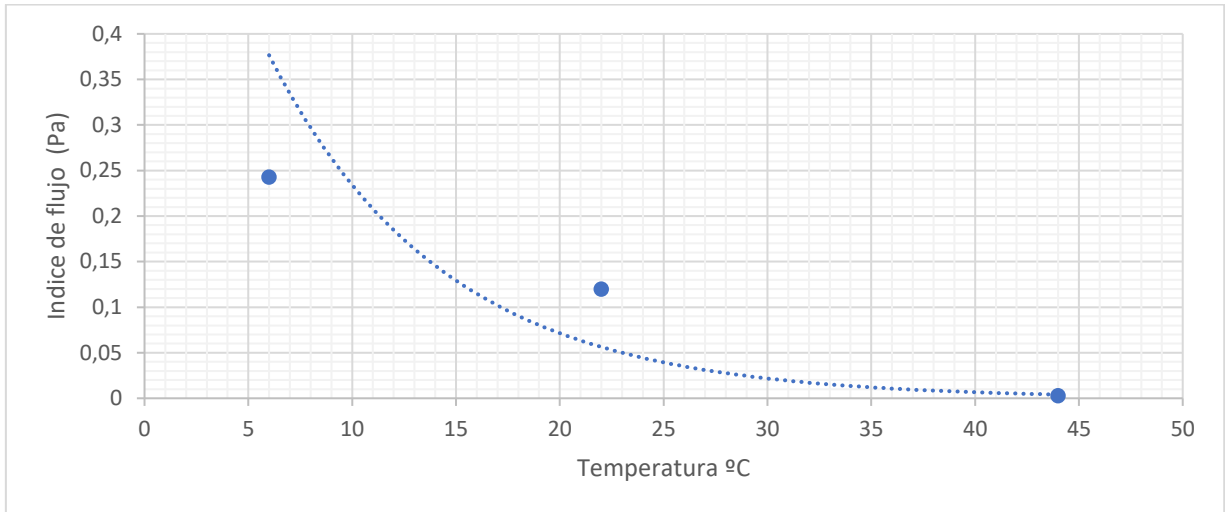


Figura 59: Grafica en relación de índice de flujo en función de su Temperatura, 22°, 44 °C.

En la. se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto. Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,3101$ y viscosidad aparente (3-77).

$$\tau = 0,03 \cdot \gamma^{-0,002x} \quad (3-77)$$

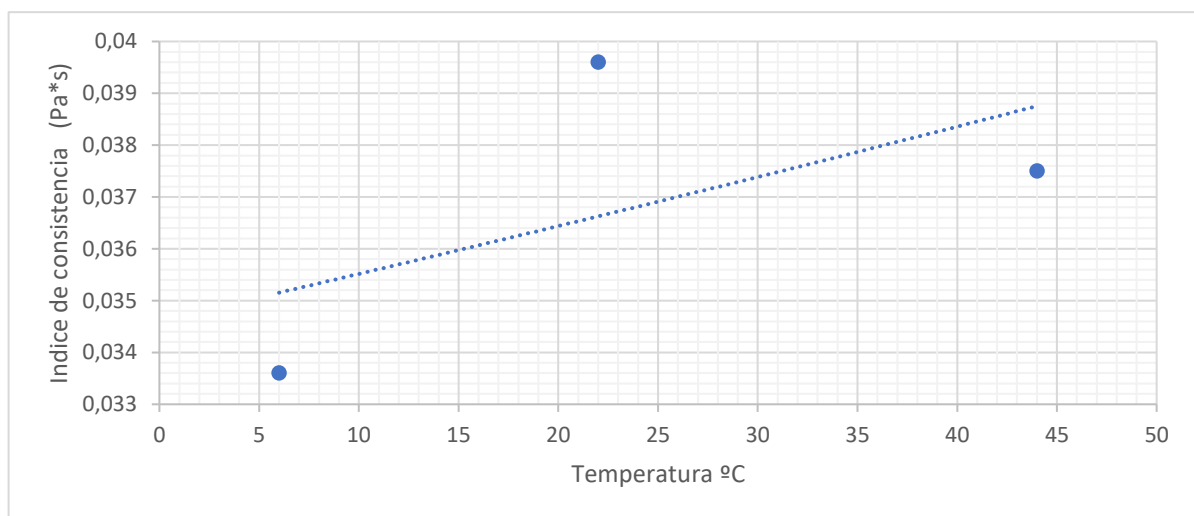


Figura 60: Índice de consistencia en función a su temperatura, 22 °C, 44 °C.

Como se puede apreciar en la **Figura 60**. El índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Coefficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,8628$ y viscosidad aparente (3-78)

$$\tau = 0,77 \cdot \gamma^{-0,11x} \quad (3-78)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la figura 71.

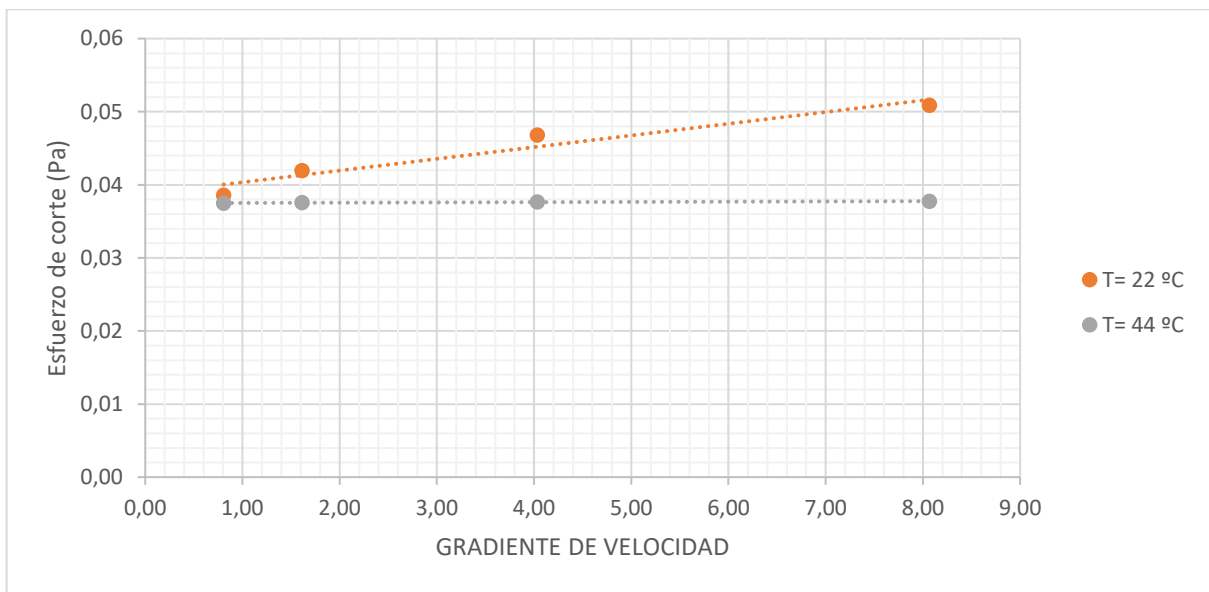


Figura 61: Reograma en función de esfuerzo corte en relación con el gradiente de velocidad

A partir del comportamiento reológico del reograma de la **Figura 61**, se observa que el fluido cuya viscosidad varía con la temperatura o la tensión cortante que se le aplica. A medida que la temperatura del fluido probiótico aumenta para valores de 22 °C, 44 °C, el fluido se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudoplástico.

Las ecuaciones de la viscosidad plástica y la ecuación del esfuerzo de corte del reograma permiten el análisis técnico económico de la tubería óptima para el fluido, cabe mencionar que estos son únicamente válidos para las condiciones específicas en las que se realizó el ajuste experimental.

3.4.4.2 Segundo Rotor.

Este estudio reológico de la bebida probiótica se realizó con el segundo rotor del viscosímetro NDJ8S el cual tiene un diámetro de 0,0188 metros, se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad. Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el

comportamiento de viscosidad del fluido probiótico en aplicaciones de dimensionamiento técnico económico de tuberías. En la **Figura 62** se muestra el reograma del fluido probiótico, con el promedio de la viscosidad aparente a diferentes temperaturas.

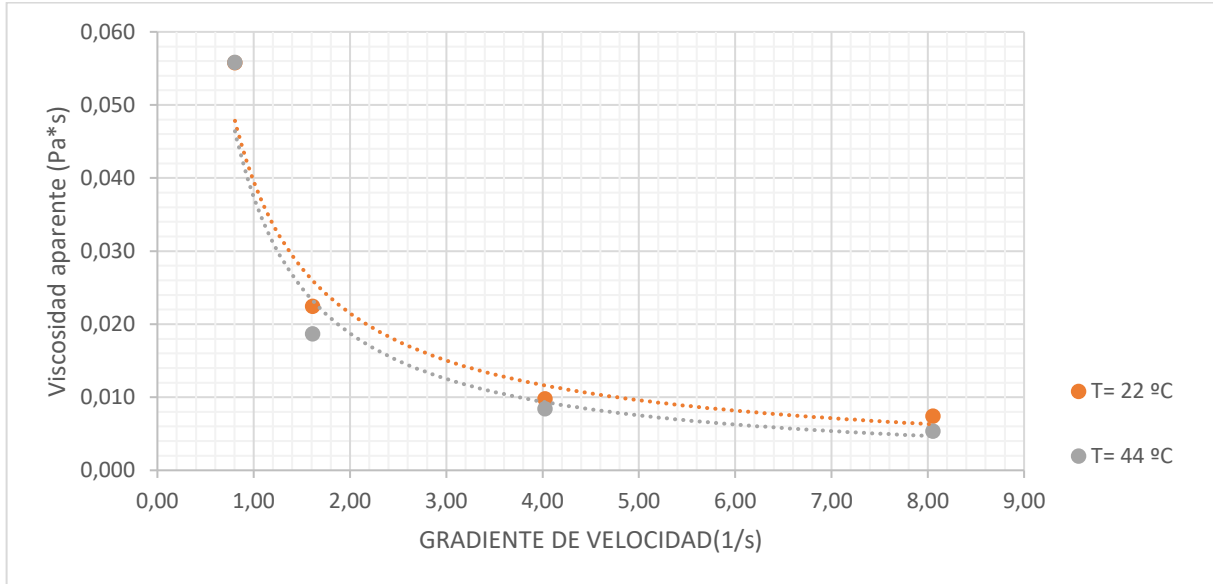


Figura 62: Relación del promedio de viscosidad aparente y gradiente del fluido probiótico

Del análisis reológico del fluido probiótico de acuerdo con la **Figura 62** podemos observar que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente baja, mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones del índice de consistencia y índice de flujo.

A la temperatura de $T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9717$ y viscosidad aparente (3-79).

$$\tau = 0,04 \cdot \gamma^{-0,88} \quad (3-79)$$

A la temperatura de $T=44\text{ }^{\circ}\text{C}$ se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 09,653$ y viscosidad aparente (3-80).

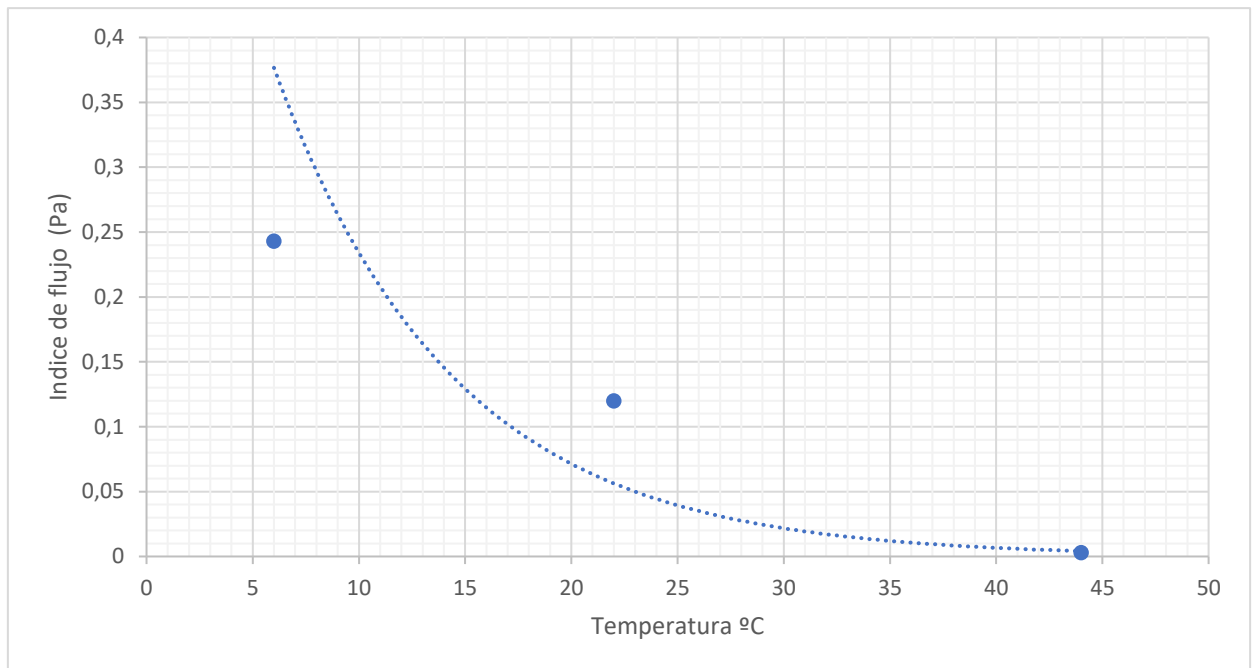
$$\tau = 0,03 \cdot \gamma^{-0,99} \quad (3-80)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (49,50) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 22°C , 44°C .

Tabla 26: Parámetros reológicos de la bebida probiótica producido en la planta de Salache.

T °C	Índice de consistencia (Pa·s)	Índice de flujo (Pa)
22	0,0395	0,12
44	0,0374	0,003

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento del índice de consistencia y el índice de flujo con respecto a la temperatura, con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

**Figura 63:** Grafica en relación de índice de flujo en función de su Temperatura, 22°, 44 °C.

En la **Figura 63**. se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto. Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,3101$ y viscosidad aparente (3-81).

$$\tau = 0,03 \cdot \gamma^{-0,002x} \quad (3-81)$$

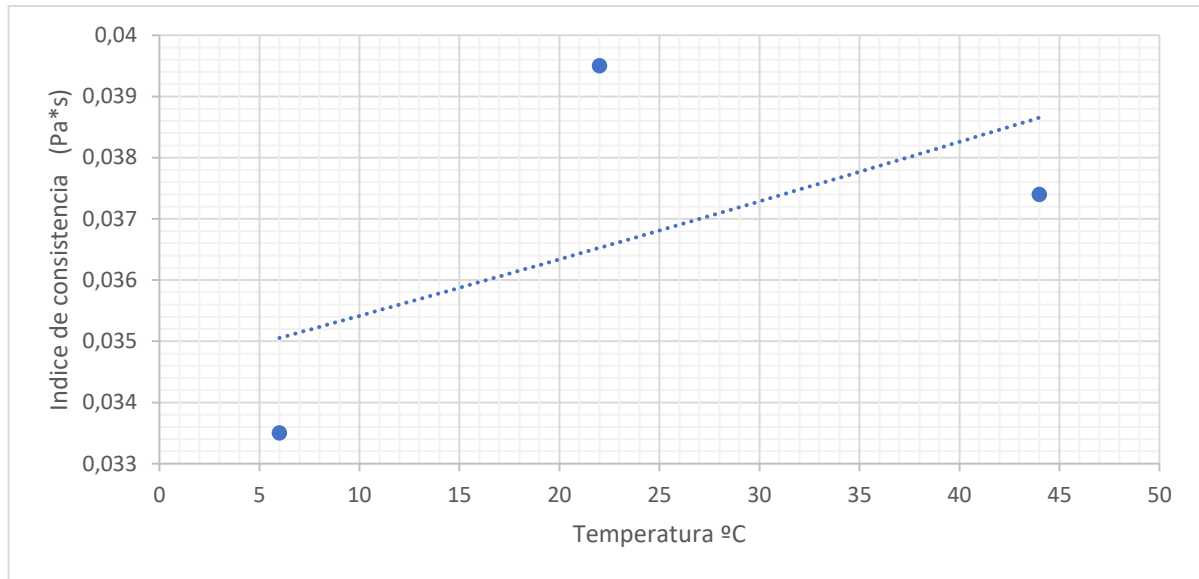


Figura 64: Índice de consistencia en función a su temperatura, 22 °C, 44 °C.

Como se puede apreciar en la **Figura 64**. El índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Coefficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,8628$ y viscosidad aparente (3-82)

$$\tau = 0,77 \cdot \gamma^{-0,11x} \quad (3-82)$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la figura 74.

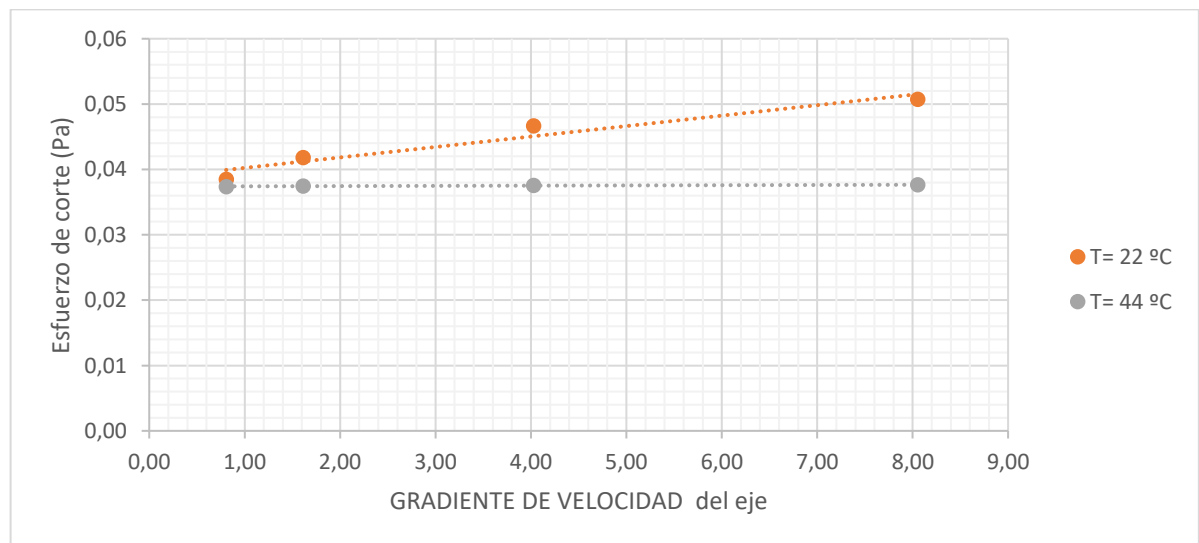


Figura 65: Reograma en función de esfuerzo y el gradiente de velocidad en probióticos

A partir del comportamiento reológico del reograma de la **Figura 65**, se observa que el fluido cuya viscosidad varía con la temperatura o la tensión cortante que se le aplica. A medida que la

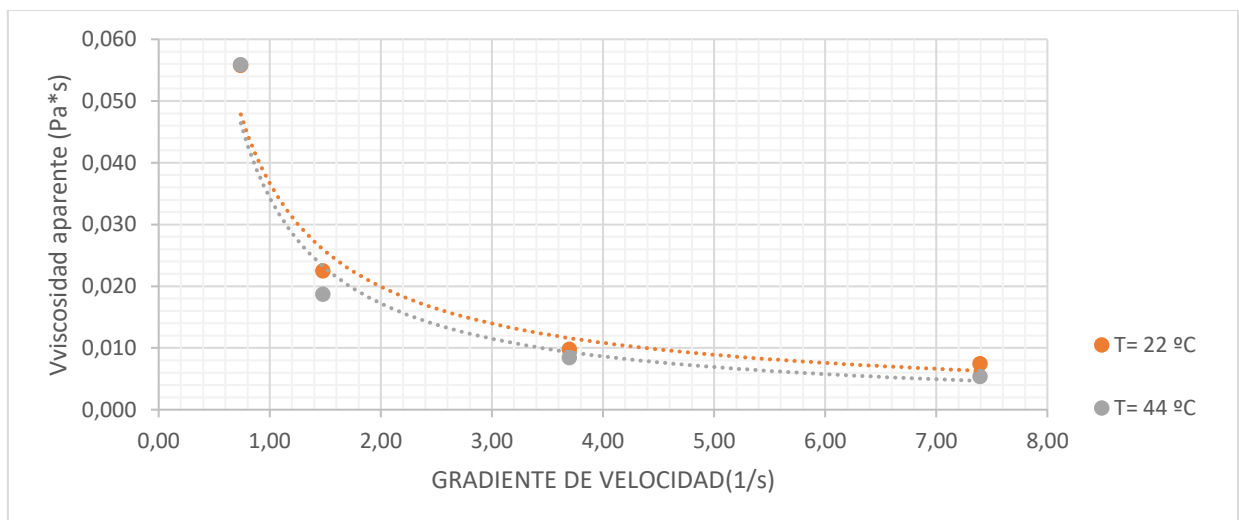
temperatura del fluido probiótico aumenta para valores de 22 °C, 44 °C, el fluido se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudoplástico.

Las ecuaciones de la viscosidad plástica y la ecuación del esfuerzo de corte del reograma permiten el análisis técnico económico de la tubería óptima para el fluido, cabe mencionar que estos son únicamente válidos para las condiciones específicas en las que se realizó el ajuste experimental.

3.4.4.3 Tercer Rotor.

Este estudio reológico de la bebida probiótica se realizó con el tercer rotor del viscosímetro NDJ8S el cual tiene un diámetro de 0,01286 metros, se orienta al comportamiento físico en términos de temperatura y viscosidad. Estos resultados se enfocan en la utilidad para ajustar el comportamiento de viscosidad del fluido probiótico en aplicaciones de dimensionamiento técnico económico de tuberías. En la **Figura 66**. se muestra el reograma del fluido probiótico, con el promedio de la viscosidad aparente a diferentes temperaturas.

Figura 66: Reograma del fluido probiótico del tercer rotor



Nota. Grafica con relación del promedio de la viscosidad aparente y gradiente de viscosidad del fluido probiótico para temperaturas de a T (°C) = 22, 44.

Del análisis reológico del fluido probiótico de acuerdo con la **Figura 66**. podemos observar que a medida que la temperatura aumenta la viscosidad aparente baja, mientras que cuando la temperatura disminuye la viscosidad aumenta. Y podemos calcular mediante las siguientes ecuaciones del índice de consistencia y índice de flujo.

A la temperatura de T=22 °C se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,9717$ y viscosidad aparente (3-83).

$$\tau = 0,37 \cdot \gamma^{-0,88} \quad (3-83)$$

A la temperatura de $T=44$ °C se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0.9653$ y viscosidad aparente (3-84).

$$\tau = 0,34 \cdot \gamma^{-0,99} \quad (3-84)$$

Mediante las ecuaciones obtenidas (3-83) (3-84) se obtiene los parámetros reológicos del yogurt para las temperaturas 22°C, 44°C.

Tabla 27: Parámetros reológicos de la bebida probiótica producido en la planta de Salache.

T °C	Índice de consistencia (Pa·s)	Índice de flujo (Pa)
22	0,0395	0,12
44	0,0374	0,003

Con la tabla de datos obtenida se obtiene la gráfica de comportamiento del índice de consistencia y el índice de flujo con respecto a la temperatura, con ello poder calcular el esfuerzo de corte final.

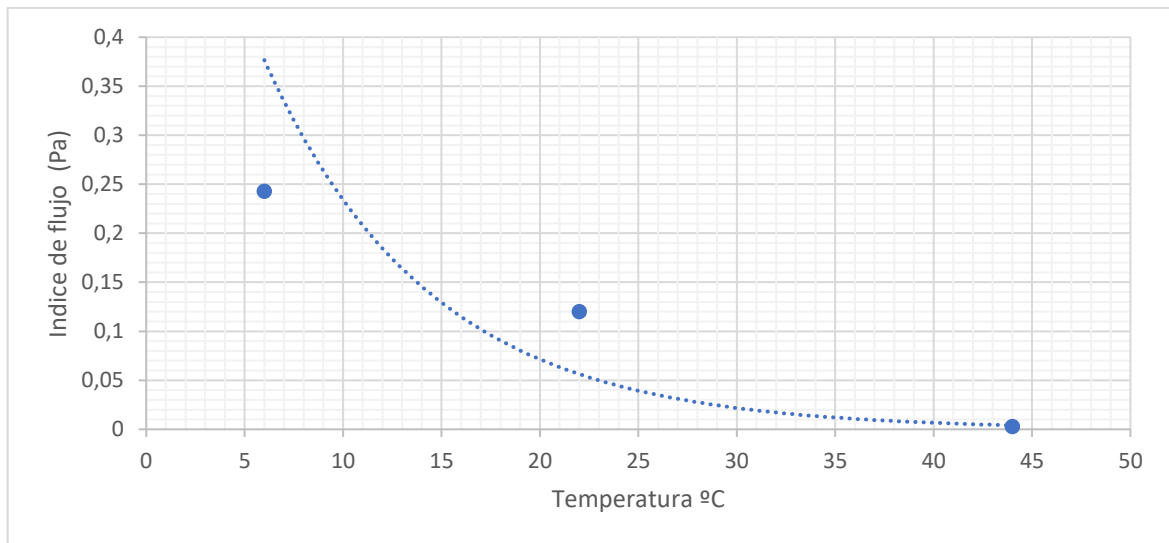


Figura 67: Grafica en relación de índice de flujo en función de su Temperatura, 22°, 44 °C.

En la **Figura 67**. se puede apreciar el comportamiento del índice de flujo en función de las temperaturas del producto. Con esta grafica se obtiene la siguiente ecuación que ayuda a determinar el análisis técnico económico de las tuberías óptimas para cada fluido.

Se obtuvo la siguiente ecuación: coeficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,2104$ y viscosidad aparente (3-85).

$$\tau = 0,03 \cdot \gamma^{-0,002x} \tag{3-85}$$

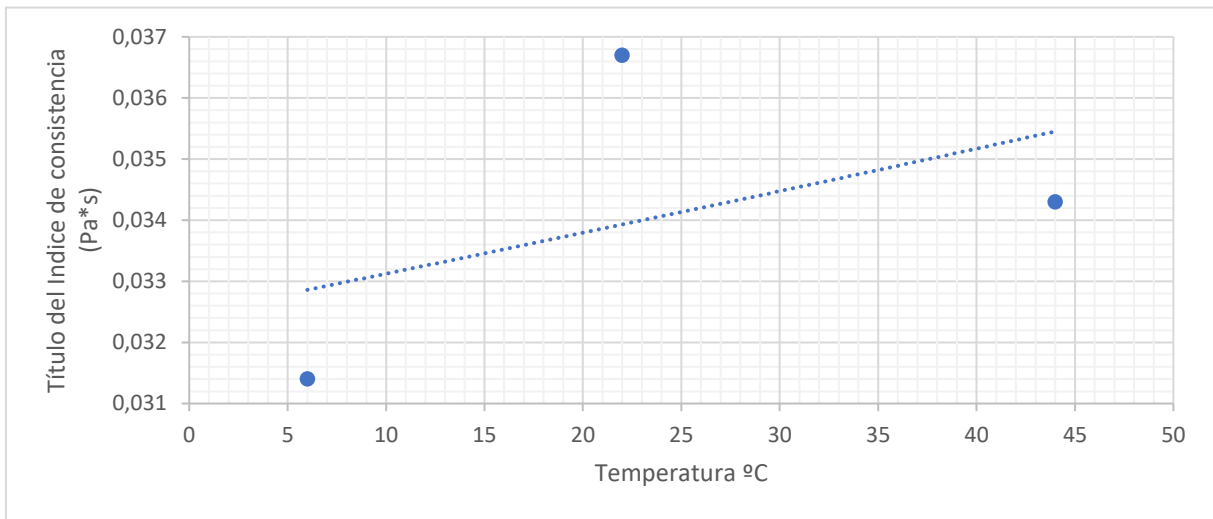


Figura 68: Índice de consistencia en función a su temperatura, 22 °C, 44 °C.

Como se puede apreciar en la **Figura 68**. El índice de consistencia o viscosidad disminuye a medida que la temperatura aumenta.

Coefficiente de correlación múltiple de $R^2 = 0,8628$ y viscosidad aparente (3-86).

$$\tau = 0,77 \cdot \gamma^{-0,11x} \tag{3-86}$$

A partir del análisis reológico se obtiene el reograma del fluido para validar el comportamiento pseudoplástico según la **Figura 69**.

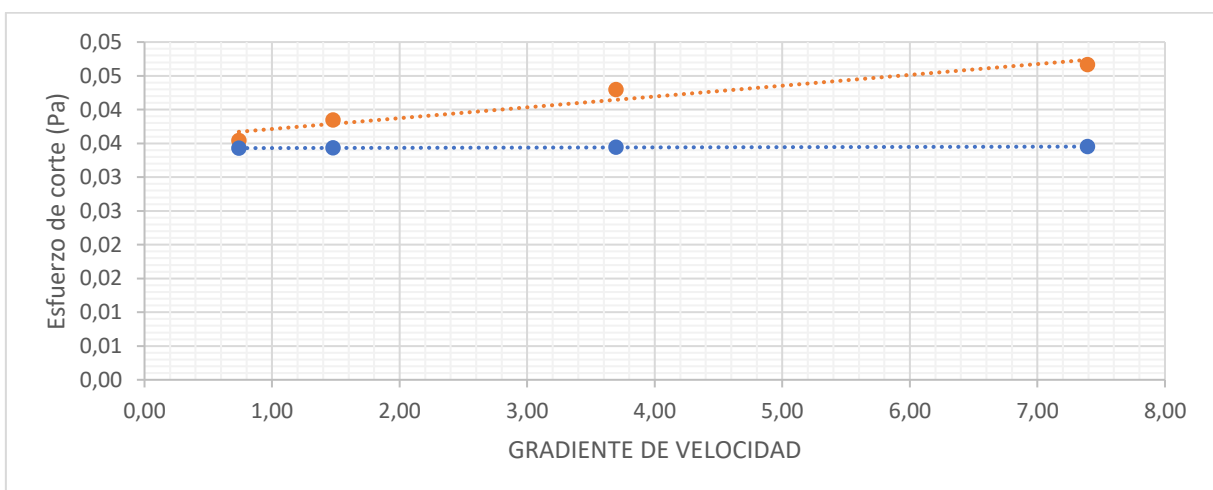


Figura 69: Reograma en función de esfuerzo corte con relación al gradiente de velocidad.

A partir del comportamiento reológico del reograma de la **Figura 69**. se observa que el fluido cuya viscosidad varía con la temperatura o la tensión cortante que se le aplica. A medida que la

temperatura del fluido probiótico aumenta para valores de 22 °C, 44 °C, el fluido se ajusta a un comportamiento no newtoniano del tipo Pseudoplástico.

Las ecuaciones de la viscosidad plástica y la ecuación del esfuerzo de corte del reograma permiten el análisis técnico económico de la tubería óptima para el fluido, cabe mencionar que estos son únicamente válidos para las condiciones específicas en las que se realizó el ajuste experimental.

3.4.5 Descripción de análisis técnico económico de tubería

3.4.5.1 Análisis óptimo para yogurt

Mediante el análisis reológico de los fluidos, se puede determinar el sistema de tubería por metro de a cada uno, en donde se aplica la viscosidad aparente y el esfuerzo de corte. Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

Tabla 28: Datos para análisis técnico económico del Yogurt 22 °C.

DATOS		
Densidad	1050	kg/m ³
temperatura	22	°C
perdida local	0	
Q	0,050	m ³ /h
L	1	M
DZ	0	M
Q	0,0000139	m ³ /s
Tarifa eléctrica	0,071	\$/Kwh
Tiempo de trabajo	800	h/año
rendimiento motor	0,92	
rendimiento bomba	0,4	

Nota: La densidad del yogurt se tomó de [35]

Donde tenemos una temperatura de 22 °C la cual es una temperatura a la que ya se puede manipular después de su proceso de obtención, Contamos con la densidad del Yogurt 1050 kg/m³. Sumatoria de Perdida local es adimensional por lo tanto 0 ya que analizamos 1 metro de tubería. El caudal se obtiene en base al tiempo que demora la producción del Yogurt y la capacidad en litros de la marmita. La longitud la cual es de un metro, Delta Z la cual toma un valor de 0 ya que la tubería se la optimiza horizontalmente.

La tarifa de KWh de acuerdo con el pliego tarifario es de 0,071 \$/Kwh [36] para beneficiarios públicos con demanda pico, Tiempo de trabajo de proceso de cada fluido al año, y por último

tenemos el rendimiento de motor y bomba que de acuerdo con nos dice que es el recomendado para el análisis técnico económico. Con estos datos procedemos a aplicar las fórmulas: Cabeza de carga (3 17) Costo de bombeo (3 18) Costo total (3 19) y calcular el costo total de tubería óptima en base a la viscosidad, del fluido y esto se ve reflejado en la siguiente grafica en relación del costo al año y el diámetro de tubería.

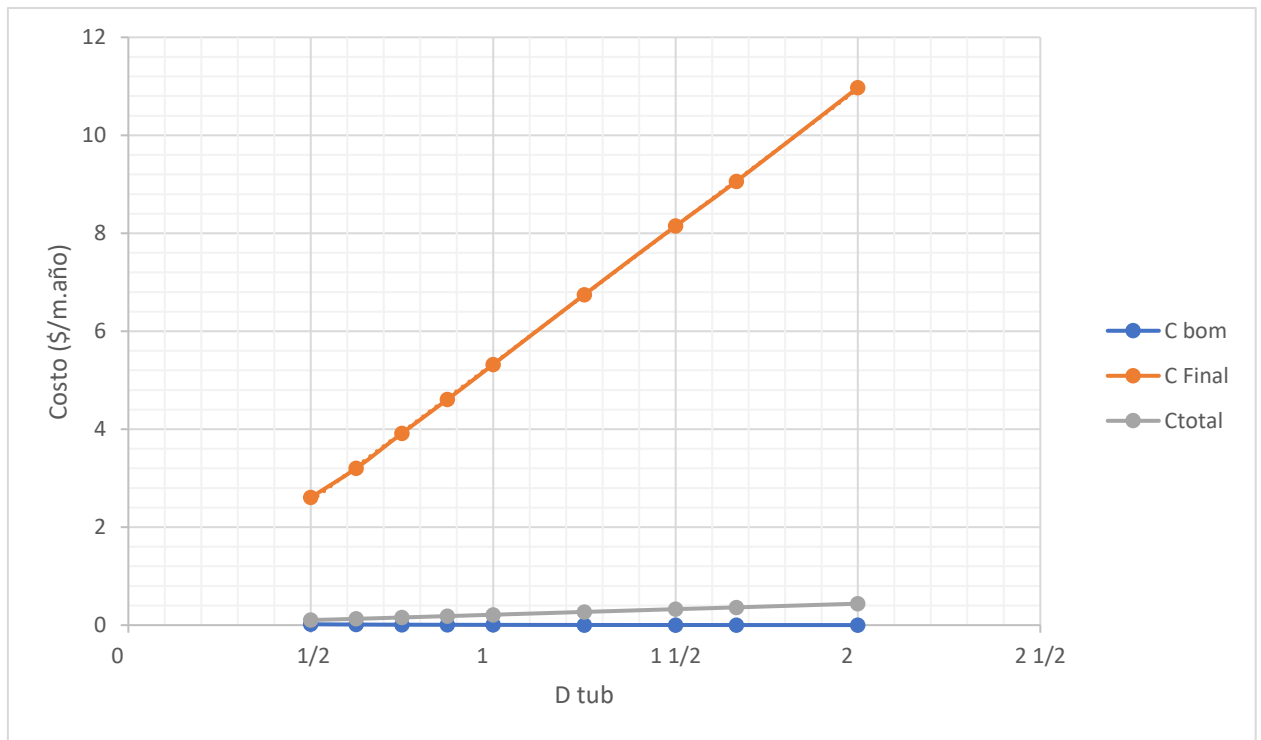


Figura 70: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

Concluimos que el diámetro óptimo para la tubería es de:

Tabla 29: Costos totales de análisis técnico económico.

D(Pulgadas)	C BOM (\$/m·año)	C TUB (\$/m)	CF (\$/m·año)	CT (\$/m·año)
1/2	0,0028	2,61	0,104	0,107

La tubería óptima sería de 1/2 pulgada, con un costo de 2,61 USD el metro de acuerdo con el catálogo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y esto se lo calcula de acuerdo con el costo total al año el cual sería de 0,107 USD. Estos datos dependen de la reología realizada en el fluido. Entre más diámetro de tubería tenga más va a ser el gasto al año de bombeo y costo final. Esto va a variar dependiendo de la temperatura como se puede ver en. **Anexo 8y Anexo 9**

3.4.5.2 Análisis técnico económico de tubería óptima para el néctar.

Mediante el análisis reológico de los fluidos, se puede determinar el sistema de tubería por metro de a cada uno, en donde se aplica la viscosidad aparente y el esfuerzo de corte de cada uno. Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

Tabla 30: Datos para análisis técnico económico del Néctar a 22 °C.

DATOS	
Densidad	31000 kg/m ³
Temperatura	22 °C
perdida local	0
Q	0,05 m ³ /h
L	1 M
DZ	0 M
Q	0,0000139 m ³ /s
Tarifa eléctrica	0,071 \$/Kwh
Tiempo de trabajo	800 h/año
rendimiento motor	0,92
rendimiento bomba	0,4

Nota. La densidad del néctar se tomó de [37]

Donde tenemos una temperatura de 22 °C la cual es una temperatura a la que ya se puede manipular después de su proceso de obtención, en la planta de Agroindustria. Contamos con la densidad del Néctar de 31000 kg/m³.

Sumatoria de Perdida local es adimensional por lo tanto 0 ya que analizamos 1 metro de tubería. El caudal se obtiene en base al tiempo que demora la producción del néctar y la capacidad en litros de la marmita.

La longitud es de un metro, Delta Z la cual toma un valor de 0 ya que la tubería se la optimiza horizontalmente, La tarifa de KWh de acuerdo con el pliego tarifario 0,071 \$/Kwh [36] para beneficiarios públicos con demanda pico. Tiempo de trabajo de proceso de cada fluido al año, y por último tenemos el rendimiento de motor y bomba que de acuerdo con [36] nos dice que es el recomendado para el análisis técnico económico.

Con estos datos procedemos a aplicar las fórmulas (número de fórmula de costo de bombeo (3-12), costo total, costo final (3-19)) y calcular el costo total de tubería óptima en base a la viscosidad, del fluido y esto se ve reflejado en la siguiente grafica en relación del costo al año y el diámetro de tubería.

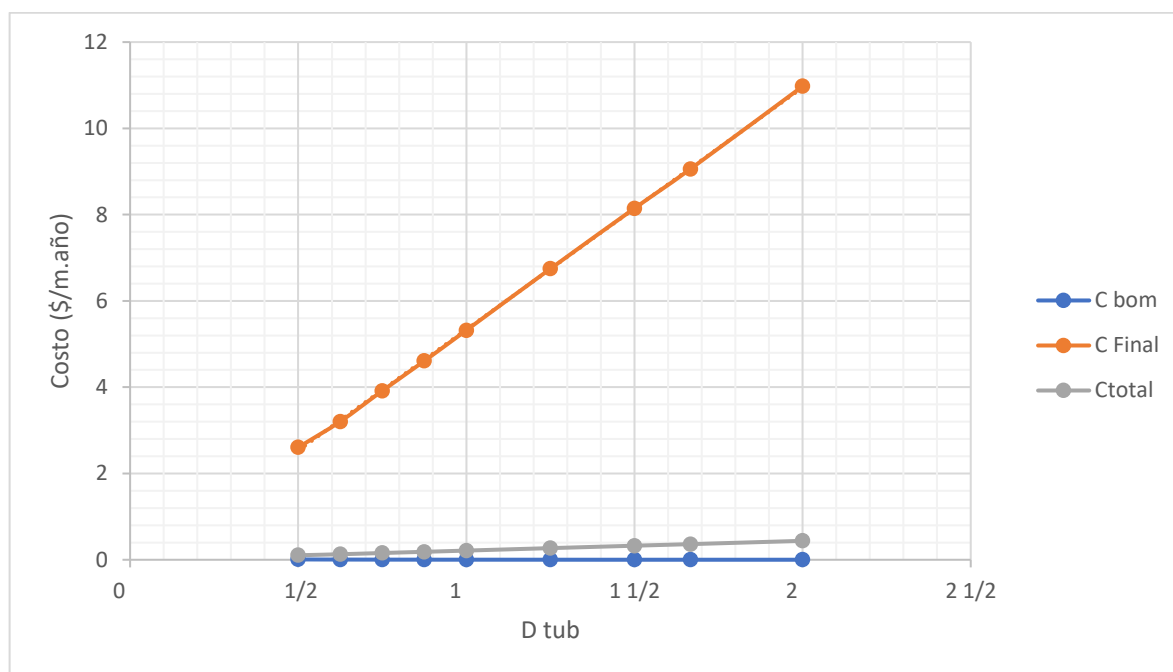


Figura 71: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

Concluimos que el diámetro óptimo para la tubería es de:

Tabla 31. Costos totales de análisis técnico económico.

D(Pulgadas)	C BOM (\$/m·año)	C TUB (\$/m)	CF (\$/m·año)	CT (\$/m·año)
1/2	0,0012	2,61	0,104	0,105

La tubería óptima sería de 1/2 pulgada, con un costo de 2,61 USD el metro de acuerdo con el catálogo **Anexo 16** y esto se lo calcula de acuerdo con el costo total al año el cual sería de 0,105 USD. Estos datos dependen de la reología realizada en el fluido. Entre más diámetro de tubería tenga más va a ser el gasto al año de bombeo y costo final. Esto va a variar dependiendo de la temperatura como se puede ver en **Anexo 10** y **Anexo 11**

3.4.5.3 Análisis técnico económico de tubería óptima para la bebida probiótica.

Mediante el análisis reológico de los fluidos, se puede determinar el sistema de tubería por metro de a cada uno, en donde se aplica la viscosidad aparente y el esfuerzo de corte de cada uno. Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

Tabla 32: Datos para análisis técnico económico de la bebida probiótica a 22 °C.

DATOS	
Densidad	1170 kg/m ³
Temperatura	22 °C.
Perdida local	0
Q	0,050 m ³ /h
L	1 M
DZ	0 M
Q	0,0000139 m ³ /s
Tarifa eléctrica	0,071 \$/Kwh
Tiempo de trabajo	800 h/año
Rendimiento Motor	0,92
Rendimiento bomba	0,4

Nota. La densidad de la bebida probiótica se tomó de [38]

Donde tenemos una temperatura de 22 °C la cual es una temperatura a la que ya se puede manipular después de su proceso de obtención, en la planta de Agroindustria. Contamos con la densidad de la bebida probiótica de 1170 kg/m³.

Sumatoria de Perdida local es adimensional por lo tanto 0 ya que analizamos 1 metro de tubería. El caudal se obtiene en base al tiempo que demora la producción de la Bebida probiótica y la capacidad en litros de la marmita. La longitud la cual es de un metro, Delta Z la cual toma un valor de 0 ya que la tubería se la optimiza horizontalmente.

La tarifa de KWh de acuerdo con el pliego tarifario es de 0,071 \$/Kwh [36] para beneficiarios públicos con demanda pico, tiempo de trabajo de proceso de cada fluido al año. Con estos datos procedemos a aplicar las fórmulas Cabeza de carga (3-17) Costo de bombeo (3-18) Costo total (3-19) calcular el costo total de tubería optima en base a la viscosidad, del fluido y esto se ve reflejado en la siguiente grafica en relación del costo al año y el diámetro de tubería.

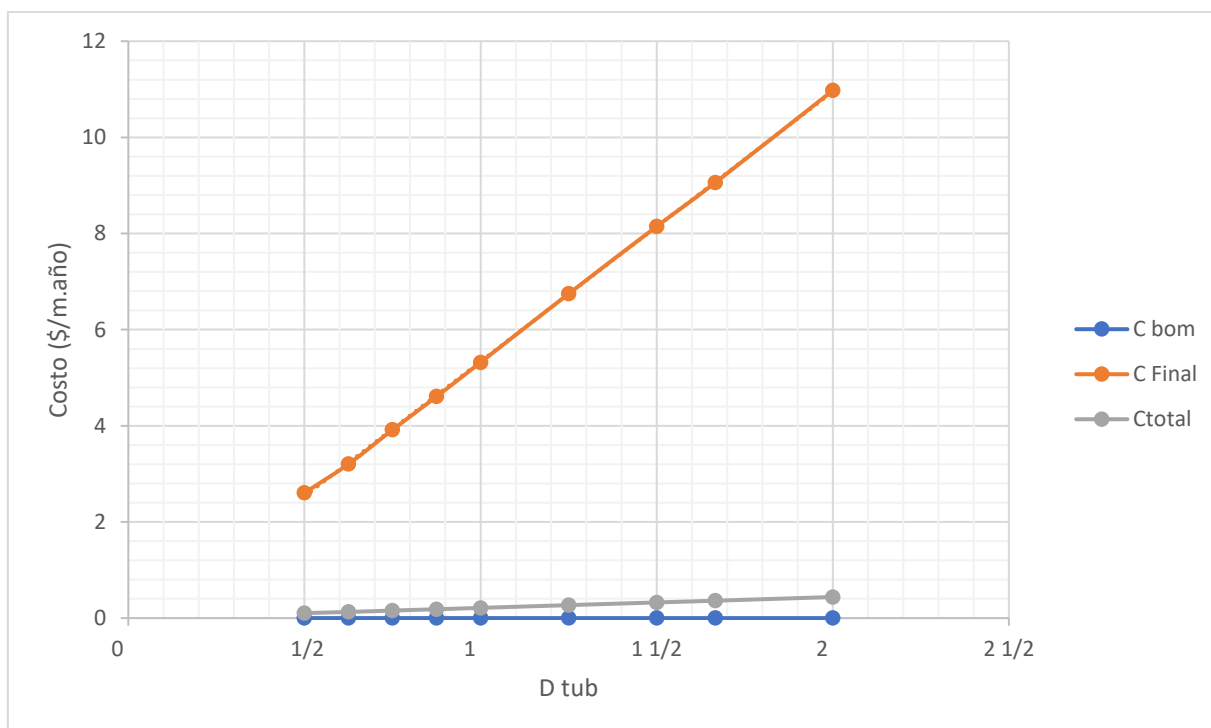


Figura 72: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

Concluimos que el diámetro óptimo para la tubería es de:

Tabla 33: Costos totales de análisis técnico económico.

D(Pulgadas)	C BOM (\$/m·año)	C TUB (\$/m)	CF (\$/m·año)	CT (\$/m·año)
1/2	0,000044	2,61	0,104	0,104

La tubería óptima sería de 1/2 pulgada, con un costo de 2,61 USD el metro de acuerdo con el catálogo **Anexo 16**. esto se lo calcula de acuerdo con el costo total al año el cual sería de 0,104 USD. Estos datos dependen de la reología realizada en el fluido. Entre más diámetro de tubería tenga más va a ser el gasto al año de bombeo y costo final. Esto va a variar dependiendo de la temperatura como se puede ver en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

3.4.5.4 Análisis técnico económico de tubería óptima para la Mermelada.

Mediante el análisis reológico de los fluidos, se puede determinar el sistema de tubería por metro de a cada uno, en donde se aplica la viscosidad aparente y el esfuerzo de corte de cada uno. Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

Tabla 34: Datos para análisis técnico económico de la Mermelada a 22 °C.

DATOS	
Densidad	166 kg/m ³
Temperatura	21 °C.
perdida local	0
Q	0,05 m ³ /h
L	1 M
DZ	0 M
Q	0,0000139 m ³ /s
Tarifa eléctrica	0,071 \$/Kwh
Tiempo de trabajo	800 h/año
rendimiento motor	0,92
rendimiento bomba	0,4

Nota. La densidad de la mermelada se tomó de [39]

Donde tenemos una temperatura de 21 °C la cual es una temperatura a la que ya se puede manipular después de su proceso de obtención, en la planta de Agroindustria. Contamos con la densidad de la Mermelada de 166 kg/m³

Sumatoria de Perdida local es adimensional por lo tanto 0 ya que analizamos 1 metro de tubería. El caudal se obtiene en base al tiempo que demora la producción de la Mermelada y la capacidad en litros de la marmita. La longitud la cual es de un metro, Delta Z la cual toma un valor de 0 ya que la tubería se la optimiza horizontalmente.

La tarifa de KWh de acuerdo con el pliego tarifario es de 0,071 \$/Kwh [36] para beneficiarios públicos con demanda pico, Tiempo de trabajo de proceso de cada fluido al año, y por último tenemos el rendimiento de motor y bomba que de acuerdo con [36] nos dice que es el recomendado para el análisis técnico económico. Con estos datos procedemos a aplicar las fórmulas Cabeza de carga (3 17) Costo de bombeo (3 18) Costo total (3 19) y calcular el costo total de tubería optima en base a la viscosidad, del fluido y esto se ve reflejado en la siguiente grafica en relación del costo al año y el diámetro de tubería.

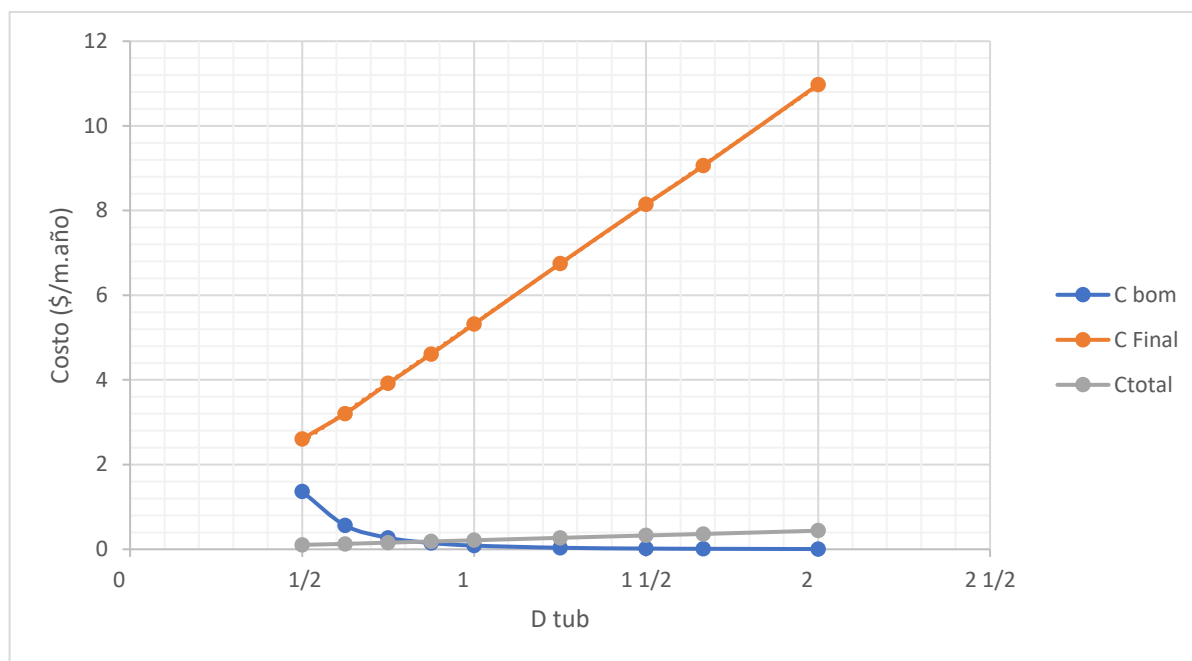


Figura 73: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

Concluimos que el diámetro óptimo para la tubería es de:

Tabla 35: Costos totales de análisis técnico económico.

D(Pulgadas)	C BOM (\$/m·año)	C TUB (\$/m)	CF (\$/m·año)	CT (\$/m·año)
¾	0,042	3,92	0,157	0,199

La tubería óptima sería de ¾ pulgada, con un costo de 3,92 USD el metro de acuerdo con el catálogo **Anexo 16** y esto se lo calcula de acuerdo con el costo total al año el cual sería de 0,199 USD. Estos datos dependen de la reología realizada en el fluido.

El costo por el cual es mayor para la mermelada de los otros fluidos es por su viscosidad y por su temperatura entre más fría este más difícil de transportar y más costoso dando un resultado de incremento de costo de bombeo y costo total al año. Esto va a variar dependiendo de la temperatura como se puede ver en **Anexo 13** y **Anexo 14**.

3.5 EVALUACIÓN TÉCNICO, ECONÓMICA:

3.5.1 Evaluación técnica:

El uso de distintos modelos reológicos y el manual de uso del viscosímetro NDJ8S son de utilidad para comprender el comportamiento de los fluidos al aplicarles una fuerza de cizallamiento y ver su fluidez de acuerdo con la fuerza aplicada, con los datos obtenidos, tarifa eléctrica, caudal volumétrico, obtenemos un análisis de optimización de tuberías mediante un costo mínimo global.

3.5.2 Evaluación económica:

El estudio reológico facilita al centro experimental y de producción Salache la implementación de futuras tuberías y maquinaria para el transporte de fluidos y en su futuro el envasado de este, lo que ayudará a minimizar los gastos de producción incrementar el margen de utilidad. La tabla de costos permite establecer los gastos por metro cubico y por largo de tubería.

3.5.2.1 Análisis de costos

Tabla 36: Análisis de costo

Tabla de análisis de costos	
Modelo del Reómetro	NDJ-8S
Precio en Amazon	545 USD
Precio de Importación	335,44 USD
Precio de mano de obra	300 USD
Costo de termo cupla digital	40 USD
Total	1220,44 USD

Tenemos un total de análisis de costo de 1220,44 \$, siendo un costo único el de la importación y el del precio de la maquina el costo de mano de obra se podrían beneficiar los estudiantes o la facultad de CIYA al realizar análisis reológicos a futuro de otros fluidos, el costo de un análisis reológico de 4 fluidos como el que se realizó en este proyecto tecnológico redondearía los 1000 \$ de acuerdo con el precio establecido por una de las universidades politécnicas del Ecuador, con este análisis económico concluiríamos que ahorraríamos a futuro una cantidad de dinero considerable y si realizáramos análisis reológicos en la universidad recuperaríamos lo invertido y ganaríamos el costo que se establezca por análisis de fluidos.

4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.1 CONCLUSIONES.

- La planta de agroindustrias en el campus Salache, realiza sus procesos de manera artesanal, maneja el yogurt, mermelada, bebida probiótica, néctar, sin aplicar un estudio reológico, haciendo del proceso poco eficiente. Al aplicar un método de estudio a 5°C, 22°C, 44°C se recolectó información valiosa sobre cómo cambian las propiedades de flujo y se estableció el mejor tratamiento a partir de lecturas con el viscosímetro rotacional a distinta velocidad (rpm) dando como resultado medidas de viscosidad de comportamiento de los diferentes fluidos cuando se les aplica un esfuerzo de corte.
- De los resultados obtenidos en las pruebas con el viscosímetro NDJ8S, donde se analizaron los gradientes de velocidad y viscosidad estos derivaron; se obtienen los

modelos reológicos ajustándose para tres Tipo de comportamiento, ley de potencia (Ostwald-de Waele), Modelo de Bingham y Ley de Newton de viscosidad; para el cuál la mermelada se comporta como un fluido plástico ideal, lo que significa que su viscosidad depende de la velocidad de cizalla a diferencia del yogurt que se comporta como un fluido pseudo plástico; la bebida probiótica y el néctar se ajustaron a un comportamiento Newtoniano, donde su viscosidad no depende del gradiente de velocidad.

- A partir del comportamiento de los fluidos, costo de tubería, flujo volumétrico y tiempo de trabajo se obtuvieron los diámetros óptimos de tubería para cada fluido en específico; para el yogurt, néctar y bebida probiótica se recomienda un diámetro de tubería óptimo de 0,0127 m (½ pulgada), para la mermelada 0,0191 m (¾ de pulgada).

4.2 RECOMENDACIONES:

- Iniciar una tecnificación de la planta de Agroindustria de Salache, utilizando los parámetros reológicos y diámetros óptimos de tubería obtenidos en esta investigación.
- Capacitar a los estudiantes de electromecánica en el uso del viscosímetro NDJ8S y la termocupla en el laboratorio de electromecánica, así como a los estudiantes de agroindustria para el desarrollo de nuevas investigaciones aplicadas a fluidos.
- Comprobar y respaldar los datos obtenidos', si se cuenta con recursos para la adquisición de software se puede implementar otro procesador de datos como Minitab que facilita la inclusión de fórmulas.
- En la construcción de tuberías es necesario implementar un estudio de fluidos hidráulicos para calcular la capacidad de carga en las tuberías sugeridas en esta investigación.

4.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

- En las futuras líneas de investigación es necesario plantear una investigación de caudales y fluidos para establecer motores de bombeo y válvulas en su aplicación.
- Es necesario en un futuro realizar un diagrama y planos de un sistema de tuberías no solo que transporte los fluidos, sino que los pueda envasar.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. J. Ciro Velasquez, «Universidad Nacional de Colombia- sede Medellin,» 2006. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/USUARIO1/OneDrive/Escritorio/tesis/pdf%20tesis/documentos%20ING/reolog%C3%ADa%20libro%20tesis.pdf>. [Último acceso: 19 07 2023].
- [2] J. Llumiyinga, Estudios de las viscosidades de tuberías de sistemas de distribución de fluidos, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [3] G. Jordan Amaro, B. Orlando Hernández y J. Olivencia, Cálculo de la velocidad de transferencia de calor por fricción, aplicándose el método de volumen de control a un flujo laminar incompresible, desarrollado hidrodinámicamente, Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016.
- [4] C. V. A. Aimacaña, Diseño de un Sistema de Costos ABC para la línea de lácteos del Centro Experimental y Producción Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi., Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2018.
- [5] Á. Sobrado Gómez, Modelos reológicos utilizados al néctar mix Papaya, Callo, Perú: Universidad Nacional del Callo, 2019.
- [6] A. N. P. Guanoluiza, «Universidad Técnica de Ambato,» Abril 2013. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.p>. [Último acceso: 19 07 2023].
- [7] F. Guerrero, Diseño y construcción de máquina dosificadora de fluidos viscosos para microempresas del sector agroindustrial, Piura Perú: Universidad Nacional de Piura, 2021.
- [8] M. Chevez, “Evaluación fisicoquímica, sensorial y reológica de la mermelada de tomate de árbol (cyphomandra betacea)”, Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2022 .
- [9] Q. A. D. Llumiugin, “Diseño y construcción de una máquina dispensadora de líquidos viscosos para la heladería Lulú”, Ambato- Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2023.
- [10] L. D. F. Atencia, “Estudio de los sistemas de envasado de mermeladas de frutas en frascos de vidrio para incrementar la producción en la fábrica Carlita, cantón Guaranda, provincia de Bolívar”, Ambato Ecuador : Universidad Técnica de Ambato, 2015.
- [11] E. Cayo, Diseño y construcción de máquina dosificadora de fluidos viscosos para microempresas del sector agroindustrial, Quito: Escuela Politécnica Nacional , 2013.
- [12] V. C. J. Choes, Diseño de un sistema de transporte para un fluido Herschel-Bulkley (mayonesa), Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2021.



- [13] I. Research, « Reología y propiedades reológicas - Infinitia Research,» INFINITIA Industrial Consulting, , 16 mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/reologia-y-propiedades-reologicas-de-los-materiales/>.
- [14] W. R. M. Zamora, Valdiviezo, Chero, Velayarce y Yujra, Reología y Viscosidad de los Alimentos, Lima: Biblioteca Nacional de Perú, , 2021.
- [15] J. Lobos, «M. Interesante,,» «El eterno experimento de la gota de Brea», Muy Interesante, Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/28999.htm>.
- [16] H. W. Zambrano, «Reología de Polimeros,» *Revista Cienc. Tecnol. Agrollanía*, vol. 19, n° Enero-Diciembre. ISSN: 2665-0053, pp. 47 - 53, 2020.
- [17] M. Dilo, M. Casals-HungII y J. J. B. d. AssisI, Efecto de la temperatura y la concentración sobre la viscosidad de soluciones diluidas de tetrafluoroborato de litio en acetona y acetonitril, Cuba: Revista Cubana de Química, 2016.
- [18] F. A. O. Quintana, E. S. Galván, R. A. Rivero y R. T. Gallo, «Efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins,» *Revista Ion.*, vol. 28, n° 2, pp. 79-92, 2015.
- [19] R. Reyes y N. Ricardo, Modelación de la ecuación constitutiva de suspensiones de caolín en función de la energía libre superficial del mineral, Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20320>, 2013.
- [20] J. López Bonilla, Diseño Hidráulico de un Sistema Gravimétrico para Relaves Mineros con un Caudal de 202 m³/h y 220 m de Desnivel, 2014.
- [21] D. Arellano, Analisis Gráfico de las curvas de flujo de una ventilación metálica, 2017.
- [22] P. Talens Oliag, V. Cortés López y A. Fuentes López, Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de un alimento fluido, Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/83406>, 2017.
- [23] P. A. S. Carrillo, Desarrollo de nuevos nanofluidos. Caracterización y comportamiento reológico, Cartagena: Universidad Técnica de Cartagena, 2016.
- [24] Colaboradores de Wikipedia, « Wikipedia, la enciclopedia libre,» Transición de fas, Mayo 2023. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Transici%C3%B3n_de_fase.
- [25] A. D. Tello, «Determinación de la estabilidad térmica de compuestos de policloruro de vinilo con el método Rancimat,» Técnica Industrial, 15 Agosto 2009. [En línea]. Available: <https://www.tecnicaindustrial.es/determinacion-de-la-estabilidad-termica-de-co>.

- [26] Artedimamico, «Que es un viscosímetro,» Equipos y laboratorio de Colombia, 2021. [En línea]. Available: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-es-un-viscosimetro>.
- [27] Colaboradores de Wikipèdia, «Wikipedia, la enciclopedia libre,» Viscosímetro, Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.scribbr.com/citation/generator/folders/2PMqkIW2kI2sTnvmYr8bW7/lists/6RltpvdIHKurJyBRcfdT2g/sources/7ouIqe7vNOqmY8BftwMjZp/>.
- [28] R. Mendoza, S. Guerrero y B. Herrera-Chávez, «Reología del yogur: efectos de las operaciones unitarias en el procesamiento y uso de aditivos,» *Novasineria*, vol. 4, n° <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.09>, pp. 151-163, 2021.
- [29] U. Universidad de la Plata, Introducción al mundo de las conservas, Argentina: Lipa. Laboratorio de Investigación de Productos Agroindustriales, 2023.
- [30] A. N. Panchi Guanoluisa, Determinación de parámetros reológicos en bebidas de frutas con diferentes concentraciones de sólidos solubles mediante el uso del equipo universal ta – xt2i, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [31] L. E. Ibarrola, Introducción a los fluidos no Newtonianos, Cátedra de mecánica de fluidos, 2015.
- [32] H. Laurencio-Alfonso y Y. Delgado-Drubey, «Influencia de la temperatura en las propiedades reológicas de la emulsión de petróleo pesado, Minería y Geología,» vol. 24(2), n° 1, p. 12, 2008.
- [33] Y. G.-C. H. L.-A. B Leyva-de-la-Cruz, «Caracterización reológica de un lodo que se genera en el lavado de árido,» *ingeniería Mecánica*, vol. 3, n° 19, pp. 143-149., 2016.
- [34] H. L.-A. y Y. Delgado-Drubey., «Propiedades reológicas de emulsiones de petróleo pesado en agua. Ingeniare,» *Revista chilena de ingeniería,*, vol. 16, n° 1, pp. 244-249, 2008.
- [35] H. Canchohuamán López y J. N. Ladera Caso, Caracterización físicoquímica y sensorial del yogurt con adición de goma de tara (*caesalpinia spinosa*) como estabilizante a diferentes concentraciones, 2010.
- [36] Servicio Público de energía eléctrica, Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución, Ecuador: Agencia de regulación y control de electricidad, 2020.
- [37] V. V. G. C. L. A. M. V. M. J. H. Gutiérrez Casiano N.*, «Evaluación del proceso de obtención del néctar de manzana Golden delicious (*malus domestica*) a partir de dos métodos de Conservación: pasteurización – vacío,» *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Prolongación de Oriente*, vol. 1, n° 6, pp. 680-685, 2016.

- [38] B. C. E. U. M. Gutiérrez Gonzales M, “Formulación y elaboración de una bebida probiótica fermentada a partir de lactosuero”, Revista científica Ciencia Agro Alimentaria, 2019.
- [39] P. J. A. Martínez, «La preparación de mermelada como recurso didáctico,» *An. Quím.*, vol. 105, n° 3, p. 221–226, 2009,.

ANEXOS

6 ANEXOS

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI ABRIL – AGOSTO 2023		
Anexo 1	Manual del Funcionamiento	
Manual del funcionamiento del Viscosímetro NDJ-8S 1. Prólogo El viscosímetro de pantalla digital NDJ-85- tiene un diseño de apariencia novedoso, diseño mecánico de nueva generación, hermoso proceso de fabricación, tecnología de control de microcomputadora, interfaz de impresora RS-232C, adquisición de datos correcta, pantalla con retroiluminación azul, pantalla LED de alto brillo, pantalla de datos clara 2 principio y aplicación 1. Viscosímetro digital de la serie NDJ, el motor impulsa el rotor para que gire a velocidad constante a través de velocidad variable. Cuando el rotor gira en el líquido, el líquido producirá el momento viscoso que actúa sobre el rotor. Cuanto mayor sea la viscosidad del líquido, mayor será el momento viscoso; a la inversa, cuanto menor sea la viscosidad del líquido, menor será el momento viscoso. El momento viscoso que actúa sobre el rotor es detectado y captado por el sensor, y las viscosidades del líquido analizado se obtienen mediante procesamiento informático. 2. El instrumento tiene las características de alta sensibilidad, buen rendimiento anti-interferencias, amplio voltaje de trabajo (110V-240V, 50HZ-60HZ-12V), resultados de prueba confiables, operación conveniente y apariencia hermosa. Se utiliza para medir la viscosidad absoluta de líquidos newtonianos y la viscosidad aparente de líquidos no newtonianos. Puede ser ampliamente utilizado en aceites, pinturas, plásticos, medicamentos, adornos, etc. Medición de la viscosidad de varios objetos, como detergentes para pinturas. 3. La pantalla de visualización muestra claramente el número de rotor, la velocidad de rotación, la viscosidad valor del líquido medido y su valor porcentual total. 4. El instrumento está equipado con cuatro tipos de rotores (No. 1, 2, 3, 4)...		

5. NDJ-8S tiene 8 velocidades (0,3,0,6,1.5,3,6, 12) Se pueden usar treinta y dos combinaciones para medir las viscosidades de varios líquidos en el rango de medición.

3. Principales indicadores técnicos

Modelo	NDJ-8S
Rango de medición	1 – 2X10 ⁶
Especificaciones del rotor	1,2, 3, 4 rotores (0 rotores pueden medir la viscosidad a menos de 10 mpa. s)
Velocidad del rotor	0.3, 0.6, 1.5, 3, 6, 12, transferencia/puntuación
Automatización de medición única	Cuando los resultados de la medición son estables, el rotor se detiene automáticamente
Precisión de la medición	±2% líquido newtoniano
Interfaz del sensor de temperatura	SI
Interfaz de computadora	SI
Interfaz de impresora	SI
Fuente de alimentación	AC 110-240 V 50/60 HZ DC12V
Ambiente de trabajo	La temperatura relativa no supera el 80% cuando la temperatura está entre 5 y 35 grados centígrados
Tamaño del contorno	380x320x390
Peso neto	4.6Kg

4. Estructura e Instalación de Instrumentos

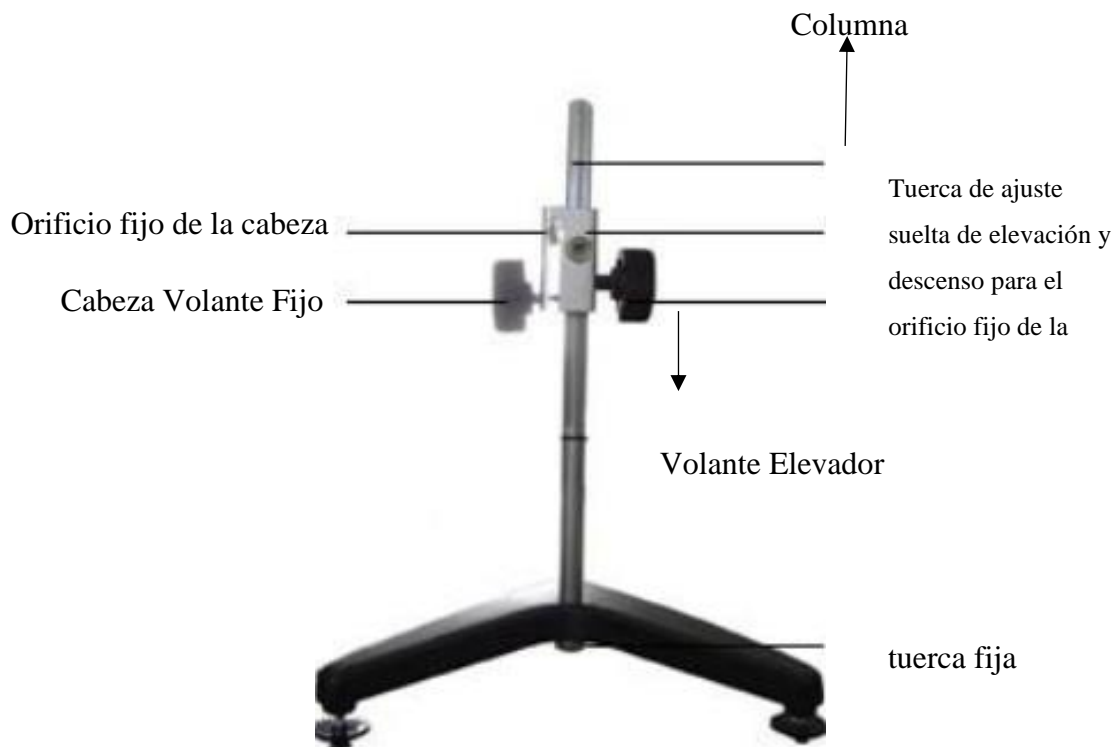


- | | | |
|--|------------------------|-----------------------------------|
| 1. Nivel | 2. LCD | 3. Cubrir |
| 4. Protección del rotor | 5. Computadora central | 6. Operación del teclado |
| 7. Enlace de rotor de del motor principal. | 8. Rotor | 9. Perilla de regulación la base. |

5. Instalación y Ajuste

Inspección de apertura.

1. La inspección de la fuente de alimentación debe cumplir con los requisitos de este instrumento: de acuerdo con las regulaciones pertinentes del estado, su terminal de conexión a tierra debe tener cables de conexión a tierra confiables.
2. El instrumento debe instalarse en una mesa de trabajo sin gas corrosivo, fuertes interferencias electromagnéticas y vibraciones.
3. Inserte la columna dentada en el orificio circular de la base del motor principal. El perfil del diente de la columna mira directamente al frente de la base. Apriete la tuerca fija en la columna con una llave para evitar que la columna gire



4. Gire el volante de elevación y muévelo hacia arriba y hacia abajo. Si se encuentra que el volante de elevación está demasiado apretado o flojo al girar, se puede ajustar el tornillo de ajuste en el frente del asiento de elevación. El levantamiento debe estar ligeramente apretado para evitar que la cabeza del viscosímetro se caiga. El mango del cabezal del viscosímetro se atornilla en el orificio de instalación del mango del cabezal del viscosímetro, se aprieta con una llave y luego se inserta en el orificio redondo fijo del cabezal del viscosímetro para mantener el nivel del cabezal básicamente, y se sujeta con un volante fijo.

5. Atención:

- Retire la tapa protectora del extremo inferior del viscosímetro aflojándola.
- Conecte la fuente de alimentación,
- Ajuste los tres tornillos de ajuste horizontales de la base del motor principal para que las burbujas de nivel en la cabeza del viscosímetro estén en la posición centra



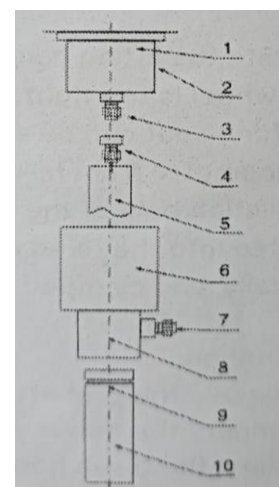
6. Operación y uso del instrumento

1. Prepare el líquido analizado. Coloque el líquido medido en un vaso de precipitados o cilindro con un diámetro de no menos de 70 mm y una altura de no menos de 120mm.

2. Controle con precisión la temperatura del líquido medido.

3. Después de instalar el protector del rotor, ajuste cuidadosamente el nivel del instrumento, verifique si las burbujas de aire del nivel están en el medio y proteja el estado de funcionamiento del instrumento en el nivel.

4. Tomando como referencia el odómetro, seleccione el conector de acceso giratorio del rotador adecuado. (Mirando hacia abajo, gire en el sentido de las agujas del reloj para cargar;



gire en el sentido contrario a las agujas del reloj para descargar). 5. Ajuste lentamente la perilla de elevación, ajuste la altura del rotor en el líquido medido hasta que la marca de nivel de líquido del rotor (en el medio de la ranura) sea igual al nivel de líquido.

- Cubierta inferior del viscosímetro
- Tornillo de fijación del manguito
- Tornillo de conexión del rotor
- Tuerca de conexión del rotor No. 5.0 rotor.
- Manguito fijo
- Tornillo fijo para barril de prueba externo
- Marcadores de nivel de líquido (rojo)
- Ranura triangular
- Tubo de ensayo externo

1) Instale el rotor No. 0 en el tornillo de conexión del rotor.

2. Coloque el manguito de fijación en la tapa inferior del cabezal del instrumento y fíjelo. el tornillo firmemente con el manguito.

3. Dentro del cilindro exterior (con fondo), se inyectan 20-25 galones de líquido probado

4. Inserte el tubo de ensayo exterior en el manguito fijo y apriételo con el tornillo fijo del tubo de ensayo exterior. Al apretar, el extremo del cono del tornillo fijo del tubo de ensayo exterior debe girarse en la ranura triangular del extremo superior del tubo de ensayo exterior (se puede observar si la ranura triangular del cilindro está ubicada en el centro del orificio). en el agujero circular del lateral) Después de controlar la temperatura del líquido probado, se puede probar.

5. Al hacer coincidir el tubo de ensayo externo sin fondo, el método es básicamente el mismo que el de (3). Cuando el tubo de ensayo externo y el rotor se sumergen en líquido, los puntos rojos en la manga fijan se utilizan como análisis de nivel de líquido.

7. Operación del Panel

1. Abra el interruptor de encendido en la parte posterior del instrumento, ingrese a la interfaz de arranque y muestre el modelo del instrumento.

2. Presione la tecla de menú para ingresar a la interfaz de configuración del sistema. Modo de comunicación y hora, idioma y configuración del sistema, presione AV para ajustar la

posición, presione la tecla de confirmación para configurar, presione la tecla de salida para volver a la interfaz.

3. Al elegir la configuración de comunicación, presione la tecla de confirmación para ingresar la configuración. La computadora host se comunica con la computadora, la impresora y la tecla V para ajustar la posición y luego configurarla mediante confirmación. Presione la tecla de salida para salir de la interfaz.

4. Configuración de hora, seleccione la tecla de menú para ingresar a la configuración de hora del sistema. Presione la tecla AV para ajustar, luego presione la tecla de confirmación. Presione AV <> para cambiar la hora. Pulse la tecla de confirmación para guardar la configuración y salir de la interfaz de retorno.

Restaurar valor de fábrica:

Este elemento se utiliza para restaurar todos los parámetros de la máquina al valor establecido por la fábrica, cuando el cursor está en "restaurar el valor establecido por la fábrica". Presione la tecla de salida cuando la opción esté activada.

Cuando la máquina esté en la interfaz de configuración del sistema, presione la tecla de salida para volver a la interfaz de espera.

8. Medidas

1. Configuración del número de rotor

El cursor se detiene en 1. Presione la tecla o V para seleccionar los números de rotor requeridos. Hay cinco tipos de números de rotor, 1, 2, 3, 4 y 0. El valor predeterminado es 1.

2. Ajuste de velocidad

Pulse la tecla <0 > para cambiar a la posición de velocidad. El cursor se detiene a 6 rpm/min, 0,3 rpm/min Según la tecla o V, se puede seleccionar la velocidad requerida. La velocidad del NDJ-SS se puede dividir en cinco grados: 6 rpm, 12 rpm, 30 rpm, 60 rpm y automática Después de seleccionar el Turner y el engranaje de velocidad, presione la tecla de confirmación, el rotor comienza a girar, el instrumento comienza a medir, y la pantalla muestra

3. Cuando se presiona la tecla de salida durante la medición, el instrumento dejará de medir. En este momento, los resultados de la medición se pueden imprimir y la tecla de salida debe presionarse nuevamente. Si se opera la tecla, el instrumento se detendrá automáticamente

después del final de la medición. Cuando finalice la prueba, presione la tecla de confirmación para imprimir el valor de medición actual (por ejemplo, con una impresora) o cargue el resultado de la medición a la PC. Presione la tecla de salida para salir de la medición actual e ingresar al siguiente estado de medición. Presione la tecla de salida para volver a la interfaz de espera.

4. Antes de la medición, se estima el rango de viscosidad del líquido medido primero, y luego se seleccionan los rotores apropiados y las velocidades de rotación en la escala.

5. Cuando no se puede estimar la viscosidad aproximada del líquido medido, debe considerarse como una viscosidad más alta. Seleccione el rotor de pequeño a grande (número de rotor de mayor a menor) y de velocidad lenta a rápida. En principio, el líquido con alta viscosidad debe elegir la velocidad lenta del rotor pequeño (número de rotor alto) y el líquido con baja viscosidad debe elegir la velocidad rápida del rotor grande (número de rotor). El número de rotor está grabado en el asa del rotor.

6. El instrumento tiene la función de alarma de sobre rango. Si el valor medido es superior al 100 %, para garantizar la precisión de la medición, la lectura del porcentaje del rango de tiempo de medición debe controlarse entre el 10 % y el 90 %. 7. En cualquier estado, presione la tecla de salida, el programa comenzará a ejecutarse desde el estado inicial y la interfaz de operación volverá al estado de trabajo seleccionado por el usuario.

9. Medidas NDJ-8S (Tablas en los Anexos 2 y 3)

10. Métodos de funcionamiento

1. Después de iniciar, la interfaz principal se muestra en la pantalla de confirmación al presionar la tecla de confirmación, como seleccionar 1 rotor.

1.2 Gire/puntúe y presione < cuando el cursor se detenga en 1 #.

2. Deje que el cursor se mueva a 6 rpm/min, presione < 12 rpm, presione la tecla de confirmación y el instrumento comenzará a medir.

3. Cuando el valor medido es estable, el instrumento dejará de medir automáticamente y luego podrá leer.

4. Operación de impresión y carga de datos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 2:

Velocidad de revolución



Ingeniería
Electromecánica

VELOCIDAD (rpm)	ROTOR #1
60	100
30	200
12	500
6	1000
3	2000
1.5	4000
0.6	10000
0.3	20000
ROTOR #3	VELOCIDAD (rpm)
60	2000
30	4000
12	10000
6	20000
3	40000
1.5	80000
0.6	200000
0.3	400000
ROTOR #4	VELOCIDAD (rpm)
60	10000
30	20000
12	50000
6	100000
3	200000
1.5	400000
0.6	1000000
0.3	2000000



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 3:

Métodos y técnicas del diseño experimental



Ingeniería
Electromecánica

	MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Bibliográfica documental	La investigación documental establece los conceptos teóricos del proyecto en este caso se establece las fórmulas de los modelos reológicos, toma de temperaturas y mediciones de viscosidad que deben tener un aporte científico técnico	Documentación	Fichas bibliográficas
Estadístico Matemático	<p>– Se utilizó para registrar, procesar datos, así como también generar ecuaciones que expliquen el comportamiento reológico de fluidos alimenticios [30].</p> <p>Además, se empleó cálculos para establecer dimensiones para una propuesta de tuberías</p>	Análisis Estadístico	Calculo Computarizado en hojas de Cálculo Excel
Descriptivo Interpretativo	- Se utiliza para describir e interpretar las respectivas curvas de viscosidad.	Análisis Gráfico	Gráficas y tablas
Método de aplicación reológica experimental.	Permite establecer un método adecuado para cada fluido e intervenir en las variables como lo es temperatura y viscosidad.	<p>Primaria:</p> <p>Reología aplicada a los fluidos.</p> <p>Secundaria:</p> <p>Registro Bibliográfico.</p>	<p>Reómetro NDJ 8S.</p> <p>Medidor de temperatura por termocupla.</p> <p>Modelado de curvas.</p>
Método de costos y gastos	Esto se realizó con la finalidad de tener una visión económica de lo que implica implementar en un futuro un sistema de tuberías.	Observación y documentación	Cotizaciones y catálogos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 4

Toma de muestra y medición de viscosidad del Yogurt 5 ° C, 20, ° C 44 ° C



En las siguientes tablas se detallan las viscosidades de los rotores 1, 2 y 3 del yogurt a temperatura de 5 ° C.

Tabla 37: Mediciones del viscosímetro del Yogurt con 5°C.

Yogurt Temperatura 5 ° C					
	Velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s))
Rotor 1 , 2, 3	6	840.5	3913	3220	3,57
	12	425	2288	1888	1,53
	30	189	845,2	1111	0,72
	60	88,14	430,3	730,6	0,42

En el siguiente muestreo se realizó el mismo proceso anterior, pero con una variante en la temperatura aplicando la prueba a 22°C.

Tabla 38: Mediciones del viscosímetro del Yogurt con 22°C.

Yogurt Temperatura 22 ° C					
	Velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s))
Rotor 1 , 2, 3	6	842,6	2187	1958	1,66
	12	425	1302	1208	0,98
	30	189,1	626,7	672,1	0,50
	60	88,14	388	428,4	0,30



Figura 74: Muestra de Yogurt con temperatura de 20°C.

En la muestra número tres se aplica una muestra de temperatura de 44°C, todas las muestras aplicaron tres rotores, de este modo se trata de recopilar mayor cantidad de datos, para su posterior análisis.

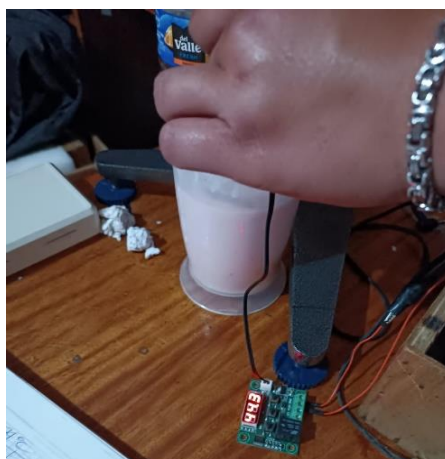


Figura 75: Muestra de Yogurt con temperatura de 44°C.

En esta imagen se puede apreciar cómo se toma la temperatura de 44°C para realizar la medición de viscosidad.

Tabla 39: Mediciones del viscosímetro del Yogurt con 44°C.

Yogurt Temperatura 44 °C				
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa's) R1	Viscosidad (mPa's) R2	Promedio (viscosidad aparente (P's))
Rotor 1 , 2, 3	6	840,5	1011	0,93
	12	425	559,5	0,49
	30	189,1	268,7	0,23
	60	88,14	178,5	0,13



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 5

Toma de muestras y medición de viscosidad de la mermelada



Ingeniería Electromecánica

Para la toma de muestras se utilizó mermelada que se obtiene de Salache, este fluido se trató como el anterior, de la misma manera se procede a trabajar con las variables de temperatura.



Figura 76: Muestra de mermelada

Tabla 40: Mediciones del viscosímetro de la mermelada con temperatura 5 °C.

Mermelada Temperatura 5 °C					
	Velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s))
Rotor 1 , 2, 3	6	842,6	4584	18187	7,871
	12	428	2321	9178	3,976
	30	191,4	845,2	3692	1,576
	60	89,62	431,3	1876	0,799



Figura 77: Muestra de mermelada del Rotor 1

En la segunda muestra se trabaja con temperatura de 10°C.

Tabla 41: Mediciones del viscosímetro de la mermelada con temperatura 10 °C.

Mermelada Temperatura 10 °C					
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s))
Rotor 1, 2, 3	6	846,6	4584	16098	7,176
	12	428	2315	9178	3,974
	30	191,8	845,2	3683	1,573
	60	89,62	429,2	1876	0,798



Figura 78: Muestra de mermelada del Rotor 1.

Tabla 42: Mediciones del viscosímetro de la mermelada con temperatura 21°C

Mermelada Temperatura 21 °C					
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s))
Rotor 1, 2, 3	6	842,6	4584	10051	5,159
	12	426	2315	7180	3,307
	30	190	843,2	3683	1,572
	60	88,99	429,2	1876	0,798

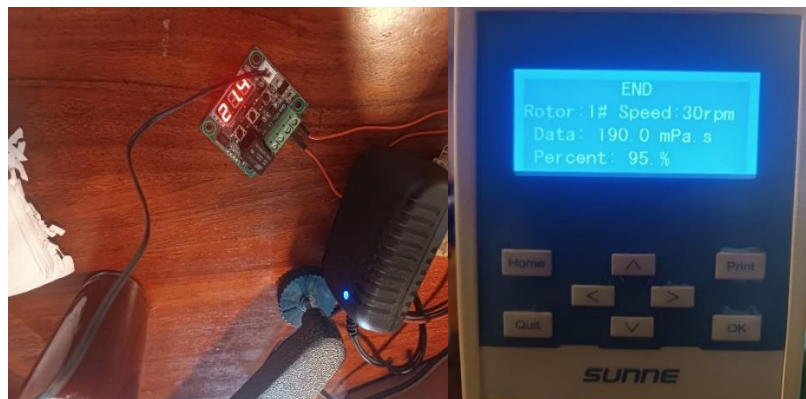


Figura 79: Medición térmica y viscosidad



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 6

**Toma de muestras y medición de
viscosidad de la Bebida
probiótica**



Figura 80: Muestra de bebidas probióticas

Tabla 43: Viscosidad de la bebida probiótica con temperatura 6 °C

Bebida probiótica Temperatura 6 °C					
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s)
Rotor 1 , 2, 3	6	6,05	10,99	130,5	0,049
	12	2,03	5,54	43,91	0,017
	30	3,67	4,1	26,89	0,012
	60	4,24	5,16	13,53	0,008



Figura 81: Viscosidad de la bebida probiótica con temperatura 6 °C

En la siguiente tabla se coloca la variable de 22°C en la bebida probiótica los resultados se

detallan a continuación.

Tabla 44: Viscosidad de la bebida probiótica con temperatura 22°C

Bebida probiótica Temperatura 22 °C					
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s)
Rotor 1 , 2, 3	6	4,03	32,81	130,5	0,056
	12	1,02	11,08	43,91	0,022
	30	3,21	8,21	17,92	0,010
	60	3,6	5,16	13,53	0,007

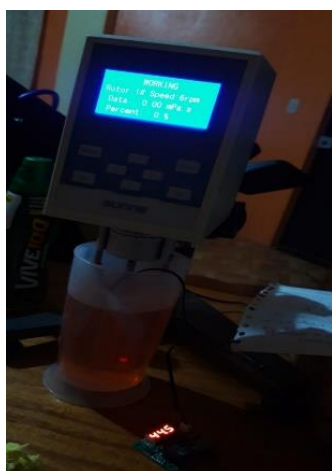


Figura 82: Viscosidad de la bebida probiótica

En la última muestra se dispone a colocar el viscosímetro a 44°C, los resultados se detallan a continuación

Tabla 45: Viscosidad de la bebida probiótica con temperatura 44°C

Bebida probiótica Temperatura 44 °C					
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s)
Rotor 1 , 2, 3	6	4,03	32,98	130,5	0,056
	12	1,02	11,08	43,91	0,019
	30	3,21	4,1	17,92	0,008
	60	2,97	4,13	9,02	0,005



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 7

Toma de muestras y
medición de viscosidad
del Néctar.



Ingeniería
Electromecánica

Tabla 46: Viscosidad del néctar con temperatura 5°C.

Néctar Temperatura 5 °C					
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s))
Rotor 1, 2, 3	6	391	428,7	522,1	0,447
	12	269,4	282,5	329,3	0,294
	30	186,8	164,1	197,2	0,183
	60	88,35	117,6	135,3	0,114

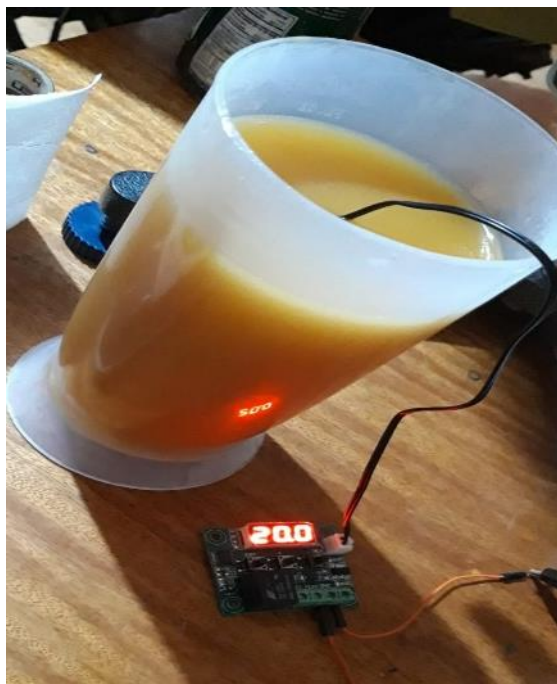


Figura 83: Viscosidad del néctar con temperatura 20°C.

Tabla 47: Viscosidad del néctar con temperatura 20°C.

Néctar Temperatura 20 °C					
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s))
Rotor 1, 2, 3	6	324,5	395,7	478,6	0,400
	12	215,5	254,8	263,5	0,245
	30	143,2	137,4	161,3	0,140
	60	88,14	99,06	112,7	0,100

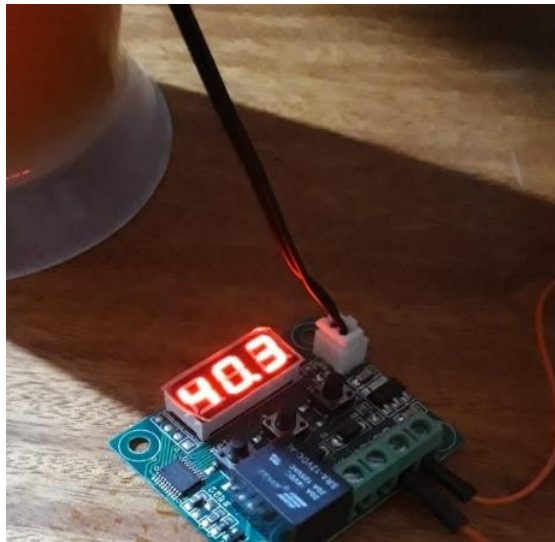


Tabla 48: Viscosidad del néctar con temperatura 40°C.

Néctar Temperatura 40 °C					
	velocidad a la que gira el rotor (rpm)	Viscosidad (mPa·s) R1	Viscosidad (mPa·s) R2	Viscosidad (mPa·s) R3	Promedio (viscosidad aparente (P·s))
Rotor 1, 2, 3	6	201,6	230,8	304,6	0,246
	12	133,2	144	175,7	0,151
	30	89,48	75,9	98,58	0,088
	60	59,54	54,69	72,15	0,062

Como podemos observar en el cuadro sacamos un promedio de viscosidad el cual se lo realiza para obtener un valor más real y obtener la viscosidad aparente esto se realizó para cada uno de los fluidos a sus diferentes temperaturas.



Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

DATOS		
Densidad	1050	kg/m ³
temperatura	5	°C
perdida local	0	
Q	0,050	m ³ /h
L	1	m
DZ	0	m
Q	0,0000139	m ³ /s
Tarifa eléctrica	0,071	\$/Kwh
Tiempo de trabajo	800	h/año
rendimiento motor	0,92	
rendimiento bomba	0,4	

Tabla 49: Datos para análisis técnico económico del Yogurt 5 °C.

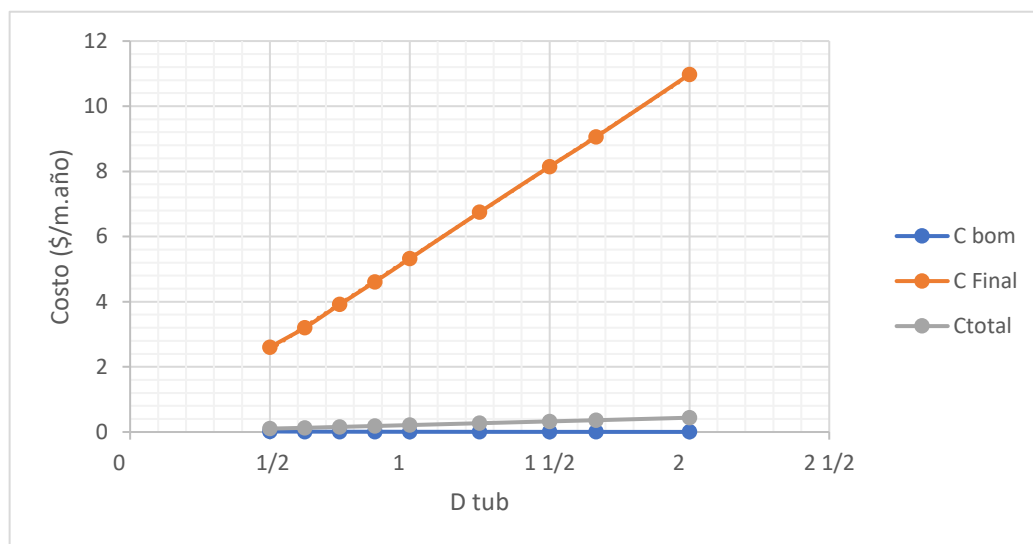


Figura 84: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

D (pulgadas)	C bom (\$/m.año)	C tub (\$/m)	Cf (\$/m.año)	CT (\$/m.año)
1/2	0,00253	2,61	0,104	0,107

Tabla 50: Costos totales de análisis técnico económico.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 9:

Yogurt datos a 44 °C.



Ingeniería Electromecánica

Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

DATOS		
Densidad	1050	kg/m ³
temperatura	44	°C.
perdida local	0	
Q	0,050	m ³ /h
L	1	m
DZ	0	m
Q	0,0000139	m ³ /s

Tarifa eléctrica	0,071	\$/Kwh
Tiempo de trabajo	800	h/año
rendimiento motor	0,92	
rendimiento bomba	0,4	

Tabla 51: Datos para análisis técnico económico del Yogurt 44 °C.

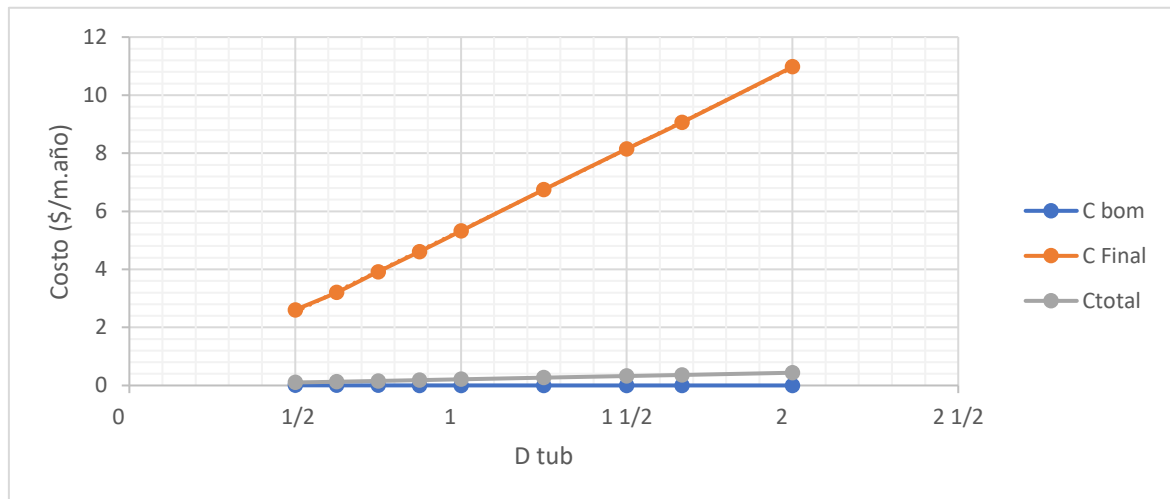


Figura 85: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

D (pulgadas)	C bom (\$/m.año)	C tub (\$/m)	Cf (\$/m.año)	CT (\$/m.año)
1/2	0,00092	2,61	0,104	0,105

Tabla 52: Costos totales de análisis técnico económico.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 10:

Néctar datos a 6 °C.



Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

DATOS		
Densidad	31000	kg/m ³
temperatura	6	°C.
perdida local	0	
Q	0,05	m ³ /h
L	1	m
DZ	0	m
Q	0,0000139	m ³ /s

Tarifa eléctrica	0,071	\$/Kwh
Tiempo de trabajo	800	h/año
rendimiento motor	0,92	
rendimiento bomba	0,4	

Tabla 53: Datos para análisis técnico económico del Néctar 6 °C.

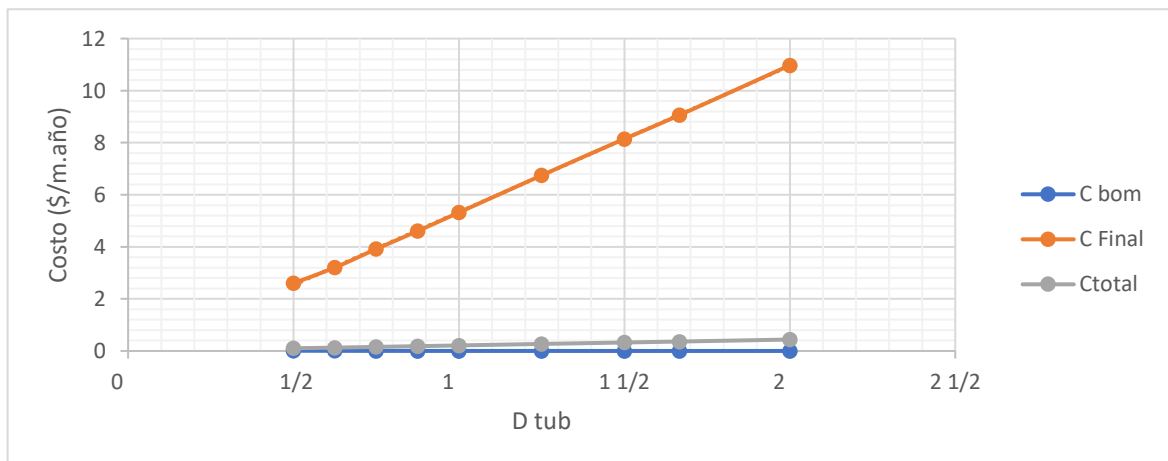


Figura 86: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

D (pulgadas)	C bom (\$/m.año)	C tub (\$/m)	Cf (\$/m.año)	CT (\$/m.año)
1/2	0,00154	2,61	0,104	0,106

Tabla 54: Costos totales de análisis técnico económico.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 11

Néctar datos a 44 °C.



Ingeniería Electromecánica

Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

DATOS		
Densidad	31000	kg/m ³
temperatura	44	°C.
perdida local	0	
Q	0,05	m ³ /h
L	1	m
DZ	0	m
Q	0,0000139	m ³ /s

Tarifa eléctrica	0,071	\$/Kwh
Tiempo de trabajo	800	h/año
rendimiento motor	0,92	
rendimiento bomba	0,4	

Tabla 55: Datos para análisis técnico económico del Néctar 6 °C.

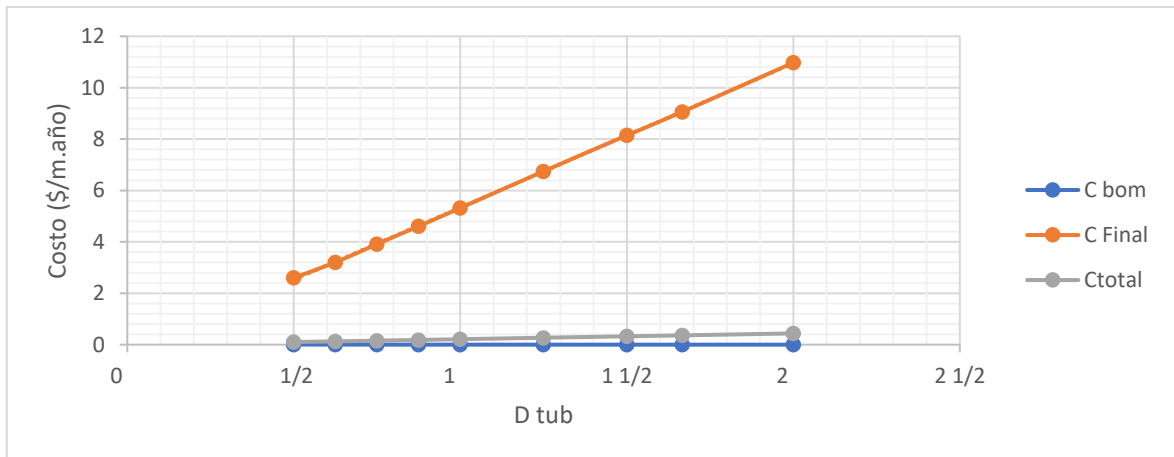


Figura 87: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

D (pulgadas)	C bom (\$/m.año)	C tub (\$/m)	Cf (\$/m.año)	CT (\$/m.año)
1/2	0,000772	2,61	0,104	0,105

Tabla 56: Costos totales de análisis técnico económico.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 12

Bebida probiótica datos a 44 °C.



Ingeniería Electromecánica

Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

DATOS		
Densidad	1170	kg/m ³
temperatura	44	°C
perdida local	0	
Q	0,050	m ³ /h
L	1	m
DZ	0	m
Q	0,0000139	m ³ /s

Tarifa eléctrica	0,071	\$/Kwh
Tiempo de trabajo	800	h/año
rendimiento motor	0,92	
rendimiento bomba	0,4	

Tabla 57: Datos para análisis técnico económico de la bebida probiótica a 44 °C.

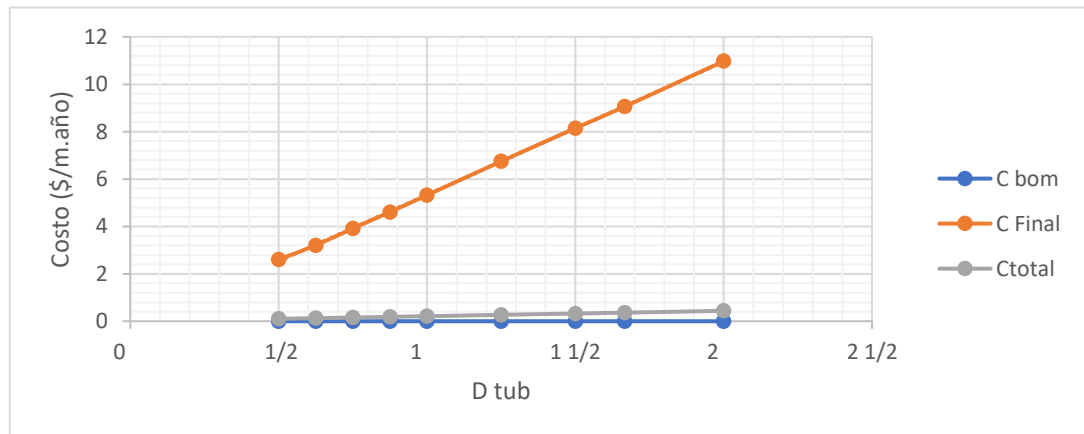


Figura 88: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

D (pulgadas)	C bom (\$/m.año)	C tub (\$/m)	Cf (\$/m.año)	CT (\$/m.año)
1/2	0,00002547	2,61	0,104	0,104

Tabla 58: Costos totales de análisis técnico económico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 13:

Mermelada datos a 5 °C.



Ingeniería Electromecánica

Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

DATOS		
Densidad	166	kg/m ³
temperatura	5	°C.
perdida local	0	
Q	0,05	m ³ /h
L	1	m
DZ	0	m
	opt???	
Q	0,0000139	m ³ /s

Tarifa eléctrica	0,071	\$/Kwh
Tiempo de trabajo	800	h/año
rendimiento motor	0,92	
rendimiento bomba	0,4	

Tabla 59: Datos para análisis técnico económico de la mermelada 5 °C.

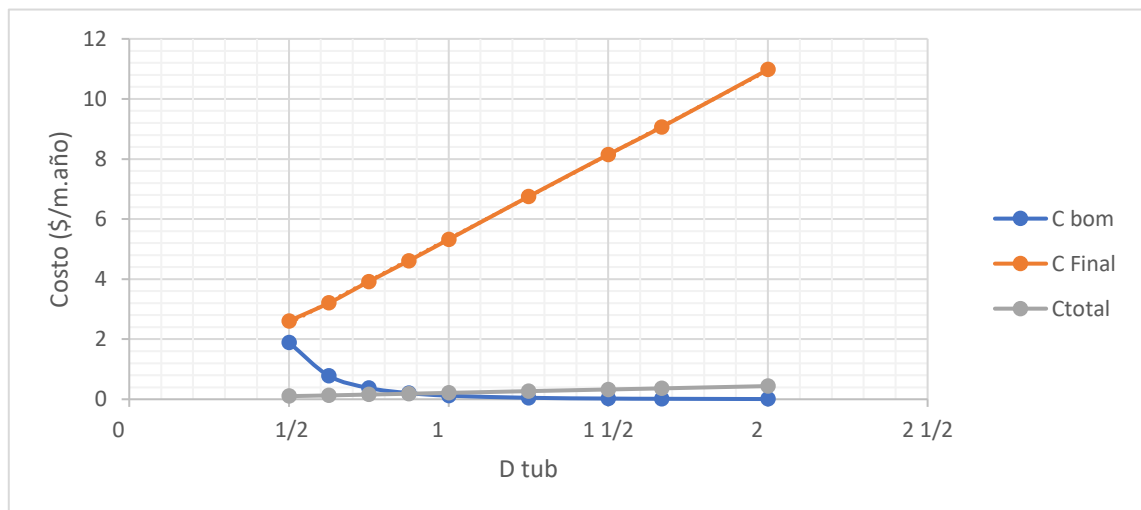


Figura 89: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

D (pulgadas)	C bom (\$/m.año)	C tub (\$/m)	Cf (\$/m año)	CT (\$/m.año)
3/4	0,058	3,92	0,157	0,215

Tabla 60: Costos totales de análisis técnico económico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 14:

Mermelada datos a 10 °C.



Ingeniería
Electromecánica

Para el análisis técnico económico se tiene los siguientes datos.

DATOS		
Densidad	166	kg/m ³
temperatura	10	°C.
perdida local	0	
Q	0,05	m ³ /h
L	1	m
DZ	0	m
Q	0,0000139	m ³ /s

Tarifa eléctrica	0,071	\$/Kwh
Tiempo de trabajo	800	h/año
rendimiento motor	0,92	
rendimiento bomba	0,4	

Tabla 61: Datos para análisis técnico económico de la mermelada 10 °C.

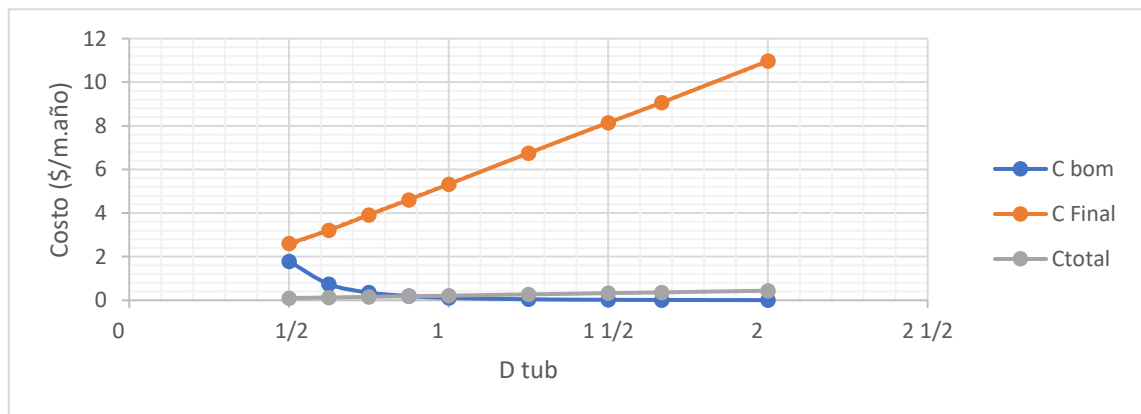


Figura 90: Relación de costo al año y diámetro de tubería óptima para el Fluido.

D (pulgadas)	C bom (\$/m.año)	C tub (\$/m)	Cf (\$/m.año)	CT (\$/m.año)
3/4	0,054	3,92	0,157	0,211

Tabla 62: Costos totales de análisis técnico económico



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 15:

Registro fotográfico



Fotografía 1: verificación de la planta de producción de agroindustrial.



Fotografía 2: verificación de la producción del yogurt



Fotografía 3. Obtención De los diferentes líquidos a analizar



Fotografía 5: Adquisición del viscosímetro NDJ 8S



Fotografía 6: Primeras pruebas del viscosímetro en funcionamiento



Fotografía 7. Probetas de medición de viscosidad



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 16:

Catálogo de tubería



Ingeniería
Electromecánica

Tubería de acero inoxidable

Características técnicas

Le ofrecemos la más amplia oferta en tubería, piezas y accesorios en acero inoxidable.

Para uso estructural y decorativo producido bajo norma ASTM A554

Los tubos se producen en longitudes de 6 m

Propiedades mecánicas:

Resistencia a la tracción: Mínima 53 kg/mm²

Resistencia a la fluencia: Mínima 205 N/mm²

Elongación: Mínima 40%

Doblamiento: Radio Mínimo de curvatura 2.3 el diámetro del tubo

Dureza: Brinell máxima 192 Rockwell B máx 90

Material: Calidad AISI A304

Norma: ASTM A240

Si necesita algún material que no figure en nuestro catálogo no dude en ponerse en contacto con nosotros, estaremos encantados de atenderle.

Tubos redondos, cuadrados y rectangulares



Medidas y Precios de Tubería Redonda

DIAMETROEQUIVALENCIA NOMINAL EN (mm)	ESPESOR NOMINAL (mm)	PRECIO		OBSERVACION
		UNITARIO METROS	ACABADO (No3 SF) (USD+IVA)	
		1,00	10,48	
1/2"	12,75	1,20	13,00	CONSULTAR STOCK
		1,50	15,63	CONSULTAR STOCK
		1,00	13,27	
5/8"	15,90	1,20	15,71	
		1,50	19,23	
		1,00	16,11	
3/4"	19,10	1,20	19,13	
		1,50	23,50	
		1,00	18,88	
7/8"	22,20	1,20	22,44	
		1,50	27,65	
		1,00	21,73	
1"	25,40	1,20	25,85	
		1,50	31,92	
		2,00	41,67	
		1,20	32,70	
1 1/4"	31,80	1,50	40,48	
		2,00	53,08	
		1,20	39,43	
		1,50	48,88	
1 1/2"	38,10	2,00	64,29	
		1,20	43,81	
		1,50	54,36	
1 2/3"	42,20	2,00	71,60	
		1,20	53,00	
		1,50	65,85	
2"	50,80	2,00	86,91	
		1,20	56,42	
		1,50	70,13	
2 1/8"	54,00	2,00	92,60	
		1,20	63,16	
		1,50	78,54	
2 3/8"	60,30	2,00	103,82	
		1,20	66,57	
		1,50	82,82	
2 1/2"	63,50	2,00	109,53	
		1,20	74,05	
		1,50	92,16	
2 7/8"	70,50	1,50	92,16	
		2,00	121,99	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

ABRIL – AGOSTO 2023

Anexo 17:

Viscosímetro



Ingeniería
Electromecánica

Viscosímetro rotatorio de SHengwin 1 ~ 2000000mPa.s
Viscosidad Fluidímetro Tester Medidor de Laboratorio
Viscosímetros Digitales NDJ-8S 110-240V

Visita la tienda de SHengwin
5.0 ★★★★★ 1 calificación

US\$ 545⁰⁰

Devoluciones GRATIS

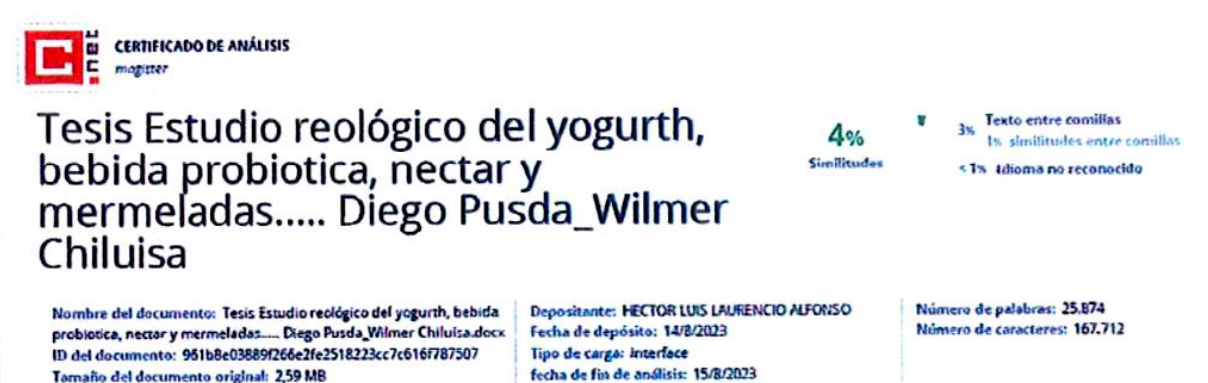

- Buen rendimiento: el visor de pantalla digital tiene alta sensibilidad, buen rendimiento antiinterferencias, tecnología de control de microcomputadora, recolección de datos precisa y resultados de prueba fiables.
- Pantalla digital: la pantalla muestra claramente el número de rotor, la velocidad de rotación, el valor de viscosidad del líquido medido y su valor porcentaje completo.
- [Fácil ajuste] Equipado con un dispositivo de nivel en la parte superior, la nivelación es más conveniente e intuitiva; perillas horizontales en la parte inferior para un fácil ajuste y funcionamiento estable; la rueda de mano de elevación es fácil de ajustar y no se desliza fácilmente.
- Alta precisión: equipado con cuatro tipos de rotos (#1, #2, #3, #4), tiene 8 velocidades de rotación (0,3 rpm, 0,6 rpm, 1,5 rpm, 3 rpm, 6 rpm, 12 rpm, 30 rpm, 60 rpm), las viscosidades de varios líquidos en el rango de medición se pueden medir.
- [Amplias aplicaciones] Este visómetro giratorio se puede utilizar ampliamente en las industrias de producción de fluidos y semilíquidos y unidades de investigación científica para medir la viscosidad de líquido newtoniano, aceite, pasta, pinturas, revestimientos, plástico, grasa, lodo, cosméticos, etc.

Figura 91: Precio en Amazon

VALOR ARTÍCULO:	\$ 545.00
VALOR FLETE:	\$ 229.05
VALOR IMPUESTOS:	\$ 106.39
TOTAL DE IMPORTACIÓN:	\$ 880.44

Figura 92: Precio de importación e Impuestos por Laarbox

INFORME ANTI PLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería Electromecánica
Nombre del docente evaluador que emite en informe:	Phd. Héctor Luis Laurencio Alfonso
Documento evaluado:	Propuesta tecnológica presentada previa a la obtención del título de ingeniería electromecánica.
Autores del documento:	Wilmer Mauricio Chiluisa Socasi Diego Xavier Pusdá Mejía
Programa de similitud según el programa utilizado:	Sistema COMPILATIO
Observaciones: Calificación de originalidad atendidos a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones. 	4%
Fecha de realización del informe	15/08/2023
Captura de pantalla del documento analizado	
 <p>CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister</p> <p>Tesis Estudio reológico del yogurth, bebida probiotica, nectar y mermeladas..... Diego Pusda_Wilmer Chiluisa</p> <p>4% Similitudes</p> <p>3% Texto entre comillas 1% similitudes entre comillas < 1% idioma no reconocido</p> <p>Nombre del documento: Tesis Estudio reológico del yogurth, bebida probiotica, nectar y mermeladas..... Diego Pusda_Wilmer Chiluisa.docx ID del documento: 951b8e03889f266e2fe2518223cc7c616f787507 Tamaño del documento original: 2,59 MB</p> <p>Depositante: HECTOR LUIS LAURENCIO ALFONSO Fecha de depósito: 14/8/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 15/8/2023</p> <p>Número de palabras: 25.874 Número de caracteres: 167.712</p>	
 <hr/> Phd. Héctor Luis Laurencio Alfonso C.C. 175836725-2	



Tesis Estudio reológico del yogurth, bebida probiotica, nectar y mermeladas.... Diego Pusda_Wilmer Chiluisa

4%
Similitudes

3% Texto entre comillas
1% similitudes entre comillas
< 1% idioma no reconocido

Nombre del documento: Tesis Estudio reológico del yogurth, bebida probiotica, nectar y mermeladas.... Diego Pusda_Wilmer Chiluisa.docx
ID del documento: 961b8e03869f266e2fe2516223cc7c616f787597
Tamaño del documento original: 2,59 MB

Depositante: HECTOR LUIS LAURENCIO ALFONSO
Fecha de depósito: 14/8/2023
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 15/8/2023

Número de palabras: 25.874
Número de caracteres: 167.712

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uta.edu.ec https://repositorio.uta.edu.ec/handle/documento/23456789/10661/1/161_506.pdf 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (166 palabras)
2	www.sauceeditorial.com https://www.sauceeditorial.com/index.php/revista/articulos/ver/18/46/66 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
3	diccionario.sensagent.com Viscosímetro - definición de Viscosímetro y sinónimos https://diccionario.sensagent.com Viscosímetros espal-texto Viscosímetro. Un viscosímetro (dinom... 8 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (72 palabras)
4	Documento de otro usuario - #02389 El documento proviene de otro grupo 9 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (75 palabras)
5	doi.org https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9749-9_10 https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9749-9_10 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (14 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	hdl.handle.net Perfil reológico de la pulpa de cocona (solanum sessiliflorum dunal) http://hdl.handle.net/10420/509/128941569	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
2	repositorio.uta.edu.ec https://repositorio.uta.edu.ec/handle/documento/23456789/10661/1/161_506.pdf - Usavigan Quilapargu...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
3	hdl.handle.net Estudio de las propiedades físico químicas del grano seco y reol... http://hdl.handle.net/11458/2771	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec Formulación y caracterización reológica de fluidos compl... https://repositorio.espe.edu.ec/handle/bitstream/21003/20846/5/7_ESPE_039781.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	localhost Implementación de uso de aplicaciones complementarias de software ... https://localhost.9083/vniku/bitstream/eav/123456789/10661/1/161_506.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://www.infinitaresearch.com/noticias/reologia-y-propiedades-reologicas-de-los-materiales/>
- <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/28999.htm>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Transición_de_fase
- <https://www.equipoyslaboratorio.com/post/articulo-ampliado/que-es-un-viscosímetro>
- <https://www.sciriblr.com/citation/generator/folders/2FMqkIW2k12sTwmYr6bW7lists/68ltpvJlIKurJy0RcfdT2g/sources/7esulq67vN0qmY80fwMjZp/>

Phd. Héctor Luis Laurencio Alfonso

C.C. 175836725-2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ACTA DE ENTREGA Y RECEPCIÓN


Latacunga, agosto 2023

En la ciudad de Latacunga, al 14 de agosto del año 2023, en la Universidad Técnica de Cotopaxi y con la autorización el Phd. Héctor Luis Laurencio Alfonso, se realiza la entrega voluntaria por parte de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la propuesta tecnológica “ESTUDIO REOLÓGICO DEL YOGURTH, BEBIDA PROBIÓTICA, NÉCTAR Y MERMELADAS OBTENIDAS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN PERTENECIENTE A LA CARRERA DE AGROINDUSTRIA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, Ubicada en la ciudad de Latacunga, y al Ing. Jorge Villaroel, se procede a la entrega y recepción de los siguientes bienes:

EQUIPO	DETALLE	ESTADO
Reómetro NDJ-8S	Viscosímetro Rotacional Rango de medición: $1 \sim 2 \times 10^6 \text{mPas}$	Nuevo, Operativo



Wilmer Mauricio Chiluisa Socasi
C.I. 172194955-8



Diego Xavier Pusedá Mejía
C.I. 100454286-4



Tutor
PHD, Hector Luis Laurencio Alfonso
C.I. 175836725-2

