

Fecha: 05/05/2023

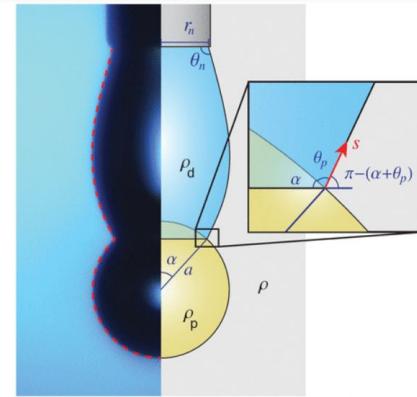
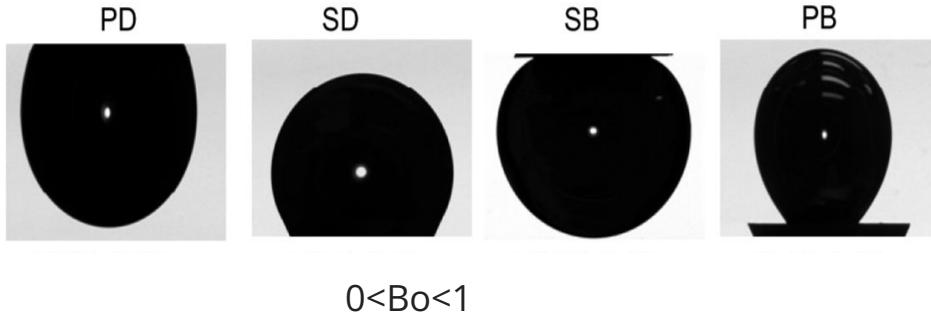
Obtención de parámetros con gota colgante

Omar Espinoza Mujica
Supervisores:
Jorge Jara
Karina Palma
Martín Cádiz

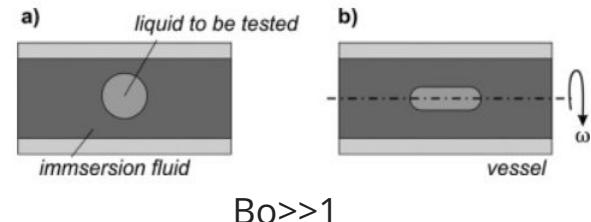
Curso de pregrado:
EL4030 Seminario de Diseño
e Innovación Tecnológica

Gota colgante y otras opciones

- PD: gota colgante
- SD: gota sésil
- SB: burbuja sésil
- PB: burbuja colgante



$$\text{Bo} \rightarrow 0$$



$$\text{Bo} \gg 1$$

Parámetros a obtener

- Número de Bond —> Tensión interfacial
- Número de Worthington
- Parámetro de forma
- Número de Neumann

Número de Bond (Bo)

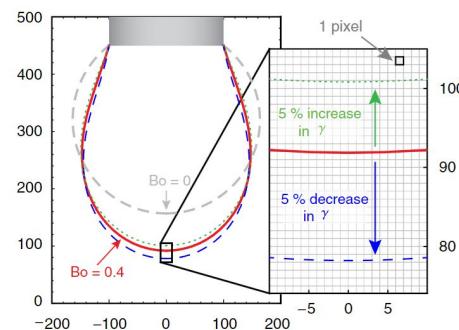
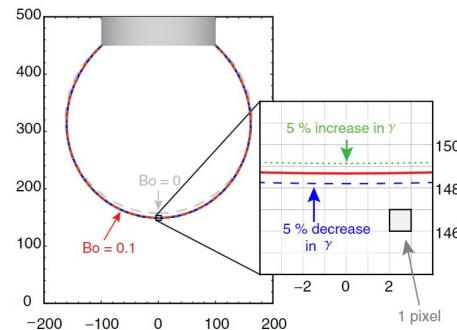
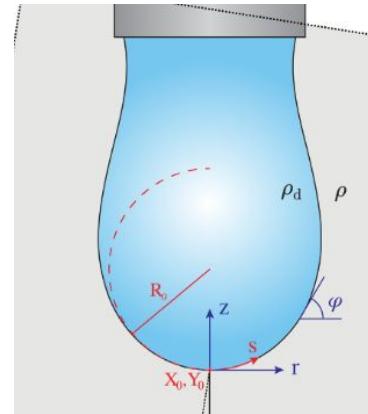
$$Bo \equiv \frac{\Delta \rho g R_0^2}{\gamma}$$

$\Delta \rho$: diferencia de densidad

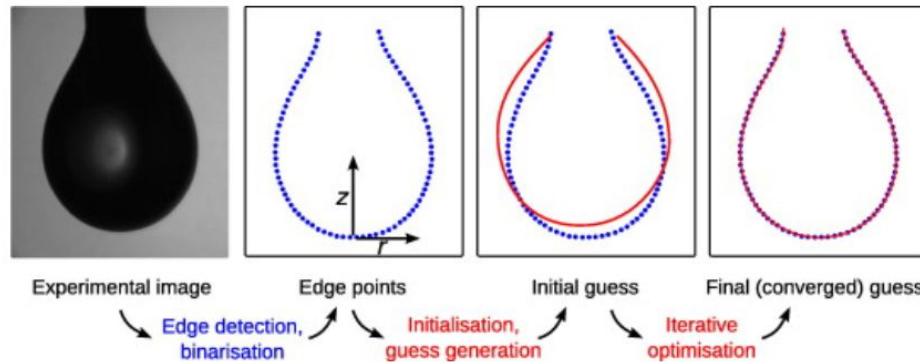
g : aceleración de gravedad

R_0 : radio de la gota

γ : tensión interfacial

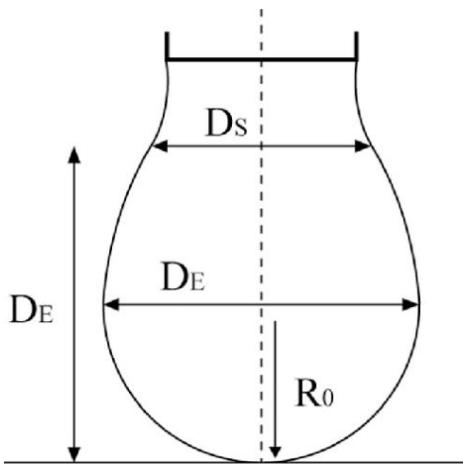


Obtención del número de Bond



$$S(\beta) = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n \min_{\bar{s}} \left\{ e_i^r(\bar{s})^2 + e_i^z(\bar{s})^2 \right\} \quad \beta = \{X_0, Y_0, \omega, R_0, \text{Bo}\}$$

Inicialización del número de Bond



$$SR = \frac{D_s}{D_E}$$

SR: relación de forma

| S | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.70 | 0.797 | 0.795 | 0.792 | 0.790 | 0.787 | 0.785 | 0.782 | 0.780 | 0.777 | 0.775 |
| 0.71 | 0.772 | 0.770 | 0.767 | 0.765 | 0.762 | 0.759 | 0.757 | 0.754 | 0.752 | 0.749 |
| 0.72 | 0.747 | 0.744 | 0.742 | 0.739 | 0.737 | 0.735 | 0.732 | 0.730 | 0.727 | 0.725 |
| 0.73 | 0.722 | 0.720 | 0.718 | 0.715 | 0.713 | 0.711 | 0.709 | 0.706 | 0.704 | 0.702 |
| 0.74 | 0.698 | 0.697 | 0.695 | 0.692 | 0.690 | 0.688 | 0.685 | 0.683 | 0.681 | 0.679 |
| 0.75 | 0.676 | 0.674 | 0.672 | 0.670 | 0.668 | 0.665 | 0.663 | 0.661 | 0.659 | 0.657 |
| 0.76 | 0.655 | 0.652 | 0.650 | 0.648 | 0.646 | 0.644 | 0.642 | 0.640 | 0.637 | 0.635 |
| 0.77 | 0.633 | 0.631 | 0.629 | 0.627 | 0.625 | 0.623 | 0.621 | 0.619 | 0.617 | 0.615 |
| 0.78 | 0.613 | 0.611 | 0.609 | 0.607 | 0.605 | 0.603 | 0.601 | 0.599 | 0.597 | 0.595 |
| 0.79 | 0.593 | 0.591 | 0.589 | 0.587 | 0.585 | 0.583 | 0.581 | 0.579 | 0.577 | 0.575 |
| 0.80 | 0.573 | 0.571 | 0.570 | 0.568 | 0.566 | 0.564 | 0.562 | 0.561 | 0.559 | 0.557 |
| 0.81 | 0.555 | 0.553 | 0.551 | 0.550 | 0.548 | 0.546 | 0.544 | 0.542 | 0.540 | 0.539 |
| 0.82 | 0.537 | 0.535 | 0.533 | 0.532 | 0.530 | 0.528 | 0.526 | 0.524 | 0.523 | 0.521 |
| 0.83 | 0.519 | 0.518 | 0.516 | 0.515 | 0.513 | 0.511 | 0.509 | 0.507 | 0.506 | 0.504 |
| 0.84 | 0.502 | 0.501 | 0.499 | 0.498 | 0.496 | 0.494 | 0.493 | 0.491 | 0.490 | 0.488 |
| 0.85 | 0.486 | 0.485 | 0.483 | 0.482 | 0.480 | 0.479 | 0.477 | 0.476 | 0.474 | 0.473 |
| 0.86 | 0.471 | 0.470 | 0.469 | 0.467 | 0.465 | 0.464 | 0.463 | 0.461 | 0.459 | 0.458 |
| 0.87 | 0.457 | 0.455 | 0.454 | 0.452 | 0.451 | 0.450 | 0.448 | 0.447 | 0.446 | 0.444 |
| 0.88 | 0.443 | 0.441 | 0.440 | 0.439 | 0.437 | 0.436 | 0.434 | 0.433 | 0.431 | 0.430 |
| 0.89 | 0.429 | 0.428 | 0.426 | 0.425 | 0.423 | 0.422 | 0.420 | 0.419 | 0.418 | 0.417 |
| 0.90 | 0.415 | 0.414 | 0.413 | 0.411 | 0.410 | 0.409 | 0.408 | 0.406 | 0.405 | 0.404 |
| 0.91 | 0.403 | 0.401 | 0.400 | 0.399 | 0.398 | 0.396 | 0.395 | 0.394 | 0.393 | 0.391 |
| 0.92 | 0.390 | 0.389 | 0.388 | 0.386 | 0.385 | 0.384 | 0.383 | 0.382 | 0.381 | 0.379 |
| 0.93 | 0.378 | 0.377 | 0.376 | 0.375 | 0.373 | 0.372 | 0.371 | 0.370 | 0.369 | 0.368 |
| 0.94 | 0.366 | 0.365 | 0.364 | 0.363 | 0.362 | 0.361 | 0.359 | 0.358 | 0.357 | 0.356 |
| 0.95 | 0.355 | 0.354 | 0.353 | 0.352 | 0.351 | 0.350 | 0.349 | 0.348 | 0.346 | 0.345 |
| 0.96 | 0.344 | 0.343 | 0.342 | 0.341 | 0.340 | 0.339 | 0.338 | 0.337 | 0.335 | 0.334 |
| 0.97 | 0.333 | 0.332 | 0.331 | 0.330 | 0.329 | 0.328 | 0.327 | 0.326 | 0.325 | 0.324 |
| 0.98 | 0.323 | 0.322 | 0.321 | 0.320 | 0.319 | 0.318 | 0.317 | 0.316 | 0.315 | 0.314 |
| 0.99 | 0.313 | 0.312 | 0.311 | 0.310 | 0.309 | 0.308 | 0.307 | 0.306 | 0.305 | 0.304 |
| 1.00 | 0.303 | | | | | | | | | |

$$Bo = \frac{H(Ro)^2}{D_E}$$

Número de Worthington (Wo)

$$Wo = \frac{V_d}{V_{\max.}}$$

V_d : volumen de la gota

V_{\max} : volumen máximo de la gota

$$V_d = \pi \int \bar{r}^2 \sin \varphi \, d\bar{s}$$

r : radio entre eje y superficie

φ : ángulo en la superficie

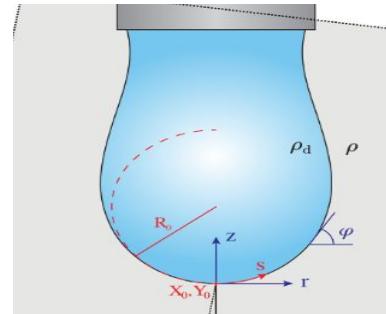
$$V_{\max.} = \frac{\pi D_n \gamma}{\Delta \rho g}$$

D_n : diámetro de aguja

$\Delta \rho$: diferencia de densidad

g : aceleración de gravedad

γ : tensión interfacial



Número de Worthington (Wo)

$$Wo = \frac{\Delta\rho g V_d}{\pi\gamma D_n}$$

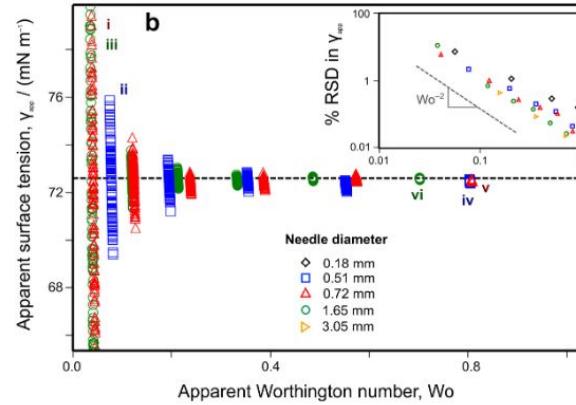
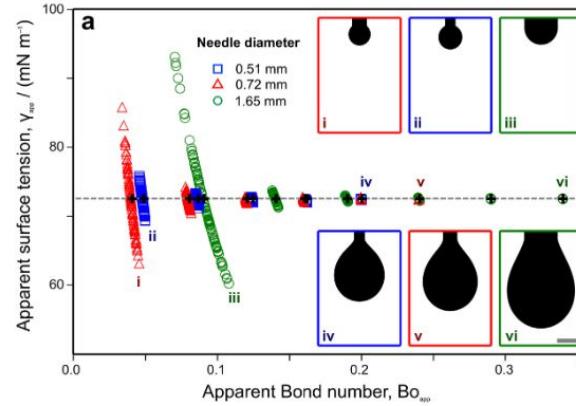
V_d : volumen de la gota

D_n : diámetro de aguja

$\Delta\rho$: diferencia de densidad

g : aceleración de gravedad

γ : tensión interfacial



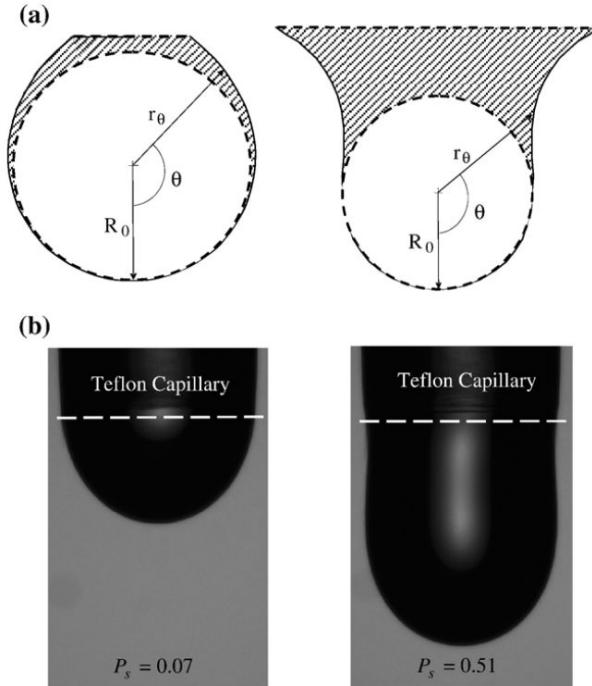
Parámetro de forma (P_s)

$$P_s = \frac{\left| \int_0^{2\pi} \int_0^{r_0} r dr d\theta - \pi R_0^2 \right|}{\int_0^{2\pi} \int_0^{r_0} r dr d\theta}$$

R_0 : radio de la gota

r : radio hacia la superficie

θ : ángulo generado entre r y R_0



Número de Neumann (Ne)

$$Ne \equiv \frac{\Delta\rho g}{\gamma} R_0 H$$

R_0 : radio de la gota

H : altura de la gota

$\Delta\rho$: diferencia de densidad

g : aceleración de gravedad

γ : tensión interfacial

Pasos a seguir para el 19/05/2023

- Pre-procesamiento de imagen con gota colgante (ya guardadas).
- Obtención del contorno de la gota.
- Diferenciación entre gota y aguja.
- Obtención de las distintas dimensiones de la gota.
- Transferencia de los pasos anteriores a una imagen generada con el set-up de Thorlabs.
- Inicio de implementación del proceso de optimización para obtener el número de Bond.

Bibliografía

- Berry, J. D., Neeson, M. J., Dagastine, R. R., Chan, D. Y., & Tabor, R. F. (2015). Measurement of surface and interfacial tension using pendant drop tensiometry. *Journal of colloid and interface science*, 454, 226-237.
- Andreas, J. M., Hauser, E. A., & Tucker, W. B. (2002). Boundary tension by pendant drops1. *The Journal of Physical Chemistry*, 42(8), 1001-1019.
- Yang, J., Yu, K., & Zuo, Y. Y. (2017). Accuracy of axisymmetric drop shape analysis in determining surface and interfacial tensions. *Langmuir*, 33(36), 8914-8923.

Fecha: 25/07/2023

Obtención tensión superficial mediante programa **SCIAN-Lab's Droplets tool**

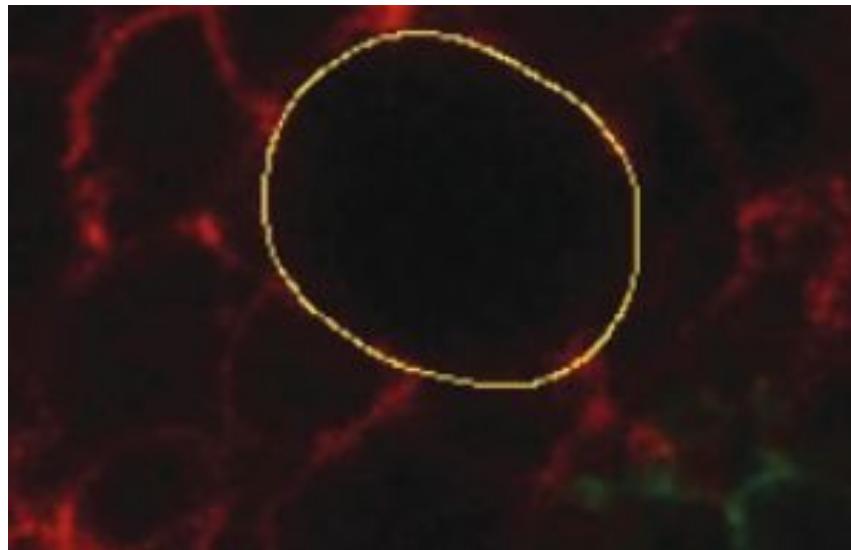
Omar Espinoza Mujica
Supervisores:
Jorge Jara
Karina Palma
Martín Cádiz

Curso de pregrado:
EL4030 Seminario de Diseño
e Innovación Tecnológica

Temario

1. Introducción
2. Parámetros a calcular
3. Entregables de Droplets tool

1. Introducción



[1] Campàs et al. (2014).
Modificado

2.1 Tensión superficial

$$\gamma \equiv \frac{\Delta \rho g R_0^2}{Bo}$$

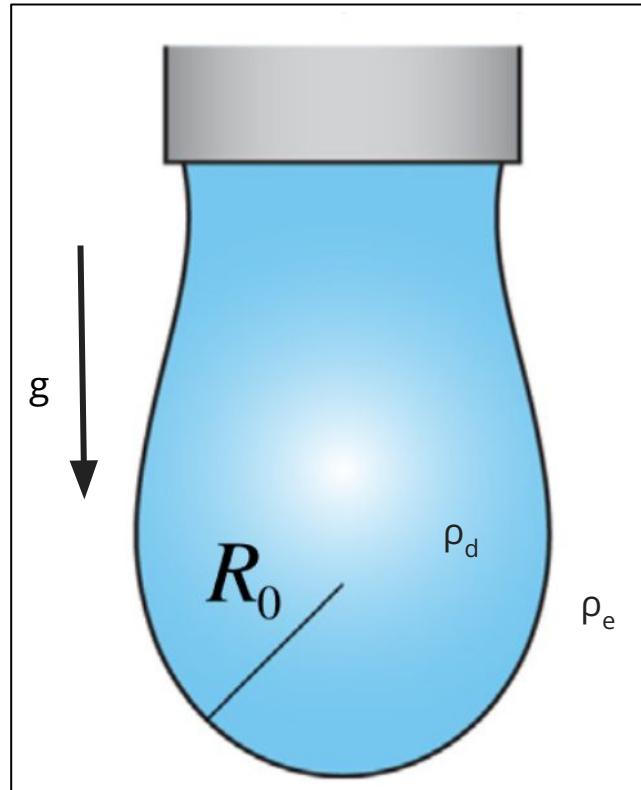
γ : tensión superficial [N/m]

$\Delta \rho$: diferencia de densidad [Kg/m³]

g : aceleración de gravedad [9.8 m/s²]

R_0 : radio de la gota [m]

Bo: número de Bond



ρ_d : densidad gota [Kg/m³]

ρ_e : densidad entorno [Kg/m³]

[2] Berry et al. (2015).
Modificado

2.1.1 Número de Bond (Bo)

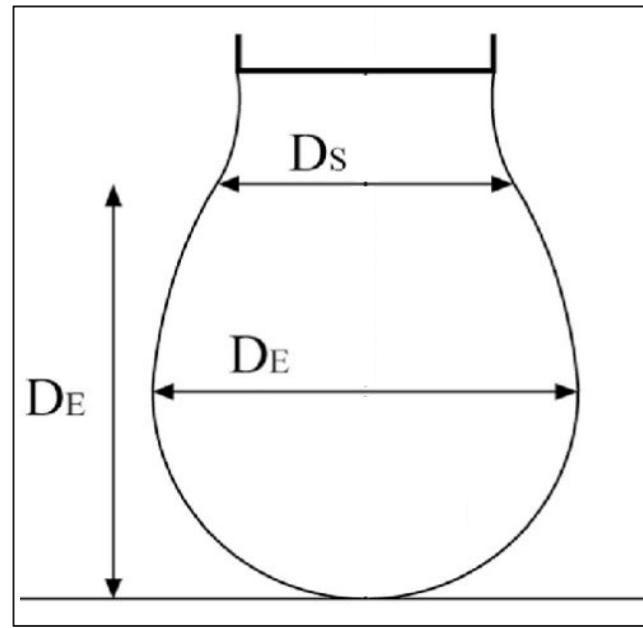
$$Bo = 0.12836 - 0.7577 \cdot SR + 1.7713 \cdot SR^2 - 0.5426 \cdot SR^3$$

$$SR = \frac{D_s}{D_E}$$

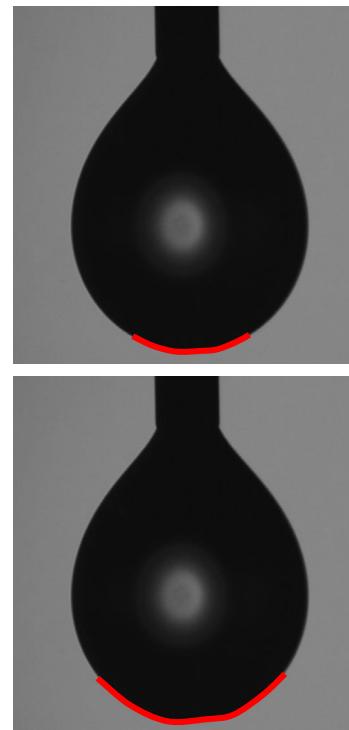
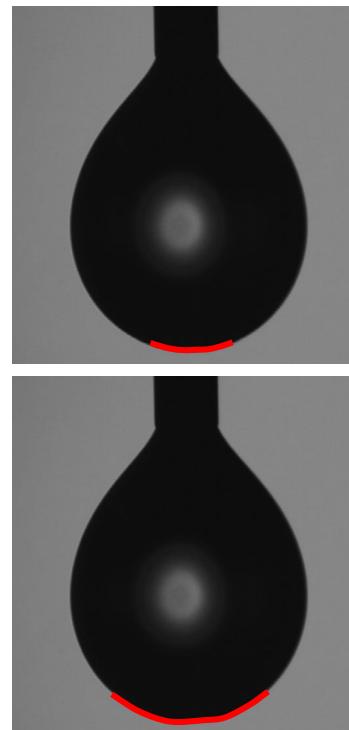
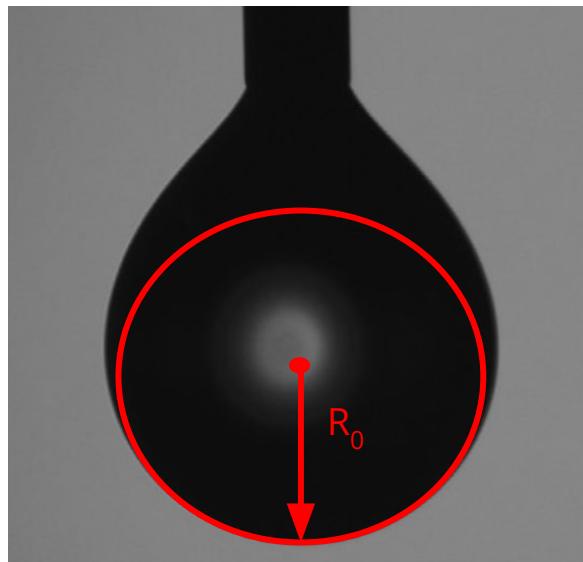
SR: relación de forma

D_E : ancho máximo de la gota

D_s : ancho de la gota a una distancia D_E desde el vértice de la gota



2.1.2 R_0



[2] Berry et al. (2015).
Modificado

2.2 Parámetros para precisión de la tensión superficial

Número de Worthington (Wo)

$$Wo = \frac{\Delta\rho g V_d}{\pi\gamma D_n}$$

V_d : volumen de la gota

D_n : diámetro de aguja

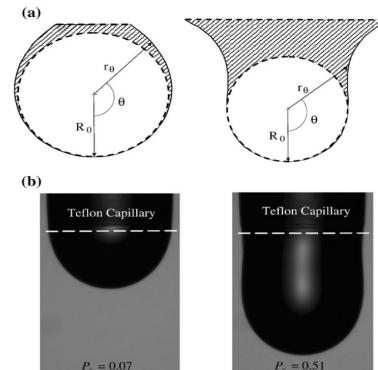
$\Delta\rho$: diferencia de densidad

g : aceleración de gravedad

γ : tensión superficial

Parámetro de forma (P_s)

$$P_s = \frac{\left| \int_0^{2\pi} \int_0^{r_0} r dr d\theta - \pi R_0^2 \right|}{\int_0^{2\pi} \int_0^{r_0} r dr d\theta}$$



[4] Neumann et al.
(2006).
Modificado

3.1 Entregables

1. Código de funcionamiento documentado.
2. Interfaz para el usuario.
3. Manual de uso.

3.1.1 Código de funcionamiento

```
class Method:

    def __init__(self,Data):
        self.Data=Data

        dropArea = Data[0]
        needleArea = Data[1]
        imag = Data[2]

        Dens1 = Data[3]
        Dens2 = Data[4]
        Thick = Data[5]

        Density1 = Dens1
        Density2 = Dens2

        Density = Density1-Density2
        needleDiameter = Thick*1e-3
        g = 9.81           # Gravedad

        image = imag
        GrayImage= cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        print("-----")
        print("Image Properties:")
        print("")
        print("Image size")
        print("Xsize:",GrayImage[0,:,:].size)
        print("Ysize:",GrayImage[:,0,:].size)

        print("-----")

        print("Density Drop",Density1)
        print("Density Medium",Density2)
```

```
def __init__(self,Data):
    self.Data=Data

    dropArea = Data[0]
    needleArea = Data[1]
    imag = Data[2]

    Dens1 = Data[3]
    Dens2 = Data[4]
    Thick = Data[5]

    folder = Data[6]

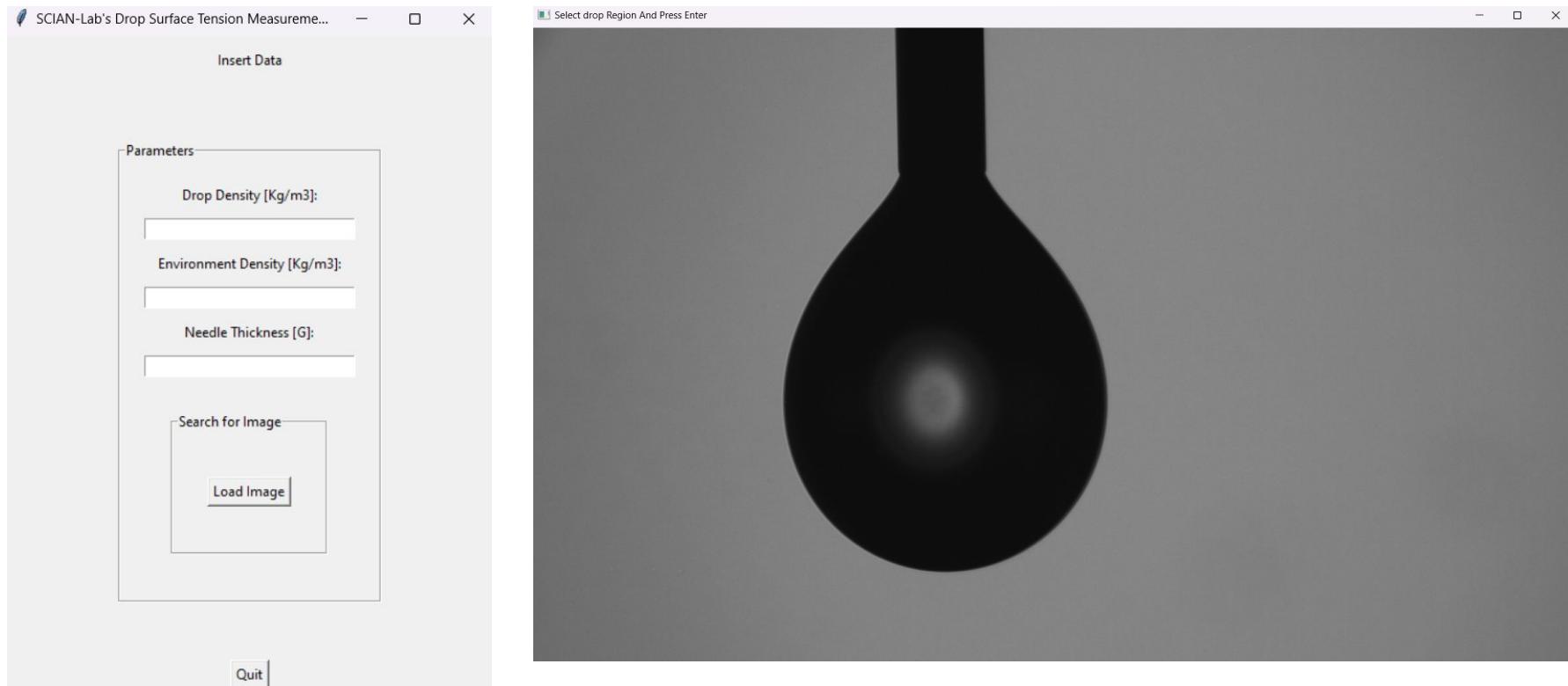
    #Diametro de la aguja
    #El diametro de las aguja a utilizar se lee a partir del calibre(Gauge[G]) de este, por lo que se debe hacer la conversion de [G] a [mm]
    # trabajar en las mismas unidades en todos los calculos
    options_needleDiameter = np.array([[18,1.2],[19,1.1],[20,0.9],[21,0.8],[22,0.7],[23,0.6],[25,0.5],[26,0.45],[27,0.4],[30,0.3]]) # info
    diameter_G = Thick

    needleDiameter_mm = options_needleDiameter[np.where(options_needleDiameter[:,0] == diameter_G,1)[0][0]] # seleccionamos la medida en mm
    #needleDiameter_mm=Thick #en mm -usar esta linea si Thick se introduce en mm
    needleDiameter = needleDiameter_mm*1e-3 #conversion de needleDiameter_mm desde [mm] a [m]

    #Densidades
    density_drop = Dens1 #[kg/m^3]
    density_environment = Dens2 #[kg/m^3]
    diff_density = density_drop-density_environment #[kg/m^3]

    #Aceleracion de gravedad [m/s^2]
    g = 9.81           # Gravedad
```

3.1.2 Interfaz para el usuario



3.1.3 Manual de uso

- Instalación de programas necesarios
- Instalación de Droplets tool
- Actualización de Droplets tool
- Ejecución de Droplets tool

Paso 5: Luego del paso 4 o 4.1 según el caso, aparecerá la interfaz donde debe ingresar la densidad de la gota en "Drop Density [Kg/m³]", la densidad del medio en "Environment Density [Kg/m³]" y el diámetro de la aguja en [G] en "Needle Thickness [G]". Una vez introducido estos 3 valores, debe apretar el botón "Load Image".

A modo de ejemplo si se tiene una gota de agua colgando, su entorno es el aire y se usa una aguja con diámetro de 0.7 [mm], los parámetros a introducir serían:

"Drop Density [Kg/m³]": > 997

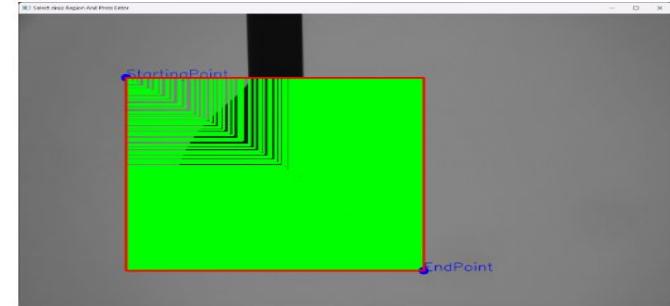
"Environment Density [Kg/m³]": > 1.23

"Needle Thickness [G]": > 22

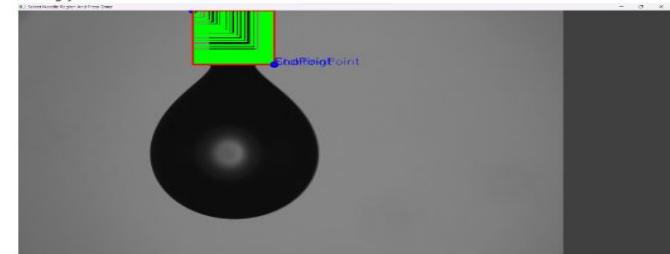
Esto debido a que la densidad del agua es 997 [Kg/m³], la densidad del aire es 1.23 [Kg/m³] y el diámetro de la aguja en [G] es de 22 [G].



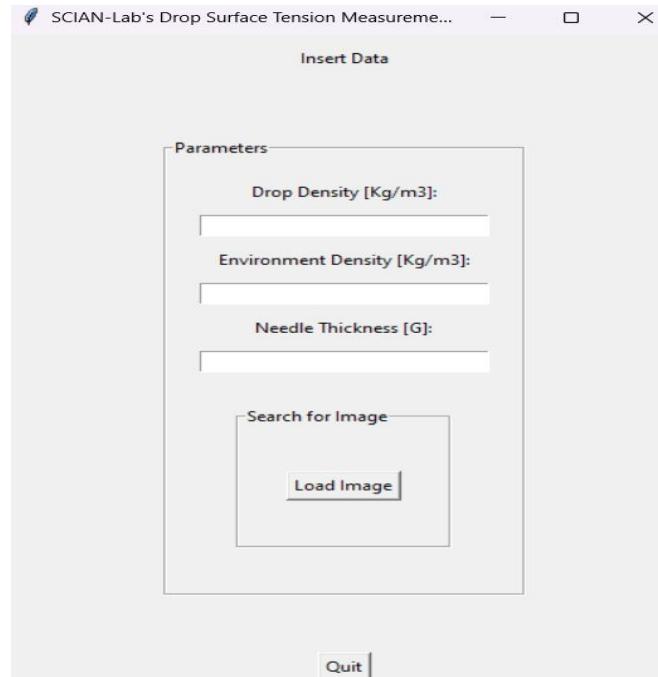
Paso 7: Una vez abierta la imagen, primero deberá seleccionar el área donde está la gota, para esto deberá generar un rectángulo/cuadrado el cual contenga toda la gota; por lo que primero dirija su mouse al extremo superior izquierdo (imaginando que crea un rectángulo) haga click y mantenga apretado el botón del mouse en ese punto y luego mueva su mouse hasta la esquina inferior derecha para concretar el rectángulo; una vez llegado a ese punto debe de apretar el botón del mouse. Cuando ya finalice la acción antes mencionada, aprete el botón "Enter" de su teclado.



Paso 8: Ahora aparecerá nuevamente la imagen de la gota, repita el paso 8, pero en esta ocasión seleccione el área de la aguja.



3.2 Demostración de Scian Lab's Droplets tool



Programa y manual de uso disponible en
https://github.com/OmarAEM/Scian_Dplets_Omar_Final

Referencias

1. Campàs, O., Mammoto, T., Hasso, S., Sperling, R. A., O'connell, D., Bischof, A. G., ... & Ingber, D. E. (2014). Quantifying cell-generated mechanical forces within living embryonic tissues. *Nature methods*, 11(2), 183-189.
2. Berry, J. D., Neeson, M. J., Dagastine, R. R., Chan, D. Y., & Tabor, R. F. (2015). Measurement of surface and interfacial tension using pendant drop tensiometry. *Journal of colloid and interface science*, 454, 226-237.
3. Andreas, J. M., Hauser, E. A., & Tucker, W. B. (2002). Boundary tension by pendant drops1. *The Journal of Physical Chemistry*, 42(8), 1001-1019.
4. Hoofar, M., & Neumann, A. W. (2006). Recent progress in axisymmetric drop shape analysis (ADSA). *Advances in colloid and interface science*, 121(1-3), 25-49.
5. Código Philippe:
<https://github.com/OmarAEM/Scian-Droplets-Omar/blob/main/GeometricFunction.py>

Fecha: 25/07/2023

Obtención tensión superficial mediante programa **SCIAN-Lab's Droplets tool**

Omar Espinoza Mujica
Supervisores:
Jorge Jara
Karina Palma
Martín Cádiz

Curso de pregrado:
EL4030 Seminario de Diseño
e Innovación Tecnológica