**Índice**

[Capítulo 1 Introducción 1](#_Toc451331731)

[1.1. Contexto 1](#_Toc451331732)

[1.2. La investigación en manipulación y sensores. 3](#_Toc451331733)

[1.3. Entorno de trabajo y aportaciones científicas 5](#_Toc451331734)

[1.4. Resumen de aportaciones 8](#_Toc451331735)

[1.5. Objetivos y estructura de la tesis 9](#_Toc451331736)

[Capítulo 2 Estado del arte de la manipulación robótica en agroalimentación 12](#_Toc451331737)

[2.1. Situación actual del sector de alimentación y bebidas 13](#_Toc451331738)

[2.2. La robótica en la alimentación y en la industria agroalimentaria 14](#_Toc451331739)

[2.2.1. Procesos susceptibles de automatizarse con robots en la industria agroalimentaria 15](#_Toc451331740)

[2.2.2. Oportunidades y dificultades para el uso de la robótica en el sector alimentario 17](#_Toc451331741)

[2.3. Manipulación 18](#_Toc451331742)

[2.4. Manipulación robótica de alimentos 18](#_Toc451331743)

[2.5. Clasificación de técnicas de manipulación 21](#_Toc451331744)

[2.5.1. Estrategias basadas en el aire 25](#_Toc451331745)

[2.5.2. Estrategias basadas en el contacto 26](#_Toc451331746)

[2.5.3. Otras estrategias 31](#_Toc451331747)

[2.5.4. Mejora en la adaptación a los productos por medio de “jamming” 33](#_Toc451331748)

[2.6. Discusión y conclusiones 35](#_Toc451331749)

[Capítulo 3 Nuevas garras flexibles y autoadaptables a los alimentos 37](#_Toc451331750)

[3.1. Introducción 37](#_Toc451331751)

[3.2. Beneficios de la fabricación aditiva en garras para manipular productos agroalimentarios 38](#_Toc451331752)

[3.3. Fabricación aditiva de actuadores neumáticos 40](#_Toc451331753)

[3.3.1. Clasificación de los actuadores según el tipo de movimiento 41](#_Toc451331754)

[3.3.2. Actuadores con movimiento lineal 41](#_Toc451331755)

[3.3.3. Actuadores con movimiento de rotación y lineal 42](#_Toc451331756)

[3.3.4. Actuador de doble efecto 44](#_Toc451331757)

[3.3.5. Fabricación aditiva de material para mecanismos flexibles 46](#_Toc451331758)

[3.3.6. Garras neumáticas producidas por fabricación aditiva de material 48](#_Toc451331759)

[3.4. Discusión 55](#_Toc451331760)

[3.5. Conclusiones 57](#_Toc451331761)

[Capítulo 4 Aplicación de los acelerómetros como sensores táctiles intrínsecos en garras 59](#_Toc451331762)

[4.1. Introducción 59](#_Toc451331763)

[4.2. Estudio de las posibilidades de los acelerómetros en una garra neumática 62](#_Toc451331764)

[4.2.1. Descripción de la garra, componentes y proceso 62](#_Toc451331765)

[4.2.2. Caracterización de las fases de agarre 66](#_Toc451331766)

[4.2.3. Monitorización de los dedos de la garra 67](#_Toc451331767)

[4.2.4. Caracterización de la presión neumática 69](#_Toc451331768)

[4.2.5. Estudio de la señal de deceleración durante el agarre de cilindros con distintas durezas 69](#_Toc451331769)

[4.2.6. Estudio de la señal de deceleración durante el agarre de cilindros de goma con distintas durezas 77](#_Toc451331770)

[4.3. Estudio de la garra con un fruto electrónico 93](#_Toc451331771)

[4.4. Discusión 95](#_Toc451331772)

[4.5. Conclusiones 98](#_Toc451331773)

[Capítulo 5 Estimación de propiedades de productos agroalimentarios en garras para robot 99](#_Toc451331774)

[5.1. Introducción 99](#_Toc451331775)

[5.2. Descripción general de las garras utilizadas y metodología empleada 101](#_Toc451331776)

[5.2.1. Operativa robot 102](#_Toc451331777)

[5.2.2. Sincronización entre el robot, la garra y los dispositivos 103](#_Toc451331778)

[5.2.3. Procesado de señales 104](#_Toc451331779)

[5.3. Garra experimental para berenjenas 105](#_Toc451331780)

[5.3.1. Primer caso: garra sin jamming 106](#_Toc451331781)

[5.3.2. Segundo caso: garra con jamming 111](#_Toc451331782)

[5.3.3. Resultados y discusión 118](#_Toc451331783)

[5.4. Garra experimental para mango 120](#_Toc451331784)

[5.4.1. Adaptación de la garra a los mangos 121](#_Toc451331785)

[5.4.2. Garra diseñada para manipular mangos 124](#_Toc451331786)

[5.4.1. Procesado de las señales de los acelerómetros 130](#_Toc451331787)

[5.5. Comparativa entre los distintos modelos de garra 143](#_Toc451331788)

[5.5.1. Procedimiento empleado y resultados 144](#_Toc451331789)

[5.5.2. Discusión 145](#_Toc451331790)

[5.6. Conclusiones 147](#_Toc451331791)

[Capítulo 6 Conclusiones 149](#_Toc451331792)

[6.1. Principales contribuciones 150](#_Toc451331793)

[6.2. Publicaciones resultado de la tesis 151](#_Toc451331797)

[6.3. Nuevas acciones y propuestas futuras 153](#_Toc451331798)

[*Bibliografía* 155](#_Toc451331799)