

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES



“WETTABILITY” O CUANTO MOJA UN LÍQUIDO

Dr. Pablo D. Ravazzoli

Ciclo de seminarios del grupo Mecánica Estadística y Física No Lineal
Instituto de Física de Facultad de Ciencias
Universidad de la República
Uruguay

Índice

- 1 *Interacción líquido-sólido*
- 2 *Interacción líquido-líquido*
- 3 *Trabajo actual*

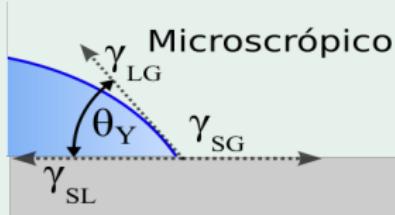
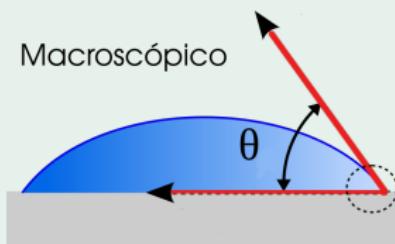
Interacción líquido-sólido (Doctorado)

Mojabilidad

- Ángulo de contacto
- Histéresis del ángulo de contacto
- Evolución de filamentos líquidos apoyados
- Gotas de base no circular

Ángulo de contacto

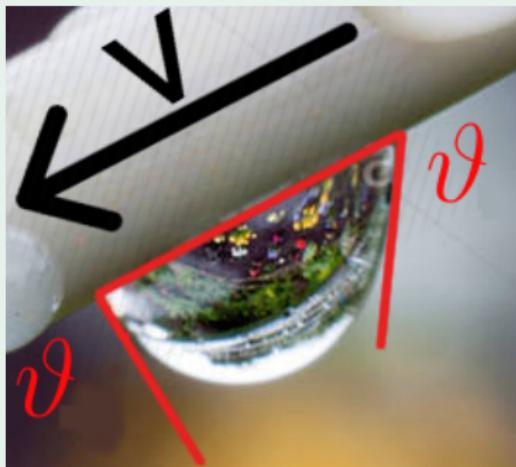
Ángulo de contacto estático



Ley de Young

$$\cos \theta_Y = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LG}}$$

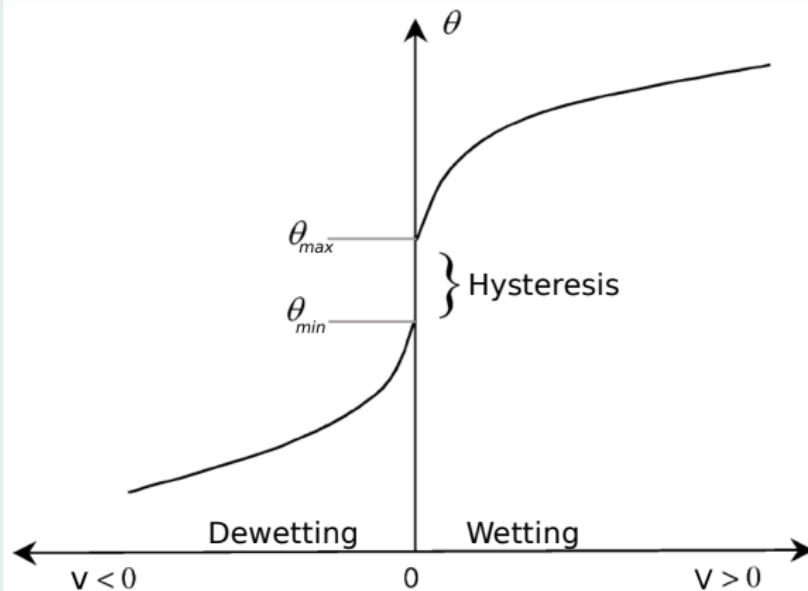
Ángulo de contacto dinámico



El ángulo de contacto dinámico depende de la velocidad de la línea de contacto, $\vartheta(v_{lc})$.

Histéresis del ángulo de contacto

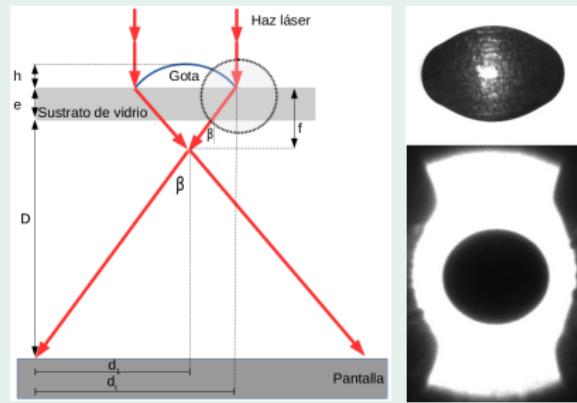
Esquema ilustrativo



Medición del ángulo de contacto

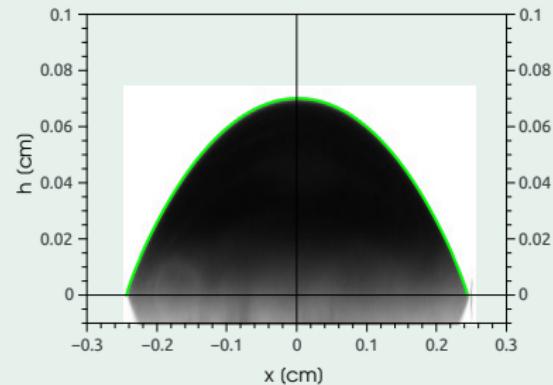
Método refractivo

- Indirecto.
- Permite obtener simultáneamente el AC en toda la línea de contacto.
- Precisión $\pm 1^\circ$
- Sólo casos estáticos



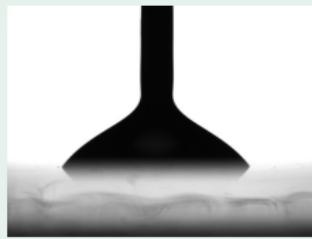
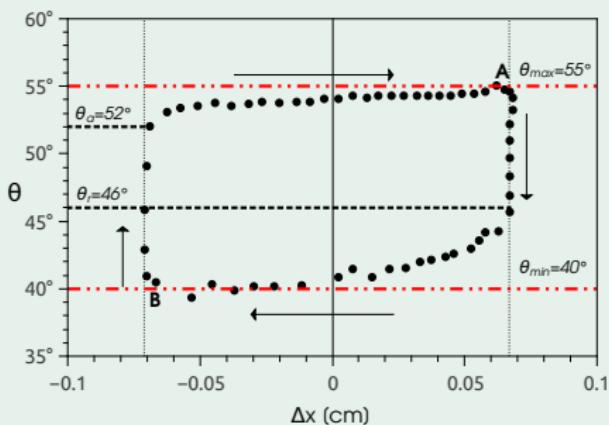
Método de sombras

- Directo.
- Usado en goniómetros comerciales.
- Precisión $\pm 0.5^\circ$.
- Tanto para casos estáticos como dinámicos.

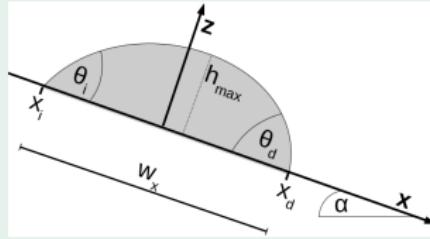
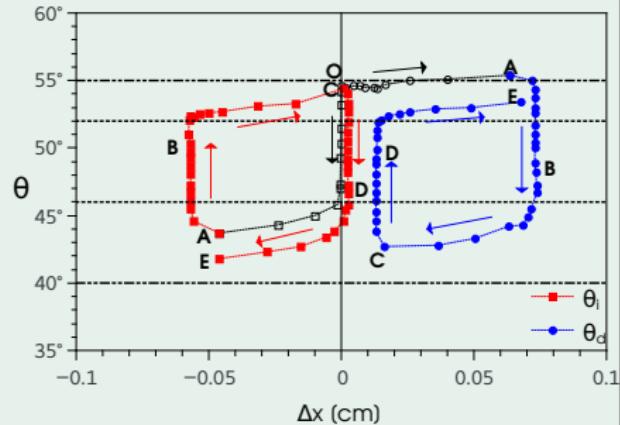


Histéresis estática del ángulo de contacto

Mariación de volumen

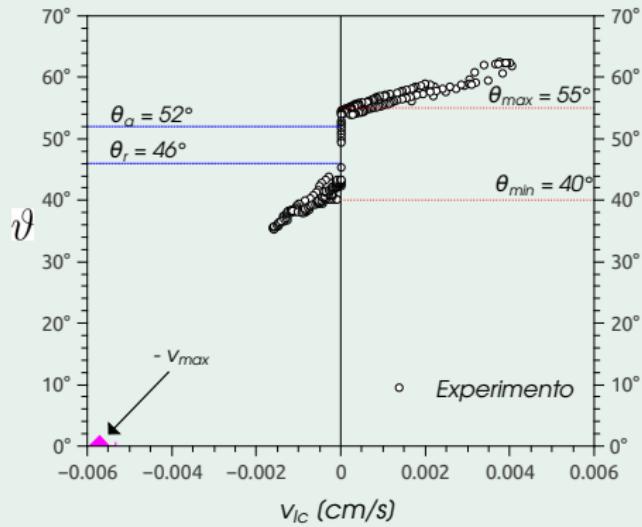


Inclinación del sustrato



Histéresis dinámica del ángulo de contacto

Relación entre el ángulo y la línea de contacto



Modelo hidrodinámico
(Cox-Voinov)

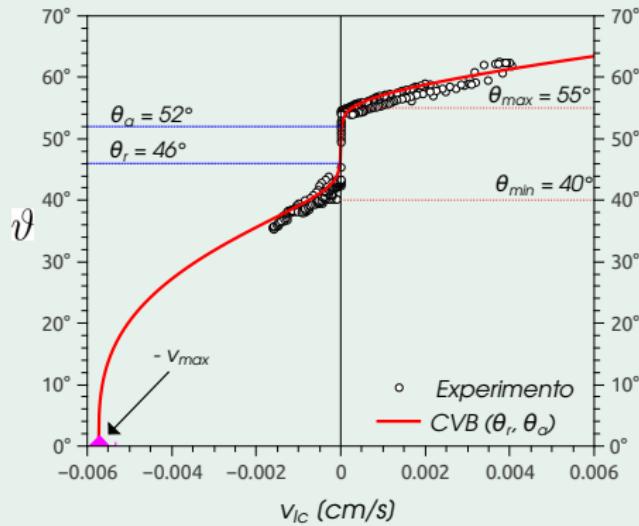
$$\vartheta^3 = \theta_m^3 + \frac{9\mu}{\gamma} \mathbf{v}_{lc} \ln \left(\frac{\ell}{\ell} \right)$$

Modelo Cinético-Molecular
(Blake)

$$\cos \vartheta_m = \cos \theta_0 - \frac{1}{\Gamma} \sinh^{-1} \left(\frac{\mathbf{v}_{lc}}{v_0} \right)$$

Histéresis dinámica del ángulo de contacto

Relación entre el ángulo y la línea de contacto



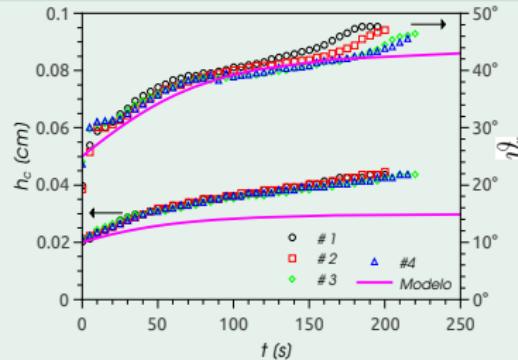
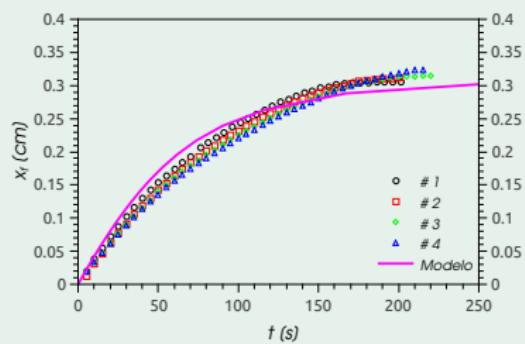
Modelo combinado Cox-Voinov+Blake

$$\vartheta^3 = \arccos^3 \left[\cos \theta_0 - \frac{1}{\Gamma} \operatorname{senh}^{-1} \left(\frac{v_{lc}}{v_0} \right) \right] + \frac{9\mu}{\gamma} v_{lc} \ln \left(\frac{L}{\ell} \right)$$

Retracción de filamentos líquidos



Comparación entre experimentos y modelo sencillo



PHYSICAL REVIEW E 95, 053111 (2017)

Wetting and dewetting processes in the axial retraction of liquid filaments

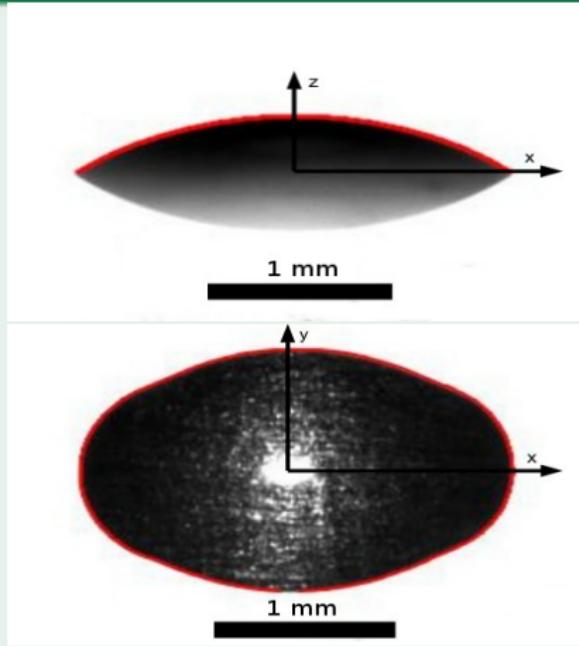
Pablo D. Ravazzoli, Ingrith Cuellar, Alejandro G. González, and Javier A. Diez

Instituto de Física Arroyo Seco, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires,
and CIFICEN-CONICET-CICPBA, Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina

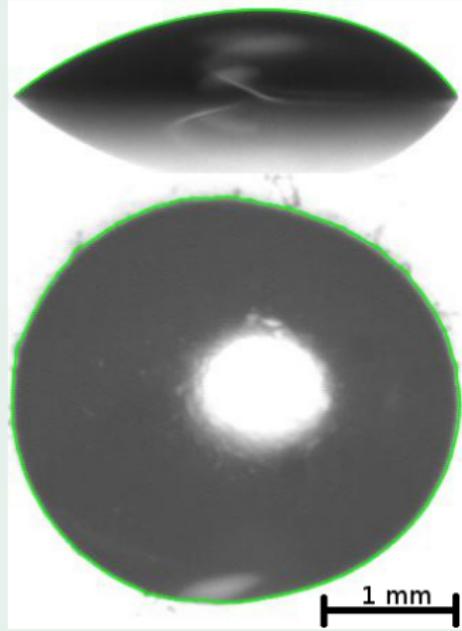
(Received 16 March 2017; published 24 May 2017)

Gotas de base no circular

Gotas de filamentos



Gotas en planos inclinados

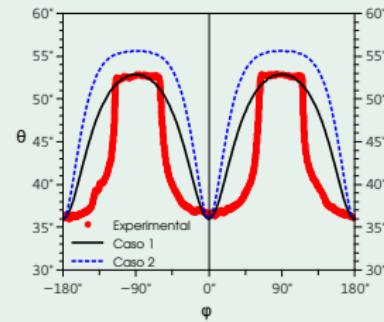
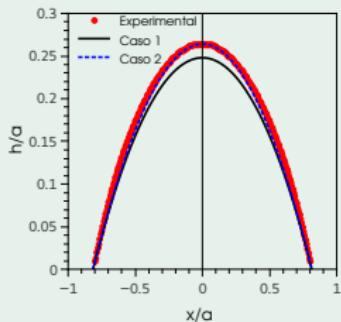
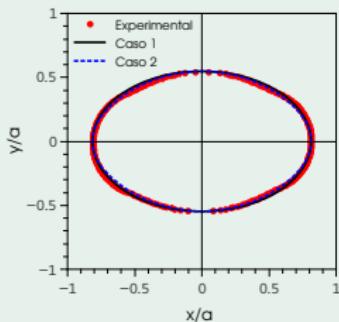


Gotas de base no circular

Soluciones analíticas en la aproximación de lubricación

$$-\nabla^2 h + h \cos \alpha - x \operatorname{sen} \alpha = P = \text{const.}$$

Gotas de Filamentos



PHYSICS OF FLUIDS **28**, 042104 (2016)

Drops with non-circular footprints

Pablo D. Ravazzoli, Alejandro G. González, and Javier A. Diez

Instituto de Física Arroyo Seco (CIFICEN-CONICET-CICPBA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina

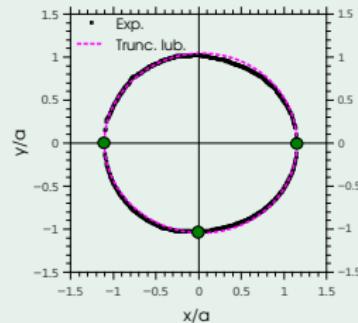
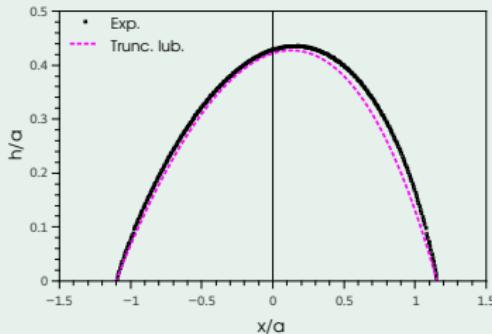
(Received 15 December 2015; accepted 15 March 2016; published online 4 April 2016)

Gotas de base no circular

Soluciones analíticas en la aproximación de lubricación

$$-\nabla^2 h + h \cos \alpha - x \sin \alpha = P = \text{const.}$$

Gota en plano inclinado ($\alpha = 25^\circ$)



PHYSICAL REVIEW E 99, 043105 (2019)

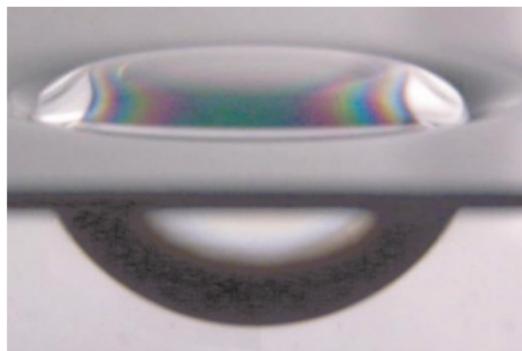
Contact-angle-hysteresis effects on a drop sitting on an incline plane

Pablo D. Ravazzoli, Ingrith Cuellar, Alejandro G. González, and Javier A. Diez

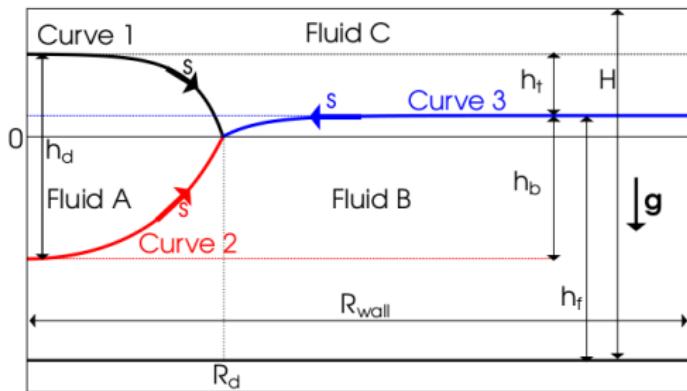
Instituto de Física Arroyo Seco, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires,
and CIFICEN-CONICET-CICPBA, Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina

Interacción líquido-líquido

Lentes líquidas flotantes: Una lente líquida es un gota que flota sobre un líquido inmiscible rodeada por una fase gaseosa.



Wong et al.
Soft Matter 13, 5250 (2017)



Esquema de una lente en equilibrio

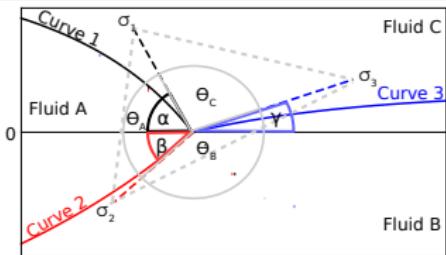
Problema matemático

Ecuaciones (6) – Condiciones (19)

$$r_i''(q) = z_i'(q) \left[\frac{z_i'(q)}{r_i(q)} - L_i \Delta P_i - L_i Bo_i z_i(q) \right]$$

$$z_i''(q) = -r_i'(q) \left[\frac{z_i'(q)}{r_i(q)} - L_i \Delta P_i - L_i Bo_i z_i(q) \right]$$

Punto de contacto triple



Neumann

$$\sigma_1 \sin \alpha - \sigma_2 \sin \beta + \sigma_3 \sin \gamma = 0$$

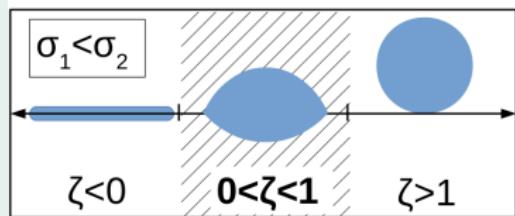
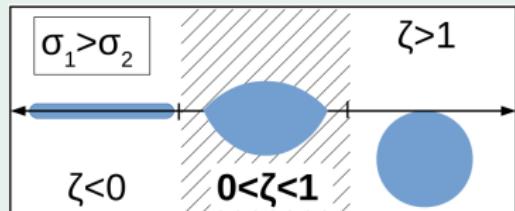
$$\sigma_1 \cos \alpha + \sigma_2 \cos \beta - \sigma_3 \cos \gamma = 0$$

Balance de presión

$$\sigma_1 \kappa_1 + \sigma_2 \kappa_2 + \sigma_3 \kappa_3 = 0$$

Soluciones de equilibrio

Casos en estudio



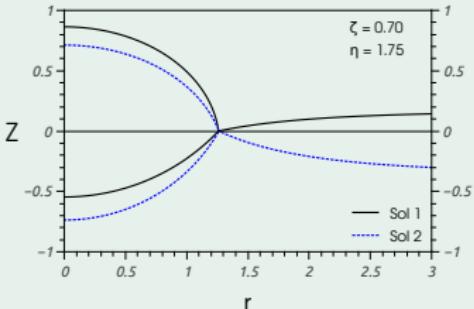
Parámetros adimens.:

$$S = \sigma_3 - \sigma_2 - \sigma_1$$

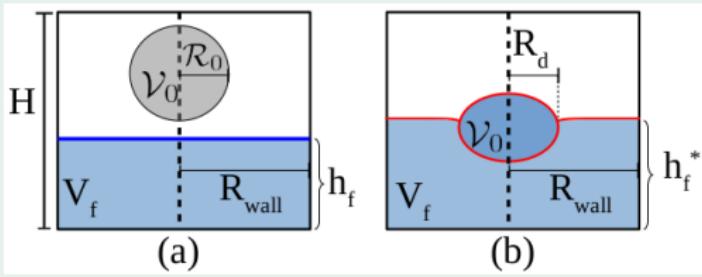
$$\zeta = \frac{S}{(-2\sigma_{ref})}$$

$$\eta = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

Ejemplo - $Bo = 1.22$ - $V_0 = 0.02 \text{ cm}^3$

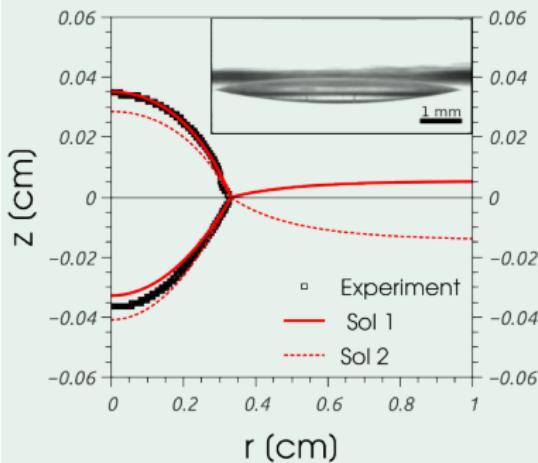


Esquema de variación de energía



Comparación con el experimento

Experimento + Solución teórica



- Corresponde a un caso $\sigma_1 < \sigma_2$.
- Parámetros: $\eta = 1.79$ y $\zeta = 0.04$.
- No observamos la curva 3.
- La solución 1 (menos energética) es la más cercana al experimento.

PHYSICAL REVIEW FLUIDS 5, 073604 (2020)

Buoyancy and capillary effects on floating liquid lenses

P. D. Ravazzoli^{1,*}, A. G. González¹, J. A. Diez¹ and H. A. Stone²

¹Instituto de Física Arroyo Seco, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires,

and CIFICEN-CONICET-CICPBA, Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina

²Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Princeton University, Princeton,
New Jersey 08544, USA

Expansión de nuestro trabajo

PHYSICS OF FLUIDS **29**, 102103 (2017)

Drop pattern resulting from the breakup of a bidimensional grid of liquid filaments

Ingrith Cuellar, Pablo D. Ravazzoli, Javier A. Diez, and Alejandro G. González

*Instituto de Física Arroyo Seco, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires,
and CIFICEN-CONICET-CICPBA, Pinto 399, 7000 Tandil, Argentina*

(Received 30 May 2017; accepted 22 September 2017; published online 9 October 2017)

PHYSICAL REVIEW E **98**, 043101 (2018)

Self-assembly of a drop pattern from a two-dimensional grid of nanometric metallic filaments

Ingrith Cuellar, Pablo D. Ravazzoli, Javier A. Diez, and Alejandro G. González*

*Instituto de Física Arroyo Seco, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires and CIFICEN-CONICET-CICPBA,
Pinto 399, 7000, Tandil, Argentina*

Nicholas A. Roberts

Mechanical and Aerospace Engineering, Utah State University, Logan, Utah 84322, USA

Jason D. Fowlkes and Philip D. Rack

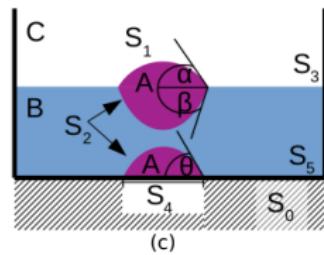
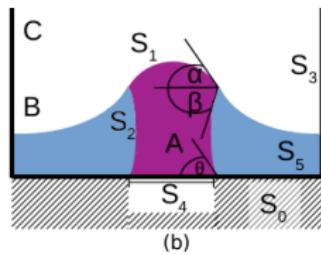
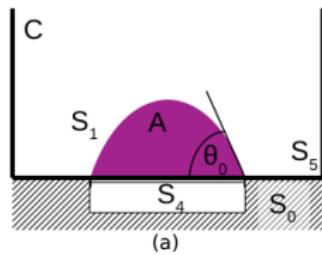
*Center for Nanophase Materials Sciences, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee 37381, USA
and Department of Materials Science & Engineering, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee 37996, USA*

Lou Kondic

Department of Mathematical Sciences, New Jersey Institute of Technology, Newark, New Jersey 07102, USA

Trabajo actual

¿Qué sucede cuando se incluye un sólido con mojabilidad parcial en un sistema líquido–líquido?



¡Muchas Gracias!



C I F I C E N