

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
INFORMÁTICA
GRADO EN INGENIERÍA DE LA SALUD**



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



**iQR-Sample: una herramienta software para la gestión
de muestras.**

iQR-Sample: a software tool for sample management.

Realizado por:
Juan Luis Onieva Zafra

Tutorizado por:
Jose Manuel Jerez Aragonés

Co-tutorizado por:
Julio Montes Torres

Departamento:
Lenguaje y Ciencias de la Computación

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
MÁLAGA, JUNIO DE 2019

*A mi padre, sin él no habría llegado
a donde estoy.*

Resumen

Actualmente, el Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer no cuenta con un sistema de información de muestras acorde con lo esperado en un centro investigador del siglo XXI. Además, tampoco presenta un protocolo de etiquetación de muestras estandarizado que permita una eficiente identificación.

La información obtenida por los técnicos de laboratorio de dicha unidad queda almacenada en diferentes archivos donde difícilmente puede integrarse en otras plataformas o sistemas de información. Asimismo, las etiquetas que se adjuntan a las muestras se escriben a mano, de forma que el tipo de información que se refleja queda restringido a la voluntad y el tipo de letra del técnico encargado. Esto deriva en que la trazabilidad de la muestra sea muy limitada.

iQRSample se presenta como una aplicación de escritorio que permite desplegar un sistema de información capaz de almacenar la información referente a las muestras. Esta herramienta también incluye una funcionalidad para generar un código microQR asociado para cada muestra. El microQR contendrá la información que previamente la unidad de laboratorio ha considerado importante y se formalizará para que el tipo de información sea siempre el mismo. Además, la aplicación permitirá al usuario modificar el diseño de la etiqueta para obtener así una mayor personalización. Las etiquetas podrán ser empleadas tanto para tubos de ensayo de diferente tamaño como para los informes que se envían desde el Hospital. La identificación de la muestra también será posible realizarla desde la aplicación gracias al uso de un lector de códigos de mano.

Este proyecto software se ha desarrollado en .NET y en un futuro pretende integrarse en el sistema de información de Galén. El almacenamiento de datos y una fácil accesibilidad son dos pilares importantes en el entorno de la investigación. Un sistema que integre datos obtenidos por el laboratorio junto con los datos clínicos del Hospital se convierte en una mina de información para la investigación clínica y la medicina translacional. Se espera que esta herramienta contribuya al desempeño de dicho proyecto.

Palabras clave: Etiqueta, Sistema de información, .NET, MicroQR, Trazabilidad, Aplicación de escritorio.

Abstract

Nowadays, the Laboratory of Molecular Biology of Cancer does not have a sample information system according to what was expected in a 21st century research center. In addition, it does not present a standardized sample labeling protocol that allows efficient identification.

The information obtained by the laboratory technicians is stored in different files where it can hardly be integrated into other platforms or information systems. Also, the labels that are attached to the samples are written by hand, so that the type of information that is stored is restricted to the will and type of the technician. This causes that the traceability of the sample is very limited.

iQRSample is presented as a desktop application that allows the deployment of an information system capable of storing information about samples. This tool also includes a functionality to generate an associated microQR code for each sample. The microQR will contain the information that the laboratory unit previously considered important and will be formalized so that the type of information is always the same. In addition, the application will allow the user to modify the design of the label to obtain greater customization. The labels can be used both for test tubes of different sizes and for reports sent from the Hospital. The identification of the samples will also be possible from the application thanks to the use of a hand code reader.

This software project has been developed in .NET and in the future it pretends to be integrated into the information system of Galén. The storage of data and the easy accessibility are two important things in the research environment. A system that integrates data obtained by the laboratory along with the clinical data of the Hospital becomes a mine of information for clinical research and translational medicine. It is expected that this tool will contribute to the performance of that project.

Key words: Label, Information system, .NET, MicroQR, Traceability, Desktop application.

AGRADECIMIENTOS

Tras 4 meses de trabajo, hoy puedo decir que se cierra una etapa. Las palabras que restan para finalizar este trabajo me gustaría destinarlas a aquellas personas que han contribuido en mi desarrollo como estudiante, alumno y compañero. El período de aprendizaje que ha supuesto ha sido intenso, no sólo en el campo científico, también a nivel personal. Me gustaría agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado y apoyado durante este proceso.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutor y co-tutor del trabajo. Me han ofrecido la oportunidad de trabajar en un entorno real con las facilidades de rodearme de profesionales. No puedo olvidarme de aquellos profesores que me han impartido alguna asignatura, ya que ellos me han brindado todas las herramientas necesarias para completar mi trabajo de fin de grado satisfactoriamente.

También me gustaría agradecer a mis compañeros de clase. Hace 4 años nos embarcamos juntos en un largo camino. Muchos decidieron cambiar de rumbo, otros siguen aún en él, pero lo importante es que el trayecto se hizo de forma conjunta apoyándonos los unos en los otros. Me gustaría dar las gracias de forma especial a Paloma, ella ha estado a mi lado en todo momento y he aprendido mucho de ella, a nivel académico y personal.

Finalmente, mis amigos y familia. Siempre me han apoyado, en cualquier decisión de mi vida. Han sabido quererme a distancia y facilitarme en todo momento que pueda continuar con mis sueños.

¡Muchas gracias a todos!

Juan Luis Onieva Zafra

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--------------------------------------------------------|-------------|
| Índice de figuras | xvii |
| Índice de tablas | xix |
| Índice de listados | xxi |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Motivación | 1 |
| 1.2. Estado del arte | 2 |
| 1.3. Metodología | 5 |
| 1.4. Objetivos | 7 |
| 1.5. Estructura de la memoria | 8 |
| 2. Análisis | 9 |
| 2.1. Requisitos | 9 |
| 2.1.1. Requisitos Funcionales | 10 |
| 2.1.2. Requisitos No Funcionales | 10 |
| 2.2. Casos de uso | 11 |
| 3. Diseño e Implementación | 15 |
| 3.1. Tecnología usadas | 15 |
| 3.1.1. Visual Studio | 15 |
| 3.1.2. Microsoft .NET | 16 |
| 3.1.3. Microsoft SQL Server | 17 |
| 3.1.4. Microsoft Excel | 17 |
| 3.1.5. Impresora Brother QL-700 | 18 |
| 3.1.6. Escáner Symbol DS4308 | 18 |
| 3.2. Diseño | 19 |
| 3.2.1. Diseño de la Base de datos | 19 |
| 3.2.2. Diseño de las etiquetas | 20 |
| 3.2.3. Diseño de la aplicación de escritorio | 22 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4. Resultados | 41 |
| 5. Conclusiones | 45 |
| A. Casos de Uso | 47 |
| B. Encuesta de satisfacción | 65 |
| C. Manual de instalación y requisitos de software y hardware | 69 |
| Bibliografía | 71 |
| Índice temático | 73 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. | Esquema metodologías ágil | 6 |
| 1.2. | Captura de pantalla de Trello | 7 |
| 1.3. | Diagrama del objetivo principal | 8 |
| 2.1. | Diagrama del Dominio de iQR-Sample | 12 |
| 2.2. | Simbología del Modelo de Negocio | 13 |
| 2.3. | Modelo de Negocio de iQR-Sample | 13 |
| 3.1. | Imagen de la tabla ordenada por el índice PYPL | 17 |
| 3.2. | Imagen de la impresora Brother QL700 | 18 |
| 3.3. | Imagen del escáner Symbol DS4308 | 19 |
| 3.4. | Diagrama de base de datos | 20 |
| 3.5. | Plantilla de etiquetas QR | 22 |
| 3.6. | Ciclo de vida del MVC | 23 |
| 3.7. | Diseño de etiquetas microQR | 26 |
| 3.8. | Esquema del patrón de diseño estrategia | 27 |
| 3.9. | Workflow seguido por la clase <i>controladorEscaner</i> para identificar una muestra con el lector | 30 |
| 3.10. | Captura de pantalla de la ejecución de las pruebas unitarias | 30 |
| 3.11. | Captura de la pantalla de inicio de sesión | 32 |
| 3.12. | Captura de la pantalla de la plantilla de la aplicación | 33 |
| 3.13. | Opciones de la barra de menú | 34 |
| 3.14. | Captura de la pantalla de la página principal | 35 |
| 3.15. | Captura de la pantalla de la página principal | 36 |
| 3.16. | Captura de la pantalla de la página de escáner | 37 |
| 3.17. | Captura de la pantalla de la página de gestión de muestras | 38 |
| 3.18. | Captura de la pantalla de la ventana de opciones del Excel | 39 |
| 3.19. | Captura de la pantalla de la página de auditoría | 40 |
| 3.20. | Captura de la pantalla de la página de ayuda | 40 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Imagen de un contenedor de tubos Eppendorf | 42 |
| 4.2. Logotipo iQR-Sample | 43 |
| B.1. Captura resultado de la pregunta nº 1 de la encuesta | 65 |
| B.2. Captura resultado de la pregunta nº 2 de la encuesta | 65 |
| B.3. Captura resultado de la pregunta nº 3 de la encuesta | 66 |
| B.4. Captura resultado de la pregunta nº 4 de la encuesta | 66 |
| B.5. Captura resultado de la pregunta nº 5 de la encuesta | 66 |
| B.6. Captura resultado de la pregunta nº 6 de la encuesta | 67 |
| B.7. Captura resultado de la pregunta nº 7 de la encuesta | 67 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. Tabla con ventajas y desventajas de los software existentes en el mercado . | 4 |
| 2.1. Plantilla de la tabla de los casos de uso | 11 |
| A.1. Caso de uso RF1. | 47 |
| A.2. Caso de uso RF2. | 48 |
| A.3. Caso de uso RF3. | 49 |
| A.4. Caso de uso RF4. | 50 |
| A.5. Caso de uso RF5. | 51 |
| A.6. Caso de uso RF6. | 52 |
| A.7. Caso de uso RF7. | 53 |
| A.8. Caso de uso RF8. | 54 |
| A.9. Caso de uso RF9. | 55 |
| A.10. Caso de uso RF10. | 56 |
| A.11. Caso de uso RF11. | 57 |
| A.12. Caso de uso RF12. | 58 |
| A.13. Caso de uso RF13. | 59 |
| A.14. Caso de uso RF14. | 60 |
| A.15. Caso de uso RF15. | 61 |
| A.16. Caso de uso RF16. | 61 |
| A.17. Caso de uso RF17. | 62 |
| A.18. Caso de uso RF18. | 63 |

ÍNDICE DE LISTADOS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Implementación función Equal en la clase MUESTRAS | 24 |
| 3.2. Implementación función <i>imprimirTuboEnsayo</i> perteneciente al a clase controladorCodigo | 31 |

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene el objetivo de entender la motivación que ha conducido a la realización de este proyecto. Se descubre al lector cómo surge la necesidad y las distintas soluciones empleadas hasta el momento; así como la metodología llevada a cabo y los objetivos.

1.1. MOTIVACIÓN

La ingeniería queda descrita según la RAE como el «conjunto de conocimientos orientados a la invención y utilización de técnicas para el aprovechamiento de los recursos naturales o para la actividad industrial» [9]. Por lo tanto, la principal motivación que ha conducido al desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado es la elaboración de una herramienta útil y práctica que resuelva un problema en el ámbito de la salud.

La necesidad la encontramos en el Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer perteneciente al CIMES (Centro de Investigación Médico Sanitaria). Tras realizar una primera visita al laboratorio encontramos que el etiquetado de muestras, así como la gestión de estas no persigue ningún protocolo estándar. Los técnicos de laboratorio reciben las biopsias de pacientes de diferentes centros sanitarios de Andalucía, e incluso determinados centros hospitalarios europeos. A continuación realizan un breve registro de la muestra en un archivo Excel y proceden a la etiquetación de forma manual. De esta forma, al acceder al repositorio de muestras encontramos una gran cantidad de contenedores de tubos de ensayo con diferentes etiquetas en forma, tamaño y estilo de letra; así como diferente información almacenada. Todo ello genera que en ocasiones la identificación de la muestra se convierta en una tarea ardua.

Los datos recogidos por los diferentes miembros de la unidad son empleados con posterioridad para obtener un diagnóstico de ayuda al clínico. Estos datos quedan almacenados en el Excel y no llegan a integrarse en la información clínica del paciente, de forma que difícilmente podrán volver a ser rescatados para realizar otro tipo de análisis.

De esta forma, se ha planteado un problema que requiere de un proceso ingenieril. Se pretende desplegar un sistema que integre la recogida de muestras en una aplicación donde la información quede almacenada en una base de datos con mayor escalabilidad e integración. También se busca el diseño de una plantilla de etiquetas que consiga almacenar toda la información relevante para los técnicos de laboratorio y que permita una fácil identificación. Para ello se empleará un protocolo de código de barras, que cumpla las diferentes especificaciones requeridas, tales como un tamaño reducido y el almacenamiento de un mínimo de información.

La motivación del proyecto no solo ambiciona el despliegue de un sistema informatizado, sino que además busca un impacto en el flujo de trabajo en un laboratorio. Se persigue incorporar la figura de un ingeniero de la salud que consiga desarrollar herramientas que permitan incrementar la eficiencia en el procedimiento de trabajo. El presente trabajo es un ejemplo de dicho esfuerzo en un laboratorio de biología molecular.

1.2. ESTADO DEL ARTE

Antes de proceder al diseño del desarrollo software se ha realizado un trabajo previo de investigación. En este apartado, se comienza con la forma de trabajo actual presente en el laboratorio del CIMES y se continúa con las distintas soluciones que podemos encontrar en el mercado.

Actualmente, la unidad del Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer se encuentra recibiendo continuamente biopsias de pacientes para realizar un análisis de secuenciación con el sistema nanostring nCounter. Este sistema permite realizar un test genético conocido como Prosigna. Las biopsias recibidas pertenecen a pacientes que presentan cáncer de mama.

Nanostring nCounter es un secuenciador que nos permite conocer los niveles de expresión de genes de una muestra. En el artículo "NanoString nCounter® Approach in Breast Cancer: A Comparative Analysis with Quantitative Real-Time Polymerase Chain Reaction, In Situ Hybridization, and Immunohistochemistry"[6] redactado por el Doctor Jiyeon Hyeon, encontramos las ventajas que presenta este sistema respecto a los métodos convencionales utilizados hasta el momento. Los resultados obtenidos reflejaron una gran concordancia entre los métodos convencionales y el presentado.

Los resultados generados por el nCounter son utilizados para obtener la firma génica PAM50, la cual es usada para identificar los subtipos moleculares en cáncer de mama. Este indicador junto a otros factores clínicos convergen en un indicador pronóstico que es entregado al clínico para una ayuda en la obtención del diagnóstico. Este factor pronóstico es usado principalmente para estimar el riesgo de recurrencia del cáncer de mama para un tiempo dado [2].

El test genético se conoce como Prosigna, y es actualmente uno de los sistemas validados para estimar el riesgo de recurrencia; así como competente para clasificar a los pacientes en los distintos subtipos intrínsecos de cáncer de mama [25].

El Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer es uno de los tres laboratorios presentes en España especializados en procesar este tipo de muestras. La unidad es capaz de lidiar con 3 o 4 muestras diarias. No obstante, no posee un protocolo integrado e informatizado del pre-análisis y post-análisis de muestras. Tras recibir la biopsia, los técnicos de laboratorio registran en un Excel los datos del paciente. Concretamente anotan el número de biopsia, el número de historia clínica del paciente y el hospital de procedencia. A continuación, realizan el preparado de la muestra. Para el etiquetado del tubo contenedor de la muestra el técnico escribe un identificador que permita diferenciar la muestra del resto. Dicha etiqueta por lo tanto no es estandarizada y solamente queda identificada por un conjunto de letras que fácilmente pueden inducir a error. Además, en ocasiones, las muestras son sometidas a condiciones poco favorables, tales como ambientes húmedos o temperaturas bajas. Esto conduce a que el etiquetado debe renovarse en muchas ocasiones. Por lo tanto, se propone emplear un tipo de código de barras de tamaño reducido y que permita almacenar en él la

información relevante para los técnicos de laboratorio. El tipo de código de barras escogido es el microQR.

A lo ya mencionado hay que añadir que la información relacionada a este sistema queda almacenada en un archivo Excel. Este factor genera que la información quede difícilmente accesible para otros investigadores del área ajenos al flujo de trabajo de la unidad. Incluso los propios clínicos reciben la información de manera sesgada. La integración de estos datos juntos con los ya existentes en el sistema de información clínico potenciaría de manera sustancial la investigación en el área de la medicina translacional.

La solución deriva en dirigir el flujo de trabajo del laboratorio hacia la dirección marcada por el artículo de la Doctora Ronda Greaves sobre los laboratorios del futuro [15]. La generación de bio-bancos como fuente de información radica en la creación de un sistema de información integrado y una etiquetación de las muestras precisa. Por otro lado, el uso del código QR en el ámbito sanitario se ha expandido considerablemente en los últimos años. Un ejemplo de ello lo encontramos en el artículo *Utility of QR codes in biological collections* [8] donde se propone el uso del código QR como herramienta de vinculación con las colecciones biológicas. Respecto al resto de códigos de barras, se destaca por su reducido tamaño, su complejo mecanismo de seguridad, la capacidad de almacenar una cantidad información considerable y su bajo coste de implementación.

El desarrollo software a implementar se centra en un sistema capaz de gestionar muestras y que permita el diseño de etiquetas con ciertas restricciones. En el mercado no encontramos muchas herramientas que cumplan las especificaciones dadas. Las principales son las siguientes:

- **TubeWriter**: se trata de una impresora que imprime directamente sobre los tubos de ensayo gracias a una aplicación de escritorio a la cual se encuentra conectada. Realmente no supone la etiquetación de los tubos, ya que la información es directamente estampada en el tubo. Esto genera la necesidad de que los tubos de ensayo empleados sean comprados directamente a la empresa, esto hace que el formato deba acondicionarse de forma personalizada. Además, tampoco incorpora un gestor de muestras más allá que la información que se desea adjuntar a los tubos. [28]
- **eLabInventory**: esta aplicación desarrollada por Bio-ITech sí cuenta con un sistema gestor de muestras. Además, permite su uso de forma independiente de la impresora y escáner empleado. Tampoco requiere la compra de tubos de ensayo especiales ya que en esta ocasión sí se obtienen etiquetas como producto final. Sin embargo, su uso se restringe a un pago mensual de 8\$ por usuario. Además, el empleo de este sistema repercutiría de forma sustancial en la forma de trabajo de los técnicos de laboratorio, ya que se trata de un sistema complejo que requiere de cierto entrenamiento. [3]
- **MBioLabel**: se trata de un software que garantiza la trazabilidad de la muestra. Ofrece una aplicación de web intuitiva y la personalización de las etiquetas para cada una de las muestras. La versatilidad que ofrece radica en el libre diseño de las etiquetas, donde se puede incluir la información que se vea necesaria. Además cuenta con un gestor en el que integrar la información. Al igual que el sistema anterior, requiere de un entrenamiento previo y la necesidad de actualizar el sistema vigente. La desventaja la encontramos en que el sistema se encuentra anexo a una tecnología de impresión y escáner específica, que se debe adquirir directamente de la empresa. No permite el uso de otro tipo de impresoras o escáner. [24]
- **BradyJet**: se trata de una impresora que incorpora una aplicación de escritorio para el diseño e impresión de etiquetas. El software no incorpora un gestor de muestras,

sino que únicamente ofrece un limitado diseño de etiquetas. Además, el tamaño de las etiquetas se encuentra acotado, ya que no ofrece soporte de código de barras para tubos Eppendorf. Igualmente presenta la limitación de que requiere de la impresora BradyJet J2000 Colour Label Printer. [27]

Cómo se observa, se puede encontrar en el mercado una serie de herramientas que cumplan algunos de los requisitos impuestos por el Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer; no obstante, ninguno de ellos los cumple todos. Para poder comparar las herramientas mencionadas podemos resumir las ventajas y desventajas en una tabla. (Ver Tabla 1.1)

| Software | Ventajas | Desventajas |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>TubeWriter</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Software intuitivo ▪ Impresión en tubos de ensayo de todos los tamaños | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Impresora específica ▪ Impresión sobre los tubos ▪ No incorpora gestor de muestras |
| <i>eLabInventory</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema gestor de muestras ▪ Independiente de impresora y escáner ▪ Libre diseño de etiquetas | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación compleja ▪ Precio |
| <i>MBioLabel</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación web intuitiva ▪ Sistema gestor de muestras ▪ Libre diseño de etiquetas | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Impresora y escáner específicos |
| <i>BradyJet</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación sencilla | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Impresora específica ▪ No incorpora gestor de muestras ▪ Diseño de etiquetas restringido |

Tabla 1.1: Tabla con ventajas y desventajas de los software existentes en el mercado

Si buscamos en la literatura ejemplos de sistemas hospitalarios que empleen los códigos QR como fuente de información encontramos que Turquía ya ha realizado una evaluación acerca de su incorporación [29] en el sistema sanitario. Como resultado del estudio se ha observado que el empleo de este tipo de tecnología reduce el error humano, aumenta la precisión de los procesos clínicos y por lo tanto se disminuyen los costes. Sin embargo, no se propone ningún tipo de estandarización del protocolo. Al igual que los productos que se han analizado con anterioridad, cada sistema es único y poco escalable. Se presentan como alternativas poco unificadas donde el diseño de la etiqueta es primordial; aparcando la información contenida en el código. Además, son sistemas que ignoraran el ambiente de trabajo que se presenta en el laboratorio, y las dificultades que puede presentar la incorporación de este software en el flujo de trabajo de los técnicos de laboratorio.

Por lo tanto, ¿Qué se pretende desarrollar con nuestra aplicación? Con iQR-Sample se busca diseñar una aplicación gestora de muestras donde con un diseño flexible de etiquetas podamos facilitar la trazabilidad de la muestra al técnico de laboratorio. Se debe emplear un microQR con el mínimo tamaño posible para que de esta forma pueda ser empleado en tubos de ensayo de volumen reducido. A diferencia de TubeWriter pretendemos obtener una etiqueta como producto final y que el diseño de esta sea flexible, no como el ofrecido por BradyJet. Además, procuramos abolir la especificidad de la impresora, de forma que el laboratorio pueda ser el que seleccione aquella que se ajuste a sus preferencias; al contrario que MBioLabel que fuerza al uso de las impresoras de la compañía. Por último, queda la barrera de la complejidad de la aplicación. Todavía, los técnicos de laboratorio se encuentran reacios a abandonar las tecnologías que se encuentran acostumbrados a utilizar. De forma que un cambio trascendental en la forma de trabajo podría suponer una curva de aprendizaje difícil de superar; como por ejemplo la que puede suponer la implantación del producto eLabInventory. Por ello proponemos un producto inicialmente transitorio, el cual permita la gestión de las muestras tal y como pueden realizar los gestores de MBioLabel o eLabInventory pero que además permita una conexión con las tecnologías que se encuentran utilizando. La idea final es que con el tiempo todo quede integrado en un único sistema de información con módulos de impresión e identificación de etiquetas.

1.3. METODOLOGÍA

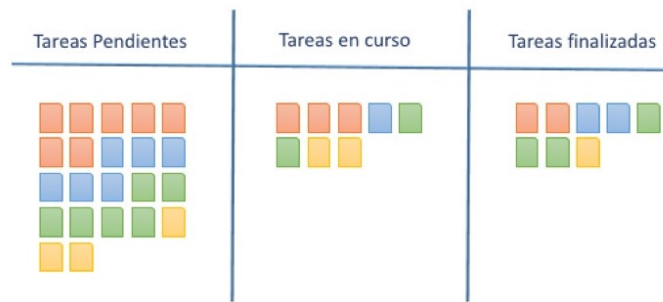
Para la realización de este proyecto se planteó de forma inicial aplicar la metodología ágil Scrum con un total de 6 iteraciones. La razón de utilizar esta metodología radica en el alto grado de incertidumbre que planteaba el desarrollo del proyecto. Además, hay que añadir la versatilidad que ofrecían los requisitos del cliente. De las 6 iteraciones previstas de forma inicial, se redujeron a 4 debido a la agenda del cliente; por lo que se decidió incluir la metodología Kanban. La fusión de ambas se conoce como Scrumban. Ambas metodologías se basan en el desarrollo incremental, dividiendo el trabajo en distintas partes.

La metodología ágil Kanban se basa principalmente en la visualización del trabajo. Requiere el uso de herramientas de administración de proyectos; en nuestro caso se ha empleado Trello [1]. De esta forma, se incrementa la claridad acerca de las tareas que se hayan finalizado, se encuentren pendientes o no se hayan iniciado. El trabajo en curso se encuentra limitado, de forma que existe un número máximo de tareas a realizar en cada fase. Para iniciar una tarea, deben terminarse aquellas que se encuentren inacabadas.

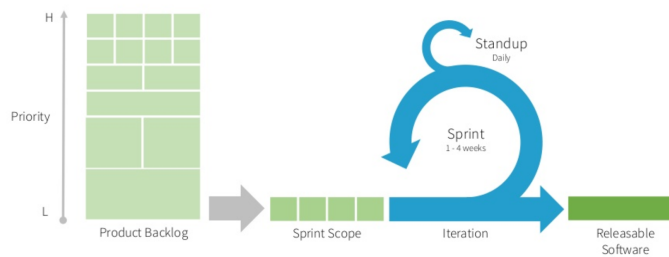
La metodología ágil Scrum es una estrategia de desarrollo incremental donde se divide el trabajo en una lista de requerimientos pequeños y concretos. Además, esta lista se priorizará y computará el tiempo estimado para su ejecución. El tiempo se divide en iteraciones de longitud definida con entrega de tareas al final de la iteración. Las entregas son incrementales y de cada iteración se obtiene una retroalimentación del cliente; de esta forma los requerimientos son variables en función del avance del proyecto.

La principal diferencia de ambas la encontramos en que en la metodología Scrum, al inicio de la iteración, se establecen las tareas de acuerdo a la lista de priorización; mientras que en la metodología Kanban sólo se limita el trabajo en proceso. Por lo que los elementos pueden cambiar en cualquier momento.

Al encontrarnos ante un proyecto donde se esperaba que los requisitos variaran con frecuencia se ha decidido aplicar la estrategia Scrumban. Se trata de un método de trabajo



(a) Esquema metodología Kanban



(b) Esquema metodología Scrum

Figura 1.1: Esquema de las dos metodologías empleadas en el proyecto software; Kanban (a) y Scrum (b).

que se organiza en iteraciones acompañado de un fuerte componente visual a través de un tablero. Ya no se requiere de la planificación firme de la iteración, pero sí se mantiene la retroalimentación con el cliente. Con el empleo de esta metodología se busca:

- Conocer en estado real el proceso de ejecución del proyecto.
- Introducir soluciones oportunas ante eventuales errores.
- Favorecer una mayor adaptabilidad de las herramientas a las exigencias del proyecto.
- Identificar las tareas problemáticas.
- Obtener una retroalimentación del cliente.

Las reuniones con los clientes junto con el tablero realizado (Ver Fig 1.2) han permitido emplear de forma precisa la metodología Scrumban, y con ello se ha desarrollado la aplicación software deseada.

A modo de resumen, en la siguiente enumeración se describe brevemente la descripción de cada una de las iteraciones realizadas:

1ª iteración (3 semanas). Análisis, diseño y comienzo del desarrollo. La primera reunión con el cliente se centró en el análisis de los requisitos y el estudio de aplicaciones similares del mercado. A continuación se han diseñado los diferentes diagramas UML para el desarrollo de la aplicación y se ha comenzado con el desarrollo de la aplicación implementando las clases principales y un primer prototipo de etiquetas.

2ª iteración (3 semanas). En esta iteración se ha implementado un primer prototipo

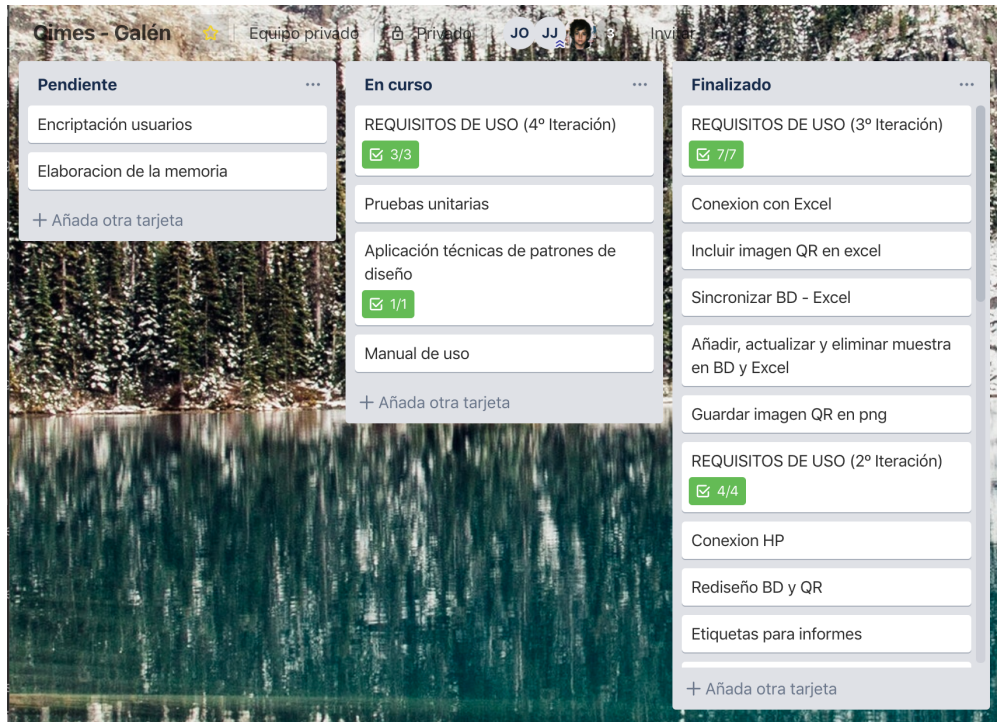


Figura 1.2: Captura de imagen del tablero utilizado en Trello.

funcional que incluya un gestor de muestras con una base de datos y la impresión de etiquetas para tubos de ensayo.

3ª iteración (3 semanas). Nuevo análisis y desarrollo. El cliente decide incluir nuevos requisitos lo que supone un rediseño de la aplicación. Se implementa la integración con Excel y el diseño de etiquetas para informes.

4ª iteración (3 semanas). Final del desarrollo, pruebas y corrección de errores. Se completa el desarrollo de la aplicación con un prototipo final y se realiza las pruebas correspondientes. Finalmente se despliega la aplicación en el laboratorio.

1.4. OBJETIVOS

Tras lo expuesto en apartados anteriores el objetivo principal del presente proyecto queda resumido en la siguiente oración: *Desarrollar una aplicación software para realizar una trazabilidad de las muestras de laboratorio* (Ver Fig 1.3).

Además del objetivo mencionado, también encontramos otros objetivos secundarios relevantes para el completo funcionamiento de la aplicación:

- Desplegar un gestor de muestras.
- Diseñar etiquetas que puedan incluir información a criterio del técnico de laboratorio.
- Diseñar etiquetas compatibles con la instrumentación empleada en la unidad de laboratorio.
- Establecer una conexión con la fuente de información ya existente.
- Agilizar el etiquetado e identificación de muestras.
- Incrementar la fiabilidad de la identificación de muestras.

- Ampliar la trazabilidad a nivel de informe. Para ello se diseñará un tipo de etiquetas de mayor tamaño destinadas a los informes.

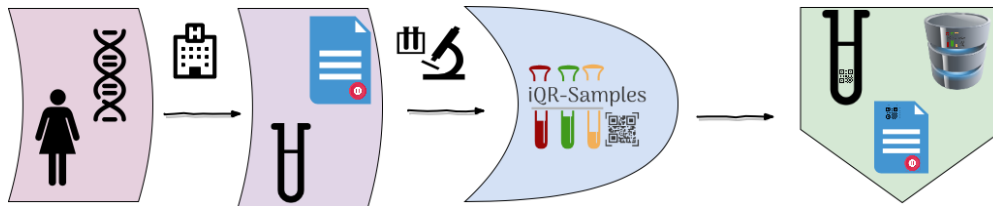


Figura 1.3: Diagrama representando el objetivo principal del proyecto: *la trazabilidad de la muestra en un entorno clínico*. Observamos la entrada de un paciente a un hospital donde se toma la muestra. El laboratorio la recibe y la introduce en el sistema iQR-Sample para que de esta forma quede registrada en un sistema de base de datos y se pueda generar distintos microQR para su identificación.

1.5. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La estructura de la memoria es la siguiente:

- **Introducción:** este capítulo se centra en la motivación del proyecto, el estado del arte, la metodología empleada y los objetivos que se pretenden abordar.
- **Análisis:** esta sección abarca los requisitos solicitados por el cliente además de la enumeración de los casos de uso. Para apoyar la información relativa a este capítulo se emplearán diferentes diagramas.
- **Diseño e Implementación:** este capítulo abarca las tecnologías empleadas así como los diferentes diseños que se han realizado: diseño de la base de datos, diseño de las etiquetas y el diseño de la aplicación de escritorio.
- **Resultados:** en este apartado recogeremos el resultado obtenido analizando la encuesta realizada a los técnicos de laboratorio.
- **Conclusiones:** el trabajo finalizará con una discusión sobre los resultados y una propuesta de trabajo de futuro.

Además, en el anexo de la memoria podemos encontrar la descripción detallada de los casos de uso, los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los técnicos de laboratorio y un breve manual de instalación.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS

El proyecto se basa en el desarrollo software de una aplicación de escritorio. Dicha aplicación será desplegada en el CIMES en el Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer, donde únicamente la unidad de trabajo va a tener acceso. En el desempeño del programa el cliente no quiso diferenciar en primera instancia los roles de Médico y Técnico, por lo que ambos son usuarios con los mismos permisos. Por ello la definición de roles es la siguiente:

- Médico: usuario con permisos para introducir nuevas muestras, actualizar y/o eliminar muestras existentes, personalizar el diseño de las etiquetas, solicitar la impresión de etiquetas microQR para tubos y/o informes, guardar imagen microQR de una muestra y escanear códigos microQR para identificación de muestras.
- Técnico: usuario con permisos para introducir nuevas muestras, actualizar y/o eliminar muestras existentes, personalizar el diseño de las etiquetas, solicitar la impresión de etiquetas microQR para tubos y/o informes, guardar imagen microQR de una muestra y escanear códigos microQR para identificación de muestras.
- Administrador: además de lo mencionado en los anteriores usuarios el administrador podrá sincronizar la base de datos de la aplicación con el Excel importado y resetear la auditoría.

En la definición de los requisitos que se van a describir a continuación vamos a referirnos a usuario como aquel usuario con el rol de Médico, Técnico o Administrador, mientras que cuando especifiquemos usuario administrador haremos referencia a aquel con el rol de Administrador.

2.1. REQUISITOS

Vamos a diferenciar entre:

- Requisitos Funcionales** : son declaraciones de los servicios que prestará el sistema; es decir, en la forma en que reaccionará a entradas particulares.
- Requisitos No Funcionales** : no se refieren directamente a las funciones específicas suministradas por el sistema (características de usuario), sino a las propiedades del sistema.

2.1.1. Requisitos Funcionales

- RF1 El usuario puede iniciar sesión.
- RF2 El usuario puede cerrar sesión.
- RF3 El usuario puede visualizar la lista de muestras de la base de datos.
- RF4 El usuario puede modificar la configuración del archivo Excel.
- RF5 El usuario puede visualizar la lista de muestras de un archivo Excel.
- RF6 El usuario puede añadir una nueva muestra.
- RF7 El usuario puede editar una muestra.
- RF8 El usuario puede eliminar una muestra.
- RF9 El usuario puede añadir una muestra a la cola de impresión de etiquetas.
- RF10 El usuario puede imprimir una colección de etiquetas para tubos de ensayo.
- RF11 El usuario puede imprimir una colección de etiquetas para informes.
- RF12 El usuario puede modificar el diseño de las etiquetas.
- RF13 El usuario descargar la imagen microQR de una muestra.
- RF14 El usuario puede escanear un código microQR.
- RF15 El usuario puede acceder a la auditoría.
- RF16 El usuario puede acceder al manual de ayuda.
- RF17 El usuario administrador puede sincronizar la base de datos con un Excel.
- RF18 El usuario administrador puede resetear la auditoría.

2.1.2. Requisitos No Funcionales

- RNF1 El sistema debe implementarse siguiendo el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC).
- RNF2 El sistema se implementará en .NET.
- RNF3 El sistema deberá ser compatible con la versión SQL Server Local 2014.
- RNF4 El sistema contará con una API de conexión con Excel adecuada a la versión empleada en el laboratorio.
- RNF5 El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
- RNF6 El sistema debe poseer interfaces gráficas bien formadas.

2.2. CASOS DE USO

Un caso de uso es una descripción por escrito de la interacción del usuario con el producto software para lograr un objetivo [10]; es decir, es un contrato entre las partes interesadas de un sistema sobre su comportamiento.

El caso de uso detalla el comportamiento del sistema en diversas condiciones a medida que responde a una solicitud de una de las partes interesadas; el actor principal [7]. En él se describe los Requisitos Funcionales.

Los casos de uso se encuentran detallados en el anexo A y presentan la siguiente estructura en forma de tabla:

| Caso de uso RF | |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Título</i> | RF. Título del Caso del uso del Requisito Funcional |
| <i>Descripción</i> | Descripción del Requisito Funcional |
| <i>Pre-condición</i> | Condiciones que deben cumplirse para poder ejecutar el caso de uso |
| <i>Post-condición</i> | Condiciones que deben cumplirse al finalizar la ejecución del caso de uso |
| <i>Actor principal</i> | Actor principal del caso de uso |
| <i>Participantes e intereses</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Otro participante nº 1: interes del participante ▪ Otro participante nº 2: interes del participante |
| <i>Garantía mínima</i> | Acciones que se realizan independientemente del desarrollo normal del caso de uso. |
| <i>Garantía de éxito</i> | Acciones obtenidas gracias a la ejecución correcta del caso de uso. |
| <i>Escenario principal</i> | Flujo normal de ejecución del caso de uso |
| <i>Escenario alternativo</i> | Flujo alternativo de ejecución del caso de uso |

Tabla 2.1: Plantilla de la tabla de los casos de uso

Con el objetivo de resumir en un diagrama los casos de uso se va a emplear dos esquemas: el Modelo del Negocio y un Diagrama del Dominio.

Diagrama del Dominio

Un diagrama imprescindible en el análisis de un proyecto software es el Modelo del Dominio, en el cual se representan los objetos de interés dentro de la aplicación y la relación entre ellos. Por lo tanto el diagrama del Modelo del Dominio es una representación visual de las clases conceptuales empleando el lenguaje UML. Con ello se pretende modelar los conceptos básicos, las propiedades y las relaciones del dominio del problema. El Modelo del Dominio obtenido para nuestro proyecto es el representado en la Figura 2.1.

Modelo de Negocio

Este modelo nos permite describir los procesos del negocio, mostrando las interacciones entre los diferentes actores implicados en los procesos. El proceso de negocio se puede

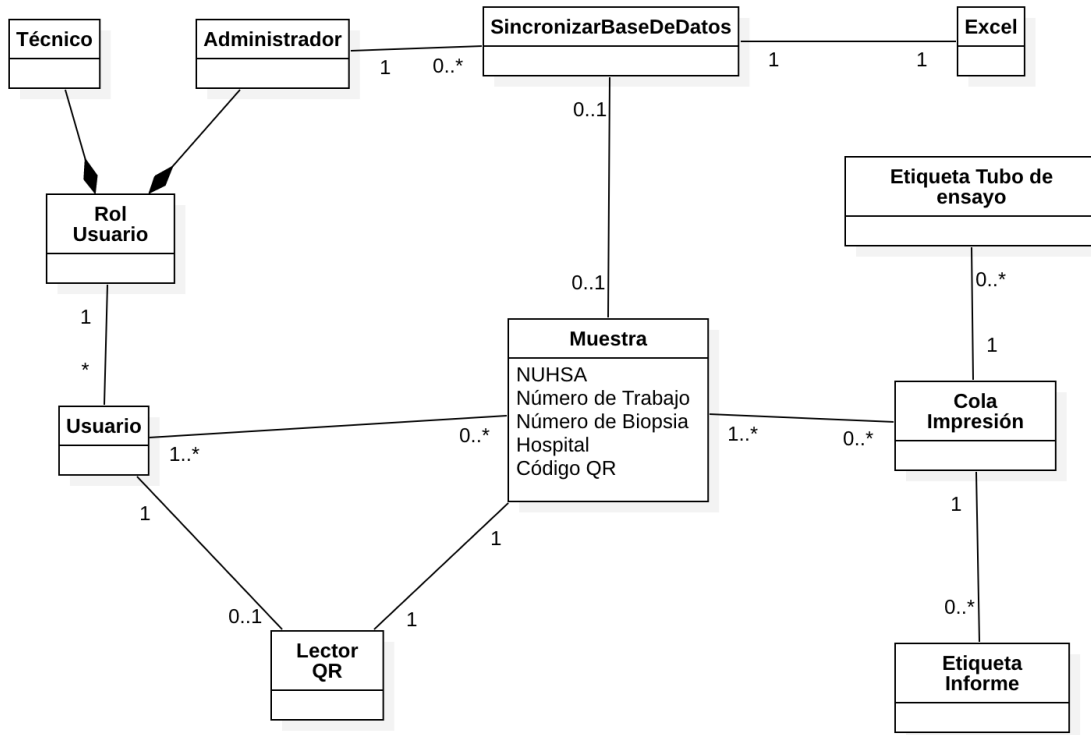


Figura 2.1: Diagrama del Dominio de iQR-Sample.

entender como el grupo de tareas lógicamente relacionadas y coordinadas que se llevan a cabo en una determinada secuencia, empleando los recursos de la organización, para dar resultados a un objetivo de negocio [30]. A continuación se enumeran los símbolos empleados y recogidos en el libro *El proceso unificado de desarrollo de software* [13], junto a una breve descripción, para entender en mayor profundidad el diagrama:

- **Actor** : se trata de una entidad, ya sea un individuo, grupo o sistema de información externos, que interactúa con el negocio. Es el rol que el participante emplea cuando interactúa con el negocio para beneficiarse de sus resultados. Fig 2.2(a)
- **Casos de uso**: proceso del negocio; es decir, secuencia de acciones que generan un resultado. Fig 2.2(b)
- **Relación de inclusión**: es una relación desde un caso de uso base a un caso de uso de inclusión, que especifica cómo el comportamiento definido para el caso de uso de inclusión se inserta explícitamente dentro del comportamiento definido para el caso de uso base. Fig 2.2(c)
- **Relación de extensión**: es una relación de un caso de uso de extensión a un caso de uso base, que especifica cómo el comportamiento definido por el caso de uso de extensión puede insertarse dentro del comportamiento definido por el caso de uso base. Fig 2.2(d)

Una vez hemos entendido la simbología del ideograma podemos entender el modelo realizado para nuestro proyecto en la Figura 2.3.

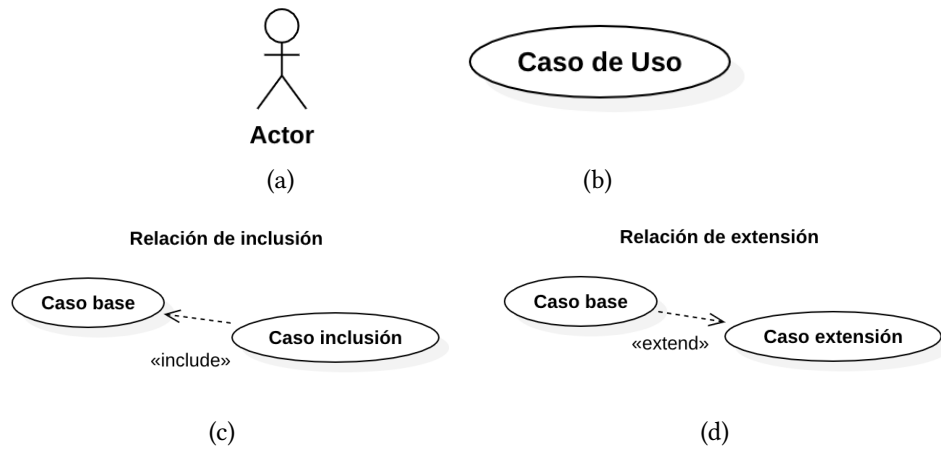


Figura 2.2: Simbología empleada en el Modelo de Negocio de casos de uso; Actor (a), Caso de uso (b), Relación de Inclusión (c), Relación de extensión (d).

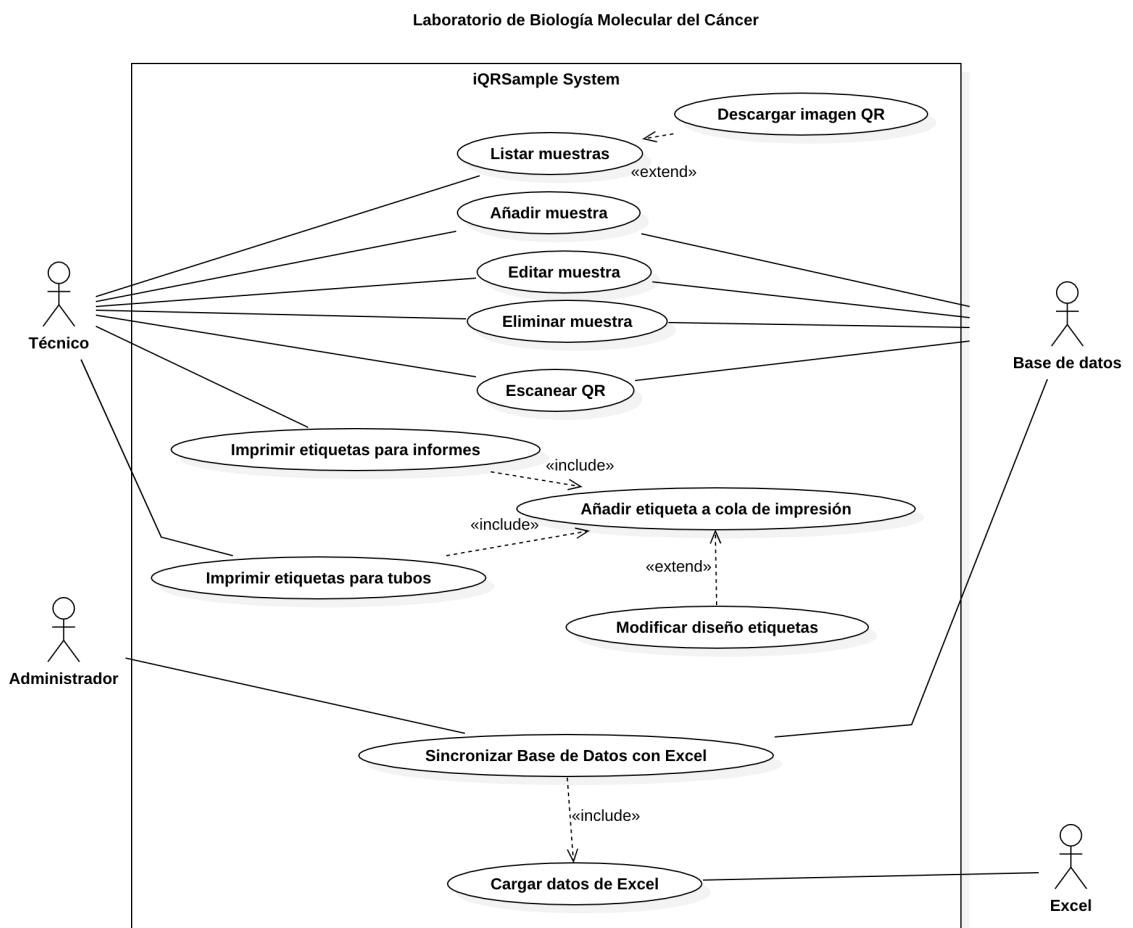


Figura 2.3: Modelo de Negocio de iQR-Sample.

Los beneficios que presentan el empleo de ambos diagrama son los siguientes:

1. Herramienta que nos permitirá que el cliente valide nuestro conocimiento del problema.
2. Describir de forma genérica el producto.
3. Representar de forma gráfica la abstracción del problema.

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se abordará los puntos que conciernen en torno al diseño e implementación de la aplicación. Para ello es necesario discutir las tecnologías usadas, el diseño de la aplicación y los diferentes patrones empleados.

3.1. TECNOLOGÍA USADAS

En primer lugar, se va a enumerar las principales tecnologías empleadas:

1. Microsoft Visual Studio
2. Microsoft .NET Framework
3. Microsoft SQL Server
4. Microsoft Excel
4. Impresora Brother QL-700
4. Escáner Symbol DS4308

La razón de la utilización de dichas tecnologías son diversas; ya sea por las ventajas que ofrecen respecto a otras tecnologías o por las facilidades que presentan en su integración con otros sistemas anexos al laboratorio.

Para el desarrollo de la aplicación se va a emplear la plataforma .NET, creando una aplicación de escritorio siguiendo el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC). En lo que respecta a al sistema gestor de base de datos, se va a utilizar SQL Server 2014.

3.1.1. Visual Studio

El entorno de desarrollo usado ha sido Visual Studio 2017. El uso de este entorno nos permitirá trabajar de forma íntegra con el resto de tecnologías implicadas. Las características de este IDE¹ las podemos encontrar en la página oficial de Microsoft [17]:

- Permite la creación de una aplicación de escritorio.
- Presenta conexión a base de datos.
- Fácilmente extensible con librerías DDL.

¹Siglas en ingles de Entorno de Desarrollo Interactivo (*Integrated Development Environment*). Aplicación informática que proporciona servicios integrales para facilitarle al desarrollador o programador el desarrollo de software.

3.1.2. Microsoft .NET

Microsoft .NET Framework [20] es una plataforma, creada por Microsoft, para el desarrollo de software. Concretamente, la versión que se ha utilizado ha sido .NET Framework 4.5.2. En ella se integran distintas herramientas que esta compañía ha diseñado. La combinación de ellas permite una serie de ventajas, tanto a nivel técnico, descritas en la página oficial de .NET [20] y en el libro *Desarrollo de aplicaciones con Visual C# 2015* [26], como a nivel de implementación y despliegue en el sistema del laboratorio:

- **Programación Orientada a Objetos:** lo cual nos permitirá beneficiarnos de la reusabilidad, mantenibilidad, modificabilidad y fiabilidad que presentan estos tipos de lenguajes.
- **Implementación de varios tipos de aplicaciones:** aplicaciones de escritorio, aplicaciones Web y aplicaciones móviles entre otras.
- **Manejo de excepciones empleando el flujo Error Handling:** ello permitirá aumentar la confiabilidad del programa.
- **Interoperabilidad:** la plataforma presenta un buen soporte para reutilizar componentes de software existentes, ya sea entre aplicaciones .NET escritas en distintos lenguajes o bien entre aplicaciones .NET y aplicaciones COM² [23].
- **Otras ventajas que lo convierten en un entorno de desarrollo robusto y seguro:** Garbage Collector (para la gestión automática de la memoria), compilación just-in-time...

Otro de los factores que ha sido determinante para la elección del entorno de trabajo ha sido Galén [11]. Este proyecto se trata de un sistema de Información para la gestión y coordinación de procesos en el servicio de Oncología del Hospital Virgen de la Victoria con el objetivo de gestionar la información y dar soporte a diferentes módulos para la práctica asistencial diaria. Además, no está destinado únicamente para el Hospital, sino que también se encuentra dirigido para la investigación clínica. Galén erige una Historia Clínica Electrónica completa; por lo que sería interesante incluir, en un futuro, nuestra aplicación dentro de los módulos que este sistema ofrece. El entorno que los autores han empleado para el desarrollo de Galén ha sido .NET, por lo que para una fácil integración, además de por las ventajas que se han enumerado con anterioridad, se ha resuelto que iQR-Sample también se edifique sobre esta plataforma.

Entre los lenguajes de programación que ofrece .NET para la implementación de una aplicación de escritorio encontramos C# y Visual Basic. Ambos lenguajes fueron desarrollados por Microsoft con el objetivo de que fueran totalmente equivalentes a nivel de funcionalidad. La principal diferencia entre ambos los encontramos en la sintaxis; ya que C# pertenece a la familia de C (por lo tanto posee características similares a Java o C++ entre otros), mientras que Visual Basic es más similar al idioma inglés normal, por lo que es fácil de aprender.

Para la elección del lenguaje se ha acudido al índice PYPL. Este parámetro es un Índice de Lenguaje de Programación que se crea analizando con qué frecuencia se buscan tutoriales sobre dicho lenguaje en Google. Con ello buscamos ver cual de los dos lenguajes presenta mayor popularidad. La Figura 3.1 representa la tabla que podemos encontrar en la página oficial de PYPL [5]. En ella observamos que C# ocupa el puesto número 4; mientras que

²Siglas en inglés de Modelo de Objetos Componentes (COM; Component Objects Model) es un sistema independiente de la plataforma, distribuido y orientado a objetos para crear componentes de software binarios que pueden interactuar.

Visual Basic queda relegado a la posición 17. Por lo tanto, con la intención de tener accesible mayor número de referencias en Google a las que poder acudir para la implementación de la aplicación, se ha decidido que C# sea el lenguaje seleccionado.

| Worldwide, Jun 2019 compared to a year ago: | | | | | 9 | Swift | 2.36 % | -0.4 % | |
|---------------------------------------------|--------|-------------|---------|--------|----|--------|--------------|--------|--------|
| Rank | Change | Language | Share | Trend | 10 | Matlab | 1.95 % | -0.3 % | |
| 1 | | Python | 28.08 % | +4.7 % | 11 | ↑ | TypeScript | 1.69 % | +0.2 % |
| 2 | | Java | 20.51 % | -1.8 % | 12 | ↓ | Ruby | 1.42 % | -0.3 % |
| 3 | | Javascript | 8.29 % | -0.2 % | 13 | ↑↑↑ | Kotlin | 1.4 % | +0.5 % |
| 4 | ↑ | C# | 7.41 % | -0.5 % | 14 | ↓ | VBA | 1.33 % | -0.1 % |
| 5 | ↓ | PHP | 6.96 % | -1.2 % | 15 | ↑↑ | Go | 1.19 % | +0.3 % |
| 6 | | C/C++ | 5.76 % | -0.4 % | 16 | ↓ | Scala | 1.13 % | -0.1 % |
| 7 | | R | 4.15 % | -0.0 % | 17 | ↓↓↓ | Visual Basic | 1.09 % | -0.1 % |
| 8 | | Objective-C | 2.82 % | -0.6 % | 18 | | Perl | 0.59 % | -0.2 % |

Figura 3.1: Imagen de la tabla ordenada por el índice PYPL. Como se observa C# ocupa la posición 4 con un *share* del 7.41 %; mientras que Visual Basic queda descendido a la posición 17 con únicamente un 1.09 % de *share*.

3.1.3. Microsoft SQL Server

Otra de las tecnologías que han sido participes del desarrollo de la aplicación ha sido SQL Server. Se trata del componente principal de la plataforma de datos del sistema.

Microsoft SQL Server [18] es un sistema de gestión de base de datos relacional. Esto implica que es un sistema que nos permite gestionar el almacenamiento, modificación y extracción de la información en una base de datos. Concretamente, emplearemos una base de datos relacional, por lo que los datos quedarán organizados en un conjunto de tablas formalmente descritas y que además garantiza las propiedades ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad). El lenguaje que emplea esta tecnología es Transact-SQL (TSQL), una extensión de SQL de Microsoft.

La edición de SQL Server utilizada es la Express. Se trata de una edición con una base de datos gratuita ideal para para compilar pequeñas aplicaciones de escritorio. SQL Server Express LocalDB 2014 [22] es la versión que se ha empleado ya que tiene todas las características de SQL Server Express pero con un sistema de ejecución en modo usuario, además de una rápida instalación. También, permite la integración con Visual Studio.

3.1.4. Microsoft Excel

La última tecnología participe en el proyecto ha sido Microsoft Excel. Uno de los requisitos demandados por el cliente es la necesidad de importar los datos existentes en un archivo Excel a la aplicación. Actualmente, los técnicos de laboratorio únicamente se encuentran habituados a trabajar en este tipo de archivos. Además, gran parte del sistema de información referente a las muestras se encuentra almacenado en archivos Excel. Con el objetivo de una paulatina migración hacia un sistema de información más complejo es necesario incluir este paso intermedio que permita almacenar la información en ambos medios.

Microsoft Excel [21] es un programa de hojas de cálculo. Su integración en el sistema requerirá de una API que permita conectar la aplicación con el archivo deseado.

3.1.5. Impresora Brother QL-700

La unidad del Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer ha adquirido la impresora Brother QL-700 [4] (Fig 3.2) con el propósito de ser empleada en nuestra aplicación. Se trata de una impresora de etiquetas profesional con tecnología térmica directa. Entre las aplicaciones del producto encontramos su utilidad en centros sanitarios y laboratorios para el etiquetado de tubos de ensayo, contenedores y estanterías. El ancho máximo de etiqueta que soporta es de 62 mm; suficiente para cubrir la instrumentación empleada en el laboratorio. Permite la impresión de diferentes protocolos de códigos de barra, entre los que encontramos el QR y el microQR. La conexión con el equipo se realiza a través de USB.



Figura 3.2: Imagen de la impresora Brother QL700.

Además, incluye un software de diseño de etiquetas: P-touch Editor. Este programa será utilizado para el diseño de la plantilla de las etiquetas. En el apartado de diseño se tratará el funcionamiento de dicho programa.

La integración de esta tecnología con iQR-Sample se realiza gracias al kit de desarrollo software b-PAC³. La versión empleada para nuestra aplicación ha sido la Brother b-PAC 3.2 Type Library (v3.2.020). Gracias a esta librería es posible tener un control de la impresión y la gestión de la información almacenada en las etiquetas.

3.1.6. Escáner Symbol DS4308

Asimismo, el laboratorio también ha incorporado el escáner de mano Symbol DS4308 [31] (Fig 3.3). Se trata de un escáner de mano con una gran versatilidad que le permite capturar una gran cantidad de código de barras; entre los que encontramos el QR y microQR.

De la misma forma que para la impresora, ha sido necesario encontrar un controlador para su empleo en la aplicación. Se trata de la librería CoreScanner que da soporte a una multitud

³EL SDK (siglas en inglés de kit de desarrollo de software; Software Development Kit) se encuentra disponible en el siguiente enlace <https://www.brother.co.jp/eng/dev/bpac/download/index.aspx>.



Figura 3.3: Imagen del escáner Symbol DS4308.

de escáneres, entre los que encontramos nuestro lector de mano. La versión empleada ha sido CoreScanner 1.0 Type Library (v3.3.14.0)⁴.

3.2. DISEÑO

En este apartado trataremos el diseño de desarrollo tanto a nivel de base de datos como de aplicación de escritorio. Se explicará la organización propuesta así como el diseño llevado a cabo para la generación de las etiquetas.

3.2.1. Diseño de la Base de datos

El diseño de la base de datos fue una de las primeras tareas en realizarse. Para ello en la primera reunión que se mantuvo con el cliente se estableció aquella información que se consideraba relevante para la aplicación. La descripción de los datos fue la siguiente:

- Se almacenarán las muestras con información referente al Número de Historia Clínica (NUHSA) del que procede la muestra, el número de biopsia, el hospital de donde pertenece la muestra y un número de trabajo, único para cada muestra. El número de trabajo deberá asociarse de forma automática, dependiendo del tipo de análisis al que ha sido sometido la muestra. En un primer momento, únicamente se empleará el programa para las muestras de Prosigna, pero se espera que el programa escale a todo tipo de pruebas. El NUHSA sigue un estándar de forma que se compone de una secuencia de 12 caracteres siendo los dos primeros siempre AN y los 10 siguientes números.
- Para cada muestra se deberá generar un código microQR que permita identificar de forma singular a una muestra. Este código deberá almacenar información relevante tanto para el clínico como para el técnico de laboratorio. Tras analizar los parámetros más relevantes y ajustarnos a las restricciones que ofrecía el tamaño del código microQR junto con la cantidad máxima de caracteres capaz de almacenar se consiguió llegar a un consenso. El código microQR codificará el siguiente mensaje: NUHSA

⁴EL driver se encuentra disponible en el siguiente enlace <https://www.zebra.com/us/en/support-downloads/software/developer-tools/scanner-sdk-for-windows.html>.

(Número de Historia Clínica del Paciente) + Número de trabajo + Hospital (Código de tres letras que permita la diferenciación del hospital).

- Además, se ha solicitado la necesidad de crear una auditoría para mantener un control en el acceso de la aplicación. Ello diverge en la creación de usuarios con diferentes roles. Los roles que presenta el cliente son Técnico, Médico y Administrador. Sin embargo, en la aplicación a desarrollar no se ha especificado la diferenciación exacta del rol ofrecido por el técnico en comparación con el del médico. No obstante, en la integración del proyecto en Galén se pretende ofrecer distintas funcionalidades en función del rol. Con respecto al rol de administrador, ha quedado recogido en los Requisitos Funcionales sus respectivos permisos.

Con la información recogida ha sido posible el diseño de la base de datos. Para ello, se ha empleado Visual Studio con el propósito de crear un archivo de base de datos con extensión *.mdf* que permitirá almacenar de forma local y portátil los datos y el esquema de la base de datos. Además, como explicaremos en el siguiente apartado utilizaremos el *ADO.NET Entity Framework* con el objetivo de facilitar el trabajo y la conexión con la base de datos.

A continuación, en la Figura 3.9 se muestra el esquema de la base de datos. Las entidades obtenidas han sido: *MUESTRAS*, *CODIGOS*, *HOSPITALES*, *PERMISOS*, *AUDITORIA*, *USUARIOS*, *ROLES*. Las relaciones quedan definidas de acuerdo a los intereses del cliente tal y como refleja el modelo.

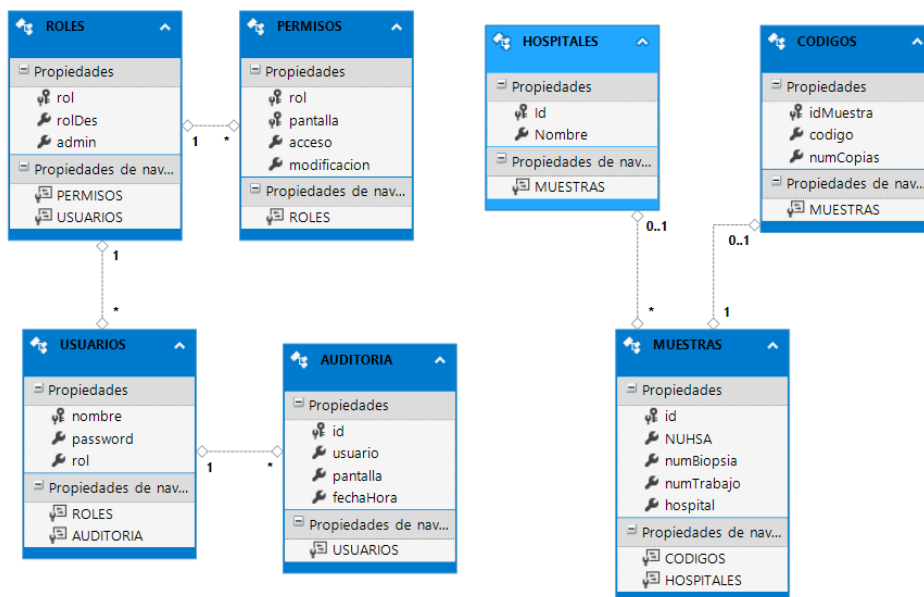


Figura 3.4: Diagrama de base de datos sobre el que se ha desplegado iQR-Sample.

3.2.2. Diseño de las etiquetas

Antes de proceder con el diseño de las etiquetas es necesario explicar las dos tipos de plantillas y la funcionalidad que van a tener ambas:

- Etiquetas para tubo de ensayo:** etiquetas redondas de 12mm de diámetro que pretende almacenar información relevante para el técnico de laboratorio empleando el

protocolo de código de barras que más se adecue a los requisitos especificados (tamaño reducido y capacidad de almacenamiento alta). Estas etiquetas serán utilizadas para identificar los tubo de ensayo. La impresora debe ser una impresora especializada en la impresión de etiquetas de un tamaño determinado; por ello se empleará la Brother QL-700.

- **Etiquetas para informes:** etiquetas rectangulares de 110mm de ancho y 35mm de largo que contendrán, al igual que las etiquetas anteriores, información relevante para los técnico de laboratorio. Estas etiquetas serán adheridas al informe que el técnico recibe en el laboratorio para proceder al almacenamiento de la muestra. Permitirán identificar el informe anexo a la muestra, incrementado así la trazabilidad. En esta ocasión, la impresora empleada no se restringe a una impresora profesional de etiquetas; sino que cualquier impresora que permita la impresión en folios A4 se puede utilizar. Concretamente, en el laboratorio se va a usar la impresora Hewlett-Packard HP Color LaserJet Pro M252dw.

Para el diseño de las etiquetas se ha empleado el software que da soporte a la impresora Brother QL-700: *P-touch Editor*. Este programa permite identificar el tipo de rollo de etiquetas que alberga la impresora Brother y ofrecer el marco de diseño acorde a dichas etiquetas.

El desarrollo se ha realizado a través de *ensayo y error*. En primer lugar se ha procurado seleccionar aquellos protocolos que permitían su impresión en el tamaño ajustado de las etiquetas. Los únicos dos que superaron la primera restricción fueron el QR y el microQR. A continuación, se procedió a comprobar si la capacidad máxima de almacenamiento de ambos protocolos era inferior a la que suponía el almacenamiento de los datos sugeridos por los técnicos. En un primer momento, la solicitud del laboratorio era almacenar el NUHSA y el número de biopsia; sin embargo, este último comprendía en ocasiones valores de hasta 25 caracteres, a lo que sumado a los 12 del NUHSA hacía un total de 37 caracteres, cifra que ninguno de los dos protocolos podía albergar en un código con un diámetro inferior a 12 mm. Ante tal restricción, el laboratorio rectificó la información que deseaban almacenar. Los nuevos datos fueron: NUHSA (12) + número de trabajo (5) + código de hospital (3). Esta cantidad de información tampoco permitía generar tanto un QR como un microQR con el tamaño deseado; sin embargo, los técnicos de laboratorio exigían que dicha información debía ser almacenada. Dicho requisito obligó a disminuir la propiedad de la capacidad de corrección (ECC). Esta característica permite medir la capacidad para corregir errores que se puedan haber producido por un mal estado del código QR. A mayor nivel, mayor probabilidad de recuperar los datos a partir de un código dañado. El ECC se encontraba en un 25 %. Tras varias pruebas empleando el lector de mano Symbol se consiguió ajustar un ECC que permitiera almacenar la información solicitada por el laboratorio, que además generara un código QR/microQR con un tamaño acorde con la etiqueta y que su capacidad de identificación ante un código en mal estado fuera precisa. Dicho valor fue situado en un 7 %. Finalmente quedaba elegir entre el protocolo QR o el microQR. La diferencia inmediata entre ambos residía en el tamaño; el QR abarcaba toda la etiqueta, mientras que con el microQR quedaba un pequeño espacio. Como sugerencia, se dio la posibilidad al laboratorio de incluir un pequeño texto que representara un campo significativo de la muestra para el técnico de laboratorio. La idea fue acogida por la unidad y ello derivó en la elección del protocolo microQR como código empleado en iQR-Sample.

El diseño ha sido posible gracias al software *P-touch Editor*, en el cual se pueden definir los campos correspondientes; ya sea de texto o de un protocolo particular de código de barras.

Además, el reconocimiento del campo es unívoco, es decir; cada campo queda representado por un identificador que es accesible gracias al SDK b-PAC. Han sido necesarias la creación de dos plantillas: una para los tubos de ensayo y otra para los informes. Ambas se encuentran accesibles en la carpeta *templates_printer* de la aplicación y poseen la extensión *.ltx*. En cada impresión el microQR es codificado de acuerdo a la muestra seleccionada; asimismo, el campo de texto también es actualizado con el valor correspondiente. Por defecto, dicho campo se corresponde con el número de trabajo; no obstante este podrá cambiarse en la pestaña de diseño a gusto del técnico, pudiendo elegir entre NUHSA; número de biopsia, número de trabajo, hospital o no incluir el campo de texto. Lo mismo ocurre para las etiquetas de tubo de ensayo como para las destinadas a los informes. En la Figura 3.5(a) se observa la plantilla definida para la etiqueta de tubos de ensayo y en la Figura 3.5(b) la etiqueta destinada a los informes.

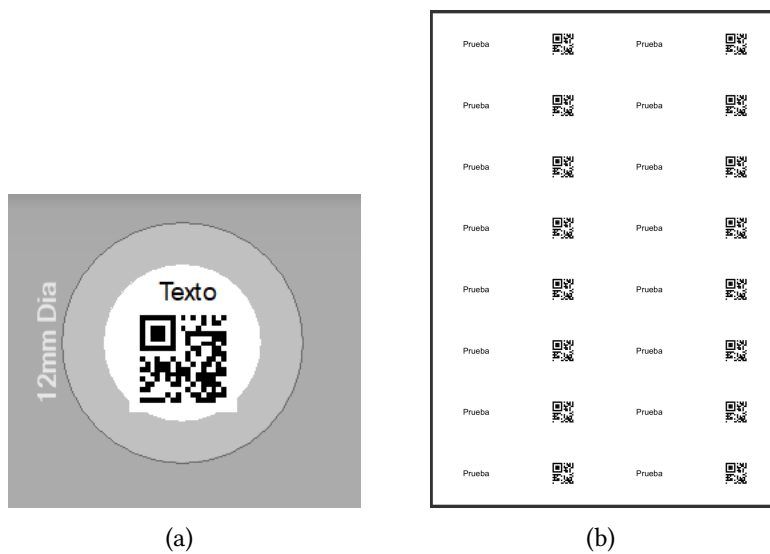


Figura 3.5: Plantillas empleadas por iQR-Sample para la impresión de etiquetas. Diferenciamos entre las etiquetas para los tubos de ensayo (a) y para los informes (b).

3.2.3. Diseño de la aplicación de escritorio

A continuación, se va a explicar cómo se ha diseñado la aplicación de escritorio iQR-Sample; no obstante, antes de ello, es necesario entender en qué consiste el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC).

El MVC [10] es un patrón de arquitectura software que divide la aplicación en 3 componentes. Los componentes son el modelo, la vista y el controlador y con ello pretende separar los datos de la lógica del negocio en una aplicación.

- **Modelo:** componente encargado de los datos. Accede a la información con la cual la aplicación opera; gestionando las consultas a la base de datos. En definitiva, define la lógica del negocio.
- **Controlador:** responde a las acciones del usuario. Es el negociador del Modelo y de la Vista.

- **Vista:** Es la responsable de la representación visual de los datos. Presenta la información y la lógica de negocio en un formato adecuado para interactuar con el usuario.

Esta arquitectura presenta una serie de ventajas que se traducirán en un buen desarrollo software:

1. División de la lógica del negocio y la representación visual.
2. Facilita el manejo de errores.
3. Dota al proyecto de escalabilidad.

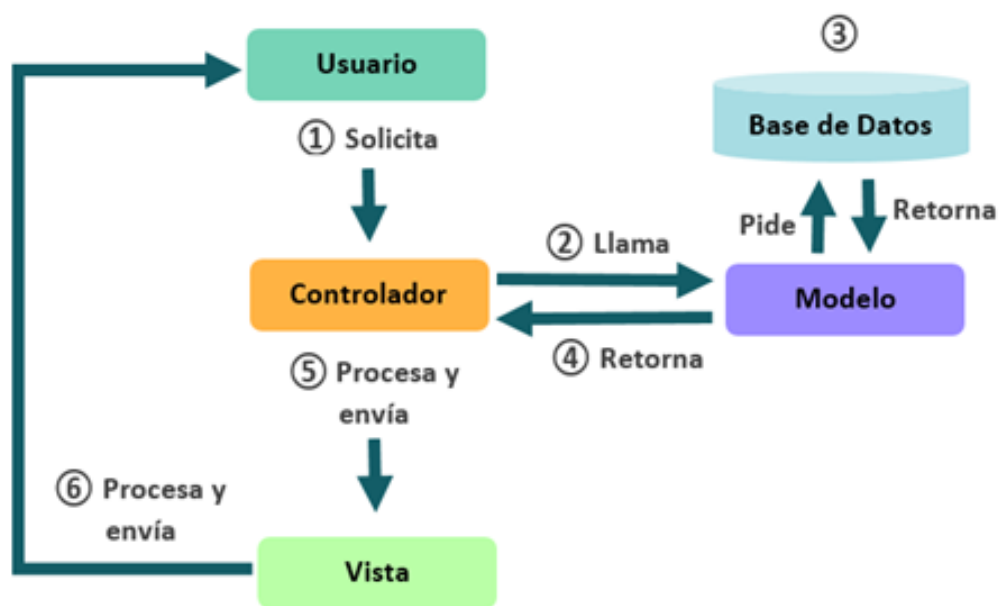


Figura 3.6: Ciclo de vida del patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC). En primer lugar el usuario realiza una acción que lanza un evento al Controlador. Este realiza una llamada al Modelo, que se encarga de realizar la consulta a la base de datos. A continuación, el Modelo devuelve la información al Controlador que procesa y envía, a su vez, a la Vista. Esta última capa es la encargada de visualizar la información al usuario.

Una vez se ha entendido el patrón de arquitectura, se va a proceder a explicar el diseño de la aplicación en cada capa.

Modelo

La primera capa que encontramos es el Modelo. Para la implementación, se ha empleado *Entity Framework*, el cual es un *framework* ORM⁵ formado por un conjunto de API⁶ de acceso

⁵Siglas en inglés de mapeo objeto-relacional (Object-Relational mapping). Es una técnica de programación que permite crear los objetos en el sistema a raíz de una base de datos; quedando ambas vinculadas.

⁶Siglas en inglés de interfaz de programación de aplicaciones (Application Programming Interface). Es un conjunto de funciones, procedimientos y protocolos que ofrece una determinada biblioteca para ser utilizada en otro software.

a datos. Dentro de la plataforma .NET, el paquete se conoce como *Entity Framework 6* [19] y con ello pretendemos crear un asignador relacional de objetos que nos permita trabajar con una base de datos mediante objetos; eludiendo así la necesidad de escribir parte del código de acceso a datos.

Más allá de lo que supone aplicar una técnica de marco de trabajo de ORM, las principales características que EF6 nos ofrece son el seguimiento de cambios automático, la conectividad de base de datos basada en ADO.NET y la capacidad de asignación enriquecida integrando desde todo tipo de relaciones hasta la herencia.

La adquisición del paquete EF6 ha sido gracias a la herramienta NuGet; un repositorio que cuenta con más de 100.000 paquetes disponibles para los desarrolladores de .NET.

Para implementar la capa del Modelo debemos diseñar la base de datos expuesta en el apartado anterior y el *Entity Framework 6* se encargará de mapear las clases correspondientes a cada una de las entidades del modelo de la base de datos. De esta forma, se añadirán a nuestra capa de Modelo las siguientes clases:

- MUESTRAS
- CODIGOS
- HOSPITALES
- ROLES
- USUARIOS
- AUDITORIA
- PERMISOS

Además del mapeo realizado, definiendo la estructura de cada clase, se ha añadido algunas funciones para incrementar su empleabilidad. Algunos ejemplos son la creación de métodos de comparación de objetos; tanto en la clase de MUESTRAS como en la de CODIGOS. Para ello se reescribirá la función *Equal*, así como la función *GetHashCode* tal y como se muestra en el ejemplo usado en la clase MUESTRAS en el listado 3.1. Dos muestras serán iguales cuando tengan el mismo NUHSA y el mismo número de biopsia. Por otro lado, dos códigos serán iguales si tienen el mismo identificador de muestra.

Listado 3.1: Implementación función *Equal* en la clase MUESTRAS en lenguaje C#

```

1  /// <summary>
2  /// Two code object are the same if they have the same NUHSA and biopsia
3  /// </summary>
4  /// <param name="o">object to compare</param>
5  public override bool Equals(object o)
6  {
7      MUESTRAS muestra = o as MUESTRAS;
8      // If parameter is null return false:
9      if ((object)muestra == null)
10     {
11         return false;
12     }
13     // Return true if the fields match:
14     return (muestra.NUHSA == this.NUHSA && ←
15         muestra.numBiopsia == this.numBiopsia);

```

Asimismo, las clases generadas por el mapeador no son suficiente para dar soporte a nuestra aplicación. Es necesario la implementación de otras clases.

Uno de los requisitos del cliente era poder acceder a la información almacenada en un archivo Excel. Esto conlleva una serie de restricciones, ya que poder importar cualquier archivo Excel supondría desarrollar una aplicación con mayor complejidad. Se presupone que el archivo Excel deberá contar con cuatro columnas, al menos, donde en una de ellas se refleje el NUHSA (o en su defecto, un identificador del paciente), el número de biopsia, el hospital y finalmente el número de trabajo (o en su defecto un identificador único de la muestra). La información referente a estos parámetros quedará registrada en la clase *ExcelConfig* a través del nombre de la columna presente en el archivo Excel, incluyendo también el nombre de la hoja y la ruta del archivo. La creación de esta clase es necesaria debido a que esta información se almacenará en un archivo *.json* para poder mantenerse inalterada de una sesión a otra. Es decir, cada vez que se altere la configuración relativa al archivo Excel el programa editará este archivo *.json*. De esta forma, cada vez que la aplicación se inicie se leerá dicho archivo y se continuará por la configuración empleada en la última sesión.

La clase *Globals* almacena las variables globales accesibles desde cualquier ámbito de la aplicación. En ella encontramos parámetros como el nombre de las diferentes plantillas necesarias para el diseño del código microQR, las distintas *url* que nos derivan a los manuales de ayuda, así como la información previamente explicada acerca del archivo Excel.

Por último, en esta capa encontramos un conjunto de clases que harán posible el uso del patrón de diseño estrategia. Para entender el uso de este patrón es necesario explicar el problema. La impresión de las etiquetas con el código microQR implica diversos diseños; por un lado podemos imprimir etiquetas que contengan únicamente el código microQR (Fig 3.7(a)) o podemos incluir, además del código, un texto que resulte de ayuda al técnico de laboratorio, por ejemplo el número de trabajo (Fig 3.7(b)) o el hospital de la muestra. Este identificativo tiene el objetivo de ayudar al técnico a distinguir de forma rápida algún parámetro relevante de la muestra. A esta combinación hay que añadir la posibilidad de que las etiquetas para tubos de ensayo enviadas a la impresora QL-700 se impriman en una única tira (Fig 3.7(c)) o cada etiqueta quede separada de la anterior (Fig 3.7(d)). En la Figura 3.7 podemos entender los diferentes tipos de diseño de impresión que se puede realizar.

Con el objetivo de que el diseño pueda ser elegido por el usuario en tiempo de ejecución es necesario cambiar el comportamiento de la clase; y por ello se requiere la aplicación del patrón estrategia. Este patrón es un tipo de patrón de diseño. Los patrones de diseño [12] son soluciones para resolver problemas comunes presentes a la hora de desarrollar un proyecto software. Estas técnicas presentan características como la efectividad en la resolución de problemas similares y la reutilización. Con la aplicación de los patrones se pretende dotar al proyecto de alta cohesión y bajo acoplamiento, de forma que incremente la calidad del desarrollo. Además del uso de esta técnica, a lo largo de la implementación se busca el cumplimiento de los principios SOLID (Responsabilidad única, Abierto/cerrado, Sustitución Liskov, Segregación de la interfaz, Inversión de dependencias) [16].

El patrón estrategia [14] se basa en el polimorfismo para implementar una serie de comportamientos que podrán ser intercambiados durante la ejecución del programa, logrando con esto que un objeto se pueda comportar de forma distinta según la estrategia establecida. En el problema a resolver emplearemos dos veces el patrón estrategia para modelar dos tipos de comportamientos diferentes:

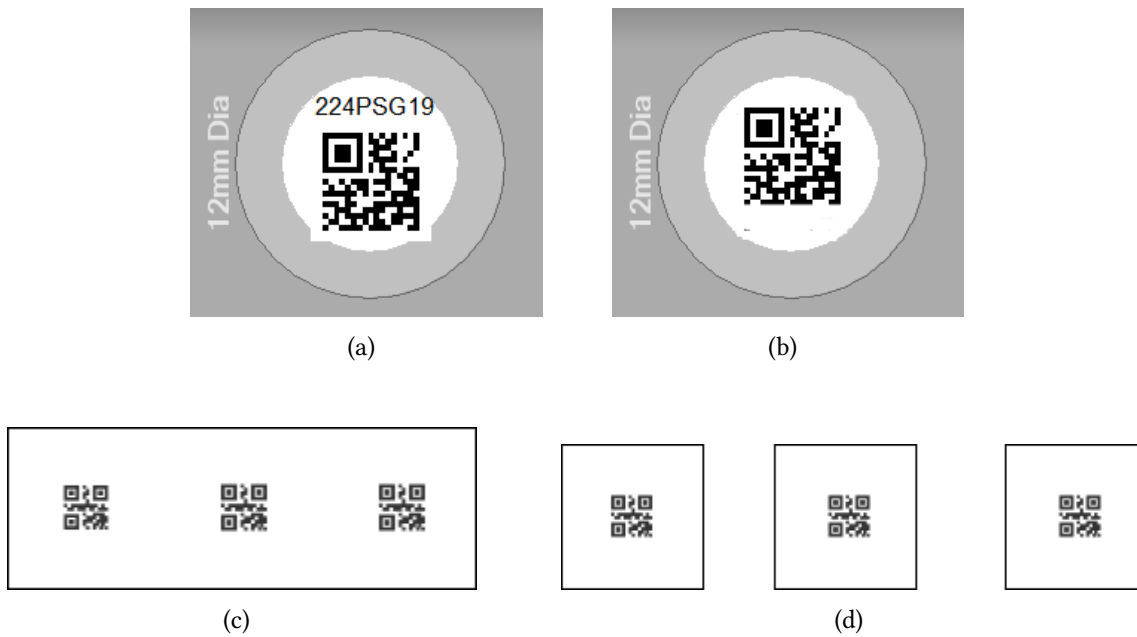


Figura 3.7: Diseños de etiquetas microQR para tubos de ensayo disponibles para el usuario de iQR-Sample; etiqueta microQR con código y texto (a), etiqueta microQR con código (b), tira de etiquetas microQR (c), tiras cortada de etiquetas microQR (d).

1. Formato de impresión:

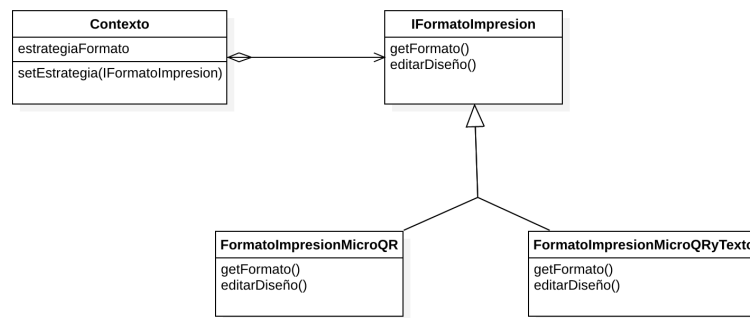
- *Formato código microQR:* tomará la plantilla que posee únicamente el código microQR. Además, fijará el código de acuerdo a la información enviada por el controlador.
- *Formato código microQR + texto:* tomará la plantilla que posee el código microQR junto con un texto. En esta ocasión, además de fijar el código microQR, también precisará el texto que acompaña al código.

2. Propiedades de impresión:

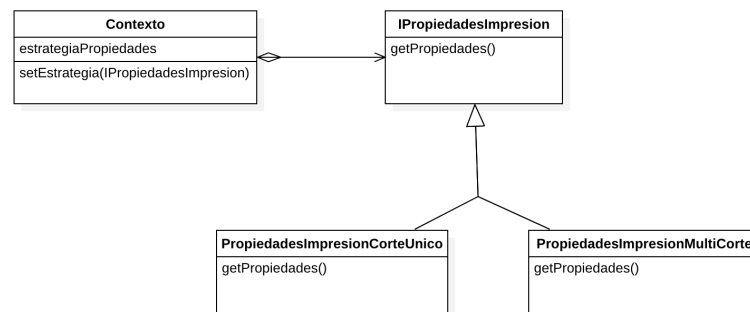
- *Impresión multi corte:* por cada etiqueta la impresora realizará un corte.
- *Impresión corte único:* la impresora realizará un único corte al final de la impresión; quedando las etiquetas almacenadas en un tira continua.

Para ello, se han desarrollado un conjunto de clases que permite el despliegue de este patrón. Por un lado será necesarios modelar la estructura referente al formato de la etiqueta Fig 3.8(a) y por otro las propiedades de corte Fig 3.8(b).

A través de la declaración de dos interfaces (*IFormatoImpresion* y *IPropiedadesImpresion*) podemos diferenciar las dos estrategias. A continuación, la implementación de ambas interfaces queda resuelta en la estrategia concreta; es decir, en el comportamiento: *FormatoImpresionMicroQR* y *FormatoImpresionMicroQRyTexto* por un lado, y *PropiedadesImpresionCorteUnico* y *PropiedadesImpresionMultiCorte* por otro. El contexto es una clase que mantiene la referencia al objeto de estrategia. Lo podemos definir por lo tanto como una clase llamada *AjusteImpresion* donde mantener el comportamiento de ambas estrategias.



(a)



(b)

Figura 3.8: Esquema del patrón de diseño estrategia: en la figura (a) se modela el tipo de comportamiento referente al formato de etiqueta, mientras que en (b) se organiza el comportamiento del corte de impresión.

Controlador

La siguiente capa que encontramos es el Controlador. Como se ha mencionado, esta capa pretende gestionar el flujo de información entre el Modelo y la Vista.

La primera clase que encontramos es *controladorUsuario* la cual contiene las funciones necesarias para llevar al modelo de datos la comprobación de la contraseña y usuario al intentar iniciar sesión. Contiene además un manejo de errores en función de si se la contraseña es incorrecta o el usuario no existe.

La siguiente clase se encuentra relacionada con la auditoría: *controladorAuditoria*. En ella encontramos las funciones necesarias para registrar en la base de datos el acceso de un usuario a una determinada pantalla. Además, encontramos una función que permite formatear la auditoría. Este permiso quedará únicamente relegado al administrador.


La clase que sirve de vínculo con las muestras es *controladorMuestra*; sin embargo, antes se requiere entender el funcionamiento de las clases *controladorHospital* y *controladorExcel*.

Cuando el usuario desee introducir una muestra nueva o actualizar una muestra existente

es posible que desee incorporar un valor de hospital que no esté presente en la base de datos. Por ellos, es necesario la clase *controladorHospital* que contenga las funciones necesarias para acceder al modelo de datos y comprobar la existencia del hospital, además de la función que envíe al modelo los datos del nuevo hospital.

Como Requisito Funcional el usuario puede vincular la aplicación con un archivo Excel existente. Además de la sincronización de ambas plataformas, ello implica que al insertar una nueva muestra en iQR-Sample, la información de la muestra junto con una imagen del microQR asociado a dicha muestra se añadan al archivo Excel. La clase *controladorExcel* contiene las operaciones necesarias para hacer posible dicha condición. Las dos librerías empleadas para acceder a la información de un archivo Excel a través de la plataforma .NET han sido: *Microsoft.Office.Interop.Excel* (v15.0.4795.1000) y *System.Data.OleDb*, librería instalada por defecto. La primera fue descargada a través de NuGet y es una API que permite tener acceso a objetos de interoperabilidad de Office. Se usará con el objetivo de insertar una nueva muestra, actualizar una muestra o eliminar una muestra. La segunda es una API, descargada por defecto, que permite el acceso a un origen de datos OLE DB ⁷. La función de esta librería reside en la extracción de los datos del Excel.

Las funciones *conexionExcel* y *exit* permiten establecer la conexión con el archivo Excel y cerrarla previo a guardar el archivo. Ambas funciones acceden a las variables globales para definir la ruta del Excel. Para cargar la información en una tabla disponible en iQR-Sample se emplea la función *getData* que hace uso de la librería *System.Data.OleDb*. En esta función se rescata las variables globales acerca del nombre de la hoja de cálculo así como de las columnas que contienen la información de la muestra. Por otro lado, la librería *Microsoft.Office.Interop.Excel* es empleada en las funciones *insertarMuestra* y *actualizarMuestra*. En el caso de una nueva muestra se añade una nueva fila al final del archivo y se incluye la información de la muestra, adjuntando en la última columna una imagen con el microQR correspondiente a dicha muestra. En el caso de actualizar la muestra, en primer lugar se buscará la fila donde se encuentra dicha muestra y a continuación se alterarán los campos a actualizar, así como se adjuntará una nueva imagen microQR generada con los datos actualizados. También se implementa la función *eliminarMuestra* que elimina el contenido de la fila donde se encuentra la muestra.

Debido a que la información contenida en el archivo Excel es de gran importancia, se ha establecido realizar una copia de seguridad. La función *backupExcel* permite copiar el archivo Excel en la ruta  C: \ Usuario \ Utilidades \ Aplicaciones \ iQRSample \ Backup. El período de copia se ha determinado que sea diariamente.

Con la creación de ambos controladores ya es posible definir una clase *controladorMuestra* que permita la inserción de la muestra en la base de datos desplegada en el archivo .mdf. Las funciones son *insertarMuestra*, *actualizarMuestra* y *eliminarMuestra*. En las tres se accede a la capa del Modelo para insertar, actualizar o eliminar la muestra en la base de datos, comprobando previamente una serie de requisitos:

1. La existencia del hospital en la base de datos. En el caso de que no exista, haciendo uso de la clase *controladorHospital* se podrá incluir un nuevo hospital. El código del hospital no podrá superar las tres letras y debe ser único. Además del código, será necesario incluir el nombre completo del hospital.

⁷OLE DB es la sigla de Object Linking and Embedding for Databases (Enlace e incrustación de objetos para bases de datos). Es una tecnología desarrollada por Microsoft usada para tener acceso a diferentes fuentes de información

2. No insertar una muestra que posea el mismo NUHSA y número de biopsia que una existente. Como se ha mencionado en la capa del Modelo una muestra queda identificada por la combinación de ambos parámetros.
3. Al igual que en el punto anterior, no se podrá actualizar una muestra que posea el mismo NUHSA y número de biopsia que una existente.

La última función relevante de esta clase es *sincronizarMuestras*. Esta función recibe como parámetro una lista de muestras a incluir en la base de datos. Dicha lista procede de leer el archivo Excel vinculado.

La siguiente clase presente en la capa de Controlador es *controladorCodigo*. Las funciones presentes en esta clase son:

- *saveImage*: genera el microQR asociado a una muestra y lo almacena en un archivo con formato *.bmp*.
- *cutImage*: debido a que la imagen generada en la función anterior presenta unos márgenes amplios es necesario recortar la imagen. Ello es posible gracias a esta función.
- *imprimirTuboEnsayo*: contiene las instrucciones necesarias para mandar a imprimir el código microQR de una muestra. En primer lugar se fija la impresora que se desea utilizar. A continuación, se selecciona la estrategia de formato de impresión; es decir si la etiqueta contiene únicamente el microQR o además contiene un texto. En la siguiente instrucción se selecciona la estrategia que define la propiedad de impresión acerca del corte de etiquetas. Y finalmente se envía a impresión. Las funciones empleadas pertenecen al SDK b-PAC. En el Listado 3.2 se encuentra la implementación de la función.
- *imprimirInforme*: esta función permite controlar la impresión de etiquetas con código microQR que serán empleadas para adherir a los informes. Como el número de etiquetas a imprimir de este tipo de plantilla en ocasiones es reducido, se ha incluido un contador que permita empezar la generación de microQR junto con el texto a partir de una determina posición. De forma que el usuario pueda seleccionar antes de imprimir si la página de etiquetas empleada es nueva o si se está reutilizando.

Finalmente se ha implementado la clase controlador del lector de mano; *controladorEscaner*. Esta clase contendrá dos funciones principales. Ambas serán iniciadas cuando se produzca la lectura de un código microQR. Tras producirse dicho evento, en primer lugar la función *ParseData* permitirá descifrar el XML que se captura con la lectura del código. El código codificado se encuentra en el nivel con etiqueta «*datalabel*» del XML. A continuación, el código es empleado por la función *buscarMuestra* que permite acceder al modelo de datos para identificar la muestra con dicho código.

Como componente de la metodología ágil, cabe destacar que se han realizado 36 pruebas unitarias referentes a las clases que conforman esta capa. Con ello se ha buscado reducir los problemas y tiempo dedicado a la integración, la rápida detección de errores, incrementar el entendimiento del código entre muchas de las ventajas que ofrece esta técnica. En la Figura 3.10 se observa que todas las pruebas han sido validadas.

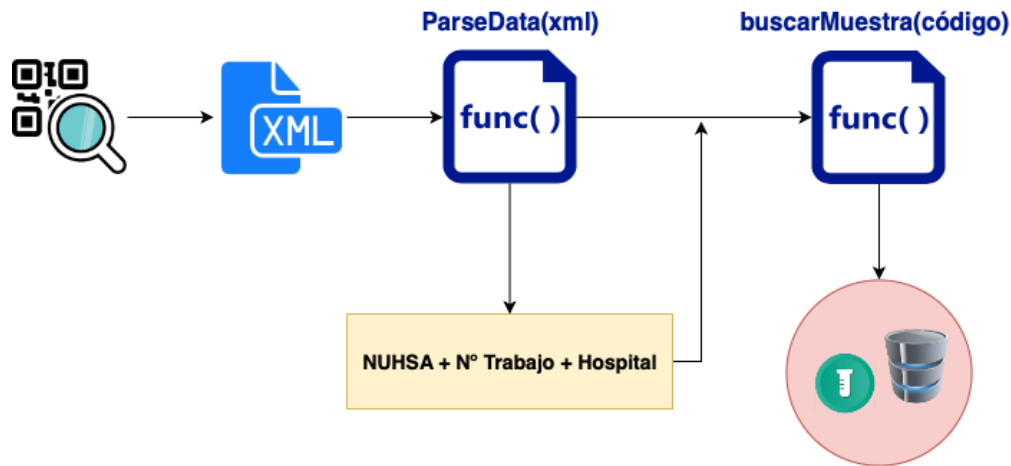


Figura 3.9: Workflow seguido por la clase *controladorEscaner* para identificar una muestra con el lector. Tras el evento registrado en la capa de Vista, el controlador captura el XML que será examinado para identificar el código cifrado en el microQR. A continuación, dicho código es empleado para identificar la muestra en la capa del Modelo.

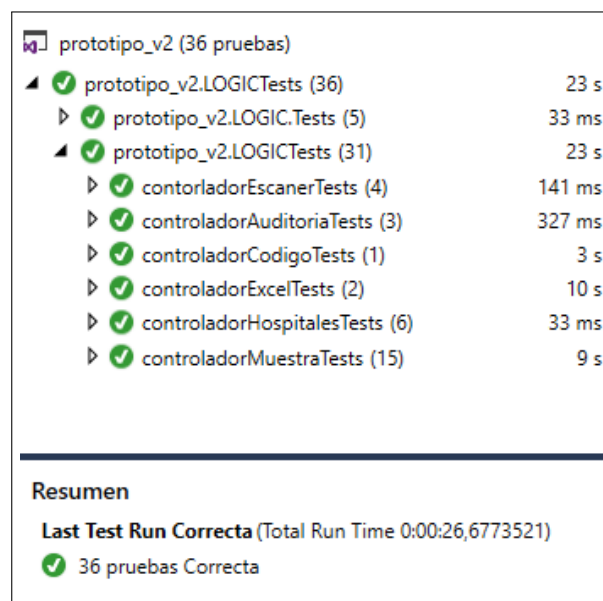


Figura 3.10: Captura de pantalla de la ejecución de las pruebas unitarias. En total se han realizado 36 pruebas asociadas a las clases que componen la capa de Controlador.

Listado 3.2: Implementación función imprimirTuboEnsayo perteneciente al a clase controlador-
Codig en lenguaje C#

```

1  /// <summary>
2  /// Print the microQR code with a specific number of copies and configuration. It
3  /// will be
4  /// sent to Brother QL-700 and save it in last_print.lbx. The result are label use for
5  /// instruments of laboratory.
6  /// </summary>
7  /// <param name="_estrategiaPropiedades">Printer configuration relative to: print
8  /// only microQR code or microQR code and also a text</param>
9  /// <param name="_estrategiaFormato">Printer configuration relative to: cut the
10 /// label at the end or at each label</param>
11 /// <param name="label">The text that should be print in the case that use a
12 /// template that contains microQR code and text</param>
13 public void imprimir(IPropiedadesImpresion ←
14     ↪ _estrategiaPropiedades, IFormatoImpresion ←
15     ↪ _estrategiaFormato, string label)
16 {
17     // Print sdk b-pac
18     string templatePath = \_estrategiaFormato.getFormato();
19     bpac.Document doc = new Document();
20     if (doc.Open(templatePath) != false & ←
21         ↪ codigo.numCopias > 0 & codigo.numCopias != null)
22     {
23         // Set printer
24         string printerName = "Brother_QL-700";
25         doc.SetPrinter(printerName, true);
26         // Set strategy
27         \_estrategiaFormato.editarFormato(doc, codigo, ←
28             ↪ label);
29         // Save print as lbx
30         doc.SaveAs(ExportType.bexLbx, ←
31             ↪ Globals.TEMPLATE_DIRECTORY + ←
32             ↪ "last_print.lbx");
33         // Start print with a particular strategy
34         doc.StartPrint("", ←
35             ↪ _estrategiaPropiedades.getProperties());
36         doc.PrintOut((int)codigo.numCopias, ←
37             ↪ PrintOptionConstants.bpoDefault);
38         doc.EndPrint();
39         doc.Close();
40     }
41     else
42     {
43         throw new Exception();
44     }
45 }

```

Vista

La última capa que queda por analizar es la Vista. En ella se mostrará la interfaz de usuario que se ha diseñado para la aplicación de escritorio. Se ha pretendido que resulte intuitiva, de forma que las principales operaciones queden lo más accesibles y claras para el usuario.

La primera pantalla que podemos observar tras iniciar la aplicación es la pantalla de inicio de sesión (Fig 3.11). Para iniciar sesión se deben cumplimentar los campos de usuario y la contraseña correspondiente. Debido a que en ocasiones la aplicación puede ser utilizada por estudiantes en prácticas del laboratorio se ha incluido un inicio de sesión a través de un usuario invitado, donde no se requiere de ningún registro.



Figura 3.11: Captura de la pantalla de inicio de sesión.

Tras seleccionar el botón **Iniciar sesión** pueden ocurrir tres escenarios:

1. Inicio de sesión correcto, y por lo tanto la aplicación se deriva a la pantalla de página principal.
2. El usuario sea incorrecto y se mostrará un mensaje de error de inicio de sesión.
3. La contraseña sea incorrecta y se mostrará un mensaje de error de inicio de sesión.

A continuación, todas las pantalla que se van a mostrar heredan de una plantilla. Esta plantilla contiene los botones y funcionalidades que han de estar presentes durante toda la sesión para el usuario (Fig 3.12).



Figura 3.12: Captura de la pantalla de la plantilla de la aplicación.

Fundamentalmente encontramos tres secciones:

1. **Botón Home:** se sitúa en la zona superior izquierda y permite al usuario volver a la pantalla de la página principal.
2. **Botón Cerrar Sesión:** se sitúa en la zona superior derecha y permite al usuario cerrar sesión y volver a la pantalla de inicio de sesión.
3. **Barra de menú:** se sitúa en la zona superior y contiene 4 pestañas:
 - a. *Archivo:* contiene las funcionalidades de cerrar sesión o salir de la aplicación. La primera cierra la sesión del usuario y retorna a la página de inicio de sesión y la segunda únicamente cierra la sesión del usuario y para la aplicación. Fig 3.13(a).
 - b. *Diseño:* en esta pestaña encontramos los dos tipos de estrategias que se han definido para el empleo del patrón de estrategia. Por un lado encontramos el corte de etiquetas, el cual permite seleccionar entre el corte al final de la tira o el corte en cada etiqueta. Por defecto se encuentra activada la segunda opción. La otra estrategia que encontramos es el diseño de la etiqueta. En ella se diferencia entre la etiqueta con únicamente el código microQR y la etiqueta que además del microQR incluye un texto. A su vez, este texto puede variar entre el NUHSA, el número de trabajo, el número de biopsia o el hospital. La opción por defecto es la siguiente: Diseño Diseño de etiqueta microQR y Texto Número de Trabajo. Fig 3.13(b).

- c. *Excel*: se trata de la pestaña que permite configurar los parámetros necesarios para vincular el Excel. En primer lugar encontramos una opción para determinar si se desea cargar los datos a través de un archivo Excel (*Cargar tabla desde Excel*). Por defecto se encuentra activada. A continuación, encontramos la opción de seleccionar la ruta del archivo a través del administrador de archivos. La ruta seleccionada quedará almacenada en un archivo de configuración con extensión *.json* para que en posteriores sesiones pueda sugerirse las rutas empleadas con anterioridad. Finalmente encontramos la opción *Opciones del Excel*, a partir del cual se mostrará una pantalla donde editar el nombre de las columnas del Excel y el nombre de la hoja de cálculo, para que así nuestra aplicación pueda extraer la información de las muestras. Con ello se pretende dotar de flexibilidad a la aplicación y no tener que restringir este tipo de parámetros a un nombre en particular. Fig 3.13(c).
- d. *Ayuda*: en esta última pestaña encontramos información que nos redirigirá al manual de la aplicación, al manual de la impresora y del escáner de mano. También ofrecerá un contacto donde el usuario debe acudir en caso de tener algún problema con la aplicación. Fig 3.13(d).

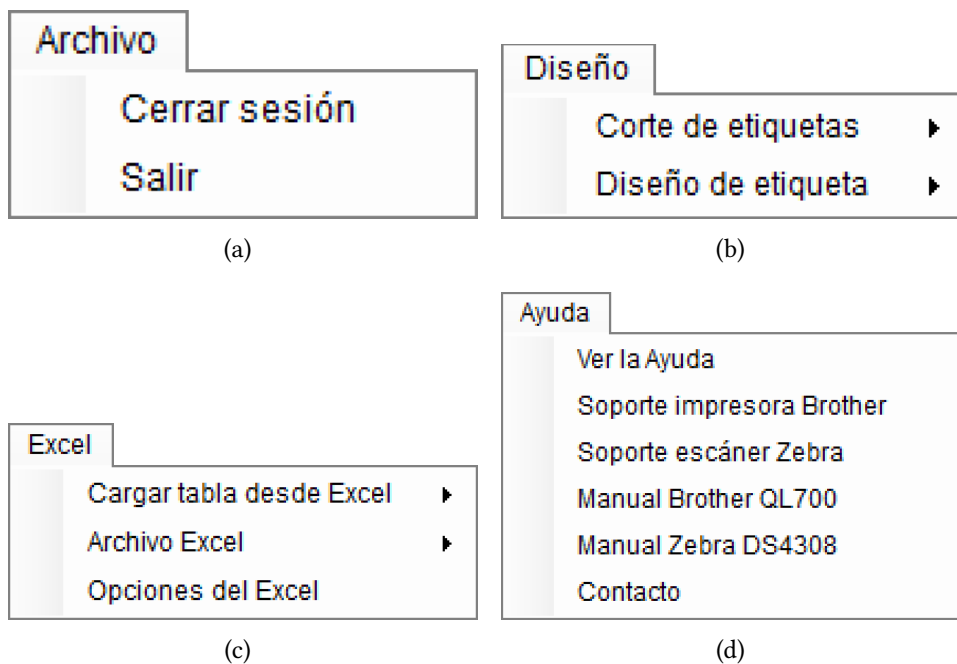


Figura 3.13: Opciones de la barra de menú. En (a) encontramos la pestaña de Archivo, en (b) la referente al diseño de las etiquetas, en (c) la configuración de vinculación con el archivo Excel y en (d) las referencias de ayuda y manual.

Una vez explicada la plantilla que van a emplear las pantallas de la aplicación, ya podemos pasar a visualizar las pantallas de las diferentes páginas que se encuentran presentes en iQR-Sample:

- Página principal.
- Página de impresión.

- Página de gestión de muestras.
- Página de escáner.
- Página de auditoría.
- Página de ayuda.

La primera página que encontramos tras el inicio de sesión es la página principal de iQR-Sample (Fig 3.14). A raíz de ella podemos acceder a las distintas funcionalidades que ofrece la aplicación. En el centro de la pantalla encontramos los cuatro botones que resumen las cuatro principales competencias:

1. **Impresión:** Botón superior izquierdo. Da acceso a la pantalla de impresión, la cual nos permite imprimir etiquetas para tubos e informes.
2. **Escáner:** Botón superior derecho. Da acceso a la pantalla de escáner de etiquetas, la cual nos permite identificar las muestras empleando el lector de mano.
3. **Gestión de muestras:** Botón inferior izquierdo. Da acceso a la pantalla de gestión de muestras, la cual nos permite administras las muestras tanto de la base de datos como las presentes en el archivo Excel vinculado.
4. **Auditoría:** Botón inferior derecho. Da acceso a la auditoría, la cual nos permite listar las sesiones realizadas junto con algunas de las acciones realizadas por los usuarios.

Además, en la esquina inferior izquierda encontramos un botón que da acceso a la pantalla de ayuda. Esta pantalla es accesible también desde la barra de menú.

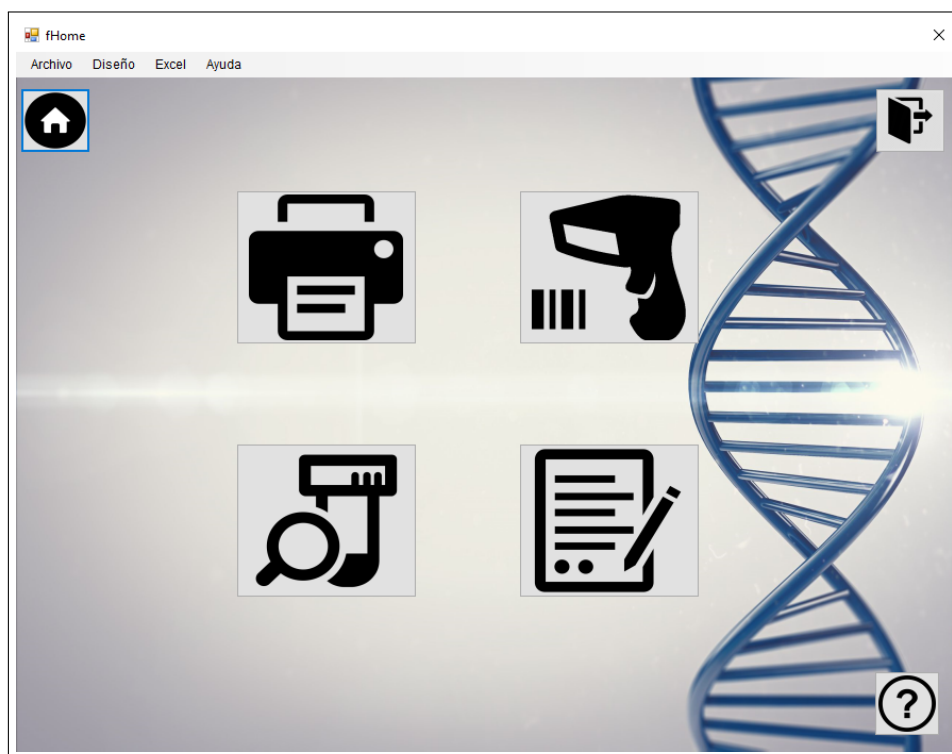


Figura 3.14: Captura de la pantalla de la página principal.

A continuación, iremos avanzando en la aplicación siguiendo el siguiente orden: pantalla de impresión, pantalla de escáner, pantalla de gestión de muestras, pantalla de auditoría y pantalla de ayuda.

La pantalla de impresión (Fig 3.15) permite al usuario buscar la muestra que desee en la base de datos de iQR-Sample y añadirla en la cola de impresión. Las muestras quedan visibles a través del uso de un *DataGridView*, donde se puede seleccionar la muestra deseada, ya sea a través de la tabla o empleando el buscador y seleccionando el botón **Buscar**. La búsqueda se realiza a partir de los valores impuestos en los campos de texto. De esta forma, la tabla queda filtrada a raíz de dichos valores. Para resetear la tabla y volver a obtener todos los datos de la base de datos únicamente hay que pulsar el botón **Limpiar**.

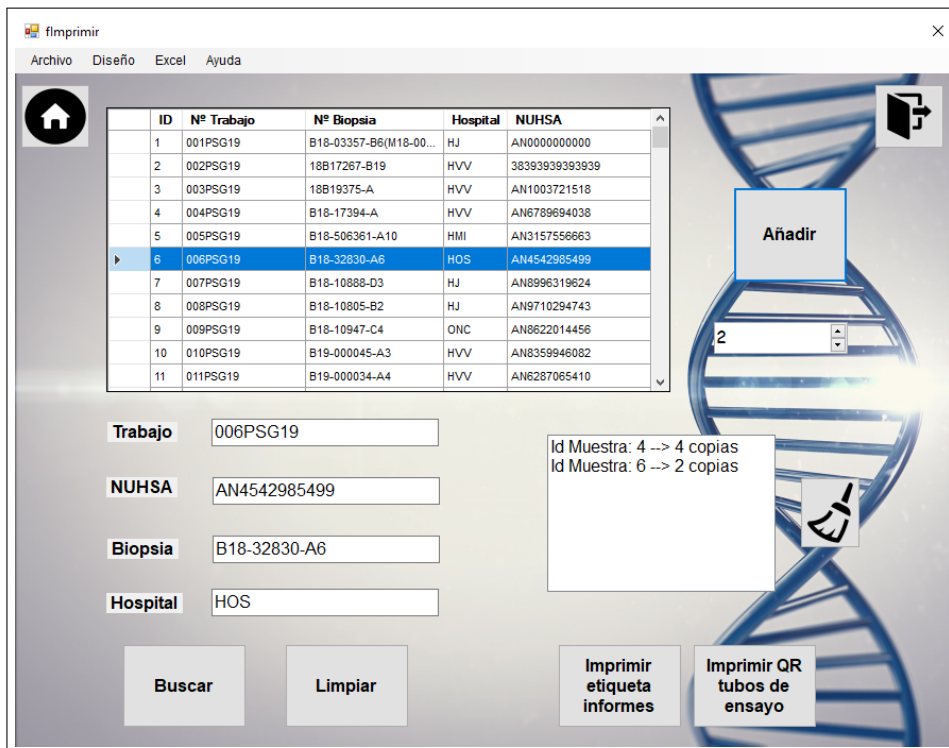


Figura 3.15: Captura de la pantalla de la página principal.

En esta pantalla podemos diferenciar 3 funciones, además de las incluidas por la herencia de la plantilla (edición del diseño de etiqueta o acceso a manual). Son las siguientes:

1. *Impresión etiquetas para tubos de ensayo*: tras seleccionar la muestra deseada se debe editar el número de copias de etiquetas que se desean imprimir. El diseño de la etiqueta podrá ser modificado siguiendo las estrategias descritas a través de la barra de menú. Para incluir la muestra en la cola de impresión se debe pulsar el botón **Añadir**. Una vez se han incluido todas las muestras cuyas etiquetas se desean imprimir se debe seleccionar el botón **Imprimir microQR tubos de ensayo**. Sin necesidad de seleccionar la impresora, ya que el ordenador debe estar conectado a la impresora Brother, las etiquetas se imprimirán de forma automática.
2. *Impresión etiquetas para informes*: la dinámica de trabajo es muy similar a la anterior, con la diferencia de que en esta ocasión el botón es **Imprimir etiqueta informes**. Además,

con el objetivo de reutilizar el papel de etiquetas, emergerá una pantalla donde se podrá seleccionar la posición a partir de la cual se debe iniciar el estampado de las etiquetas. Finalmente, es necesario seleccionar la impresora que se desea utilizar para la impresión.

3. *Guardar imagen QR*: La última funcionalidad que ofrece esta pantalla es obtener la imagen microQR asociada a una muestra. Para ello seleccionamos la muestra y pulsamos clic derecho. De esta forma emergerá un menú con la opción de guardar la imagen del microQR. Tras seleccionarlo aparecerá el administrador de archivos para indicar la ruta del archivo y el nombre.

En el caso de que nos hubiéramos equivocado al añadir una muestra a la cola de impresión podríamos seleccionar el botón que hay situado a la izquierda de la lista de la cola de impresión para cancelar la cola de impresión. Si quisiéramos eliminar únicamente una muestra de la cola, podríamos seleccionar la etiqueta de la muestra a eliminar, pulsar sobre clic derecho y aparecería un menú donde encontraríamos la opción de *Eliminar*. Si lo que deseamos es cambiar el número de copias solamente debemos incluir nuevamente la muestra con el número de copias correcto y el valor antiguo quedará sobreescrito.

La pantalla de escáner de muestras (Fig 3.16) permite identificar una muestra a raíz de un microQR. Tras acceder a la pantalla la aplicación mostrará un mensaje indicando si ha detectado el lector de mano o no. En caso de que no lo detecte, además del mensaje, aparecerá una cruz roja en el centro de la pantalla. En caso de que sí lo hubiera detectado esta imagen será cambiada a un *tick* verde. Si el lector se encuentra conectado únicamente debemos escanear el código microQR y tras su identificación los campos mostrados se rellenarán con la información de la muestra. Si el código no se corresponde con ninguna muestra aparecerá un mensaje de error.

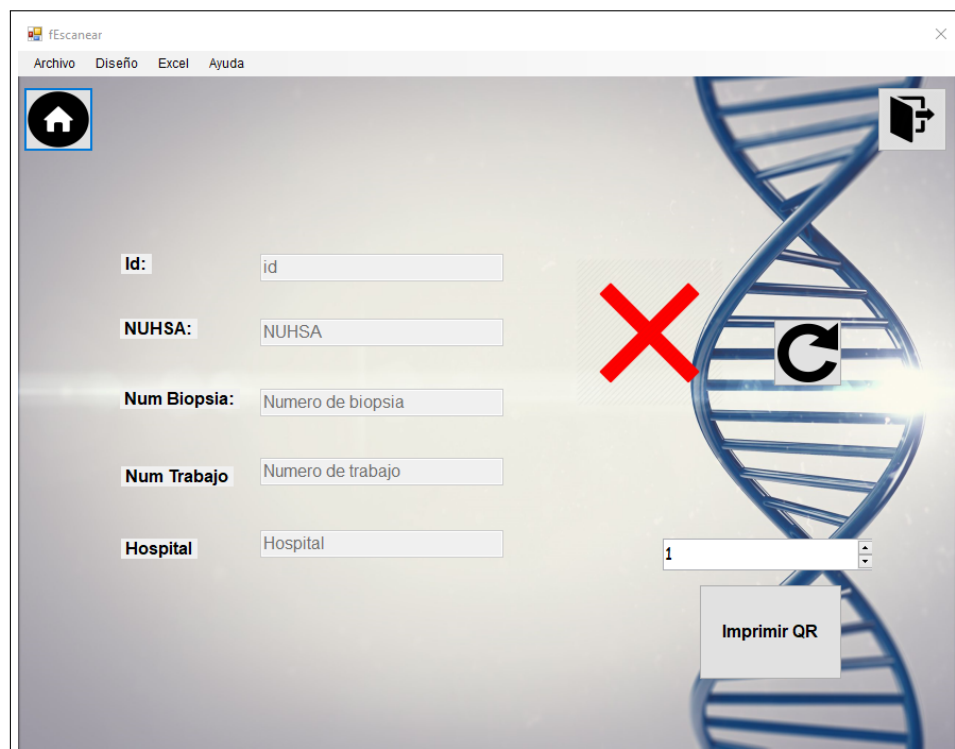


Figura 3.16: Captura de la pantalla de la página de escáner.

Tras realizar el escaneo, es posible imprimir etiquetas con microQR para tubos de ensayo referentes a dicha muestra. Para ello debemos indicar el número de copias y seleccionar el botón **[Imprimir microQR]**. Si tras acceder a la pantalla la aplicación no ha detectado el lector, podemos pulsar el botón de recargar para que se vuelva a intentar establecer la conexión.

La siguiente pantalla a describir es la pantalla de gestión de muestras (Fig 3.17). Desde esta pantalla tendremos acceso a la administración de las muestras. Antes de acceder a ella es necesario que se establezca, a través de la pestaña *Excel* presente en la barra de menú, si la información procede exclusivamente de la base de datos de iQR-Sample o si se desea vincular con un archivo Excel. Si la opción deseada es la primera, se visualizará las muestras procedentes de la base de datos. Si la opción es la segunda los datos mostrados procederán del Excel vinculado. En este último caso, la información entre ambas fuentes diferiría. Para solucionar esto se ha incluido el botón **[Sincronizar BD]** accesible únicamente para el usuario administrador, en el cual se ha establecido que la fuente de información lícita es la procedente del archivo Excel. Por lo tanto, la funcionalidad de este botón reside en importar la información del Excel a la base de datos de iQR-Sample. Además, se ha incluido la opción *Imagen QR* que permite adjuntar una columna al final del Excel que incorpora en cada fila la imagen del microQR asociada a la muestra de dicha fila. Para manifestar al usuario que los datos se encuentran sincronizados o no un mensaje será mostrado cuando se acceda a la pantalla en el caso de que la información sea distinta.

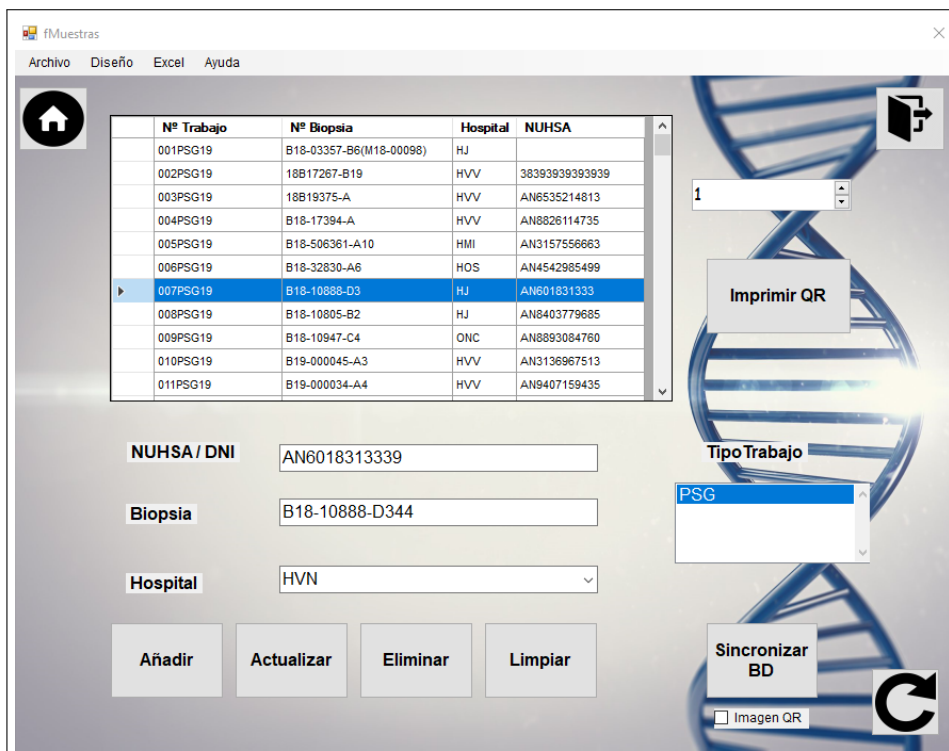


Figura 3.17: Captura de la pantalla de la página de gestión de muestras.

Para insertar una muestra únicamente debemos rellenar los campos con la información referente a la muestra y seleccionar el botón **[Añadir]**; de esta forma la muestra se incluye en la base de datos de iQR-Sample. En el caso de que en la base de datos ya existiera una muestra con el mismo NUHSA y número de biopsia se mostrará un mensaje de error. Si existe la

vinculación con el archivo Excel, la muestra, junto con la imagen microQR asociada, serán insertados en una nueva fila de la hoja de cálculo. Lo mismo ocurre con la actualización y la eliminación. En ambos casos se verá modificada la base de datos iQR-Sample y el archivo Excel.

La vinculación del archivo Excel es posible gracias a la configuración establecida en la pestaña *Excel* de la barra de menú. Si dicha configuración no fuera exacta, ya sea porque no se ha actualizado la ruta del archivo o alguno de los otros parámetros necesarios como por ejemplo el nombre de la columna relativa al NUHSA fuera incorrecto, se mostrará un mensaje de error. Para solucionarlo accedemos de la siguiente forma a las opciones del Excel: **Excel** > **Opciones del Excel** (Fig 3.18). Actualizamos los campos requeridos y pulsamos **OK**. A continuación refrescamos la pantalla pulsando sobre el botón presente en la esquina inferior izquierda.

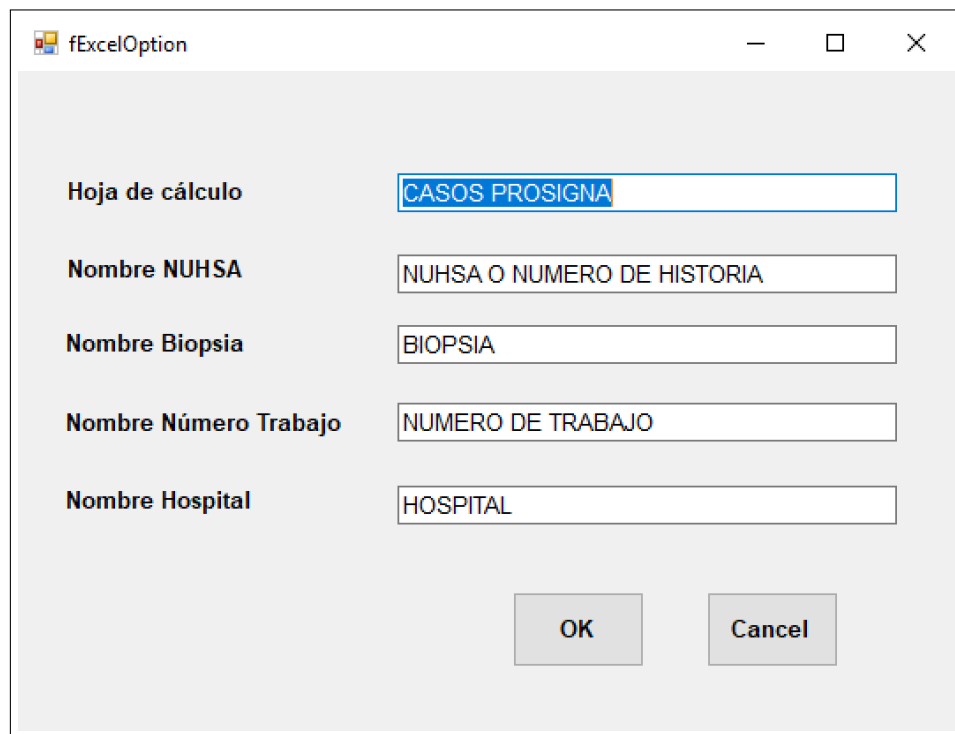
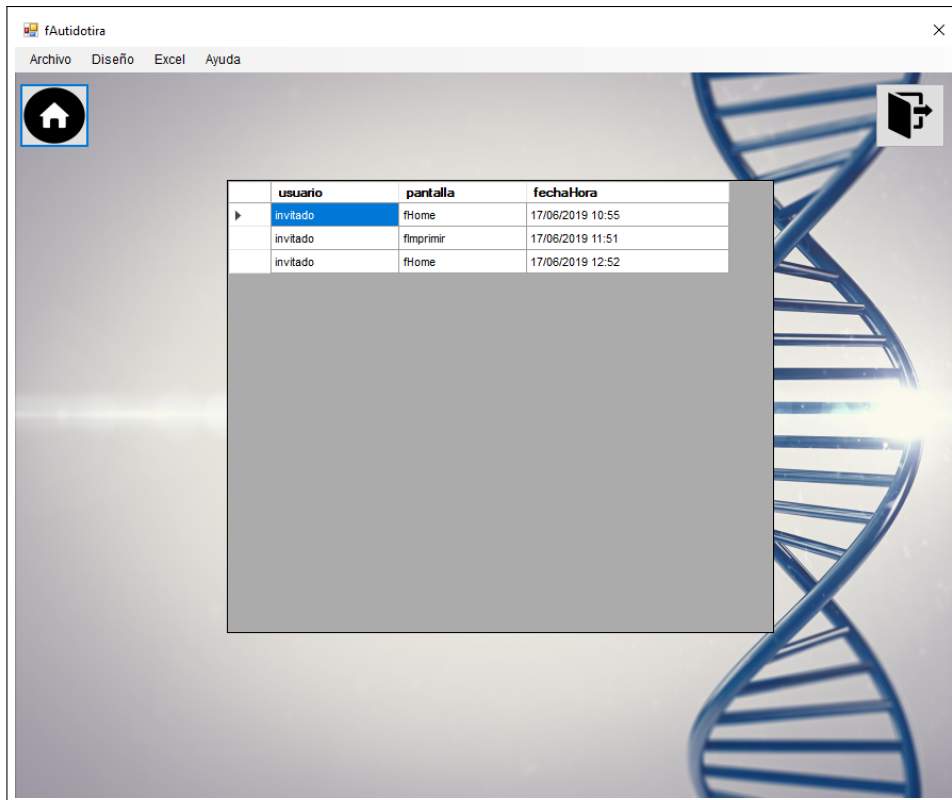


Figura 3.18: Captura de la pantalla de la ventana de opciones del Excel.

Con el objetivo de registrar la sesión se ha diseñado una pantalla destinada a la auditoría (Fig 3.19). Además, también se ha incluido un manual (Fig 3.20) que de soporte a la aplicación. En dicho manual se trata los siguientes temas:

- Imprimir un código microQR para tubos de ensayo.
- Imprimir un código microQR para informes.
- Guardar microQR en un archivo de imagen.
- Añadir, modificar o eliminar muestra.
- Escanear muestra.
- Configuración Excel.
- Sincronizar Excel con aplicación.



The screenshot shows the fAutidotira application window. The menu bar includes 'Archivo', 'Diseño', 'Excel', and 'Ayuda'. A home icon is in the top left, and a help icon is in the top right. The main content area displays a table with the following data:

| usuario | pantalla | fechaHora |
|----------|----------|------------------|
| invitado | fhome | 17/06/2019 10:55 |
| invitado | fmpimir | 17/06/2019 11:51 |
| invitado | fhome | 17/06/2019 12:52 |

Figura 3.19: Captura de la pantalla de la página de auditoría.

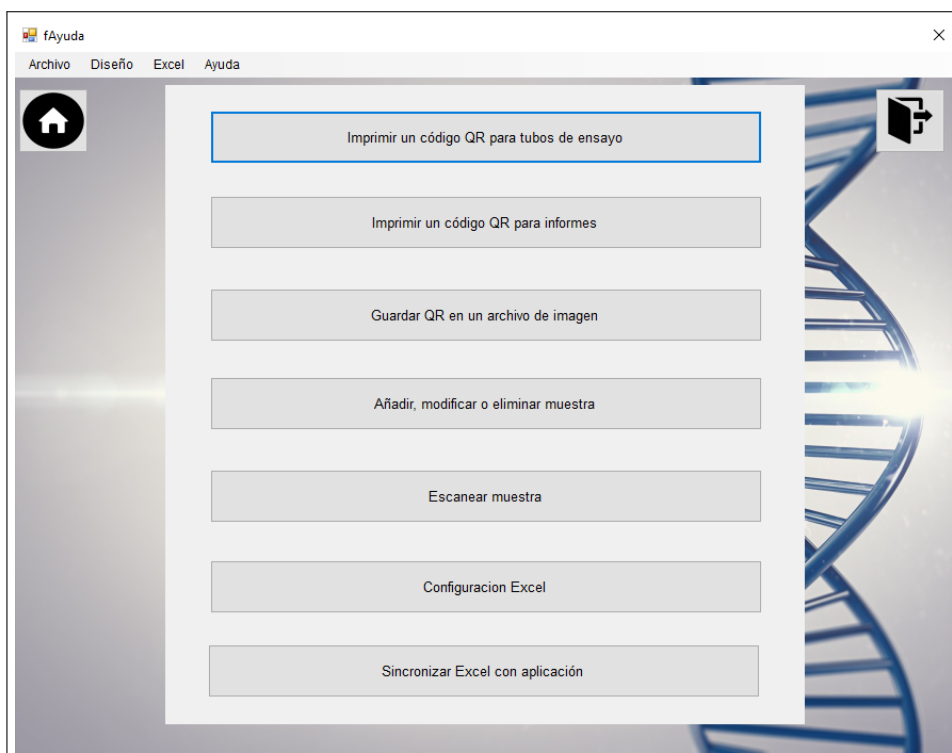


Figura 3.20: Captura de la pantalla de la página de ayuda.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

En este capítulo se pretende describir el resultado generado así como la repercusión que ha supuesto la implantación de la aplicación en el laboratorio. Además, se determinará si la metodología satisface los objetivos y requisitos planteados al comienzo del proyecto.

Como resultado se ha conseguido desarrollar una herramienta software en forma de aplicación de escritorio que permitirá a los técnicos de laboratorio emplear un protocolo de etiquetado de muestras estandarizado y por lo tanto que permita una identificación de las muestras más eficiente. Igualmente, esta aplicación permitirá importar los datos almacenados en un archivo Excel y que este quede conectado a la aplicación de forma que la inserción de muestras quede registrada tanto en la aplicación como en el archivo vinculado.

Tras las diversas reuniones que se ha mantenido con el cliente se ha conseguido satisfacer la mayor parte de los requisitos solicitados. Es necesario explicar que en la primera reunión, realizada con el objetivo de formalizar el anteproyecto, la ambición del proyecto era mayor. En una primera instancia, se había considerado la posibilidad de asociar la aplicación con Galén [11]; lo que hubiera supuesto una integración completa de la información de Prosigna con el sistema de información clínico. En dicho documento también se había recogido la posibilidad de visualizar los datos obtenidos por el nCounter nanostring. Sin embargo, dicho dispositivo no permite la obtención de los datos de secuenciación generados, ya que cuenta con un sistema cerrado que deriva dichos datos únicamente al distribuidor para que sea el único que pueda realizar el Test Prosigna. Ante tal situación, se estableció incrementar la capacidad de funcionamiento de la aplicación de escritorio iQR-Sample para que pudiera vincularse con un archivo Excel. Además, al tratarse de un proyecto real es necesario tener cuenta que los requisitos del cliente han cambiado durante el transcurso del desarrollo de la herramienta; lo que ha significado reorientar en ocasiones el flujo de trabajo de la aplicación.

El día 28 de mayo se realizó la instalación y despliegue de la aplicación en el ordenador del laboratorio en el CIMES. También se llevó a cabo un pequeño curso acerca del uso de iQR-Sample. Tras 3 semanas se ha acudido nuevamente al laboratorio con el objetivo de examinar el funcionamiento de la aplicación. De forma satisfactoria, se ha observado que efectivamente la aplicación está siendo empleada por parte de los técnicos. En la Figura 4.1 se observa que el sistema de etiquetado que ofrece iQR-Sample está siendo utilizado. Se contempla un contenedor de tubos Eppendorf donde cohabitan 3 tubos etiquetados siguiendo el protocolo propuesto con microQR y uno empleando la etiquetación tradicional. Durante la visita, se ha facilitado a la unidad un enlace a una encuesta online que persigue analizar el uso de la aplicación en busca de posibles mejoras. La encuesta se ha creado a través de *Formularios de Google*¹ y las preguntas realizadas se encuentran explicadas en el anexo. Los

¹En la siguiente página encontrará la información relativa a dicha encuesta: <https://www.google.es/intl/es/>

5 técnicos de laboratorio integrantes de la unidad han realizado la encuesta. Los resultados se pueden resumir en las siguientes oraciones:

- El 60 % ha respondido que el nivel de complejidad de uso de la aplicación es muy bajo y el restante 40 % la han calificado como bajo.
- De la misma forma, el 60 % ha indicado que alguna vez la aplicación se ha quedado sin responder, mientras que el otro 40 % indica que nunca se han visto en esta situación.
- El 100 % están de acuerdo en que la identificación de las muestras ha mejorado gracias al uso del microQR.
- Nuevamente encontramos una separación en 60 % y 40 % ante la pregunta de si supone una tarea extra el uso de la aplicación. El primer grupo indica que no mientras que el segundo responde que sí.
- Todos coinciden en que el manual disponible en la aplicación ha sido de mucha ayuda.
- Respecto al cual es la función que resulta más complicada encontramos los siguientes resultados: el 60 % indica que sincronizar los datos con un archivo Excel, mientras que el 40 % no destaca ninguna
- Finalmente, solo hay una persona que añadiría una funcionalidad a la aplicación. Dicha extensión se habla en el siguiente capítulo como futuro de trabajo y se trata de la integración de la aplicación con Galén [11].

Podemos resumir que los resultados de la encuesta han generado una retroalimentación positiva, lo que queda traducido en un proyecto software con las siguientes características:

- **Usabilidad:** sencillo de aprender.
- **Fiabilidad:** manejo eficiente de excepciones.
- **Interoperabilidad:** capacidad para el intercambio de información con otras aplicaciones.
- **Extensibilidad:** es relativamente fácil aumentar la funcionalidad de la aplicación. El diseño en capas con el MVC afecta satisfactoriamente a esta característica.
- **Modularidad:** las unidades se encuentran bien diferenciadas.
- **Escalabilidad:** la idea del proyecto puede crecer.



Figura 4.1: Imagen de un contenedor de tubos Eppendorf tomada en el Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer en el CIMES. Se observan 4 tubos Eppendorf: 1 de ellos siguiendo el modelo de etiquetación tradicional y 3 de ellos empleando la aplicación iQR-Sample.

Para identificar la aplicación se ha diseñado un logotipo (Fig 4.2). Además, el proyecto se encuentra disponible en el repositorio de GitHub. Para su adquisición es necesario enviar un mensaje al siguiente usuario: <https://github.com/JuanluOnieva>, y a continuación se facilitará el acceso al proyecto.



Figura 4.2: Logotipo iQR-Sample.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

En el último capítulo se pretende concluir con una discusión sobre los resultados obtenidos además de una propuesta a trabajos de futuro. Este Trabajo de Fin de Grado ha sido el comienzo de un proyecto donde se pretendía:

1. Diseñar un protocolo estandarizado de etiquetación de muestras.
2. Incrementar la trazabilidad de la muestra.
3. Incentivar el despliegue de un sistema informatizado que recoja e integre la información obtenida en el Laboratorio de Biología Molecular del Cáncer.

Los objetivos enumerados han sido cumplidos, y por lo tanto se ha conseguido desplegar la herramienta en la unidad de laboratorio. Los dos primeros se centraban en la estandarización de un protocolo que sustituya el método tradicional de etiquetación a mano de las muestras, lo que en ocasiones reduce la capacidad de información que se puede almacenar en la etiqueta. La propuesta realizada con iQR-Sample ha conseguido formalizar la etiquetación a través del uso del microQR. Por otro lado, el último objetivo abarca un proyecto de mayor magnitud. Actualmente, no todos los datos obtenidos en el laboratorio quedan fácilmente disponibles para los investigadores de la unidad. El entorno de trabajo al que un técnico de laboratorio se ve sometido no facilita añadir tareas extras que impliquen aprender tecnologías con una gran curva de aprendizaje. Por ello, con iQR-Sample se ambiciona dotar al laboratorio de una herramienta útil, que permita al usuario a familiarizarse con otras aplicaciones distintas a las empleadas, pero que no suponga una dificultad añadida. Además, que se encuentre vinculada de alguna forma al modo de trabajo que realizan de forma habitual. En nuestro caso, el ejemplo de este requisito lo encontramos en la vinculación con el Excel, ya que es la herramienta que suplía la función de nuestra aplicación.

Como futuro trabajo queda pendiente la incorporación de la aplicación con Galén [11]. La integración de la información obtenida en los laboratorios junto con los datos clínicos del Hospital conforman una fuente de información de gran relevancia para los investigadores. Galén es un sistema desplegado en el Hospital Virgen de la Victoria que permite dotar al clínico e investigador de un acceso fácil a la Historia Clínica del paciente. La incorporación de los datos obtenidos en el laboratorio a dicha historia clínica permitiría impulsar la medicina traslacional.

Para concluir este trabajo me gustaría recapitular el aprendizaje que me ha supuesto su realización. En primer lugar el aprendizaje en profundidad de una nueva tecnología como es .NET, la cual posee un gran potencial tal y como se ha descrito en capítulos anteriores.

Por otro lado, la realización de un proyecto software real con lo que ello supone: reuniones, cambio de objetivos, presentación a la unidad, despliegue en el entorno de trabajo... Este proyecto me ha permitido entender cómo es la forma de trabajo en un laboratorio y descubrir aquellas necesidades que aún se deben satisfacer.

ANEXO A

CASOS DE USO

En este anexo se pretende describir los casos de uso expuestos en la sección 2.2.

| Caso de uso RF1 | |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF1. El usuario puede iniciar sesión. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede iniciar sesión. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario se encuentra dado de alta en el sistema. |
| <i>Post-condición</i> | Un usuario ha iniciado sesión en el sistema. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | Administrador: un usuario no administrador no puede tener acceso a los permisos del administrador. |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del inicio de sesión. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Entrada en el sistema como usuario no administrador. ■ Tener acceso a las acciones del sistema reservadas a usuarios no administradores: administración de muestras, impresión de etiquetas microQR y escaneo de etiquetas microQR. |
| <i>Escenario principal</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario accede a la aplicación de escritorio del sistema. 2. El sistema muestra la pantalla de inicio de sesión. 3. El usuario introduce nombre de usuario y contraseña. 4. El sistema valida el usuario y la contraseña. 5. El sistema muestra la página principal. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 4a. La contraseña o usuario no son válidos. <ol style="list-style-type: none"> 4a1. El sistema muestra un mensaje en pantalla indicando que el usuario o la contraseña no son correctos. 4a2. El sistema vuelve a la pantalla de inicio de sesión. |

Tabla A.1: Caso de uso RF1.

| Caso de uso RF2 | |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF2. El usuario puede cerrar sesión. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede cerrar sesión en la aplicación desde cualquier pantalla. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión y se encuentra en alguna de las pantallas de la aplicación. |
| <i>Post-condición</i> | La aplicación retorna a la pantalla de inicio de sesión. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Una retroalimentación (positiva o negativa) de cierre de sesión. ▪ Se almacena una entrada en el registro de intento de salida del sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ El sistema muestra un mensaje de cierre de sesión. ▪ El sistema vuelve a la página de inicio de sesión. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. Partimos de que el usuario ha iniciado sesión y se encuentra dentro del sistema en cualquier pantalla.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción de cerrar sesión. 2. El sistema restablece la información del usuario. 3. El sistema muestra la página de inicio de sesión. |
| <i>Extensiones</i> | |

Tabla A.2: Caso de uso RF2.

| Caso de uso RF3 | |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF3. El usuario puede visualizar la lista de muestras de la base de datos. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede visualizar la lista de muestras de la base de datos. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión, la pestaña de <i>Carga de datos del Excel</i> se encuentra desactivada. |
| <i>Post-condición</i> | Los datos de la base de datos son mostrados en pantalla. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del éxito de recuperar las muestras de la base de datos. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Mostrar en una tabla las muestras de la base de datos. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario se encuentra en la pantalla de la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Gestión de muestras. 2. El sistema recupera las muestras de la base de datos. 3. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras con la lista de muestras de la base de datos. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 2a. La pestaña de <i>Carga de datos del Excel</i> se encuentra activada y la configuración es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 2a1. El sistema informa que los datos mostrados pertenecen a un archivo Excel. 2a2. El sistema intenta conectarse al archivo Excel configurado. 2a3. El sistema recupera las muestras del archivo Excel. 2a4. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras con la lista de muestras del archivo Excel. 2b. La pestaña de <i>Carga de datos del Excel</i> se encuentra activada y la configuración es incorrecta. <ol style="list-style-type: none"> 2a1. El sistema informa que los datos mostrados pertenecen a un archivo Excel. 2a2. El sistema intenta conectarse al archivo Excel configurado. 2a3. El sistema muestra un mensaje de error de vinculación con archivo Excel. 2a4. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras con la lista vacía. |

Tabla A.3: Caso de uso RF3.

| Caso de uso RF4 | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF4. El usuario puede editar la configuración de un archivo Excel. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede cambiar la configuración del archivo Excel con el que se desea vincular la aplicación. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión, la pestaña de <i>Carga de datos del Excel</i> se encuentra activada. |
| <i>Post-condición</i> | El archivo de configuración <i>.json</i> es actualizado con los nuevos parámetros de configuración del Excel. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del éxito de cambiar la configuración del archivo Excel. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Cambio del archivo <i>.json</i> que contiene los parámetros de configuración del archivo Excel. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario se encuentra en la pantalla de la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la configuración del archivo Excel. 2. El sistema muestra la pantalla de configuración del archivo Excel. 3. El usuario modifica los parámetros correspondientes al nuevo archivo Excel. 4. El sistema actualiza los cambios en el archivo de configuración <i>.json</i>. |
| <i>Extensiones</i> | |

Tabla A.4: Caso de uso RF4.

| Caso de uso RF5 | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF5. El usuario puede visualizar la lista de muestras de un archivo Excel. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede visualizar la lista de muestras de un archivo Excel. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión, la pestaña de <i>Carga de datos del Excel</i> se encuentra activada y el usuario ha verificado la configuración del archivo Excel. |
| <i>Post-condición</i> | Los datos del archivo Excel son mostrados en pantalla. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del éxito de recuperar las muestras del archivo Excel. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Mostrar en una tabla las muestras del archivo Excel. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario se encuentra en la pantalla de la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Gestión de muestras. 2. El sistema valida que la configuración con el archivo Excel es correcta. 3. El sistema accede al archivo Excel. 4. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras con la lista de muestras. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1a. La pestaña de <i>Carga de datos del Excel</i> se encuentra desactivada. <ol style="list-style-type: none"> 1a1. El sistema informa que los datos mostrados pertenecen a la base de datos. 1a2. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras con la lista de muestras de la base de datos. 2b. La configuración del archivo Excel no es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 2b1. El sistema informa que la configuración del archivo no es correcta. 2b2. El sistema muestra la página de Gestión de muestras con una lista vacía de muestras. |

Tabla A.5: Caso de uso RF5.

| Caso de uso RF6 | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF6. El usuario puede añadir una nueva muestra. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede añadir una nueva muestra en el sistema. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión. |
| <i>Post-condición</i> | Una nueva muestra ha sido incluida en la base de datos. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del estado de la muestra. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una nueva muestra ha sido añadida a la base de datos. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario se encuentra en la pantalla de la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Gestión de muestras. 2. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras con la lista de muestras. 3. El usuario rellena los campos correspondientes con la información de la muestra. 4. El usuario pulsa la opción de <i>Añadir</i>. 5. El sistema valida los datos. 6. La muestra se añade a la base de datos. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 5a. Los datos no son válidos. <ol style="list-style-type: none"> 5a1. El sistema muestra un mensaje de error en pantalla indicando que los datos no son correctos. 5b2. El sistema limpia los campos de texto. 7a. La opción de Conexión con el Excel se encuentra activa y la configuración es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 7a1. El sistema se vincula con el Excel. 7a2. El sistema añade la muestra al Excel. 7a3. El sistema añade una imagen del microQR de la muestra al Excel. 7b. La opción de Conexión con el Excel se encuentra activa y la configuración no es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 7b1. El sistema intenta vincularse con el Excel. 7b2. El sistema informa que la configuración no es correcta. 7b3. La muestra no se añade al Excel. |

Tabla A.6: Caso de uso RF6.

| Caso de uso RF7 | |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF7. El usuario puede actualizar una muestra. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede actualizar una muestra en el sistema. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión. |
| <i>Post-condición</i> | Una muestra ha sido actualizada en la base de datos. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del estado de la muestra. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una muestra se ha actualizado en la aplicación. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario se encuentra en la pantalla de la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Gestión de muestras. 2. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras con la lista de muestras. 3. El usuario selecciona la muestra que desea actualizar. 4. El usuario rellena los campos correspondientes con la información actualizada de la muestra. 5. El usuario pulsa la opción de <i>Actualizar</i>. 6. El sistema valida los datos. 7. La muestra se actualiza en la base de datos. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 6a. Los datos no son válidos. <ol style="list-style-type: none"> 6a1. El sistema muestra un mensaje de error en pantalla indicando que los datos no son correctos. 6a2. El sistema limpia los campos de texto. 7a. La opción de Conexión con el Excel se encuentra activa y la configuración es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 7a1. El sistema se vincula con el Excel. 7a2. El sistema modifica la muestra en el Excel. 7a3. El sistema añade una imagen del microQR de la muestra al Excel. 7b. La opción de Conexión con el Excel se encuentra activa y la configuración no es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 7b1. El sistema intenta vincularse con el Excel. 7b2. El sistema informa que la configuración no es correcta. 7b3. La muestra no se actualiza en el Excel. |

Tabla A.7: Caso de uso RF7.

| Caso de uso RF8 | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF8. El usuario puede eliminar una muestra. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede eliminar una muestra en el sistema. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión. |
| <i>Post-condición</i> | Una muestra ha sido eliminada en la base de datos. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del estado de la muestra. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una muestra se ha eliminado en la aplicación. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario se encuentra en la pantalla de la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Gestión de muestras. 2. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras con la lista de muestras. 3. El usuario selecciona la muestra que desea eliminar. 4. El usuario rellena los campos correspondientes con la información actualizada de la muestra. 5. El usuario pulsa la opción de <i>Eliminar</i>. 6. La muestra se elimina en la base de datos. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 6a. La opción de Conexión con el Excel se encuentra activa y la configuración es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 6a1. El sistema se vincula con el Excel. 6a2. El sistema elimina la muestra en el Excel. 6b. La opción de Conexión con el Excel se encuentra activa y la configuración no es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 6b1. El sistema intenta vincularse con el Excel. 6b2. El sistema informa que la configuración no es correcta. 6b3. La muestra no se elimina en el Excel. |

Tabla A.8: Caso de uso RF8.

| Caso de uso RF9 | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF9. El usuario puede añadir una muestra a la cola de impresión de etiquetas. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede añadir una muestra a la cola de impresión de etiquetas. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión. |
| <i>Post-condición</i> | Una nueva impresión se ha añadido a la cola de impresión. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del intento de añadir la etiqueta a cola de impresión. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ El diseño de la etiqueta se ha incluido en la cola de impresión. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario se encuentra en la pantalla de la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Impresión. 2. El sistema muestra la pantalla de Impresión con la lista de muestras. 3. El usuario selecciona la muestra que desea imprimir. 4. El usuario selecciona el número de copias. 5. El usuario pulsa la opción de <i>Añadir</i>. 6. La sistema añade la muestra a la cola de impresión de etiquetas. |
| <i>Extensiones</i> | |

Tabla A.9: Caso de uso RF9.

| Caso de uso RF10 | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF10. El usuario puede imprimir una colección de etiquetas para tubos de ensayo. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede imprimir una colección de etiquetas para tubos de ensayo. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión y ha incluido las muestras a imprimir en la cola de impresión junto con el número de copias. |
| <i>Post-condición</i> | La impresora imprime los diseños de la cola de impresión. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del estado de la impresión. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ La impresora imprime las etiquetas de la colección. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario ha generado una cola de impresión.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de <i>Imprimir etiquetas para tubos de ensayo</i>. 2. El sistema genera el diseño con microQR para cada una de las muestras. 3. El sistema manda a imprimir cada etiqueta a la impresora Brother. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 3a. La impresora Brother no se encuentra conectada. <ol style="list-style-type: none"> 3a1. El sistema deja en la cola de impresión del ordenador la colección de diseños a imprimir. |

Tabla A.10: Caso de uso RF10.

| Caso de uso RF11 | |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF11. El usuario puede imprimir una colección de etiquetas para informes. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede imprimir una colección de etiquetas para informes. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión y ha incluido las muestras a imprimir en la cola de impresión junto con el número de copias. |
| <i>Post-condición</i> | La impresora imprime los diseños de la cola de impresión. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Una retroalimentación (positiva o negativa) del estado de la impresión. ■ Se almacena una entrada en el registro de intento de acceso al sistema. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ La impresora imprime las etiquetas de la colección. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario ha generado una cola de impresión.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de <i>Imprimir etiquetas para informes</i>. 2. El sistema muestra una pantalla para indicar la posición donde comenzar la impresión. 3. El usuario indica la posición donde comenzar la impresión. 4. El sistema genera el diseño con microQR para cada una de las muestras. 5. El sistema muestra una pantalla para seleccionar la impresora. 6. El usuario selecciona la impresora deseada. 7. El sistema manda a imprimir cada etiqueta a la impresora seleccionada. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 7a. La impresora seleccionada no se encuentra conectada. <ol style="list-style-type: none"> 7a1. El sistema deja en la cola de impresión del ordenador la colección de diseños a imprimir. |

Tabla A.11: Caso de uso RF11.

| Caso de uso RF12 | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF12. El usuario puede modificar el diseño de las etiquetas. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede modificar el diseño de las etiquetas. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión. |
| <i>Post-condición</i> | La estrategia de diseño ha cambiado. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | Una retroalimentación (positiva o negativa) del estado del diseño. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La plantilla que se emplea en la impresión es actualizada. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario se encuentra en cualquier pantalla.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de <i>Diseño</i>. 2. El usuario selecciona el diseño para las etiquetas. 3. El sistema actualiza la plantilla empleada para el diseño de etiquetas. |
| <i>Extensiones</i> | |

Tabla A.12: Caso de uso RF12.

| Caso de uso RF13 | |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF13. El usuario puede descargar la imagen microQR de una muestra. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede descargar la imagen microQR de una muestra. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión. |
| <i>Post-condición</i> | El sistema almacena una imagen microQR de la muestra en el ordenador. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | Una retroalimentación (positiva o negativa) de la descarga de la imagen. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ La imagen se almacena en la ruta seleccionada. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario ha iniciado sesión y se encuentra en la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Impresión. 2. El sistema muestra la pantalla de Impresión con la lista de muestras. 3. El usuario selecciona la muestra que desea obtener la imagen microQR. 4. El usuario pulsa la opción de <i>Guardar imagen microQR</i>. 5. El sistema genera el diseño con microQR para la muestra seleccionada. 6. El usuario indica la ruta y nombre del archivo. 7. El sistema genera la imagen y la almacena en la ruta indicada. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 6a. La ruta o el nombre no es correcto. <ol style="list-style-type: none"> 6a1. El sistema muestra un mensaje de error. 6a2. El sistema muestra la pantalla de Impresión con la lista de muestras. |

Tabla A.13: Caso de uso RF13.

| Caso de uso RF14 | |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF14. El usuario puede escanear un código microQR. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede escanear un código microQR. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión y tiene a su disposición una etiqueta con un código microQR. |
| <i>Post-condición</i> | El sistema identifica la muestra. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | Una retroalimentación (positiva o negativa) de la identificación del código. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ La muestra es identificada. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario ha iniciado sesión y se encuentra en la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Escáner. 2. El sistema muestra la pantalla de Escáner. 3. El sistema se conecta al lector de mano. 4. El usuario escanea el microQR. 5. El sistema captura la información recogida por el lector de mano. 6. El sistema identifica la muestra asociada al código escaneado. 7. El sistema rellena los campos de información con la muestra identificada. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 3a. El escáner no se encuentra conectado. <ol style="list-style-type: none"> 3a1. El sistema muestra un mensaje de error. 3a2. El sistema muestra la pantalla de Escáner con un indicativo de desconexión del escáner. 6a. El código no se corresponde con ninguna muestra. <ol style="list-style-type: none"> 6a1. El sistema muestra un mensaje de error de identificación de muestra. 6a2. El sistema muestra la pantalla de Escáner. |

Tabla A.14: Caso de uso RF14.

| Caso de uso RF15 | |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF15. El usuario puede acceder a la auditoría. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede acceder a la auditoría. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión. |
| <i>Post-condición</i> | El sistema lista la auditoría. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | Una retroalimentación (positiva o negativa) de acceso a la auditoría. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Se muestra una lista con la auditoría. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario ha iniciado sesión y se encuentra en la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Auditoría. 2. El sistema muestra la pantalla de auditoría con la lista de los registros. |
| <i>Extensiones</i> | |

Tabla A.15: Caso de uso RF15.

| Caso de uso RF16 | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF16. El usuario puede acceder al manual de ayuda. |
| <i>Descripción</i> | El usuario de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede acceder al manual de ayuda. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión. |
| <i>Post-condición</i> | El usuario tiene acceso al manual de ayuda. |
| <i>Actor principal</i> | Usuario técnico, médico o administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | Una retroalimentación (positiva o negativa) de acceso al manual de ayuda. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Se muestra el manual de ayuda. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario ha iniciado sesión y se encuentra en cualquier página.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de manual de ayuda. 2. El sistema muestra la pantalla de manual de ayuda. |
| <i>Extensiones</i> | |

Tabla A.16: Caso de uso RF16.

| Caso de uso RF17 | |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF17. El usuario administrador puede sincronizar la base de datos con un Excel. |
| <i>Descripción</i> | El usuario administrador de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede sincronizar la base de datos con la información de un Excel. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión como administrador, tiene a su disposición un archivo Excel con información de las muestras y se ha establecido la configuración en el sistema. |
| <i>Post-condición</i> | Los datos de la base de datos y del archivo Excel son sincronizados. |
| <i>Actor principal</i> | Administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | Una retroalimentación (positiva o negativa) de la sincronización. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ▪ La base de datos es sincronizada con la información del Excel. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario ha iniciado sesión y se encuentra en la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Gestión de muestras. 2. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras. 3. El usuario pulsa la opción de <i>Sincronizar</i>. 4. El sistema se conecta con el archivo Excel. 5. El sistema importa la información del Excel a la base de datos. |
| <i>Extensiones</i> | <ol style="list-style-type: none"> 3a. El usuario pulsa la opción de Incluir microQR. <ol style="list-style-type: none"> 3a1. El sistema se conecta con el archivo Excel. 3a2. El sistema importa la información del Excel a la base de datos. 3a3. El sistema incorpora una imagen microQR en cada fila del Excel. 4a. La configuración con el Excel no es correcta. <ol style="list-style-type: none"> 4a1. El sistema muestra un mensaje de error de vinculación con el archivo Excel. 4a2. El sistema muestra la pantalla de Gestión de muestras. |

Tabla A.17: Caso de uso RF17.

| Caso de uso RF18 | |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Requisito Funcional</i> | RF18. El usuario administrador puede resetear la auditoría. |
| <i>Descripción</i> | El usuario administrador de la aplicación de escritorio perteneciente al Laboratorio de Biología Molecular del CIMES puede resetear la auditoría. |
| <i>Pre-condición</i> | El usuario ha iniciado sesión como administrador. |
| <i>Post-condición</i> | La auditoría queda reseteada. |
| <i>Actor principal</i> | Administrador. |
| <i>Participantes e intereses</i> | |
| <i>Garantía mínima</i> | Una retroalimentación (positiva o negativa) de reseteo de la auditoría. |
| <i>Garantía de éxito</i> | <ul style="list-style-type: none"> ■ La auditoría se resetea. |
| <i>Escenario principal</i> | <p>*. El usuario ha iniciado sesión y se encuentra en la página principal.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario pulsa la opción de acceder a la pantalla de Auditoría. 2. El sistema muestra la pantalla de auditoría con la lista de los registros. 3. El usuario pulsa la opción de <i>Resetear</i>. 4. El sistema resetea la información de la auditoría. |
| <i>Extensiones</i> | |

Tabla A.18: Caso de uso RF18.

ANEXO B

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

A continuación se exponen los resultados obtenidos en la **Encuesta de satisfacción iQR-Sample**¹.

Nivel de complejidad de uso de la aplicación

5 respuestas

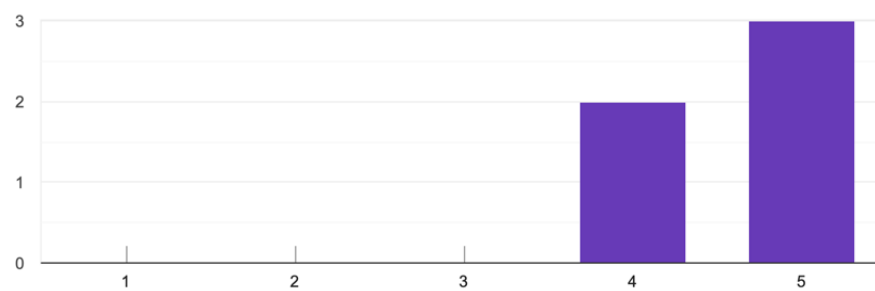


Figura B.1: Captura resultado de la pregunta n° 1 de la encuesta

¿Con qué frecuencia la aplicación no responde?

5 respuestas

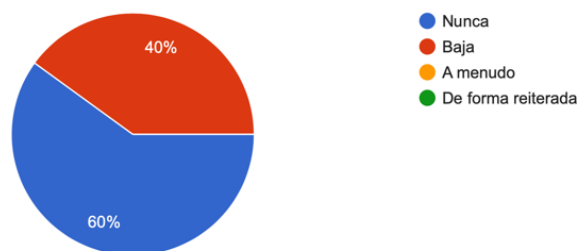


Figura B.2: Captura resultado de la pregunta n° 2 de la encuesta.

¹Se encuentra disponible en el siguiente enlace <https://forms.gle/vXK3W7NW2r5BBTPT8>

¿Cómo ha mejorado la identificación de muestras gracias al uso del QR en las etiquetas?

5 respuestas

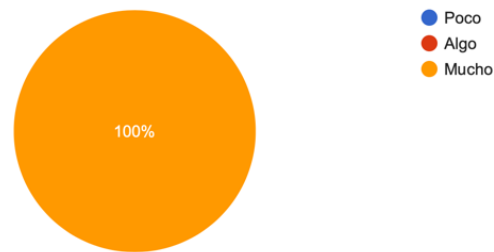


Figura B.3: Captura resultado de la pregunta nº 3 de la encuesta.

¿Le supone una tarea extra el uso de la aplicación respecto al método utilizado antes de la implantación de esta?

5 respuestas

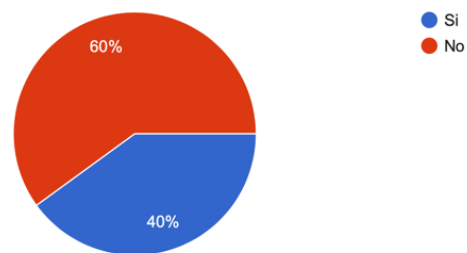


Figura B.4: Captura resultado de la pregunta nº 4 de la encuesta.

¿Le ha resultado de ayuda el Manual disponible en la aplicación?

5 respuestas

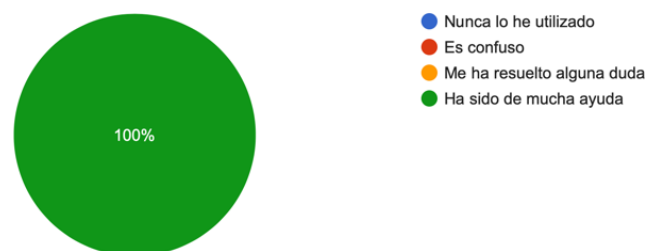


Figura B.5: Captura resultado de la pregunta nº 5 de la encuesta.

De las siguientes funcionalidades, ¿cuál de ellas le presenta mayor dificultad?

5 respuestas

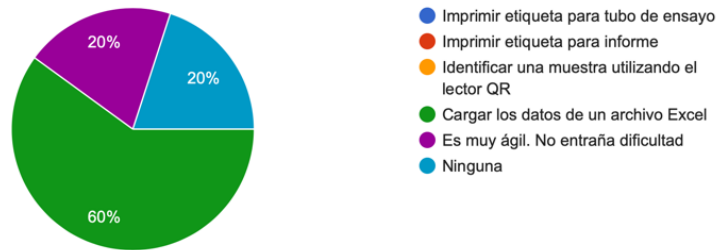


Figura B.6: Captura resultado de la pregunta nº 6 de la encuesta.

¿Qué otras funcionalidades añadiría a la aplicación?

3 respuestas

| |
|------------------------------------------------|
| Estar integrada en el sistema de Gestión Galen |
| Ninguna |
| Ninguna por el momento. |

Figura B.7: Captura resultado de la pregunta nº 7 de la encuesta.

ANEXO C

MANUAL DE INSTALACIÓN Y REQUISITOS DE SOFTWARE Y HARDWARE

Con este anexo se pretende dotar al lector de las instrucciones de instalación de iQR-Sample. Antes de ello, se va a proceder a enumerar los requisitos de software:

- Cliente Windows para las siguientes versiones: Windows 10, Windows 8.1, Windows 7, Windows Vista y Windows XP.
- SQL Server Express LocalDB 2014¹.
- Controladores para la impresora² y para el lector de mano³.

Como elementos hardware se requieren los siguientes:

- Impresora Brother QL-700.
- Lector de mano Zebra Symbol DS4308.

Para la instalación podemos descargar la carpeta «iQRSample» del repositorio de GitHub⁴, en donde podemos encontrar el archivo manifiesto y el archivo de programa *.exe*. Para la instalación debemos situar el programa en una carpeta libre de permisos de usuario y ejecutar cualquiera de los archivos. Una vez finalizado el proceso, la aplicación se ejecutará al abrir el archivo *.exe*. En el caso de que se desee instalar la aplicación desde el proyecto C# en Visual Studio se debe publicar la solución *iQRSample.UI* y seleccionar la carpeta donde almacenar el paquete de instalación. Todo esto es posible gracias a la herramienta ClickOnce que permite crear aplicaciones con interacción mínima del usuario.

Tras el cumplimiento de estos pasos ya tenemos instalada la aplicación. Si se desea, se puede emplear el icono, disponible también en GitHub, creado para la aplicación iQR-Sample.

¹El software se puede descargar en el siguiente enlace: <https://www.microsoft.com/es-es/download/details.aspx?id=42299>.

²El software se puede descargar en el siguiente enlace: <https://www.brother.co.jp/eng/dev/bpac/download/index.aspx>

³El software se puede descargar en el siguiente enlace: <https://www.zebra.com/us/en/support-downloads/software/developer-tools/scanner-sdk-for-windows.html>

⁴El repositorio se puede descargar en el siguiente enlace: <https://github.com/JuanluOnieva/TFG>

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Atlassian. *Trello*. 2019. URL: <https://trello.com>.
- [2] Philip S. Bernard. *Intrinsic Subtypes from the PAM50 Gene Expression Assay in a Population-Based Breast Cancer Survivor Cohort: Prognostication of Short- and Long-term Outcomes*. *Cancer Epidemiology, Biomarkers y Prevention*, 2017.
- [3] BIO-ITECH. *eLabInventory*. 2019. URL: <https://www.elabinventory.com>.
- [4] Brother. *QL-700*. 2019. URL: <https://www.brother.es/impresoras-etiquetas/ql-700>.
- [5] Pierre Carbonnelle. *PYPL PopularitY of Programming Language*. 2019. URL: <http://pypl.github.io/PYPL.html>.
- [6] Eun Yoon Cho. *NanoString nCounter® Approach in Breast Cancer: A Comparative Analysis with Quantitative Real-Time Polymerase Chain Reaction, In Situ Hybridization, and Immunohistochemistry*. *J Breast Cancer*, 2017.
- [7] Alistair Cockburn. *Writing Effective Use Cases*. Addison-Wesley Professional, 2000. ISBN: 0-201-70225.
- [8] Mauricio Diazgranados y Vicki A. Funk. *Utility of QR codes in biological collections*. *PhytoKeys*, 2013.
- [9] Real Academia Española. *Diccionario de la lengua española (23.ª ed.)* 2014.
- [10] Orlando Karam Frank Tsui y Barbara Bernal. *Essentials Of Software Engineering*. Jones y Barlett Learning, 2013. ISBN: 9781449691998.
- [11] *Galén: Sistema de Información para la gestión y coordinación de procesos en un servicio de Oncología*. *Revista eSalud*, 2010.
- [12] Erich Gamma. *Patrones de diseño: elementos de software orientado a objetos reutilizable*. Pearson Education, 2002. ISBN: 9788478290598.
- [13] Grady Booch Ivar Jacobson y James Rumbaugh. *El proceso unificado de desarrollo de software*. Pearson Educación, 2000. ISBN: 9788478290369.
- [14] Elisabeth Robson Kathy Sierra Bert Bates y Eric Freeman. *Head First Design Patterns*. O'Reilly Media, Inc., 2014. ISBN: 0596007124.
- [15] Larry J. Kricka. *Key question about the future of laboratory medicine in the next decade of the 21st century*. *Clinica Chimica Acta*, 2019.
- [16] Robert C. Martin. *Agile Software Development, Principles, Patterns, and Practices*. Prentice Hall, 2002. ISBN: 978-0135974445.
- [17] Microsoft. *Características de Visual Studio*. 2019. URL: <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/ide/advanced-feature-overview?view=vs-2019>.

- [18] Microsoft. *Documentación de SQL Server*. 2019. URL: <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/sql-server/sql-server-technical-documentation?view=sql-server-2017>.
- [19] Microsoft. *Entity Framework 6*. 2019. URL: <https://docs.microsoft.com/es-es/ef/ef6/>.
- [20] Microsoft. *Introducción a .NET Framework*. 2019. URL: <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/framework/get-started/>.
- [21] Microsoft. *Microsoft Excel*. 2019. URL: <https://products.office.com/es-es/excel>.
- [22] Microsoft. *Microsoft SQL Server 2014 Express*. 2019. URL: <https://www.microsoft.com/es-es/download/details.aspx?id=42299>.
- [23] Microsoft. *The Component Object Model*. 2019. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/desktop/com/the-component-object-model>.
- [24] Modul-Bio. *MBioLabel*. 2019. URL: <https://www.modul-bio.com/en/>.
- [25] Joel S. Parker. *Development and verification of the PAM50-based Prosigna breast cancer gene signature assay*. BMC Medical Genomics, 2015.
- [26] Manuel Torres Remon. *Desarrollo de aplicaciones con Visual C Sharp 2015*. Editorial Macro, 2017. ISBN: 978-84-267-2485-4.
- [27] Brady Laboratory Solutions. *BradyJet*. 2019. URL: <http://www.brady.eu>.
- [28] TubeWriter™. *TubeWriter™ 360*. 2019. URL: <https://tubewriter.com>.
- [29] Vassilya Uzun y Sami Bilgin. *Evaluation and implementation of QR Code Identity Tag system for Healthcare in Turkey*. Springerplus, 2016.
- [30] M Weske. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Chapter 1: Introduction*. Springer Science y Business Media, 2012. ISBN: 9783642286162.
- [31] Zebra. *ESCÁNER DE MANO SYMBOL DS4308*. 2019. URL: <https://www.zebra.com/es/es/products/scanners/general-purpose-scanners/handheld/ds4308.html>.

ÍNDICE TEMÁTICO

API, 23

Casos de uso, 11

CIMES, 1

COM, 16

ECC, 21

IDE, 15

Kanban, 5

medicina translacional, 3

Microsoft .NET, 16

Microsoft Excel, 17

Microsoft SQL Server, 17

MVC, 22

nanostring nCounter, 2

NUHSA, 19

ORM, 23

Patrón estrategia, 25

Prosigna, 2

PYPL, 17

Requisitos Funcionales, 9

Requisitos No Funcionales, 9

Scrumban, 5

SDK, 18

Srcum, 5

Visual Studio, 15

