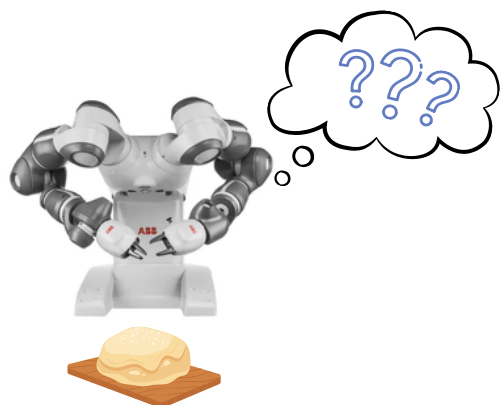


## Ejemplo ilustrativo

Piensa en la masa de una pizza. Un cocinero toma una bola de masa, la manipula y la deforma hasta formar un círculo plano casi perfecto. Para lograrlo, ajusta la presión y el movimiento de sus manos, observa cómo la masa responde a cada movimiento, y verifica continuamente que la forma de la masa se va aproximando a la forma circular que él desea obtener.



Un robot, en cambio, carece de la capacidad sensorial humana, así como de los conocimientos y la intuición necesarios para comprender cómo se comporta la masa. El robot necesita un sistema que le indique exactamente qué movimientos y acciones debe realizar. Esta tesis se centra en desarrollar un sistema que sea capaz de *decirle* al robot cómo debe moverse para lograr un control preciso de la forma de objetos deformables.



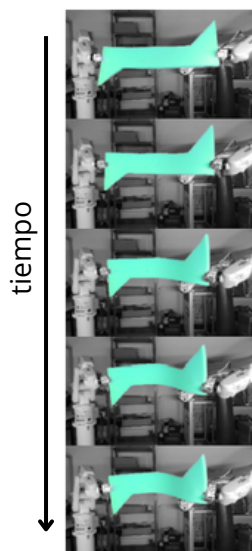
## Uno de nuestros experimentos (encuentra más con el QR)



Control de la forma de un trozo de espuma usando dos brazos robóticos:

1. **Percepción:** nuestro sistema analiza imágenes de una cámara RGB-D para identificar y capturar la forma 3D del objeto deformable.
2. **Comparación de formas:** de manera automática, nuestro sistema compara la geometría actual del objeto con la forma de referencia que deseamos obtener.
3. **Acciones de control:** nuestro método de control genera acciones para que los robots, mediante sus movimientos, guíen al objeto hacia la forma deseada.

robots manipulando  
objeto deformable



evolución de la  
forma 3D del objeto

$X(k=0)$



forma  
inicial

$X(k=23)$



$X(k=56)$



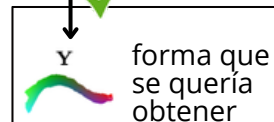
$X(k=98)$



$X(k=152)$

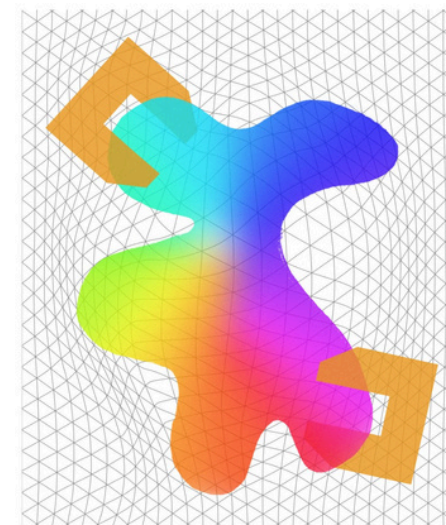


forma  
final



## Mi tesis en pocas palabras: Control de la forma de objetos deformables

Autor: Ignacio Cuiral Zueco  
Director: Gonzalo López Nicolás



Diseño: Iguázel Cuiral Zueco

Universidad de Zaragoza,  
Escuela de Ingeniería y Arquitectura

24 de octubre de 2024  
9:30, salón de Actos del edificio Ada Byron



Instituto Universitario de Investigación  
en Ingeniería de Aragón  
Universidad Zaragoza



Co-funded by  
the European Union



## Motivación de la tesis

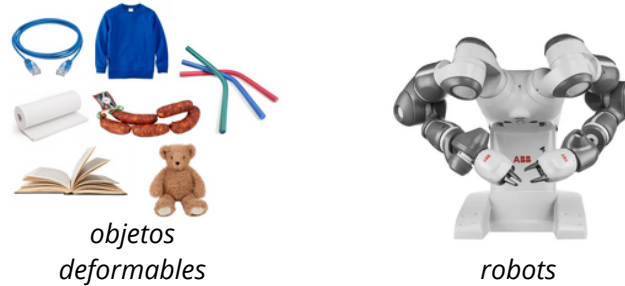


¿Qué tienen en común doblar una camiseta, enchufar el cargador de un móvil y realizar una operación quirúrgica? En estas tareas, la tela, el cable o el tejido humano cambian de forma cuando los manipulamos, es decir, son **deformables**.



Los robots son capaces de manipular objetos rígidos, como cajas o piezas de metal, con precisión milimétrica. Sin embargo, la **manipulación robótica de objetos deformables** plantea muchos nuevos desafíos. Superar dichos retos puede abrir un amplio abanico de nuevas aplicaciones para la robótica.

## Problema que se aborda



**Control de la forma:** lograr que los robots, de manera autónoma, manipulen con precisión un objeto deformable desde su forma inicial hacia una forma final deseada.

## Los 3 objetivos fundamentales de esta tesis

### 1. Percepción de objetos deformables

Proporcionar al sistema de control la capacidad para *ver* e *identificar* el objeto que está manipulando. Es importante saber dónde está en cada momento y qué forma tiene. Para ello, utilizamos cámaras RGB-D (cámaras 3D), y analizamos las imágenes que estas generan mediante técnicas de **visión por computador**.



### 2. Comparación precisa de formas

A los humanos se nos da bien comparar. Piensa en un escultor que es capaz de ir moldeando poco a poco mientras **compara** su escultura con una fotografía de **referencia**. Del mismo modo, el sistema de control de forma debe ser capaz de **comparar** de manera mensurable y precisa si el objeto deformable se está *acercando* o *alejando* de la forma de **referencia** deseada.



### 3. Generación de acciones de control de forma

Una vez **percibida** la forma actual del objeto, y tras **compararla** con la forma de **referencia**, es preciso indicarle al robot los movimientos (o **acciones**) que debe realizar. El sistema de control debe comprender con precisión cómo afectan los movimientos del robot al objeto, para generar acciones que permitan controlar eficazmente su forma.

