

FIGURAS

Figura 1. Cadena de Valor de la Arena Silíceea

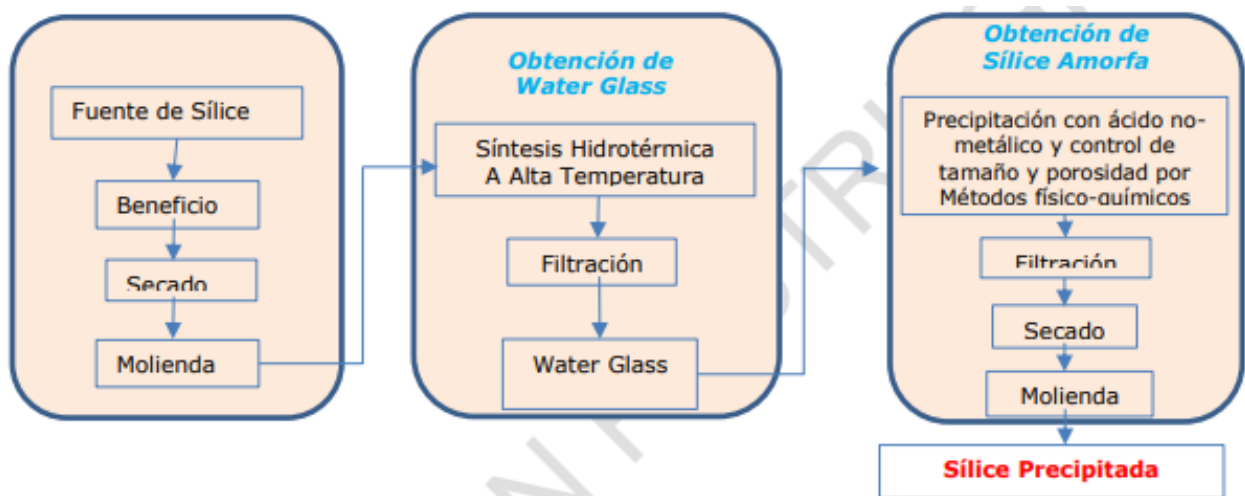


Figura 2. Equipo de desplazamiento o Core Flooding

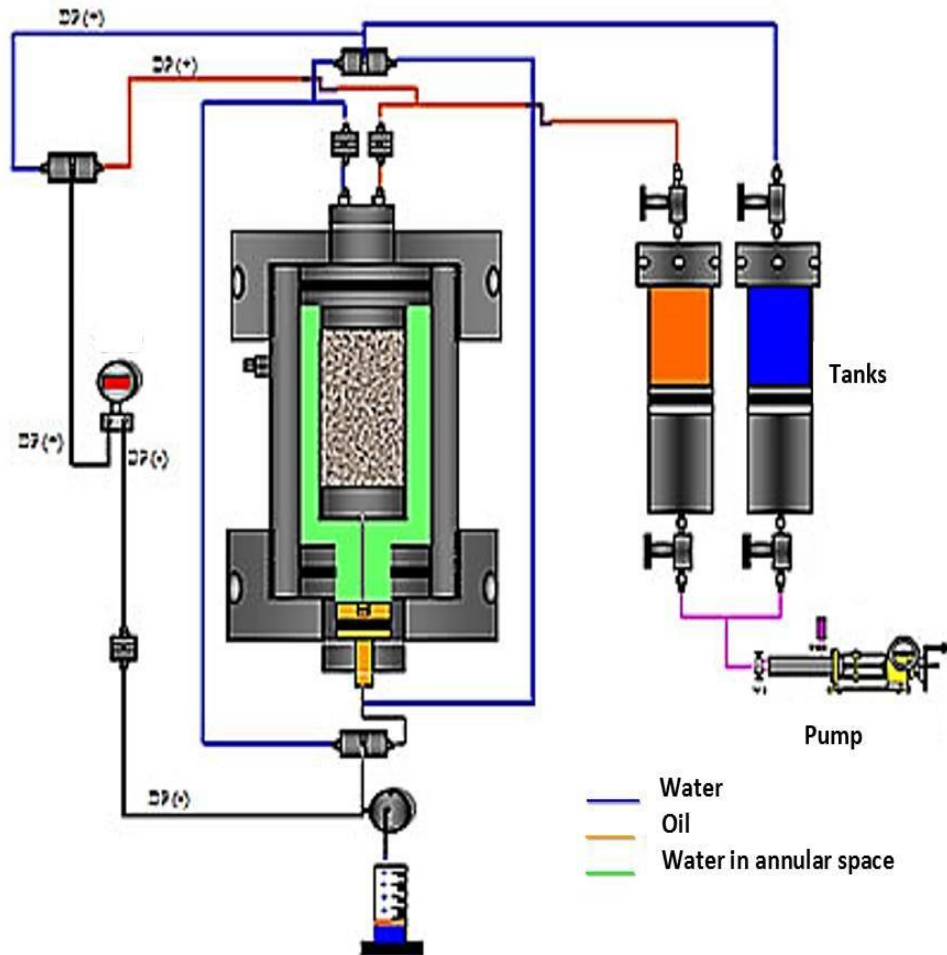


Figura 3. Evaluación de estabilidad del nano-fluido muestra 10

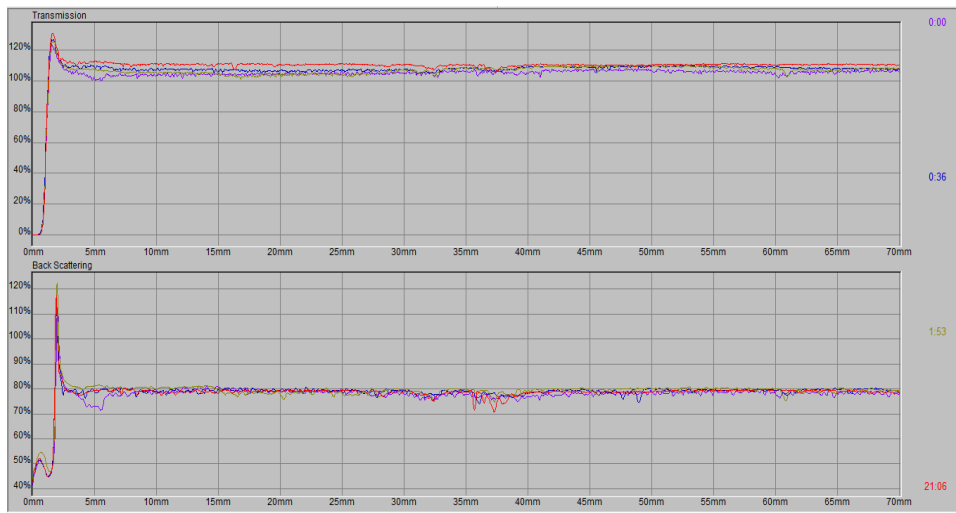


Figura 4. Evaluación de estabilidad del nano-fluido muestra 11

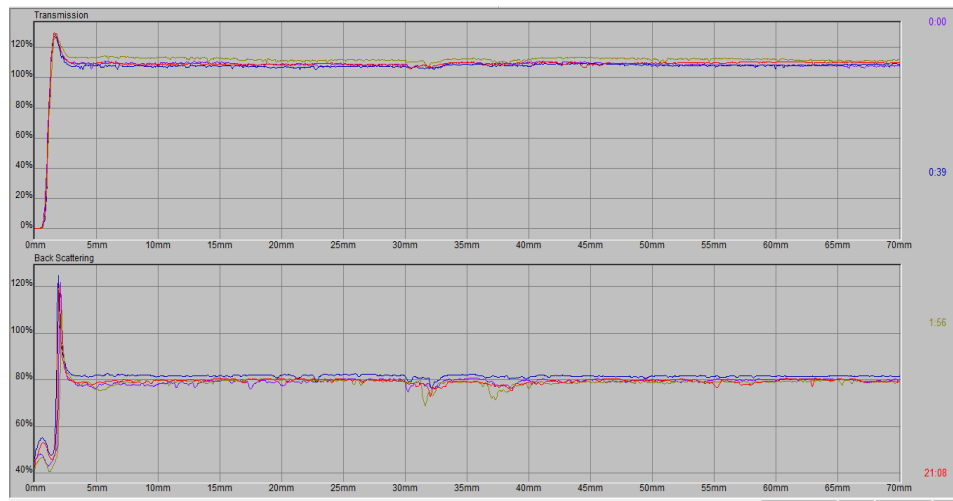
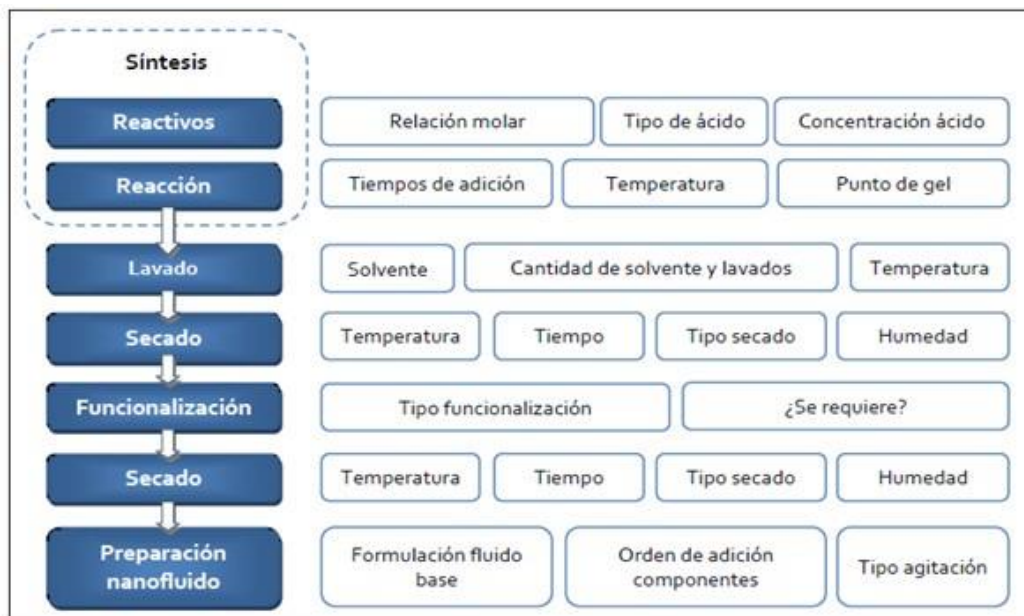


Figura 5. Etapas y variables de síntesis de nano sílice y preparación del nano fluido



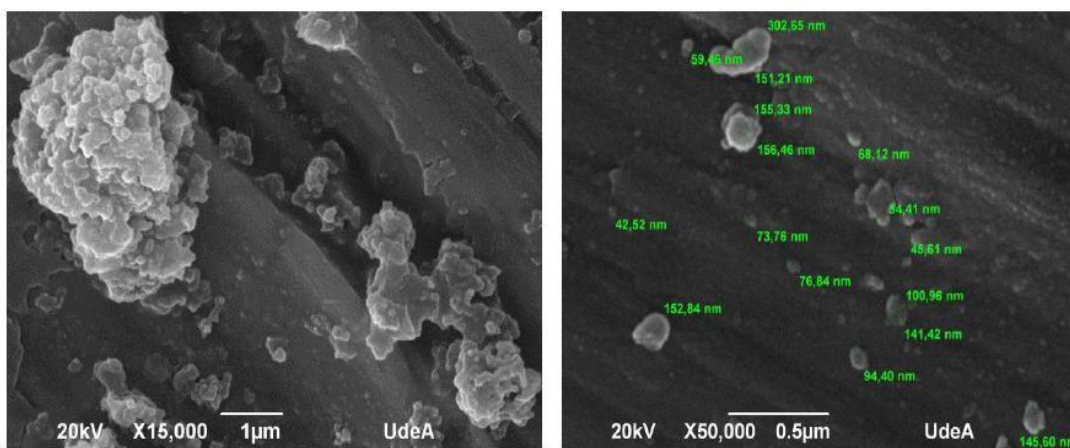


Figura 6. Muestra 1 lote 011 seca (sin funcionalizar). Izquierda: imagen a 15000X. Derecha: imagen a 50000X

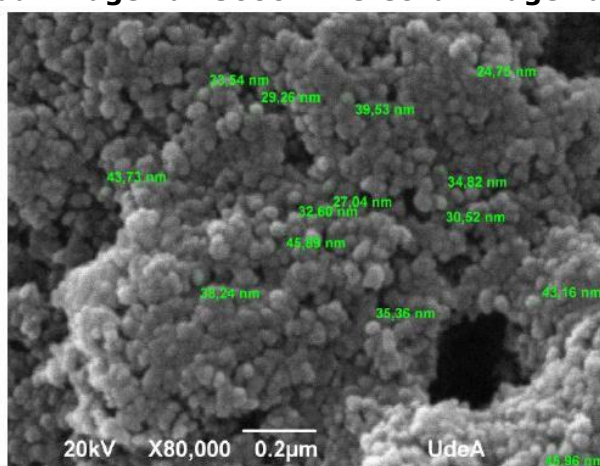


Figura 7. Muestra 4 lote 016 lavada con agua, húmeda. Imagen a 80000X.

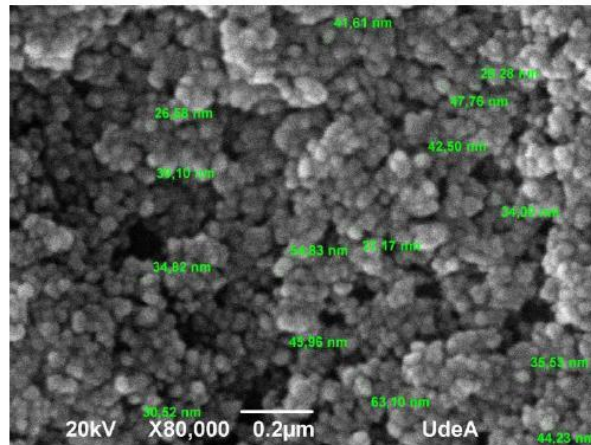


Figura 8. Muestra 6 lote 016 lavada con etanol, húmeda. Imagen a 80000X.

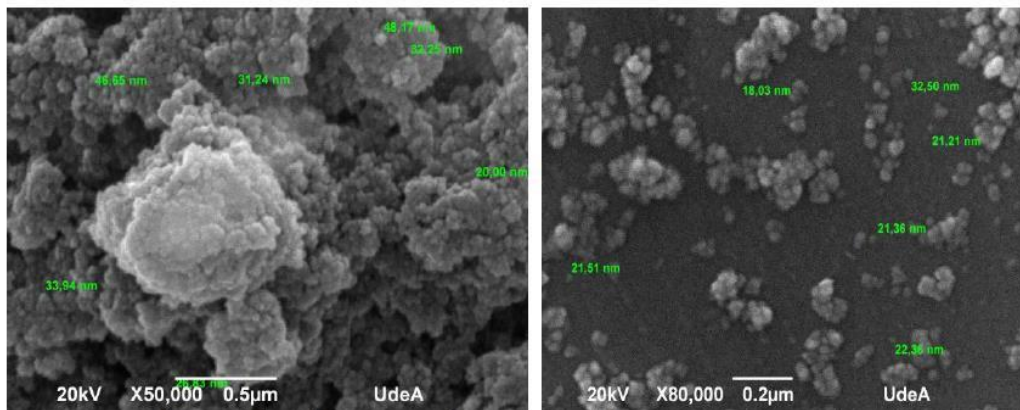


Figura 9. Muestra 7 lote 017 lavada con etanol, seca. Izquierda: imagen a 50000X. Derecha: imagen a 80000X.

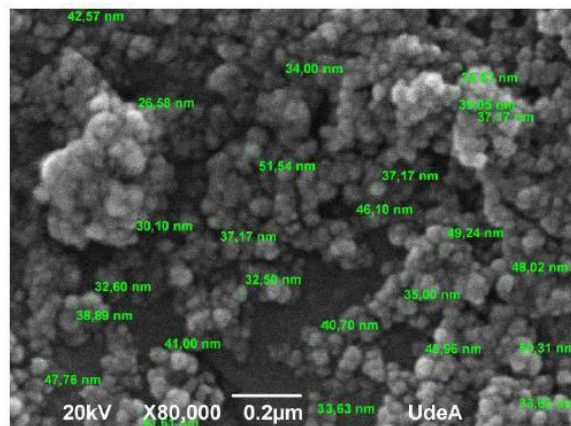


Figura 10. Muestra 8 lote 017 lavada con etanol, húmeda. Imagen a 80000X.

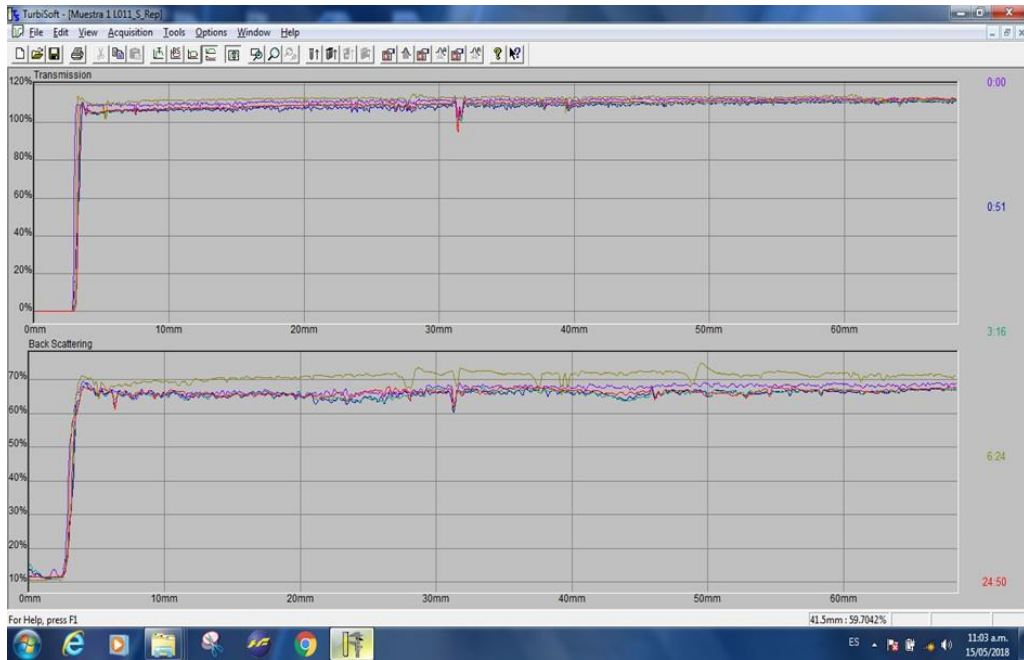


Figura 11. Resultados de estabilidad para la muestra 1 L011-seca

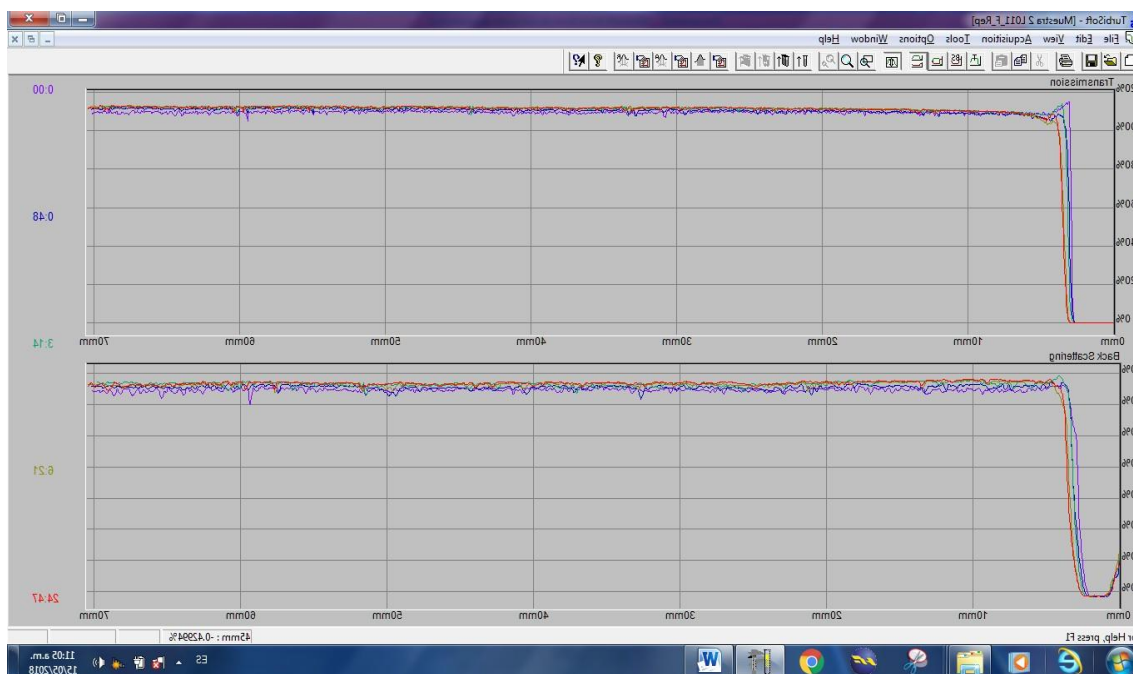


Figura 12. Resultados de estabilidad para la muestra 2 L011-funcionalizada.

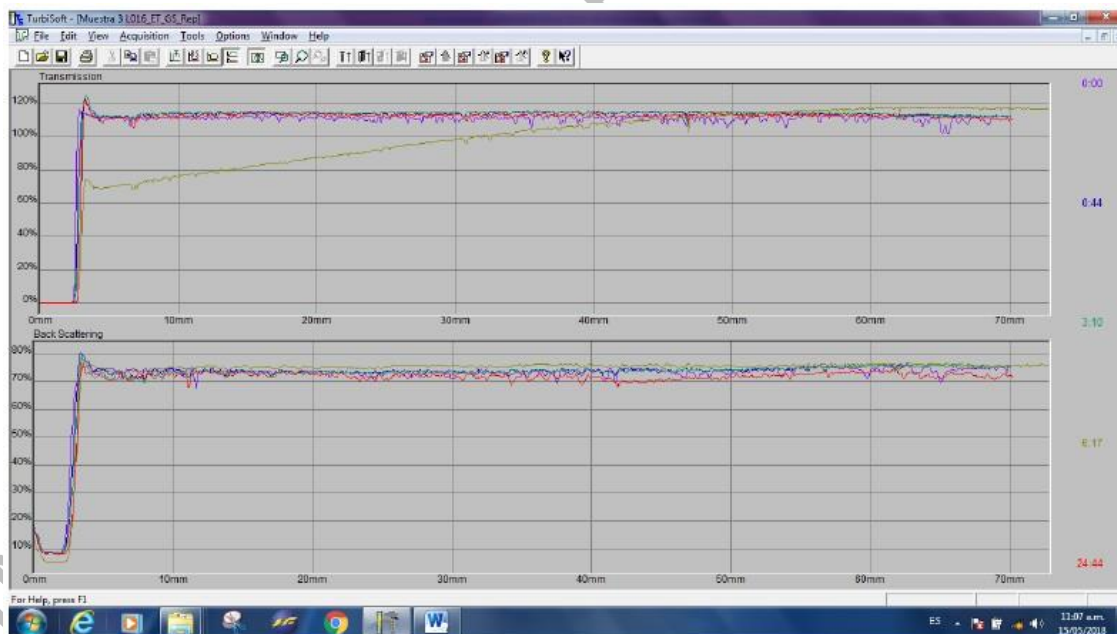


Figura 13. Resultados de estabilidad para la muestra 3 L016-etanol-seca.

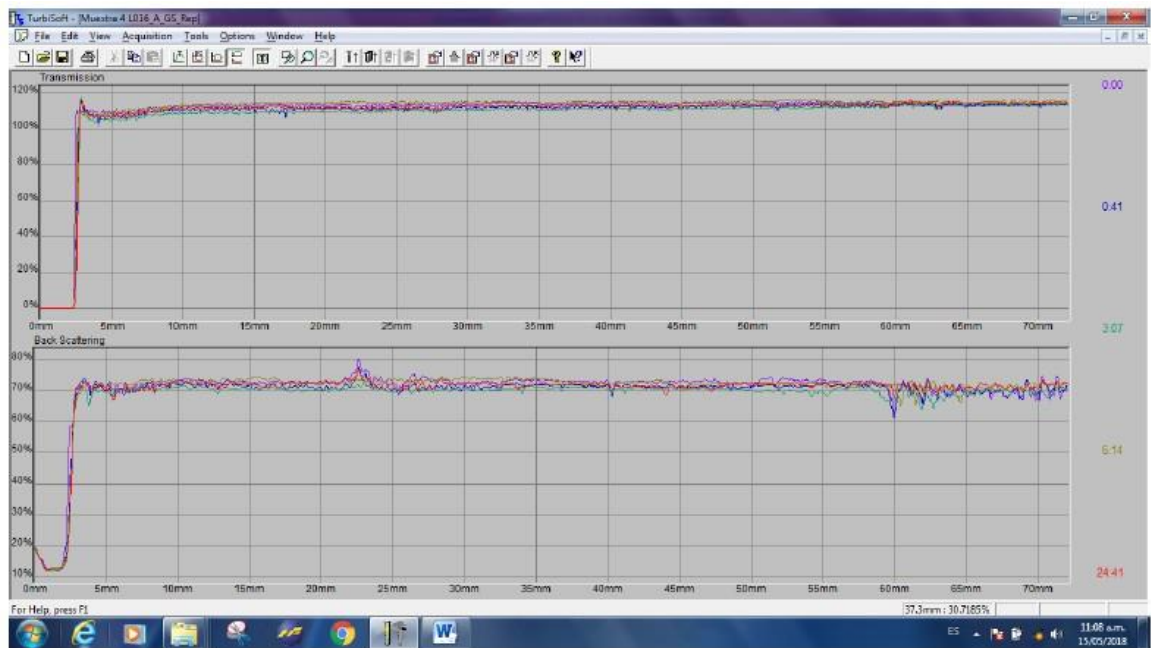


Figura 14. Resultados de estabilidad para la muestra 4 L016-agua-seca.

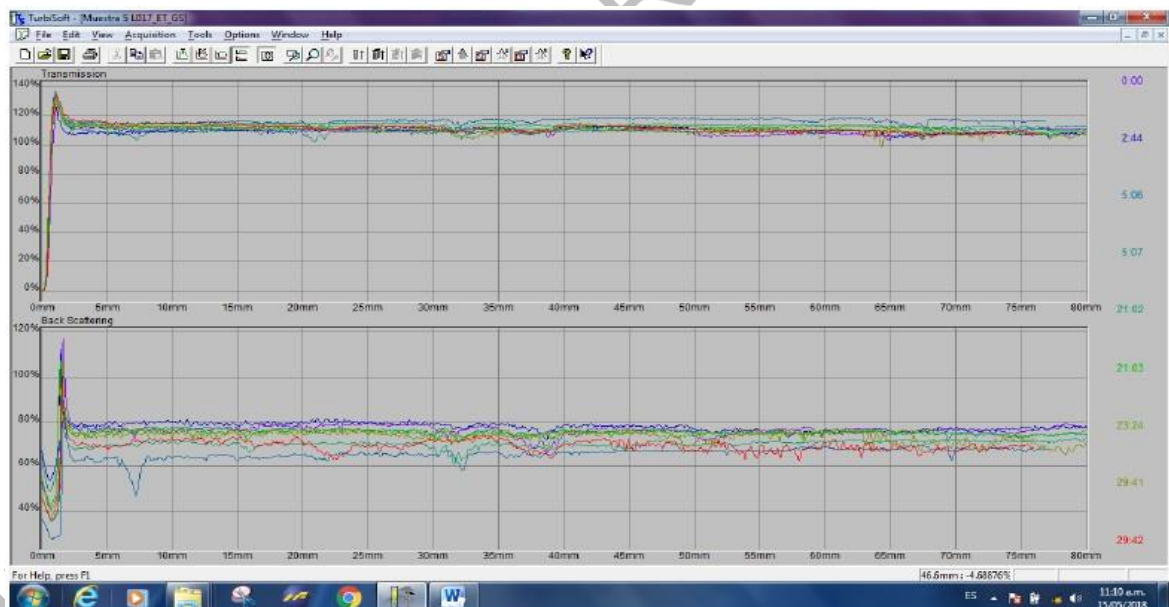


Figura 15. Resultados de estabilidad para la muestra 5 L017-etanol-seca.

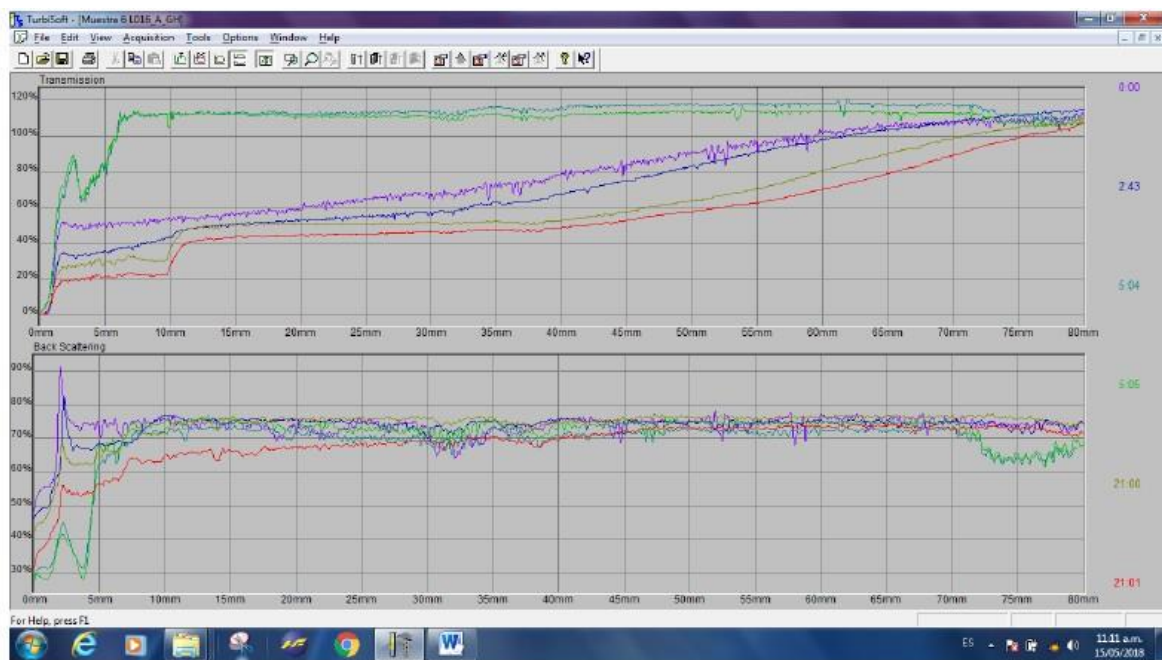


Figura 16. Resultados de estabilidad para la muestra 6 L016-agua-húmeda.

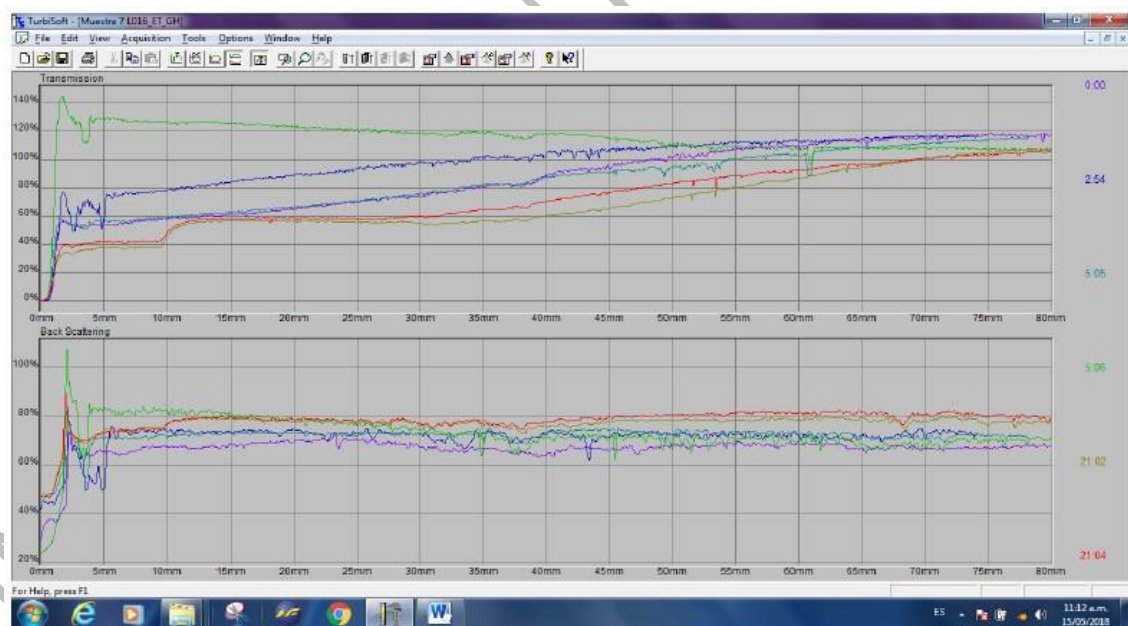


Figura 17. Resultados de estabilidad para la muestra 7 L016-etanol-húmeda.

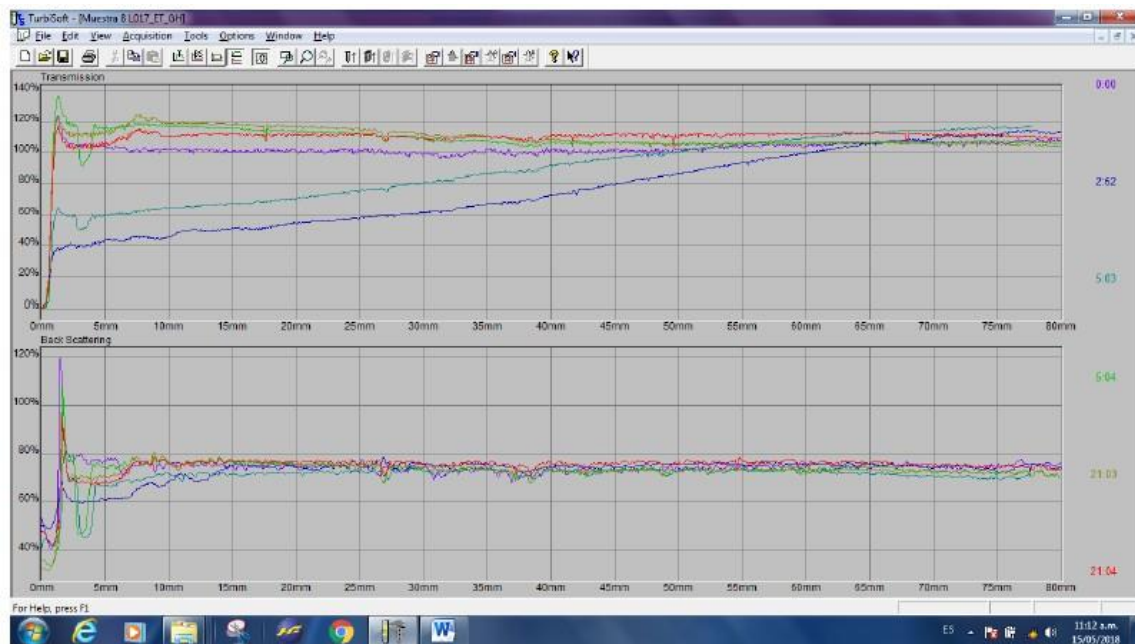


Figura 18. Resultados de estabilidad para la muestra 8 L017-etanol-húmeda.

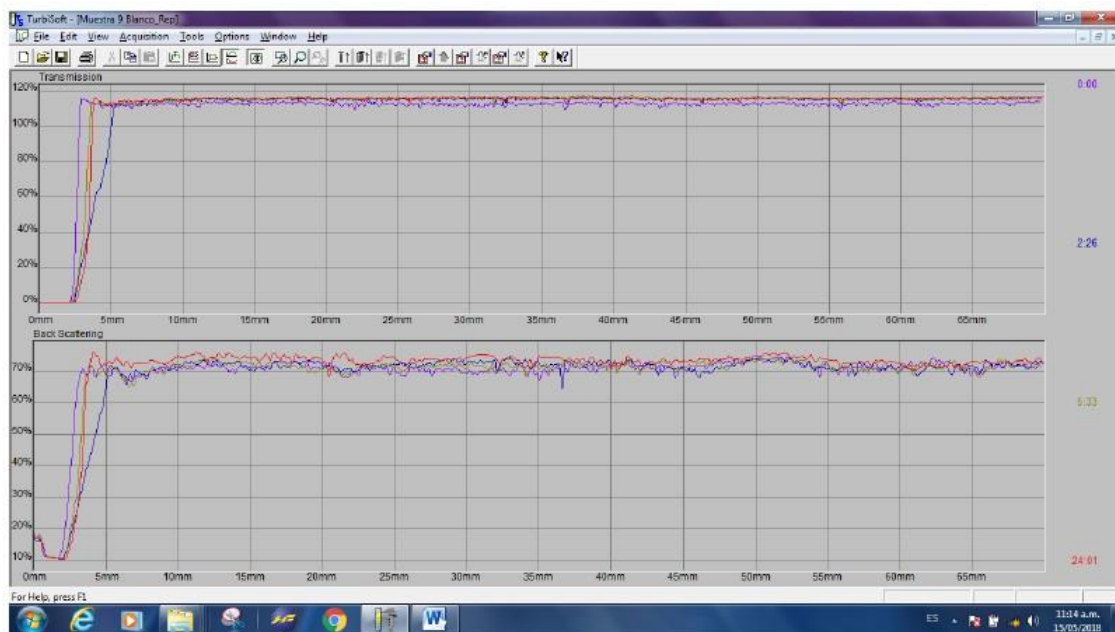


Figura 19. Resultados de estabilidad para la muestra 9 referencia (TEOS-ácida).

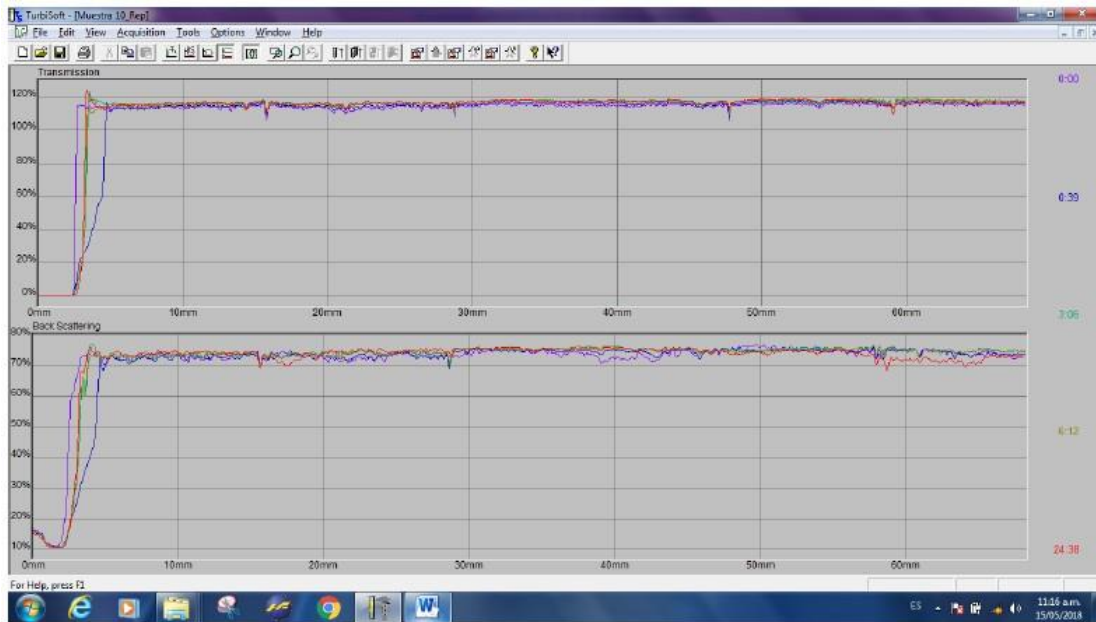


Figura 20. Resultados de estabilidad para la muestra del lote 010 – ácida.

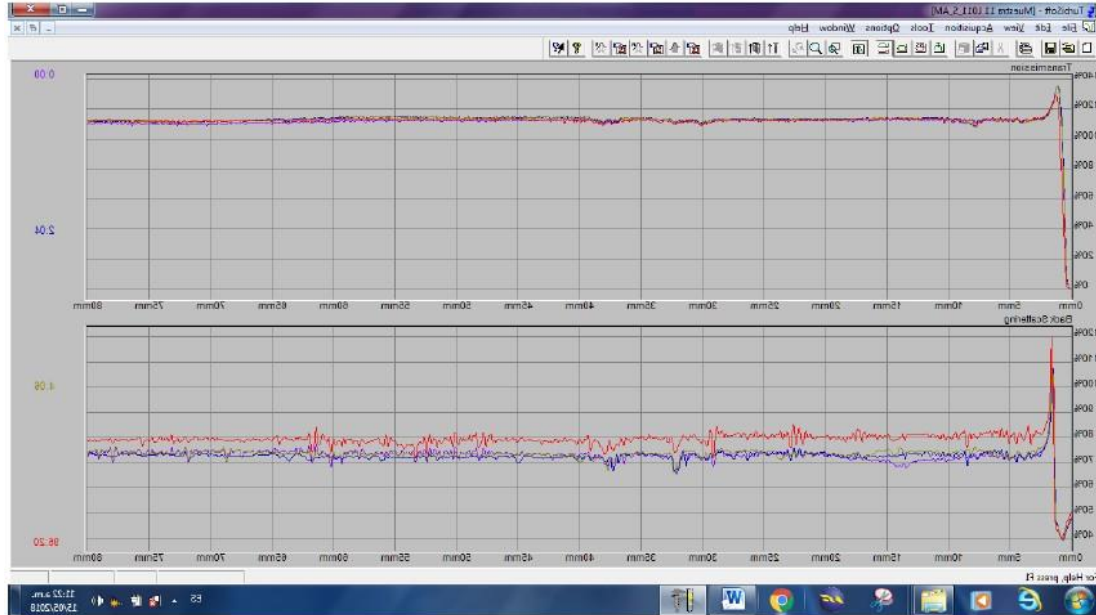


Figura 21. Resultados de estabilidad para la muestra 1 L011- seca, con agitación mecánica.

Figura 22. Resultados de estabilidad para la muestra 7 L017-etanol-seca, con agitación mecánica.

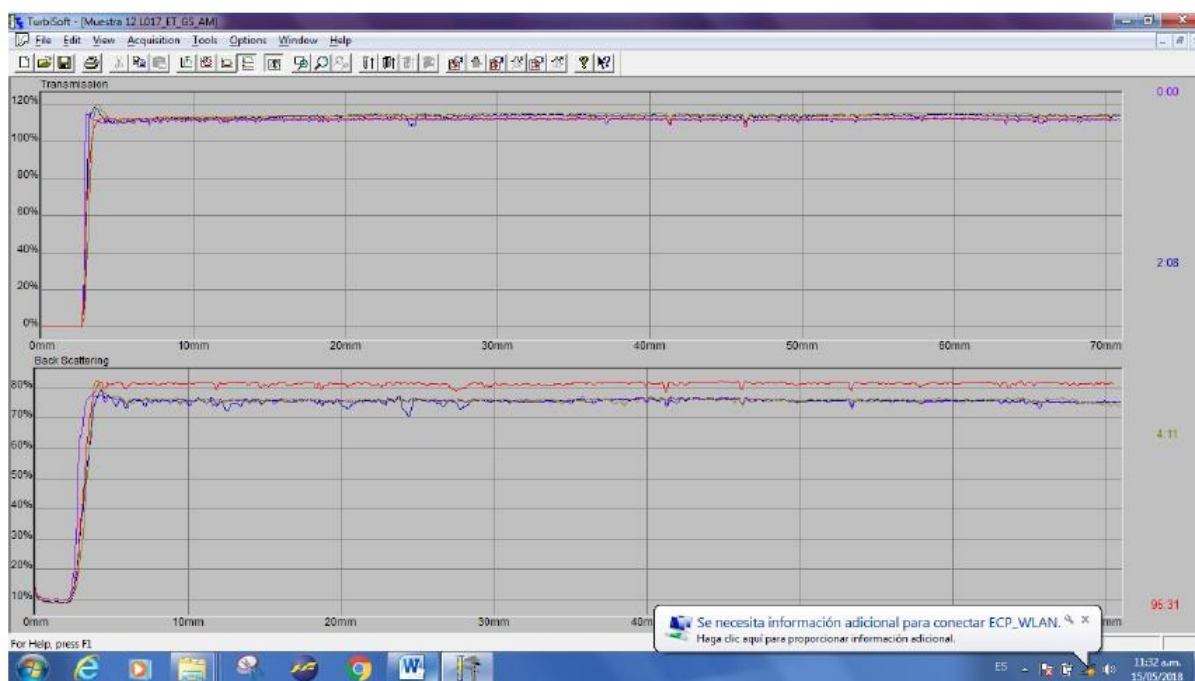
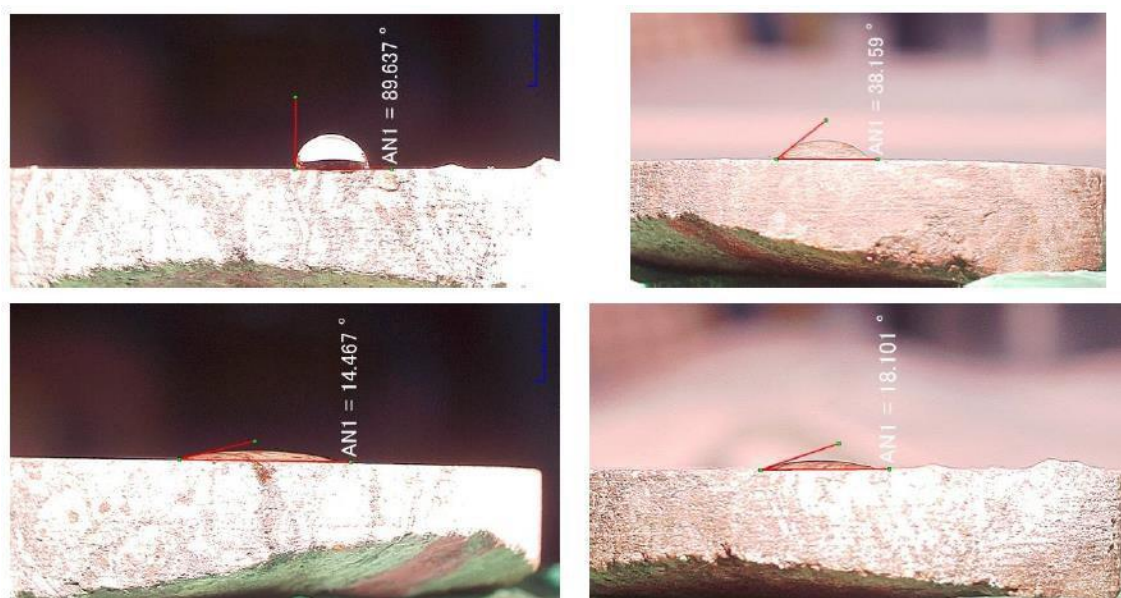


Figura 23. Pruebas de ángulo de contacto para muestra 1 L011-seca – tapa G. Arriba: izquierda línea base agua – derecha pos-tratamiento agua. Abajo: izquierda línea base aceite – derecha pos-tratamiento aceite.



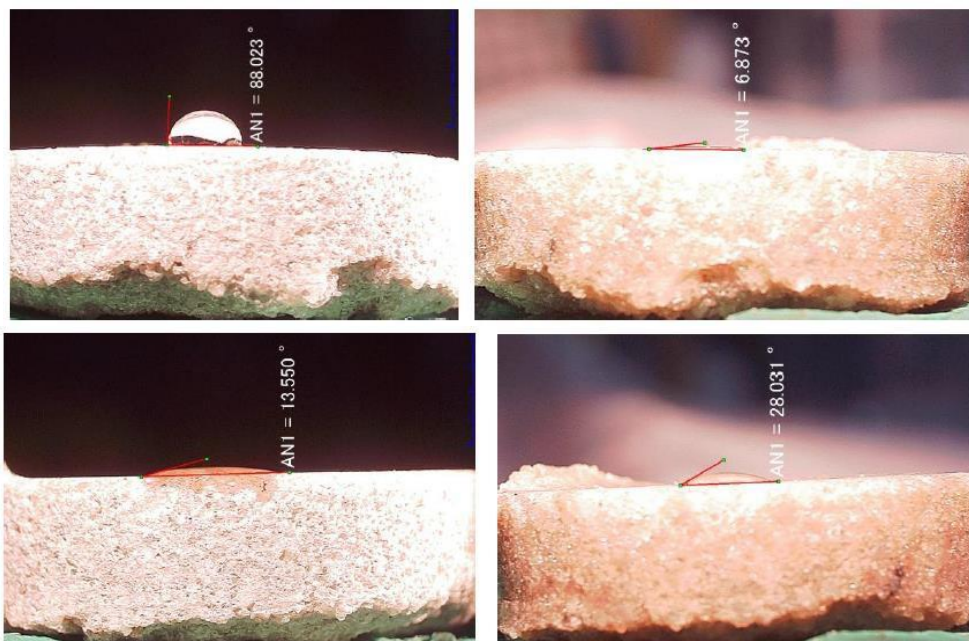


Figura 24. Pruebas de ángulo de contacto para muestra 2 L011-funcionalizada – tapa C. Arriba: Izquierda línea base agua – derecha pos-tratamiento agua. Abajo: izquierda línea base aceite – derecha pos-tratamiento aceite.

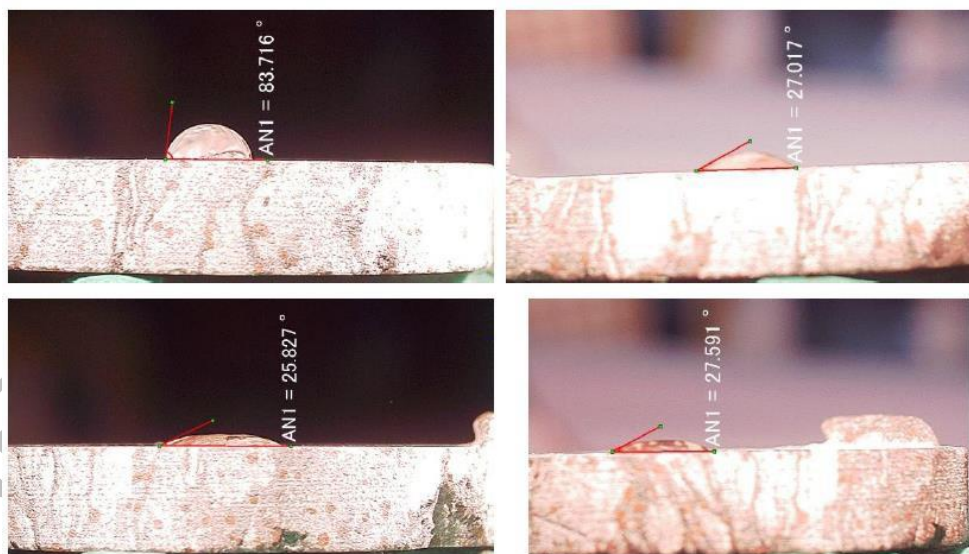


Figura 25. Pruebas de ángulo de contacto para muestra 3 L016-etanol-seca – tapa G2. Arriba: izquierda línea base agua – derecha pos-tratamiento agua. Abajo: izquierda línea base aceite – derecha pos-tratamiento aceite.

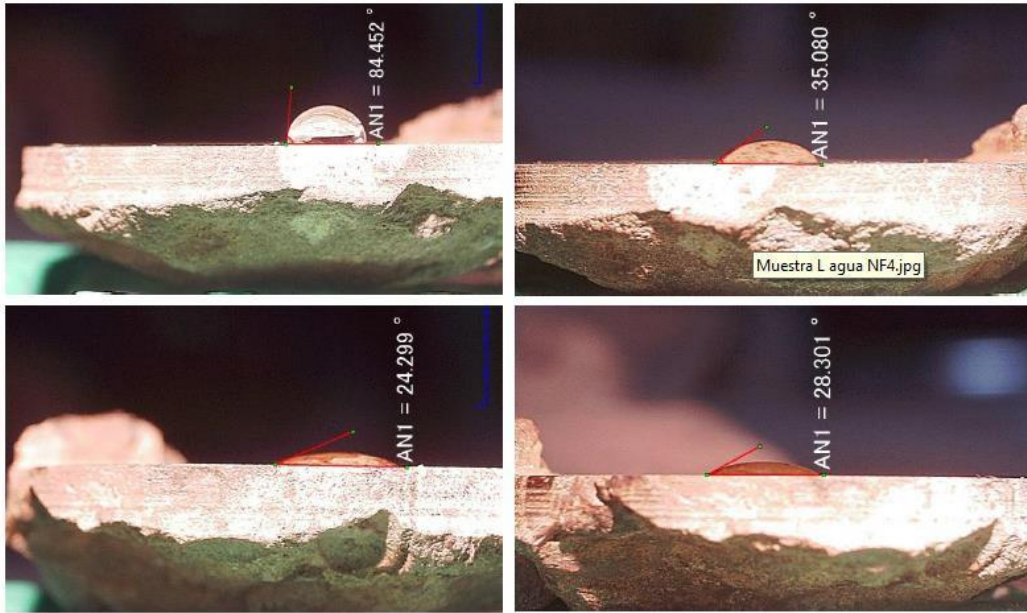


Figura 26. Pruebas de ángulo de contacto para muestra 4 L016-agua-seca – tapa L. Arriba: izquierda línea base agua – derecha pos-tratamiento agua. Abajo: izquierda línea base aceite – derecha pos-tratamiento aceite.

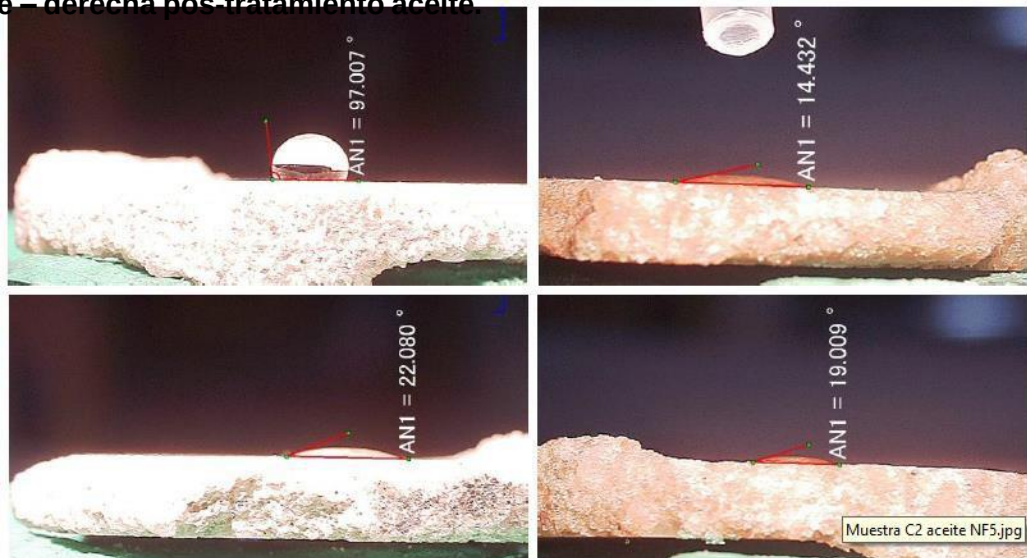


Figura 27. Pruebas de ángulo de contacto para muestra 5 L017-etanol-seca – tapa C2. Arriba: izquierda línea base agua – derecha pos-tratamiento agua. Abajo: izquierda línea base aceite – derecha pos-tratamiento aceite.

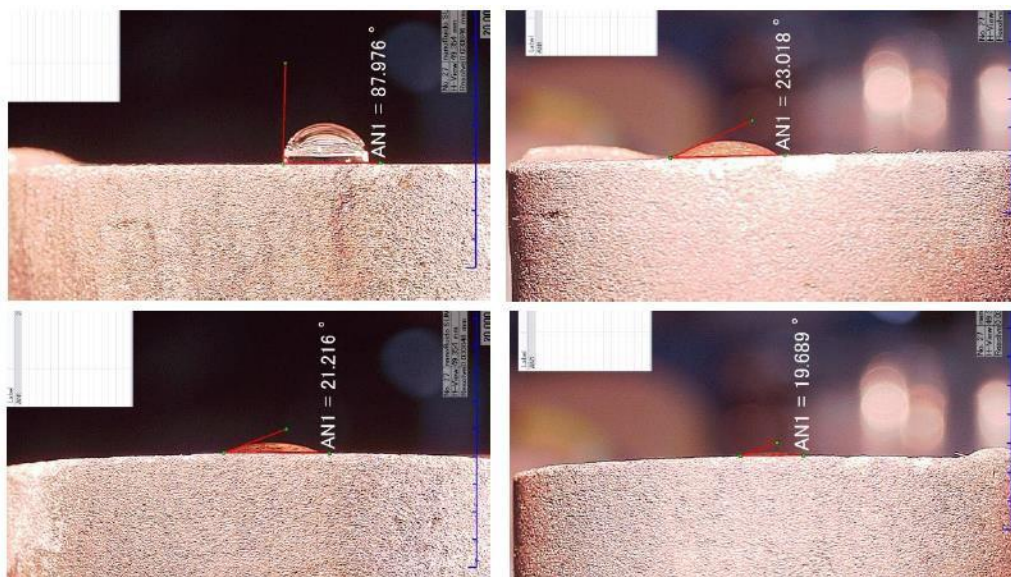


Figura 28. Pruebas de ángulo de contacto para muestra 6 L016-agua-húmeda – tapa I. Arriba: izquierda línea base agua – derecha pos-tratamiento agua. Abajo: izquierda línea base aceite – derecha pos-tratamiento aceite.

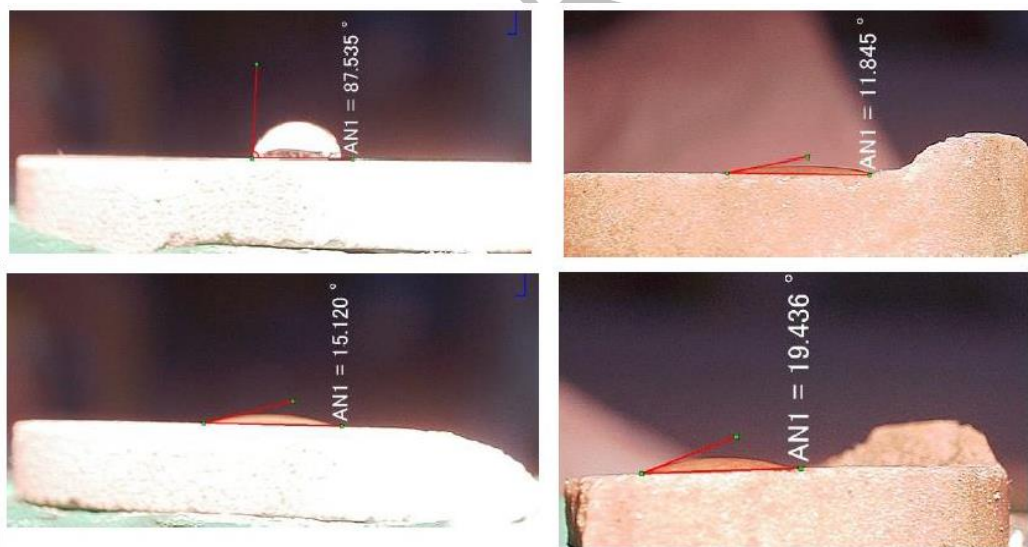


Figura 29. Pruebas de ángulo de contacto para muestra Referencia (TEOS-ácidas) – tapa E. Arriba: Izquierda línea base agua – derecha pos-tratamiento agua. Abajo: Izquierda línea base aceite – derecha pos-tratamiento aceite.

Figura 30. Comparación de curvas K_{ro} y K_{rw} pre y post-tratamiento I

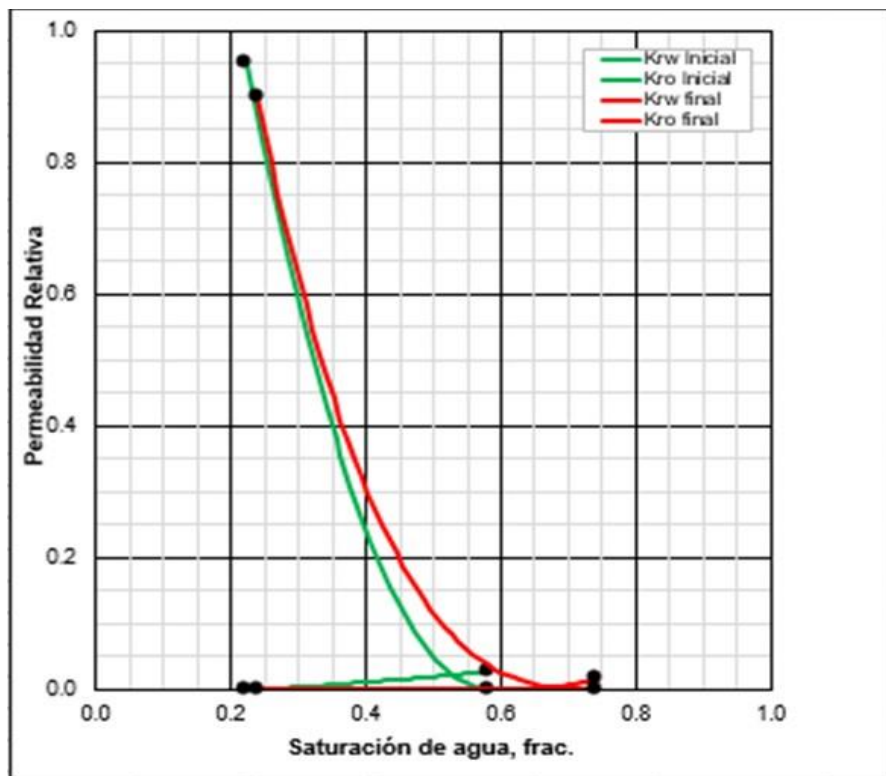


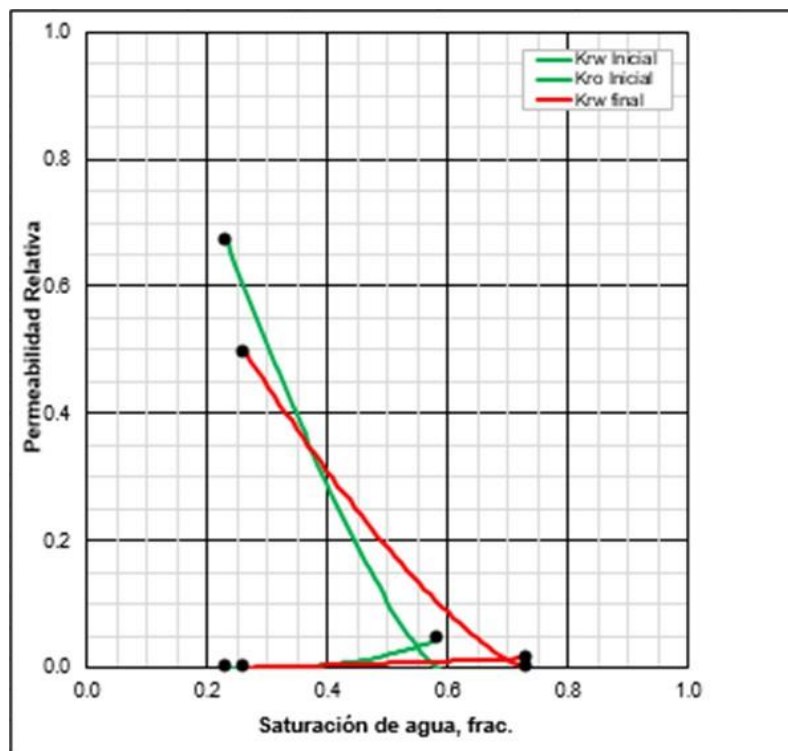
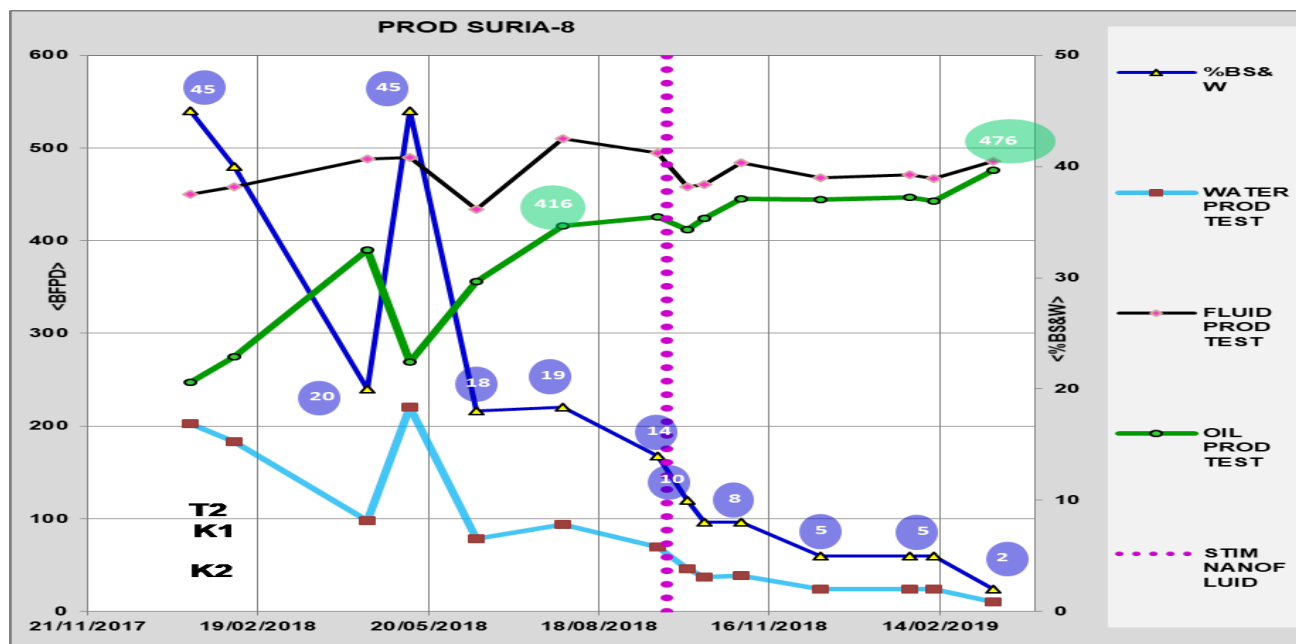
Figura 31. Comparación de curvas K_{ro} y K_{rw} pre y pos tratamiento II

Figura 32. Monitoreo y seguimiento implementación Piloto Suria 8



TABLAS

Tabla 1. Clasificación de mojabilidad Amott-Harvey

AMOTT/AMOTT-HARVEY	$I_o = 0$ $I_w \neq 0$	$I_w = 0$ $I_o \neq 0$	$I_w = 0$ $I_o = 0$	$I_w \neq 0$ $I_o \neq 0$
$0.3 < I < 1.0$ Preferencia Agua	Uniforme			Mixta
$-0.3 < I < 0.3$ Mojabilidad Neutra	Uniforme	Uniforme	Uniforme	Mixta
$-1 < I < -0.3$ Preferencia Aceite		Uniforme		Mixta

Tabla 2. Formulación inicial de fluido de acarreo de nanopartículas

COMPONENTE	GPT
Disolvente 1	550
Disolvente 2	80
Alcohol 1	285
Alcohol 2	13
Alcohol 3	2
Surfactante 1	40
Surfactante 2	30
TOTAL	1000

5

10

Tabla 3. Tensión interfacial de fluidos de acarreo formulados

COMPONENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT	GPT
Disolvente 1	550	550	550	550	550	550	550	550	550	650	650	650	650	650
Alcohol 1	100	150	180	50	20	150	50	150	50				40	40
Alcohol 2	102	52	22	152	182	50	152	52	152	200	100	100	100	100
Disolvente 2	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	250	190	150	150
solvente mutual 1	48	48	48	48	48									
Surfactante 1 (verde)	30	30	30	30	30	30	30	30	30			20	20	20
Surfactante 2	20	20	20	20	20	20	20	20	20			10	10	10
Solvente mutual 2 (verde)						48	48					30	30	
Solvente mutual 3 (verde)								48	48					30
Subtotal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tension Interfacial (Dinas/cm)	0.15	0.157	0.251	0.353	0.348	0.175	0.036	0.183	0.0047	2.361	>3	0.319	0.22	0.275

5

10

Tabla 4. Formulaciones evaluadas para estabilidad de Nano fluidos

15

Tipo Nanosilice	Muestra	Disolv. 1	Disolv. 2	Disolv. 3	Alcohol 1	Alcohol 2	alcohol 3	Solvente Mutual 1	Solvente Mutual 2(verde)	Surfact. 2	Surfact. 1 (verde)	Total
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
NP SiO2	1	55%	8%				1%	29%			7%	100%
NP SiO2	2	49%	33%				10%	5%			3%	100%
NP SiO2	3		33%	49%			10%	5%			3%	100%
NP SiO2 Ac	4	55%	8%				1%	29%			7%	100%
NP SiO2 Ac	5	49%	33%				10%	5%			3%	100%
NP SiO2 Ac	6		33%	49%			10%	5%			3%	100%
NP SiO2 Ac +Fe	7	55%	8%				1%	29%			7%	100%
NP SiO2 Ac +Fe	8	49%	33%				10%	5%			3%	100%
NP SiO2 Ac +Fe	9		33%	49%			10%	5%			3%	100%
NP SiO2 Ac	10	55.0%	15.0%		5.0%	15.0%	0.2%		4.8%	2.0%	3.0%	100%
NP SiO2 Ac +Fe	11	56.8%	10.0%		5.0%	15.0%	0.2%		6.0%	2.0%	5.0%	100%
NP SiO2 Ac nueva	12	55.0%	15.0%		5.0%	15.0%	0.2%		4.8%	2.0%	3.0%	100%
NP SiO2 Ac +Magnetita	13	56.8%	10.0%		5.0%	15.0%	0.2%		6.0%	2.0%	5.0%	100%
NP SiO2 Ac +Magnetita	14	55.0%	15.0%		5.0%	15.0%	0.2%		4.8%	2.0%	3.0%	100%

5

Tabla 5. Tapas de Muestra de roca seleccionadas para la evaluación de

10

15

20

TAPA PLUG	MOJABILIDAD	PROFUNDIDAD	UNIDAD	INDICE AMMOT-HARVEY	MOJABILIDAD
CASTILLA-34		6702.5	K1	-0.301	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		7289.5	K2	-0.24	NEUTRA- MIXTA
		7344.5		-0.29	NEUTRA- MIXTA
CAN-42		7538.5	K1	-0.5816	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		7614.5	K2	-0.675	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		7681.5		-0.617	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		7763.5		-0.6726	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		7789.5		-0.6912	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		7841.5		-0.339	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		7881.5		-0.3403	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
CAN-45		6983.5	K1	-0.433	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		7372.5	K2	-0.256	NEUTRA-MIXTA
		7447.88		-0.354	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
CH-22		7935	T2	-0.194	NEUTRA-MIXTA
		8099.75		-0.4293	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
CH-29		7974.5	T2	-0.43	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		8014.5		-0.6	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		8050.5		-0.12	NEUTRA-MIXTA
		8062.5		-0.64	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
CH-25		7897.5	T2	-0.0458	NEUTRA-MIXTA
		7918.5		-0.004	NEUTRA-MIXTA
		7936.5		-0.0239	NEUTRA-MIXTA
SURIA S-14		9954.17	T2	-0.3697	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		9955.5		-0.3529	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA
		9957.25		-0.4302	PREFERENCIA ACEITE-MIXTA

5

10

Tabla 6. Ángulos contacto agua – aceite en tapas de muestra de roca antes y después de ser tratadas con nano fluidos.

Tapas Plug		Profundidad	Tratamiento	Ángulos de Contacto en tapas de Plugs			
				LB Agua Pretratamiento	LB Aceite Pretratamiento	Agua Pos Tratamiento	Aceite Pos tratamiento
Suria Sur 14	1	9957.13	NF NP SiO2 AC Varsol	95.356	17.136	41.087	11.109
CN-45	2	6959.58	NF NP SiO2 AC Nueva Varsol	97.547	9.226	13.901	9.224
CN-42	3	7514.5	NF NP SiO2 AC Diesel	94.484	5.17	0	25.184
CN-42	4	7514.5	NF NP SiO2 AC Nueva Diesel	93.637	4.508	0	10.189
Suria	5	9955.88	NF NP SiO2 AC Nueva Diesel	93.465	0	0	12.385
CN-42	6	7535.88	NF NP SiO2 AC Varsol	86.208	12.311	21.503	14.089
Chichimene	7		NF NP SiO2 AC Diesel	91.478	0	0	0

15

5

10

Tabla 7. Formulaciones seleccionadas para fluido de acarreo de nanopartículas

15

PRODUCTO	NOMBRE	ALTER HUMECTAB Concentración (% Volumen)	INHIB. ASFALTENOS Concentración (% Volumen)
Disolvente1	Diésel	55	56.8
Disolvente 2	Xileno	15	10
Alcohol 1	2- Buthoxyethanol	5	5
Alcohol 2	PNB Glycol Ether	15.2	15.2
Solvente mutual 2 (verde)	Inort 116 (verde)	4.8	6
Surfactante 2	Biosoft 91-8	2	2
Surfactante 1 (verde)	Inort 87 (verde)	3	5
		100	100

20

25

30

35

40

5

10

Tabla 8. Nuevas Condiciones de síntesis de nanopartículas

15

Lote	Condiciones síntesis				Lavado	Secado	Funcionalización
	SiO ₂ :Na ₂ O	Ácido	[] Ácido	T rxn, °C			
011	3:1	HCl	2%	55 - 60	Agua	Sí – 110°C	No
011	3:1	HCl	2%	55 - 60	Agua	Sí – 110°C	Sí – ácida
016	3:1	HCl	2%	55 - 60	Agua	Sí – 110°C	No
016	3:1	HCl	2%	55 - 60	Agua	No	No
016	3:1	HCl	2%	55 - 60	Etanol	Sí – 110°C	No
016	3:1	HCl	2%	55 - 60	Etanol	No	No
017	3:1	H ₂ SO ₄	2%	55 - 60	Etanol	Sí – 110°C	No
017	3:1	H ₂ SO ₄	2%	55 - 60	Etanol	No	No

20

25

30

5

10

Tabla 9. Muestras evaluadas en pruebas de ángulo de contacto

15

Muestra	Identificación muestra	Tapas plug		
		Ident.	Pozo	Profundidad
1	Lo11 – seca	G	CN-42	7514,5
2	Lo11 - funcionalizada	C	SS-14	9955,83
3	Lo16 – etanol – seca	G2	CN-42	7514,5
4	Lo16 – agua – seca	L	CN-45	6983,5
5	Lo17 – etanol – seca	C2	SS-14	9955,83
6	Lo16 – agua – húmeda	I	SS-14	9957,13
9	Referencia (TEOS – ácidas)	E	CN-42	7544,67

35

5

10

15

Tabla 10. Muestras evaluadas en pruebas de ángulo de contacto

20

Muestra		Tapas Plug	Comparativo ángulo contacto - Agua		Comparativo ángulo de contacto - Aceite		Tendencia mojabilidad
#	Descripción		Agua Pre-tratamiento	Agua Pos-tratamiento	Aceite Pre-tratamiento	Aceite Pos-tratamiento	
1	L011 – seca	G	89,6	38,16	14,47	18,1	Menor tendencia mojabilidad al aceite
2	L011 - funcionalizada	C	88	6,87	13,55	28,03	Menor tendencia mojabilidad al aceite
3	L016 – etanol – seca	G2	83,7	27,02	25,83	27,6	Menor tendencia mojabilidad al aceite
4	L016 – agua – seca	L	84,45	35,08	24,3	28,3	Menor tendencia mojabilidad al aceite
5	L017 – etanol – seca	C2	97	14,43	22,08	19	Menor tendencia mojabilidad al aceite
6	L016 – agua – húmeda	I	87,98	23,02	21,2	19,69	Menor tendencia mojabilidad al aceite
9	Referencia (TEOS – ácidas)	E	87,5	11,85	15,12	19,4	Menor tendencia mojabilidad al aceite

5

Tabla

10

11. Nanopartículas seleccionadas para ser evaluadas en pruebas de Core-flooding

15

Lote	Condiciones síntesis				Lavado	Secado	Funcionalización
	SiO ₂ :Na ₂ O	Ácido	[] Ácido	T rxn, °C			
011	3:1	HCl	2%	55 - 60	Agua	Sí - 110°C	No
016	3:1	HCl	2%	55 - 60	Agua	Sí - 110°C	No

20

25

5

10

15

Tabla 12. Comparación de curvas K_{ro} y K_{rw} Pre y Pos Tratamiento I

20

Parámetro	Valor inicial	Valor Post Nano	Diferencia	% Incremento+ Reducción-
Swirr	0.2233	0.2392	0.02	7.2
Sor	0.4175	0.2578	-0.16	-38.2
Krw end point	0.027	0.016	-0.01	-41.3
Kro end point	0.953	0.900	-0.05	-5.5
Keo	981.51	927.07	-54.44	-5.5
Kewf	27.51	16.16	-11.35	-41.3
Recobro	35.9	50.3	14.37	40.0
Swirr final		0.2472	0.01	3.2
Keo final		1173.2	246.13	21.0

25

30

35

5

10

Tabla 13. Comparación de curvas K_{ro} y K_{rw} Pre y Pos Tratamiento II

15

Parámetro	Valor inicial	Valor posterior al tratamiento	Diferencia	% Incremento+ Reducción-
Swirr	0.2320	0.2627	0.03	13.2
Sor	0.4147	0.2842	-0.13	-31.5
Krw end point	0.046	0.015	-0.03	-67.0
Kro end point	0.672	0.496	-0.18	-26.2
Keo	346.02	255.41	-90.61	-26.2
Kewf	23.81	7.85	-15.96	-67.0
Recobro	35.3	45.3	9.98	28.3
Swirr final		0.3548	0.09	26.0
Keo final		223.3	-32.08	-14.4

30

5

Tabla 14. Comparación resultados evaluación Tratamientos I y II en coreflooding

EVALUACION DE NANO FLUIDOS DE ALTERACION HUMECTABILIDAD	RESULTADOS EXPERIMENTALES				
	DISMINUCION Krw (%)	INCREM. SWirr (%)	DISM. Sor (%)	INCREM. Keof final (%)	DISMIN. Kewf final (%)
RANGO DE ACEPTACIÓN	>30%	>5%	>30%	>15%	>30%
AC02 CONVENIO 5226650, ECOPETROL-SUMICOL (NP L011)	✓	✓	✓	✓	✓
AC02 CONVENIO 5226650, ECOPETROL-SUMICOL (NP L016)	✓	✓	✓	x	✓

10