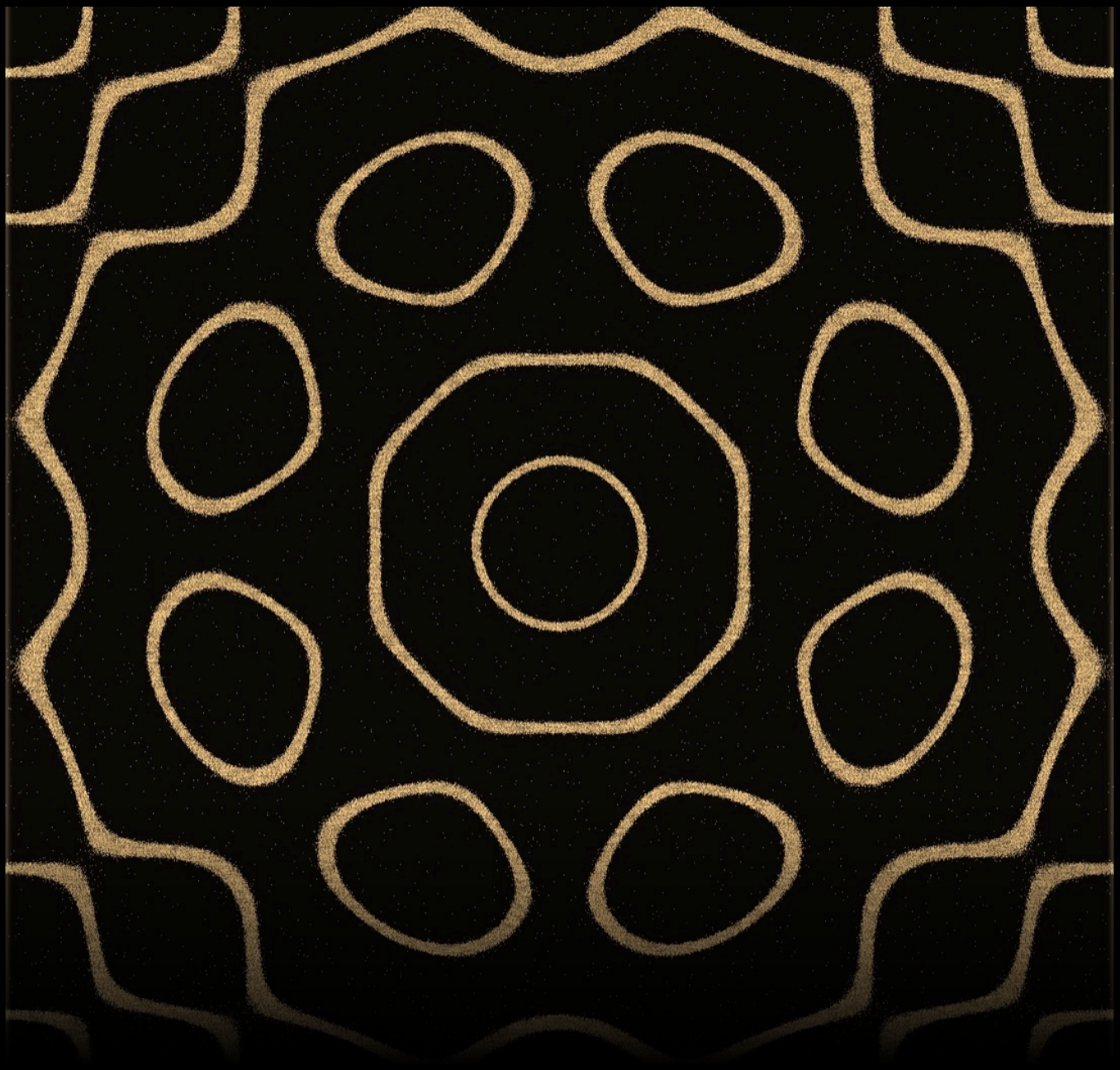
CYMATICA



CÓMO FUNCIONA

La placa de Chladni, calculada.

Qué hace Cymatica con un sonido, qué física hay detrás de cada figura y por qué el resultado es preciso.

cymatica.es

01 · EL EXPERIMENTO

Una placa, arena y un tono.

En 1787 Ernst Chladni pasó un arco de violín por el borde de una placa de metal cubierta de arena. La arena saltó de las zonas que vibraban y se quedó en las líneas que no se movían. Cada tono dejaba una figura distinta.

Esas líneas quietas se llaman líneas nodales. No dependen del gusto de nadie: salen de cómo se dobla una placa cuando vibra a una frecuencia concreta. Por eso el mismo tono da siempre la misma figura, y por eso se puede calcular.

02 · LO QUE HACE CYMATICA

Tres pasos, en tiempo real.

1 · MEDIR

Lee la frecuencia

Del tono que genera la app, de un archivo de audio o del micrófono. Mide qué frecuencias suenan y con cuánta fuerza.

2 · CALCULAR

Resuelve la placa

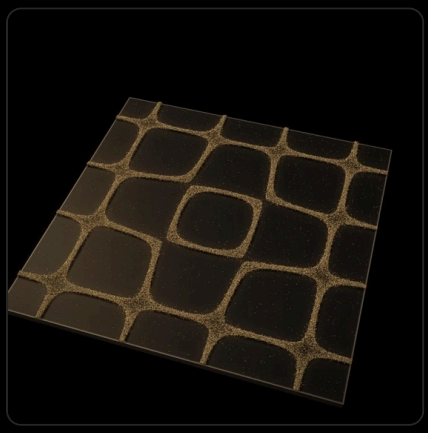
Con esa frecuencia calcula cómo vibra una placa cuadrada excitada desde el centro: qué zonas se mueven y cuáles se quedan quietas.

3 · ASENTAR

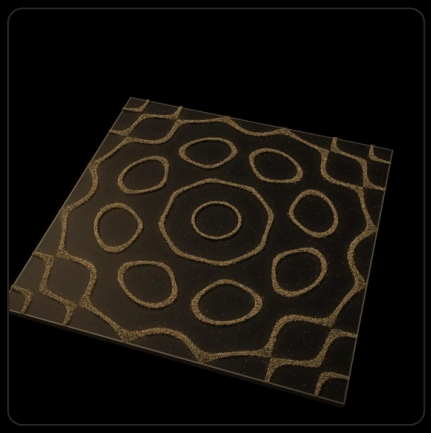
Suelta la arena

Cada grano es una partícula. Salta donde la placa se mueve y se queda donde no. La figura aparece sola, como en la placa real.

Nada de esto son imágenes guardadas ni animaciones hechas a mano. La figura que ves se calcula en tu navegador, en el momento, a partir del sonido que está sonando. Si cambias la frecuencia un hercio, el cálculo cambia con ella.



174 Hz · modo (4,4)



528 Hz · modo (8,6)



963 Hz · modo (12,6)

Cada figura sale de una fórmula.

La forma

La placa es cuadrada, delgada y libre por los bordes. Cada manera posible de vibrar tiene dos números enteros, n y m, que cuentan cuántas veces se dobla en cada dirección. Su forma es:

$$\phi = \cos(n\pi x)\cdot\cos(m\pi y) + \cos(m\pi x)\cdot\cos(n\pi y)$$

La arena se queda donde ϕ vale cero. Es la aproximación de Mary Waller para la placa libre de Kirchhoff, la descripción clásica de las figuras de Chladni.

El tono de cada figura

$$f = C \cdot (n^2 + m^2), \text{ con } C = 5{,}5 \text{ Hz}$$

C equivale al tamaño de la placa. Con 5,5 Hz, cada una de las nueve frecuencias Solfeggio cae en una figura distinta. Dos notas muy cercanas pueden compartir figura, como en una placa real.

El montaje: excitada desde el centro

Como en las demostraciones reales, con un altavoz debajo. Desde el centro solo reciben energía las figuras con n y m pares; las demás no se mueven ahí y no aparecen. Por eso las figuras son simétricas.

Entre dos figuras

Un tono casi nunca cae justo en una figura. Una placa real responde con varias a la vez, y pesa más la que está más cerca. Cymatica calcula ese peso con la respuesta forzada de un oscilador amortiguado:

$$w = |\phi(\text{centro})| \;/\; M \times 1 \;/\; \sqrt{((f_k^2 - f^2)^2 + (\eta \cdot f_k \cdot f)^2)}$$

Con η = 0,01 de amortiguamiento. Se suman las 2 a 4 figuras de más peso. Así, al mover la frecuencia, una figura se transforma en la siguiente sin saltos.

FRECUENCIA	FIGURA PRINCIPAL	SU TONO PROPIO	OTRAS QUE PARTICIPAN
174 Hz	(4,4)	176 Hz	(6,0) · (6,2) · (4,2), menos del 10 %
432 Hz	(8,4)	440 Hz	(8,2) 15 % · (6,6) 12 %
528 Hz	(8,6)	550 Hz	(10,0) 50 % · (10,2) 49 % · (8,4) 28 %
963 Hz	(12,6)	990 Hz	(10,8) 47 % · (12,4) 35 %

Valores calculados por el núcleo de la app. El porcentaje es el peso de cada figura respecto a la principal. En pantalla, la app muestra siempre el modo (n,m) de la figura que estás viendo.

04 · LA ARENA

Granos que se mueven, no una imagen.

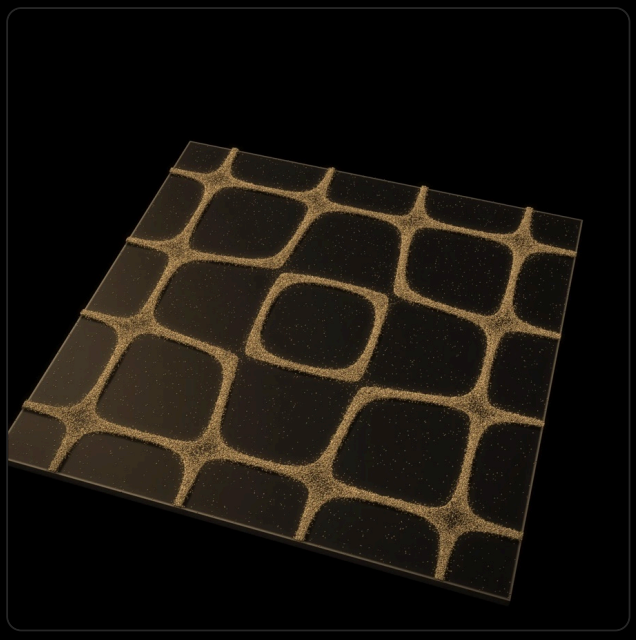
La arena de Cymatica es una simulación de partículas. En una pantalla grande son del orden de cien mil granos, y la tarjeta gráfica mueve cada uno por separado en cada cuadro.

Cada grano sigue tres reglas, las mismas que explican la placa real:

- Donde la placa se mueve, el grano salta. Cuanto más se mueve, más salta.
- Al saltar, tiende a caer hacia donde la placa se mueve menos.
- Donde la placa casi no se mueve, el grano se queda quieto.

El resultado es que la arena migra sola hacia las líneas nodales y la figura aparece poco a poco. Al cambiar de tono, la figura anterior se deshace y la nueva se forma, sin fundidos ni cortes.

Si el dispositivo va justo, la app reduce el número de granos por su cuenta para mantener la fluidez. La figura es la misma.



La arena asentada sobre las líneas nodales de la placa.

05 · LOS OTROS MODOS

MODO	QUÉ ES	QUÉ CALCULA
Chladni	Placa cuadrada excitada desde el centro.	Modelo físico
Mandala	Un tambor: membrana redonda sujeta por el borde. Sus líneas quietas son diámetros y círculos cuyos radios salen de los ceros de las funciones de Bessel.	Líneas nodales exactas
XY	La curva de Lissajous de los dos canales, izquierdo contra derecho.	La señal real
Agua	Ondas en la superficie de un líquido. La onda real a 528 Hz mide alrededor de 1,2 mm, así que se amplía para que se vea.	Modelo, no a escala. La app lo dice en pantalla

06 · POR QUÉ ES PRECISA

Cuatro razones que se pueden comprobar.

1 · Mide la frecuencia con mucho detalle

Analiza el sonido con dos ventanas a la vez: una larga para los graves (16.384 muestras) y una corta para los agudos (4.096), y afina el resultado entre puntos del espectro. En una prueba con tonos puros generados por ordenador, el error fue inferior a 0,01 cents (un cent es la centésima parte de un semitono).

2 · La figura es una fórmula, no una imagen

Las líneas nodales se calculan punto a punto con las ecuaciones de la página 3. No hay texturas ni figuras guardadas. La misma frecuencia da la misma figura en cualquier dispositivo, hoy y dentro de un año.

3 · Está comprobada contra referencias

El modelo tiene pruebas automáticas que se ejecutan en cada cambio: las frecuencias propias, los pesos de la respuesta, las figuras de las nueve Solfeggio. Los ceros de Bessel del tambor se contrastan con las tablas de Abramowitz y Stegun.

4 · Separa lo que calcula de lo que no

La figura física va por un lado. Las capas de geometría (Flor de la vida, Metatrón y el resto) son símbolos de la tradición y llevan su etiqueta: no salen del sonido. Lo que es un modelo aproximado, como Agua, lo pone en pantalla.

07 · LO QUE NO ES

Los límites, dichos claros.

- **Es una placa ideal.** Una placa de verdad depende de su material, su grosor, su tamaño y de cómo esté sujeta. Dos placas distintas dan figuras distintas a la misma frecuencia. Cymatica calcula una placa cuadrada ideal, siempre la misma.
- **El tamaño de la placa es una elección.** La constante C = 5,5 Hz se eligió para que las frecuencias de la app den figuras diferenciadas. Con otra placa, 528 Hz caería en otra figura.
- **La fórmula de la forma es una aproximación.** La de Waller describe bien las figuras de una placa libre, pero no es la solución exacta de la ecuación de la placa.
- **Los nombres de las frecuencias vienen de la tradición.** Que 528 Hz se asocie al plexo solar no es física. La figura sí lo es.
- **No promete efectos en el cuerpo.** Cymatica enseña cómo se ve un sonido. Lo que sientas al escucharlo es cosa tuya.

Pruébalo: cymatica.es/app