

EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE AGUA, DE CEMENTO Y
SOSTENIMIENTO DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN EL CONCRETO QUE
OTORGUE LA SÍNTESIS DE UN NUEVO ADITIVO A BASE DE
CICLOHEXANONA PARA LA EMPRESA TECNOCONCRETO S.A.S

CATALINA JAIME LÓPEZ
NATALIA PAEZ SOTO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2016

EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE AGUA, DE CEMENTO Y
SOSTENIMIENTO DE TIEMPOS DE FRAGUADO EN EL CONCRETO QUE
OTORGUE LA SÍNTESIS DE UN NUEVO ADITIVO A BASE DE
CICLOHEXANONA PARA LA EMPRESA TECNOCONCRETO S.A.S

CATALINA JAIME LÓPEZ
NATALIA PAEZ SOTO

Proyecto Integral de Grado para optar al título de
INGENIERO QUIMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2016

Nota de Aceptación

Ing. Edgar Fernando Moreno
Presidente del Jurado

Ing. Yovanny Morales
Jurado 1

Ing. Mauricio Calle
Jurado 2

Bogotá D.C., Agosto del 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrado

Ing. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director programa de Ing. Química

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a Las autoras.

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado la vida, a mis padres Sofía Soto y Oscar Páez por ser un apoyo incondicional, brindándome consejos y siendo luz en la oscuridad, a mis hermanos, siempre tan propositivos, a Sebastián Ortega, por siempre estar ahí para que continuara este recorrido, a mi compañera Catalina Jaime, por ser equipo y aportarle vida a esta idea y a toda mi familia y amigos que estuvieron motivándome durante este proceso.

Natalia Páez Soto.

Este trabajo de grado se lo dedico a Dios, por ser mi sustento y mi fortaleza; a mis padres Ruby López y José Wilson Jaime quienes son, y serán siempre mi única constante, a mi hermano Alejandro Jaime por su interés en mi crecimiento profesional, a Eduardo Montenegro por no permitirme desfallecer, a mi compañera Natalia Páez, con quien trabajamos arduamente para que este proyecto se materialice, y a mis compañeros de carrera por su solidaridad cuando la necesité. ¡A todos ustedes muchas gracias!

Catalina Jaime López.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la UNIVERSIDAD DE AMÉRICA y a toda su planta docente por brindarnos su conocimiento e indicarnos el camino para afrontar la práctica de la ingeniería química.

Al Ingeniero químico EDGAR FERNANDO MORENO, nuestro orientador de Proyecto de grado, por sus valiosos aportes para la realización de este trabajo.

Al ingeniero civil ISAAC ORTEGA, por hacer posible el acercamiento con Tecnoconcreto S.A.S. y Laboratorio Contecon Urbar Ingenieros Consultores.

Al químico GILBERTO MOLINA, quien gracias a sus aportes teóricos fortaleció la realización de este proyecto.

A la gerente ÁNGELA MARÍA LONDOÑO, por su aval, el cual nos permitió realizar este trabajo en conjunto con la empresa Tecnoconcreto S.A.S.

Al Químico HÉCTOR JAVIER SOTO LÓPEZ por su asesoría en el análisis infrarrojo implementado en este proyecto.

Al químico FREDDY RAMOS RODRÍGUEZ por su asesoría en la realización del escalamiento del aditivo.

A los químicos CÉSAR SIERRA y ANDRÉS MOLANO por su ayuda en la interpretación de los espectros infrarrojos.

A TECNOPARQUE SENA NODO BOGOTÁ por permitirnos trabajar en sus instalaciones para la síntesis de este aditivo, y quienes con su equipo humano tuvimos el mayor de los apoyos y aprendimos más sobre las buenas prácticas de laboratorio.

Y a la licenciada SANDRA PATRICIA VARGAS SOTO por su colaboración en la revisión y corrección de estilo de este documento.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. CONCEPTOS TEÓRICOS	21
1.1 POLÍMEROS	21
1.2 POLIMERIZACIÓN	21
1.2.1 Polimerización por adición	22
1.2.1.1 Polimerización por adición con radical libre	22
1.2.1.2 Polimerización por adición catiónica	23
1.2.1.3 Polimerización por adición aniónica	25
1.2.2 Polimerización por condensación	25
1.3 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA	26
1.3.1 Reflotación total atenuada (ATR)	27
1.4 ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES	28
1.4.1 Mecanismo de acción de los superplastificantes	30
1.6 ASENTAMIENTO	36
1.7 CONTENIDO DE AIRE	38
1.8 FRAGUADO DEL CONCRETO	39
1.8.1 Hidratación del cemento	39
1.8.2 Tiempos de fraguado del concreto	40
1.8.3 Factores que influyen en el fraguado del concreto	41
1.9 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	42
1.10 EFECTOS DE LOS SUPERPLASTIFICANTES EN EL CONCRETO FRESCO Y DURO	44
1.10.1 Trabajabilidad	44
1.10.2 Contenido de Aire	44
1.10.3 Resistencia a la compresión	44
1.10.4 Tiempos de Fraguado	45
2. SINTESIS DEL ADITIVO Y SUS PROPIEDADES	46
2.1 METODOLOGÍA PARA LA SÍNTESIS DEL ADITIVO	46
2.1.3 Metodología para encontrar propiedades físicas y químicas	47
2.1.3.1 Densidad	47
2.1.3.2 Índice de refracción	48
2.1.3.3 Viscosidad	48
2.1.3.4 Espectroscopia Infrarroja FTIR	50
2.2 PRE-EXPERIMENTACIÓN	50
2.2.1 Ensayo 1	53
2.2.1.1 Resultados prueba ensayo 1	55
2.2.2 Ensayo 2	56
2.2.2.1 Resultados pruebas ensayo 2	58

2.2.3 Ensayo 3	60
2.2.3.1 Resultados pruebas ensayo 3	63
2.2.4 Ensayo 4	65
2.2.4.1 Resultados pruebas ensayo 4	68
2.2.5 Ensayo 5	70
2.2.5.1 Resultados pruebas ensayo 5	73
2.2.6 Ensayo 6	75
2.2.6.1 Resultados pruebas ensayo 6	78
2.3 ESCALAMIENTO DEL PROCESO	82
2.3.1 Muestra de cálculo	82
2.3.2 Escalamiento 1	84
2.3.2.1 Resultado pruebas escalamiento 1	88
2.3.3 Escalamiento 2	92
2.3.3.1 Resultado pruebas escalamiento 2.	94
2.3.4 Escalamiento 3	95
2.3.4.1 Resultado pruebas escalamiento 3	98
2.3.5 Aditivo final	99
2.3.5.1 Resultado pruebas aditivo final	100
2.4 RESULTADOS Y ANÁLISIS	103
3. ENSAYOS ESTANDARES EN EL CONCRETO	106
3.1 METODOLOGIA PARA LOS ENSAYOS EN CONCRETO	106
3.1.1 Cálculos Previos	106
3.1.2 Asentamiento	110
3.1.3 Porcentaje de Aire	111
3.1.3 Resistencia a la compresión	112
3.1.4 Tiempos de fraguado	113
3.1.5 Cálculos de los ensayos en concreto	115
3.1.5.1 Cálculos para encontrar el tiempo de fraguado	115
3.1.5.2 Datos de la resistencia a la compresión	118
3.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS	120
4. CONCLUSIONES	121
5. RECOMEDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS	130

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del superplastificante CFS.	34
Tabla 2. Densidad del compuesto del ensayo 2.	58
Tabla 3. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 2.	58
Tabla 4. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 2.	59
Tabla 5. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 2.	59
Tabla 6. Densidad del compuesto del ensayo 3.	63
Tabla 7. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 3.	64
Tabla 8. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 3.	64
Tabla 9. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 3.	65
Tabla 10. Densidad del compuesto del ensayo 4.	68
Tabla 11. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 4.	68
Tabla 12. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 4.	69
Tabla 13. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 4.	69
Tabla 14. Densidad del compuesto del ensayo 5.	73
Tabla 15. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 5.	73
Tabla 16. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 5.	74
Tabla 17. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 5.	74
Tabla 18. Densidad del compuesto del ensayo 6.	78
Tabla 19. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 6.	78
Tabla 20. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 6.	79
Tabla 21. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 6.	79
Tabla 22. Cantidades bases de NaOH y Acido fórmico para el escalamiento.	82
Tabla 23. Cantidades de los reactivos en los ensayos para hacer el escalamiento del aditivo.	83
Tabla 24. Cantidades de los reactivos para los escalamientos.	84
Tabla 25. Densidad del compuesto del escalamiento 1.	88
Tabla 26. Índices de refracción del compuesto en el escalamiento 1.	89
Tabla 27. Densidad del compuesto del escalamiento 2.	94
Tabla 28. Índices de refracción del compuesto en el escalamiento 2.	94
Tabla 29. Densidad del compuesto del escalamiento 3.	98
Tabla 30. Índices de refracción del compuesto en el escalamiento 3.	98
Tabla 31. Densidad del compuesto del Aditivo final.	100
Tabla 32. Índices de refracción en el aditivo total.	101
Tabla 33. Formulación de los reactivos en los ensayos de pre-experimentación y escalamientos.	103
Tabla 34. Resultados del capítulo 2.	104
Tabla 35. Diseño preliminar de mezcla de concreto.	107
Tabla 36. Porcentaje de humedad de los agregados.	108
Tabla 37. Corrección por humedad de los agregados.	109
Tabla 38. Diseño Final de la mezcla de concreto.	109

Tabla 39. Resistencia a la penetración en los tiempos de fraguado.	116
Tabla 40. Porcentaje de reducción de agua.	118
Tabla 41. Resultados resistencia a la compresión.	118
Tabla 42. Resultados ensayos en concreto.	120

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Espectro infrarrojo solido ensayo 1	55
Gráfica 2. Espectro infrarrojo ensayo 2	59
Gráfica 3. Espectro infrarrojo ensayo 3	65
Gráfica 4. Espectro infrarrojo ensayo 4	69
Gráfica 5. Espectro infrarrojo líquido ensayo 5	74
Gráfica 6. Espectro infrarrojo sólidos ensayo 5	75
Gráfica 7. Espectro infrarrojo ensayo 6	80
Gráfica 8. Espectro infrarrojo escalamiento 1	92
Gráfica 9. Espectro infrarrojo escalamiento 2	95
Gráfica 10. Espectro infrarrojo escalamiento 3	99
Gráfica 11. Espectro infrarrojo aditivo total líquido	101
Gráfica 12. Espectro infrarrojo aditivo total sólido	102
Gráfica 13. Tiempos de fraguado Blanco	116
Gráfica 14. Tiempos de fraguado Aditivo CFS 1%	117
Gráfica 15. Resistencia a la compresión de las mezclas de concreto.	119

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Polimerización por adición por radical libre etapa de iniciación	23
Figura 2. Polimerización por adición catiónica etapa de iniciación mediante el trifloruro de boro y el isobutileno	24
Figura 3. Esquema del funcionamiento de un espectrofotómetro infrarrojo	27
Figura 4. Estructura química de algunos aditivos superplastificantes	29
Figura 5. Repulsión electrostática de las partículas de cemento con Superplastificante	31
Figura 6. Modelo integrado de Beeldens	32
Figura 7. Reacción para la síntesis del polímero CFS	33
Figura 8. Espectro infrarrojo del polímero CFS	35
Figura 9. Relaciones agua/cemento en función de la dosificación de CFS	36
Figura 10. Procedimiento para la prueba de asentamiento con el cono slump	36
Figura 11. Asentamientos sugeridos para distintos tipos de obra y su sistema de colocación	38
Figura 12. Resistencia a la penetración de una pasta de cemento	41
Figura 13. Esquema de los tipos de fractura típicos del concreto	43
Figura 14. Esquema del viscosímetro Cannon-Fenske de tubo ascendente 200	49
Figura 15. Diagrama de bloques para la síntesis del polímero superplastificante	52
Figura 16. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 1	54
Figura 17. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 2	57
Figura 18. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 3	62
Figura 19. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 4	67
Figura 20. Preparación solución 10M de NaOH	71
Figura 21. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 5	72
Figura 22. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 6	77
Figura 23. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el escalamiento 1	87
Figura 24. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo escalamiento 2	93
Figura 25. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo escalamiento 3	97

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	pág.
Fotografía 1. Montaje general condensación en reflujo ensayos 1 al 6	51
Fotografía 2. Prueba de densímetro por Inmersión ensayo 3	63
Fotografía 3. Prueba índice de refracción ensayo 3	64
Fotografía 4. Medición de viscosidad con Cannon-Fenske ensayo 6	79
Fotografía 5. Aditivos obtenidos en los ensayos de pre-experimentación	81
Fotografía 6. Disolución de Sulfito de Sodio en Formaldehído, escalamiento 1	84
Fotografía 7. Etapas de la reacción Ciclohexanona y Formol-Sulfito	85
Fotografía 8. Montaje general condensación en reflujo escalamiento	86
Fotografía 9. Prueba de densidad con picnómetro escalamiento 1	88
Fotografía 10. Prueba de densímetro por inmersión escalamiento 1	89
Fotografía 11. Prueba de índice de refracción escalamiento 1	90
Fotografía 12. Prueba de viscosidad por viscosímetro rotacional	91
Fotografía 13. Envasado del aditivo	100
Fotografía 14. Secado de los agregados	108
Fotografía 15. Agregados en el trompo	110
Fotografía 16. Asentamiento del concreto con aditivo	111
Fotografía 17. Porcentaje de aire del concreto	112
Fotografía 18. Probetas de concreto	112
Fotografía 19. Fractura de las probetas de concreto	113
Fotografía 20. Tamizado del concreto	114
Fotografía 21. Agujas de penetración	114
Fotografía 22. Equipo de fraguado	115

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Fichas de seguridad.	131
Anexo B. Formatos de toma de datos de laboratorio.	181
Anexo C. Cálculos del escalamiento.	198
Anexo D. Tablas para escoger el husillo.	200
Anexo E. Resultados resistencia a la compresión.	202
Anexo F. Costos del proyecto.	207

GLOSARIO

ÁCIDO DE LEWIS: elemento que se caracteriza por su propiedad electrofílica.

AERÓMETRO: flotador para medir densidades basado en el principio de Arquímedes. También llamado densímetro por inmersión.

ASENTAMIENTO: es la medida de la manejabilidad o consistencia del concreto, es decir, mide la facilidad del concreto para ser empujado, moldeado y alisado.

BACKGROUND: opción del equipo de infrarrojo que realiza una medida de prueba de la transmitancia para verificar el buen funcionamiento del equipo.

BASE DE LEWIS: elemento capaz de aceptar electrones.

CARBANIÓN: intermedios de reacción con una carga negativa localizada sobre un átomo de carbono.

CARBOCATIONES: átomo de Carbono cargado positivamente.

COMPUESTO FUSIBLE: compuesto que puede ser fundido.

CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES: concreto diseñado para tener una alta fluidez que son utilizados en sitios de difícil acceso.

DISEÑO DE MEZCLA: es la formulación de las cantidades de agregados, cemento, agua y aditivos para la fabricación de concreto.

ELECTROFÍLICO: es un elemento que puede donar un par de electrones.

ELEMENTO NUCLEOFÍLICO: son regiones de las moléculas que tienen altas densidades electrónicas, dado que tienen un par de electrones no compartidos o correspondientes al extremo negativo de un enlace polar.

EVANESCENTE: onda transmitida a un segundo medio, en donde son amortiguadas y desaparecen, disminuyendo su longitud de onda.

EXCITACIÓN ATÓMICA: es cuando el electrón recibe un fotón o carga de energía y sube uno o más niveles de energía.

FALLA: término en Ingeniería civil que indica la fractura y rompimiento de una estructura de concreto.

FRAGUADO: proceso de endurecimiento y secado del concreto.

FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy): técnica que permite encontrar el espectro de reflexión de las bandas de los grupos funcionales de las sustancias orgánicas para la identificación de los materiales.

GEGENIÓN: es un ion de carga opuesta a otro en una solución o sistema electroquímico.

HIDRÓFILO: comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua.

HOMÓLISIS: ruptura de un enlace químico en la cual cada átomo participante del enlace retiene un electrón del par que constituye la unión, formándose dos radicales libres. Es también conocida como ruptura homolítica.

HUSILLO: cilindro metálico que se estrecha hacia cada extremo, de diferentes diámetros y longitudes, que gira y mide la viscosidad dinámica de un fluido.

ÍNDICE DE REFRACCIÓN: cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un medio. Medida para conocer cuánto se reduce la velocidad de la luz dentro del medio.

MONÓMERO POLIFUNCIONAL: monómeros que presentan más de un grupo funcional en su estructura.

MORTERO: concreto que pasa a través de un tamiz y que es utilizado para realizar la prueba de fraguado.

PILOTES FUNDIDOS IN SITU: tipo de cimentación profunda que transmiten los esfuerzos de las estructuras superiores a capas profundas del terreno, las cuales se construyen en el sitio de construcción, por lo cual se requiere perforar el suelo.

ONDA ATENUADA: onda que pierde energía cuando pasa de un medio a otro.

PROBETAS PARA CONCRETO: moldes cilíndricos estándar para realizar el ensayo de resistencia a la compresión de concreto.

TECNOPLAST 20M: es un aditivo líquido a base de polímeros orgánicos tipo carboxilato de última generación, cuya función es plastificar, fluidificar y reducir agua. Este aditivo es de la empresa Tecnoconcreto S.A.S.

TRABAJABILIDAD: es la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto fresco.

TRANSMITANCIA: es la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en una unidad de tiempo. Se define como la fracción de luz incidente, a una longitud de onda específica, que pasa a través de una muestra.

TROMPO: mezclador de concreto de varias capacidades.

RESUMEN

En este trabajo se realizó la síntesis de un aditivo superplastificante ciclo alifático a base de Ciclohexanona a nivel laboratorio, mediante una policondensación. En primer lugar, se desarrolló una fase de pre-experimentación para analizar el proceso de síntesis presentado en la literatura, y estandarizar dicho proceso y las variables involucradas en él, luego se realizó una relación molar de los reactivos involucrados para escalar la síntesis a 1L de aditivo, se desarrolló la fase experimental de síntesis obteniendo 2L del compuesto. Posteriormente se encontraron las propiedades físicas y químicas de los compuestos obtenidos mediante pruebas de laboratorio.

Para evaluar el efecto del aditivo en el concreto, se realizaron ensayos de laboratorio que permitieron determinar propiedades específicas del concreto como lo son el asentamiento, el contenido de aire, la resistencia a la compresión y el tiempo de fraguado, para distintas mezclas con y sin aditivos superplastificantes.

Se obtuvo como resultado que el aditivo sintetizado a base de Ciclohexanona CFS, redujo en más del 30% la cantidad de agua requerida para realizar la mezcla de concreto, y no sostuvo los tiempos normales de fraguado que tiene el concreto sin aditivo.

PALABRAS CLAVES: superplastificante, policondensación, reducción de agua, fraguado, resistencia a la compresión.

INTRODUCCIÓN

El *propósito* de este proyecto es evaluar el uso de un superplastificante a base de Ciclohexanona para reducir la cantidad de agua usada en la fabricación de concreto y sostener los tiempos de fraguado del mismo, es decir, el tiempo en el cual el concreto comienza su endurecimiento, esto con el fin de poder manipularlo y transportarlo al sitio de aplicación, sin afectar los cronogramas estipulados por las constructoras para el uso del concreto.

Los aditivos para el concreto son productos químicos, que modifican las características de la mezcla de concreto, el *origen* de este proyecto, radica en la necesidad de la industria química de proponer alternativas de aditivos químicos que, al interactuar con el concreto, modifique sus propiedades, y mediante su uso solucionar los problemas enunciados anteriormente en la industria del concreto.

Con lo anterior se plantea el *objetivo* del proyecto el cual lleva como título “Evaluación del porcentaje de reducción de agua, de cemento y sostenimiento de tiempos de fraguado en el concreto que otorgue la síntesis de un nuevo aditivo a base de Ciclohexanona para la empresa Tecnoconcreto S.A.S”, para cumplir con este objetivo general se realizarán una serie de tareas:

- ✓ Sintetizar a nivel laboratorio un aditivo superplastificante ciclo alifático a partir de Ciclohexanona.
- ✓ Determinar las propiedades físicas y químicas del aditivo sintetizado por medio de análisis de laboratorio.
- ✓ Realizar los ensayos estándares para la evaluación del comportamiento del concreto con y sin aditivos.
- ✓ Comparar las propiedades del concreto obtenidas a través de las pruebas realizadas con los diferentes aditivos.

El *alcance* de este proyecto consiste en la descripción detallada del procedimiento a nivel laboratorio para la elaboración de un aditivo superplastificante, identificando sus variables de reacción más importantes. El trabajo no involucra la determinación de la cinética de la reacción ni los fenómenos de transferencia involucrados.

El desarrollo de este proyecto se *limita* a la síntesis de un aditivo para concreto a escala laboratorio, al cual se le determinarán sus propiedades físicas y químicas, y luego será probado en concreto, con el fin de ser comparado con un aditivo industrialmente utilizado en el campo de la construcción.

La *metodología* utilizada en el proyecto fue en primer lugar interpretar el procedimiento para la síntesis del aditivo a base de Ciclohexanona planteado en el

artículo de Lei y Plank¹, luego se desarrolló una etapa de pre-experimentación para encontrar las variables más influyentes de la síntesis y se estandarizaron estas variables. Se realizaron los cálculos para el escalamiento a 1L del aditivo para posteriormente producir 2L del compuesto. A los aditivos de la pre-experimentación como a los del escalamiento se les determinaron las propiedades físicas y químicas. Después se realizaron las pruebas del aditivo en el concreto y se encontraron sus principales propiedades, comparándolas con otro aditivo, y analizando el efecto que tiene cada uno en el concreto. Con ello se da el cumplimiento de los objetivos específicos planteados en este proyecto.

Dentro de la industria de la construcción se *utilizan* los aditivos superplastificantes para darle al concreto propiedades específicas, que permitan su uso en diferentes estructuras en edificaciones y vías. Los aditivos reducen considerablemente el agua utilizada en la mezcla de concreto y permiten una buena manejabilidad en campo del concreto fresco.

¹ LEI, L y PLANK, J. Synthesis, working mechanism and effectiveness of a novel cycloaliphatic superplasticizer for concrete, Cement and Concrete Research. Henan, China: Zhengzhou University, 2011, 3 p.

1. CONCEPTOS TEÓRICOS

1.1 POLÍMEROS

En la naturaleza se encuentran una abundante cantidad de sustancias que poseen masas moleculares elevadas, gran parte de estas conforman las estructuras de los organismos y tejidos vivos. Unos de los ejemplos más comunes de este tipo de sustancias que se encuentran en las plantas son el almidón y la celulosa, así como también las proteínas que se encuentran tanto en animales como en plantas. Los productos más comunes que se utilizan para crear materiales útiles en la industria son la lana, el cuero, la seda y el caucho los cuales son transformados mediante el procesado de polímeros. La palabra *polímero* hace referencia en sí a compuestos moleculares que se caracterizan por tener masas moleculares grandes denominadas macromoléculas, formadas por la unión o polimerización de monómeros, que son moléculas de masa molecular baja².

1.2 POLIMERIZACIÓN

La polimerización es un conjunto de reacciones químicas que permiten la combinación de pequeñas moléculas denominadas monómeros como se menciona anteriormente, las reacciones parten de un monómero iniciador que activa otro monómero generando una reacción en cadena, es decir se van uniendo entre sí dándole esa estructura de constitución repetitiva generando un polímero.

El peso molecular de un polímero está determinado por la multiplicación de la unidad manomérica, que es aquella que se repite regularmente a lo largo de toda la cadena y el grado de polimerización el cual es la longitud de cadena del polímero que se determina con el número de unidades manoméricas que se repitan en la cadena³.

² BROWN, Theodore L. LeMAY, H. Eugene. BURTON, Bruce E. y MURPHY, Catherine J. Química La ciencia central, Materiales modernos, Polímeros y plásticos. 11 ed. México. Person Prentice Hall. 2010. 499 p.

³ LOPEZ CARASQUERO, Francisco. Fundamentos de polímeros. Introducción. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Laboratorio de Organometálicos. Venezuela. La Hechicera, Mérida 5101. 2004. 1 p, extraído de (<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16700/1/polimeros.pdf>)

1.2.1 Polimerización por adición. La polimerización por adición también llamada polimerización en cadena, establece que el centro activo que permite el crecimiento de la cadena está asociada a una única molécula polimérica, esto se realiza mediante la adición de muchas unidades del monómero. El centro activo se obtiene por tres métodos encontrados experimentalmente, los cuales son polimerización por adición aniónica, catiónica y por radical libre. Esta reacción siempre ocurre en tres etapas:

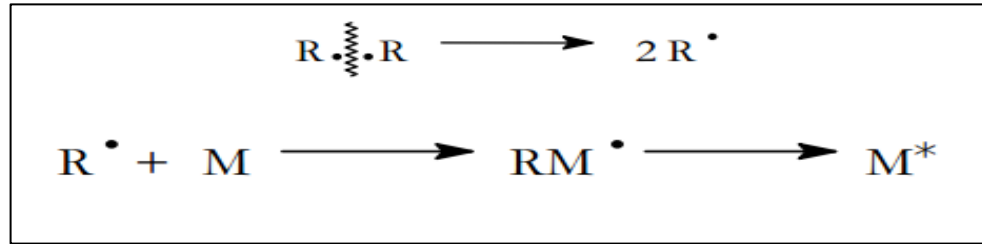
- ✓ Iniciación: esta es la etapa en la que se forman los monómeros activados mediante la formación de radicales.
- ✓ Propagación: esta es la etapa en la que se forman la cadena activada mediante la adición de monómeros.
- ✓ Terminación: esta es la etapa que se caracteriza por la pérdida de actividad y se produce como tal el polímero⁴.

1.2.1.1 Polimerización por adición con radical libre. Esta polimerización ocurre en tres etapas:

- Iniciación. En esta etapa se crean los radicales libres, las formaciones de estos radicales pueden ser mediante la acción de calor, la acción de fotoquímica y la acción de compuestos productores de radicales libres; esta última es la más utilizada. Los compuestos iniciadores deben ser relativamente compuestos inestables; es decir que faciliten la formación de radicales libres. Esta entonces consiste en una homólisis de la molécula iniciadora; es decir que la molécula se parte de tal forma que cada átomo se lleva un electrón de cada pareja de electrones en el enlace, de esta forma se obtiene el radical libre, el cual ejerce una acción sobre el monómero, formando así el monómero activado. En la figura 1 se observa cómo se realiza este proceso:

⁴ BILLMEYER, Fred W. Ciencia de los polímeros, Polímeros radical en cadena (adición). España. Octubre del 2004. Renvente S.A. 285 p. extraído de (<https://books.google.com.co/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

Figura 1. Polimerización por adición por radical libre etapa de iniciación



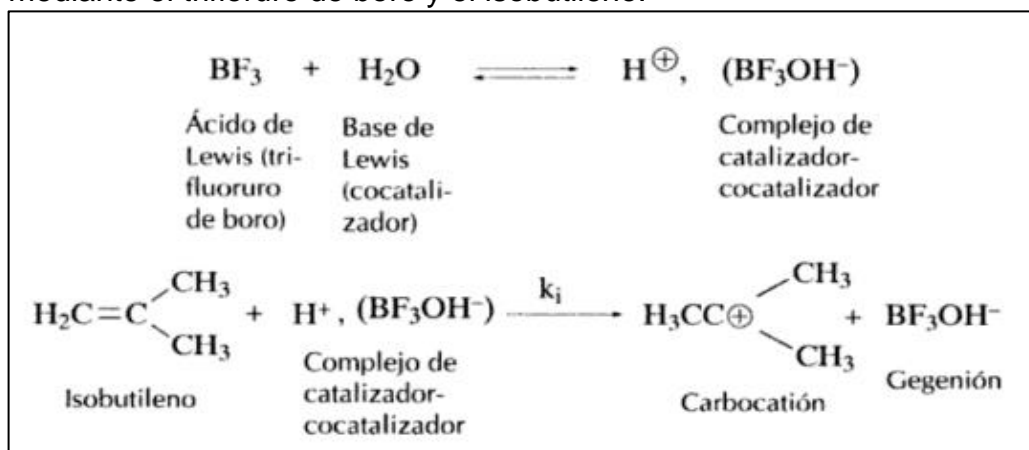
Fuente. Universidad politécnica de Madrid. Bloque-5 Reacciones de polimerización. Polimerización por adición, Encontrado en (http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/quimica-de-combustibles-y-polimeros/Contenidos/Material_de_clase/qcyp-b5.pdf)

- Propagación. En esta etapa el radical o monómero activado, que se formó en la etapa anterior, se le van adicionando los monómeros, formando así la cadena activa, como esta etapa no requiere una energía de activación elevada la unión sucesiva de los monómeros ocurre muy rápido.
- Terminación. En esta etapa se obtiene como tal el polímero, debido a que las cadenas activas que se han ido formando en la etapa anterior pierden actividad, se genera una terminación; esta se produce en cualquier momento, los mecanismos que la generan son el apareamiento, la desproporción y la transferencia de cadena⁵.

1.2.1.2 Polimerización por adición catiónica. Esta reacción surge cuando se producen los carbocationes, los cuales son como tal el primer producto obtenido por esta polimerización, para que se produzca la reacción, se requiere de una base de Lewis que posea protones aunque sea una pequeña parte, un ejemplo de este es el agua, además de un ácido de Lewis como el Trifluoruro de boro o el cloruro de aluminio los cuales no son suficientes para iniciar la reacción debido a que el protón es el que realmente inicia la reacción y este se da con la coordinación entre la base de Lewis y el ácido de Lewis Electrofílico, mediante la coordinación se produce un complejo de catalizador-cocatalizador el cual reacciona con un monómero que en este caso es el Isobutileno para formar el carbocatión como se muestra en la figura 2, debido a que no se encuentran cationes por separado siempre se encontrarán junto a un gegenión.

⁵ Universidad politécnica de Madrid. Bloque-5 Reacciones de polimerización. Polimerización por adición, [en línea] Disponible en (http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/quimica-de-combustibles-y-polimeros/Contenidos/Material_de_clase/qcyp-b5.pdf)

Figura 2. Polimerización por adición catiónica etapa de iniciación mediante el trifloruro de boro y el isobutileno.



Fuente. SEYMOUR, Raimond B y CARRAHER, Charles E, Jr. Introducción a la química de los polímeros, Polimerización de coordinación compleja y en cadena iónica (Polimerización de adición). 1ed. España. Enero del 2002. Renvente S.A. 293 p, Encontrado en <https://books.google.com.co/books?id=FOobaAs4Wp4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Debido a que en este tipo de polimerización no se requiere una gran cantidad de energía de activación se puede producir a temperaturas bajas. Es importante mencionar que la etapa de terminación no se puede dar por combinación debido a que los carbocationes y los macrocarbocationes tienden a repelerse entre sí, por esto la terminación es causada por reacciones con impurezas.

La etapa de iniciación y propagación depende de que tan estables sean los carbocationes presentes en los reactivos. El disolvente, la electroafinidad del monómero y la nucleofinidad del gegenión son los factores que delimitan el mecanismo de reacción.

La etapa de propagación se lleva a cabo con el mecanismo de cabeza-a-cola, esto sucede con la unión de un carbocatión a otra molécula del monómero. Es importante mencionar que el peso molecular en este tipo de polimerización no depende de la concentración del iniciador, además que la velocidad de polimerización depende tanto de la estabilidad de resonancia del carbocatión y del gegenión, también de la constante dieléctrica del disolvente y de la electropositividad del iniciador⁶.

⁶ SEYMOUR, Raimond B y CARRAHER, Charles E, Jr. Introducción a la química de los polímeros, Polimerización de coordinación compleja y en cadena iónica (Polimerización de adición). 1ed. España. Enero del 2002. Renvente S.A. 293p, extraído de <https://books.google.com.co/books?id=FOobaAs4Wp4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

1.2.1.3 Polimerización por adición aniónica. Este tipo de polimerización puede iniciar mediante la utilización de reactivos nucleofílicos, los cuales se unen al monómero para formar un carbanión, es importante que los iniciadores para esta polimerización sean afines por los centros de baja densidad electrónica. Las especies nucleofílicas como el etileno o el cloruro de vinilo son compuestos de tipo vinílico, los cuales son más calificados para una polimerización de tipo catiónica, debido a que son compuestos no saturados. Pero estos compuestos pueden polimerizarse aniónicamente sí disponen de algún grupo sustituyente que tenga la característica de atraer electrones.

La etapa de propagación el carbanión formado en la etapa de iniciación se une con el monómero, la unión sucesiva de monómeros crea el macrocarbanión, el cual se obtiene al final de esta etapa. La etapa de terminación se produce mediante la unión de un protón del disolvente⁷.

1.2.2 Polimerización por condensación. También conocido como policondensación, esta se diferencia de los otros tipos de polimerización, en que consta de una serie de reacciones ordinarias de condensación que van ocurriendo sucesivamente entre monómeros polifuncionales, es decir monómeros que presentan más de un grupo funcional, debido a esto se le conoce también como polimerización por etapas.

Para que se pueda realizar una policondensación, se requiere por lo menos que los dos monómeros sean difuncionales, es decir que posean al menos dos grupos funcionales en su estructura, se obtienen polímeros lineales al ser los dos monómeros difuncionales, pero se puede obtener polímeros ramificados si uno de los monómeros es trifuncional o de una funcionalidad mayor. La característica de que el polímero sea ramificado o lineal se refleja en las propiedades físicas del polímero, este último en su estructura pueden ser semicristalinos y fusibles, poseen una regularidad que les permite ser solubles en disolventes orgánicos; sin embargo, se tienen casos en los que el punto de fusión está por encima del punto de descomposición que pueden afectar su estructura regular. Los polímeros lineales siempre poseen dos grupos funcionales libres en cada molécula, sin importar la longitud de la cadena del polímero.

En esta polimerización el mecanismo de reacción consiste en que todos los monómeros empiezan a reaccionar por sí mismos, la reacción se realiza hasta que los monómeros no tengan con que reaccionar, por esta razón todas las especies moleculares que se encuentren presentes reaccionarán en algún momento, por este motivo el mecanismo de reacción es muy diferente al de la polimerización por adición, debido a que en esta sí existe una iniciación y una terminación, además

⁷ Universidad politécnica de Madrid. Bloque-5 Reacciones de polimerización. Polimerización por adición, [en línea] Disponible en (http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/quimica-de-combustibles-y-polimeros/Contenidos/Material_de_clase/qcyp-b5.pdf)

está la delimitante de que molécula puede reaccionar, por ejemplo en la polimerización de radicales libres solo podrían reaccionar los que son radicales libres, otra diferencia entre los tipos de polimerización es que en la policondensación por adición con radical libre el peso molecular del polímero es aproximadamente constante a lo largo del proceso; debido a que este está regulado por las etapas de iniciación, propagación y terminación, en cambio en este caso el peso molecular aumenta constantemente mientras que se da la conversión, como esta empieza con un monómero y se va produciendo la cadena mientras se adicionan más monómeros a ella por esto a tiempos grandes de reacción se generan pesos moleculares mayores, a diferencia de la polimerización por adición con radicales libres en la cual a mayor tiempo de reacción solo se produce más polímero. Cabe mencionar que la policondensación es la repetición de reacciones orgánicas corrientes que suceden sucesivamente, además que en esta se requieren una energía de activación muy elevada, que se encuentra entre 125 y 250 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, esta energía de activación es mucho mayor a la requerida en la polimerización por adición⁸.

1.3 ESPECTROSCOPIA INFRARROJA

Esta técnica se basa en la utilización de radiación infrarroja, la cual se puede comparar con la energía a la que las moléculas vibran debido a que tiene una longitud de onda de 1000nm lo cual equivale a 3×10^{14} Hz, por ende, las moléculas pueden excitarse vibracionalmente mediante la absorción de radiaciones infrarrojas.

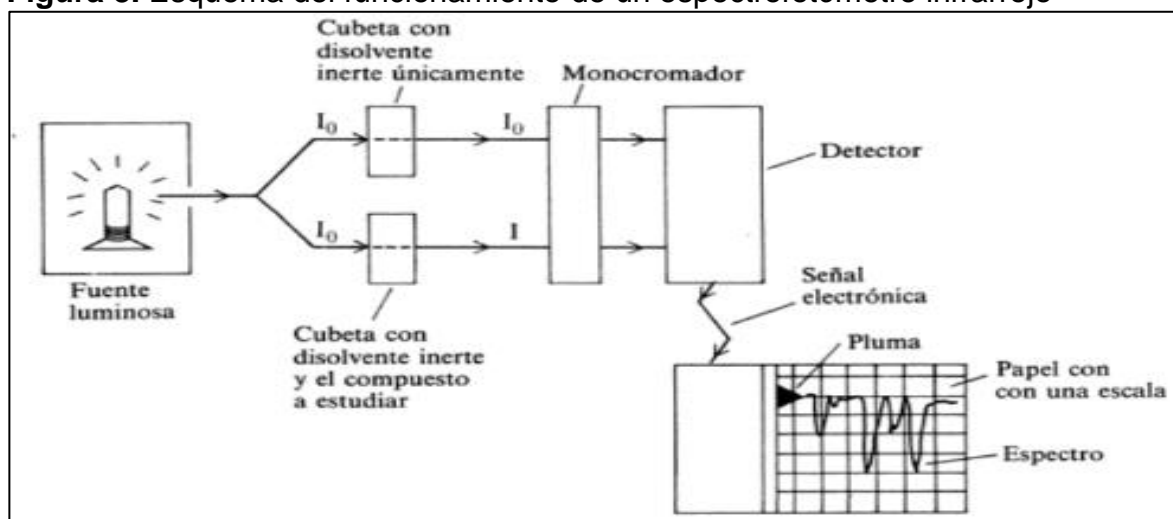
Cuando dos átomos se alejan o se acercan entre sí, se genera una vibración debido al movimiento generado en el enlace, esto se denomina “estiramiento”. En las moléculas poliatómicas se puede presentar que los enlaces aumenten y disminuyan periódicamente sus ángulos, estos se denominan vibraciones de “plegado”. La masa de los átomos de una molécula y la rigidez de sus enlaces son las características que determinan a que frecuencia vibran las moléculas, una molécula puede tener una frecuencia vibracional alta cuando sus átomos están unidos por enlaces rígidos y son livianos, en cambio cuando una molécula está formada por átomos pesados y enlaces más flojos llega a tener una frecuencia vibracional baja. Las vibraciones de estiramiento absorben radiación de frecuencia más alta que las vibraciones de plegado debido a que los movimientos de estiramiento tienden a ser más rígidos que los movimientos de plegado⁹.

⁸ KATIME, Issa. KATIME, Oscar y KATIME, Daniel. Introducción a la ciencia de los materiales polímeros, síntesis y caracterización, Policondensación. Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua. Servicio editorial de la universidad del País Vasco. 2010. 221 p.

⁹ ATKINS, Peter W y JONES, Loretta. Principios de química: los caminos del descubrimiento. Espectroscopia infrarroja. 3ed. Editorial medica panamericana. Argentina. 2006. 84 p. disponible en (<https://books.google.com.co/books?id=0JuUu1yWTisC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

El equipo utilizado en este método es un espectrofotómetro infrarrojo el cual está constituido por una fuente emisora que produce un haz de luz que comprende una radiación infrarroja a todas sus frecuencias, este haz comprende la absorción que se desea medir. Luego el haz de luz pasa por una muestra atravesándola, luego pasa a través de un monocromador, en el cual se escogen una a una las frecuencias y se pasan al detector, que emite una señal electrónica equivalente a la intensidad de luz que este sistema reciba. De esta forma se pueden hacer una medida directa de la fracción de luz absorbida o transmitida por la muestra en cualquier longitud de onda, con el espectrofotómetro. Luego en un equipo denominado registrador se obtienen las gráficas que representan la cantidad de luz transmitida o absorbida para cada frecuencia de la muestra, la gráfica que resulta se conoce como el espectro infrarrojo del compuesto¹⁰, este proceso se puede evidenciar en la figura 3:

Figura 3. Esquema del funcionamiento de un espectrofotómetro infrarrojo



Fuente. WEININGER, Stephen J. y STERMITZ, Frank R. Química Orgánica. Espectroscopia y radiación electromagnética. 1ed. Reverte S.A. Barcelona. 1988. 303 p. Encontrado en (<https://books.google.com.co/books?id=O6YvtgAtXmcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

1.3.1 Reflotación total atenuada (ATR). Esta técnica se utiliza para la medición tanto de sólidos como de líquidos en especial los que se puedan compactar en un cristal mediante la presión, se basa en el elevado índice de refracción que tiene la transmisión de luz a través de un cristal y el fenómeno de reflexión total. Más allá de la superficie del cristal, se produce una penetración de la radiación en forma de onda evanescente, en el lugar donde se genera la reflexión total. Cuando la muestra, que en este caso es el material absorbente, se coloca en el lado exterior

¹⁰ WEININGER, Stephen J. y STERMITZ, Frank R. Química Orgánica. Espectroscopia y radiación electromagnética. 1ed. Reverte S.A. Barcelona. 1988. 303 p. Disponible en (<https://books.google.com.co/books?id=O6YvtgAtXmcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

del cristal, en este caso se puede registrar el espectro de la muestra debido a que la luz que viaja a través del cristal se ve atenuada.

Los parámetros que permiten que se produzcan periódicas reflexiones en las caras internas del cristal son tanto su geometría como el ángulo de incidencia de la luz. En la obtención del espectro se identifican ciertas variaciones en la intensidad en función de la longitud de onda producida, por lo cual este espectro es no es igual al de transmisión, pero se evidencia una apariencia similar¹¹.

1.4 ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES

Los aditivos superplastificantes, también conocidos como Reductores de Agua de Alto Rango (High Range Water Reducers o HRWRs por sus siglas en inglés) son sustancias químicas orgánicas que son añadidas en bajas cantidades al concreto para reducir la cantidad de agua utilizada en la mezcla y hacer que este sea más manejable y trabajable en fresco. Estas sustancias se añaden en base al peso en Kg del total del cemento de la mezcla y pueden tener porcentajes de entre 0,6 al 2% y reducen la cantidad de agua de mezcla entre un 12 al 30%¹².

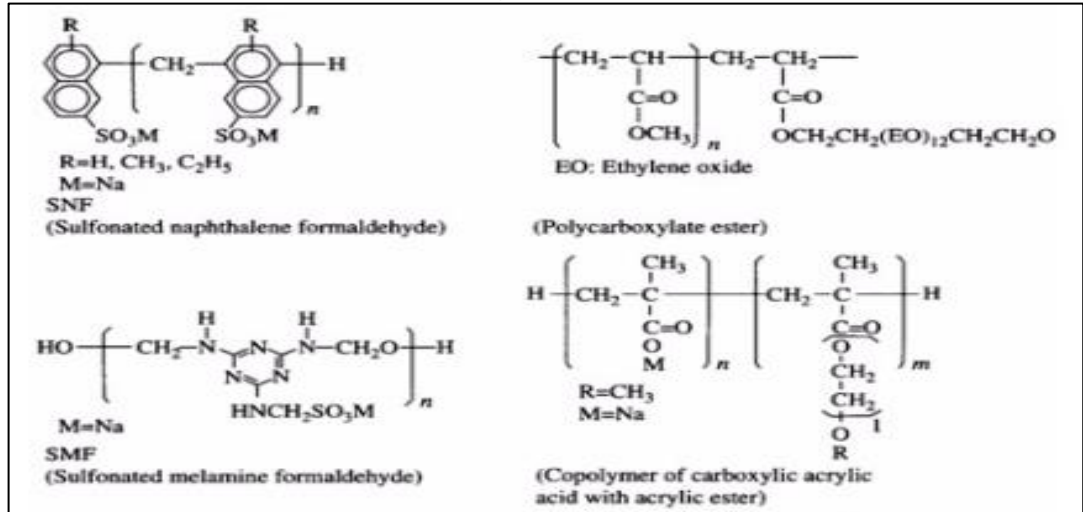
Inicialmente se desarrollaron aditivos como el Formaldehído Naftaleno Sulfonado (SNF) y el Formaldehído Melamina Sulfonado (SMF) en países como Japón y Alemania en los años 1960's, luego llegó una segunda generación de aditivos poliméricos a base de Poliácridatos (PA) en 1980 los cuales presentaban problemas de retraso en el secado y aumento del contenido de aire de la mezcla, es por ello que luego en los años 90's se desarrollaron mejores aditivos a base de Policarboxilatos (PC) que otorgaban mejores características al concreto¹³. La figura 4 muestra las estructuras químicas de estos aditivos:

¹¹ SANCHEZ N, Ronald O. y CACUA M. Karen P. Protocolo de operación y funcionamiento de un equipo de infrarrojo y estudio de mercado del servicio de extensión. Universidad industrial de Santander. Facultad de ingeniería Físico-Químicas. Escuela de ingeniería química. Bucaramanga. 2006. 18 p. Encontrado en (<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6222/2/120998.pdf>)

¹² FLATT, R. y HOUST, Y. Analysis of Superplasticizer used in concrete, Powder Technology Laboratory, Department of Materials Science, Swiss Federal Institute of Technology, CH-1015 Lausanne, Switzerland, 1998, Encontrado en (<http://analisis.edpsciences.org/articles/analisis/pdf/1998/02/m110298.pdf>)

¹³ RIXOM, M y MAILVAGANAM, N. Chemical Admixture for Concrete, Londres, 1999, 3ra edición. ISBN 0-419-22520-X, 77 p. Encontrado en EbscoHost en (<http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzYwNTkyX19BTg2?sid=a7e34ef4-a9ae-4e07-b798-f2b1e0e7bba7@sessionmgr4001&vid=33&format=EB&rid=14>)

Figura 4. Estructura química de algunos aditivos superplastificantes.



Fuente. Chemical Admixtures for Concrete. Encontrado en (<http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzYwNTkyX19BTg2?sid=a7e34ef4-a9ae-4e07-b798-f2b1e0e7bba7@sessionmgr4001&vid=33&format=EB&rid=14>)

El SNF es producido a partir de Naftaleno extraído del crudo del petróleo, este es sometido a condiciones conductivas para la formación del β -sulfonato, posteriormente reacciona con el formaldehído y se inicia el proceso de polimerización que luego es neutralizado con Hidróxido de sodio. Generalmente el valor de n en la estructura química del SNF es bajo, pero se desarrollaron mejores condiciones de reacción que permiten que se polimerice más y se obtengan altos pesos moleculares.

La síntesis del SMF inicia con la reacción entre Melamina y Formaldehído para formar Trimetilol melanina el cual reacciona con el Bisulfito de sodio y es posteriormente sometido al proceso de polimerización para obtener la molécula de Formaldehído Melamina Sulfonado¹⁴.

Los PA pueden ser sintetizados con diferentes sales como potasio, litio y amonio. El más conocido es el Poliácrlato de Sodio llamado también Waterlock o "Bloqueador de agua", tiene la capacidad de absorber 200 o 300 veces agua que una mezcla de concreto normal. Estos compuestos poseen carga aniónica la cual le da su cualidad de atraer más fácilmente el agua¹⁵.

En cuanto a los Policarboxilatos tienen una estructura molecular más compleja que los aditivos anteriores, están constituidas por una columna vertebral y

¹⁴ RIXOM, M. MAILVAGANAM, N. Op sit. p 16.

¹⁵ MANZUR, T. y IFFAT, S. Efficiency of Sodium Polyacrylate to Improve Durability of Concrete under Adverse Curing Condition, Departament of civil Engineering, Blangladesh, 2015, Encontrado en (<http://www.hindawi.com/journals/amse/2015/685785/>)

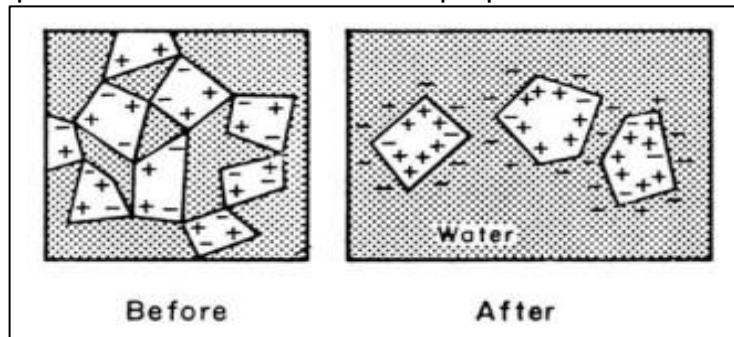
cadenas laterales que hacen que la molécula se asemeje a una oruga. La columna vertebral que son los monómeros polimerizados, los cuales se adhieren a la superficie de la partícula de cemento. Las cadenas laterales son las encargadas de la dispersión de las partículas de cemento otorgándole fluidez la mezcla. Actualmente son los superplastificantes más usados en el mercado de la construcción para concretos estructurales autocompactantes¹⁶.

1.4.1 Mecanismo de acción de los superplastificantes. En el momento en que el agua entra en contacto con el cemento, las partículas de cemento que se encuentran floculadas retienen agua en los flóculos, lo cual reduce la cantidad de agua disponible en la mezcla y hace que sea necesario agregar cantidad extra de agua para obtener la manejabilidad deseada. Cuando un superplastificante es añadido, el lado de carga positiva de la molécula se absorbe en la partícula de cemento y el lado hidrófilo del aditivo imparte una carga negativa creando una película de aditivo, causando la repulsión entre sí de las partículas de cemento (repulsión electrostática), este espacio que se crea entre las partículas de cemento libera agua que estaba retenida en los flóculos a la mezcla ocasionando que no sea necesario agregar la misma cantidad de agua que se agregaría a una mezcla de concreto sin aditivo alguno, por ello es que los superplastificantes reducen la cantidad de agua que se usa en las mezclas de concreto¹⁷. La figura 5 muestra en su lado izquierdo la aglomeración de las partículas de cemento a causa de sus cargas electrostáticas y al lado derecho la repulsión de las partículas de cemento después del uso del superplastificante:

¹⁶ SIKA. Concreto; Aditivos para concreto, Sika ®, Superplastificantes, 8 p, Encontrado en (<https://col.sika.com/dms/getdocument.get/269d0f31-fb62-3538-bcca-0b37aad65e17/BROCHURE%20ADITIVOS%20PARA%20CONCRETO.pdf>)

¹⁷ GOODFELLOW R. Concrete for underground structures: Guidelines for design and construction, Society of mining metallurgy & exploration, 2011, Encontrado de EbcoHots en (<http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/detail?sid=61735618-71da-48f3-a712-477e4ebaf538@sessionmgr4004&vid=69#db=e000xww&AN=435092>)

Figura 5. Repulsión electrostática de las partículas de cemento con Superplastificante.



Fuente. Civil Construction Materials, Chapter 5: Concrete.
Encontrado en
(<http://teaching.ust.hk/~civl111/CHAPTER5.pdf>)

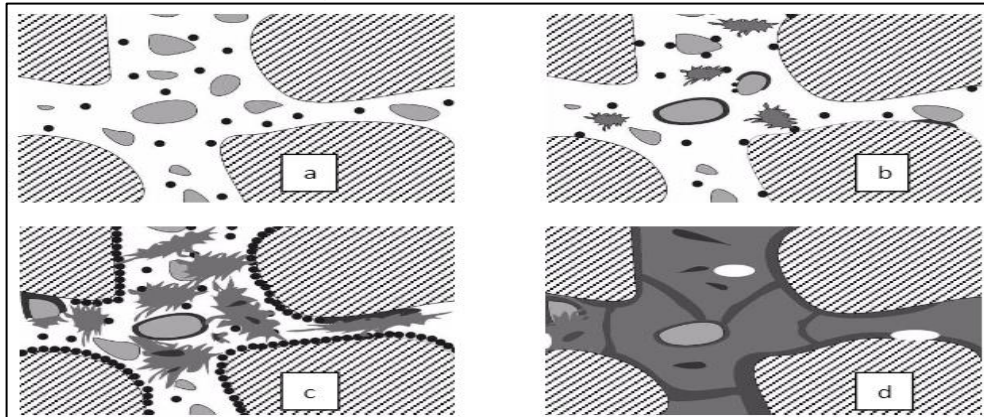
Algunos de los efectos causados al concreto por los superplastificantes son:

- ✓ Interacción química con el cemento en el proceso de hidratación.
- ✓ Absorción sobre la superficie del cemento, causando una mejor dispersión de partícula.
- ✓ Efecto sobre la tensión superficial del agua, ocasionada por el incremento en el contenido de aire.
- ✓ Efecto sobre la reología del agua, causada por el incremento de la viscosidad o cohesión de la mezcla.
- ✓ Cambio de la velocidad de rigidez del concreto en seco, causando el aumento o reducción de los tiempos de fraguado¹⁸.

1.4.1.1 Modelo Integrado de Beeldens para la formación de la estructura del concreto con superplastificantes. A continuación, se plantea el modelo de tres pasos para la formación de la estructura del concreto planteado por Beeldens, el cual es una modificación del modelo original de Ohama, destacando la interacción de todos los componentes del concreto. La figura 6 muestra las tres etapas de la formación de la estructura final del concreto:

¹⁸ CHOO, B. y NEWMAN, J. Advanced Concrete Technology. Oxford. Inglaterra. 2003.5 p.
Encontrado en EbscoHost en
(<http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMTk1MDY0X19BTg2?sid=61735618-71da-48f3-a712-477e4ebaf538@sessionmgr4004&vid=52&hid=4109&format=EB>)

Figura 6. Modelo integrado de Beeldens.



Fuente. Progress in Polymers in Concrete: Selected, Peer reviewed papers from the 14th International Congress on Polymers in Concrete, Shanghai China, 2013, Encontrado en http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzY0NjQ1MF9fQU41?sid=a7e34ef4-a9ae-4e07-b798-f2b1e0e7bba7@sessionmgr4001&vid=16&lpid=lp_291&format=EB

Las figuras de líneas representan los agregados, las sombreadas con gris son las partículas de cemento, los puntos negros son las moléculas de aditivos y el área libre representa el Agua.

La Figura 6.a muestra la primera etapa para la formación de la estructura del concreto, esta etapa se presenta inmediatamente después de la mezcla de los agregados, el cemento no hidratado, el aditivo y el agua.

En la Figura 6.b se da la formación de una película de polímero en la superficie de las partículas de cemento y en algunos agregados, esta película puede ser parcial o total dependiendo de las fuerzas adicionales que se ejercen sobre las partículas del polímero. Luego de que se forme la película de superplastificante inicia la hidratación del cemento que se representa como las manchas grises irregulares en la figura 6.c.

La Figura 6.d representa la etapa final de la estructura de concreto, allí se presenta la hidratación completa del cemento, formando la pasta de cemento, el polímero restante que se encuentra aún en la dispersión, se concentra en la superficie de los agregados para unir las partículas de cemento hidratadas con los agregados. En esta etapa de desarrollo las propiedades elásticas del concreto y de resistencia a edades tempranas¹⁹.

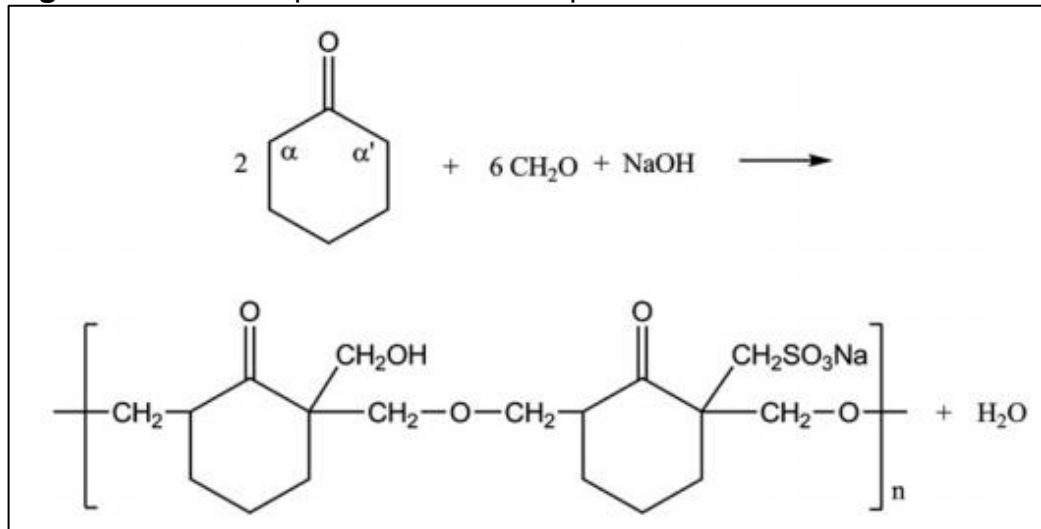
¹⁹ YANG. y WANG. Progress in Polymers in concrete: Selected, peer reviewed papers from the 14th International Congress on Polymers in Concrete. 2013. Shanghai China. Encontrado en http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzY0NjQ1MF9fQU41?sid=a7e34ef4-a9ae-4e07-b798-f2b1e0e7bba7@sessionmgr4001&vid=16&lpid=lp_291&format=EB

1.5. SUPERPLASTIFICANTE CICLOALIFATICO CFS (CYCLOHEXANONE FORMALDEHYDE & SULFITE)

Debido a que los diferentes superplastificantes utilizados por la industria de la construcción presentan dificultades de rendimiento y funcionalidad, la industria química se ha visto obligada a explorar nuevas estructuras químicas para desarrollar nuevos superplastificantes que suplan las necesidades de la industria concretera²⁰.

El superplastificante CFS se clasifica dentro de los polímeros alifáticos sulfonados, estos polímeros contienen en su estructura grupos hidrofílicos como el ácido sulfónico (H-S(=O)₂-OH), Hidroxilos(OH) y Carboxilos²¹. En su artículo *Synthesis, working mechanism and effectiveness of a novel cycloaliphatic superplasticizer for concrete*, Lei y Plank plantean el procedimiento para la síntesis del CFS, utilizando Ciclohexanona, Formaldehido, Hidróxido de Sodio como materias primas y el Sulfito de Sodio como agente de Sulfonación. La figura 7 muestra la reacción principal para la síntesis del polímero CFS planteada por Lei y Plank, en ella se evidencian los reactivos principales para la síntesis como lo son la Ciclohexanona, el Formaldehido y el Hidróxido de Sodio (NaOH)²²:

Figura 7. Reacción para la síntesis del polímero CFS.



Fuente. LEI, L y PLANK, J. *Synthesis, working mechanism and effectiveness of a novel cycloaliphatic superplasticizer for concrete*, Cement and Concrete Research. Henan, China: Zhengzhou University, 2011, 4p.

²⁰ LEI y PLANK. Op. cit., p. 3

²¹GUO, H. y LIU, Q. Preparation of sulfonated Cyclohexanone-formaldehyde Resin. College of Materials Science and Tecnology. Beijing University of Tecnology. Beijing, China. 2013. Applied Mechanics and Materials, Vol 364, Encontrado en Ebscohost web. PDF.

²² LEI y PLANK. Op. cit., p. 3.

La reacción entre la Ciclohexanona y el Formaldehído se da en un medio fuertemente alcalino debido al Hidróxido de Sodio, por ello en la posición α' se da la unión del grupo Hidroximetil (-CH₂OH) como se ve en la Figura 4, luego el sulfito de Sodio que está en forma iónica como SO₃⁻ y Na⁺ reacciona con este grupo Hidroximetil para formar el grupo -CH₂SO₃Na. El CFS se forma a través de una reacción de poli condensación en un lapso de 3 horas a reflujo constante. La molécula resultante es lineal y está unida a través de enlaces éter (R-O-R')²³. El sulfito de sodio es considerado el agente de Sulfonación de la molécula, esto se da porque cuando el aditivo entra en contacto con el agua, se disocian los iones -SO₃⁻ los cuales son los que interactúan con la partícula de cemento, permitiendo la absorción del aditivo en la superficie del grano y la acción de repulsión electrostática mencionada en el apartado 1.4.1²⁴.

En cuanto a sus propiedades físicas y químicas el artículo de Lei y Plank encontraron el peso molecular del polímero a través de una Cromatografía líquida de Exclusión de tamaño SEC, así como también el contenido de sólidos, el pH y la viscosidad, todas estas propiedades se encuentran resumidas en la tabla 1, el polímero es de alto peso molecular y alta viscosidad, además es de pH alcalino y de color intenso²⁵:

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del superplastificante CFS.

Propiedad	Valor
Contenidos de sólidos	49,52%
pH	10,3
Color	Café rojizo
Viscosidad	864 mPa.s
Peso molar	218 g/mol

Además, el artículo de Guo y Liu se identifican los grupos funcionales del polímero CFS planteado por Lei y Plank. La identificación de los grupos funcionales se da a través de una espectroscopía infrarroja FTIR con medición de transmitancia de la luz, los resultados arrojan que el polímero tiene los grupos Hidroxilo (-OH) en un rango de 3455 a 3735 cm⁻¹, el grupo metileno (-CH₂) entre 2931 y 2860 cm⁻¹, el grupo carboxilo en 1708 a 1605 cm⁻¹ y el enlace S=O en un rango de 1185 a 1047 cm⁻¹. Todos los grupos mencionados anteriormente corroboran la propuesta de Lei y Plank de la estructura química del CFS²⁶. La figura 8 muestra el gráfico del espectro infrarrojo del CFS encontrado por Guo y Liu:

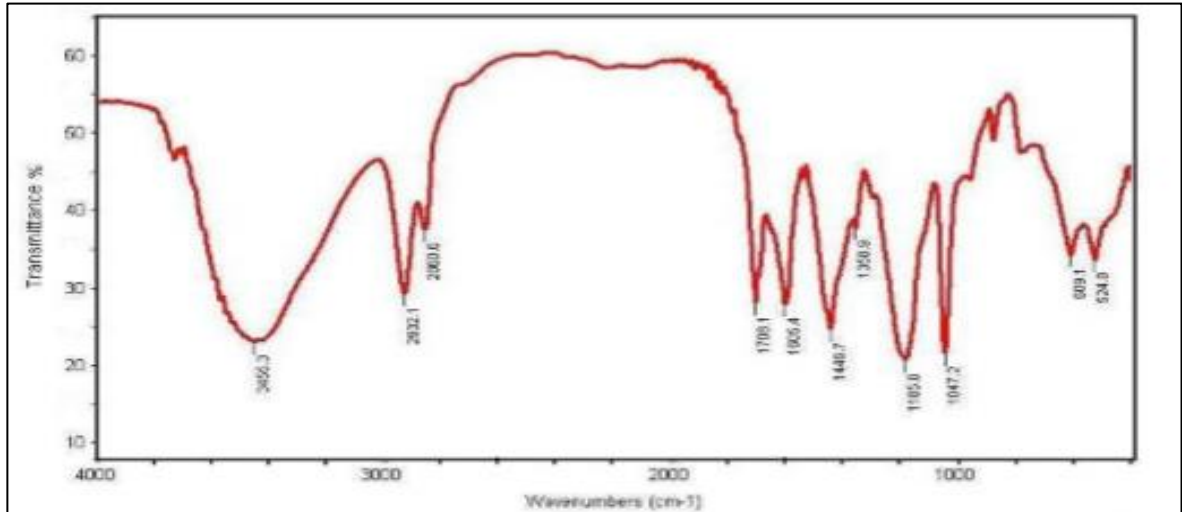
²³ *Ibíd.*, p. 3.

²⁴ CHOO, B. NEWMAN, J. *Op. cit.* p 11.

²⁵ LEI y PLANK. *Op. cit.* p. 3

²⁶ GUO H, LIU Q. *Op. cit.*, p. 2

Figura 8. Espectro infrarrojo del polímero CFS.

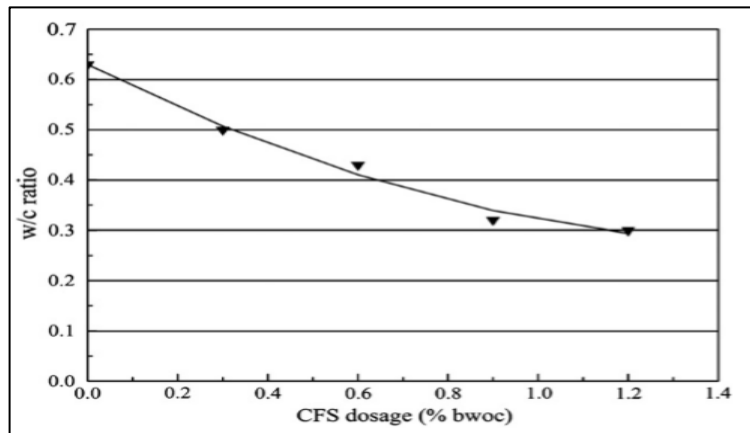


Fuente. Guo H, Liu Q, Preparation of sulfonated Cyclohexanone-formaldehyde Resin, College of Materials Science and Technology. Beijing University of Technology, Beijing, 2013, extraído de Applied Mechanics and Materials, Vol 364 en Ebscohost web, PDF.

Los efectos del CFS en el cemento son estudiados en el artículo de Lei y Plank, allí ellos trabajan en pasta de cemento, es decir, solamente en una mezcla de agua y cemento. El aditivo CFS fue dosificado en un rango de 0,2 a 1,2% del total del peso del cemento y a diferentes relaciones de agua/cemento como se muestra en la figura 9. La conclusión a la que llegaron fue que entre más aditivo CFS añadían, menor era la relación agua/cemento, es decir, que hay una mayor reducción de agua en la mezcla la cual fue del 50% de agua en una relación a/c de 0.3²⁷.

²⁷ LEI y PLANK. Op. cit., p. 4.

Figura 9. Relaciones agua/cemento en función de la dosificación de CFS

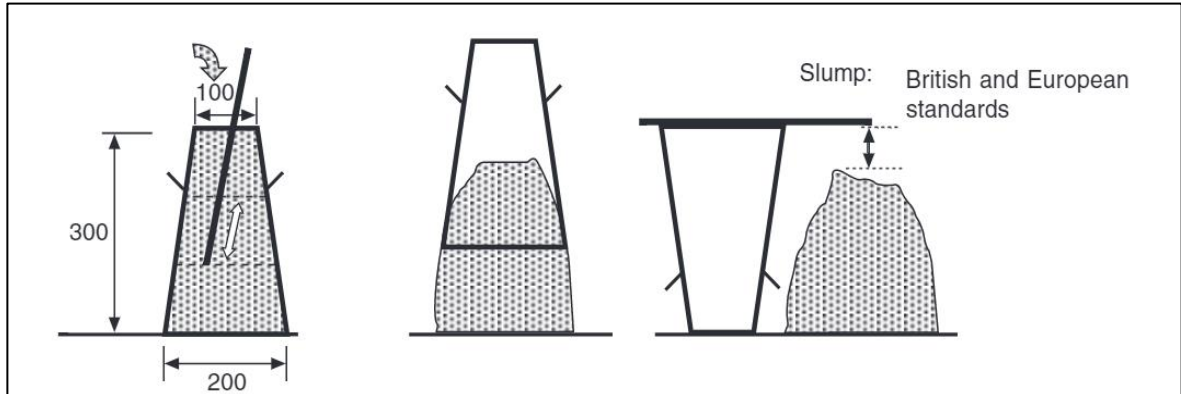


Fuente. LEI, L y PLANK, J. Synthesis, working mechanism and effectiveness of a novel cycloaliphatic superplasticizer for concrete, Cement and Concrete Research. Henan, China: Zhengzhou University, 2011, 4p.

1.6 ASENTAMIENTO

Propiedad medida en pulgadas que representa la manejabilidad que posee el concreto, es decir, la facilidad con que el concreto puede ser moldeado al realizar la mezcla de los agregados, el agua y el cemento. Debido a que en algunas circunstancias se requiere que el concreto posea una fluidez que permita su trabajabilidad, esta fluidez depende de la relación entre la cantidad de agua y de cemento, si se agrega más agua se pierden propiedades de resistencia en el concreto, pero es la que permite obtener un concreto fluido, por ende, se aplican aditivos superplastificantes que reduzcan la cantidad de agua y ocasionen que la mezcla posea la fluidez requerida. Se puede concluir que el asentamiento está basado específicamente en la cantidad de agua, para determinar esta propiedad se utiliza el cono de slump.

Figura 10. Procedimiento para la prueba de asentamiento con el cono slump



Fuente. Choo B, Newman J, *Advanced Concrete Technology*, Oxford, Inglaterra, ebook, 2003, Encontrado en EbscoHost en (<http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzE5NTA2NV9fQU41?sid=bfbbb977-fb5b-4794-bdb0-259b599a9ed4@sessionmgr103&vid=2&format=EB&rid=1>)

Como se puede ver en la figura 10 para realizar esta prueba se debe llenar el cono slump con concreto, en tres partes iguales, y por cada llenado se debe compactar con una varilla, apisonando con la varilla 25 veces el concreto, por cada llenado, luego se debe retirar uniformemente el cono y se realiza la medición colocando el cono al lado del concreto y la varilla sobre la parte superior del cono, y se mide la diferencia entre la altura del cono y el tope del cono indicado por la varilla, normalmente se manejan asentamientos clase S4 según el estándar europeo EN 206: 200, el cual tiene un rango de 6,3" a 8,6", esto para que el cemento posea una buena resistencia, este método depende mucho del operario que lo realice²⁸. La figura 11 muestra una tabla en donde según el asentamiento que presente la mezcla de concreto, se da un tipo de consistencia, dependiendo del tipo de obra y el modo de colocación²⁹.

²⁸ CHOO, B. y NEWMAN, J. *Advanced Concrete Technology*. Oxford, Inglaterra. Ebook. 2003. 6p. Encontrado en EbscoHost en (<http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzE5NTA2NV9fQU41?sid=bfbbb977-fb5b-4794-bdb0-259b599a9ed4@sessionmgr103&vid=2&format=EB&rid=1>)

²⁹ RIVERA, G. *Manejabilidad del concreto*. Tecnología del concreto. Capítulo 4. 2009. 84 p. Encontrado en (<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20%20de%20010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2004%20-%20Manejabilidad.pdf>)

Figura 11. Asentamientos sugeridos para distintos tipos de obra y su sistema de colocación.

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.	Con vibradores de formaleta; concretos de proyección neumática (lanzados).	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión.
Seca	20-35	Pavimentos.	Pavimentadoras con terminadora vibratoria.	Secciones sujetas a vibración intensa.
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple. Losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadas manualmente.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Media (plástica)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones.	Colocación manual.	Secciones simplemente reforzadas con vibración.
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados.	Bombeo.	Secciones bastante reforzadas con vibración.
Muy Húmeda	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos "in situ".	Tubo embudo tremie.	Secciones altamente reforzadas sin vibración.
Super Fluida	Más de 200	Elementos muy esbeltos.	Autonivelante, autocompactante.	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuados para vibrarse.

Fuente. RIVERA, G. Manejabilidad del concreto. Tecnología del concreto. Capítulo 4. 2009. 84 p. Encontrado en <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/gearnilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20%20PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2004%20-%20Manejabilidad.pdf>

1.7 CONTENIDO DE AIRE

Cuando se realiza la mezcla de concreto y la dosificación para esta mezcla, hay una cantidad de aire que se introduce en la mezcla, esta varía en su forma, tamaño y cantidad, debido que depende tanto del espacio donde se realice la mezcla como los agregados utilizados, este volumen de aire se denomina "aire naturalmente atrapado", el cual mediante los procesos de compactación es liberado debido a que este puede causar aligeramiento en la masa endurecida y por ende generar una menor resistencia en el concreto

Las siguientes situaciones son las que pueden aumentar el contenido de aire en una mezcla de concreto dando la posibilidad de que sucedan una o varias de ellas

- ✓ Mezclas pobres en cemento.
- ✓ Agregados con tamaño máximo menor.
- ✓ Mayor cantidad de arena.
- ✓ Consistencias más húmedas.
- ✓ Operaciones de mezclado más fuertes o prolongadas.

- ✓ Inclusión de aditivos incorporadores de aire³⁰.

1.8 FRAGUADO DEL CONCRETO.

El término fraguado se define como el cambio del concreto de su fase líquida a un estado sólido y rígido. En esta etapa la pasta de cemento pierde su plasticidad gradualmente hasta dar inicio a la etapa de endurecimiento del concreto³¹. Para conocer más el fraguado se debe conocer la hidratación del cemento.

1.8.1 Hidratación del cemento. La hidratación del cemento es el proceso en el cual los minerales del Clinker y el agua se combinan para formar nuevos compuestos y liberación de calor³². Los componentes principales de cemento son los silicatos tricálcico y bicálcico (C_3S o $3CaO.SiO_2$ y βC_2 o $2CaO.SiO_2$), los cuales representan el 60 al 80% del total del cemento, el ferritoaluminato tetracálcico (C_4AF o $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$) y el aluminato tricálcico (C_3A o $2(CaO)_3.Al_2O_3$). Yeso es añadido al Clinker como regulador del fraguado³³.

Con la adición del agua, los minerales del concreto empiezan a hidratarse; los primeros en reaccionar son el C_3S y el βC_2 , dando como productos el silicato de calcio hidratado (C-S-H o $C_3S_2H_3$) y la Portlandita (CH o $Ca(OH)_2$). El C-S-H junto con los iones SO_4^{2-} provenientes del yeso, le dan la resistencia a la pasta de cemento, y el CH es el responsable de la resistencia del concreto a edad temprana. El segundo mineral en reaccionar es el C_3A , produciendo fases intermedias de C_4AH_{13} y C_2AH_8 , los cuales al formarse provocan la solidificación rápida de la pasta del cemento, conocida como fraguado relámpago, el cual impide la reacción de los otros minerales de cemento, para evitar este fraguado, se añade Sulfato de Calcio ($CaSO_4$) como retardador. El C_4AF en presencia de Sulfato de calcio, reacciona con el agua para formar la Estringita o Trisulfoaluminato hexacálcico ($C_6AS_3H_{32}$), con Hierro en su estructura, la cual disminuye la hidratación del C_3A formando una barrera alrededor del grano de C_3A , la Estringita se transforma luego en Monosulfoaluminato tetracálcico

³⁰ SANCHEZ, Diego. Tecnologías del concreto y del mortero. Concreto fresco. Contenido de aire. 5ed. Pontificia Universidad Javeriana. Bhandar Editores LTDA. Bogota D.C. 2001. 120p. Encontrado en (<https://books.google.com.co/books?id=EWq-QPJhsRAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

³¹ DAWOOD, A. Setting. Misan University. Engineering College. Civil Department. Concrete Technology. 3rd lection. Encontrado en (<http://www.uomisan.edu.iq/eng/ar/admin/pdf/4648249177.pdf>).

³² REYES, F. Hidratación del cemento portland. Curso Materiales, Capítulo 6. Universidad Javeriana. Bogotá. Presentación en Power Point.

³³ CABALEC, M. Tiempo de Fraguado del Hormigón. Tesis de becarios de investigación. Área de estructuras y materiales de construcción. Universidad Tecnológica Nacional, Regional la plata. Argentina. 2008. p. 3.

(C_4ASH_{12}) el cual rompe la barrera y permite la hidratación del C_3A . Todas estas reacciones son exotérmicas³⁴.

1.8.2 Tiempos de fraguado del concreto. El fraguado transcurre en cuestión de horas, las cuales son medidas y se conoce como el tiempo de fraguado del concreto, el cual se define como el periodo en el que las reacciones químicas entre el cemento y agua mencionadas anteriormente, generan calor y dan origen a nuevos compuestos, los cuales, generan que el cemento se endurezca y se adhiera a los agregados del concreto, adquiriendo resistencia mecánica³⁵.

Este tiempo se divide en dos etapas:

- ✓ Fraguado inicial: Esta etapa comienza a partir del contacto inicial entre el cemento y el agua, se da un aumento brusco de la viscosidad de la pasta de cemento y una elevación de la temperatura³⁶. Este ocurre entre 2 a 4 horas después de la fabricación del concreto³⁷.
- ✓ Fraguado final: Consiste en la transformación progresiva de la mezcla de agua y cemento en un bloque rígido. Esta etapa marca el inicio del endurecimiento del concreto³⁸. Ocurren entre 4 a 8 horas después de la elaboración del concreto³⁹.

Para encontrar estos tiempos de fraguado se realiza un ensayo de resistencia a la penetración determinada por la norma NTC 890 Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración⁴⁰, la cual mide la resistencia a la penetración de las agujas que otorga la pasta de cemento⁴¹. La figura 12 muestra como determinar los tiempos de fraguado inicial y final con la gráfica de los tiempos en los cuales se penetró la aguja versus la resistencia que presentó la pasta de cemento.

³⁴ REYES, F. Hidratación del cemento portland. Curso Materiales, Capítulo 6. Universidad Javeriana. Bogotá. Presentación en Power Point.

³⁵ CABALEC, M. Op. cit., p. 3.

³⁶ REYES, F. Hidratación del cemento portland. Curso Materiales, Capítulo 6. Universidad Javeriana. Bogotá. Presentación en Power Point.

³⁷ CABALEC, M. Op. cit., p. 3.

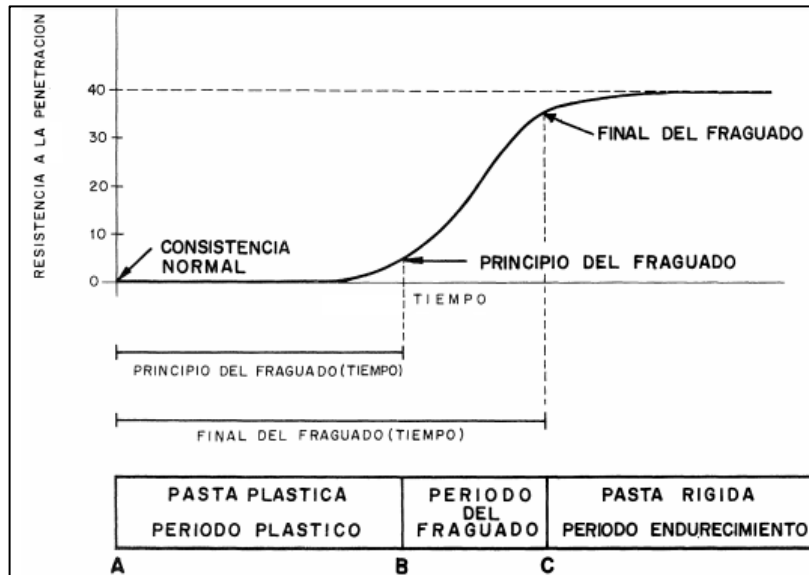
³⁸ REYES, F. Hidratación del cemento portland, Curso Materiales, Capítulo 6, Universidad Javeriana, Bogotá, Presentación en Power Point.

³⁹ CABALEC, M. Op. cit., p. 3.

⁴⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración. NTC 890. Bogotá D.C: El instituto, 1995.

⁴¹ *Ibíd.*, p. 2

Figura 12. Resistencia a la penetración de una pasta de cemento.



Fuente. Normalización del cemento, Tiempo de fraguado: algunos comentarios sobre el método de ensayo, Encontrado en (<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/1078/1148>).

En la figura 12 se pueden apreciar 3 zonas principales: la zona A corresponde al periodo plástico de la pasta de cemento, allí el cemento puede ser moldeado y trabajado; la zona B representa el periodo de fraguado, donde se va perdiendo la plasticidad del cemento, aumenta su viscosidad y la pasta de cemento se va adhiriendo a los agregados en el caso del concreto; y la tercera zona es la de endurecimiento, donde el cemento adquiere su resistencia y rigidez final y se puede prolongar hasta por un año. Las líneas punteadas representan el tiempo en el cual el concreto presenta su fraguado inicial y su fraguado final. Si se traza una línea horizontal desde esos puntos de la gráfica, la resistencia a la penetración es de 3.4 MPa para el fraguado inicial y 27.4 Mpa para el fraguado final⁴².

1.8.3 Factores que influyen en el fraguado del concreto. Existen algunos factores que influyen en el proceso y los tiempos de fraguado del concreto, los principales son:

- ✓ Temperatura y clima: Entre mayor sea la temperatura menor será el tiempo de fraguado y viceversa. La hidratación del cemento se detendrá cuando la temperatura es cercana a 0°C. Factores climáticos como el viento y la luz solar

⁴² GASPAR, D. Normalización del cemento. Tiempo de fraguado: algunos comentarios sobre el método de ensayo. Materiales de construcción. Consejo Superior de Investigaciones científicas. Encontrado en (<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/1078/1148>) 40 p.

afectan el fraguado principalmente en la superficie del concreto, debido a los efectos de calor y refrigeración que provocan.

- ✓ Relación agua/cemento: Relaciones bajas de a/c reducen el tiempo de fraguado.
- ✓ Tipo de cemento: Los minerales presentes en el Clinker influyen en el fraguado del concreto, además entre más fino es el grano del cemento, más rápido se hidrata y se reduce tiempo del fraguado.
- ✓ Aditivos químicos: Los aditivos acelerantes y retardantes manipulan el fraguado, ya sea reduciendo o alargando los tiempos de fraguado.
- ✓ Mezclado: Un mejor mezclado del concreto influye en la hidratación del cemento, mejorando su homogeneidad y la dispersión de los granos de cemento, acelerando así el fraguado⁴³.

1.9. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Se considera una medida de la calidad del concreto. La resistencia a la compresión se puede definir como la medida de la capacidad del concreto para resistir cargas axiales que tienden a comprimirlo. Esta resistencia se puede diseñar de tal forma que se tengan propiedades mecánicas y de durabilidad, que cumplan con los requisitos de diseño de la estructura a construir⁴⁴. El diseñador de la estructura debe especificar en los cálculos y planos la resistencia a la compresión que debe tener la estructura, denominada $f'c$. Si la obra tiene una resistencia menor al factor $f'c$, se disminuirá el factor de seguridad de la estructura, por ello se debe dosificar la mezcla para obtener una resistencia a la compresión promedia ($f'cr$) mayor que $f'c$ ⁴⁵. Los requerimientos de resistencia a la compresión pueden variar desde 17 MPa para concreto de uso residencial, hasta 28 MPa para concretos estructurales comerciales, aunque hay estructuras que requieren resistencias superiores a 170 MPa dependiendo de su uso⁴⁶.

Para encontrar la resistencia a la compresión se debe realizar el ensayo del mismo nombre de especímenes de concreto, el cual consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados de 15x30 cm o núcleos extraídos de una estructura en obra, a una velocidad determinada hasta que se dé la fractura del espécimen de concreto. La velocidad de carga varía entre 1,4 a 3,5 Kg/cm²/s.

⁴³ CABALEC, M. Op. cit., p. 11.

⁴⁴ INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, IMCYC. Pruebas de resistencia a la compresión del concreto. Concreto en la obra: problemas, causas y soluciones. Sección coleccionable 5. 2006. Encontrado en (<http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>).

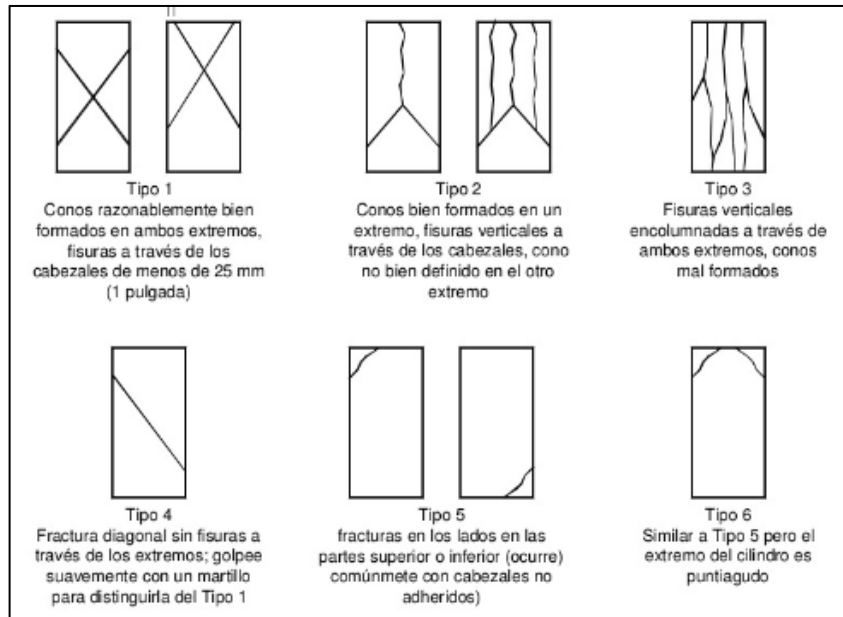
⁴⁵RIVERA, G. Resistencia del concreto. Tecnología del concreto. Capítulo 6. 2009. 125 p. Encontrado en (<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/geanrilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%20de%20010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%20PDF%20ver.%202009/Cap.%2006%20-%20Resistencia.pdf>).

⁴⁶ INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, Op. Cit., p. 2.

Para cada edad se debe ensayar como mínimo 2 cilindros y se trabaja con el valor promedio⁴⁷.

La norma NTC 673⁴⁸ especifica los tipos de fractura que puede presentar el espécimen, estos tipos deben ser descritos en el informe del ensayo. Los más típicos son mostrados en la figura 13:

Figura 13. Esquema de los tipos de fractura típicos del concreto.



Fuente. Norma Técnica Colombiana NTC 673: Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. Encontrado en ([http://es.slideshare.net/1120353985/ntc-673-compresion-concretos.](http://es.slideshare.net/1120353985/ntc-673-compresion-concretos))

Los principales factores que influyen en la resistencia a la compresión son:

- ✓ Tipo de cemento: depende principalmente de su composición química, por ejemplo, cementos con mayor contenido de C₃S obtendrán buenas resistencias en un tiempo relativamente corto; en cambio, un cemento rico en C₂S producirá altas resistencias, pero en un tiempo más prolongado. También los cementos más finos tienden a ganar resistencia más rápidamente que los gruesos.
- ✓ Agregados: Los agregados angulosos o rugosos generan una mayor resistencia que otros lisos o redondos, a la misma relación agua/cemento.
- ✓ Agua de mezcla: Aguas con salinidad de 3,5% producen la disminución de la resistencia en un 12% a los 28 días de edad.

⁴⁷ RIVERA, G. Op. cit., p. 139.

⁴⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. NTC 673. Bogotá D.C: El instituto, 2010.

- ✓ Relación agua/cemento: La resistencia a la compresión tiende a ser inversamente proporcional a la relación agua/cemento de la mezcla.
- ✓ Temperatura: Temperatura alta en la fase de colocación y fraguado del concreto aumenta la resistencia a edades tempranas, pero afecta la resistencia a partir de los 7 días.
- ✓ Tiempo: El viento da paso a la pérdida de humedad en el concreto, por lo tanto, impide la correcta hidratación y la resistencia, por ende, disminuye⁴⁹.

1.10 EFECTOS DE LOS SUPERPLASTIFICANTES EN EL CONCRETO FRESCO Y DURO.

Con la adición de aditivos superplastificantes, el concreto adquiere un comportamiento distinto a como si se trabajara sin aditivos, tanto fresco como seco. Propiedades como la trabajabilidad, el contenido de aire, la resistencia a la compresión y el tiempo de fraguado se estudian en este apartado.

1.10.1 Trabajabilidad. La trabajabilidad que adquiere el concreto con un superplastificante depende de diferentes factores como el asentamiento que tenga el concreto sin aditivos, el tipo y la cantidad de cemento usado en la mezcla, la dosificación del superplastificante, la temperatura, la humedad relativa, el tiempo total de mezcla, el tipo de mezclador y la velocidad de la mezcladora. Cuando el concreto a utilizar tiene un asentamiento inicial bajo necesitan de un porcentaje alto de superplastificante para darle más fluidez a la mezcla. Además, las mezclas que presenten mayor contenido de cemento son ya de por sí fluidas, por ello se requiere menos cantidad de aditivo superplastificante. La capacidad de los superplastificantes de mejorar la trabajabilidad del concreto disminuye con el tiempo, debido a que va perdiendo asentamiento y es más difícil de manipular. En cuanto a la temperatura se ha demostrado que la pérdida de trabajabilidad es reducida a bajas temperaturas, por ello en climas cálidos la adición varias veces de superplastificante disminuye este problema.

1.10.2 Contenido de Aire. Con la adición de superplastificantes se da un aumento de la viscosidad de la mezcla, por lo tanto, se facilita el escape de aire de la misma. El porcentaje de aire que pierde la mezcla suele estar entre un 3 a 1%, factores como las altas temperaturas, varias dosificaciones de plastificantes, tiempo de mezcla extenso y altas relaciones de agua/cemento pueden ocasionar mayor pérdida de aire en la mezcla. Sin embargo, se ha evidenciado que algunos superplastificantes aumentan el contenido de aire de la mezcla.

1.10.3 Resistencia a la compresión. Generalmente los aditivos superplastificantes aumentan o mantienen igual la fuerza que resiste un concreto hecho sin aditivo. Este aumento de fuerza es mayor a edades tempranas del concreto y alrededor del 10% a los 28 días de edad. Algunas de las razones estudiadas del aumento de la fuerza de resistencia son la disminución de la relación agua/cemento o la

⁴⁹ RIVERA, G. Op. cit., p. 142.

perdida de aire de la mezcla. Otra explicación posible al aumento de la fuerza en edades tardías se debe al grado final de hidratación del cemento debido a la dispersión entre las partículas

1.10.4 Tiempos de Fraguado. Algunos superplastificantes retrasan el proceso de hidratación del cemento, por ello, generalmente estos aditivos retrasan tanto el tiempo inicial como el tiempo final del fraguado. La utilización de una combinación de aditivos con superplastificantes ha demostrado que tienen el efecto opuesto, por ello, se debe estudiar el efecto de los aditivos antes de utilizar el concreto en campo⁵⁰.

⁵⁰ ZAKKA, Z. CARRASQUILLO, R. Effects of High-Range water reducers on the properties of fresh and hardened concrete. Center for transportation research. University of Texas. United States. 1989.

2. SINTESIS DEL ADITIVO Y SUS PROPIEDADES

Este capítulo aborda la descripción detallada del proceso de síntesis del aditivo mostrando los cálculos que fueron requeridos y los diagramas de flujo de los ensayos realizados en el laboratorio, también se encuentra la metodología utilizada para determinar las propiedades físicas y químicas del aditivo y los resultados obtenidos.

2.1 METODOLOGÍA PARA LA SÍNTESIS DEL ADITIVO

2.1.1 Cálculos Previos. Para realizar la síntesis del aditivo superplastificante se deben tener todos los reactivos en las concentraciones especificadas en el artículo de Lei y Plank⁵¹, dado que algunos reactivos no se encuentran en la concentración indicada, se deben realizar los siguientes cálculos para obtener el reactivo a la concentración especificada.

2.1.2 Dilución del Formaldehído. El reactivo Formaldehído adquirido en la empresa Químicos Ciacomeq S.A.S tiene una concentración de 37% p/p, para la síntesis del polímero se debe tener una concentración de 30% p/p del mismo. Para ello se debe realizar una dilución y bajar la concentración hasta el valor deseado.

El primer paso es convertir esos porcentajes de peso/peso a peso/volumen para tener un eficiente manejo de las concentraciones, como se muestra en la ecuación 1:

$$\% p/v = \% p/p * \rho \quad (1)$$

Donde ρ es la densidad del formaldehído, reemplazando los valores en la ecuación 1 para el porcentaje inicial se tiene:

$$\% p/v = 37\% * 0,815 \text{ g/cm}^3 = 30,15\%$$

Ahora se calcula el porcentaje peso/volumen para la concentración deseada de formaldehído reemplazando nuevamente los valores en la ecuación 1:

$$\% p/v = 30\% * 0,815 \text{ g/cm}^3 = 24,45\%$$

Luego estos porcentajes a través del peso molecular pasan a ser concentración de Molaridad así:

⁵¹ LEI Y PLANK. Op. cit., p. 3.

$$\frac{30,15 \text{ g Formaldehído}}{100 \text{ mL solución}} * \frac{1 \text{ mol de Formaldehído}}{30,031 \text{ g Formaldehído}} = \frac{1 \text{ mol}}{100 \text{ ml}} = \frac{1 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 10 \text{ M}$$

$$\frac{24,45 \text{ g Formaldehído}}{100 \text{ mL solución}} * \frac{1 \text{ mol de Formaldehído}}{30,031 \text{ g Formaldehído}} = \frac{0,814 \text{ mol}}{100 \text{ ml}} = \frac{0,814 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 8,14 \text{ M}$$

Por último, se usa la relación en la que los moles de soluto de la solución concentrada, son igual a los moles de soluto de la solución diluida, representada en la ecuación 2:

$$M_{conc} * V_{conc} = M_{dil} * V_{dil} \quad (2)$$

Despejando el Volumen concentrado de la ecuación 2 se tiene que:

$$V_{conc} = \frac{M_{dil} * V_{dil}}{M_{conc}} \quad (3)$$

Donde M_{dil} es la concentración deseada de 8,14M, V_{dil} es el volumen final de la dilución que en este caso son 250mL y M_{conc} en la concentración inicial de 10M, reemplazando en la ecuación 3:

$$V_{conc} = \frac{8,14 \text{ M} * 0,25 \text{ L}}{10 \text{ M}}$$

El volumen de 203,5 mL resultante es la cantidad inicial de formaldehído que se debe medir para aforar con agua destilada hasta 250mL y obtener una solución de formaldehído de 30% p/p.

2.1.3 Metodología para encontrar propiedades físicas y químicas. En el siguiente apartado se describe la metodología empleada en el laboratorio para encontrar las propiedades concernientes a la densidad, índice de refracción, viscosidad y el análisis por espectroscopia infrarroja, describiendo el procedimiento seguido y los resultados obtenidos:

2.1.3.1 Densidad. Según la norma ASTM D1505⁵² uno de los procedimientos que se pueden realizar para determinar esta propiedad es a través del método del picnómetro, en donde primero se usa un picnómetro de 25 ml, el cual es pesado en una balanza analítica estando totalmente vacío, luego se agrega el aditivo al picnómetro y vuelve medirse la masa en la balanza. Los dos valores de masa encontrados son ingresados en la ecuación 4 para encontrar la masa neta del aditivo:

⁵² AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Test method for density of plastics by density gradient technique. ASTM D1505. West Conshohocken, PA: ASTM. 1998. www.astm.org

$$m_{aditivo} = m_{pic\ lleno} - m_{pic\ vacio} \quad (4)$$

Luego usando la ecuación 5, se halla el valor de la densidad:

$$\rho_{aditivo} = \frac{m_{aditivo}}{v_{picnómetro}} \quad (5)$$

Otro método utilizado para medir la densidad fue el del Densímetro de Inmersión (Aerómetro), determinado por la norma ISO 649-2⁵³. El ensayo consiste en colocar la muestra en una probeta de 100 ml y luego introducir el densímetro, el cual flotará hasta que el nivel del fluido marque en la escala el valor de la densidad correspondiente. Para este caso se usa un Densímetro que mida densidades en un rango de 1 a 1,7 g/cm³.

2.1.3.2 Índice de refracción. Según la norma ASTM D542⁵⁴ uno de los procedimientos que se pueden realizar para determinar esta propiedad es por medio de un refractómetro óptico de cristal, el cual debe calibrarse, para ello primero se limpia el cristal con algodón y acetona, luego con un gotero se agrega agua destilada en el cristal, se cierra la cámara y se observa por el binóculo. Luego se debe mover la manija superior de control hasta observar que la línea horizontal de sombra del círculo atraviere en la mitad la figura y que la escala superior de la regla quede en cero (0).

Para hacer la medición del índice de refracción de la sustancia se limpia nuevamente el cristal con acetona, después se coloca sobre el cristal una gota del aditivo, se cierra la cámara y con la manija inferior se desplaza la regla hasta observar que la sombra horizontal del círculo lo atraviere a la mitad y se hace la lectura en la escala del índice.

2.1.3.3 Viscosidad. Según la norma ISO 3105⁵⁵ uno de los procedimientos que se puede realizar para determinar esta propiedad es por medio de un viscosímetro Cannon-Fenske de tubo ascendente de 200 y el procedimiento efectuado fue el siguiente: para llenado se invierte el viscosímetro para que las ramas queden hacia abajo, el tubo con capilar se sumerge en el líquido a medir, mientras que en el tubo de ventilación se aspira para que en el tubo del reservorio se llene hasta la marca de llenado; después se gira el viscosímetro tapando el tubo de ventilación antes de que llegue a la marca 4.

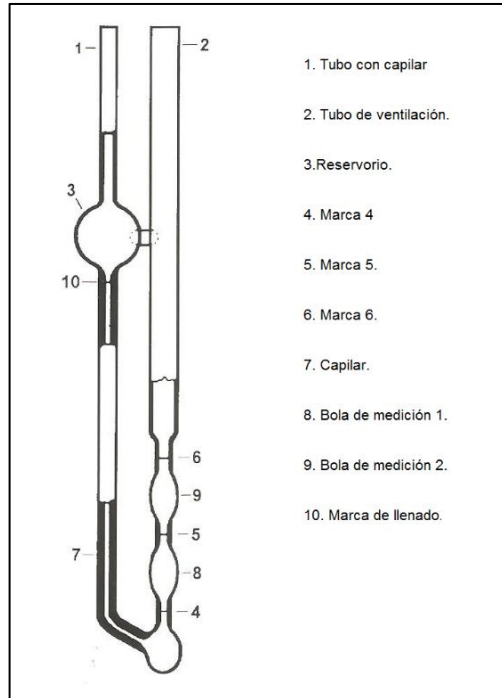
⁵³ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Laboratory glassware -- Density hydrometers for general purposes -- Part 2: Test methods and use. ISO 649-2. 1981. Geneve, Suiza, ISO, 1981. www.iso.org.

⁵⁴ AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Index of Refraction of Transparent Organic Plastics (Refractive Index) ASTM D542. West Conshohocken, PA: ASTM. 2000. www.astm.org.

⁵⁵ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Glass capillary kinematic viscometers -- Specifications and operating instructions. ISO 3105. 1994. Geneve, Suiza, ISO, 1994. www.iso.org.

Se coloca el viscosímetro en un soporte universal asegurándose de que tenga una posición de 90° y se destapa el tubo de ventilación para que el líquido suba por la bola de medición 1 desde la marca 4 hasta la 5 tomando el tiempo en que se demore en pasar entre las dos marcas. La figura 14 muestra el esquema del viscosímetro utilizado con sus respectivas partes:

Figura 14. Esquema del viscosímetro Cannon-Fenske de tubo ascendente 200.



Fuente. Manual de instrucciones Viscosímetro Cannon-Fenske de tubo ascendente. p 17.

Para hallar el valor de la viscosidad cinemática se utiliza la ecuación 6:

$$\vartheta = k \times t \quad (6)$$

Donde ϑ es la viscosidad cinemática en Stokes, k es la constante del viscosímetro equivalente a 0,1 y t es el tiempo promedio en segundos.

Para encontrar el valor de la viscosidad dinámica se utiliza la ecuación 7:

$$\mu = \vartheta \times \rho \quad (7)$$

Donde μ es la viscosidad dinámica es Poise, ϑ es la viscosidad cinemática en Stokes y ρ es la densidad del aditivo en g/cm³.

2.1.3.4 Espectroscopia Infrarroja FTIR. Este método permite conocer los grupos funcionales de compuestos desconocidos definidos en la estructura según el porcentaje de transmitancia, esto mediante la interpretación del espectro al compararlo con bases en datos especializadas.

Para realizar la prueba se pone a correr un Background donde se verifica el buen funcionamiento del equipo, luego se ingresan los parámetros de medida en el equipo, se agregan una o dos gotas de la muestra en el ATR de diamante donde esta se compacta o se coloca el sólido y se ejecuta la medición.

Se realizó la prueba en el Laboratorio de Química Forense-DIJIN con un espectrofotómetro infrarrojo FTIR marca SHIMADZU modelo PRESTIGE 21, se realizó el análisis mediante ATR de diamante. La unidad de medida utilizada en este caso fue el porcentaje de transmitancia (%T), se midió en un rango de 750 nm a 4000 nm con una resolución de 4 nm y con acumulación de 10.

2.2 PRE-EXPERIMENTACIÓN

Esta fase del proyecto consiste en realizar ensayos de la síntesis del aditivo para determinar qué factores influyen en cada uno de los pasos llevados a cabo en el laboratorio. Con estos ensayos se definen algunas de las cantidades de reactivos que no se especifican en el artículo de Lei y Plank⁵⁶ y el comportamiento que se tiene de los compuestos involucrados al momento de ser trabajados.

La metodología usada retoma los planteamientos Lei y Plank (2011)⁵⁷ quienes especifican el procedimiento y las condiciones necesarias para la síntesis del aditivo. En dicho artículo se trabajan 50 g de Ciclohexanona Líquida al 99%, por lo tanto, se calcula la densidad de la misma por el método del picnómetro según el numeral 2.1.3.1 para así encontrar el volumen en mililitros a usar en la pre-experimentación:

$$v = \frac{m}{\rho} \quad (8)$$

$$v = \frac{50g \text{ Ciclohexanona}}{0,9716 \frac{g}{ml}} = 51,5 \text{ ml Ciclohexanona}$$

En el Anexo B se encuentra el formato en el cual se anotaron todas las cantidades y variables involucradas en cada uno de los ensayos, para así llevar un seguimiento en cada práctica de laboratorio.

El montaje de laboratorio usado en todos los ensayos para la condensación en reflujo se muestra en la Fotografía 1:

⁵⁶ LEI y PLANK. Op. cit., p. 3.

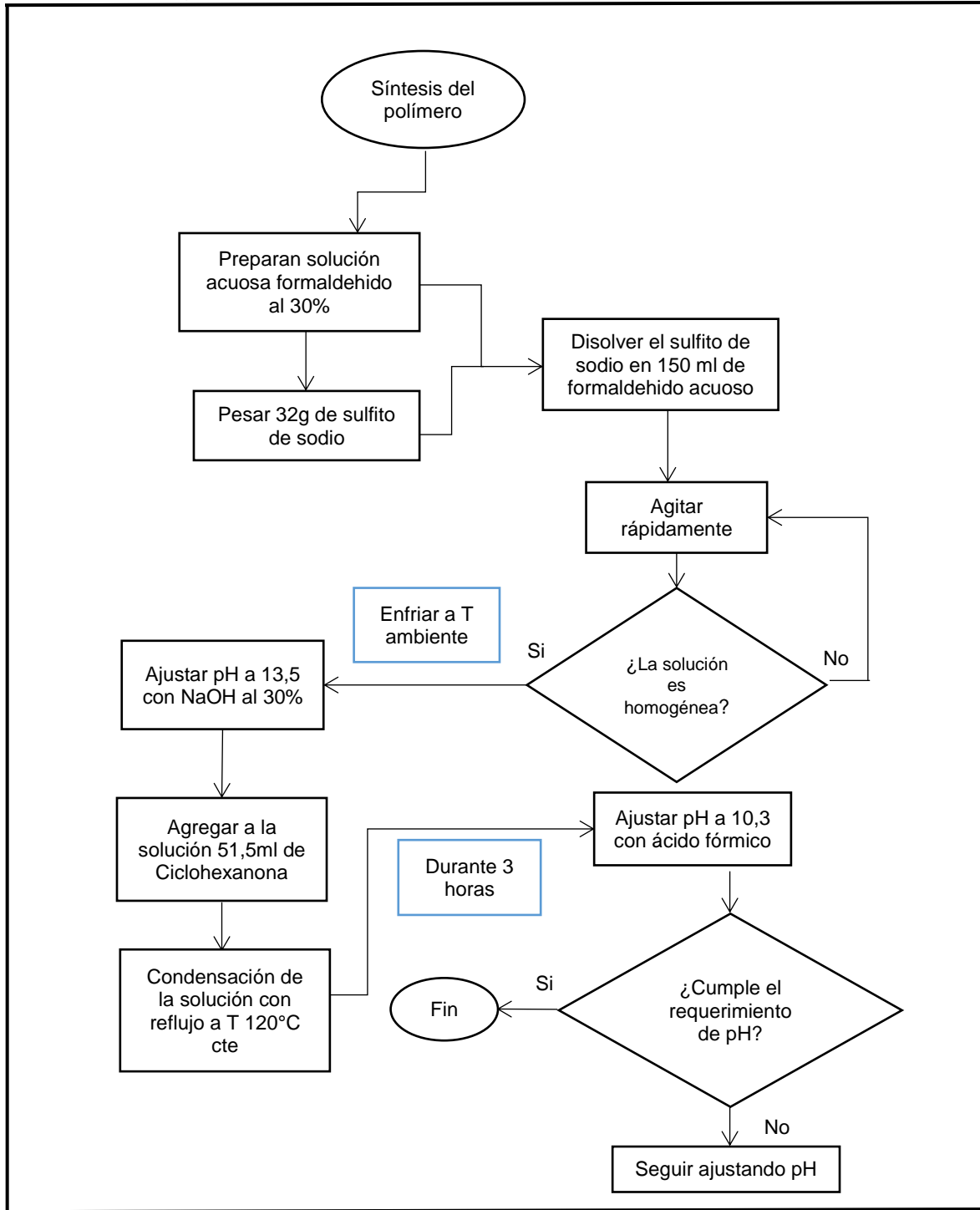
⁵⁷ *Ibíd.*, p. 3.

Fotografía 1. Montaje general condensación en reflujo ensayos 1 al 6



A continuación, la figura 15 muestra en forma de diagrama el procedimiento seguido para la fase de pre-experimentación:

Figura 15. Diagrama de bloques para la síntesis del polímero superplastificante⁵⁸

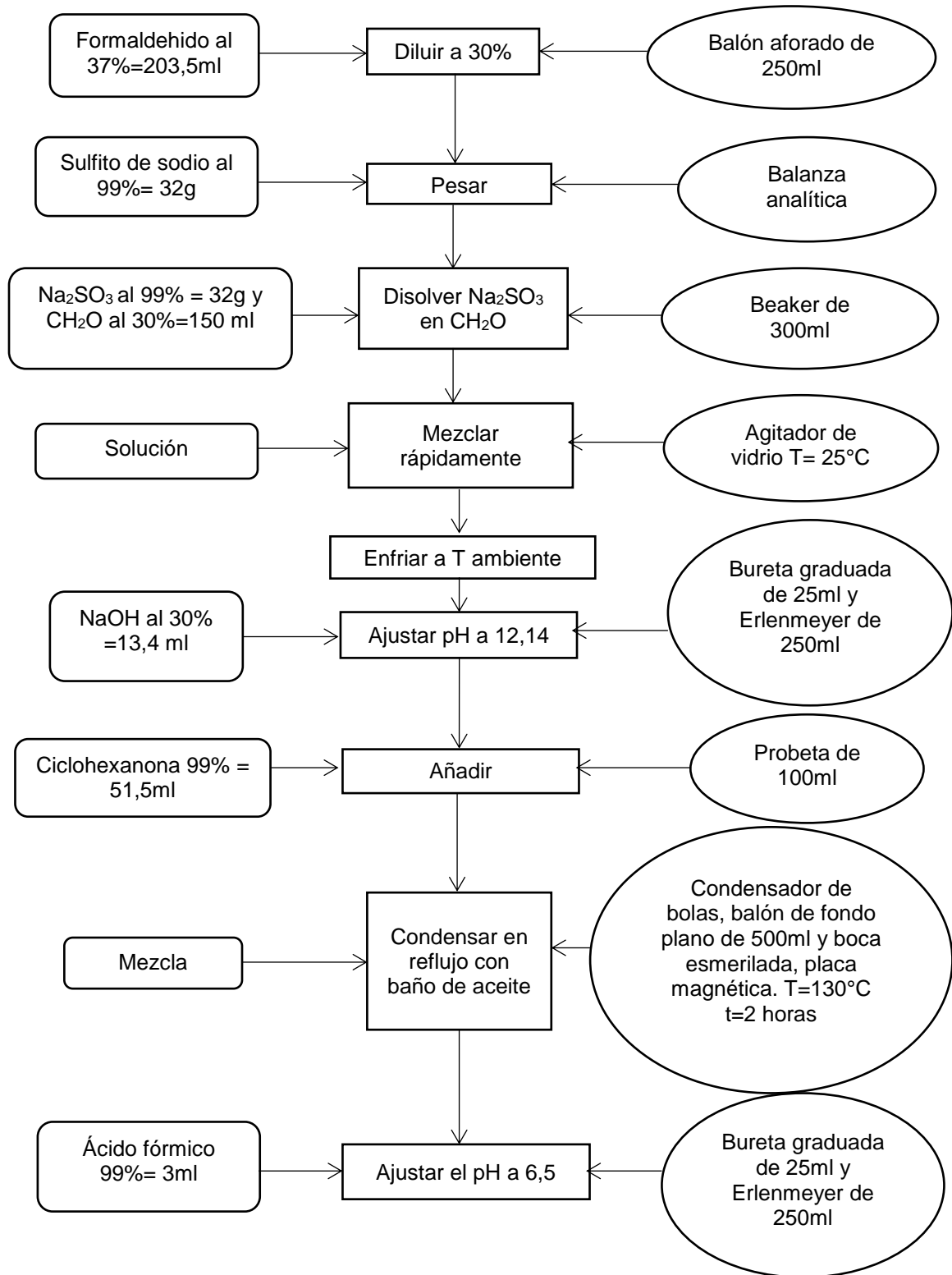


⁵⁸ LEI y PLANK. Op. Cit., p. 3.

2.2.1 Ensayo 1. En la figura 16 se presenta el procedimiento realizado en la primera experimentación en el laboratorio para la síntesis del aditivo superplastificante, en el cual se determina que la condensación con reflujo que se realiza en un baño de aceite la temperatura debe mantenerse en un rango de 120°C a 130°C y bajo agitación continua para evitar la formación de sólidos en la superficie. En este caso la temperatura fue excedida a 180°C dando paso a la formación inmediata de sólidos.

En este ensayo no se cumple el tiempo de residencia de la condensación de 3 horas afectado así la formación del polímero.

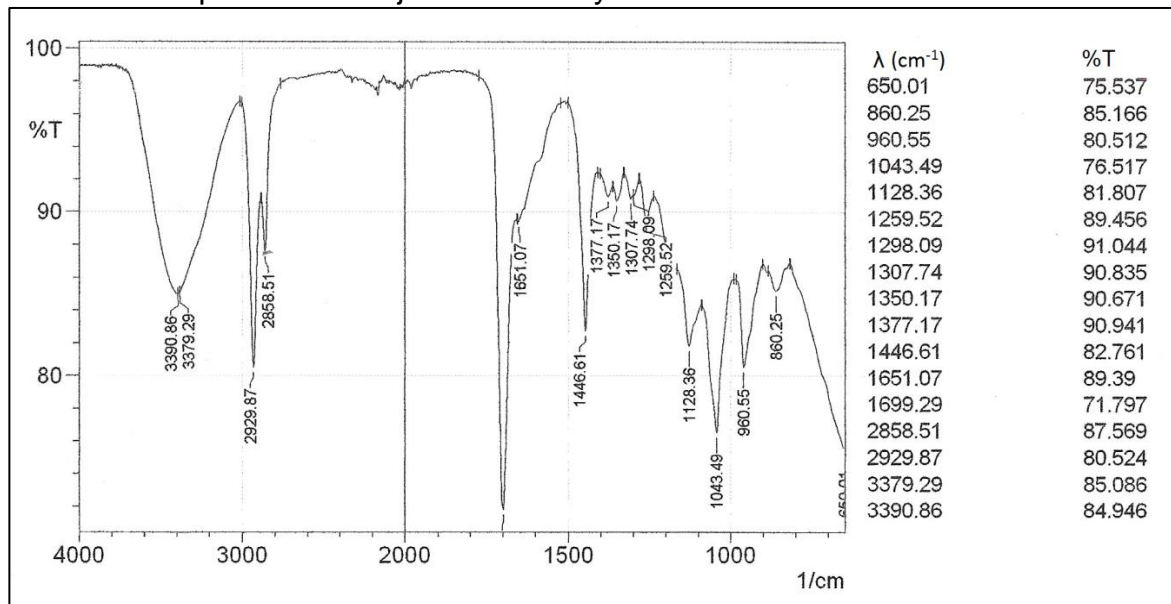
Figura 16. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 1.



2.2.1.1 Resultados prueba ensayo 1. A continuación, se presentan el resultado de la prueba de espectroscopia infrarrojo realizado a las muestras de los sólidos obtenidos en el ensayo 1:

- Espectroscopia Infrarroja FTIR. La gráfica 1 muestra el espectro de porcentaje de transmitancia para los sólidos formados en el ensayo 1 según el apartado 2.1.3.5.

Gráfica 1. Espectro infrarrojo solido ensayo 1



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

El espectro infrarrojo permite conocer los principales grupos funcionales que posee una molécula orgánica, para este trabajo se pretende identificar los grupos pertenecientes al aditivo CFS. La figura 7 del apartado 1.5, muestra la posible estructura de la molécula del aditivo CFS.

Para el análisis de los espectros se utilizaron las tablas de correlación infrarroja que se encuentran en el apéndice 2 del libro Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry.⁵⁹

En la gráfica 1 se puede observar el espectro de los sólidos obtenidos, en el eje X se observa la longitud de onda que representa a qué frecuencia la luz atraviesa la muestra, y en el eje Y se encuentra el porcentaje de transmitancia, el cual indica la energía que producen las moléculas al vibrar dependiendo del enlace con el que estén unidas, este indica la concentración de los grupos funcionales.

⁵⁹ FURNISS, Brian S. HANNAFORD, Antony J. SMITH, Peter W G. y TATCHELL, Austin R. Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry. Apéndice 2, Infrared Correlation Tables. 5ed. Longman Scientific & Technical. Great Britain. 1989. Apéndice 2.

Para el ensayo 1, la gráfica muestra los diferentes picos que son de importancia para identificar la molécula del aditivo CFS: El primer pico muestra los valores de 3390 y 3379 cm^{-1} , los cuales encajan en el rango de 3400-3200 cm^{-1} correspondiente al grupo hidroxilo -OH; el segundo pico con un valor de 2929 cm^{-1} coincide con el grupo alifático carbonilo CH_2 de rango 2936-2916 cm^{-1} , estos dos picos identifican el radical que se deriva de la primer Ciclohexanona dentro de la cadena del polímero.

El pico de 1699 cm^{-1} permite identificar el grupo cetona de la Ciclohexanona, y el pico 1446 cm^{-1} identifica el grupo CH_2 en forma de tijera que le da la estructura de ciclo a la Ciclohexanona, la cual se identifica en un rango de 1485-1445 cm^{-1} .

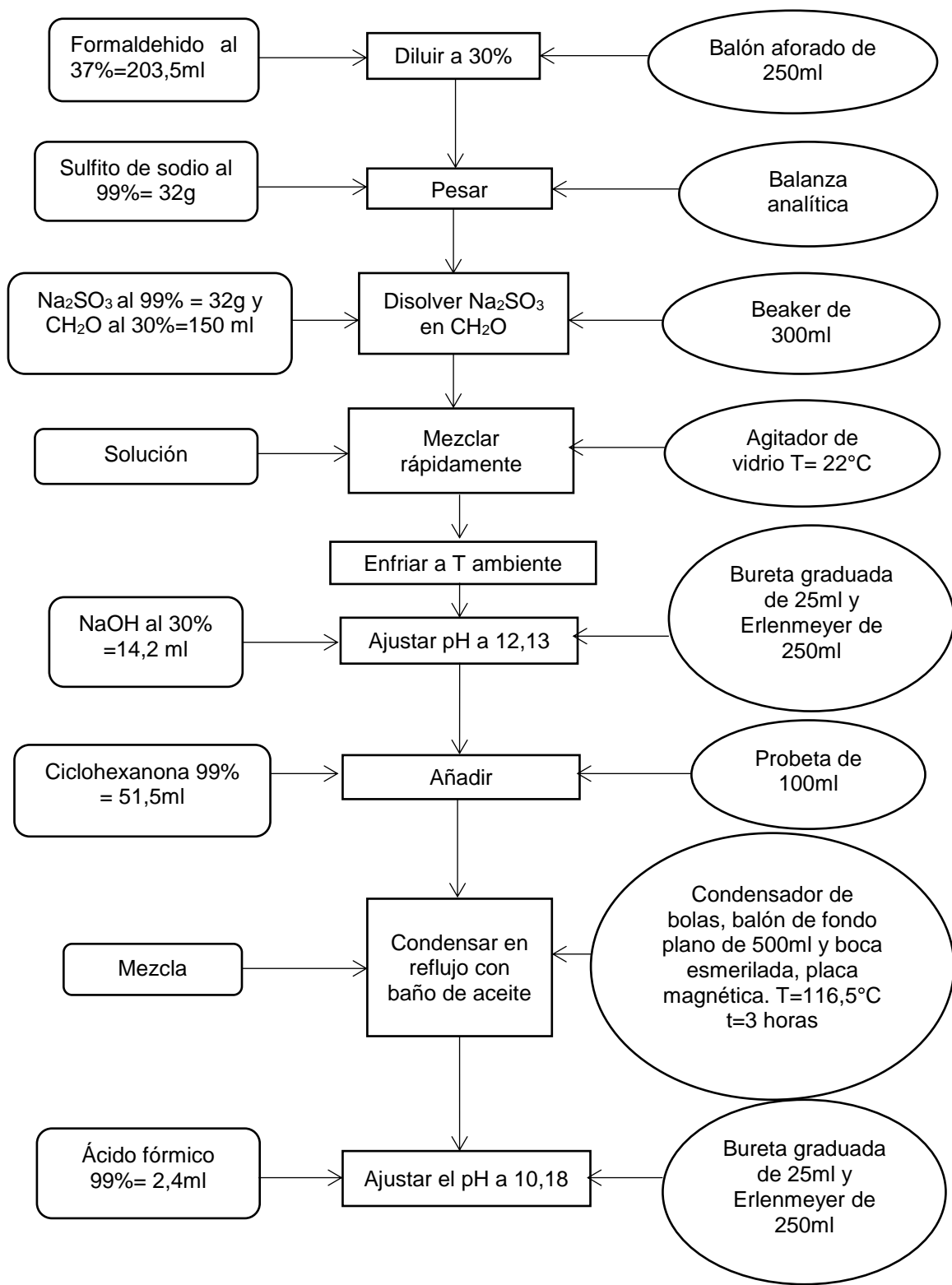
El grupo éter que une la cadena del CFS se determina con el pico de 1043 cm^{-1} , que encaja en el rango de 1075-1020 cm^{-1} , lo que indica que la cadena de monómeros de la Ciclohexanona se encuentra unida por este grupo.

El grupo sulfona (SO_2) se determina con el pico de 1128 cm^{-1} , lo cual indica que no se obtuvo el radical esperado ($\text{CH}_2\text{SO}_3\text{Na}$) que se desprende del segundo monómero de la cadena polimérica.

2.2.2 Ensayo 2. Este ensayo permitió establecer que al añadir la Ciclohexanona a la mezcla de Formol-sulfito, se debe tener mucho cuidado debido a que la reacción es exotérmica y puede presentarse una expansión violenta resultando en derrame.

En la figura 17 se presenta el diagrama de flujo con los pasos realizados en el procedimiento de laboratorio:

Figura 17. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 2



2.2.2.1 Resultados pruebas ensayo 2. A continuación, se presentan los resultados de las propiedades físicas halladas a la muestra del ensayo 2 y según los apartados de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la tabla 2 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 2. Densidad del compuesto del ensayo 2

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{pic\ vacio}=20,2421$ $m_{pic\ lleno}=51,2012$	30,9591	25	1,2384
$m_{pic\ vacio}=20,1383$ $m_{pic\ lleno}=51,2027$	31,0644	25	1,2426
$m_{pic\ vacio}=20,2526$ $m_{pic\ lleno}=51,2621$	31,0095	25	1,2404
		Densidad promedio	1,2405

Para el compuesto del ensayo 2 se obtuvo una densidad de 1,2405 g/ml siguiendo el apartado 2.1.3.1. La prueba con densímetro no pudo ser realizada para este ensayo, debido a que la cantidad obtenida del polímero no fue suficiente para que se diera la flotación del densímetro.

- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 3 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio:

Tabla 3. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 2.

Toma	Índice de refracción
1	1,418
2	1,417
3	1,419
Promedio	1,418

El valor del índice de refracción para la sustancia en el ensayo 2 fue de 1,418.

- Viscosidad. En la tabla 4 se muestran los tiempos donde la sustancia desciende por el viscosímetro Cannon-Fenske con una temperatura de 24°C como se describió en el numeral 2.1.3.3:

Tabla 4. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 2.

Toma	Tiempo (s)
1	204
2	210
3	216
Promedio	210

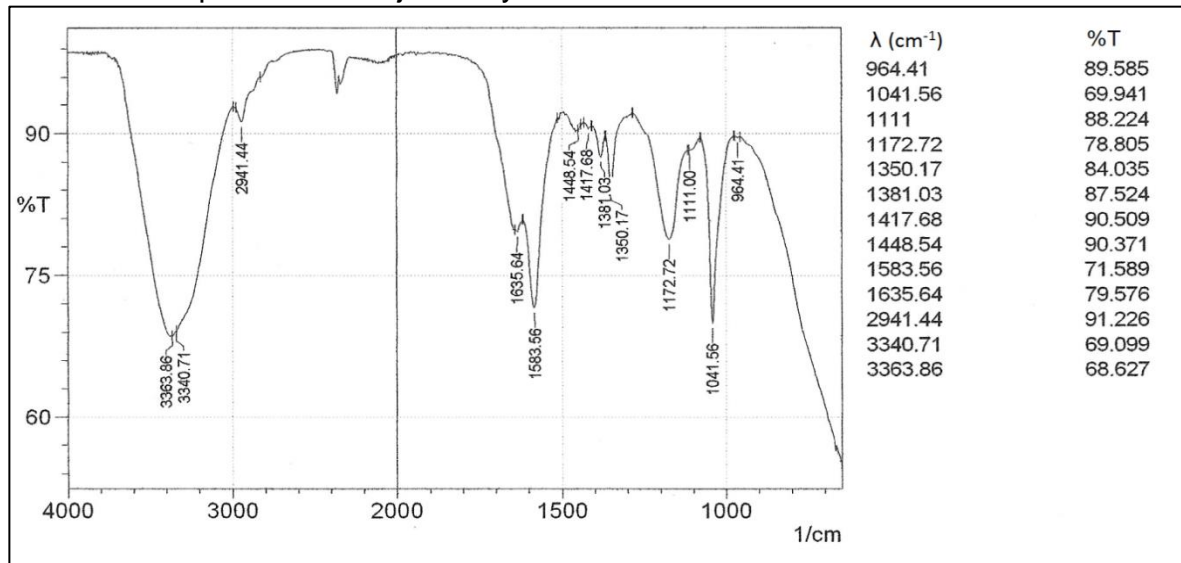
Con este valor de 210 s y la contante K del viscosímetro, se reemplazan en la ecuación 6, se encuentra el valor de la viscosidad cinemática en CentiStoke y luego se reemplaza en la ecuación 7 para encontrar la viscosidad dinámica en miliPascal segundo. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 5:

Tabla 5. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 2.

Viscosidad cinemática ϑ (cSt)	21
Viscosidad dinámica μ (mPa.s)	26,05

- Espectroscopia Infrarroja FTIR. La gráfica 2 muestra el espectro de porcentaje de transmitancia para la sustancia obtenida en el ensayo 2 según el apartado 2.1.3.5.

Gráfica 2. Espectro infrarrojo ensayo 2



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

La gráfica 2 del infrarrojo permite identificar los grupos hidroxilo -OH (pico 3363 y 3340 cm^{-1}), los cuales para este caso tienen un porcentaje de transmitancia de 68-69% de transmitancia, el cual es menor al 84-85% de los sólidos del ensayo 1, esto se debe a que la presencia de agua, distorsiona la cantidad de energía que pueda

transmitir el infrarrojo, ya que el agua presenta una fuerte absorción de la energía infrarroja⁶⁰, lo que implica que haya una menor transmitancia del enlace OH. En este ensayo también se encuentran el grupo alifático carbonilo CH₂ (2941 cm⁻¹), el grupo CH₂ en forma de tijera (1448 cm⁻¹), y el grupo éter que forma la cadena (1041 cm⁻¹).

El pico del grupo cetona no se encuentra visible en este espectro, pero la presencia del valle en la gráfica, en el rango de longitud de onda en el que debería estar el grupo, permite intuir que la cetona si está presente en la molécula. Una posible razón para este fenómeno es que, en presencia de agua, la cetona forma puentes de Hidrógeno⁶¹, lo que ocasiona que la banda del enlace cetona se ensanche y se desplace⁶², dando lugar a una superposición de las bandas en el espectro.

El grupo sulfonato (SO₃) se identifica con el pico de 1172 cm⁻¹, lo que garantiza el radical del segundo monómero de Ciclohexanona (-CH₂SO₃Na), localizado en el rango de 1193-1170 cm⁻¹.

2.2.3 Ensayo 3. En esta ocasión se halla la densidad real del formaldehído por método de densímetro por inmersión, allí se encontró que la densidad varía de 0,815 g/ml dados por la literatura (Anexo A) a 1,11 g/ml. Se recalculó la cantidad de Formaldehído a diluir con las ecuaciones 1 a 3, obteniendo como resultado un volumen V_{conc} de 202,7 mL.

Además, se utiliza un pHmetro de otra marca para hacer más exacta la medición del pH de mezcla, sin embargo, no se llega al valor de pH necesario de 10.3.

Para esta experimentación se concluye que la reacción entre la Ciclohexanona y la mezcla Formol-sulfito debe darse entre un lapso de 5 minutos y antes de poner a calentar en el baño de aceite. Esta vez no se realiza lo mencionado y por ello el aditivo no tiene una apropiada reacción, esto se evidencia en la coloración que adquirió el polímero, en este ensayo resulta un tono más amarillo y más opaco que el ensayo 2, además de no tener una apariencia traslúcida.

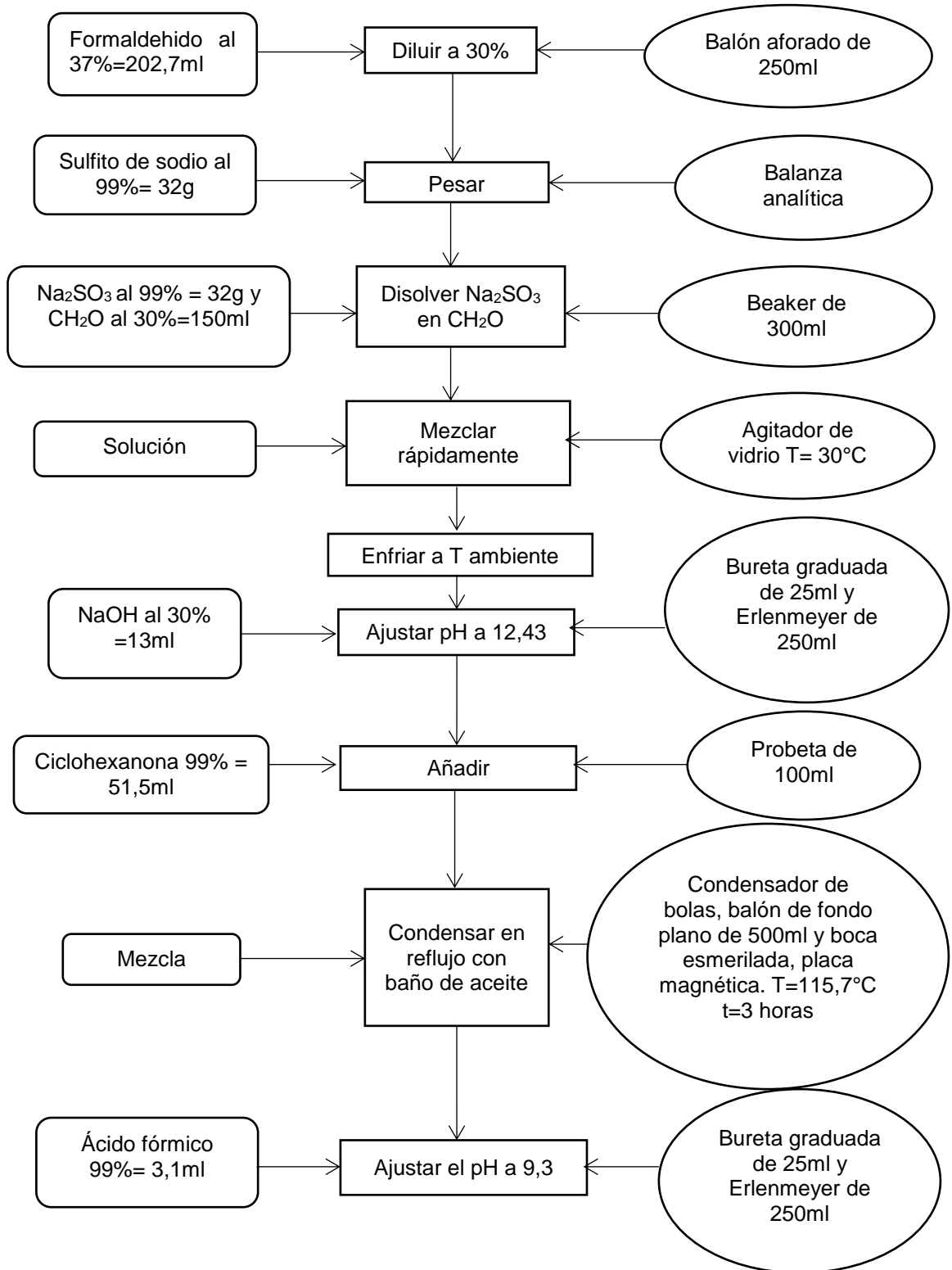
⁶⁰ MARTINEZ, Luis. Instrumentación y métodos de análisis química. Espectroscopía Infrarroja 1-Fundamentos. Posgrado en Ingeniería del agua y del terreno. Cartagena, Colombia. Universidad Politécnica de Cartagena. 17 p. Encontrado en (http://www.upct.es/~minaees/espectroscopia_infrarroja.pdf).

⁶¹ ACUÑA, Flora. Química Orgánica. Aldehídos y Cetonas. Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia EUNED. 2006. 174 p. Encontrado en (https://books.google.com.co/books?id=TL98uAXZ3JQC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

⁶² OLSEN, Eugene. Métodos ópticos de análisis. Espectrofotometría de infrarrojo. Barcelona, España. Editorial Reverté S.A. 1990. 184 p. Encontrado en (https://books.google.com.co/books?id=gtRcq1g4DmYC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

A continuación, se muestra en la figura 18 los pasos seguidos en este ensayo con sus debidas cantidades y valores obtenidos.

Figura 18. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 3.



2.2.3.1 Resultados pruebas ensayo 3. A continuación, se presentan los resultados de las propiedades físicas halladas a la muestra del ensayo 3 y según los apartados de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la Tabla 6 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 6. Densidad del compuesto del ensayo 3

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{\text{pic vacío}}=24,5096$ $m_{\text{pic lleno}}=53,8615$	29,3519	25	1,1741
$m_{\text{pic vacío}}=24,6991$ $m_{\text{pic lleno}}=53,9133$	29,2142	25	1,1685
$m_{\text{pic vacío}}=24,6253$ $m_{\text{pic lleno}}=53,7791$	29,1538	25	1,1661
		Densidad promedio	1,1700

Para el compuesto del ensayo 3 se obtiene una densidad de 1,17 g/ml. siguiendo el apartado 2.1.3.1.

La densidad obtenida con el método de Densímetro por inmersión como se muestra en Fotografía 2 fue de 1,28 g/ml

Fotografía 2. Prueba de densímetro por Inmersión ensayo 3.



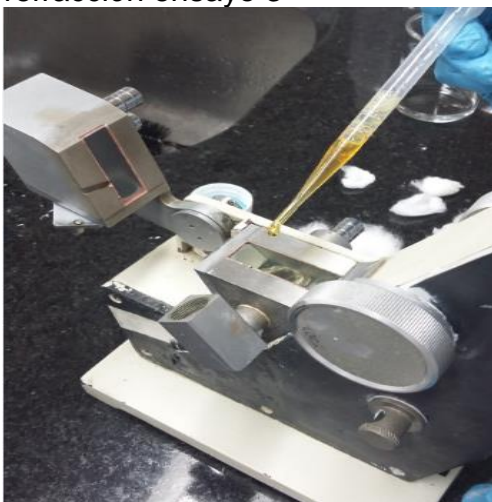
- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 7 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio:

Tabla 7. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 3.

Toma	Índice de refracción
1	1,421
2	1,423
3	1,425
Promedio	1,423

El valor del índice de refracción para la sustancia en el ensayo 3 es de 1,423. Como se puede observar en la Fotografía 3.

Fotografía 3. Prueba índice de refracción ensayo 3



- Viscosidad. En la tabla 8 se muestran los tiempos donde la sustancia desciende por el viscosímetro Cannon-Fenske con una temperatura de 24°C como se describió en el numeral 2.1.3.3:

Tabla 8. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 3

Toma	Tiempo (s)
1	230
2	260
3	290
Promedio	260

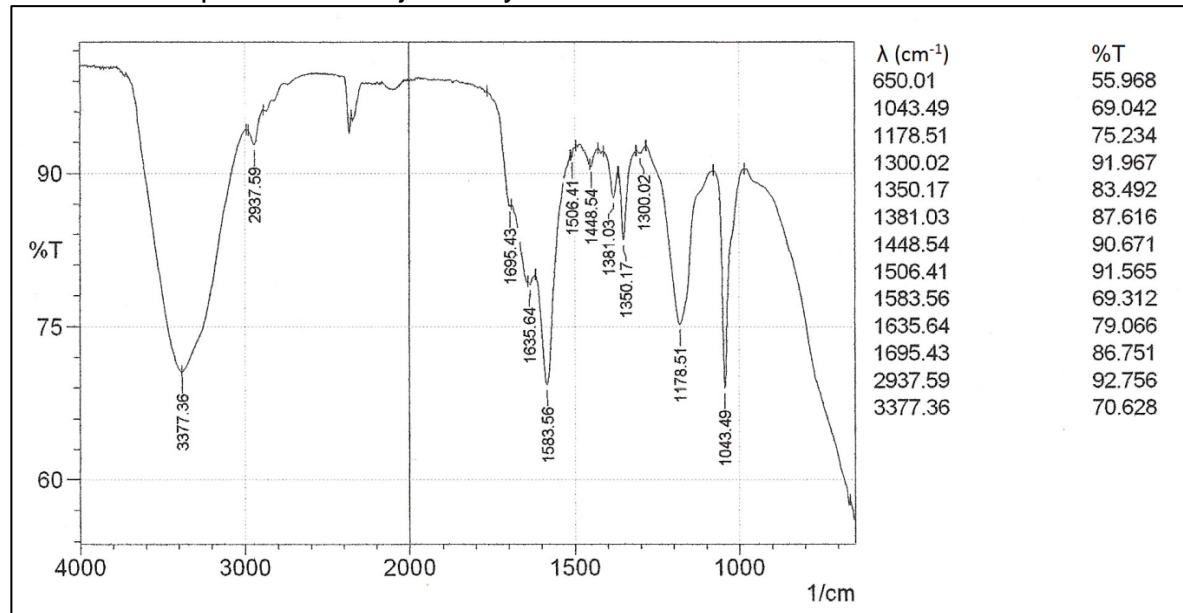
Este valor de 260 s y la contante K del viscosímetro, se reemplazan en la ecuación 6, se encuentra el valor de la viscosidad cinemática en CentiStoke y luego se reemplaza en la ecuación 7 para encontrar la viscosidad dinámica en miliPascal segundo. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 3.

Viscosidad cinemática ν (cSt)	26
Viscosidad dinámica μ (mPa.s)	33,28

- Espectroscopia Infrarroja FTIR. La gráfica 3 muestra el espectro de porcentaje de transmitancia para el ensayo 3 según el apartado 2.1.3.4.

Gráfica 3. Espectro infrarrojo ensayo 3



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Como se ha analizado previamente, este espectro también muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo -OH se encuentra en el pico 3377 cm⁻¹, el grupo alifático carbonilo CH₂ se encuentra en el pico 2937 cm⁻¹, el grupo CH₂ en forma de tijera se evidencia en el pico 1448 cm⁻¹, el grupo sulfonato SO₃ en 1178 cm⁻¹ y el grupo éter en el pico de 1043 cm⁻¹.

En este caso no se hace visible el pico del grupo cetona, pero si hace parte de la molécula como se explicó en el ensayo 2.

2.2.4 Ensayo 4. Para este procedimiento primero se deja reaccionar la ciclohexanona con la mezcla de Formol-Sulfito antes de poner a condensar en el sistema de reflujo y se utiliza un beaker de 1000 mL para evitar derrames al

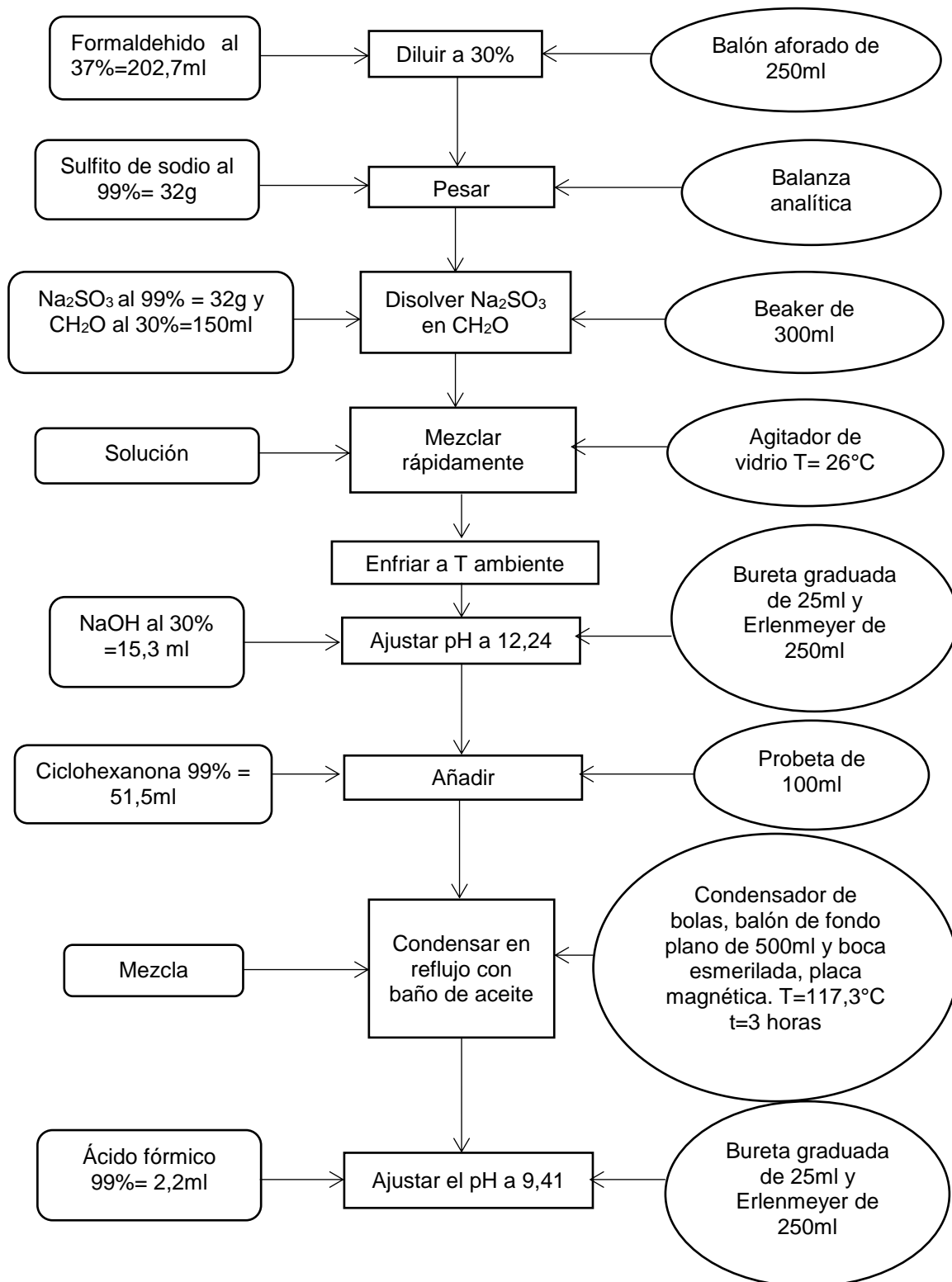
momento de la reacción. Después de dos horas se presenta una interrupción en el proceso de condensación, dado que no se contaba con el tiempo necesario en el laboratorio. Por tanto, se continúa el proceso de condensación al cabo de 2 días.

Como no se alcanza el valor necesario de pH equivalente a 10,3, se debe adquirir un pHmetro nuevo para evitar posibles errores de calibración y hacer una mejor medición del pH en los siguientes ensayos.

Se observa un polímero rojizo y opaco por lo tanto no se obtiene la coloración del polímero deseado.

En la figura 19 se muestra el procedimiento en este ensayo:

Figura 19. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 4.



2.2.4.1 Resultados pruebas ensayo 4. A continuación, se presentan los resultados de las propiedades físicas halladas a la muestra del ensayo 4 y según los apartados de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la tabla 10 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 10. Densidad del compuesto del ensayo 4.

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{pic\ vacío}=20,0296$ $m_{pic\ lleno}=51,3521$	31,3225	25	1,2529
$m_{pic\ vacío}=20,2179$ $m_{pic\ lleno}=51,4277$	31,2098	25	1,2484
$m_{pic\ vacío}=20,1917$ $m_{pic\ lleno}=51,4613$	31,2696	25	1,2508
		Densidad promedio	1,2507

Para el compuesto del ensayo 4 se obtuvo una densidad de 1,2507 g/ml siguiendo el apartado 2.1.3.1

El densímetro de inmersión arroja una densidad 1,26 g/ml.

- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 11 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio:

Tabla 11. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 4.

Toma	Índice de refracción
1	1,415
2	1,4165
3	1,4165
Promedio	1,416

El valor del índice de refracción para la sustancia en el ensayo 4 es de 1,416.

- Viscosidad. En la tabla 12 se muestran los tiempos donde la sustancia desciende por el viscosímetro Cannon-Fenske con una temperatura de 24°C como se describe en el numeral 2.1.3.3:

Tabla 12. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 4.

Toma	Tiempo (s)
1	202
2	216
3	230
Promedio	216

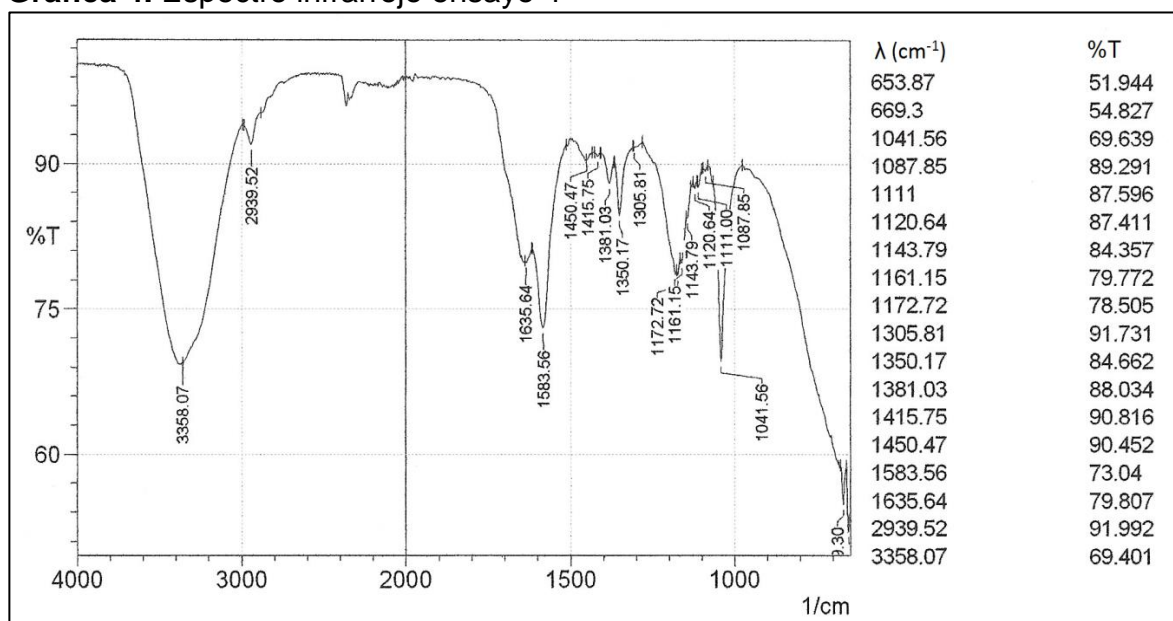
Con este valor de 216 s y la contante K del viscosímetro, se reemplazan en la ecuación 6, se encuentra el valor de la viscosidad cinemática en CentiStoke y luego se reemplaza en la ecuación 7 para encontrar la viscosidad dinámica en miliPascal segundo. Los datos que se obtienen se muestran en la tabla 13:

Tabla 13. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 4.

Viscosidad cinemática ν (cSt)	21,6
Viscosidad dinámica μ (mPa.s)	27,21

- Espectroscopia Infrarroja FTIR. El espectro de porcentaje de transmitancia para el ensayo 4 se muestra en la gráfica 4, esto según la explicación del apartado 2.1.3.4.

Gráfica 4. Espectro infrarrojo ensayo 4



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Como se ha analizado previamente, este espectro también muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo -OH se encuentra en el pico 3358 cm⁻¹,

el grupo alifático carbonilo CH₂ se encuentra en el pico 2939 cm⁻¹, el grupo CH₂ en forma de tijera se evidencia en el pico 1450 cm⁻¹, el grupo sulfonato SO₃ en 1172 cm⁻¹ y el grupo éter en el pico de 1041 cm⁻¹.

En este caso no se hace visible el pico del grupo cetona, pero si hace parte de la molécula como se explicó en el ensayo 2.

2.2.5 Ensayo 5. Para este procedimiento se prepara la solución de Hidróxido de Sodio al 30% p/p con el fin de asegurar que la concentración de NaOH sea la correcta. Para ello se realizan los cálculos correspondientes como se muestran a continuación:

Primero se debe conocer cuál es la Molaridad del Hidróxido del Sodio al 30% p/p, para ello se busca en la literatura la densidad⁶³ del NaOH a esta concentración la cual es de un valor de 1,33 g/ml, luego se realiza la conversión de %p/p a M así:

Sí, 30% $p/p = \frac{30 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g Sln}}$ entonces:

$$30g * \left(\frac{1 \text{ mol}}{39,997 \text{ g}} \right) = 0,75 \text{ mol NaOH} \quad (9)$$

$$100g * \left(\frac{1 \text{ ml}}{1,33g} \right) = 75,187 \text{ ml Sln} \quad (10)$$

$$1000 \text{ ml} * \left(\frac{0,75 \text{ mol}}{75,187 \text{ ml}} \right) = 9,97 \text{ mol} \quad (11)$$

$$M = \frac{9,97 \text{ mol}}{1L} \approx 10 \text{ M} \quad (12)$$

Ahora se debe conocer el peso total de NaOH que se debe diluir en el balón aforado de 50 ml:

$$10 \text{ mol} * \left(\frac{39,997 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \right) = 399,97 \text{ g NaOH} \quad (13)$$

$$50 \text{ ml} * \left(\frac{399,97 \text{ g}}{1000 \text{ ml}} \right) = 19,99 \text{ g} \approx 20 \text{ g NaOH sólido} \quad (14)$$

Siguiendo con el procedimiento de síntesis se agrega el NaOH hasta llegar al valor de pH deseado de 13,3 independientemente de la cantidad que se requiera. Al realizar el ajuste del pH se observa que a medida que se agrega el NaOH a la mezcla de Formol-Sulfito, la solución se torna traslucida casi cristalina, algo que

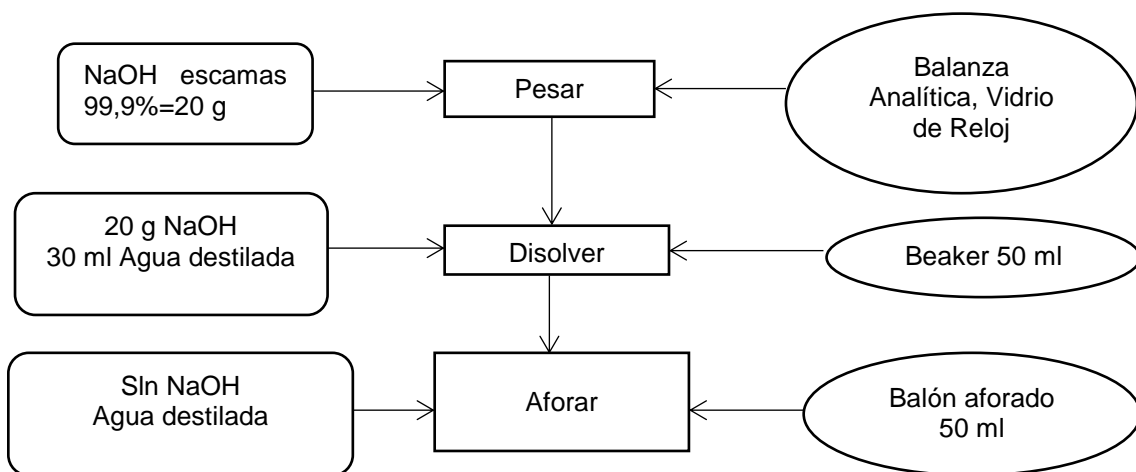
⁶³CHEM LAB. Ficha de datos de seguridad. Hidróxido de Sodio. Encontrado en (<http://www.chem-lab.be/cgi-bin/WebObjects/chemlab.woa/wa/MSDS?client=serviquimia&lang=SP&prodnr=CL051438>)

no se evidencia en los ensayos previos, además se comprueba que por más cantidad de NaOH que se agregue el pH de la solución no alcanza un valor de 13,3 y se queda en un valor de 12,33.

Al momento de la reacción con la Ciclohexanona la mezcla se torna de color blanco arrojando como resultado un polímero de este color con una menor densidad. La reacción no tuvo su comportamiento normal de expansión y este solo se dio cuando se lleva a cabo la condensación, ascendiendo el líquido hasta la parte de arriba del condensador.

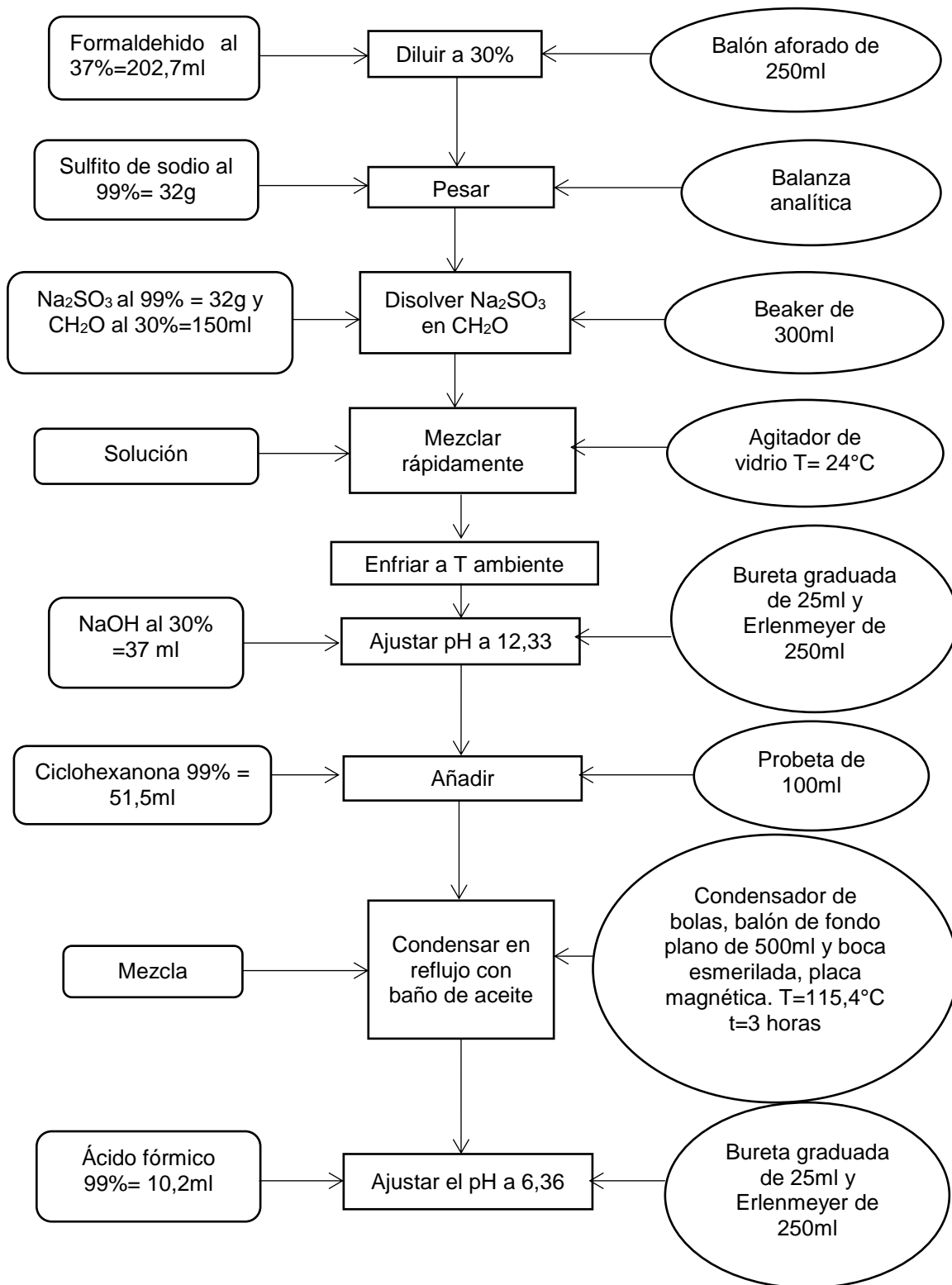
La preparación del NaOH se muestra en la figura 20:

Figura 20. Preparación solución 10M de NaOH



A continuación, la figura 21 muestra el diagrama del procedimiento de este ensayo:

Figura 21. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 5.



2.2.5.1 Resultados pruebas ensayo 5. Este apartado muestra los resultados de las propiedades físicas halladas a la muestra del ensayo 5 y según los procedimientos de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la tabla 14 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 14. Densidad del compuesto del ensayo 5.

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{pic\ vacio}=21,9831$ $m_{pic\ lleno}=52,7963$	30,8132	25	1,2325
$m_{pic\ vacio}=22,1223$ $m_{pic\ lleno}=52,7002$	30,5779	25	1,2231
$m_{pic\ vacio}=22,2364$ $m_{pic\ lleno}=52,8195$	30,5831	25	1,2233
		Densidad promedio	1,2263

Para el compuesto del ensayo 5 se obtiene una densidad de 1,2263 g/ml. siguiendo el apartado 2.1.3.1

Con el Densímetro de inmersión la densidad es de 1,28 g/ml.

- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 15 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio:

Tabla 15. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 5.

Toma	Índice de refracción
1	1,4054
2	1,4053
3	1,4053
Promedio	1,4053

El valor del índice de refracción para la sustancia en el ensayo 5 es de 1,4053.

- Viscosidad. En la tabla 16 se muestran los tiempos donde la sustancia desciende por el viscosímetro Cannon-Fenske con una temperatura de 24°C como se describe en el numeral 2.1.3.3:

Tabla 16. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 5.

Toma	Tiempo (s)
1	477
2	521
3	432
Promedio	476,6

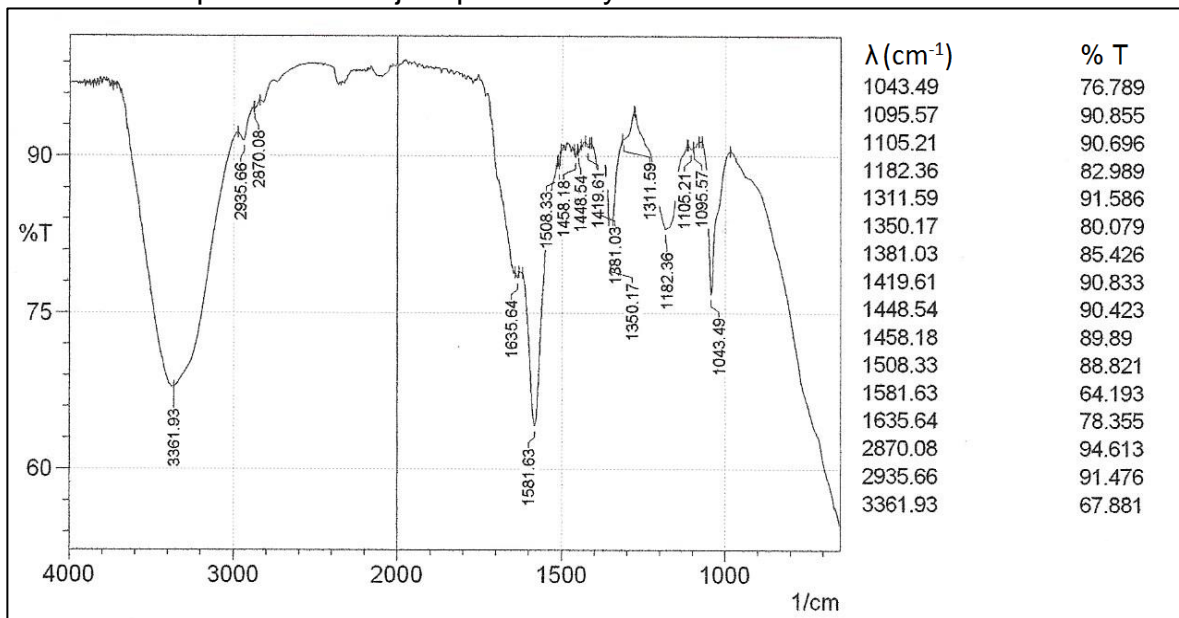
Con este valor de 476,6 s y la constante K del viscosímetro, se reemplazan en la ecuación 6, se encuentra el valor de la viscosidad cinemática en CentiStoke y luego se reemplaza en la ecuación 7 para encontrar la viscosidad dinámica en miliPascal segundo. Los datos que se obtienen se muestran en la tabla 17:

Tabla 17. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 5.

Viscosidad cinemática ν (cSt)	47,6
Viscosidad dinámica μ (mPa.s)	61

- Espectroscopia Infrarroja FTIR. El espectro de porcentaje de transmitancia del polímero líquido se muestra en la gráfica 5. La gráfica 6 muestra el espectro de los sólidos obtenidos en el ensayo 5 según el apartado 2.1.3.4.

Gráfica 5. Espectro infrarrojo líquido ensayo 5.



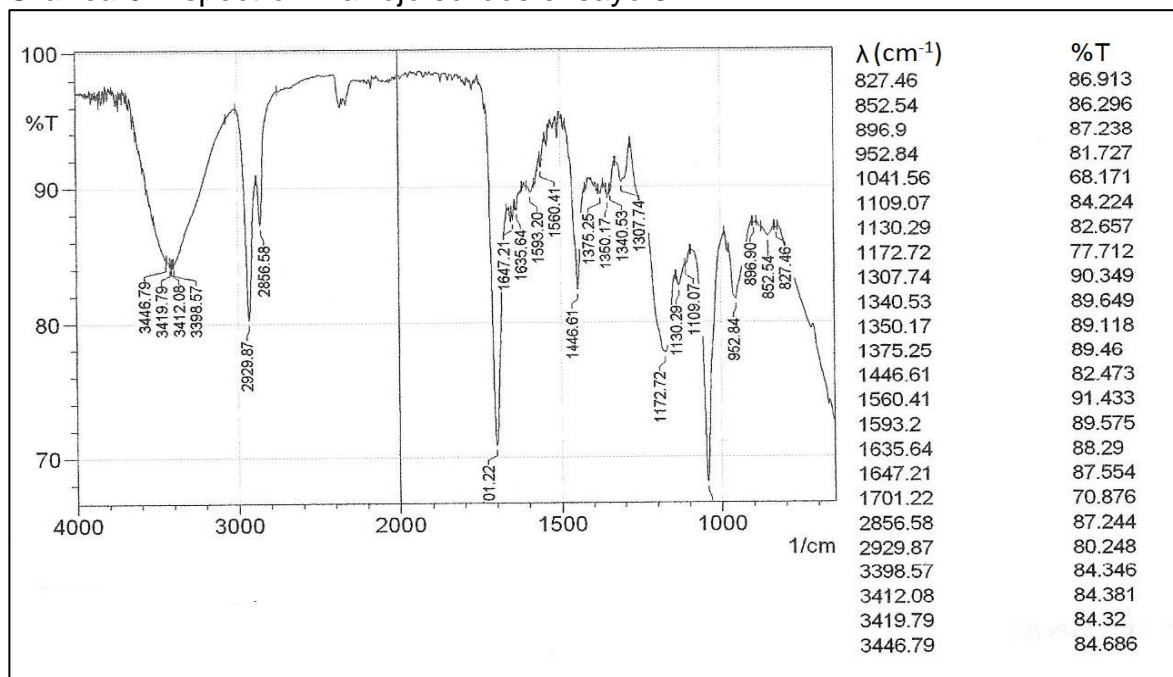
Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Como se ha analizado previamente, este espectro también muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo -OH se encuentra en el pico 3361 cm⁻¹,

el grupo alifático carbonilo CH_2 se encuentra en el pico 2935 cm^{-1} , el grupo CH_2 en forma de tijera se evidencia en el pico 1448 cm^{-1} , el grupo sulfonato SO_3 en 1182 cm^{-1} y el grupo éter en el pico de 1043 cm^{-1} .

En este caso no se hace visible el pico del grupo cetona, pero si hace parte de la molécula como se explicó en el ensayo 2.

Gráfica 6. Espectro infrarrojo sólidos ensayo 5



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Para los sólidos, el espectro muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo $-\text{OH}$ en el pico 3398 cm^{-1} , el grupo alifático carbonilo CH_2 se encuentra en el pico 2929 cm^{-1} , el grupo cetona $\text{C}=\text{O}$ se muestra en el pico de valor 1701 cm^{-1} , el grupo CH_2 en forma de tijera se evidencia en el pico 1446 cm^{-1} , el grupo sulfonato SO_3 en 1172 cm^{-1} y el grupo éter en el pico de 1041 cm^{-1} .

Los primeros picos ($3446\text{-}3412 \text{ cm}^{-1}$) son producto del ruido generado en la máquina al momento de la medición.

2.2.6 Ensayo 6. Para este ensayo también se prepara la misma cantidad de NaOH que se muestra en la figura 6. A través del ensayo 5 se evidencia que el pH de la mezcla Formol-Sulfito llega hasta un límite en el cual su valor no varía independientemente de que se le agregue más cantidad de NaOH , por lo tanto, para este ensayo se agrega NaOH hasta que llegue a su punto límite de 12,21.

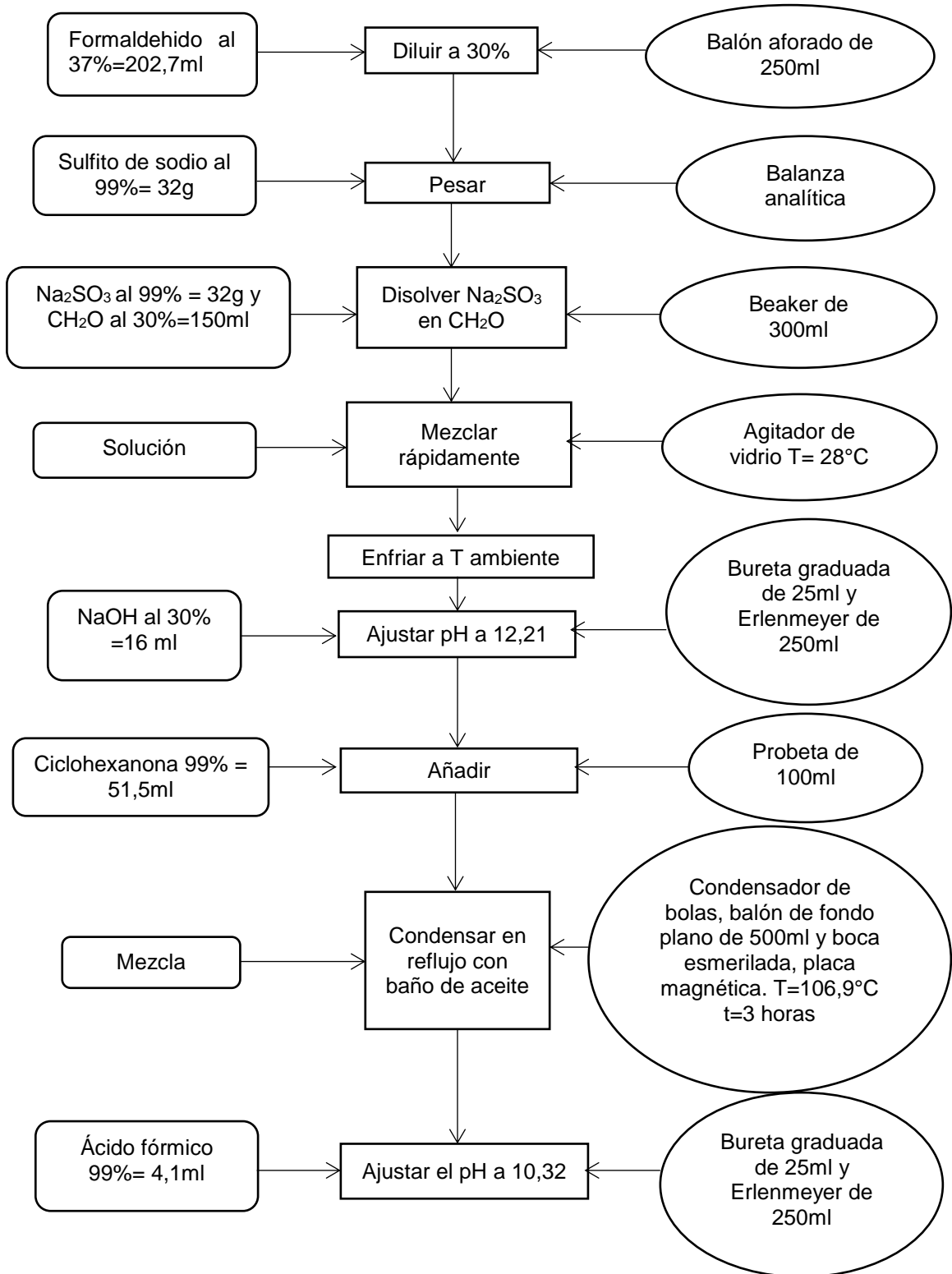
La reacción con la Ciclohexanona se dio normalmente y se obtuvo una solución de color rojizo y traslucido.

Gracias a su coloración, al pH final obtenido, y a la presencia de los grupos funcionales del CFS⁶⁴ mostrados en la gráfica 7, se concluye que en este ensayo se obtuvo el polímero CFS y será la base para el escalamiento a 1L que se expondrá en la siguiente sección.

El diagrama de flujo del procedimiento se encuentra en la figura 22:

⁶⁴ LEI Y PLANK. Op. Cit., p. 3.

Figura 22. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el ensayo 6.



2.2.6.1 Resultados pruebas ensayo 6. Este apartado muestra los resultados de las propiedades físicas halladas a la muestra del ensayo 6 y según los procedimientos de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la tabla 18 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 18. Densidad del compuesto del ensayo 6.

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{\text{pic vacío}}=25,5292$ $m_{\text{pic lleno}}=56,6862$	31,1570	25	1,2462
$m_{\text{pic vacío}}=25,5290$ $m_{\text{pic lleno}}=56,6944$	31,1654	25	1,2466
$m_{\text{pic vacío}}=25,4721$ $m_{\text{pic lleno}}=56,6883$	31,2162	25	1,2486
		Densidad promedio	1,2471

Para el compuesto del ensayo 6 se obtiene una densidad de 1,2471 g/ml. siguiendo el apartado 2.1.3.1

Con el Densímetro de inmersión la densidad es de 1,26 g/ml.

- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 19 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio:

Tabla 19. Índices de refracción del compuesto en el ensayo 6.

Toma	Índice de refracción
1	1,4202
2	1,4205
3	1,4218
Promedio	1,4208

El valor del índice de refracción para la sustancia en el ensayo 6 es de 1,4053.

- Viscosidad. En la tabla 20 se muestran los tiempos donde la sustancia desciende por el viscosímetro Cannon-Fenske con una temperatura de 24°C como se describió en el numeral 2.1.3.3:

Tabla 20. Tiempos de descenso para la sustancia en el ensayo 6.

Toma	Tiempo (s)
1	440
2	560
3	500
Promedio	500

En la fotografía 4 se puede observar cómo se realiza la medición de viscosidad mediante la toma de los tiempos para el ensayo 6.

Fotografía 4. Medición de viscosidad con Cannon-Fenske ensayo 6



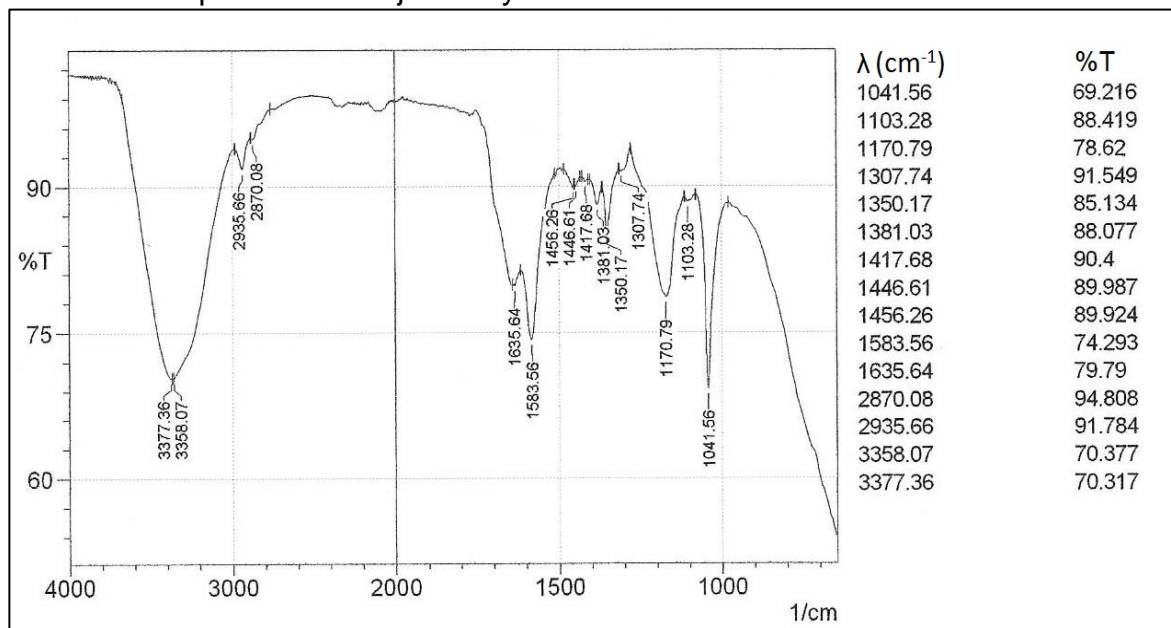
Con este valor de 500s y la constante K del viscosímetro, se reemplazan en la ecuación 6, se encuentra el valor de la viscosidad cinemática en CentiStoke y luego se reemplaza en la ecuación 7 para encontrar la viscosidad dinámica en miliPascal segundo. Los datos que se obtienen se muestran en la tabla 21:

Tabla 21. Viscosidad dinámica y cinemática del compuesto en el ensayo 6.

Viscosidad cinemática ϑ (cSt)	50
Viscosidad dinámica μ (mPa.s)	63

- Espectroscopía Infrarroja FTIR. Se muestra en la gráfica 7 el espectro de porcentaje de transmitancia para el ensayo 6 según el apartado 2.1.3.4.

Gráfica 7. Espectro infrarrojo ensayo 6



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Como se ha analizado previamente, este espectro también muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo -OH se encuentra en el pico 3377 cm⁻¹, el grupo alifático carbonilo CH₂ se encuentra en el pico 2935 cm⁻¹, el grupo CH₂ en forma de tijera se evidencia en el pico 1446 cm⁻¹, el grupo sulfonato SO₃ en 1170 cm⁻¹ y el grupo éter en el pico de 1041 cm⁻¹.

En este caso no se hace visible el pico del grupo cetona, pero si hace parte de la molécula como se explicó en el ensayo 2.

A continuación, se pueden observar como varían los colores de los aditivos sintetizados en los diferentes ensayos, evidenciando como las condiciones del proceso influyen en las características del polímero, como lo es la coloración y la translucidez del líquido. En la Fotografía 5 se puede ver que en los ensayos 2 y 6 se obtiene el color esperado el cual es rojizo y translucido, debido a que al mezclar la Ciclohexanona con la solución formol-sulfito se obtuvo la debida reacción mediante una agitación continua durante unos minutos, permitiendo así que las partículas interactúen homogéneamente antes de realizar la condensación. En el ensayo 3 se evidencia el cambio de color a amarillo opaco, dado que al realizar la mezcla de Ciclohexanona con la solución formol-sulfito no se esperó a que la reacción surgiera antes de la condensación, generando que no reaccionara correctamente, además es importante mencionar que la cantidad de ácido fórmico que se utilizó, provocó también el cambio de color en este caso. En el ensayo 4 se observa un color rojizo pero opaco, esto se debe a que no se realizó una continua agitación, por lo cual la reacción resultante no implicó la interacción de todas las partículas presentes, además de la interrupción en la condensación. En el ensayo

5 se evidencia un color blanco por la presencia en exceso de NaOH, por ende, hay un tope en la cantidad que se puede utilizar de este para subir el pH de la mezcla.

Fotografía 5. Aditivos obtenidos en los ensayos de pre-experimentación.



2.3 ESCALAMIENTO DEL PROCESO

En las pruebas de concreto se requiere una cantidad de 2L de aditivo, la cual es mayor a la que se obtiene con las cantidades que menciona el artículo de Lei y Plank⁶⁵. Para aumentar la producción a dicha cantidad se sintetiza por lotes de un litro, debido a que como se corroboró en el capítulo de pre-experimentación la reacción principal entre el formol-sulfito y Ciclohexanona genera una expansión de aproximadamente cuatro veces su volumen, por lo que no se contó con equipo e instalaciones que soportaran esta expansión y su posterior condensación. Todos los procedimientos de este apartado se implementaron en las instalaciones de Tecnoparque Nodo Bogotá.

2.3.1 Muestra de cálculo. El procedimiento matemático inicia realizando un promedio de las cantidades variables dentro de las pre-experimentaciones 2,3,4 y 6 mencionadas en el apartado anterior, como se muestran en la tabla 22:

Tabla 22. Cantidades bases de NaOH y Acido fórmico para el escalamiento.

Ensayo	NaOH (ml)	Ácido Fórmico (ml)
1	13,4	no
2	14,2	2,4
3	13	3,1
4	15,3	2,2
6	16	4,1
Promedio	14,38	2,95

No se toma en cuenta la cantidad de Ácido Fórmico en el ensayo 1 porque el valor de pH dio muy lejano al valor deseado, y tampoco se toman en cuenta las cantidades de NaOH ni de Ácido Fórmico en el ensayo 5, debido a que, desde un principio el hecho de agregar más NaOH varía la cantidad producida de aditivo y su pH.

Con los valores estandarizados de NaOH y Ácido Fórmico, se obtienen todas las cantidades de cada uno de los reactivos para iniciar los cálculos del escalamiento, como se muestra en la Tabla 23:

⁶⁵ LEI Y PLANK. Op. Cit., p. 3.

Tabla 23. Cantidades de los reactivos en los ensayos para hacer el escalamiento del aditivo.

Reactivo	Volumen (ml)
Formaldehído (CH ₂ O)	150,0
Sulfito de Sodio (Na ₂ SO ₃)	12,167
NaOH	14,380
Ciclohexanona (C ₆ H ₁₀ O)	51,50
Ácido Fórmico (CH ₂ O ₂)	2,960
TOTAL	231,00

Para realizar los cálculos del escalamiento se utiliza una relación entre el volumen total del polímero, el volumen que se quiere obtener el cual es 1L, y la cantidad de Ciclohexanona como base, debido a que esta es el monómero que dará inicio a la polimerización.

Las ecuaciones 15, 16 y 17 muestran los valores fijos a utilizar de Ciclohexanona, tanto su volumen para el escalamiento, como sus moles en la fase de pre-experimentación y escalamiento:

$$ml\ C_6H_{10}O = 1000ml\ aditivo \left(\frac{51,5\ ml\ C_6H_{10}O}{231\ ml\ aditivo} \right) = 222,943\ ml\ C_6H_{10}O \quad (15)$$

$$moles\ C_6H_{10}O\ Escalamiento = 222,943ml\ C_6H_{10}O \left(\frac{0,9716\ gC_6H_{10}O}{1mlC_6H_{10}O} \right) \left(\frac{1molC_6H_{10}O}{98,14gC_6H_{10}O} \right) = 2,207\ mol\ C_6H_{10}O \quad (16)$$

$$moles\ C_6H_{10}O\ Pre - exp. = 51,5ml\ C_6H_{10}O \left(\frac{0,9716\ gC_6H_{10}O}{1mlC_6H_{10}O} \right) \left(\frac{1molC_6H_{10}O}{98,14gC_6H_{10}O} \right) = 0,509\ mol\ C_6H_{10}O \quad (17)$$

Con estos valores se halla cada una de las cantidades de los reactivos mediante una relación molar a partir de la Ciclohexanona, siguiendo las ecuaciones 18,19 y 20. Todos los cálculos numéricos se encuentran en el Anexo C:

$$moles\ reactivo = ml\ reactivo(\rho_{reactivo}) \left(\frac{1}{PM} \right) \quad (18)$$

$$moles\ reactivo\ Escalamiento = moles\ C_6H_{10}O\ Escalamiento \left(\frac{moles\ reactivo}{moles\ C_6H_{10}O\ Pre-exp.} \right) \quad (19)$$

$$ml\ reactivo = moles\ reactivo\ Escalamiento * PM \left(\frac{1}{\rho_{reactivo}} \right) \quad (20)$$

Donde, PM es el peso molecular del reactivo en g/mol y $\rho_{reactivo}$ es la densidad del reactivo en g/ml. Todos los valores de PM y ρ se encuentran en las fichas de seguridad del Anexo A.

La Tabla 24 resume los resultados de las relaciones molares para encontrar las cantidades de reactivos en el escalamiento:

Tabla 24. Cantidades de los reactivos para los escalamientos.

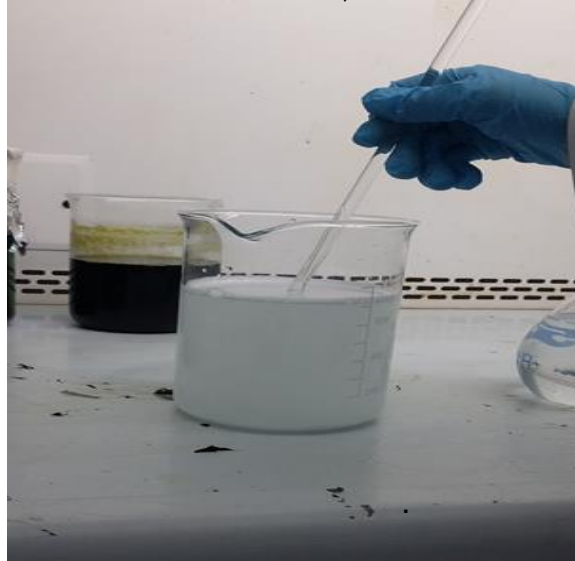
Reactivo	Volumen (ml)
Formaldehído (CH ₂ O)	650,325
Sulfito de Sodio (Na ₂ SO ₃)	52,772
NaOH	62,195
Ciclohexanona (C ₆ H ₁₀ O)	222,943
Ácido Fórmico (CH ₂ O ₂)	12,475
TOTAL	1000,707

2.3.2. Escalamiento 1. Para este primer procedimiento se añaden las cantidades de Formaldehído, Sulfito de Sodio y Ciclohexanona especificadas en la relación molar, la disolución del Formaldehído y el sulfito para formar la mezcla Formol-sulfito se muestra en la Fotografía 6. El NaOH fue agregado cada 10 ml hasta llegar a los 60ml, en este punto se observa que la mezcla de Formol-Sulfito ya estaba traslucida y el pH se mantiene en 12,24, por lo cual no sigue añadiendo NaOH.

En cuanto al Ácido Fórmico, se agrega poco a poco hasta lograr un valor de pH de 10,32. De acuerdo a la relación molar, lo ideal es agregar solo 12,475 ml, al observar que el pH aún se encontraba por encima de 11, se agrega más cantidad de lo calculado hasta llegar al valor de pH deseado.

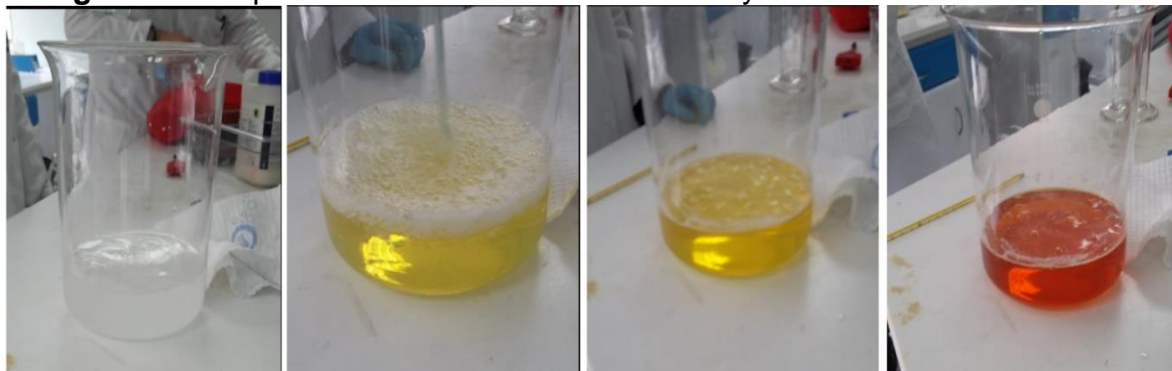
Para realizar la dilución de Formaldehído al 30% p/p, se calcula mediante las ecuaciones 1, 2 y 3 del apartado 2.1.2 solo que esta vez, se calcula para un volumen de 1000ml, dando como resultado 810,6 ml.

Fotografía 6. Disolución de Sulfito de Sodio en Formaldehído, escalamiento 1.



La reacción entre la Ciclohexanona y la mezcla de Formol-Sulfito tarda aproximadamente 5 minutos, la cual es más lenta en comparación con los ensayos de pre-experimentación. La reacción al ser tan exotérmica se expande casi 4 veces su volumen normal, por lo cual se usa un beaker de 4L. La Fotografía 7 muestra una sucesión de las diferentes etapas de la reacción principal de Ciclohexanona y la mezcla Formol-Sulfito: La primera imagen muestra la coloración de la mezcla Formol-Sulfito, cuando recién se agrega la Ciclohexanona, allí se forman dos fases que por agitación constante se mezclan para iniciar la reacción; en la segunda imagen, después de la agitación se incrementa la temperatura y la mezcla asciende por el beaker para dar lugar a una sustancia de color amarillo tenue; la tercera imagen muestra la sustancia ya en reposo, después de que ascendió, aún se presencia burbujeo y salida de calor; la última imagen muestra la coloración final que adquiere el aditivo, la cual se da unos instantes después de la coloración de la imagen 3, este color rojizo y traslucido indica que la reacción se lleva a cabo en condiciones correctas y se obtuvo el aditivo deseado.

Fotografía 7. Etapas de la reacción Ciclohexanona y Formol-Sulfito.



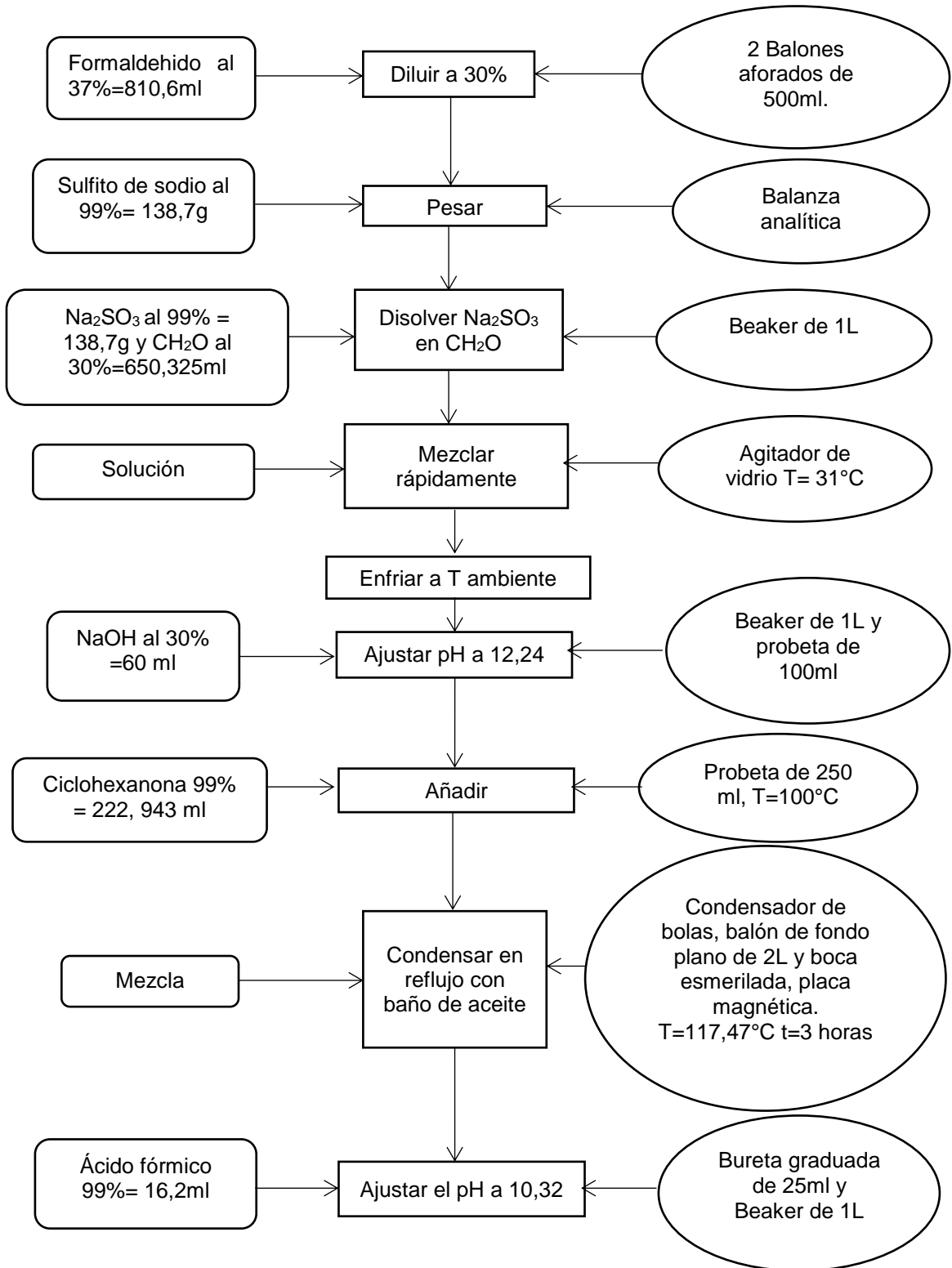
El montaje que se utilizó para la condensación en reflujo en este procedimiento se muestra en la Fotografía 8:

Fotografía 8. Montaje general condensación en reflujo escalamiento



La figura 23 muestra el procedimiento que se sigue en este escalamiento con sus variables y los nuevos instrumentos de laboratorio.

Figura 23. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo en el escalamiento 1.



A través de la coloración se puede concluir que se obtiene el aditivo al ser rojizo intenso y traslucido, y el volumen total obtenido es de 808 ml.

2.3.2.1 Resultado pruebas escalamiento 1. Este apartado muestra los resultados de las propiedades físicas y químicas halladas al escalamiento 1 y según los procedimientos de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la tabla 25 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 25. Densidad del compuesto del escalamiento 1.

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{\text{pic vacío}}=25,3559$ $m_{\text{pic lleno}}=57,0521$	31,6962	25	1,2678
$m_{\text{pic vacío}}=25,4101$ $m_{\text{pic lleno}}=56,9984$	31,5883	25	1,2635
$m_{\text{pic vacío}}=25,3907$ $m_{\text{pic lleno}}=57,0252$	31,6355	25	1,2654
		Densidad promedio	1,2655

Para el compuesto del escalamiento 1 se obtiene una densidad de 1,2655 g/ml. siguiendo el apartado 2.1.3.1 como se muestra en la Fotografía 9: La imagen de la izquierda evidencia la medición de la masa de picnómetro vacío en la balanza analítica, y la imagen de la derecha muestra ya el picnómetro con el aditivo en la balanza para medir su masa:

Fotografía 9. Prueba de densidad con picnómetro escalamiento 1.



Con el Densímetro de inmersión la densidad es de 1,27 g/ml como se observa en la Fotografía 10:

Fotografía 10. Prueba de densímetro por inmersión escalamiento 1.



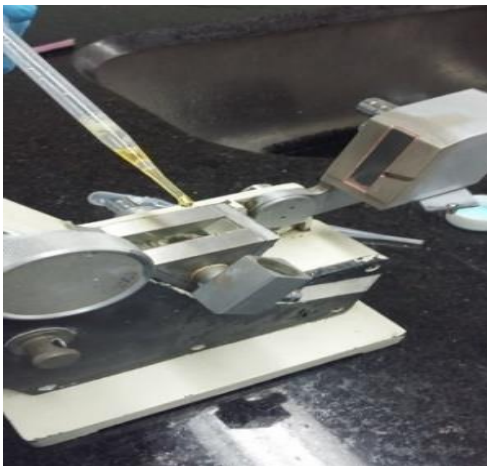
- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 26 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio, en la Fotografía 11 se puede evidenciar como se realiza la toma de este dato:

Tabla 26. Índices de refracción del compuesto en el escalamiento 1.

Toma	Índice de refracción
1	1,4125
2	1,4115
3	1,4125
Promedio	1,4121

El valor del índice de refracción para la sustancia en el escalamiento 1 es de 1,4121.

Fotografía 11. Prueba de índice de refracción escalamiento 1.

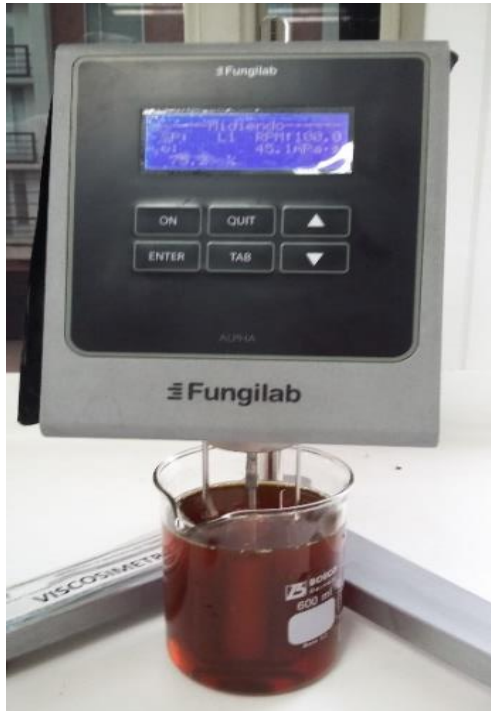


- Viscosidad. Para esta prueba se utiliza un Viscosímetro Rotacional Digital marca FUNGILAB y se realiza según la norma ISO 2555⁶⁶. El procedimiento consiste en colocar 500ml de muestra en un beaker de 600ml, luego se escoge que husillo debe ir conectado al viscosímetro dependiendo de los rangos de viscosidad esperados y que están anotados en la tabla que se encuentra en el Manual de funcionamiento del viscosímetro (Anexo D). A su vez se escogen las Revoluciones Por Minuto (RPM) a la que debe girar el husillo, dependiendo del valor límite de la viscosidad. Después estos datos se configuran en el equipo y se introduce el husillo dentro de la muestra y se inicia la medición.

Se deja estabilizar la medición por cierto tiempo y el viscosímetro arroja el valor de la viscosidad en mPa.s y un porcentaje de certeza, el cual debe estar entre 15-100% para que el dato sea válido. En la Fotografía 12 se evidencia la toma de la viscosidad por este método para el escalamiento 1:

⁶⁶ INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Plastics -- Resins in the liquid state or as emulsions or dispersions -- Determination of apparent viscosity by the Brookfield Test method. ISO 2555. 1989. Geneve, Suiza, ISO, 1989. www.iso.org

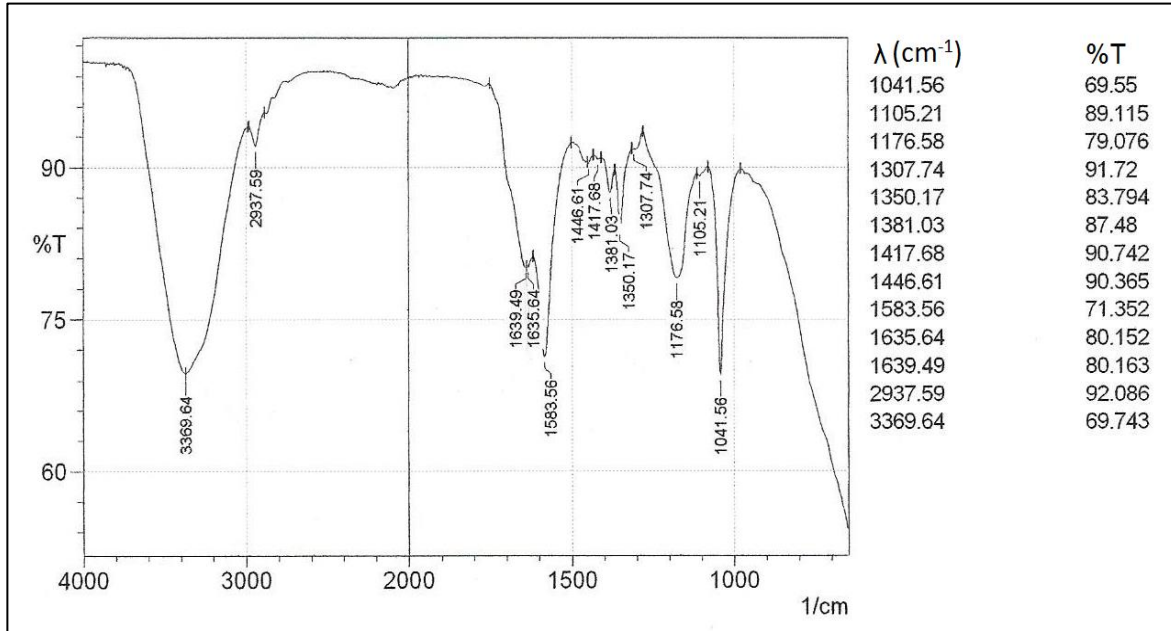
Fotografía 12. Prueba de viscosidad por viscosímetro rotacional.



Se configura el equipo con el husillo L1 sacado de la tabla del Anexo D y las RPM de 100. El valor de viscosidad que arroja el equipo fue de 45,1 mPa.s con un porcentaje de certeza del 75,2% a una temperatura de 24°C.

- Espectroscopía Infrarroja FTIR. La gráfica 8 muestra el espectro de porcentaje de transmitancia para el escalamiento 1 según el apartado 2.1.3.4.

Gráfica 8. Espectro infrarrojo escalamiento 1



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

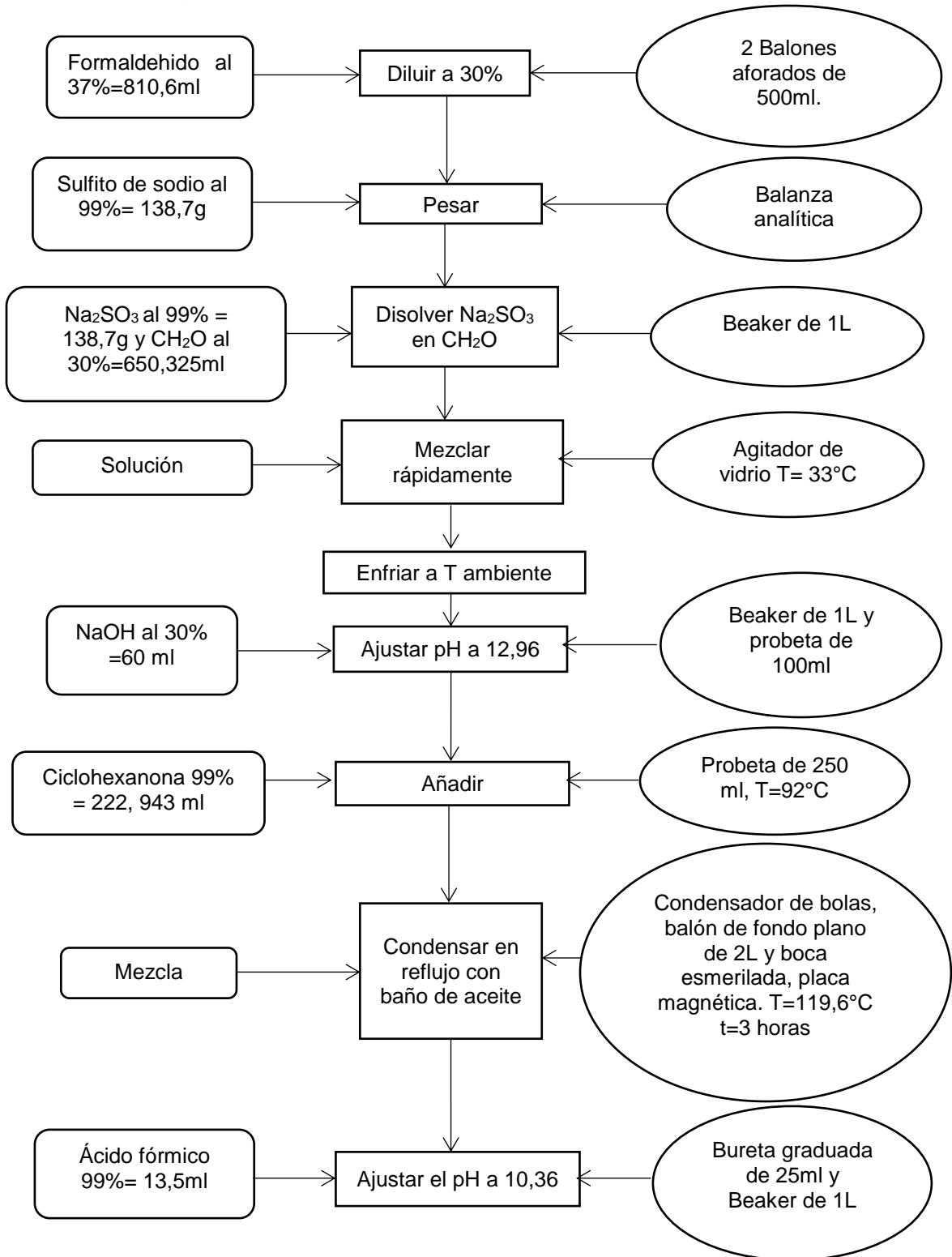
Como se ha analizado previamente, este espectro también muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo $-\text{OH}$ se encuentra en el pico 3369 cm^{-1} , el grupo alifático carbonilo CH_2 se encuentra en el pico 2937 cm^{-1} , el grupo CH_2 en forma de tijera se evidencia en el pico 1446 cm^{-1} , el grupo sulfonato SO_3 en 1176 cm^{-1} y el grupo éter en el pico de 1041 cm^{-1} .

En este caso no se hace visible el pico del grupo cetona, pero si hace parte de la molécula como se explicó en el ensayo 2.

2.3.3 Escalamiento 2. Para este procedimiento se usan las mismas cantidades de reactivos que en el escalamiento 1, variando únicamente la cantidad de Ácido Fórmico, gradualmente agregando hasta llegar al pH de 10,36.

La Figura 24 muestra el diagrama de flujo del procedimiento para este escalamiento:

Figura 24. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo escalamiento 2.



En este escalamiento también se obtiene un aditivo rojizo y traslucido de un volumen total de 811 ml.

2.3.3.1 Resultado pruebas escalamiento 2. Este apartado muestra los resultados de las propiedades físicas y químicas halladas al escalamiento 2 y según los procedimientos de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la tabla 27 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 27. Densidad del compuesto del escalamiento 2.

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{\text{pic vacío}}=25,4558$ $m_{\text{pic lleno}}=57,0426$	31,5868	25	1,2634
$m_{\text{pic vacío}}=25,5126$ $m_{\text{pic lleno}}=57,0558$	31,5432	25	1,2617
$m_{\text{pic vacío}}=25,4316$ $m_{\text{pic lleno}}=57,0222$	31,5906	25	1,2636
		Densidad promedio	1,2629

Para el compuesto del escalamiento 2 se obtiene una densidad de 1,2629 g/ml. siguiendo el apartado 2.1.3.

Con el Densímetro de inmersión la densidad es de 1,28 g/ml.

- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 28 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio:

Tabla 28. Índices de refracción del compuesto en el escalamiento 2.

Toma	Índice de refracción
1	1,3835
2	1,3860
3	1,3900
Promedio	1,3865

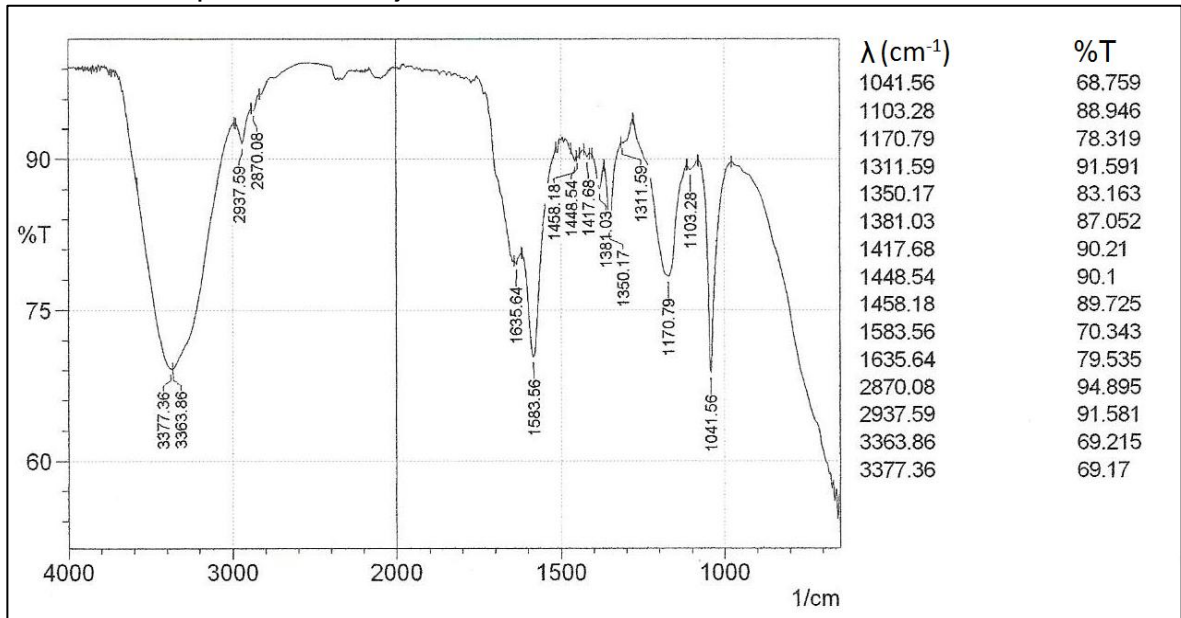
El valor del índice de refracción para la sustancia en el escalamiento 2 fue de 1,3865.

- Viscosidad. Para esta prueba se sigue el mismo procedimiento llevado a cabo en el escalamiento 1.

Se configura el equipo con el husillo L1 sacado de la tabla del Anexo D y las RPM de 100. El valor de viscosidad arrojado por el equipo fue de 57,5 mPa.s con un porcentaje de certeza del 95,8% a una temperatura de 24°C.

- Espectroscopía Infrarroja FTIR. Se muestra en la gráfica 9 el espectro de porcentaje de transmitancia para el escalamiento 2 según el apartado 2.1.3.4.

Gráfica 9. Espectro infrarrojo escalamiento 2



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Como se ha analizado previamente, este espectro también muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo -OH se encuentra en el pico 3377 cm⁻¹, el grupo alifático carbonilo CH₂ se encuentra en el pico 2937 cm⁻¹, el grupo CH₂ en forma de tijera se evidencia en el pico 1448 cm⁻¹, el grupo sulfonato SO₃ en 1170 cm⁻¹ y el grupo éter en el pico de 1041 cm⁻¹.

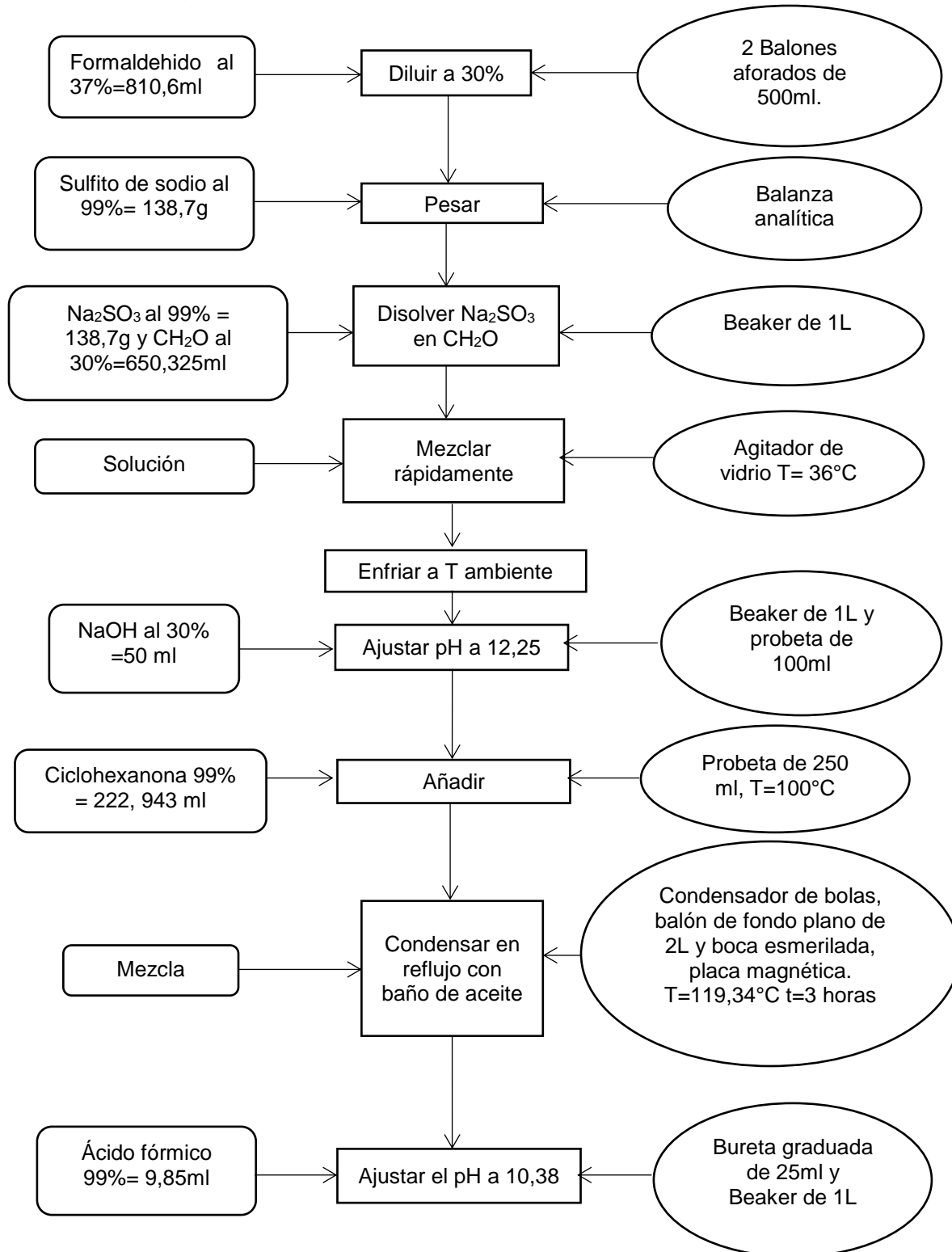
En este caso no se hace visible el pico del grupo cetona, pero si hace parte de la molécula como se explicó en el ensayo 2.

2.3.4 Escalamiento 3. Después de un intento fallido de escalamiento se analiza que factor pudo modificar la reacción principal de Ciclohexanona y Formol-Sulfito y se llega a la conclusión, que, al utilizar un galón de Formaldehído recién adquirido, su reactividad es mucho mayor al que se estaba utilizando en el escalamiento 1 y 2, por lo tanto, se agregó de 10 en 10 ml hasta llegar a una cantidad de NaOH de 50 ml, punto en el cual la mezcla Formol-Sulfito ya estaba traslucida. Este procedimiento se corrobora a través del ensayo 5, donde se observa que al agregar mayor cantidad de NaOH a la mezcla Formol-Sulfito se altera la reacción principal y no se obtendría ese color rojizo traslucido característico del aditivo.

Al momento de la reacción principal se derrama parte del aditivo debido a la gran reactividad del Formaldehído, perdiéndose así aproximadamente 300ml de compuesto.

La Figura 25 señala el procedimiento que se siguió en este escalamiento:

Figura 25. Diagrama de flujo para la síntesis del aditivo escalamiento 3.



Este escalamiento también dio como resultado un aditivo rojizo y traslucido con un volumen de 579,5ml

2.3.4.1 Resultado pruebas escalamiento 3. Este apartado muestra los resultados de las propiedades físicas y químicas halladas al escalamiento 3 y según los procedimientos de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la tabla 29 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 29. Densidad del compuesto del escalamiento 3.

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{pic\ vacío}=25,5016$ $m_{pic\ lleno}=57,1374$	31,6358	25	1,2654
$m_{pic\ vacío}=25,5050$ $m_{pic\ lleno}=57,1121$	31,6071	25	1,2642
$m_{pic\ vacío}=25,4220$ $m_{pic\ lleno}=57,1242$	31,6522	25	1,2660
		Densidad promedio	1,2652

Para el compuesto del escalamiento 3 se obtiene una densidad de 1,2652 g/ml. siguiendo el apartado 2.1.3.

Con el Densímetro de inmersión la densidad es de 1,27 g/ml.

- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 30 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio:

Tabla 30. Índices de refracción del compuesto en el escalamiento 3.

Toma	Índice de refracción
1	1,463
2	1,465
3	1,465
Promedio	1,464

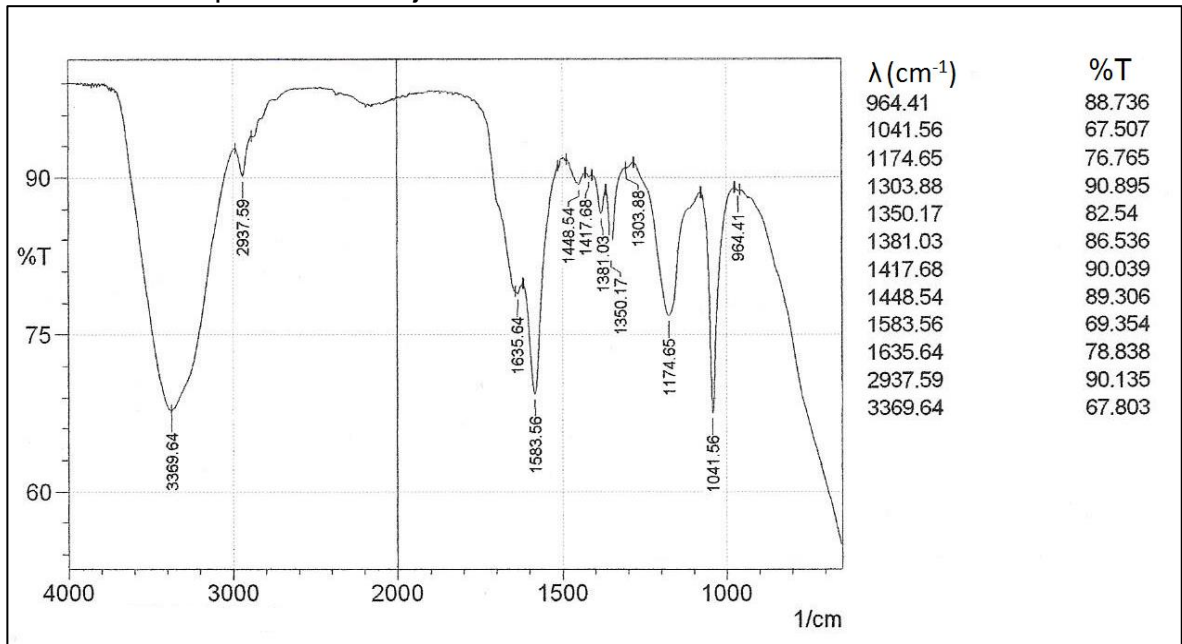
El valor del índice de refracción para la sustancia en el escalamiento 3 es de 1,464.

- Viscosidad. Para esta prueba se sigue el mismo procedimiento llevado a cabo en el escalamiento 1.

Se configuró el equipo con el husillo L1 sacado de la tabla del Anexo D y las RPM de 60. El valor de viscosidad arrojado por el equipo fue de 85,3 mPa.s con un porcentaje de certeza del 85,3% a una temperatura de 24°C.

- Espectroscopía Infrarroja FTIR. La gráfica 10 muestra el espectro de porcentaje de transmitancia para el escalamiento 3 según el apartado 2.1.3.4.

Gráfica 10. Espectro infrarrojo escalamiento 3



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Como se ha analizado previamente, este espectro también muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo -OH se encuentra en el pico 3369 cm⁻¹, el grupo alifático carbonilo CH₂ se encuentra en el pico 2937 cm⁻¹, el grupo CH₂ en forma de tijera se evidencia en el pico 1448 cm⁻¹, el grupo sulfonato SO₃ en 1174 cm⁻¹ y el grupo éter en el pico de 1041 cm⁻¹.

En este caso no se hace visible el pico del grupo cetona, pero si hace parte de la molécula como se explicó en el ensayo 2.

2.3.5 Aditivo final. Como el proceso de escalamiento se realiza por lotes después de obtener la cantidad necesaria, se unificaron todos los escalamientos con el fin de obtener un único compuesto, que será usado para las pruebas en concreto que se desarrollarán más adelante. La Fotografía 13 muestra a la izquierda los tres escalamientos envasados individualmente y a la derecha la cantidad total de aditivo envasado.

Fotografía 13. Envasado del aditivo



2.3.5.1. Resultado pruebas aditivo final. Este apartado muestra los resultados de las propiedades físicas y químicas halladas al aditivo total y según los procedimientos de la sección 2.1.3:

- Densidad. En la tabla 31 se muestran las masas del picnómetro con y sin el aditivo, la masa neta del aditivo y la densidad promedio obtenida:

Tabla 31. Densidad del compuesto del Aditivo final.

Masa de picnómetros (g)	Masa neta del compuesto (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
$m_{pic\ vacio}=25,4542$ $m_{pic\ lleno}=57,0811$	31,6299	25	1,2652
$m_{pic\ vacio}=25,4701$ $m_{pic\ lleno}=56,9814$	31,4313	25	1,2573
$m_{pic\ vacio}=25,4202$ $m_{pic\ lleno}=56,9746$	31,5544	25	1,2622
		Densidad promedio	1,2615

Para el aditivo final se obtiene una densidad de 1,2652 g/ml. siguiendo el apartado 2.1.3.

Con el Densímetro de inmersión la densidad es de 1,28 g/ml.

- Índice de refracción. Siguiendo la metodología del numeral 2.1.3.2, en la tabla 32 se muestran los resultados del índice de refracción y su valor promedio:

Tabla 32. Índices de refracción en el aditivo total.

Toma	Índice de refracción
1	1,4200
2	1,4215
3	1,4200
Promedio	1,4183

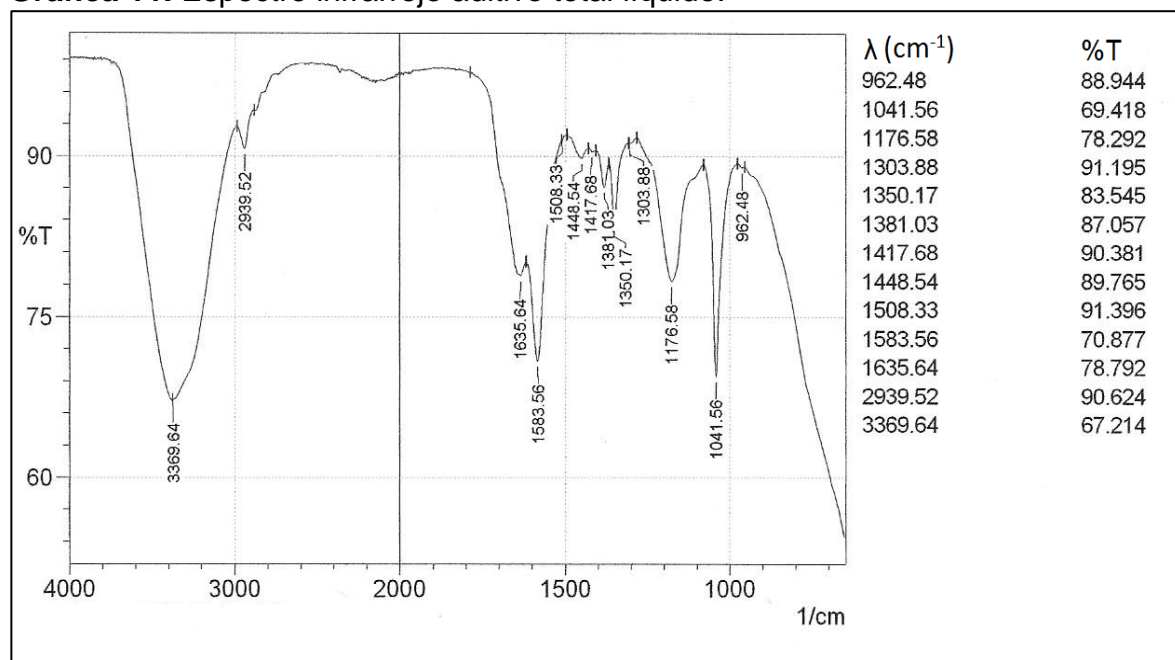
El valor del índice de refracción para el aditivo total es de 1,4183.

- Viscosidad. Para esta prueba se sigue el mismo procedimiento llevado a cabo en el escalamiento 1.

Se configura el equipo con el husillo L1 sacado de la tabla del Anexo D y las RPM de 100. El valor de viscosidad arrojado por el equipo fue de 55,6 mPa.s con un porcentaje de certeza del 92,8% a una temperatura de 24°C.

- Espectroscopía Infrarroja FTIR. La gráfica 11 muestra el espectro de porcentaje de transmitancia para el aditivo total líquido según el apartado 2.1.3.4.

Gráfica 11. Espectro infrarrojo aditivo total líquido.



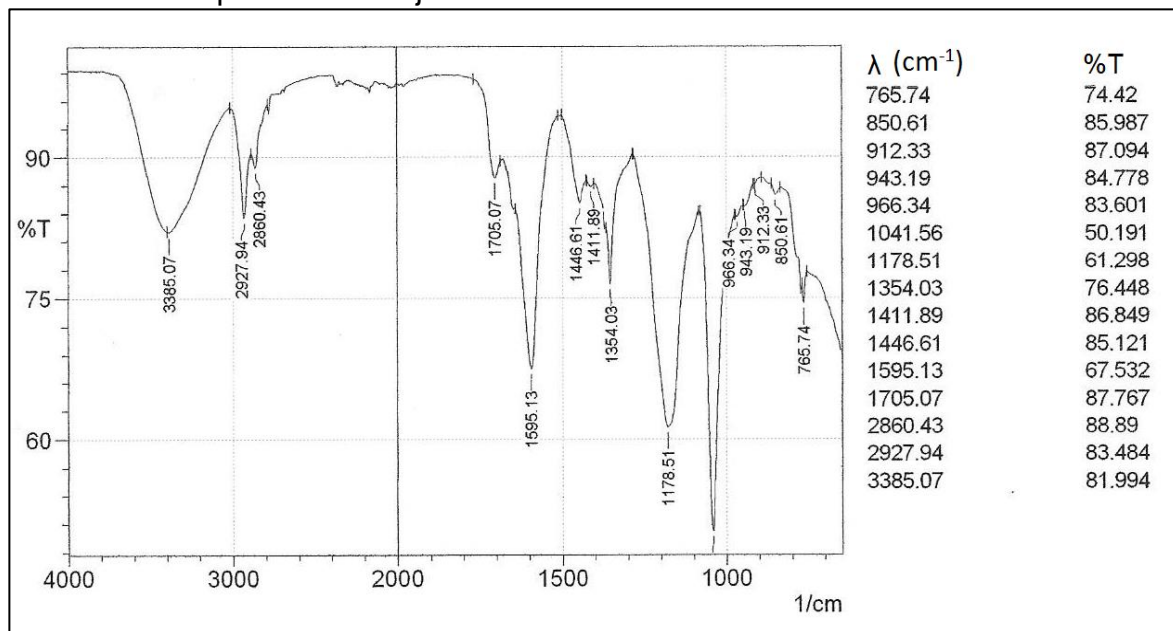
Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Como se ha analizado previamente, este espectro también muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo -OH se encuentra en el pico 3369 cm⁻¹, el grupo alifático carbonilo CH₂ se encuentra en el pico 2939 cm⁻¹, el grupo CH₂ en

forma de tijera se evidencia en el pico 1448 cm^{-1} , el grupo sulfonato SO_3 en 1176 cm^{-1} y el grupo éter en el pico de 1041 cm^{-1} .

En este caso no se hace visible el pico del grupo cetona, pero si hace parte de la molécula como se explicó en el ensayo 2.

Gráfica 12. Espectro infrarrojo aditivo total sólido.



Fuente. Laboratorio de química forense – DIJIN

Para realizar un mejor análisis del aditivo total que se obtuvo en el laboratorio, se retiró la mayor cantidad de agua posible de una pequeña muestra, mediante evaporación, y se volvió a realizar el espectro infrarrojo, esto con el fin de retirar la distorsión que causa el agua en el espectro por la fuerte absorción de energía infrarroja de esta, y conocer si el pico de la cetona, si se encuentra en el rango de longitud de onda esperado. El sólido obtenido muestra el pico del grupo cetona, lo que ratifica la influencia que tiene el agua sobre el espectro.

El espectro muestra los principales grupos del aditivo CFS: el grupo hidroxilo $-\text{OH}$ en el pico 3385 cm^{-1} , el grupo alifático carbonilo CH_2 se encuentra en el pico 2927 cm^{-1} , el grupo cetona $\text{C}=\text{O}$ se muestra en el pico de valor 1705 cm^{-1} , el grupo CH_2 en forma de tijera se evidencia en el pico 1446 cm^{-1} , el grupo sulfonato SO_3 en 1178 cm^{-1} y el grupo éter en el pico de 1041 cm^{-1} .

2.4 RESULTADOS Y ANÁLISIS

La tabla 33 muestra la formulación para todos los reactivos, que se utilizó en los ensayos de pre-experimentación y en los escalamientos realizados en el laboratorio:

Tabla 33. Formulación de los reactivos en los ensayos de pre-experimentación y escalamientos.

Ensayo	Formaldehido 30% (ml)	Sulfito de Sodio (g)	Hidróxido de Sodio (ml)	Ciclohexanona (ml)	Ácido Fórmico (ml)
Ensayo 1	150	32	13,4	51,5	3
Ensayo 2	150	32	14,2	51,5	2,4
Ensayo 3	150	32	13	51,5	3,1
Ensayo 4	150	32	15,3	51,5	2,2
Ensayo 5	150	32	37	51,5	10,2
Ensayo 6	150	32	16	51,5	4,1
Escalamiento 1	650,3	138,7	60	222,9	16,2
Escalamiento 2	650,3	138,7	60	222,9	13,5
Escalamiento 3	650,3	138,7	50	222,9	9,85

Mediante la realización de la fase de pre-experimentación, se pudieron establecer las condiciones del proceso de la síntesis del aditivo CFS. En primer lugar, para aumentar el pH de la mezcla Formol-sulfito se debe agregar la cantidad justa de Hidróxido de Sodio, debido a que si se agrega NaOH en exceso se da un cambio en la coloración del aditivo resultante, además de que existe un límite que puede añadirse a la mezcla como se comprobó en el ensayo 5, donde se agregó más del doble del NaOH manejado en los anteriores ensayos (37 ml) y el pH no subió más de 12,33. La cantidad límite del NaOH que se agregó para la pre-experimentación es de 16ml como en el ensayo 6 del apartado 2.2.6 y para el escalamiento de 60ml como en el escalamiento 1 del apartado 2.3.2 y el escalamiento 2 en el apartado 2.3.3.

La cantidad de Ácido Fórmico utilizado varía en cada ensayo, este se agregaba hasta obtener un pH de 10,3. No todos los ensayos tuvieron este pH, debido a que se agregaba un exceso, así sea mínimo, de ácido y se obtenían pH debajo de 10,3, por ello se debe tener mucha precaución a la hora de añadir este reactivo al aditivo CFS.

Otra condición a tener en cuenta es el momento en que se agrega la Ciclohexanona a la mezcla Formol-sulfito-NaOH, allí se debe tener una agitación

rápida y constante por mínimo de 5 minutos, esto con el fin de no formar sólidos en suspensión como paso en los ensayos 3 y 5, también para que se dé una interacción homogénea entre las moléculas y se obtenga la coloración rojiza del CFS. Además, se debe tener en cuenta que esta reacción es muy exotérmica, alcanzando temperaturas entre 70 a 100°C, lo que genera una expansión del líquido de 4 veces su volumen normal. El tiempo de condensación de 3 horas y la temperatura de polimerización de 120°C son los adecuados para que se dé la formación del aditivo CFS.

La tabla 34 muestra los resultados finales de todos los ensayos y los escalamientos que se realizaron en este capítulo.

Tabla 34. Resultados del capítulo 2.

Muestra	Densidad por picnómetro (g/ml)	Densidad por densímetro (g/ml)	Índice de refracción	Viscosidad cinemática (cSt)	Viscosidad dinámica (mPa.s)	pH
Ensayo 2	1,2405	-	1,4180	21	26,05	10,18
Ensayo 3	1,1700	1,28	1,4230	26	33,28	9,3
Ensayo 4	1,2507	1,26	1,4160	21,6	27,21	9,41
Ensayo 5	1,2263	1,28	1,4053	47,66	61	6,36
Ensayo 6	1,2471	1,26	1,4208	50	63	10,32
Escalamiento 1	1,2655	1,27	1,4121	35,51	45,1	10,32
Escalamiento 2	1,2629	1,28	1,3865	44,92	57,5	10,36
Escalamiento 3	1,2652	1,27	1,4207	67,16	85,3	10,38
Aditivo Total	1,2615	1,28	1,4183	43,43	55,6	10,35

En cuanto a las propiedades obtenidas en el laboratorio, se determinó la densidad del aditivo por dos métodos distintos, siendo el más preciso de ellos el densímetro por inmersión, con el cual se obtuvieron valores densidad entre 1,26 a 1,28 g/ml, lo que implica que el aditivo es más denso que el agua ($\rho_{\text{Agua}} = 0,998 \text{ g/ml a } 21^\circ\text{C}$)⁶⁷. El índice de refracción para todos los aditivos sintetizados fue aproximadamente de 1,41, como el índice de refracción es único de cada sustancia, los aditivos obtenidos son de la misma naturaleza polimérica. La viscosidad muestra una variación en todas las experimentaciones, la cual se

⁶⁷ HEYWARD, Vivian. H. Evaluación y prescripción del ejercicio. Técnicas de laboratorio para valorar la composición corporal. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2 ed. 2001. 125 p. Encontrado en (<https://books.google.com.co/books?id=Hu0VyyqLAcR8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

encuentra en un rango de 25 a 90 mPa.s, esto se debe a que el aditivo CFS, aunque es sólido, al momento de la reacción se produce agua, lo que implica que entre más agua se produzca, menor será la viscosidad y viceversa. El pH depende de la cantidad de Ácido Fórmico como se mencionó previamente.

A través de la espectroscopía infrarroja se muestran los principales grupos del aditivo CFS, los cuales dependen de la longitud de onda a la que se forme el pico en el espectro: el grupo hidroxilo -OH, el grupo alifático carbonilo CH_2 se encuentra, el grupo cetona $\text{C}=\text{O}$ se muestra, el grupo CH_2 en forma de tijera se evidencia, el grupo sulfonato SO_3 y el grupo éter que une la cadena de monómeros de Ciclohexanona. Por lo tanto, los aditivos sintetizados experimentalmente tienen la estructura del aditivo CFS.

3. ENSAYOS ESTANDARES EN EL CONCRETO

En este capítulo se encuentra la metodología para realizar las pruebas en concreto con los cálculos requeridos para su implementación, las cuales evalúan cómo varía el comportamiento del concreto con y sin aditivo, y se dan a conocer los resultados obtenidos. Todos los ensayos presentados a continuación se realizaron en los Laboratorios Contecon Urbar en Bogotá.

3.1 METODOLOGIA PARA LOS ENSAYOS EN CONCRETO

Para realizar los ensayos requeridos que evalúan el comportamiento del concreto, es necesario primero establecer un diseño de mezcla de concreto, es decir, especificar cuáles son los agregados que se van a utilizar y las cantidades específicas de cada uno de ellos. Para este trabajo se van a utilizar las gravas N°7 y N°57, las arenas Suárez y Subchoque, aditivo Tecnoplast 20M y cemento Argos tipo 3 estructural, los cuales fueron suministrados por la empresa Tecnoconcreto S.A.S. Estos son los materiales que la empresa utiliza normalmente en su planta de producción de concreto, al que se le dan diferentes usos como son los pisos industriales, y la construcción de vigas y columnas para edificaciones.

Se realizaron un total de 4 mezclas de concreto cada una de 50L, repartidas así: La mezcla N°1 es el blanco, el cual no lleva ningún tipo de aditivo, la mezcla N°2 se realizó con una dosificación del 1% del aditivo CFS, La mezcla N°3 se cambió la dosificación del aditivo CFS al 0,6% y la mezcla N° 4 tiene una dosificación de 1% de aditivo Tecnoplast 20M. Las dosificaciones fueron establecidas de acuerdo al artículo de Lei y Plank⁶⁸.

3.1.1 Cálculos Previos. El diseño a utilizar en este trabajo fue proporcionado por la empresa Tecnoconcreto S.A.S el cual se muestra en la tabla 35. La relación de agua/cemento utilizada fue de 0,5:

⁶⁸ LEI Y PLANK. Op. Cit., p. 3.

Tabla 35. Diseño preliminar de mezcla de concreto

Material	Cantidad (Kg)
Cemento	15,346
Agua	8,316
Arena Suarez	32,425
Arena Subachoque	13,861
Grava N°7	6,980
Grava N°57	35,554
Aditivo CFS 1%	0,160
Aditivo CFS 0,6%	0,092
Aditivo Tecnoplast 20M 1%	0,160

Para elaborar la mezcla es importante realizar la corrección por humedad de los agregados, debido a que las cantidades que se encuentran en el diseño son en peso seco del material, y las gravas, como se encontraban saturadas en el laboratorio, es decir, se encontraban sumergidas en agua, absorben cierta cantidad de agua en sus poros, la cual debe de ser tomada en cuenta al momento de pesar los materiales, por eso se debe compensar el peso de los agregados, para que sea el peso real del material en seco. Debido a que las arenas se encuentran húmedas también se debe realizar la corrección por humedad para estas⁶⁹.

El procedimiento para encontrar el porcentaje de humedad (%w) inicia pesando los agregados húmedos en la balanza, luego se secan con calor como se muestra en la fotografía 14, y una vez enfriados se vuelven a pesar para conocer su peso en seco. Con las masas encontradas se aplica la ecuación 21:

$$\%W = \frac{m_H - m_S}{m_H - m_R} * 100 \quad (21)$$

Donde,

m_H , es la masa del agregado húmedo

m_S , es la masa del agregado seco

Y m_R es la masa del recipiente que contiene los agregados.

⁶⁹ GONZÁLEZ, Federico. Manual de supervisiones obras de concreto, Durante el mezclado y colocación del concreto. 2 ed. Mexico D.F, Limusa. 2004. 58 p.

Fotografía 14. Secado de los agregados.



La tabla 36 muestra los pesos encontrados de todos los agregados para determinar su humedad y el porcentaje encontrado aplicando la ecuación 21:

Tabla 36. Porcentaje de humedad de los agregados.

Material	$m_H(g)$	$m_S(g)$	$m_R(g)$	%w
Suarez	915,3	861,7	119	6,73
Subachoque	955	927	111,1	3,31
Grava N°7	2621	2506	188,5	4,72
Grava N°57	2728	2671,5	196,5	2,23

Una vez encontrado el porcentaje de humedad se debe realizar la corrección de los pesos de los agregados. Para ello se debe conocer el porcentaje real de humedad libre que tiene el material, restando los porcentajes de humedad encontrados en la tabla 34, con los porcentajes de absorción de los materiales, los cuales fueron suministrados por la empresa Tecnoconcreto S.A.S, debido a que son específicos de cada material. La ecuación 22 se aplica para encontrar el porcentaje de humedad libre de cada uno de los agregados, y la ecuación 23 permite encontrar el peso corregido de los agregados por humedad:

$$\%w_L = \%w - \%abs \quad (22)$$

$$m_C = m_A * \left(1 + \frac{\%w_L}{100}\right) \quad (23)$$

Donde,

$\%w_L$, es el porcentaje de humedad libre del material

$\%abs$, es el porcentaje de absorción del material

m_C , es la masa corregida del agregado

Y m_A es la masa inicial del agregado (Tabla 33).

La tabla 37 muestra los resultados obtenidos de aplicar las ecuaciones 22 y 23:

Tabla 37. Corrección por humedad de los agregados

Material	%w	%abs	%w_L	m_c(Kg)
Suarez	6,73	1,89	4,84	33,994
Subachoque	3,31	2,50	0,81	13,973
Grava N°7	4,72	1,21	3,51	7,224
Grava N°57	2,23	1,26	0,97	35,898
Total	16,99	6,86	10,13	-

Los agregados al encontrarse saturados y húmedos aportan una cantidad de agua a la mezcla, por ello, se debe realizar también la corrección al agua del diseño planteada en la tabla 36, para no agregar agua en exceso al concreto. La ecuación 24 determina la cantidad de agua corregida:

$$m_{H_2O\text{corregida}} = m_{H_2O\text{diseño}} * \left(1 - \frac{\sum \%w_L}{100}\right) \quad (24)$$

Reemplazando los valores en la ecuación se encontró una masa de agua de 7,4735 Kg.

Con la corrección por humedad de los agregados y del agua ya se tiene el diseño final de la mezcla de concreto mostrada en la tabla 38:

Tabla 38. Diseño Final de la mezcla de concreto.

Material	Cantidad (Kg)
Cemento	15,346
Agua	7,473
Arena Suarez	33,994
Arena Subachoque	13,973
Grava N°7	7,224
Grava N°57	35,898
Aditivo CFS 1%	0,160
Aditivo CFS 0,6%	0,092
Aditivo Tecnoplast 20M 1%	0,160

Para la realización de la mezcla se pesan todos los agregados, el cemento, el agua y los aditivos en la balanza, luego se agregan en un trompo de 60L primero los agregados como se muestra en la fotografía 15, se mezcla por un par de minutos, posteriormente se agregan pequeñas cantidades de cemento de manera gradual hasta homogeneizar y por último se añade el agua de a 200ml hasta conseguir una pasta fluida de concreto. En el caso de las mezclas que contienen los aditivos, se disuelve primero en 1L de agua y se agrega de la manera descrita anteriormente. El tiempo total de mezclado fue de aproximadamente de 5 minutos.

Fotografía 15. Agregados en el trompo.



3.1.2 Asentamiento. Según la Norma NTC 396⁷⁰ en un molde tronco cónico se coloca una muestra de concreto fresco y se compacta mediante una varilla de 16mm de diámetro. Después de llenar a tope el cono y alisar la superficie superior, el operario debe levantar uniformemente el molde permitiendo que el concreto se asiente. Para estimar el nivel de asentamiento se coloca el molde a un lado del concreto asentado y encima se sitúa la varilla utilizada para la compactación como indicador del punto inicial del concreto, con metro se mide la distancia entre el punto inicial del concreto hasta la posición desplazada de la superficie superior del concreto. Esta medición se debe realizar en el centro de la superficie superior y se mide en pulgadas. La fotografía 16 muestra el asentamiento que se obtuvo de la mezcla de aditivo CFS:

⁷⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y arquitectura: método de ensayo para determinar el asentamiento en concreto. NTC 396. Bogotá D.C: El instituto, 1992.

Fotografía 16. Asentamiento del concreto con aditivo.



3.1.3 Porcentaje de Aire. Según la norma NTC 1032⁷¹ una muestra de concreto fresco se coloca en el recipiente base del equipo de 8L, se compacta con la varilla y se alisa la superficie hasta el tope del recipiente. Luego se coloca la tapa del equipo, se sella asegurándose de que no exista ninguna fuga y se llena con agua la válvula de la tapa hasta eliminar el aire agregado al realizar el cierre del equipo. A través de una bomba manual se lleva el equipo a la presión de trabajo, en este caso, hasta que la aguja marque 0% de aire, después se cierran las válvulas de agua y se libera el paso de presión, la aguja se desplaza hasta marcar el porcentaje de aire del concreto. La fotografía 17 muestra al lado izquierdo el equipo completo con el concreto adentro y el lado derecho muestra la medición del porcentaje de aire:

⁷¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y arquitectura: método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión. NTC 1032. Bogotá D.C: El instituto, 2013.

Fotografía 17. Porcentaje de aire del concreto.



3.1.3 Resistencia a la compresión. Según la norma NTC 673⁷² para realizar el ensayo de resistencia a la compresión se deben preparar las probetas de concreto. Estas se preparan según la norma NTC 454⁷³ en donde se alistan moldes rígidos de plástico de 4" x 8", los cuales se engrasan y se llenan por partes de concreto fresco, se compacta con la varilla hasta llegar al tope del molde, se alisa la superficie y se tapan con un material impermeable para evitar la pérdida de humedad en el aire. Se dejan fraguar 24 horas y se desmoldan con aire comprimido. Se etiquetan y se almacenan hasta el tiempo programado de falla.

Fotografía 18. Probetas de concreto.



⁷² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. NTC 673. Bogotá D.C: El instituto, 2010.

⁷³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y arquitectura. Concreto fresco. Toma de muestras. NTC 454. Bogotá D.C: El instituto, 2011.

Se realizaron un total de 48 probetas de concreto como se muestra en la fotografía 18, repartidas en 12 probetas por cada una de las 4 mezclas. De estas probetas se apartan 3 de ellas, las cuales se fallan transcurridos 3, 7, 14 y 28 días en una máquina de compresión, donde primero se limpiaron las probetas, se ubicaron en el centro del equipo y se sometieron a una fuerza de compresión hasta que las probetas se fracturen como se muestra en la fotografía 19. La fuerza nominal prevista para el ensayo es de 28.7 MPa.

Fotografía 19. Fractura de las probetas de concreto.



3.1.4 Tiempos de fraguado. Este ensayo fue aplicado a las mezclas del blanco y el aditivo CFS al 1%. Según la Norma NTC 890⁷⁴ para determinar el tiempo de fraguado se debe iniciar a contar el tiempo desde el momento en que el agua toca el cemento cuando se está realizando la mezcla. Una vez homogeneizada la mezcla se tamiza con una malla N°4 para obtener el mortero de la mezcla como se muestra en la fotografía 20. Se mide la temperatura del mortero y se procede a llenar los moldes.

⁷⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración. NTC 890. Bogotá D.C: El instituto, 1995.

Fotografía 20. Tamizado del concreto.



Para el ensayo se debe disponer de 3 moldes circulares de 15x15cm por cada mezcla, los cuales se deben llenar de concreto fresco en tres capas y se deben compactar con la varilla. Los moldes no deben ser llenados hasta el tope, sino que se debe dejar un espacio de 1,52cm. Se tapan con un material impermeable y se dejan reposar de 2 a 4 horas. Pasado este tiempo se inician las penetraciones en el molde, se tienen 6 agujas metálicas de 645, 323,161, 65, 32 y 16 mm² como se muestra en la fotografía 21:

Fotografía 21. Agujas de penetración



En el momento de la penetración las agujas dejan una huella en el concreto, entre huella y huella se debe dejar un espacio del doble del diámetro de la aguja que se va a utilizar y mínimo una pulgada al borde del molde. Se inician las penetraciones con la aguja más grande, se deja un tiempo de 30 minutos entre mediciones y cuando la aguja ya no puede penetrar el concreto se cambia a la siguiente de diámetro menor.

El equipo registra la fuerza que ejerce la aguja en el concreto en Kgf como se muestra en la fotografía 22:

Fotografía 22. Equipo de fraguado.



3.1.5 Cálculos de los ensayos en concreto. A continuación, se presentarán los cálculos necesarios para encontrar los valores de tiempos de fraguado, resistencia a la compresión y el porcentaje de reducción de agua de los aditivos.

3.1.5.1 Cálculos para encontrar el tiempo de fraguado⁷⁵. El primer paso para el cálculo de los tiempos de fraguado consiste en encontrar la resistencia a la penetración (RP) en MPa, para ello se divide la fuerza que ejerce la aguja sobre el área de la misma como indica la ecuación 25:

$$RP = \frac{F}{A} \quad (25)$$

En la tabla 39 se muestran las presiones de resistencia de las mezclas del blanco y del aditivo CFS:

⁷⁵ NTC 890. Op. Cit., p. 71.

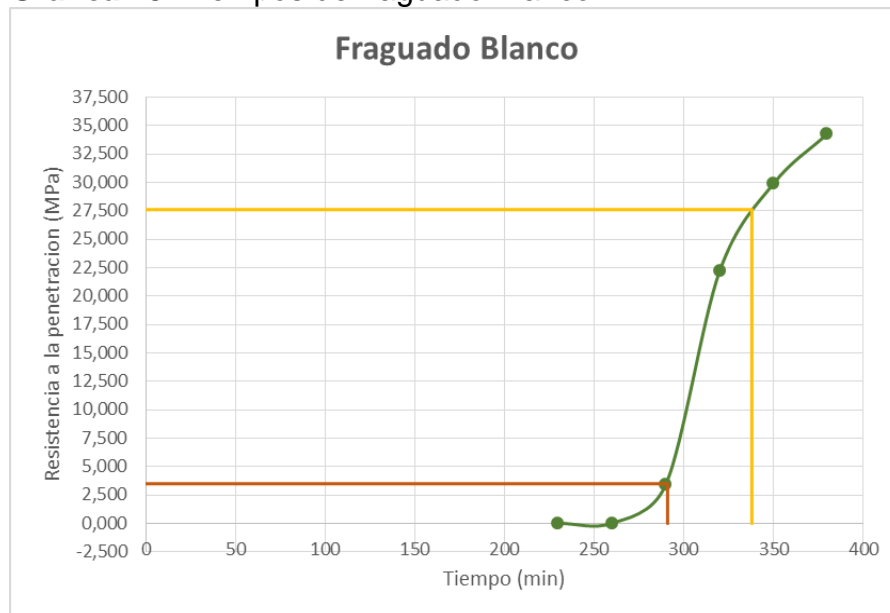
Tabla 39. Resistencia a la penetración en los tiempos de fraguado.

BLANCO					ADITIVO CFS				
Tiempo (min)	Fuerza (Kg)	Área (cm ²)	RP (Kgf/cm ²)	RP (MPa)	Tiempo (min)	Fuerza (Kg)	Área (cm ²)	RP (Kgf/cm ²)	RP (MPa)
230	1,38	6,45	0,214	0,021	220	0,66	6,45	0,102	0,010
260	1,63	6,45	0,253	0,025	250	61,12	1,61	37,963	3,724
290	112,94	3,23	34,996	3,430	280	38,04	0,65	58,523	5,741
320	72,41	0,32	226,281	22,198	310	56,13	0,65	86,354	8,471
350	97,49	0,32	304,656	29,887	340	77,57	0,65	119,338	11,707
380	111,75	0,32	349,219	34,258	370	48,26	0,32	150,813	14,795

Después de encontrar la resistencia a la penetración en MPa por cada tiempo, se grafican los valores de tiempo y resistencia a la penetración encontrados en la tabla 38. Mediante la utilización de la gráfica se determina los tiempos de fraguado inicial y final los cuales corresponden al tiempo en que la resistencia a la penetración tiene un valor de 3,5 MPa y 27,6 MPa respectivamente.

- Blanco. En la gráfica 13 se muestra el comportamiento que tienen los tiempos de fraguado, se realiza un ajuste manual dibujando líneas horizontales correspondientes a las resistencias de penetración para fraguado inicial y final, empatándolas con la curva, y proyectando la línea verticalmente para encontrar los tiempos correspondientes.

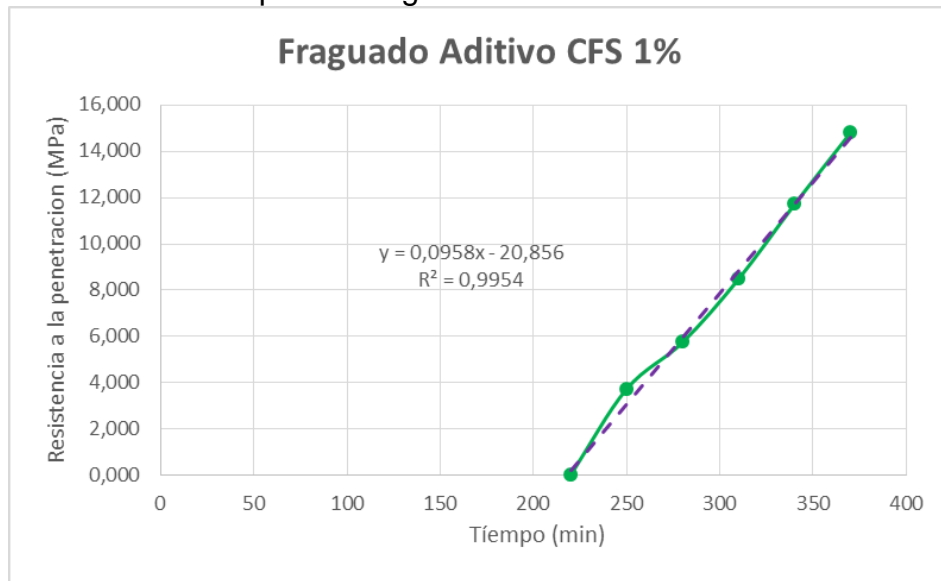
Gráfica 13. Tiempos de fraguado Blanco



Los valores encontrados mediante el ajuste manual son de 291 min para el fraguado inicial y 338 min de fraguado final.

- Aditivo CFS 1%. La gráfica 14 evidencia un comportamiento lineal entre los tiempos y la resistencia a la penetración, por lo cual se realiza un análisis de regresión en el cual se obtiene la ecuación lineal, permitiendo determinar los tiempos al despejar X y reemplazar los valores de la resistencia a la penetración para los tiempos de fraguado inicial y final.

Gráfica 14. Tiempos de fraguado Aditivo CFS 1%



La ecuación 26 muestra el despeje de X de la ecuación lineal de la gráfica 13 para encontrar los tiempos de fraguado

$$t_f = \frac{RP+20,856}{0,0958} \quad (26)$$

Donde,

t_f , es el tiempo transcurrido para que se dé el fraguado

RP , es la resistencia a la penetración en MPa, con un coeficiente de correlación de 0,9954

Al sustituir en la ecuación 26 los de resistencia a la penetración se obtienen que el tiempo de fraguado inicial es de 254 min y el tiempo de fraguado final es de 506 min.

3.1.5.2 Cálculos para encontrar el porcentaje de reducción de agua. Para determinar cuánta cantidad de agua redujeron los aditivos Tecnoplast 20M 1%, CFS 1% Y CFS 0,6% se toma como valor de referencia la cantidad de agua que gastó la mezcla blanco la cual fue de 7,473Kg.

Al realizar las mezclas con los aditivos se agregaba poco a poco la cantidad de agua supervisando que se obtuviera una pasta de concreto homogénea con un asentamiento entre 6" y 8", como ambos aditivos redujeron la cantidad de agua, se tomaba el dato de cuánta agua no era utilizada con respecto al diseño de la mezcla.

En la tabla 40 se encuentran los valores del agua utilizada, del agua restante y el porcentaje de reducción que se obtuvo a partir de la cantidad utilizada en el blanco.

Tabla 40. Porcentaje de reducción de agua

Aditivo	Agua Utilizada (Kg)	Agua Restante (Kg)	Porcentaje de Reducción %
CFS 1%	5,115	2,358	31,56
CFS 0,6%	6,220	1,253	16,77
Tecnoplast 20M 1%	3,646	3,827	57,22

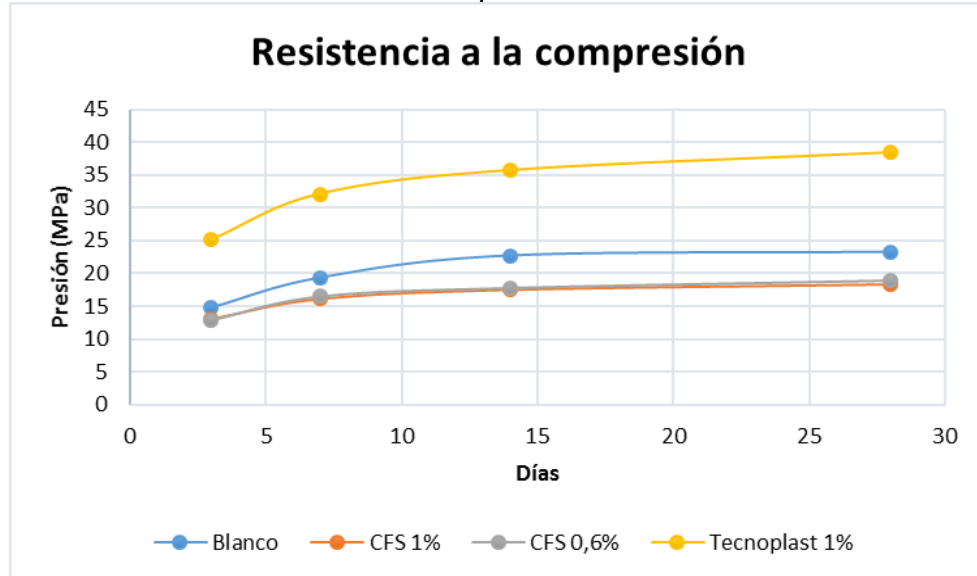
3.1.5.2 Datos de la resistencia a la compresión. En el anexo E se encuentran los formatos entregados por el Laboratorio Contecon Urbar que muestran los resultados del ensayo de la resistencia a la compresión aplicado a las probetas de las 4 mezclas preparadas. La tabla 41, resume todos los valores promedio de las fallas practicadas a las probetas de cada mezcla preparadas en este trabajo:

Tabla 41. Resultados resistencia a la compresión.

Mezcla	Edad (días)	Presión (Mpa)
Blanco	3	14,86
	7	19,36
	14	22,7
	28	23,26
CFS al 1%	3	13,06
	7	16,13
	14	17,53
	28	18,36
CFS al 0,6%	3	12,83
	7	16,5
	14	17,8
	28	18,96
Tecnoplast 20M al 1%	3	25,1
	7	32,1
	14	35,7
	28	38,4

La gráfica 15 muestra el comportamiento de cada una de las mezclas preparadas, con respecto a la edad de las probetas. Se observa que todas las mezclas presentan una tendencia logarítmica; la mezcla del blanco tiene un aumento de resistencia hasta los 15 días después de preparada la mezcla, después empieza a tener un comportamiento constante de la resistencia, lo que implica que la resistencia máxima que alcanzará será aproximadamente entre 23 a 24 MPa. La mezcla del aditivo Tecnoplast 20M al 1% muestra un aumento significativo de la resistencia, tanto en edades tempranas, como en edades más avanzadas, aun transcurridos los 28 días de edad, se observa que la gráfica sigue en aumento de su resistencia. El aditivo CFS tanto al 0,6% como al 1%, muestran resistencias similares a las distintas edades de la probeta, estas resistencias son menores a las del blanco y el aditivo Tecnoplast 20M, lo que indica que el aditivo CFS disminuye la resistencia del concreto.

Gráfica 15. Resistencia a la compresión de las mezclas de concreto.



3.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la tabla 42 se muestran todos los resultados de los ensayos en concreto para cada una de las 4 mezclas preparadas.

Tabla 42. Resultados ensayos en concreto

Mezcla	Asentamiento (in)	Contenido de Aire (%)	Tiempos de fraguado (min)		Resistencia a la compresión a los 28 días (MPa)	Reducción de agua (%)
			I	F		
Blanco	8	1,7	29 1	338	23,26	0
Aditivo CFS 1%	7	1,7	25 4	506	18,36	31,56
Aditivo CFS 0,6%	7	1,2	--	--	18,96	16,77
Tecnoplast 20M	8,5	1,8	--	--	38,4	57,22

A partir de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio mostrados en la tabla 42, se puede realizar un comparativo entre los efectos que tienen los aditivos superplastificantes en las propiedades del concreto.

Inicialmente la prueba de asentamiento mostró que el aditivo CFS le dio al concreto una buena fluidez y manejabilidad, debido a que en el momento que se realizó la mezcla de concreto se obtuvo un asentamiento de 7", el cual se encuentra entre el rango normalmente manejado en la industria de la construcción de 6,3" a 8,6"⁷⁶, implicando que la mezcla es de consistencia muy húmeda y puede ser trabajada y moldeada en elementos esbeltos y pilotes fundidos in situ. En cuanto a la mezcla del blanco, se presentó un comportamiento normal de un concreto sin aditivo, con un asentamiento del 8", la mezcla presentaba una consistencia súper fluida, pero podría presentar problemas de segregación de agua. El aditivo Tecnoplast 20M le dio al concreto un asentamiento de 8,5", el cual es mayor al de las otras mezclas trabajadas, dándole una consistencia súper fluida y que permite que este concreto pueda ser empleado en elementos muy esbeltos de construcción que requieran grandes volúmenes de concreto⁷⁷.

En la prueba de contenido de aire, se observó que el aditivo CFS mantuvo constante el contenido de aire con respecto al blanco con una dosificación del 1%,

⁷⁶ CHOO, B. Y NEWMAN, J. Op. Cit p. 10.

⁷⁷ RIVERA, G. Op. Cit. p. 84.

en cambio, cuando se dosificó al 0,6%, el contenido de aire disminuyó. El aditivo Tecnoplast 20M, incorporó un pequeño porcentaje de aire a la mezcla.

Para el tiempo de fraguado, la adición del aditivo CFS disminuye el tiempo inicial del fraguado en 37 minutos en comparación con el blanco, este fenómeno pudo ser ocasionado porque se presentó un fraguado relámpago en la mezcla, lo que significa que el cemento pudo hidratarse parcialmente en un tiempo corto. El tiempo de fraguado final, sin embargo, fue más extenso que el de la mezcla blanco, lo cual puede ser una consecuencia del fraguado relámpago, debido a que los componentes del cemento no se hidrataron uniformemente y generan una reducción en la resistencia del concreto.

La resistencia a la compresión del concreto tuvo un comportamiento muy distinto entre las diferentes mezclas trabajadas. Para la mezcla del aditivo CFS se dio una disminución del 18,68% para la dosificación del 0,6% y 21,6% para el 1% de la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla del blanco, la diferencia entre estos porcentajes es mínima, pero implica que al dosificar una menor cantidad de aditivo CFS, se presenta una menor disminución de la resistencia a la compresión del concreto. La reducción de la resistencia a la compresión ocasionada por el aditivo puede ser causada por el fraguado de la mezcla. El aditivo Tecnoplast 20M aumentó en un 65,09% la resistencia a la compresión, lo que le da al concreto una mayor durabilidad.

Para el agua de mezcla, en general, los dos aditivos superplastificantes manejados, redujeron la cantidad de agua utilizada en el concreto. El aditivo CFS al 0,6% y al 1% redujeron en un 16,77% y 31,56% el contenido de agua respectivamente, cumpliendo así el objetivo principal de un aditivo superplastificante. El aditivo Tecnoplast 20M fue el que tuvo el mayor porcentaje de reducción de agua con un 57,22% al 1% de dosificación.

La evaluación de costos de este trabajo se encuentra en el Anexo F, en donde se especifican los recursos utilizados para la realización del proyecto en 11 meses transcurridos.

4. CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó la síntesis de un aditivo superplastificante ciclo alifático a partir de Ciclohexanona a nivel de laboratorio. Se realizó una fase de pre-experimentación para estandarizar las cantidades de los reactivos utilizados en la síntesis del aditivo, el más influyente de ellos fue el Hidróxido de Sodio, el cual es un determinante en la coloración que adquiere el compuesto, por ello la cantidad límite a utilizar fue de 16 ml y un pH de 12,21 antes de montarlo en condensación de reflujo. Otra de las condiciones estandarizadas fue la agitación que debía darse al momento de la reacción de la Ciclohexanona y la mezcla Formol-sulfito, la agitación debe ser rápida y constante para evitar la formación de sólidos en suspensión, asegurar la interacción homogénea de las moléculas y garantizar la coloración adecuada del aditivo. Terminada la fase de pre-experimentación, se dio paso al proceso de escalamiento del aditivo a 1L, en el cual se sintetizó una cantidad total de 2198 ml repartidos en 3 lotes.
- ✓ Teniendo en cuenta los resultados obtenidos experimentalmente en el proceso de escalamiento a 1L del aditivo, se determinaron las propiedades físicas y químicas del aditivo total sintetizado obteniendo así una densidad de 1,28 g/ml, índice de refracción de 1,4183, viscosidad cinemática de 43,43 cSt, viscosidad dinámica de 55,6 mPa.s, y pH de 10,35. Además por espectroscopía infrarroja se identificaron los principales grupos funcionales de la estructura del aditivo CFS los cuales son el grupo hidroxilo -OH, el grupo alifático carbonilo CH₂, grupo CH₂ en forma de tijera, el grupo éter R-O-R', el grupo cetona -C=O, y el grupo sulfonato -SO₃.
- ✓ Al realizar los ensayos estándares en el concreto, se encontraron las principales propiedades que determinan el comportamiento del concreto. La mezcla que contenía el aditivo CFS al 1% obtuvo un asentamiento de 7 in, un contenido de aire del 1,7%, un tiempo de fraguado final de 506 minutos y una resistencia a la compresión en los 28 días de 18,96 MPa; mientras que el concreto sin ningún aditivo tuvo un asentamiento de 8 in, un contenido de aire de 1,7%, un tiempo de fraguado final de 338 minutos y una resistencia a la compresión a los 28 días de 23,26 MPa.
- ✓ Comparando los resultados obtenidos en los ensayos en concreto, el aditivo CFS al 1% genera una reducción de agua del 31,56% con respecto a la mezcla sin aditivo, disminuye el asentamiento para mejorar la trabajabilidad del concreto, pero genera una disminución de la resistencia a la compresión en un 21,6% con respecto a la mezcla sin aditivo, en cambio el aditivo Tecnoplast 20M genera un aumento de la resistencia a la compresión de 65,09% con respecto a la mezcla sin aditivo, siendo este una mejor opción para concretos más resistentes.

- ✓ La utilización del aditivo superplastificante CFS sintetizado en el laboratorio, otorgó un porcentaje de reducción del agua del 31,56% con respecto a una mezcla que no contiene aditivos, y en el fraguado, acorta el tiempo del fraguado inicial y alarga el tiempo del fraguado final, por lo tanto, no sostiene los tiempos de fraguados que tiene un concreto sin aditivo.

5. RECOMEDACIONES

- ✓ Al momento de incorporar la Ciclohexanona en la mezcla Formol-sulfito, se produce una reacción exotérmica; por lo cual, se recomienda utilizar un condensador o un equipo de intercambio de calor, que permita la recuperación de los vapores generados durante la reacción.
- ✓ Para conocer el grado de polimerización y tener una mejor identificación de la estructura de la molécula del aditivo CFS, se sugiere realizar una cromatografía líquida por exclusión de tamaño (SEC) con una columna de Ultrahidrogel TM (120, 250,500); que permite conocer el peso molecular del compuesto.
- ✓ Para evaluar la influencia que tiene el aditivo CFS en diferentes tipos de concreto, se aconseja realizar distintos diseños de mezcla, variando los agregados y el tipo de cemento a utilizar.
- ✓ Se recomienda desarrollar un mayor número de ensayos en el concreto, para las pruebas de fraguado y contenido de aire, realizar (2-3) repeticiones para garantizar una repetitividad en los resultados de las propiedades, que permita analizar el comportamiento que tiene el concreto con la utilización de aditivos superplastificantes.

BIBLIOGRAFÍA

ACUÑA, Flora. Química Orgánica. Aldehídos y Cetonas. Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia EUNED. 2006. 174 p. Encontrado en (https://books.google.com.co/books?id=TL98uAXZ3JQC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. Index of Refraction of Transparent Organic Plastics (Refractive Index) ASTM D542. West Conshohocken, PA: ASTM. 2000. www.astm.org.

_____. Test method for density of plastics by density gradient technique. ASTM D1505. West Conshohocken, PA: ASTM. 1998. www.astm.org.

ATKINS, Peter W y JONES, Loretta. Principios de química: los caminos del descubrimiento. Espectroscopia infrarroja. 3ed. Editorial medica panamericana. Argentina. 2006. 84 p. disponible en (<https://books.google.com.co/books?id=0JuUu1yWTisC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

BILLMEYER, Fred W. Ciencia de los polímeros, Polímeros radical en cadena (adición). España. Octubre del 2004. Renvente S.A. 285 p. extraído de (<https://books.google.com.co/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

BROWN, Theodore L. LeMAY, H. Eugene. BURTEN, Bruce E. y MURPHY, Catherine J. Química La ciencia central, Materiales modernos, Polímeros y plásticos. 11 ed. México. Person Prentice Hall. 2010. 499 p.

CABALEC, M. Tiempo de Fraguado del Hormigón. Tesis de becarios de investigación. Área de estructuras y materiales de construcción. Universidad Tecnológica Nacional, Regional la plata. Argentina. 2008. p. 3.

CHEM LAB. Ficha de datos de seguridad. Hidróxido de Sodio. Encontrado en (<http://www.chem-lab.be/cgi-bin/WebObjects/chemlab.woa/wa/MSDS?client=serviquimia&lang=SP&prodnr=CL051438>)

CHOO, B. NEWMAN, J. Advanced Concrete Technology. Oxford. Inglaterra. 2003.5 p. Encontrado en EbscoHost en (<http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMTk1MDY0X19BTg2?sid=61735618-71da-48f3-a712-477e4ebaf538@sessionmgr4004&vid=52&hid=4109&format=EB>)

CHOO, B. NEWMAN, J. Advanced Concrete Technology. Oxford, Inglaterra. Ebook. 2003. Encontrado EbscoHost en (<http://web.b.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxIYmtfXzE5NTA2NV9fQU41?sid=bfbbb977-fb5b-4794-bdb0-259b599a9ed4@sessionmgr103&vid=2&format=EB&rid=1>)

DAWOOD, A. Setting. Misan University. Engineering College. Civil Department. Concrete Tecnology. 3rd lection. Encontrado en (<http://www.uomisn.edu.iq/eng/ar/admin/pdf/4648249177.pdf>).

FLATT, R. y HOUST, Y. Analysis of Superplasticizer used in concrete, Powder Technology Laboratory, Department of Materials Science, Swiss Federal Institute of Technology, CH-1015 Lausanne, Switzerland, 1998, Encontrado en (<http://analuis.edpsciences.org/articles/analuis/pdf/1998/02/m110298.pdf>)

Fungilab ALPHA SERIES Rotational Vsicometer. Instruction Manual. Software Version:1.1 Barcelona APAIN. PDF.

FURNISS, Brian S. HANNAFORD, Antony J. SMITH, Peter W G. y TATCHELL, Austin R. Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry. Apéndice 2, Infrared Correlation Tables. 5ed. Longman Scientific & Technical. Great Britain. 1989. Apéndice 2.

GASPAR, D. Normalización del cemento. Tiempo de fraguado: algunos comentarios sobre el método de ensayo. Materiales de construcción. Consejo Superior de Investigaciones científicas. Encontrado en (<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/1078/1148>) 40 y 41 p.

GONZÁLEZ, Federico. Manual de supervisiones obras de concreto, Durante el mezclado y colocación del concreto. 2 ed. Mexico D.F, Limusa. 2004. 58 p.

GOODFELLOW R, Concrete for underground structures: Guidelines for desing and construction, Society of minin metallurgy & exploration, 2011, Encontrado de EbcoHots en (<http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/detail?sid=61735618-71da-48f3-a712-477e4ebaf538@sessionmgr4004&vid=69#db=e000xww&AN=435092>)

GUO, H. y LIU, Q. Preparation of sulfonated Cyclohexanone-formaldehyde Resin. College of Materials Science and Tecnology. Beijing University of Tecnology. Beijing, China. 2013. Applied Mechanics and Materials, Vol 364, Encontrado en Ebscohost web. PDF.

HEYWARD, Vivian. H. Evaluación y prescripción del ejercicio. Técnicas de laboratorio para valorar la composición corporal. Editorial Paidotribo. Barcelona. 2

ed. 2001. 125 p. Encontrado en
(<https://books.google.com.co/books?id=Hu0VyqLAcR8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería civil y arquitectura: método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión. NTC 1032. Bogotá D.C: El instituto, 2013.

_____. Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. NTC 673. Bogotá D.C: El instituto, 2010.

_____. Documentación. Presentación de tesis, trabajo de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá. El instituto, 2008. 110 p.

_____. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá. El instituto, 2008. 45 p.

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá. El instituto, 1998. 33p.

_____. Ingeniería civil y arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración. NTC 890. Bogotá D.C: El instituto, 1995

_____. Ingeniería civil y arquitectura: método de ensayo para determinar el asentamiento en concreto. NTC 396. Bogotá D.C: El instituto, 1992.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, IMCYC. Pruebas de resistencia a la compresión del concreto. Concreto en la obra: problemas, causas y soluciones. Sección coleccionable 5. 2006. Encontrado en (<http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf>).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Glass capillary kinematic viscometers -- Specifications and operating instructions. ISO 3105. 1994. Geneve, Suiza, ISO, 1994. www.iso.org.

_____. Plastics -Resins in the liquid state or as emulsions or dispersions -- Determination of apparent viscosity by the Brookfield Test method. ISO 2555. 1989. Geneve, Suiza, ISO, 1989. www.iso.org.

_____. Laboratory glassware -- Density hydrometers for general purposes -- Part 2: Test methods and use. ISO 649-2. 1981. Geneve, Suiza, ISO, 1981. www.iso.org.

KATIME, Issa. KATIME, Oscar y KATIME, Daniel. Introducción a la ciencia de los materiales polímeros, síntesis y caracterización, Policondensación. Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua. Servicio editorial de la universidad del País Vasco. 2010. 221 p.

LEI, L y PLANK, J. Synthesis, working mechanism and effectiveness of a novel cycloaliphatic superplasticizer for concrete, Cement and Concrete Research. Henan, China: Zhengzhou University, 2011, 3 p.

LOPEZ CARASQUERO, Francisco. Fundamentos de polímeros. Introducción. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Laboratorio de Organometálicos. Venezuela. La Hechicera, Mérida 5101. 2004. 1 p, extraído de (<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16700/1/polimeros.pdf>)

MANZUR, T. y IFFAT, S. Efficiency of Sodium Polyacrylate to Improve Durability of Concrete under Adverse Curing Condition, Departament of civil Engineering, Bangladesh, 2015, Encontrado en (<http://www.hindawi.com/journals/amse/2015/685785/>)

MARTINEZ, Luis. Instrumentación y métodos de análisis química. Espectroscopía Infrarroja 1-Fundamentos. Posgrado en Ingeniería del agua y del terreno. Cartagena, Colombia. Universidad Politécnica de Cartagena. 17 p. Encontrado en (http://www.upct.es/~minaees/espectroscopia_infrarroja.pdf).

OLSEN, Eugene. Métodos ópticos de análisis. Espectrofotometría de infrarrojo. Barcelona, España. Editorial Reverté S.A. 1990. 184 p. Encontrado en (https://books.google.com.co/books?id=gtRcq1g4DmYC&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

REYES, F. Hidratación del cemento portland. Curso Materiales, Capítulo 6. Universidad Javeriana. Bogotá. Presentación en Power Point.

RIVERA, G. Manejabilidad del concreto. Tecnología del concreto. Cap 4. 2009. 84 p. Encontrado en (<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/gearnilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%2020PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2004%20-%20Manejabilidad.pdf>)

RIVERA, G. Resistencia del concreto. Tecnología del concreto. Capítulo 6. 2009. 125 p. Encontrado en (<ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/gearnilo/docs/FIC%20y%20GEOTEC%20SEM%202%20de%202010/Tecnologia%20del%20Concreto%20-%2020PDF%20ver.%20%202009/Cap.%2006%20-%20Resistencia.pdf>).

RIXOM, M. y MAILVAGANAM, N. Chemical Admixture for Concrete, Londres, 1999, 3ra edición. ISBN 0-419-22520-X, 77 p. Encontrado en EbscoHost en (<http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxIYmtfXzYwNTkyX19BTg2?sid=a7e34ef4-a9ae-4e07-b798-f2b1e0e7bba7@sessionmgr4001&vid=33&format=EB&rid=14>)

SANCHEZ, Diego. Tecnologías del concreto y del mortero. Concreto fresco. Contenido de aire. 5ed. Pontificia Universidad Javeriana. Bhandar Editores LTDA. Bogota D.C. 2001. 120p. Encontrado en (<https://books.google.com.co/books?id=EWq-QPJhsRAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

SANCHEZ N, Ronald O. y CACUA M. Karen P. Protocolo de operación y funcionamiento de un equipo de infrarrojo y estudio de mercado del servicio de extensión. Universidad industrial de Santander. Facultad de ingeniería Físico-Químicas. Escuela de ingeniería química. Bucaramanga. 2006. 18 p. Encontrado en (<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6222/2/120998.pdf>)

SIKA. Concreto; Aditivos para concreto, Sika ®, Superplastificantes, 8 p, Encontrado en (<https://col.sika.com/dms/getdocument.get/269d0f31-fb62-3538-bcca-0b37aad65e17/BROCHURE%20ADITIVOS%20PARA%20CONCRETO.pdf>)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. Bloque-5 Reacciones de polimerización. Polimerización por adición, [en línea] Disponible en (http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/quimica-de-combustibles-y-polimeros/Contenidos/Material_de_clase/qcyp-b5.pdf)

WEININGER, Stephen J. y STERMITZ, Frank R. Química Orgánica. Espectroscopia y radiación electromagnética. 1ed. Reverte S.A. Barcelona. 1988. 303 p. Disponible en (<https://books.google.com.co/books?id=O6YvtgAtXmcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>)

YANG. y WANG. Progress in Polymers in concrete: Selected, peer reviewed papers from the 14th International Congress on Polymers in Concrete. 2013. Shanghai China. Encontrado en (http://web.a.ebscohost.com.ez.uamerica.edu.co/ehost/ebookviewer/ebook/bmxIYmtfXzY0NjQ1MF9fQU41?sid=a7e34ef4-a9ae-4e07-b798-f2b1e0e7bba7@sessionmgr4001&vid=16&lpid=lp_291&format=EB)

ZAKKA, Z. CARRASQUILLO, R. Effects of High-Range water reducers on the properties of fresh and hardened concrete. Center for transportation research. University of Texas. United States. 1989.

ANEXOS

ANEXO A
FICHAS DE SEGURIDAD.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 28.11.2013 Versión 9.3

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número	102888
Denominación	Ciclohexanona EMPLURA®
Número de registro REACH	No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.
No. CAS	108-94-1

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico, Producción química Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merck-chemicals.com).
--------------------	---

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	EQ-RS * e-mail: prodsafe@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Líquido inflamable, Categoría 3, H226

Toxicidad aguda, Categoría 4, Inhalación, H332

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Clasificación (67/548/CEE o 1999/45/CE)

Xn	Nocivo	R10
		R20

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia
Atención

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

Indicaciones de peligro

H226 Líquidos y vapores inflamables.
H332 Nocivo en caso de inhalación.

Consejos de prudencia

Prevención
P210 Mantener alejado de fuentes de calor

Etiquetado reducido (≤125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Atención

No. Índice 606-010-00-7

2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancia

Formula C₆H₁₀O (Hill)
No. Índice 606-010-00-7
No. CE 203-631-1
Masa molar 98,14 g/mol

Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Número de registro	Clasificación
Ciclohexanona (<= 100 %)		
108-94-1	*)	Líquido inflamable, Categoría 3, H226 Toxicidad aguda, Categoría 4, H332

*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Componentes peligrosos (1999/45/CE)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Clasificación
Ciclohexanona (<= 100 %)	
108-94-1	R10 Xn, Nocivo; R20

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

3.2 Mezcla

no aplicable

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102888
Denominación	Ciclohexanona EMPLURA®

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco. En caso de parada respiratoria: Respiración asistida o por medios instrumentales. ¡Suministración de oxígeno en caso necesario! Llamar inmediatamente al médico.

Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados. En caso necesario, llamar al oftalmólogo.

Tras ingestión: cuidado con los vómitos. ¡Peligro de aspiración! Mantener libres las vías respiratorias. Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito. Llame inmediatamente al médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, Vértigo, narcosis, Náusea, Vómitos, Trastornos del estómago/intestinales, Dolor de cabeza, Salivación, Coma
Riesgo de turbidez en la córnea.

Para cetonas en general: tras inhalación de vapores/aerosoles, irritaciones de las mucosas, tos y dificultades respiratorias. Tras absorción de grandes cantidades: depresiones del sistema nervioso central (narcosis). Tras contacto repetido con la piel, efectos desengrasantes con posibles infecciones secundarias. No pueden excluirse efectos tóxicos sobre los riñones y el hígado a dosis elevadas. Por inhalación de gotitas existe riesgo de edema respiratorio.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Laxantes: Sulfato sódico (1 cuch. sop./ 1/4 l de agua).

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Dióxido de carbono (CO₂), Espuma, Polvo seco

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

Prestar atención al retorno de la llama.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

Otros datos

Enfriar los contenedores cerrados expuestos al fuego con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102888
Denominación	Ciclohexanona EEMPLURA®

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar el contacto con la sustancia. No respirar los vapores, aerosoles. Asegúrese una ventilación apropiada. Manténgase separado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia: Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No tirar los residuos por el desagüe. Riesgo de explosión.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames.

Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10).

Recoger con materiales absorbentes, p. ej. con Chemizorb®. Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla. Evítense la generación de vapores/aerosoles.

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Manténgase separado del calor y de las fuentes de ignición. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes

Base	Valor	Límites umbrales	Observaciones
<i>Ciclohexanona (108-94-1)</i>			
ECTLV	Límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo	10 ppm 40,8 mg/m ³	
	Límite Permisible Temporal:	20 ppm 81,6 mg/m ³	
VLA	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
	Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC)	20 ppm 82 mg/m ³	
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	10 ppm 41 mg/m ³	

Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

8.2 Controles de la exposición

Disposiciones de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante: goma butílica
Espesor del guante: 0,7 mm
Tiempo de perforación: > 480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Vitón (R)
Espesor del guante: 0,70 mm
Tiempo de perforación: > 120 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 898 Butoject® (Sumerción), KCL 890 Vitoject® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama

Protección respiratoria

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Controles de exposición medioambiental

No tirar los residuos por el desagüe.

Riesgo de explosión.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	líquido
Color	incoloro
Olor	picante
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	aprox. 7 a 70 g/l 20 °C
Punto de fusión	-31 °C
Punto /intervalo de ebullición	aprox. 155 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	43 °C Método: c.c.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	1,3 %(V)
Límite de explosión, superior	9,4 %(V)
Presión de vapor	aprox.24 hPa a 50 °C

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

	aprox.4,5 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad relativa	0,95 g/cm ³ a 20 °C
Solubilidad en agua	aprox.90 g/l a 20 °C
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: 0,81 (experimentalmente) (IUCALD) No es de esperar una bioacumulación.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	No hay información disponible.
Viscosidad, dinámica	2,2 mPa.s
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	ningún
9.2 Otros datos	
Temperatura de ignición	430 °C Método: DIN 51794

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso.

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión con:

Ácido nítrico, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, Oxidantes, ácidos minerales

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento.

10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 rata: 1.540 mg/kg (Ficha de datos de Seguridad externa) (Reglamento (CE) No 1272/2008, Anexo VI)

Síntomas: Trastornos del estómago/intestinales, Existe riesgo de aspiración al vomitar., Aspiración puede causar edema pulmonar y neumonía.

Toxicidad aguda por inhalación

CL50 rata: 32,65 mg/l; 4 h (Ficha de datos de Seguridad externa)
absorción

Síntomas: A dosis elevadas., Irritaciones en las vías respiratorias.

Toxicidad cutánea aguda

DL50 conejo: 948 mg/kg (Ficha de datos de Seguridad externa) (Reglamento (CE) No 1272/2008, Anexo VI)
absorción

Irritación de la piel

Una exposición repetida o prolongada puede causar irritación de la piel y dermatitis debido a las propiedades desengrasantes del producto.

Irritación ocular

Riesgo de turbidez en la córnea.

Sensibilización

Esta información no está disponible.

Mutagenicidad en células germinales

Genotoxicidad in vitro

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero):

Resultado: negativo

(National Toxicology Program)

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

(National Toxicology Program)

Carcinogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad para la reproducción

Esta información no está disponible.

Teratogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Esta información no está disponible.

Peligro de aspiración

Esta información no está disponible.

11.2 Otros datos

Efectos sistémicos:

Tras absorción de grandes cantidades:

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102888
Denominación	Ciclohexanona EMPLURA®

Dolor de cabeza, Salivación, Náusea, Vómitos, Vértigo, narcosis, Coma
Para cetonas en general: tras inhalación de vapores/aerosoles, irritaciones de las mucosas, tos y dificultades respiratorias. Tras absorción de grandes cantidades: depresiones del sistema nervioso central (narcosis). Tras contacto repetido con la piel, efectos desengrasantes con posibles infecciones secundarias. No pueden excluirse efectos tóxicos sobre los riñones y el hígado a dosis elevadas. Por inhalación de gotitas existe riesgo de edema respiratorio.
Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces

CL50 Pimephales promelas (Piscardo de cabeza gorda): 527 mg/l; 96 h
OECD TG 203

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 800 mg/l; 24 h (Literatura)

EC5 Protozoa: 573 mg/l; 48 h (concentración tóxica límite) (IUCLID)

Toxicidad para las algas

IC5 Scenedesmus quadricauda (alga verde): 370 mg/l; 8 d (IUCLID)

Toxicidad para las bacterias

EC5 Pseudomonas putida: 180 mg/l; 16 h (concentración tóxica límite) (Literatura)

12.2 Persistencia y degradabilidad

Biodegradabilidad

87 %; 14 d

test de MITI

(IUCLID)

Fácilmente biodegradable.

Demanda teórica de oxígeno (DTO)

2.608 mg/g

Método: (calculado)

(Literatura)

12.3 Potencial de bioacumulación

Coefficiente de reparto n-octanol/agua

log Pow: 0,81

(experimentalmente)

(IUCLID) No es de esperar una bioacumulación.

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al echo de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

Información ecológica complementaria

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con la directiva sobre residuos 2008/98/CE así como con otras normativas locales o nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1915
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Ciclohexanona
14.3 Clase	3
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	D/E

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

14.1 Número ONU	UN 1915
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	CYCLOHEXANONE
14.3 Clase	3
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	no

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1915
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	CYCLOHEXANONE
14.3 Clase	3
14.4 Grupo de embalaje	III
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

EmS F-E S-D

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de 96/82/EC
Accidente Importante Inflamable.
Alemania 6
Cantidad 1: 5.000 t
Cantidad 2: 50.000 t

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones más rigurosas nacionales.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono no regulado

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE no regulado

Reglamento (CE) No 689/2008 relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos no regulado

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal correspondiente (> 0,1 % (p/p) normativa CE n.º 19 07/2006 (REACH), artículo 57).

Legislación nacional

Clase de almacenamiento 3

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H226 Líquidos y vapores inflamables.
H332 Nocivo en caso de inhalación.

El texto completo de las frases-R referidas en las secciones 2 y 3

R10 Inflamable.
R20 Nocivo por inhalación.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Etiquetado (67/548/CEE o 1999/45/CE)

<i>Símbolo(s)</i>	 Xn	Nocivo
<i>Frase(s) - R</i>	10-20	Inflamable. Nocivo por inhalación.
<i>Frase(s) - S</i>	25	Evítese el contacto con los ojos.
No. CE	203-631-1	Etiqueta CE
Etiquetado reducido (≤125 ml)		
<i>Símbolo(s)</i>	 Xn	Nocivo
<i>Frase(s) - R</i>	10-20	Inflamable. Nocivo por inhalación.


Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad
Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

VWR International Eurolab S.L | C/ de la Tecnología, 5-17 | A7-Llinars Park | 08450 Llinars del Vallés | Tel.: +34 902 222 897 | Fax: +34 902 430 657

Merck, S.L. | María de Molina, 40 | 28006 Madrid | España | Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com | www.merck.es

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

 OXIDIAL Soluciones químicas	Hoja de Seguridad OXIDIAL	Código:	MSDS -003	Fecha:	30/05/08
		Revisión:	02	Preparado por:	A.P
		Página:	1/6	Revisado por:	H.Y

Ficha Técnica de Seguridad y Uso

1.- Identificación del producto y la empresa fabricante:

Identificación del producto: **Formol.**

Presentación: Bidones de 5 lts.

Código del producto: F-37.

Formula química: CH₂O.

Numero CAS: 50-00-0.

Uso del producto: Se utilizan para esterilización de instrumentos de hemodiálisis. También utilizado como desinfectante ambiental de salas altamente contaminadas que una vez tratadas deben airearse.

Fraccionado y distribución:

Oxidal SRL

Rosales 8240 - Mar del Plata

Tel. (0223) 4827000 – 0800


www.grupofg.com.ar

2.- Composición e información de componentes:

Ingrediente	Formula	Porcentaje por peso	Numero CAS
Formaldehído	CH ₂ O	37 % p/p	50-00-0
Estabilizante (metanol)	CH ₄ O	4 % p/p	67-56-1

3.- Propiedades físicas y químicas:

- Aspecto físico: líquido, incoloro c/partículas en suspensión, olor característico.
- Punto de fusión: -92 ° C
- Punto de ebullición: 98° C
- Punto de inflamación: 83° C
- Temperatura de auto ignición: 300° C
- Solubilidad: Miscible con el agua
- Densidad: 1.105 gr./cm³

 OXIDIAL Soluciones químicas	Hoja de Seguridad OXIDIAL	Código:	MSDS -003	Fecha:	30/05/08
		Revisión:	02	Preparado por:	A.P
		Página:	2/6	Revisado por:	H.Y

4.- Identificación de peligros:

Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos. Provoca quemaduras. Combustible. Por calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido dentro del envase.

Las vías de entrada pueden ser:

- Inhalación: Tóxico por inhalación, con efectos irreversibles muy graves. Sensación de quemazón, tos, dolor de cabeza y náuseas.
- Contacto con la piel: Riesgo de irritaciones, enrojecimiento y quemaduras.
- Ojos: Irritación severa de los ojos, lesiones oculares graves. Visión borrosa.
- Ingestión: Tóxico. Náuseas y vómitos. Dificultad para respirar. Shock o colapso.


5.- Primeros auxilios:

Recomendaciones:

- Equipo de protección personal completo al manipularlo (máscara, guantes resistentes, gafas, overoles y botas impermeables).
- Lavar con agua la ropa y equipos antes de sacárselos.
- En caso de inhalación: llevar a lugar fresco y bien aireado.
- En caso de salpicadura en los ojos: enjuague lo antes posible con agua corriente por lo menos 15 minutos manteniendo los párpados abiertos.
- Quitar ropa y calzado contaminados en caso de derrame (bajo una ducha si es necesario) y lave con abundante agua la piel afectada.
- En caso de ingestión: enjuague boca y suministre agua fresca. Aplicación posterior: Carbón activo (20-40 gr. de suspensión al 10%). Si no estuviera consciente no suministre nada por la boca. No provocar vómito. En todos los casos consulte con un médico inmediatamente o traslade a la persona al hospital.

6.- Medidas para combatir incendio:

- Mantener alejado de fuentes de ignición.
- Combustible. Se pueden formar mezclas explosivas con el aire.
- En caso de que el producto se viera envuelto en un incendio pueden formarse vapores de formaldehído y gases venenosos durante la combustión. Estos vapores son más pesados que el aire, por lo que pueden desplazarse a nivel del suelo hacia una fuente de calor y regresar en llamas.
- Intervenir siempre con agua desde una distancia prudencial, siendo también adecuados otros métodos de extinción como Dióxido de carbono (CO₂), espuma o polvo seco. Mantener frío los bidones y demás instalaciones.
- Evacue a todo el personal no capacitado.
- Utilizar máscaras y equipo de protección adecuado en caso de intervención (con sistemas de respiración artificial). Avisar inmediatamente a los bomberos si pasara a mayores.

 OXIDIAL® Soluciones químicas	Hoja de Seguridad OXIDIAL	Código:	MSDS -003	Fecha:	30/05/08
		Revisión:	02	Preparado por:	A.P
		Página:	3/6	Revisado por:	H.Y

7.- Medidas en caso de fugas accidentales:

- No inhalar los vapores. Utilizar equipo de protección completo.
- Ventilar. Detener la fuga en caso de poder hacerlo.
- Eliminar todas las fuentes de ignición cercanas a la fuga.
- No permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.
- No eliminar puro al desagüe, peligro de explosión!
- Diluir con abundante agua. Si la pérdida es grande contener con arena y tierra (no aserrín) o en contenedores para residuos para su posterior eliminación según normativas vigentes. Evitar el contacto en todos los casos con la sustancia.
- No añada productos químicos. Para neutralizar: metabisulfito de sodio en exceso
- De ninguna manera devolver el producto recuperado al envase original.

8.- Manipulación y almacenamiento:

Manipulación:

- Operar en área bien ventilada y fresca. En lo posible con extractor de aire evitando la generación de vapores.
- Evitar el contacto en la manipulación con cualquier sustancia oxidante, ácidos y metales alcalinos.
- Una vez utilizado cerrar nuevamente ya que a partir de los 20° C mediante evaporación se puede alcanzar una concentración nociva en el aire.
- Nunca devuelva el producto no utilizado al envase original.
- Utilice protección personal adecuada para tal fin. (vease sec.5)

Almacenamiento:

- Conservar en área ventilada y fresca alejado de fuentes de calor, como por ejemplo: llamas, líneas de vapor o sol directo.
- Mantenga lejos de productos incompatibles (vease sec. 9)
- Mantenga cerrado con todo su empaque original.
- Temperaturas optimas de almacenamiento: +15° C a +25° C.


9.- Estabilidad y reactividad:

Mantenga estrictamente las condiciones de manipulación y almacenamiento mencionadas.

El producto tiende a polimerizarse. Higroscópico e inflamable. Sustancia reductora.

Posibles reacciones violentas con:

- Indicadores de polimerización (p.ej. metales alcalinos).
- Ácidos.
- Óxidos de nitrógeno.
- Peroxido de hidrogeno.
- Sustancias oxidantes.
- Materiales orgánicos.
- Ácido per fórmico / Fenol.

 OXIDIAL® Soluciones químicas	Hoja de Seguridad OXIDIAL	Código:	MSDS -003	Fecha:	30/05/08
		Revisión:	02	Preparado por:	A.P
		Página:	4/6	Revisado por:	H.Y

10.- Información toxicológica:

Toxicidad aguda:

LC₅₀ (inhalativo, rata): 0.578 mg/l.

LD₅₀ (dérmica, conejo): 270 mg/Kg.

LD₅₀ (oral, rata): 100 mg/Kg.

La exposición e inhalación prolongada puede originar síntomas de asma. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos. (Cancerígeno categoría 4).

11.- Información ecológica:

Degradación rápida (aire, formaldehído). Utilizar el producto según las correctas prácticas de trabajo evitando su dispersión en su estado puro en el medio ambiente.

Efecto desinfectante. Tóxico en medios acuáticos.

12.- Consideraciones sobre su eliminación:

No hay establecidas pautas homogéneas sobre eliminación de residuos químicos, con lo que el mismo tiene carácter de residuo especial, quedando sujeto su tratamiento y eliminación a los reglamentos internos de cada región. No reutilizar los envases y embalajes.

13.- Información sobre el transporte:

- Clase 8
- Grupo de embalaje III
- Denominación técnica: Solución de formaldehído (formol).

Bajo ninguna circunstancia alterar su embalaje original (envases primario, secundario y terciario). No transportar con alimentos y piensos.


14.- Información reglamentaria:

- Etiquetado:



Toxico



 OXIDIAL® Soluciones químicas	Hoja de Seguridad OXIDIAL	Código:	MSDS -003	Fecha:	30/05/08
		Revisión:	02	Preparado por:	A.P
		Página:	5/6	Revisado por:	H.Y

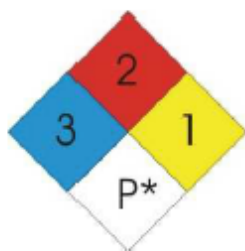
- Frases R: 23/24/25-34-39/23/24/25-40-43 “Toxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel. Provoca quemaduras. Toxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación contacto con la piel e ingestión. Posibles efectos cancerígenos. Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel”.
- Frases S: 26-36/37/39-45-51 “En caso de contacto con los ojos, lavese inmediatamente con abundante agua. En caso de accidente acuda inmediatamente al medico. Usense indumentaria, guantes adecuados y protección para ojos. Usese únicamente en lugares bien ventilados”.

15.- Información complementaria:

Azul:
 Peligro para la salud
 4- Mortal
 3- Muy peligroso
 2- Peligroso
 1- Poco peligroso
 0- Normal

Rojo:
 Inflamabilidad
 4- Debajo de 25° C
 3- Debajo de 37° C
 2- Debajo de 93° C
 1- Encima de 93° C
 0- No arde

Amarillo:
 Reactividad
 4- Puede explotar
 3- Puede explotar en caso de choque o calentamiento
 2- Cambio químico violento
 1- Inestable en caso de calentamiento
 0- Estable



Blanco:
 Peligro específico
 ACID – Ácido
 ALK – Alcalino
 COR – Corrosivo
 OXY – Oxidante
 P – Polimeriza (*) Protección personal completa

Nota: Recomendamos que el encargado de su manipulación tenga la información sobre su aplicación y los riesgos específicos del producto. Esta hoja fue redactada por el Depto. Técnico de Oxidial SRL basado en conocimientos propios y de nuestro proveedor a la fecha de su emisión. La misma se refiere únicamente al producto indicado y puede no ser válida si es utilizado de forma inadecuada o en combinación con otros. En cada caso es responsabilidad del usuario determinar como esta información debería ser aplicada y la adaptabilidad a su particular finalidad.

Para mayor información ponerse en contacto al (0223) 4827000 o por mail a info@oxidial.com.ar



"Tailor made reagents"

CHEM LAB NV
Industriezone "De Arend" 2
B-8210 Zedelgem
Tel.: (32)-50-288320
Fax.: (32)-50-782654

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

1. Identificación de la sustancia o del preparado.

1.1 Identificador del producto

No. Artículo CL05.1438
Denominación Sodio hidróxido 10 mol/l
Número de registro REACH 01-2119457892-27
No. CAS 1310-73-2

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados: Análisis químico

1.3 Información suministrada por CHEM-LAB n.v. departamento productos.

Departamento responsable e-mail: info@chem-lab.be

1.4 Teléfono de urgencias: 00 (32) 50.28.83.20

2. Identificación de peligros.

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla (EG 1272/2008)

Corrosión cutáneas, Categorie 1A, H314
Corrosivos para los metales, Categorie 1, H290

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta Sección, véase la Sección 16

Clasificación (REGALMENTO (CE) No 1272/2008) (67/548/EEG or 1999/45/EF)

C Corrosivo R35

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16

2.2 GHS-Etiquetado

GHS-Etiquetado Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008) (EG 1272/2008)

Pictogramas de peligro:



Palabra de advertencia:
PELLIGRO

Indicaciones de peligro:

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H290 Puede ser corrosivo para los metales.

Consejos de prudencia:

P280 Llevar guantes, prendas, gafas, máscara de protección.
P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
P309 + P310 EN CASO DE exposición o si se encuentra mal: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

Etiquetado reduce
Pictogramas de peligro:



Palabra de advertencia:
PELLIGRO

Indicaciones de peligro:
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia:
P280 Llevar guantes, prendas, gafas, máscara de protección.
P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

3. Composición/información sobre los componentes.

3.1 Sustancia
No aplicable

3.2 Mezcla
Componentes peligrosos:
Name according to EC directives:

Componente	Cas-No.	Concentración	Clasificación (REGALMENTO (CE) No 1272/2008)
Sodio hidróxido, lentejas p.a.	1310-73-2	≥25%	Skin Corr. 1A (H314) Met. Corr. 1 (H290)

Componente	Número Reach
Sodio hidróxido, lentejas p.a.	01-2119457892-27

(Full text of R_Phrases in heading 16)

4. Primeros auxilios.

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

El socorrista debe autoprotegerse!

Tras inhalación: Llevar al aire libre, llamar al médico.

Tras contacto con la piel: Aclarar con abundante agua. Eliminar la ropa contaminada.

Tras contacto con los ojos: Aclarar con abundante agua, manteniendo los párpados abiertos (al menos durante 10 minutos). Avisar inmediatamente al oftalmólogo.

Tras ingestión: No dar nada por la boca a una persona inconciente. Beber agua (máximo dos vasos), evitar vómitos (riesgo de perforación!). Avisar inmediatamente al médico. No efectuar medidas de neutralización.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Principales síntomas y efectos, agudos y retardados...

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible

5. Medidas de lucha contra incendios.

5.1 Medios de extinción adecuados

Medios de extinción apropiados

Adaptar a los materiales en el contorno.

Medios de extinción no apropiados

Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Incombustible. Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente.

Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

5.4 Otros datos

No hay información disponible

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental.

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

No inhalar los vapores/aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Proceder a ventilación en lugares cerrados.

Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No lanzar por el sumidero.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Absorber con vermiculita, arena o paño de un centro de desechos químicos.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

7. Manipulación y almacenamiento.

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Usar protección para la piel, manos y ojos.

Precauciones véase sección 2.2

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Bien cerrado.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

8. Controles de exposición/protección personal.

8.1 Parámetros de control

8.2 Controles de la exposición

Disposiciones de ingeniería

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Deberá aclararse con el proveedor la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Véase sección 7.1

Medidas de protección individual

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo. No comer ni beber en el lugar de trabajo bajo ninguna circunstancia. Trabajar bajo vitrina extractora. No inhalar la sustancia.

Protección respiratoria

Necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

Protección de los ojos

Necesario(s).

Protección de las manos

Necesario(s).

Protección del cuerpo

Necesario(s).

Controles de exposición medioambiental

No lanzar por el sumidero.

9. Propiedades físicas y químicas.

9.1 Information on basis physical

Aspecto

Estado físico:	liquid
Color:	colourless
Olor:	odourless

Cambios de estado físico

Punto de fusión:	0°C
Punto de ebullición:	100°C
Temperatura de ignición:	-
Punto de inflamación:	-
Masa Molec.:	40.00 g/mol
Densidad	1,33 g/ml
Valor pH:	pH > 13
Solubilidad en agua:	soluble
Límites de explosión:	

9.2 Otros datos

No hay información disponible.

10. Estabilidad y reactividad.

10.1 Reactividad

Véase sección 10.3

- 10.2 Estabilidad química**
No hay información disponible.
- 10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas**
Reacciona violentamente con ácidos.
- 10.4 Condiciones que deben evitarse**
No hay información disponible.
- 10.5 Materiales incompatibles**
No hay información disponible.
- 10.6 Productos de descomposición peligrosos**
No hay información disponible.

11. Información toxicológica.

11.1 Información toxicológicos

Toxicidad oral aguda
LD50 orl. rbt 500 mg/kg

Toxicidad aguda por inhalación
No hay información disponible.

Toxicidad cutánea aguda
No hay información disponible.

Irritación de la piel
No hay información disponible.

Irritación ocular
No hay información disponible.

Sensibilización
No hay información disponible.

Mutagenicidad en células germinales
No hay información disponible.

Carcinogenicidad
No hay información disponible.

Toxicidad para la reproducción
No hay información disponible.

Teratogenicidad
No hay información disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única
No hay información disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas
No hay información disponible.

Peligro de aspiración
No hay información disponible.

11.2 Otros datos

No hay información disponible.

Otros datos:

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad..

12. Información ecológica.

- 12.1 Toxicidad
No hay información disponible.
- 12.2 Persistencia y degradabilidad
No hay información disponible.
- 12.3 Potencial de bioacumulación
No hay información disponible.
- 12.4 Movilidad en el suelo
No hay información disponible.
- 12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB
No hay información disponible.
- 12.6 Otros efectos adversos
No incorporar a suelos ni acuíferos!

13. Consideraciones relativas a la eliminación.

Producto: Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales. Embalaje: Los envases de productos Chem-Lab han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales.

14. Información relativa al transporte.

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1824
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Sodium hydroxide solution
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	-
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	(E)

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

14.1 Número ONU	UN 1824
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Sodium hydroxide solution
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	-
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU	UN 1824
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Sodium hydroxide solution
14.3 Clase	8
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	-
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

15. Información reglamentaria.

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

16. Otras informaciones.

Los datos suministrados en esta ficha de seguridad se basan en nuestro actual conocimiento al momento de la publicación. Si bien se ha tenido extremo cuidado durante la composición de este texto, el editor no se responsabiliza de los daños resultantes debidos a posibles errores en esta publicación.

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H290 Puede ser corrosivo para los metales.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

El texto completo de las frases-R referidas en las secciones 2 y 3.

R35 Provoca quemaduras graves.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 02.09.2014

Versión 1.2

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número	106652
Denominación	Sodio sulfito adecuado para el uso como excipiente EMPROVE® exp Ph Eur,BP,NF,E 221
Número de registro REACH	No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.
No. CAS	7757-83-7

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Producción farmacéutica, Materia prima para cosméticos Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merck-chemicals.com).
--------------------	---

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	manuel.caceres@merckgroup.com; Tel: 4254770 Ext. 5301
Representante regional	Merck S.A. Calle 10 No. 65-28 Bogotá D.C. Colombia
	Tel: 4254747 Fax: 4255407

1.4 Teléfono de emergencia	Línea Salvavidas CISTEMA-SURA 018000941414 018000511414 4055911
----------------------------	--

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Esta sustancia no es clasificada como siendo peligrosa según la legislación de la Unión Europea.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.

2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en www.merckgroup.com

Página 1 de 9

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

Indicaciones de peligro

H226 Líquidos y vapores inflamables.
H332 Nocivo en caso de inhalación.

Consejos de prudencia

Prevención
P210 Mantener alejado de fuentes de calor

Etiquetado reducido (≤ 125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Atención

No. Índice 606-010-00-7

2.3 Otros peligros
Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancia

Formula $C_6H_{10}O$ (Hill)
No. Índice 606-010-00-7
No. CE 203-631-1
Masa molar 98,14 g/mol

Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Número de registro	Clasificación
Ciclohexanona ($\leq 100\%$)		
108-94-1	*)	Líquido inflamable, Categoría 3, H226 Toxicidad aguda, Categoría 4, H332

*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Componentes peligrosos (1999/45/CE)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Clasificación
Ciclohexanona ($\leq 100\%$)	
108-94-1	R10 Xn, Nocivo; R20

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

3.2 Mezcla
no aplicable

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102888
Denominación	Ciclohexanona EMPLURA®

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco. En caso de parada respiratoria: Respiración asistida o por medios instrumentales. ¡Suministración de oxígeno en caso necesario! Llamar inmediatamente al médico.

Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Eliminar ropa contaminada.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, manteniendo abiertos los párpados. En caso necesario, llamar al oftalmólogo.

Tras ingestión: cuidado con los vómitos. ¡Peligro de aspiración! Mantener libres las vías respiratorias. Posible obstrucción pulmonar tras aspiración del vómito. Llame inmediatamente al médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

efectos irritantes, Vértigo, narcosis, Náusea, Vómitos, Trastornos del estómago/intestinales, Dolor de cabeza, Salivación, Coma
Riesgo de turbidez en la córnea.

Para cetonas en general: tras inhalación de vapores/aerosoles, irritaciones de las mucosas, tos y dificultades respiratorias. Tras absorción de grandes cantidades: depresiones del sistema nervioso central (narcosis). Tras contacto repetido con la piel, efectos desengrasantes con posibles infecciones secundarias. No pueden excluirse efectos tóxicos sobre los riñones y el hígado a dosis elevadas. Por inhalación de gotitas existe riesgo de edema respiratorio.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Laxantes: Sulfato sódico (1 cuch. sop./ 1/4 l de agua).

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Dióxido de carbono (CO₂), Espuma, Polvo seco

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

Prestar atención al retorno de la llama.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

Otros datos

Enfriar los contenedores cerrados expuestos al fuego con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102888
Denominación	Ciclohexanona EMPLURA®

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar el contacto con la sustancia. No respirar los vapores, aerosoles. Asegúrese una ventilación apropiada. Manténgase separado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia: Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No tirar los residuos por el desagüe. Riesgo de explosión.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames.

Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10).

Recoger con materiales absorbentes, p. ej. con Chemisorb®. Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla. Evítese la generación de vapores/aerosoles.

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición.

Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Manténgase separado del calor y de las fuentes de ignición. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes

Base	Valor	Límites umbrales	Observaciones
<i>Ciclohexanona (108-94-1)</i>			
ECTLV	Límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo	10 ppm 40,8 mg/m ³	
	Límite Permisible Temporal:	20 ppm 81,6 mg/m ³	
VLA	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
	Clasificación de riesgo a la piel:		Absorción potencial a través de la piel.
	Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC)	20 ppm 82 mg/m ³	
	Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)	10 ppm 41 mg/m ³	

Procedimientos de control recomendados

Los métodos para la medición de la atmósfera del puesto de trabajo deben cumplir con los requisitos de las normas DIN EN 482 y DIN EN 689.

8.2 Controles de la exposición

Disposiciones de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal. Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante: goma butílica
Espesor del guante: 0,7 mm
Tiempo de perforación: > 480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Vitón (R)
Espesor del guante: 0,70 mm
Tiempo de perforación: > 120 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 898 Butoject® (Sumerción), KCL 890 Vitoject® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama

Protección respiratoria

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro A

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Controles de exposición medioambiental

No tirar los residuos por el desagüe.

Riesgo de explosión.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	líquido
Color	incolore
Olor	picante
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	aprox. 7 a 70 g/l 20 °C
Punto de fusión	-31 °C
Punto /intervalo de ebullición	aprox. 155 °C a 1.013 hPa
Punto de inflamación	43 °C Método: c.c.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	1,3 %(V)
Límite de explosión, superior	9,4 %(V)
Presión de vapor	aprox. 24 hPa a 50 °C

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

	aprox.4,5 hPa a 20 °C
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad relativa	0,95 g/cm ³ a 20 °C
Solubilidad en agua	aprox.90 g/l a 20 °C
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	log Pow: 0,81 (experimentalmente) (IUCALID) No es de esperar una bioacumulación.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	No hay información disponible.
Viscosidad, dinámica	2,2 mPa.s
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	ningún
9.2 Otros datos	
Temperatura de ignición	430 °C Método: DIN 51794

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso.

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión con:

Ácido nítrico, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, Oxidantes, ácidos minerales

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento.

10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 rata: 1.540 mg/kg (Ficha de datos de Seguridad externa) (Reglamento (CE) No 1272/2008, Anexo VI)

Síntomas: Trastornos del estómago/intestinales, Existe riesgo de aspiración al vomitar., Aspiración puede causar edema pulmonar y neumonía.

Toxicidad aguda por inhalación

CL50 rata: 32,65 mg/l; 4 h (Ficha de datos de Seguridad externa)
absorción

Síntomas: A dosis elevadas., Irritaciones en las vías respiratorias.

Toxicidad cutánea aguda

DL50 conejo: 948 mg/kg (Ficha de datos de Seguridad externa) (Reglamento (CE) No 1272/2008, Anexo VI)
absorción

Irritación de la piel

Una exposición repetida o prolongada puede causar irritación de la piel y dermatitis debido a las propiedades desengrasantes del producto.

Irritación ocular

Riesgo de turbidez en la córnea.

Sensibilización

Esta información no está disponible.

Mutagenicidad en células germinales

Genotoxicidad in vitro

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero):

Resultado: negativo

(National Toxicology Program)

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

(National Toxicology Program)

Carcinogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad para la reproducción

Esta información no está disponible.

Teratogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Esta información no está disponible.

Peligro de aspiración

Esta información no está disponible.

11.2 Otros datos

Efectos sistémicos:

Tras absorción de grandes cantidades:

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102888
Denominación	Ciclohexanona EMPLURA®

Dolor de cabeza, Salivación, Náusea, Vómitos, Vértigo, narcosis, Coma
Para cetonas en general: tras inhalación de vapores/aerosoles, irritaciones de las mucosas, tos y dificultades respiratorias. Tras absorción de grandes cantidades: depresiones del sistema nervioso central (narcosis). Tras contacto repetido con la piel, efectos desengrasantes con posibles infecciones secundarias. No pueden excluirse efectos tóxicos sobre los riñones y el hígado a dosis elevadas. Por inhalación de gotitas existe riesgo de edema respiratorio.
Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces

CL50 Pimephales promelas (Piscardo de cabeza gorda): 527 mg/l; 96 h
OECD TG 203

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 800 mg/l; 24 h (Literatura)
EC5 Protozoa: 573 mg/l; 48 h (concentración tóxica límite) (IUCLID)

Toxicidad para las algas

IC5 Scenedesmus quadricauda (alga verde): 370 mg/l; 8 d (IUCLID)

Toxicidad para las bacterias

EC5 Pseudomonas putida: 180 mg/l; 16 h (concentración tóxica límite) (Literatura)

12.2 Persistencia y degradabilidad

Biodegradabilidad

87 %; 14 d
test de MITI

(IUCLID)

Fácilmente biodegradable.

Demanda teórica de oxígeno (DTO)

2.608 mg/g

Método: (calculado)

(Literatura)

12.3 Potencial de bioacumulación

Coefficiente de reparto n-octanol/agua

log Pow: 0,81

(experimentalmente)

(IUCLID) No es de esperar una bioacumulación.

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

Información ecológica complementaria

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con la directiva sobre residuos 2008/98/CE así como con otras normativas locales o nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU UN 1915
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas Ciclohexanona
14.3 Clase 3
14.4 Grupo de embalaje III
14.5 Peligrosas ambientalmente --
14.6 Precauciones particulares para los usuarios si
Código de restricciones en túneles D/E

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

14.1 Número ONU UN 1915
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas CYCLOHEXANONE
14.3 Clase 3
14.4 Grupo de embalaje III
14.5 Peligrosas ambientalmente --
14.6 Precauciones particulares para los usuarios no

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU UN 1915
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas CYCLOHEXANONE
14.3 Clase 3
14.4 Grupo de embalaje III
14.5 Peligrosas ambientalmente --
14.6 Precauciones particulares para los usuarios si

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

EmS F-E S-D

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de 96/82/EC
Accidente Importante Inflamable.
Alemania 6
Cantidad 1: 5.000 t
Cantidad 2: 50.000 t

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes. Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo con la Directiva del Consejo 92/85/CEE o regulaciones más rigurosas nacionales.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono no regulado

Reglamento (CE) n° 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE no regulado

Reglamento (CE) No 689/2008 relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos no regulado

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal correspondiente (> 0,1 % (p/p) normativa CE n.º 19 07/2006 (REACH), artículo 57).

Legislación nacional

Clase de almacenamiento 3

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H226 Líquidos y vapores inflamables.
H332 Nocivo en caso de inhalación.

El texto completo de las frases-R referidas en las secciones 2 y 3

R10 Inflamable.
R20 Nocivo por inhalación.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102888
Denominación Ciclohexanona EMPLURA®

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Etiquetado (67/548/CEE o 1999/45/CE)

<i>Símbolo(s)</i>	 Xn	Nocivo
<i>Frase(s) - R</i>	10-20	Inflamable. Nocivo por inhalación.
<i>Frase(s) - S</i>	25	Evítese el contacto con los ojos.
No. CE	203-631-1	Etiqueta CE
Etiquetado reducido (≤125 ml)		
<i>Símbolo(s)</i>	 Xn	Nocivo
<i>Frase(s) - R</i>	10-20	Inflamable. Nocivo por inhalación.

Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad
Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

VWR International Eurolab S.L | C/ de Tecnología, 5-17 | A7-Llinars Park | 08450 Llinars del Vallés | Tel.: +34 902 222 897 | Fax: +34 902 430 657

Merck, S.L. | María de Molina, 40 | 28006 Madrid | España | Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email:SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com | www.merck.es

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 30.04.2015

Versión 3.0

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Artículo número	100263
Denominación	Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp DAC
Número de registro REACH	No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.
No. CAS	64-18-6

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Producción farmacéutica, Materia prima para cosméticos Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merckgroup.com); for USA/Canada www.emdgroup.com).
--------------------	--

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0
Departamento Responsable	manuel.caceres@merckgroup.com; Tel: 4254770 Ext. 5301
Representante regional	Merck S.A. Calle 10 No. 65-28 Bogotá D.C. Colombia
	Tel: 4254747 Fax: 4255407

1.4 Teléfono de emergencia	Línea Salvavidas SISTEMA-SURA 018000941414 018000511414 4055911
----------------------------	--

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Líquido inflamable, Categoría 3, H226
Toxicidad aguda, Categoría 4, Oral, H302
Toxicidad aguda, Categoría 3, Inhalación, H331
Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100263
Denominación Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp
DAC

Clasificación (67/548/CEE o 1999/45/CE)

C	Corrosivo	R10
Xn	Nocivo	R35
		R20/22

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H226 Líquidos y vapores inflamables.
H302 Nocivo en caso de ingestión.
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H331 Tóxico en caso de inhalación.
EUH071 Corrosivo para las vías respiratorias.

Consejos de prudencia

Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor.
P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Etiquetado reducido (≤ 125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H331 Tóxico en caso de inhalación.

Consejos de prudencia

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.
P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100263
Denominación Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp
DAC

confortable para respirar.
P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

No. CAS 64-18-6

2.3 Otros peligros
Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancia

Formula	HCOOH	CH ₂ O ₂ (Hill)
No. CE	200-579-1	
Masa molar	46,03 g/mol	

Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Número de registro	Clasificación
---------	--------------------	---------------

Ácido fórmico (>= 90 % - <= 100 %)

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII.

64-18-6

*)

Líquido inflamable, Categoría 3, H226
Toxicidad aguda, Categoría 4, H302
Toxicidad aguda, Categoría 3, H331
Corrosión cutáneas, Categoría 1A, H314

*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto íntegro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

Componentes peligrosos (1999/45/CE)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Clasificación
---------	---------------

Ácido fórmico (>= 90 % - <= 100 %)

64-18-6

R10

C, Corrosivo; R35

Xn, Nocivo; Xn; R20/22

El texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, se indica en la Sección 16.

3.2 Mezcla
No aplicable

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

El socorrista necesita protegerse a sí mismo.

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en www.merckgroup.com

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	100263
Denominación	Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp DAC

Tras inhalación: aire fresco. Llamar inmediatamente al médico. Tras parada respiratoria: inmediatamente respiración instrumental. Aplicar oxígeno en caso necesario.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse. Llame inmediatamente al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (¡peligro de perforación!). Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

conjuntivitis

Irritación y corrosión, Tos, Insuficiencia respiratoria

¡Riesgo de ceguera!

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Agua, Espuma, Dióxido de carbono (CO₂), Polvo seco

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Inflamable.

Los vapores son más pesados que el aire y pueden expandirse a lo largo del suelo.

En caso de calentamiento pueden producirse mezclas explosivas con el aire.

En caso de incendio posible formación de gases de combustión o vapores peligrosos.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada.

Otros datos

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada.

Separar el recipiente de la zona de peligro y refrigerarlo con agua. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los vapores, aerosoles. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada.

Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en www.merckgroup.com

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	100263
Denominación	Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp DAC

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Riesgo de explosión.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames.
Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10).
Recoger con material absorbente de líquidos y neutralizante, p. ej. con Chemizorb® H* (art. Merck 101595). Proceder a la eliminación de los residuos. Aclarar.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla. Evítese la generación de vapores/aerosoles.

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

Mantener apartado de las llamas abiertas, de las superficies calientes y de los focos de ignición.
Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes

No usar recipientes metálicos.

Condiciones de almacenamiento

Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado. Manténgase alejado del calor y de las fuentes de ignición. Mantenerlo encerrado en una zona únicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas.

Posible descomposición con formación de productos gaseosos, especialmente tras largo almacenamiento. Cerrar los recipientes permitiendo el escape de la presión interior (p. ej. con válvula de seguridad).

Protejido de la luz.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100263
Denominación Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp
DAC

Ácido fórmico (64-18-6)

CO OEL	Media Ponderada en el Tiempo (TWA)	5 ppm
	Límite de Exposición Breve (LEB):	10 ppm

8.2 Controles de la exposición

Disposiciones de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante:	Policloropreno
Espesor del guante:	0,65 mm
tiempo de penetración:	> 480 min

Salpicaduras:

Material del guante:	Latex natural
Espesor del guante:	0,6 mm
tiempo de penetración:	> 60 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 720 Camapren® (Sumerción), KCL 706 Lapren® (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección

Ropa protectora contra ácidos

Vestimenta protectora antiestática retardante de la flama.

Protección respiratoria

necesaria en presencia de vapores/aerosoles.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro E-(P3)

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Estas medidas deben ser documentadas debidamente.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100263
Denominación Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp
DAC

Controles de exposición medioambiental
No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.
Riesgo de explosión.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	líquido
Color	incolore
Olor	picante
Umbral olfativo	0,02 - 49,1 ppm
pH	2,2 a 10 g/l 20 °C
Punto de fusión	4 °C Método: Directrices de ensayo 102 del OECD
Punto /intervalo de ebullición	100,23 °C Método: Directrices de ensayo 103 del OECD
Punto de inflamación	48 °C Método: c.c.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	12 %(V)
Límite de explosión, superior	38 %(V)
Presión de vapor	42 hPa a 20 °C Método: Directrices de ensayo 104 del OECD
Densidad relativa del vapor	1,59
Densidad	1,22 g/cm ³ a 20 °C Método: Directrices de ensayo 109 del OECD
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	a 20 °C soluble

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100263
Denominación Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp
DAC

Coefficiente de reparto n-
octanol/agua log Pow: -2,1 (23 °C)
Directrices de ensayo 107 del OECD
No es de esperar una bioacumulación.

Temperatura de auto-
inflamación No hay información disponible.

Temperatura de descomposición No hay información disponible.

Viscosidad, dinámica 1,8 mPa.s
a 20 °C

Propiedades explosivas No clasificado/a como explosivo/a.

Propiedades comburentes ningún

9.2 Otros datos

Temperatura de ignición 480 °C
Método: DIN 51794

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Las mezclas vapor/agua son explosivas con un calentamiento intenso.

10.2 Estabilidad química

sensible al calor
Sensibilidad a la luz

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

Aluminio

Riesgo de explosión con:

nitrocompuestos orgánicos, hipoclorito sódico, peróxido de hidrógeno/agua oxigenada, Alcohol
furfurílico

Desprendimiento de gases o vapores peligrosos con:

Álcalis, Agentes oxidantes fuertes, Ácido sulfúrico, óxidos no metálicos, catalizadores metálicos,
Oxidos de fósforo, Ácido nítrico, nitratos

Reacción exotérmica con:

hidróxidos alcalinotérreos, hidróxidos alcalinos

10.4 Condiciones que deben evitarse

Calentamiento.

10.5 Materiales incompatibles

Metales

10.6 Productos de descomposición peligrosos

información no disponible

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	100263
Denominación	Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp DAC

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 Rata: 730 mg/kg
Directrices de ensayo 401 del OECD

Síntomas: Si es ingerido, provoca quemaduras severas de la boca y la garganta, así como peligro de perforación del esófago y del estómago.
absorción

Toxicidad aguda por inhalación

CL50 Rata: 7,4 mg/l; 4 h ; vapor
Directrices de ensayo 403 del OECD

Síntomas: quemaduras de las mucosas, Tos, Insuficiencia respiratoria, Consecuencias posibles:, perjudica las vías respiratorias, Edema pulmonar
absorción

Toxicidad cutánea aguda

Esta información no está disponible.

Irritación de la piel

Conejo
Resultado: Provoca quemaduras.
Directrices de ensayo 404 del OECD
Provoca quemaduras graves.

Irritación ocular

Provoca lesiones oculares graves. conjuntivitis Los vapores producen irritación ocular.
¡Riesgo de ceguera!

Sensibilización

Buehler Test Conejillo de indias
Resultado: negativo
Método: Directrices de ensayo 406 del OECD

Mutagenicidad en células germinales

Genotoxicidad in vitro
Prueba de Ames
Salmonella typhimurium
Resultado: negativo

(Literatura)

Carcinogenicidad

No muestra efectos cancerígenos en experimentos con animales. (IUCLID)

Toxicidad para la reproducción

No hay reducción de la capacidad reproductora en experimentos con animales. (IUCLID)

Teratogenicidad

Esta información no está disponible.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	100263
Denominación	Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp DAC

Efectos CMR

Mutagenicidad:

No hay sospecha de propiedades mutagénicas.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Esta información no está disponible.

Peligro de aspiración

Esta información no está disponible.

11.2 Otros datos

Tras absorción:

acidosis, hemólisis

Perjudicial para:

Riñón

El producto debe manejarse con especial cuidado.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces

CL50 Leuciscus idus (Carpa dorada): 46 - 100 mg/l; 96 h
(IUCLID)

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

CE50 Daphnia magna (Pulga de mar grande): 34,2 mg/l; 48 h
(IUCLID)

Toxicidad para las algas

IC50 Desmodesmus subspicatus (alga verde): 27 mg/l; 72 h
(Literatura)

Toxicidad para las bacterias

EC10 lodo activado: 72 mg/l; 13 d
(Ficha de datos de Seguridad externa)

CE50 Pseudomonas putida: 47 mg/l; 17 h
(IUCLID)

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos (Toxicidad crónica)

Ensayo semiestático NOEC Daphnia magna (Pulga de mar grande): \geq 100 mg/l; 21 d
OECD TG 211

12.2 Persistencia y degradabilidad

Biodegradabilidad

98 %; 14 d

OECD TG 301E

neutro

Fácilmente biodegradable.

12.3 Potencial de bioacumulación

Coefficiente de reparto n-octanol/agua

log Pow: -2,1 (23 °C)

Directrices de ensayo 107 del OECD

No es de esperar una bioacumulación.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100263
Denominación Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp
DAC

Bioacumulación

No se acumula significativamente en organismos.

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

La sustancia no cumple los criterios de PBT o mPmB según el Reglamento (CE) núm. 1907/2006, anexo XIII.

12.6 Otros efectos adversos

Información ecológica complementaria

A pesar de la dilución forma todavía mezclas cáusticas con agua. Efecto perjudicial por desviación del pH. Posible neutralización en depuradoras. No deben esperarse interferencias en depuradoras si se usa adecuadamente.

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales o nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1779
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Ácido fórmico
14.3 Clase	8 (3)
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	D/E

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100263
Denominación Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp
DAC

14.1 Número ONU UN 1779
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas FORMIC ACID
14.3 Clase 8 (3)
14.4 Grupo de embalaje II
14.5 Peligrosas ambientalmente --
14.6 Precauciones particulares para los usuarios si
No está permitido para el transporte

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU UN 1779
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas FORMIC ACID MORE THAN 85%
14.3 Clase 8 (3)
14.4 Grupo de embalaje II
14.5 Peligrosas ambientalmente --
14.6 Precauciones particulares para los usuarios si
EmS F-E S-C
14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Legislación nacional

Clase de almacenamiento 3

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para éste producto no se realizo una valoración de la seguridad química.

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H226 Líquidos y vapores inflamables.
H302 Nocivo en caso de ingestión.
H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H331 Tóxico en caso de inhalación.

El texto completo de las frases-R referidas en las secciones 2 y 3

R10 Inflamable.
R20/22 Nocivo por inhalación y por ingestión.
R35 Provoca quemaduras graves.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 100263
Denominación Ácido fórmico 98-100 % adecuado para uso como excipiente EMPROVE® exp DAC

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Etiquetado

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H226 Líquidos y vapores inflamables.

H302 Nocivo en caso de ingestión.

H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H331 Tóxico en caso de inhalación.

EUH071 Corrosivo para las vías respiratorias.

Consejos de prudencia

Prevención

P210 Mantener alejado de fuentes de calor.

P280 Llevar guantes/ prendas/ gafas/ máscara de protección.

Intervención

P301 + P330 + P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P304 + P340 EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P308 + P310 EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico.

Etiquetado (67/548/CEE o 1999/45/CE)

Símbolo(s) C Corrosivo

Frase(s) - R 10-35-20/22 Inflamable. Provoca quemaduras graves. Nocivo por inhalación y por ingestión.

Frase(s) - S 23-26-45 No respirar los vapores. En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).

No. CE 200-579-1

Etiquetado reducido (≤125 ml)

Símbolo(s) C Corrosivo

Frase(s) - R 10-35-20/22 Inflamable. Provoca quemaduras graves. Nocivo por inhalación y por ingestión.

Frase(s) - S 26-45 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).

ANEXO B
FORMATOS DE TOMA DE DATOS DE LABORATORIO.

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
INGENIERÍA QUÍMICA
FORMATO DE PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

LABORATORIO Universidad de América FECHA 24 10 15

TIPO DE EXPERIMENTO Pre-experimentación, Ensayo 2

NOMBRES Catalina Jaime y Natalia Paz

Cantidad a
Disolver de formaldehido 203,5 ml

Cantidad de Formaldehido 150 ml

Peso del Sulfito de sodio 32g

Temperatura de la
disolución Del NaSO₄ 22°C

Temperatura ambiente 13°C

pH de la solución antes
de agregar el NaOH 11,82

Cantidad de NaOH 14,2 ml

pH con el NaOH 12,13

Cantidad de Ciclohexanona 51,5 ml

Temperatura de la mezcla 76°C

CONDENSACIÓN

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	120
20	105
40	114
60	117
80	118
100	118

120	118
140	118
160	119
180	118

Promedio de Temperatura 116,5°C

Color del polímero Café rojizo

pH del polímero sin
agregar el Ácido fórmico _____

ADICIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Inicio (ml)	Final (ml)	Total agregado (ml)
4,1	5	0,9
5	5,5	0,5
5,5	6,1	0,6
6,1	6,3	0,2
6,3	6,5	0,2

Total de ácido fórmico 2,4

pH del polímero 10,18

Volumen total del polímero
CFS _____

OBSERVACIONES

Al agregar la ciclohexanona a la mezcla Formol-sulfito, se debe agitar prolongadamente.

PROPIEDADES DEL POLIMERO

DENSIDAD

PESO DEL PICNOMETRO (g)	PESO CON POLIMERO (g)	MASA NETA ADITIVO (g)
20,2421	51,2012	30,9591
20,1383	51,2027	31,0644
20,2526	51,2621	31,0095

Con densímetro — 0 —

VISCOSIDAD

TOMA	TIEMPO (s)
1	204
2	210
3	216

INDICE DE REFRACCIÓN

TOMA	INDICE
1	1,418
2	1,419
3	1,419

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

INGENIERÍA QUÍMICA

FORMATO DE PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

LABORATORIO Universidad de América FECHA 7 11 15

TIPO DE EXPERIMENTO Pre-experimentación, Ensayo 3

NOMBRES Catalina Jaime y Natalia Paz

Cantidad a
Disolver de formaldehido 202,7 ml

Cantidad de Formaldehido 150 ml

Peso del Sulfito de sodio 32g

Temperatura de la
disolución Del NaSO₄ 30°C

Temperatura ambiente 14°C

pH de la solución antes
de agregar el NaOH 12,13

Cantidad de NaOH 13 ml

pH con el NaOH 12,43

Cantidad de Ciclohexanona 51,5 ml

Temperatura de la mezcla 69°C

CONDENSACIÓN

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	94
20	114
40	120
60	118
80	116
100	117

OBSERVACIONES

Se utilizó NaOH al 40% P/P
La reacción entre la Ciclohexanona y la mezcla Formel-sulfito es muy exotérmica y se expande rápidamente.

120	120
140	116
160	122
180	120

Promedio de Temperatura 115,7°C

Color del polímero Naranja intenso

pH del polímero sin
agregar el Ácido fórmico 12,51

ADICIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Inicio (ml)	Final (ml)	Total agregado (ml)
3,1	4,7	1,6
4,7	5	0,3
5	5,4	0,4
5,4	5,7	0,3
5,7	6,2	0,5

Total de ácido fórmico 3,1 ml

pH del polímero 9,3

Volumen total del polímero
CFS _____

PROPIEDADES DEL POLIMERO

DENSIDAD

PESO DEL PICNOMETRO (g)	PESO CON POLIMERO (g)	MASA NETA ADITIVO (g)
24,5096	53,8615	29,3519
24,6991	53,9133	29,2142
24,6253	53,7791	29,1538

Con densímetro 1,28 g/ml

VISCOSIDAD

TOMA	TIEMPO (s)
1	230
2	260
3	290

INDICE DE REFRACCIÓN

TOMA	INDICE
1	1,421
2	1,423
3	1,425

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
INGENIERÍA QUÍMICA
FORMATO DE PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

LABORATORIO Universidad de América FECHA 14 11 15

TIPO DE EXPERIMENTO Pre-experimentación, Ensayo 4

NOMBRES Catalina Jaime y Natalia Paez

Cantidad a
 Disolver de formaldehido 202,7ml

Cantidad de Formaldehido 450 ml

Peso del Sulfito de sodio 32g

Temperatura de la
 disolución Del NaSO₄ 26°C

Temperatura ambiente 13°C

pH de la solución antes
 de agregar el NaOH 11,92

Cantidad de NaOH 15,3ml

pH con el NaOH 12,24

Cantidad de Ciclohexanona 51,5ml

Temperatura de la mezcla 82°C

CONDENSACIÓN

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	110
20	117
40	118
60	118
80	118
100	119

OBSERVACIONES

Se detuvo el proceso de reflujo en t=2h
Se reinició la condensación a los 2 días para completar las 3 horas.

120	116
140	117
160	120
180	120

Promedio de Temperatura 117,3°C.

Color del polímero Naranja rojizo

pH del polímero sin
 agregar el Ácido fórmico _____

ADICIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Inicio (ml)	Final (ml)	Total agregado (ml)
19,01	19,32	0,31
19,32	20,42	0,7
20,42	20,62	0,2
20,62	20,82	0,2
20,82	21,21	0,39

Total de ácido fórmico 2,2ml

pH del polímero 9,41

Volumen total del polímero
 CFS _____

PROPIEDADES DEL POLIMERO

DENSIDAD

PESO DEL PICNOMETRO (g)	PESO CON POLIMERO (g)	MASA NETA ADITIVO (g)
20,0296	51,3521	31,3225
20,2179	51,4237	31,2058
20,1917	51,4613	31,2696

Con densímetro 1,26 g/ml

VISCOSIDAD

TOMA	TIEMPO (s)
1	202
2	216
3	230

INDICE DE REFRACCIÓN

TOMA	INDICE
1	1,415
2	1,4165
3	1,4165

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

INGENIERÍA QUÍMICA

FORMATO DE PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

LABORATORIO Universidad de América FECHA 20 02 16

TIPO DE EXPERIMENTO Pre-experimentación, Ensayo 5.

NOMBRES Catalina Jaime y Natalia Paz.

Cantidad a
Disolver de formaldehido 202,7ml

Cantidad de Formaldehido 150ml

Peso del Sulfito de sodio 32g

Temperatura de la
disolución Del NaSO₄ 24°C

Temperatura ambiente 16°C

pH de la solución antes
de agregar el NaOH 10,98

Cantidad de NaOH 37ml

pH con el NaOH 12,33

Cantidad de Ciclohexanona 51,5ml

Temperatura de la mezcla 60°C

CONDENSACIÓN

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	70
20	110
40	121
60	122
80	122
100	122

OBSERVACIONES

Al agregar más NaOH, la solución Formel-sulfito se torna cristalina, al añadir la ciclohexanona no se torna roja la mezcla, ni reaccionó violentamente, la mezcla se expandió cuando se montó al reflujó.

120	124
140	122
160	120
180	121

Promedio de Temperatura 115,4°C

Color del polímero Blanco.

pH del polímero sin
agregar el Ácido fórmico 13,1

ADICIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Inicio (ml)	Final (ml)	Total agregado (ml)
0	1	1
1	2	1
2	3	1
3	4,2	1,2
4,2	6,2	2
6,2	8,2	2
8,2	10,2	2

Total de ácido fórmico 10,2ml

pH del polímero 6,56.

Volumen total del polímero
CFS _____

PROPIEDADES DEL POLIMERO

DENSIDAD

PESO DEL PICNOMETRO (g)	PESO CON POLIMERO (g)	MASA NETA ADITIVO (g)
21,9831	52,7963	30,8132
22,1723	52,7002	30,5279
22,2364	52,8195	30,5831

Con densímetro 1,28 g/ml

VISCOSIDAD

TOMA	TIEMPO (s)
1	437
2	521
3	432

INDICE DE REFRACCIÓN

TOMA	INDICE
1	1,4054
2	1,4053
3	1,4053

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

INGENIERÍA QUÍMICA

FORMATO DE PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

LABORATORIO Universidad de América FECHA 27 02 16

TIPO DE EXPERIMENTO Pre-experimentación, Ensayo 6.

NOMBRES Catalina Jaime, Natalia Paz y Diana Guzmán.

Cantidad a
Disolver de formaldehido 202,7ml

Cantidad de Formaldehido 150ml

Peso del Sulfito de sodio 32g

Temperatura de la
disolución Del NaSO₄ 28°C

Temperatura ambiente 16°C

pH de la solución antes
de agregar el NaOH 11,87

Cantidad de NaOH 16ml

pH con el NaOH 12,21

Cantidad de Ciclohexanona 51,5ml

Temperatura de la mezcla 72°C.

CONDENSACIÓN

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	110
20	98
40	122
60	112
80	92
100	108

OBSERVACIONES

Se utilizo NaOH a 10M
No se dió presencia de sólidos

120	112
140	111
160	104
180	100

Promedio de Temperatura 106,9°C

Color del polimero Rojizo intenso

pH del polímero sin
agregar el Ácido fórmico 12,37

ADICIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Inicio (ml)	Final (ml)	Total agregado (ml)
21,5	22,5	1
22,5	23	0,5
23	23,7	0,7
23,7	24,4	0,7
24,4	25	0,6
25	25,5	0,5
25,5	25,6	0,1

Total de ácido fórmico 4,1ml

pH del polímero 10,32

Volumen total del polímero
CFS 205ml

PROPIEDADES DEL POLIMERO

DENSIDAD

PESO DEL PICNOMETRO (g)	PESO CON POLIMERO (g)	MASA NETA ADITIVO (g)
25,5292	56,6862	31,1570
25,5290	56,6844	31,1654
25,4721	56,6883	31,2162

Con densímetro 1,26 g/ml

VISCOSIDAD

TOMA	TIEMPO (s)
1	440
2	560
3	500

INDICE DE REFRACCIÓN

TOMA	INDICE
1	1,4202
2	1,4205
3	1,4218

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

INGENIERÍA QUÍMICA

FORMATO DE PARA RECOLECCIÓN DE DATOS ESCALAMIENTO

LABORATORIO Tecnoparque SENA FECHA 7 03 16

TIPO DE EXPERIMENTO Escalamiento 1

NOMBRES Catalina Jaime y Natalia Paez

Cantidad a
Disolver de formaldehido 810,6 ml

Cantidad de Formaldehido 650,32 ml

Peso del Sulfito de sodio 138,7 g

Temperatura de la
disolución Del NaSO₄ 31°C

Temperatura ambiente 17°C

pH de la solución antes
de agregar el NaOH 10,34

Cantidad de NaOH 60 ml

pH con el NaOH 12,24

Cantidad de Ciclohexanona 222,94 ml

Temperatura de la mezcla 100°C

CONDENSACIÓN

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	107
20	115,9
40	117
60	117,9
80	118,6
100	119,1

OBSERVACIONES

La reacción entre la Ciclohexanona tardó aproximadamente 5 minutos se elevó hasta el tope del beaker de 4L

120	119,2
140	120
160	120
180	120

Promedio de Temperatura 117,47°C

Color del polímero Rojo intenso

pH del polímero sin
agregar el Ácido fórmico 12,3

ADICIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Inicio (ml)	Final (ml)	Total agregado (ml)
26,2	28	1,8
28	29,5	1,5
29,5	31,1	1,6
31,1	33,2	2,1
33,2	34,8	1,6
34,8	41,5	7,7
41,5	42,4	0,9

Total de ácido fórmico 16,2 ml

pH del polímero 10,32

Volumen total del polímero
CFS 808 ml

PROPIEDADES DEL POLIMERO

DENSIDAD

PESO DEL PICNOMETRO (g)	PESO CON POLIMERO (g)	MASA NETA ADITIVO (g)
25,3559	57,0521	31,6962
25,4101	56,9984	31,5883
25,3907	57,0252	31,6355

Con densímetro 1,279/ml

VISCOSIDAD

TOMA	VISCOSIDAD (mPa.s)
1	45,1
2	
3	

INDICE DE REFRACCIÓN

TOMA	INDICE
1	1,4125
2	1,4115
3	1,4125

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
INGENIERÍA QUÍMICA

FORMATO DE PARA RECOLECCIÓN DE DATOS ESCALAMIENTO

LABORATORIO Tecnoparque SENA FECHA 10 03 16

TIPO DE EXPERIMENTO Escalamiento 2.

NOMBRES Catalina Jaime y Natalia Paez

Cantidad a
Disolver de formaldehido 810,6 ml

Cantidad de Formaldehido 650,32 ml

Peso del Sulfito de sodio 138,7g

Temperatura de la
disolución Del NaSO₄ 33°C.

Temperatura ambiente 17°C.

pH de la solución antes
de agregar el NaOH 12,53

Cantidad de NaOH 60 ml

pH con el NaOH 12,96

Cantidad de Ciclohexanona 222,94 ml.

Temperatura de la mezcla 92°C.

CONDENSACIÓN

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	116
20	120
40	120
60	120
80	120
100	120

OBSERVACIONES

120	120
140	120
160	120
180	120

Promedio de Temperatura 119,6°C.

Color del polímero Rojo intenso

pH del polímero sin
agregar el Ácido fórmico 12,31

ADICIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Inicio (ml)	Final (ml)	Total agregado (ml)
13,3	20	6,7
20	20,9	0,9
20,9	23,3	2,4
23,3	24,3	1
24,3	25,2	0,9
25,2	26,3	1,1
26,3	26,8	0,5

Total de ácido fórmico 13,5 ml

pH del polímero 10,36

Volumen total del polímero
CFS 810,7 ml

PROPIEDADES DEL POLIMERO

DENSIDAD

PESO DEL PICNOMETRO (g)	PESO CON POLIMERO (g)	MASA NETA ADITIVO (g)
25,4558	57,0426	31,5868
25,5126	57,0558	31,5432
25,4316	57,0222	31,5906

Con densímetro 1,28 g/ml.

VISCOSIDAD

TOMA	VISCOSIDAD (mPa.s)
1	57,5.
2	
3	

INDICE DE REFRACCIÓN

TOMA	INDICE
1	1,3835
2	1,3860
3	1,3865

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

INGENIERÍA QUÍMICA

FORMATO DE PARA RECOLECCIÓN DE DATOS ESCALAMIENTO

LABORATORIO Tecnoparque SENA FECHA 15 03 16

TIPO DE EXPERIMENTO Escalamiento 3

NOMBRES Catalina Jaime Y Natalia Paz

Cantidad a

Disolver de formaldehido 810,6 ml

Cantidad de Formaldehido 650,32 ml

Peso del Sulfito de sodio 138,7 g

Temperatura de la disolución Del NaSO₄ 36°C

Temperatura ambiente 18°C

pH de la solución antes de agregar el NaOH 11,75

Cantidad de NaOH 50 ml

pH con el NaOH 12,25

Cantidad de Ciclohexanona 222,94 ml

Temperatura de la mezcla 100°C

CONDENSACIÓN

Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0	113,4
20	120
40	120
60	120
80	120
100	120

OBSERVACIONES

Se utilizó un formal nuevo, la reacción con la ciclohexanona fue muy exotérmica y se derramó parte del aditivo, perdiendo aproximadamente 300 ml. Se redujo la cantidad de NaOH.

120	120
140	120
160	120
180	120

Promedio de Temperatura 119,34°C

Color del polímero Rejizo intenso.

pH del polímero sin agregar el Ácido fórmico 12,21

ADICIÓN DE ÁCIDO FÓRMICO

Inicio (ml)	Final (ml)	Total agregado (ml)
26,9	33,1	6,2
33,1	33,7	0,6
33,7	35,7	2
35,7	36,1	0,4
36,1	36,5	0,4
36,5	36,75	0,25

Total de ácido fórmico 9,85 ml

pH del polímero 10,38

Volumen total del polímero CFS 579,5 ml

PROPIEDADES DEL POLIMERO

DENSIDAD

PESO DEL PICNOMETRO (g)	PESO CON POLIMERO (g)	MASA NETA ADITIVO (g)
25,9016	57,1374	31,6358
25,9050	57,1121	31,6071
25,4220	57,1242	31,6522

Con densímetro 1,27 g/ml

VISCOSIDAD

TOMA	VISCOSIDAD (mPa.s)
1	85,3
2	
3	

INDICE DE REFRACCIÓN

TOMA	INDICE
1	1,463
2	1,465
3	1,465

ANEXO C
CÁLCULOS DEL ESCALAMIENTO.

- Formaldehído (CH₂O):

$$\begin{aligned} \text{moles } CH_2O &= 150 \text{ ml } CH_2O \left(\frac{1,11g \text{ } CH_2O}{1ml \text{ } CH_2O} \right) \left(\frac{1mol \text{ } CH_2O}{30,03g \text{ } CH_2O} \right) = 5,544 \text{ mol } CH_2O \\ \text{moles } CH_2O \text{ Escalamiento} &= 2,207mol \text{ } C_6H_{10}O \text{ Escalamiento} \left(\frac{5,544 \text{ mol } CH_2O}{0,509 \text{ mol } C_6H_{10}O \text{ Pre - exp.}} \right) \\ &= 24,038 \text{ mol } CH_2O \\ \text{ml } CH_2O &= 24,038 \text{ mol } CH_2O \text{ Escalamiento} * 30,03 \text{ g/mol} \left(\frac{1ml \text{ } CH_2O}{1,11g \text{ } CH_2O} \right) \\ &= \mathbf{650,325 \text{ ml } CH_2O} \end{aligned}$$

- Sulfito de Sodio (Na₂SO₃):

$$\begin{aligned} \text{moles } Na_2SO_3 &= 12,167 \text{ ml } Na_2SO_3 \left(\frac{2,63g \text{ } Na_2SO_3}{1ml \text{ } Na_2SO_3} \right) \left(\frac{1mol \text{ } Na_2SO_3}{126,4 \text{ g } Na_2SO_3} \right) = 0,253 \text{ mol } Na_2SO_3 \\ \text{moles } Na_2SO_3 \text{ Escalamiento} &= 2,207mol \text{ } C_6H_{10}O \text{ Escalamiento} \left(\frac{0,253 \text{ mol } Na_2SO_3}{0,509 \text{ mol } C_6H_{10}O \text{ Pre - exp.}} \right) \\ &= 1,097 \text{ mol } Na_2SO_3 \\ \text{ml } Na_2SO_3 &= 1,097mol \text{ } Na_2SO_3 \text{ Escalamiento} * 126,4 \text{ g/mol} \left(\frac{1ml \text{ } Na_2SO_3}{2,63g \text{ } Na_2SO_3} \right) \\ &= 52,722 \text{ ml } Na_2SO_3 \\ \text{g } Na_2SO_3 &= \text{ml } Na_2SO_3 * \rho_{Na_2SO_3} = 52,722ml \text{ } Na_2SO_3 * 2,63 \text{ g/ml } Na_2SO_3 \\ &= \mathbf{138,7g \text{ } Na_2SO_3} \end{aligned}$$

- NaOH:

$$\begin{aligned} \text{moles } NaOH &= 14,38 \text{ ml } NaOH \left(\frac{1,33g \text{ } NaOH}{1ml \text{ } NaOH} \right) \left(\frac{1mol \text{ } NaOH}{40g \text{ } NaOH} \right) = 0,477 \text{ mol } NaOH \\ \text{moles } NaOH \text{ Escalamiento} &= 2,207mol \text{ } C_6H_{10}O \text{ Escalamiento} \left(\frac{0,477 \text{ mol } NaOH}{0,509 \text{ mol } C_6H_{10}O \text{ Pre - exp.}} \right) \\ &= 2,068 \text{ mol } NaOH \\ \text{ml } NaOH &= 2,068 \text{ mol } NaOH \text{ Escalamiento} * 40 \text{ g/mol} \left(\frac{1ml \text{ } NaOH}{1,33g \text{ } NaOH} \right) = \mathbf{62,195 \text{ ml } NaOH} \end{aligned}$$

- Ácido Fórmico (CH₂O₂):

$$\begin{aligned} \text{moles } CH_2O_2 &= 2,96 \text{ ml } CH_2O_2 \left(\frac{1,22g \text{ } CH_2O_2}{1ml \text{ } CH_2O_2} \right) \left(\frac{1mol \text{ } CH_2O_2}{46,03g \text{ } CH_2O_2} \right) = 0,078 \text{ mol } CH_2O_2 \\ \text{moles } CH_2O_2 \text{ Escalamiento} &= 2,207mol \text{ } C_6H_{10}O \text{ Escalamiento} \left(\frac{0,078 \text{ mol } CH_2O_2}{0,509 \text{ mol } C_6H_{10}O \text{ Pre - exp.}} \right) \\ &= 0,338 \text{ mol } CH_2O_2 \\ \text{ml } CH_2O_2 &= 0,338 \text{ mol } CH_2O_2 \text{ Escalamiento} * 46,03 \text{ g/mol} \left(\frac{1ml \text{ } CH_2O_2}{1,22g \text{ } CH_2O_2} \right) \\ &= \mathbf{12,475 \text{ ml } CH_2O_2} \end{aligned}$$

ANEXO D
TABLAS PARA ESCOGER EL HUSILLO.

Table 8. ALPHA L standard spindle selection

Maximum guideline values in cP (mPa·s)

RPM / SP	L1	L2	L3	L4
0,3	20K	100K	400K	2000K
0,5	12K	60K	240K	1200K
0,6	10K	50K	200K	1000K
1	6K	30K	120K	600K
1,5	4K	20K	80K	400K
2	3K	15K	60K	300K
2,5	2,4K	12K	48K	240K
3	2K	10K	40K	200K
4	1,5K	7,5K	30K	150K
5	1,2K	6K	24K	120K
6	1K	5K	20K	100K
10	600	3K	12K	60K
12	500	2,5K	10K	50K
20	300	1,5K	6K	30K
30	200	1K	4K	20K
50	120	600	2,4K	12K
60	100	500	2K	10K
100	60	300	1,2K	6K

ATTENTION:

K Indicates miles.

Example: 7,8K = 7.800

M Indicates Millions

Example: 1,56M = 1.560.000

NOTE:

It is not recommended to work with viscosity values of less than 15% of the lower part of the selected scale.

ANEXO E
RESULTADOS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

NTC 673

Consulta General de Elementos

* El presente informe afecta únicamente a las muestras referenciadas en el mismo y esta sujeto a verificación.

** Este informe no deberá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Contecon Urbar S.A.

Número de Muestra	Dimensión probeta (cm)	Fecha de muestreo	Asent. (mm)	Edad	Fecha de rotura	Resistencia Nominal (Mpa)	RESULTADO			Porcentaje Alcanzado	Observaciones	Tipo Falla
							psi	Mpa	kg/cm ²			
B-11721 CONTECON-URBAR DEMO II												
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	3	29-Apr-16	28.7	2,251	15.4	158	54%		5
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	3	29-Apr-16	28.7	2,044	14.0	143	49%		5
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	3	29-Apr-16	28.7	2,213	15.2	155	53%		5
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	7	03-May-16	28.7	2,735	18.8	191	65%		5
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	7	03-May-16	28.7	2,979	20.4	209	71%		3
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	7	03-May-16	28.7	2,756	18.9	193	66%		4
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	14	10-May-16	28.7	3,302	22.7	231	79%	Proyección Bajo	4
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	14	10-May-16	28.7	3,303	22.7	231	79%	Proyección Bajo	4
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	14	10-May-16	28.7	3,316	22.7	232	79%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	28	24-May-16	28.7	3,340	22.9	234	80%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	28	24-May-16	28.7	3,350	23.0	234	80%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											
1A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	203	28	24-May-16	28.7	3,460	23.9	244	83%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											

Los tipos de falla corresponden a los indicados en la norma NTC 673 figura 2 "Esquema de los Modelos de Fractura Típicos"

ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

NTC 673

Consulta General de Elementos

* El presente informe afecta únicamente a las muestras referenciadas en el mismo y esta sujeto a verificación.
** Este informe no deberá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Contecon Urbar S.A.

Número de Muestra	Dimensión probeta (mm)	Fecha de muestreo	Asent. (mm)	Edad	Fecha de rotura	Resistencia Nominal (Mpa)	RESULTADO			Porcentaje Alcanzado	Observaciones	Tipo Falla
							psi	Mpa	kg/cm ²			
B-11721 CONTECON-URBAR DEMO II												
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	3	29-Apr-16	28.7	1,880	12.9	132	45%		5
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	3	29-Apr-16	28.7	1,863	12.8	130	45%		4
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	3	29-Apr-16	28.7	1,865	12.8	131	45%		5
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	7	03-May-16	28.7	2,334	16.0	163	56%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	7	03-May-16	28.7	2,531	17.4	177	60%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	7	03-May-16	28.7	2,389	16.4	167	57%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	14	10-May-16	28.7	2,634	18.1	184	63%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	14	10-May-16	28.7	2,552	17.5	179	61%	Proyección Bajo	4
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	14	10-May-16	28.7	2,593	17.8	182	62%	Proyección Bajo	4
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	28	24-May-16	28.7	2,873	19.7	201	69%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	28	24-May-16	28.7	2,491	17.1	174	60%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											
2A	10 x 20	26-Apr-16 12:00 am	178	28	24-May-16	28.7	2,662	18.3	186	64%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											

Los tipos de falla corresponden a los indicados en la norma NTC 673 figura 2 "Esquema de los Modelos de Fractura Típicos"

ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

NTC 673

Consulta General de Elementos

* El presente informe afecta únicamente a las muestras referenciadas en el mismo y esta sujeto a verificación.
** Este informe no deberá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Contecon Urbar S.A.

Número de Muestra	Dimensión probeta (cm)	Fecha de muestreo	Asent. (mm)	Edad	Fecha de rotura	Resistencia Nominal (Mpa)	RESULTADO			Porcentaje Alcanzado	Observaciones	Tipo Falla
							psi	Mpa	kg/cm ²			
B-11721 CONTECON-URBAR DEMO II												
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	3	30-Apr-16	28.7	1,766	12.1	124	42%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	3	30-Apr-16	28.7	1,826	12.5	128	44%		6
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	3	30-Apr-16	28.7	2,135	14.6	149	51%		4
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	7	04-May-16	28.7	2,340	16.1	164	56%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	7	04-May-16	28.7	2,351	16.1	165	56%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	7	04-May-16	28.7	2,357	16.2	165	56%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	14	11-May-16	28.7	2,527	17.3	177	60%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	14	11-May-16	28.7	2,601	17.8	182	62%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	14	11-May-16	28.7	2,553	17.5	179	61%	Proyección Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	28	25-May-16	28.7	2,763	19.0	193	66%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	28	25-May-16	28.7	2,776	19.0	194	66%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											
3A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	178	28	25-May-16	28.7	2,749	18.9	192	66%	Muy Bajo	5
	Localización: A-11721											

Los tipos de falla corresponden a los indicados en la norma NTC 673 figura 2 "Esquema de los Modelos de Fractura Típicos"

ENSAYO A COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

NTC 673

Consulta General de Elementos

* El presente informe afecta únicamente a las muestras referenciadas en el mismo y esta sujeto a verificación.
** Este informe no deberá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Contecon Urbar S.A.

Número de Muestra	Dimensión probeta (mm)	Fecha de muestreo	Asent. (mm)	Edad	Fecha de rotura	Resistencia Nominal (Mpa)	RESULTADO			Porcentaje Alcanzado	Observaciones	Tipo Falla
							psi	Mpa	kg/cm ²			
B-11721 CONTECON-URBAR DEMO II												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	3	30-Apr-16	28.7	3,430	23.5	240	82%		5
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	3	30-Apr-16	28.7	3,860	26.5	270	92%		4
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	3	30-Apr-16	28.7	3,691	25.3	258	88%		4
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	7	04-May-16	28.7	4,642	31.8	325	111%		4
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	7	04-May-16	28.7	4,612	31.6	323	110%		4
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	7	04-May-16	28.7	4,794	32.9	336	115%		4
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	14	11-May-16	28.7	5,045	34.6	353	121%		4
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	14	11-May-16	28.7	5,348	36.7	374	128%		5
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	14	11-May-16	28.7	5,219	35.8	365	125%		5
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	28	25-May-16	28.7	5,774	39.6	404	138%		4
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	28	25-May-16	28.7	5,614	38.5	393	134%		5
Localización: A-11721												
4A	10 x 20	27-Apr-16 12:00 am	216	28	25-May-16	28.7	5,412	37.1	379	129%		5
Localización: A-11721												

Los tipos de falla corresponden a los indicados en la norma NTC 673 figura 2 "Esquema de los Modelos de Fractura Típicos"

ANEXO F
COSTOS DEL PROYECTO.

COSTOS PRE-EXPERIMENTACIÓN

COSTO	Descripción	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5		Ensayo 6	
		Cantidad	Valor (COP)	Cantidad	Valor (COP)	Cantidad	Valor (COP)	Cantidad	Valor (COP)	Cantidad	Valor (COP)	Cantidad	Valor (COP)
Materias Primas	Formaldehido	150ml	\$360	150ml	\$360	150ml	\$360	150ml	\$360	150ml	\$360	150ml	\$360
	Sulfito de Sodio	32g	\$144	32g	\$144	32g	\$144	32g	\$144	32g	\$144	32g	\$144
	Hidróxido de Sodio	5,359g	\$22	5,679g	\$23	5,119g	\$21	6,1195g	\$25	14,798g	\$60	6,3995g	\$26
	Ciclohexanona	51,5ml	\$395	51,5ml	\$395	51,5ml	\$395	51,5ml	\$395	51,5ml	\$395	51,5ml	\$395
	Ácido Fórmico	3ml	\$13	2,4ml	\$11	3,1ml	\$14	2,2ml	\$9,90	10,2ml	\$46	4,1ml	\$18
Insumos	Aceite de Almendras	1L	\$9.000	1L	\$9.000	1L	\$9.000	1L	\$9.000	1L	\$9.000	1L	\$9.000
	Agua	0,18m3	\$850	0,18m3	\$850	0,18m3	\$850	0,18m3	\$850	0,18m3	\$850	0,18m3	\$850
	Alcantarillado	0,18m3	\$288	0,18m3	\$288	0,18m3	\$288	0,18m3	\$288	0,18m3	\$288	0,18m3	\$288
	Luz eléctrica	1KWh	\$400	1KWh	\$400	1KWh	\$400	1KWh	\$400	1KWh	\$400	1KWh	\$400
	Agua Destilada	4L	\$24.000	4L	\$24.000	4L	\$24.000	4L	\$24.000	4L	\$24.000	4L	\$24.000
Maquinaria y Equipos	Utilización de laboratorio	5h	\$200.000	5h	\$200.000	5h	\$200.000	5h	\$200.000	5h	\$200.000	5h	\$200.000
	Plancha de calentamiento	--	--	4h	\$10.000	4h	\$10.000	4h	\$10.000	4h	\$10.000	4h	\$10.000
	Densímetro por Inmersión	--	--	10min	\$5.000	10min	\$5.000	10min	\$5.000	10min	\$5.000	10min	\$5.000
	Refractómetro	--	--	10min	\$15.000	10min	\$15.000	10min	\$15.000	10min	\$15.000	10min	\$15.000
	Viscosímetro Cannon-Fenske 200	--	--	3	\$30.000	3	\$30.000	3	\$30.000	3	\$30.000	3	\$30.000
Recurso Humano	Espectro Infrarrojo	--	--	1	\$200.000	1	\$200.000	1	\$200.000	1	\$200.000	1	\$200.000
	Trabajo de las autoras	2	\$36.000	2	\$36.000	2	\$36.000	2	\$36.000	2	\$36.000	2	\$36.000
	Transportes	4	\$7.000	4	\$7.000	4	\$7.000	4	\$7.000	4	\$7.000	4	\$7.000
Otros	Papelería, alimentos, etc.	--	\$12.000	--	\$12.000	--	\$12.000	--	\$12.000	--	\$12.000	--	\$12.000
Total Ensayo			\$290.472		\$550.471		\$550.472		\$550.472		\$550.543		\$550.481
TOTAL													\$3.042.911

COSTOS ESCALAMIENTO

COSTO	Descripción	Escalamiento 1		Escalamiento 2		Escalamiento 3		Aditivo Total	
		Cantidad	Valor (COP)	Cantidad	Valor (COP)	Cantidad	Valor (COP)	Cantidad	Valor (COP)
Materias Primas	Formaldehído	650,3ml	\$1.563	650,3ml	\$1.563	650,3ml	\$1.563	--	--
	Sulfito de Sodio	138,7g	\$654	138,7g	\$654	138,7g	\$654	--	--
	Hidróxido de Sodio	24g	\$98	24g	\$98	20g	\$82	--	--
	Ciclohexanona	222,9ml	\$1.708	222,9ml	\$1.708	222,9ml	\$1.708	--	--
	Ácido Fórmico	16,2ml	\$73	13,5	\$61	9,85	\$45	--	--
	Aceite de Almendras	2L	\$18.000	2L	\$18.000	2L	\$18.000	--	--
Insumos	Agua	0,01m3	\$30	0,01m3	\$30	0,01m3	\$30	0,003m3	\$9
	Alcantarillado	0,01m3	\$16	0,01m3	\$16	0,01m3	\$16	0,003m3	\$5
	Luz eléctrica	1KWh	\$400	1KWh	\$400	1KWh	\$400	1KWh	\$400
Maquinaria y Equipos	Agua Destilada	10L	\$60.000	10L	\$60.000	10L	\$60.000	8L	\$48.000
	Utilización de laboratorio	10h	\$600.000	10h	\$600.000	10h	\$600.000	5h	\$300.000
	Bomba de Agua	3h	\$3.000	3h	\$3.000	3h	\$3.000	--	--
	Plancha de calentamiento	4h	\$15.000	4h	\$15.000	4h	\$15.000	--	--
	Densímetro por Inmersión	10min	\$5.000	10min	\$5.000	10min	\$5.000	10min	\$5.000
	Refractómetro	10min	\$15.000	10min	\$15.000	10min	\$15.000	10min	\$15.000
	Viscosímetro Rotacional FUNGLAB	1	\$80.000	1	\$80.000	1	\$80.000	1	\$80.000
	Espectro Infrarrojo	1	\$200.000	1	\$200.000	1	\$200.000	1	\$200.000
	Recurso Humano	Trabajo de las autoras	2	\$60.000	2	\$60.000	2	\$60.000	2
Transportes	Ida y vuelta a los laboratorios	6	\$12.000	6	\$12.000	6	\$12.000	4	\$8.000
Otros	Papelería, alimentos, etc.	--	\$20.000	--	\$20.000	--	\$20.000	--	\$20.000
Total Escalamiento			\$1.092.542		\$1.092.530		\$1.092.498		\$736.414
TOTAL									\$4.013.984

COSTO TOTAL DEL PROYECTO

COSTO	Descripción	Cantidad	Valor Total
Síntesis del	Ensayos	6	\$3.042.911
Aditivo	Escalamientos	3	\$4.013.984
	Prueba de Asentamiento	4	\$146.400
Pruebas en	Prueba de Contenido de Aire	4	\$533.600
Concreto	Prueba de Resistencia a la Compresión	48 Probetas	\$240.000
	Prueba de Fraguado	2	\$510.400
Recurso Humano	Trabajo de análisis y escritura del proyecto	100h	\$300.000
TOTAL PROYECTO			\$8.787.295

