



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS  
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO  
GESTIÓN FARMACÉUTICA DURANTE LA  
PANDEMIA DEL COVID-19

Autor: César Martín Cachero

Directora: Yolanda González Arechavala

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Gestión farmacéutica durante la pandemia del COVID-19  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2019/20 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido  
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.




Fdo.: César Martín Cachero

Fecha: 25/ 08/ 2020

Autorizada la entrega del proyecto

LA DIRECTORA DEL PROYECTO



Fdo.: Yolanda González Arechavala

Fecha: 26 / 08 / 2020



## **AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO**

### **1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.**

El autor D. César Martín Cachero DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Gestión farmacéutica durante la pandemia del COVID-19, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

### **2º. Objeto y fines de la cesión.**

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

### **3º. Condiciones de la cesión y acceso**

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

### **4º. Derechos del autor.**

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

### **5º. Deberes del autor.**

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

**6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 25 de Agosto de 2020

**ACEPTA**



Fdo. César Martín Cachero

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS  
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO  
GESTIÓN FARMACÉUTICA DURANTE LA  
PANDEMIA DEL COVID-19

Autor: César Martín Cachero

Directora: Yolanda González Arechavala

Madrid

# Agradecimientos

A mi familia, en especial a mis padres y a mi hermano por aguantar las malas caras y los enfados que han soportado durante todos estos años de carrera, por apoyarme siempre y animarme cuando peor iban las cosas.

A mi directora de proyecto, Yolanda González, por su ayuda y su inmensa paciencia en la realización de este proyecto durante este periodo tan difícil que hemos vivido todos.

A todos mis amigos de siempre, del colegio mayor, de la universidad y de este último año de intercambio por animarme en todo momento durante la realización del proyecto.

A la Universidad Pontificia de Comillas ICAI, a todos los profesores que he tenido durante estos años y a mis compañeros de clase durante todos los años del grado por ayudarme en mi formación académica y personal.

# GESTIÓN FARMACÉUTICA DURANTE LA PANDEMIA DEL COVID-19

**Autor: Martín Cachero, César.**

Directora: González Arechavala, Yolanda.

Entidad Colaboradora: ICAI.

## RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto pretende ser una solución de bajo coste para aumentar la seguridad en farmacias entre el personal y clientes debido a la pandemia derivada del Covid-19. Consta de dos partes: un control de aforo y un control de distancia a mostradores.

Durante el periodo de confinamiento que se ha vivido, uno de los sitios más frecuentados han sido las farmacias y este proyecto se ha realizado para poder aumentar la seguridad de los clientes y los empleados dentro de estas.

**Palabras clave:** Arduino, Sensores, Farmacia, Distancia.

### 1. Introducción

Hoy en día el sector farmacéutico tiene una gran importancia que se ha visto incrementada debido a la situación sanitaria actual. En 2019 surgió en China, concretamente en la región de Wuhan, un nuevo virus denominado COVID-19, que se extendió por todo el mundo. Esta situación ha llevado a que los gobiernos de los diferentes países afectados hayan tomado medidas excepcionales que nunca habían sido utilizadas. En España se declaró el estado de alarma [1] con el que se aprobaron medidas para la restricción de la libre circulación de personas [2]. Las farmacias, sin embargo, fueron más frecuentadas que nunca debido a su calificación como servicio esencial. Esto obligó a implementar medidas de urgencia para garantizar la seguridad de todas las personas en el interior de estos establecimientos.

### 2. Definición del proyecto

El Consejo General de Colegios Farmacéuticos publicó una guía [3] con las pautas que debían seguir las farmacias para adaptarse a la nueva normalidad. Algunas de estas medidas se centran en el distanciamiento social, por lo que el sistema desarrollado en este proyecto se centra en ayudar a cumplir estas medidas para poder aumentar la seguridad para clientes y empleados.

El Proyecto estará dividido en dos partes: Control de aforo y distancia a los mostradores.

El **control de aforo** se regula por medio de unos sensores de ultrasonidos que detectan cuando una persona sale o entra de la farmacia. Estos sensores no son capaces por sí solos de detectar cuando la persona que entra o sale es alguien de los empleados por lo que están conectados a un Arduino que a su vez está conectado a un ordenador. En este ordenador está instalado un programa que hemos desarrollado para que por medio de una comunicación serial envíe cuando alguien del personal entra o sale y reciba el aforo en tiempo real dentro del establecimiento.

La **distancia a los mostradores** está controlada por medio de otro sensor de ultrasonidos el cual cuando detecta que el cliente se encuentra a menos de 1 metro y medio, que es la



distancia mínima recomendada, enciende un led avisando que no se está respetando la distancia de seguridad.

### 3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

El **control de distancia** a mostradores trabaja de forma independiente y se sitúa en los puestos de venta al público para asegurar que se mantenga la distancia entre el cliente y el empleado de la farmacia. Para este subsistema se ha utilizado un sensor de ultrasonido HC-SR04 [4] alimentado a 5 V y que funciona a base de pulsos. Se utiliza también el Arduino nano 33 IoT [5] que trabaja a 3.3 V por lo que tendremos que disminuir la tensión para conectarlo con el sensor.

Para la correcta implementación del sistema desarrollado se tomarían medidas del mostrador en el que se instalaría. Para ayudar a mantener los 1.5 m necesarios se encenderá un led cuando el sensor esta distancia no sea respetada. El sensor estará conectado a los pines 9 y 10 del Arduino y el led estará conectado al pin 2 (ver ilustración 1).

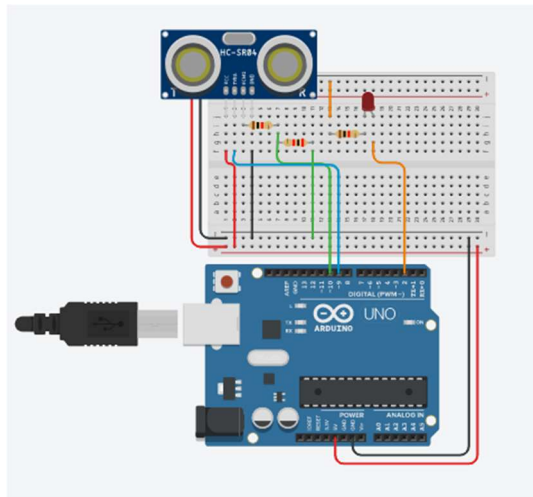
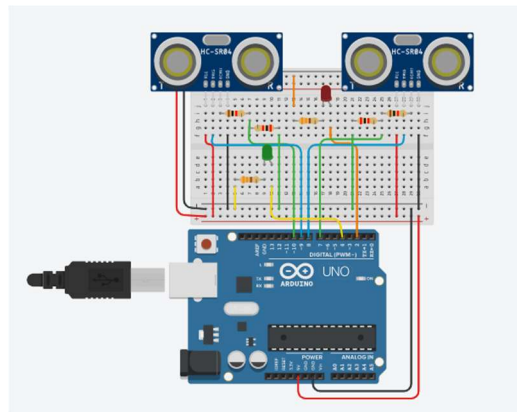


Ilustración 1: Esquema del conexionado del control de distancias

El **control de aforo** trabaja conectado a un ordenador y debe estar situado más cerca de la salida. Para este subsistema se han utilizado sensores de ultrasonido HC-SR04 alimentados a 5 V y que funcionan a base de pulsos. Se utiliza también el Arduino nano 33 IoT el cual trabaja a 3.3 V por lo que hay que disminuir la tensión para conectarlos con el sensor. También están conectados con una aplicación de escritorio desarrollada con visual studio 2019 en C#.

El programa detecta cuándo una persona pasa por delante del sensor y dependiendo si es el sensor de entrada o salida de clientes y actualiza el aforo actual de la farmacia. El Arduino también envía y recibe datos de una aplicación de escritorio instalada en el ordenador para asegurar que el aforo mostrado sea correcto y no se vea influido por la salida o entrada del personal de farmacia. El sistema también consta de dos leds, uno rojo y otro verde, que funcionarán a modo de semáforo regulando el tráfico de clientes cuando el aforo es igual o superior al máximo. Otra de las funcionalidades del sistema es que permite cortar el paso de clientes para desinfectar la farmacia en caso de que haya sospecha de que alguno de los clientes pueda tener Covid-19. Los sensores estarán conectados a los pines 7,8,9 y 10 del Arduino y los leds estarán conectados a los pines 2 y 4(ver ilustración 2).



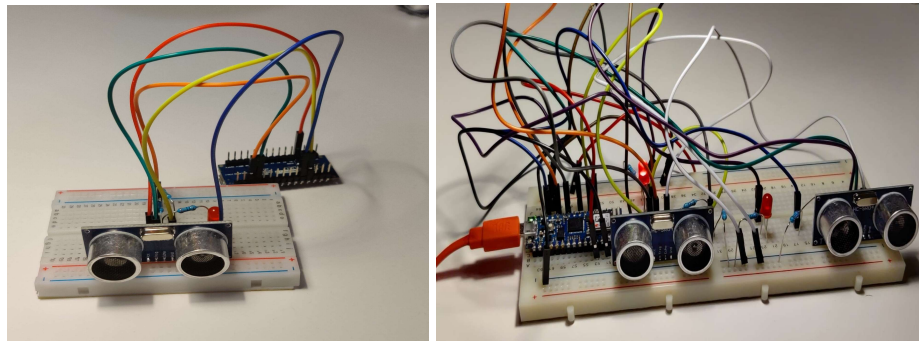
*Ilustración 2:Esquema del conexionado del control de aforo*

#### **4. Resultados**

El control de distancia ha sido diseñado para instalarlo en los mostradores asegurando así que entre el cliente y el personal de la farmacia se mantenga la distancia de seguridad de 1.5 metros emitiendo una alarma luminosa en caso de situarse a menos de esta distancia.

El control de aforo tiene como función principal indicar, mediante los leds rojo y verde, a los clientes si pueden entrar a la farmacia o por el contrario tienen que esperar fuera porque el aforo interno del establecimiento es el máximo y por tanto no se podría mantener la distancia de seguridad entre los clientes.

El control de distancia y aforo fueron programados y montados con éxito (ver ilustración 3).



*Ilustración 3: Montajes del control de distancia y de aforo*

El envío de datos entre el Arduino y la aplicación de escritorio se realiza por comunicación serial mediante un cable USB-microUSB. La aplicación fue implementada correctamente (ver ilustración 4) y la comunicación entre ambos dispositivos fue establecida con éxito.



*Ilustración 4: Captura de la aplicación mostrando el aforo actual*

## 5. Conclusiones

El COVID-19 ha causado una situación excepcional en nuestra vida, situación a la que nos hemos tenido que adaptar rápidamente. Ha quedado demostrado que necesitamos tener una capacidad de reacción muy buena para no tener que pasar otra vez por lo que hemos sufrido que ha llevado a un decrecimiento económico importante.

Esta situación ha puesto de manifiesto la necesidad de seguir evolucionando tecnológicamente ya que han sido los avances en esta materia los que nos están ayudando a volver a una relativa normalidad donde el uso de gel hidroalcohólico, el uso de las mascarillas y el distanciamiento social son protagonistas.

Este proyecto pretende ayudar a afrontar esta situación más fácilmente y proporcionar una mayor seguridad a todo el personal farmacéutico y a los clientes. Este proyecto ayudará a mantener la máxima normalidad posible.

El sistema se implementó con éxito a bajo coste en una farmacia de Ciudad Real.

## 6. Referencias

- [1] “BOE.es - Documento BOE-A-2020-3692.” <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/03/14/463> (accessed Jun. 12, 2020).
- [2] “BOE-Lectura Facil.” Accessed: Jun. 12, 2020. [Online]. Available: [www.freepik.es](http://www.freepik.es).
- [3] “(No Title).” <https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/Asesoramiento-salud-publica/infeccion-coronavirus-2019-nCoV/Documents/procedimiento-desescalada-farmacia.pdf> (accessed Jul. 03, 2020).
- [4] “Ultrasonic Ranging Module HC-SR04.” Accessed: Jun. 16, 2020. [Online]. Available: [www.Electfreaks.com](http://www.Electfreaks.com).
- [5] “Arduino Nano 33 IoT | Arduino Official Store.” <https://store.arduino.cc/arduino-nano-33-iot> (accessed Jun. 22, 2020).

# PHARMACEUTICAL MANAGEMENT DURING THE COVID-19 PANDEMIC

**Author: Martín Cachero, César.**

Supervisor: González Arechavala, Yolanda.

Collaborating Entity: ICAI.

## ABSTRACT

The project aims to be a low-cost solution to increase security in pharmacies among staff and customers due to the Covid-19 pandemic. It is divided in two parts: control of capacity and control of counter's distance.

During this period of confinement that has been lived one of the most visited places has been the pharmacies and this project is focus on increase the security of clients and employees inside them.

**Keywords:** Arduino, Sensors, Pharmacy, Distance.

## 1. Introduction

Nowadays the pharmacies have a great importance that has been even increased due to the actual health situation. In 2019, a new virus called COVID-19 emerged in China, specifically in the Wuhan region, but it spread around the world. This situation has led the governments of the various countries concerned to take exceptional measures that have never been used. In Spain, a state of alarm was declared [1] in which measures to restrict the free movement of persons [2] were adopted. The pharmacies however were more frequented than ever because of their qualification as an essential service. This led to the implementation of emergency measures to guarantee the safety of all persons inside these establishments.

## 2. Project definition

The General Council of Pharmaceutical Colleges published a guide [3] with guidelines for pharmacies to adapt to the new normality. Some of these measures focused on social distancing, so the system developed will focus on helping to comply with these measures in order to increase security for clients and employees.

The Project will be divided into two parts: Capacity control and distance control to the counters.

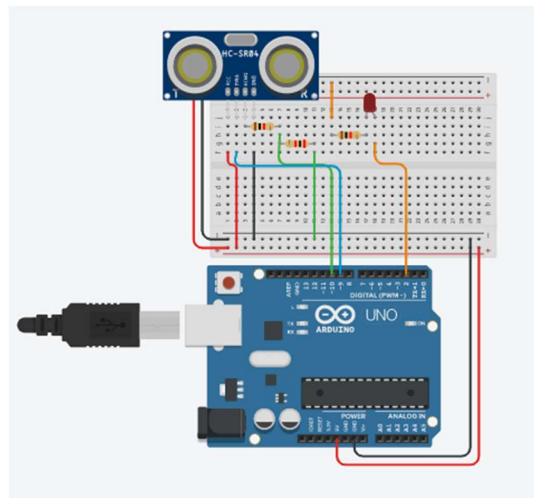
The **capacity control** is regulated by ultrasound sensors that detect when a person leaves or enters the pharmacy. These sensors however are not able by themselves to detect when the person entering or leaving is an employee, so they are connected to an Arduino which is at the same time connected to a computer. In this computer is installed a program that we have developed to send by means of a serial communication when someone of the staff enters or leaves and receives the current capacity within the establishment.

The **distance to the counters** is controlled by another ultrasound sensor which when it detects that the customer is less than 1 meter and a half, which is the recommended minimum distance, turns on an LED warning that the safety distance is not being respected.

### 3. Model/System/Tool description

The **counter distance** control works independently and will be located at retail outlets to ensure that the distance between the customer and the pharmacist is maintained. A HC-SR04[4] ultrasound sensor has been used for this subsystem, which is powered at 5 V and operates using pulses. We also used the Arduino nano 33 IoT [5] which works at 3.3 V so we will have to lower the voltage to connect it to the sensor.

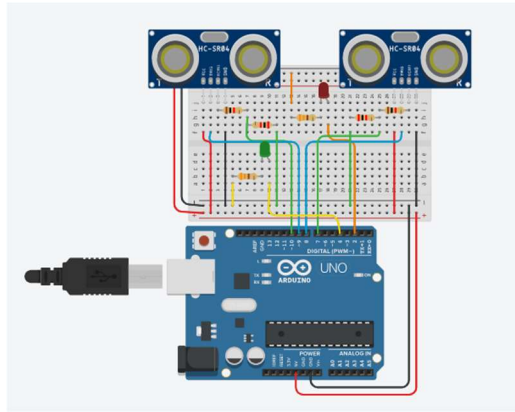
For the correct implementation of the developed system, measures would be taken from the counter where it would be installed. To help maintain the necessary 1.5 m an LED will be turned on when the sensor this distance is not respected. The sensor will be connected to pins 9 and 10 of the Arduino and the LED will be connected to pin 2 (see illustration 1).



*Illustration 1: Schematic of the counter distance control connection*

The **capacity control** will work connected to a computer and will be located closer to the output. For this subsystem HC-SR04 ultrasound sensors have been used which are powered at 5 V and operate using pulses. The Arduino nano 33 IoT was also used which works at 3.3 V so we will have to lower the voltage to connect them to the sensor. They will also be connected with a desktop application developed with visual studio 2019 in C#.

The program will detect when a person passes in front of the sensor and depending on whether it is the customer input or output sensor and updates the current pharmacy capacity. The Arduino will also send and receive data from a desktop application installed on the computer to ensure that the capacity displayed is correct and not influenced by the exit or entry of the pharmacy staff. The sensors will be connected to the Arduino 7,8,9 and 10 pins and the LEDs will be connected to pins 2 and 4 (see illustration 2).



*Illustration 2: Schematic of the connection of the capacity control*

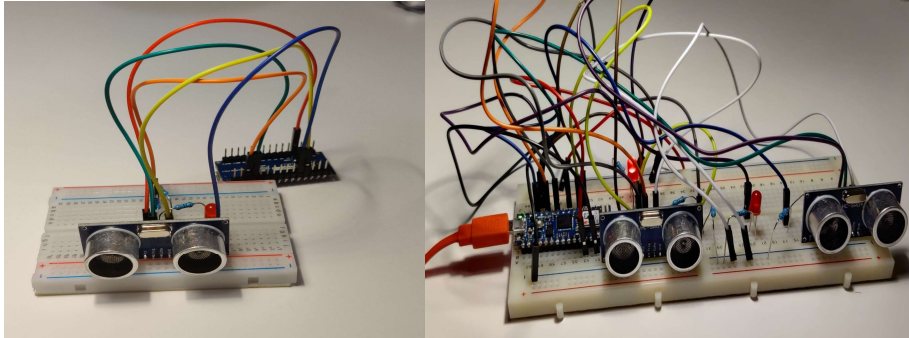
#### **4. Results**

The distance control was designed to be installed at the counters ensuring that between the customer and the pharmacist the safety distance of 1.5 meters is maintained by emitting a luminous alarm in case it is located less than this distance.

The main function of the capacity control is to indicate to the customers if they can enter the pharmacy or on the contrary they have to wait outside because the internal capacity of the

establishment is the maximum and therefore the safety distance between the customers could not be maintained.

Distance control and seating were successfully programmed and assembled (see illustration 3).



*Illustration 3: Distance and capacity control assemblies*

Data is sent between the Arduino and the desktop application via serial communication via a USB-microUSB cable. The application was implemented correctly (see illustration 4) and communication between both devices was established successfully.



*Illustration 4: Screenshot of the application showing the current capacity*

## 5. Conclusions

COVID-19 has caused an exceptional situation in our life, a situation to which we have had to adapt quickly. It has been shown that we need to have a very good reaction capacity so that we do not have to go through again what we have suffered which has led to a significant economic decline.

This situation has highlighted the need to continue evolving technologically since it has been the advances in this matter that are helping us to return to a relative normality where the use of hydroalcoholic gel, the use of masks and social distancing are protagonists.

This project aims to help address this situation more easily and provide greater security for all pharmaceutical staff and customers. This project will help to maintain the maximum possible normality



## 6. References

- [1] “BOE.es - Documento BOE-A-2020-3692.” <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/03/14/463> (accessed Jun. 12, 2020).
- [2] “BOE-Lectura Facil.” Accessed: Jun. 12, 2020. [Online]. Available: [www.freepik.es](http://www.freepik.es).
- [3] “(No Title).” <https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/Asesoramiento-salud-publica/infeccion-coronavirus-2019-nCoV/Documents/procedimiento-desescalada-farmacia.pdf> (accessed Jul. 03, 2020).
- [4] “Ultrasonic Ranging Module HC-SR04.” Accessed: Jun. 16, 2020. [Online]. Available: [www.ElecFreaks.com](http://www.ElecFreaks.com).
- [5] “Arduino Nano 33 IoT | Arduino Official Store.” <https://store.arduino.cc/arduino-nano-33-iot> (accessed Jun. 22, 2020)

## *Índice de la memoria*

<b>Capítulo 1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
1.1 Motivación del proyecto.....	4
1.2 Objetivos del trabajo .....	5
1.3 Metodología y Plan de trabajo.....	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Estimación Económica .....	8
<b>Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....</b>	<b>10</b>
2.1 Sensor HC-SR04 .....	10
2.2 Arduino Nano 33 IoT .....	15
2.3 IDE Arduino.....	17
2.4 Visual Studio 2019 .....	20
<b>Capítulo 3. Estado de la Cuestión.....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo 4. Sistema/Modelo Desarrollado.....</b>	<b>26</b>
4.1 Análisis del Sistema .....	27
4.2 Diseño.....	27
4.2.1 Control de distancia a mostradores .....	27
4.2.2 Control de aforo .....	29
4.3 Implementación.....	31
<b>Capítulo 5. Implantación y Análisis de Resultados.....</b>	<b>34</b>
5.1 Implementación del prototipo .....	34
<b>Capítulo 6. Conclusiones y Trabajos Futuros.....</b>	<b>39</b>
<b>Capítulo 7. Bibliografía.....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO ODS.....</b>	<b>44</b>

## *Índice de figuras*

Figure 1: Esquema de la metodología Agile [3].....	6
Figure 2: Imagen del HC-SR04.....	10
Figure 3:Esquema del funcionamiento de la ecolocalización .....	11
Figure 4:Diagrama de temporización[7].....	13
Figure 5:Arduino nano 33 IoT con Headers.....	15
Figure 6:Pines del Arduino Nano 33 IoT [9].....	16
Figure 7:IDE Arduino.....	18
Figure 8:Botonera IDE Arduino .....	19
Figure 9: IDE Visual Studio 2019[13] .....	20
Figure 10: Esquema de funcionamiento de la solución de Panasonic.....	24
Figure 11:Diagrama del proyecto .....	26
Figure 12: Diagrama de actividad control de mostradores.....	28
Figure 13: Esquema de conexiones Mostrador.....	29
Figure 14:Diagrama de actividad control de aforo .....	30
Figure 15:Esquema de conexión del control de aforo .....	31
Figure 16:Aspecto físico control de distancia a mostradores .....	32
Figure 17:Aspecto físico control de aforo .....	33
Figure 18:Plano actual de la farmacia .....	34
Figure 19:Implementación del control en mostradores .....	35
Figure 20:Implementación del control de aforo .....	36
Figure 21:Aplicación del ordenador (1) .....	37
Figure 22:Aplicación del ordenador (2) .....	38

## *Índice de tablas*

Tabla 1: Estimación económica.....	9
Tabla 2: Características del sensor HC-SR04[5].....	11
Tabla 3: Resultados del estudio [8] .....	14

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN**

En 2019 las autoridades de Wuhan, capital de Hubei (provincia en China), reportaron un alarmante número de casos de pacientes con neumonía viral. Esta enfermedad era causada por un patógeno conocido provisionalmente como Coronavirus novel 2019 (2019-nCoV), y unas semanas después como Enfermedad por Coronavirus 2019 (COVID-19) causada por el virus SARS-CoV-2. Este se extendió sorprendentemente rápido por todo el mundo llegando a los diferentes continentes siendo Europa y América los más afectados.

En España el primer caso diagnosticado fue el 31 de enero de 2020 en la isla de la Gomera y el primer fallecimiento tuvo lugar el 13 de febrero de 2020 en la ciudad de Valencia. Actualmente España es el décimo país en número de contagios con más de 400.000 positivos por detrás de países como Estados Unidos, Rusia, Brasil, Reino Unido o India y al mismo tiempo el octavo país con mayor número de fallecidos con más de 28.000 fallecimientos oficiales por detrás de Estados Unidos, Brasil, Méjico, India, Reino Unido, Italia y Francia.

Esta situación ha llevado a que los gobiernos de los diferentes países afectados hayan tomado medidas excepcionales que nunca habían sido utilizadas. En España el gobierno según el Real Decreto 463/2020[1] declaró el estado de alarma el 14 de marzo, el cual se fue prorrogando cada 15 días hasta el 21 de junio. En el Real Decreto vienen redactadas[2] las medidas aprobadas por el Consejo de Ministros para el control de la Pandemia entre las que se encuentran las restricciones sobre la libre circulación. Estas restricciones recomendaban encarecidamente a los ciudadanos quedarse en casa y salir solamente si era necesario.

### ***1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO***

En estos últimos meses el sector sanitario ha sido uno de los sectores más importantes para la lucha contra la crisis sanitaria existente en la actualidad en España. Esto ha conllevado una serie de cambios en la conducta social de las personas para intentar evitar una mayor propagación del virus causante de esta pandemia.

Durante esta época las farmacias han sido uno de los establecimientos que se han mantenido abiertos y los farmacéuticos y técnicos de farmacia han vivido un riesgo elevado de contagio. Debido a esto se han tomado diferentes medidas como la instalación de mamparas de protección de metacrilato, la petición de mantener una distancia de seguridad con respecto al mostrador con pegatinas en el suelo o la limitación del aforo promovida por los propios clientes, lo que muchas veces es difícil de cumplir. Todas estas medidas han sido implementadas muy rápidamente, pero en algunos casos de forma ineficaz. Estas medidas podrían ser incorporadas a los programas de gestión ya existentes para poder aumentar el control sobre las farmacias.

Existen numerosos edificios inteligentes actualmente que procesan la información obtenida de multitud de sensores para tomar decisiones de forma autónoma haciendo que la experiencia de aquellos que están en su interior sea mucho más agradable y su mantenimiento en muchos casos más barato. Sin embargo, pese a los grandes avances tecnológicos en farmacia actualmente el nivel de adaptación hacia estas nuevas tecnologías es demasiado bajo.

Debido a todo esto y por la presión bajo la que ha trabajado el personal farmacéutico durante el confinamiento, este proyecto se ha realizado para intentar ayudar a aumentar la seguridad de los clientes y trabajadores de la farmacia.

## ***1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO***

El principal objetivo del proyecto es la creación de un sistema electrónico para farmacias de bajo coste para gestionar las nuevas necesidades derivadas de la pandemia del COVID19. En particular, los objetivos específicos son:

- Facilitar el control de las nuevas medidas adoptadas de distanciamiento social. Dentro de estas medidas estarán el control del aforo dentro del establecimiento y el cumplimiento de la distancia de seguridad entre los mostradores y los clientes, entre otras.

- Obtención de una mayor cantidad de información para la gestión de la farmacia por medio de una aplicación de escritorio que refleje el aforo presente en el local en todo momento.
- Capacidad de adaptarse a la farmacia estudiada y a otros establecimientos comerciales. La funcionalidad de la aplicación debe ser lo más general posible para poder cumplir este objetivo.

### 1.3 METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Se va a desarrollar un sistema para el control de distancias y de aforo que podrá ser utilizado en un amplio conjunto de farmacias. Se desarrollará de la manera más general posible y posteriormente se estudiarán las características de cada farmacia para particularizar el sistema a las necesidades de la misma.

La metodología utilizada para el desarrollo del software utilizado en este proyecto es Agile [3], muy utilizada para el desarrollo de software y que basa su desarrollo en un ciclo iterativo (Ver fig. 1). En cada iteración se incrementa una funcionalidad que luego se pone en común para obtener sugerencias de cómo mejorarlo.

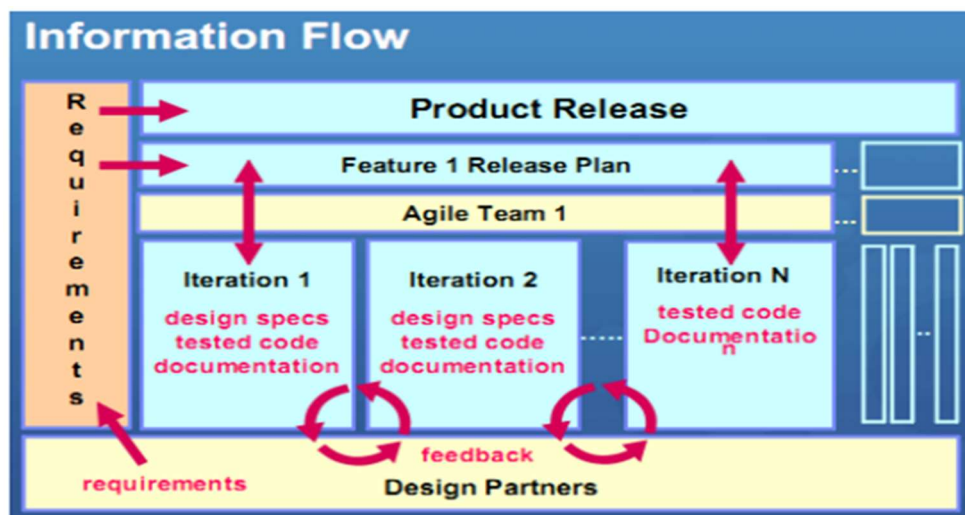


Figure 1: Esquema de la metodología Agile [3]

Esta metodología nos permitirá mejorar la calidad del software a desarrollar, trabajar con mayor rapidez al minimizar los fallos y aumentar la productividad.

El sistema desarrollado consta de diversas funcionalidades:

- Control de la distancia social: sistema que permite por medio de sensores infrarrojos controlar una cierta distancia a los mostradores. Cuando se ve vulnerada avisa por medio de un led que no se está respetando dicha distancia de seguridad.
- Control del aforo: Se instalan sensores en el interior de la farmacia para controlar el aforo permitido, regulando el flujo de personas con señales luminosas en la puerta exterior que indican a los clientes cuando pasar o, si el aforo está completo, indicar que el próximo cliente tiene que esperar. Está conectado a una aplicación de escritorio que permite al usuario diferenciar a las personas del personal de la farmacia
- Paradas para desinfección: debido a la situación social o familiar de algunos clientes, éstos han tenido que acudir a las farmacias habiendo sido diagnosticados positivamente de coronavirus. Después de atender a estos clientes, el flujo de clientes debe suspenderse para la desinfección del local por parte del personal de la farmacia. Se reanuda nuevamente la entrada de clientes cuando el personal accione un botón que estará situado en la aplicación a la que está conectado el control de aforo.

## ***1.4 JUSTIFICACIÓN***

Debido a la situación vivida en los últimos meses las farmacias han tenido que evolucionar y adaptarse rápidamente. Al ser un servicio de primera necesidad han sido uno de los lugares que no han tenido que cerrar, sin embargo, tampoco han tenido la posibilidad de hacerlo.

Esto ha llevado a que los propios trabajadores acudieran con miedo, ya que estos lugares son en muchas ocasiones el primer contacto de los enfermos con el sistema sanitario al no tener que pedir cita. El riesgo en farmacias por tanto ha sido muy elevado ya que muchos pacientes que posteriormente han sido diagnosticados como positivos han admitido que previamente habían acudido a alguna farmacia.



Para poder aumentar la seguridad de los empleados y de los clientes el Ministerio de Sanidad junto con el Consejo General de Colegios Farmacéuticos recomendó por medio de una guía las pautas a seguir por las farmacias comunitarias para frenar la expansión del virus. Entre estas recomendaciones están el distanciamiento social de 1.5 metros entre personas, el uso de la mascarilla tanto por parte de los clientes como de los empleados, o el uso de gel hidroalcohólico. Este proyecto se ha desarrollado para poder cumplir las medidas de distanciamiento social. Una parte del proyecto se centra en la distancia en los mostradores entre empleado y cliente y la segunda parte del proyecto se centra en el control de aforo en el interior de la farmacia para que se pueda mantener la distancia entre clientes y no se permita la entrada de más gente cuando el aforo sea el máximo.

Este proyecto se diferencia de los ya existentes sobre todo en el tema económico ya que este pretende ser un sistema de bajo coste. Los sistemas para el control de aforo son actualmente demasiado caros, algunos de ellos pueden llegar a rondar los 2000€ (como el de TC Group que más tarde se presentará). Nuestro proyecto se centra en tener las funciones principales de los ya existentes, pero buscando componentes más económicos para que pueda llegar al mayor público posible.

## ***1.5 ESTIMACIÓN ECONÓMICA***

El proyecto está dividido en 2 partes: el control de aforo y el control de distancia a mostradores. En ambas partes se empezó por la programación del Arduino y una vez finalizada se comenzó con las conexiones físicas. Ambas partes fueron simuladas previamente online gracias al software de TinkerCad que permite simular el código y el cableado físico para comprobar que todo está bien conectado y prevenir cualquier fallo de los componentes por mal conexionado.

El proyecto busca ser lo más económico posible para que sea lo más accesible posible para todo el mundo, por ello el software utilizado será libre. El coste del proyecto viene reflejado en la siguiente tabla.

*Tabla 1: Estimación económica*

<b>Componente</b>	<b>Modelo</b>	<b>Precio (€)</b>
<b>Arduino x2</b>	Arduino Nano 33 Iot	58.1
<b>Protoboard x2</b>	Mini Breadboard con 400 Pines y 4 Barras conductoras	10.98
<b>Leds y Resistencias</b>	ELEGOO Kit de Componentes Electrónicos	6.99
<b>Cables</b>	ELEGOO 120 Piezas de Cable DuPont	6.99
<b>Sensores Ultrasonidos x3</b>	ELEGOO HC-SR04	9.99
<b>TOTAL</b>		93.05

## Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En este capítulo se introducirán todas las tecnologías usadas en el proyecto, desde sensores utilizados en el montaje de los controles de aforo y distancia hasta el entorno de desarrollo de la aplicación que reflejará el aforo existente en el establecimiento.

### 2.1 *SENSOR HC-SR04*

El sensor HC-SR04[4] (Ver fig. 2) es un sensor de ultrasonidos capaz de medir la distancia existente hasta el objeto que tiene delante en un rango de 2 cm hasta 400 cm. Es un sensor altamente utilizado en proyectos sencillos en los que no se requiere una precisión óptima.



*Figure 2: Imagen del HC-SR04*

El sensor nos permite obtener la distancia ya que emitiendo un pulso sónico corto y escuchando cuanto tiempo tarda en regresar podemos calcular la distancia a la que está el objeto.

Las características eléctricas del sensor son:

*Tabla 2: Características del sensor HC-SR04[5]*

<b>Working Voltage</b>	<b>DC 5 V</b>
<b>Working Current</b>	<b>15mA</b>
<b>Working Frequency</b>	<b>40Hz</b>
<b>Max Range</b>	<b>4m</b>
<b>Min Range</b>	<b>2cm</b>
<b>MeasuringAngle</b>	<b>15 degree</b>
<b>Trigger Input Signal</b>	<b>10uS TTL pulse</b>
<b>Echo Output Signal</b>	<b>Input TTL lever signal and the range in proportion</b>
<b>Dimension</b>	<b>45*20*15mm</b>

El HC-SR04 tiene 4 pines:

- Pin Vcc a 5V
- Pin Trigger (PinOut)
- Pin Echo (PinIn)
- Pin Tierra a 0V

El principio del funcionamiento de este sensor [6] es similar a la ecolocalización que usan algunos animales como los delfines o los murciélagos (Ver fig. 3).



*Figure 3: Esquema del funcionamiento de la ecolocalización*

Se emite un pulso ultrasónico y se recibe su eco, sabiendo el tiempo entre la emisión y la recepción del pulso somos capaces de calcular la distancia a la que se encuentra el objeto que tiene en frente. El cálculo se haría tomando como referencia que el sonido recorre 343 metros en un segundo. Primero calculamos cuantos segundos tarda en recorrer un metro.

$$\frac{1 \text{ m}}{343 \text{ m/s}} = 0,002915 \text{ s}$$

Sin embargo, nosotros tomaremos las medidas en centímetros para simplificar los cálculos y el sensor nos devolverá el tiempo entre pulsos en  $\mu\text{s}$ .

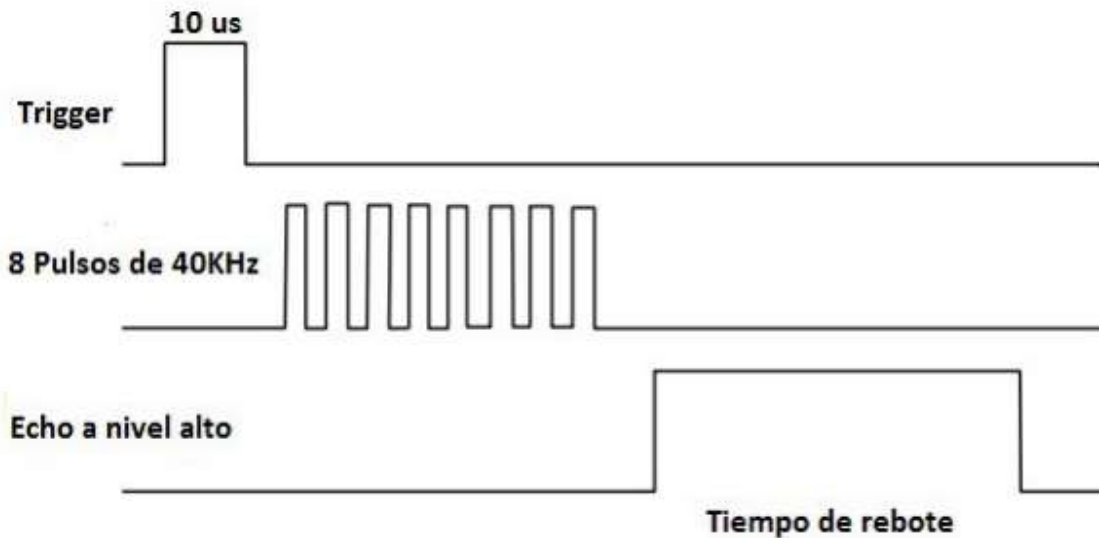
$$0,002915 \text{ s} * \frac{1.000.000 \mu\text{s}}{1 \text{ s}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \approx 29.1 \mu\text{s/cm}$$

Ahora tomando el tiempo que mide nuestro sensor dividido a la mitad (el tiempo medido engloba la ida y la vuelta de las ondas) podemos obtener la distancia en cm.

$$\text{distancia} = \frac{t \text{ medido por el sensor}(\mu\text{s})}{29.1 \mu\text{s/cm}} * \frac{1}{2}$$

Para activar el sensor este debe de estar alimentado a 5V en el pin Vcc y debemos enviar un pulso al pin Trigger de 10  $\mu\text{s}$ . El sensor en ese momento envía 8 pulsos de 40 KHz y activa el pin Echo. Este pin se mantendrá activo todo el tiempo hasta que el sensor vuelva a recibir las ondas emitidas por el Pin Trigger. El tiempo medido por el sensor es todo el tiempo que el Pin Echo esté activo.

Este proceso se explica perfectamente en el diagrama de temporización (Ver fig. 4).



*Figure 4: Diagrama de temporización[7]*

Como se ha mencionado anteriormente el sensor HC-SR04 es popularmente usado en proyectos donde la precisión no es muy importante. Esto se puede comprobar en el estudio realizado por Manpreet Kaur Jai Pal[8] de la universidad de Kurukshetra en la India. Se realizó un experimento para ver la precisión del sensor y los resultados nos indicaron que el porcentaje de error aumentaba cuando más cerca se tomaban las medidas llegando a un error de un 12% cuando se situaba el objeto a 20 cm del sensor.

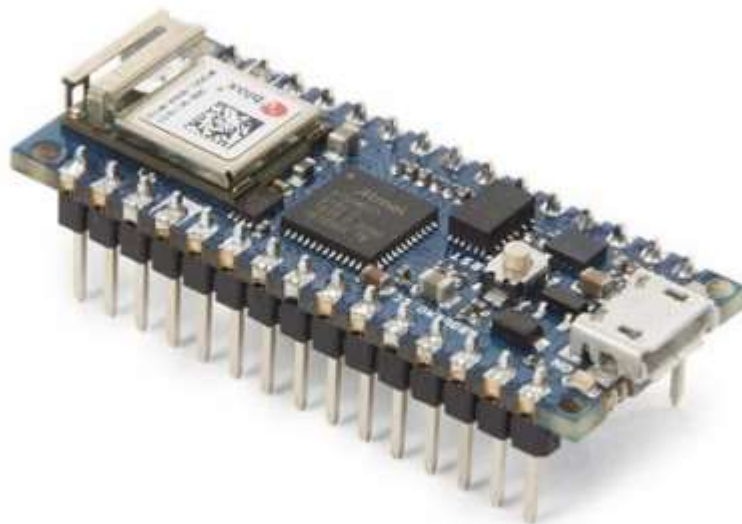
*Tabla 3: Resultados del estudio [8]*

<i>S.NO.</i>	<i>Actual Distance(cm)</i>	<i>Measured Distance(cm)</i>	<i>% Error</i>
1	20	22.4	12
2	40	43	7.5
3	60	63.4	5.66
4	80	84.05	5.06
5	100	101.4	1.4
6	120	120.8	0.66
7	140	140.3	0.21
8	160	160.6	0.37
9	180	180.2	0.11
10	200	200.2	0.1

El precio del sensor suele ser aproximadamente de 2 € y es muy utilizado en proyectos con Arduino.

## ***2.2 ARDUINO NANO 33 IOT***

Este es el Arduino utilizado debido a su bajo coste y su disponibilidad. Esta placa es el punto más fácil de entrada para adaptar nuevos proyectos o ya existentes para formar parte del IoT (Internet of Things). Tiene un tamaño más pequeño que las demás placas de Arduino (Ver fig. 5).



*Figure 5: Arduino nano 33 IoT con Headers*

El procesador principal de la placa es un SAMD0 de 32 bits Arm® Cortex®-M21 de baja potencia. Además de eso, la comunicación segura está garantizada a través del chip criptográfico Microchip® ECC608[9].



El Arduino nano 33 IoT[10] consta de 20 pines digitales que pueden ser utilizados tanto como entradas, como salidas y 8 de los cuales (del 14-21) pueden ser utilizados también como analógicos (Ver fig. 6). Dispone también de los pines Rx yTx para el envío y recepción de datos.

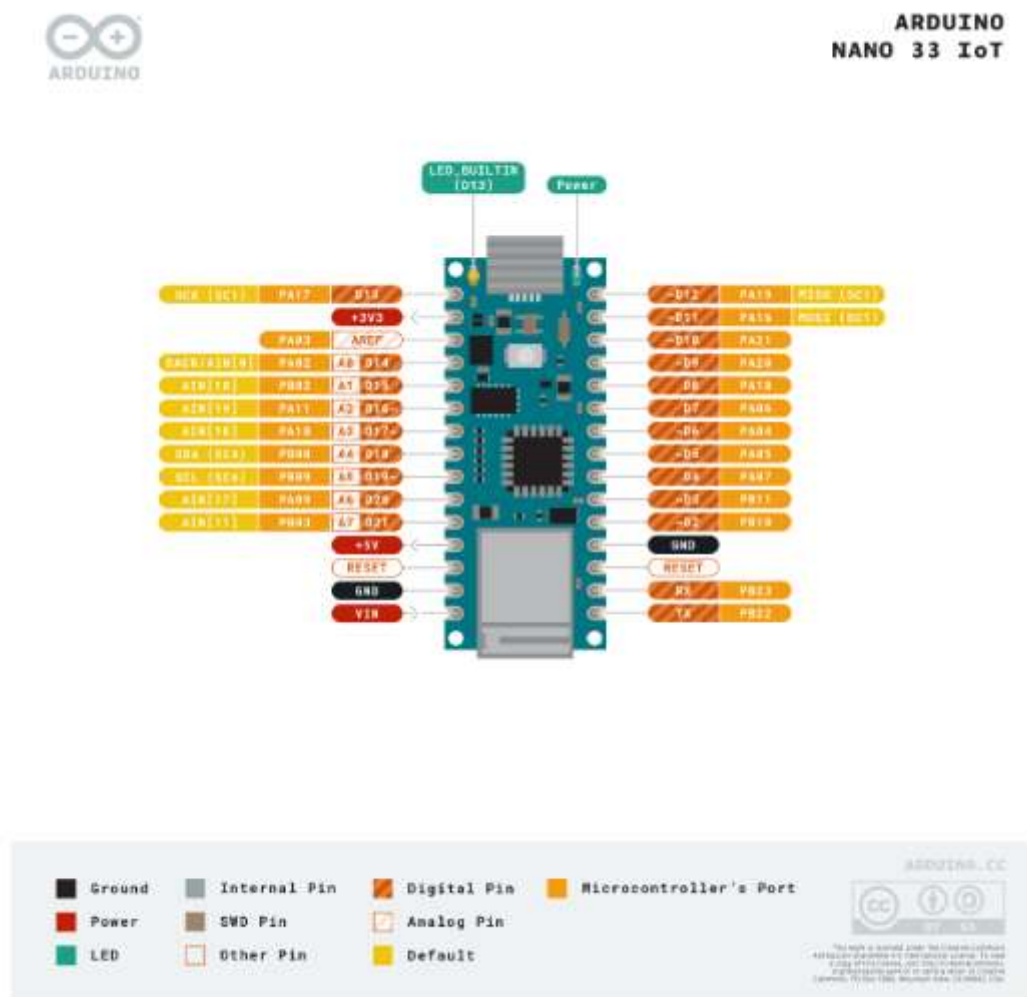


Figure 6: Pines del Arduino Nano 33 IoT [9]

Esta placa Arduino destaca entre otras por ofrecer la capacidad de conectar con otros dispositivos vía wifi y vía bluetooth. La conectividad Wifi y Bluetooth® se realiza con un

módulo de u-blox, el NINA-W10, un chipset de baja potencia que opera en el rango de 2.4GHz.

Para facilitar la conexión wifi, Arduino tiene una librería con muchos programas de ejemplo que se llama WIFININA. Esta librería es común a todas las placas Arduino con Wifi integrado, como la Arduino MKR1000 WIFI, o aquellas placas conectadas a módulos wifi, como el ESP8266.

Esta placa está destinada sobre todo a aplicaciones de Internet of Things y es muy sencillo conectarte a diferentes servicios en la nube como pueden ser: Blynk, IFTT, AWS IoT Core, Azure, Firebase o Adafruit. Para conectarte a todos estos servicios web hay muchas librerías ya creadas a las que puedes acceder en GitHub.

Arduino también decidió apostar por desarrollar su propio servicio IoT con la Arduino IoT Cloud que, aunque actualmente sigue en desarrollo, ya es posible el acceso a su Beta.

### **2.3 IDE ARDUINO**

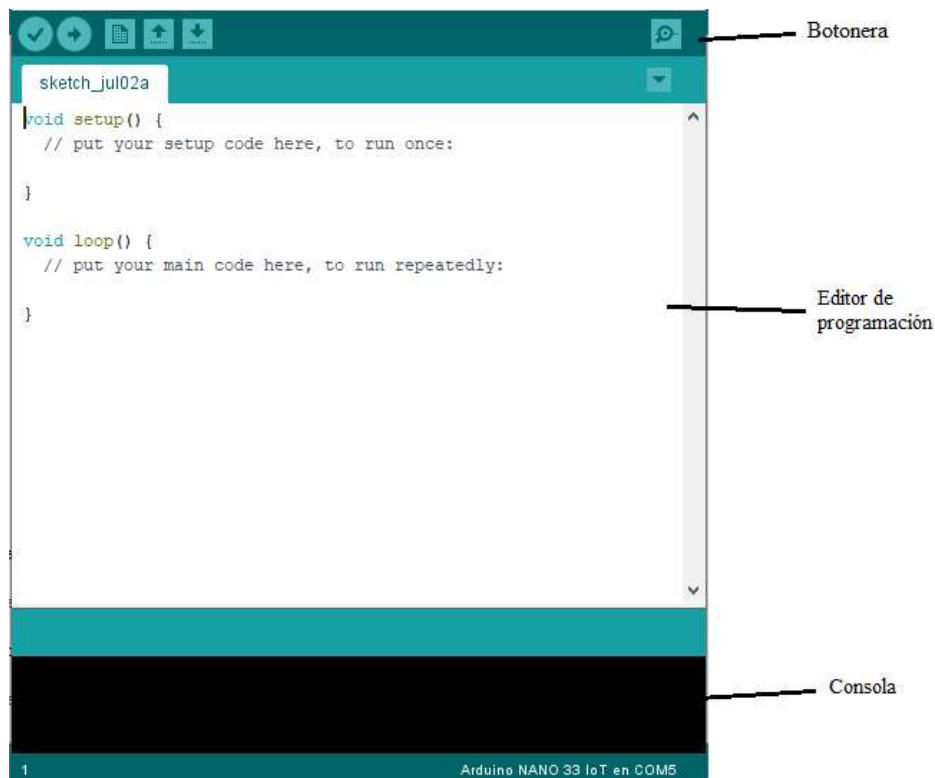
Un entorno de desarrollo integrado (Integrated Development Environment)[11] es un software para el desarrollo de aplicaciones que proporciona en una sola interfaz gráfica (graphical user interface) las principales herramientas del desarrollador. Generalmente, un entorno de desarrollo integrado tiene las siguientes funciones:

- Editor de código fuente: editor de texto que permite escribir el código de software con funciones para facilitar el desarrollo del código como el resaltado de la sintaxis con indicaciones visuales, el relleno automático específico del lenguaje y la comprobación de errores a medida que se escribe el código.
- Automatización de compilación local: herramientas que automatizan tareas sencillas e iterativas como parte de la creación de una compilación local del software para su uso por parte del desarrollador, como la compilación del código fuente de la computadora en un código binario, el empaquetado del código binario y la ejecución de pruebas automatizadas.

- Depurador: herramienta que sirve para localizar errores y permite ejecutar paso a paso el código.

El IDE de Arduino nos permite programar y transferir el código a la placa Arduino en su lenguaje máquina. El lenguaje de programación es Processing.

La interfaz gráfica del IDE de Arduino es la siguiente (Ver fig. 7):

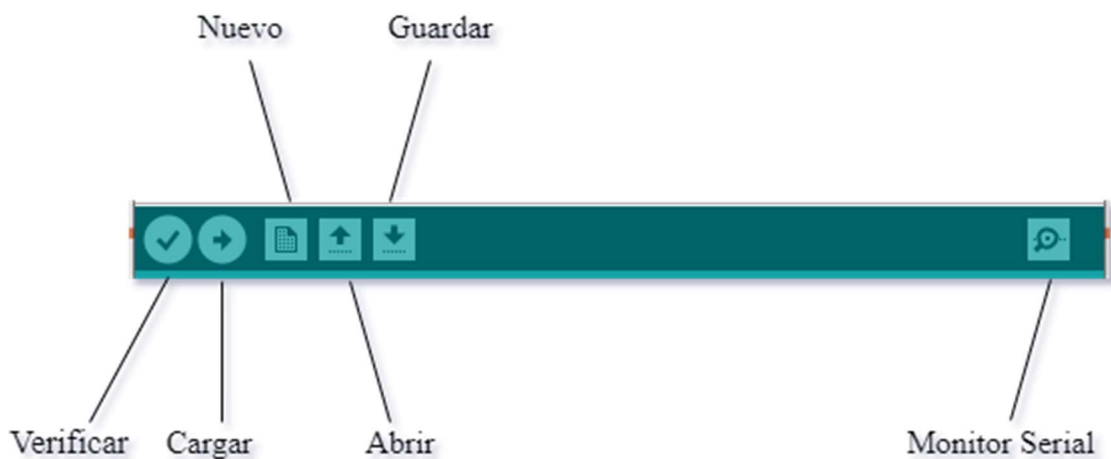


*Figure 7:IDE Arduino*

El Software Arduino IDE[12] se compone de 3 partes principalmente:

- Botonera o barra de navegación (Ver fig. 8):
  - Verificar: Compila el código y en caso de encontrar algún error lo indica.

- Cargar: Compila el código y si es correcto carga el programa en la placa Arduino que se indique, si encuentra algún error lo indica y no carga el programa.
- Nuevo: Abre un nuevo proyecto en blanco para crear un programa.
- Abrir: Para abrir otros programas que estén en el ordenador.
- Guardar: Si es la primera vez guarda el programa en la carpeta que esté indicada, las demás veces guardará el programa sin necesidad de indicar la carpeta de nuevo
- Monitor serial: Mediante el cual se podrán visualizar los datos que la placa envíe por comunicación serial (USB).



*Figure 8: Botonera IDE Arduino*

- Editor de programación: Parte principal del entorno de desarrollo integrado ya que es donde se escribirán las líneas de código que posteriormente se transmitirán a la placa Arduino. El código será programado en lenguaje Processing como se ha indicado anteriormente (Ver fig. 7).

- Consola: Está situada en la parte inferior del IDE, y muestra las notificaciones producidas al depurar el código sobre todo errores de sintaxis o comunicación (Ver fig. 7).

## 2.4 VISUAL STUDIO 2019

El entorno de desarrollo integrado de Visual Studio[13] es un panel de inicio creativo que se puede usar para editar, depurar y compilar código y, después, publicar una aplicación. Más allá del editor estándar y el depurador que proporcionan la mayoría de IDE, Visual Studio incluye compiladores, herramientas de finalización de código, diseñadores gráficos y muchas más características para facilitar el proceso de desarrollo de software.

En esta imagen se muestra Visual Studio con un proyecto abierto y varias ventanas de herramientas clave que probablemente usará (Ver fig. 9):

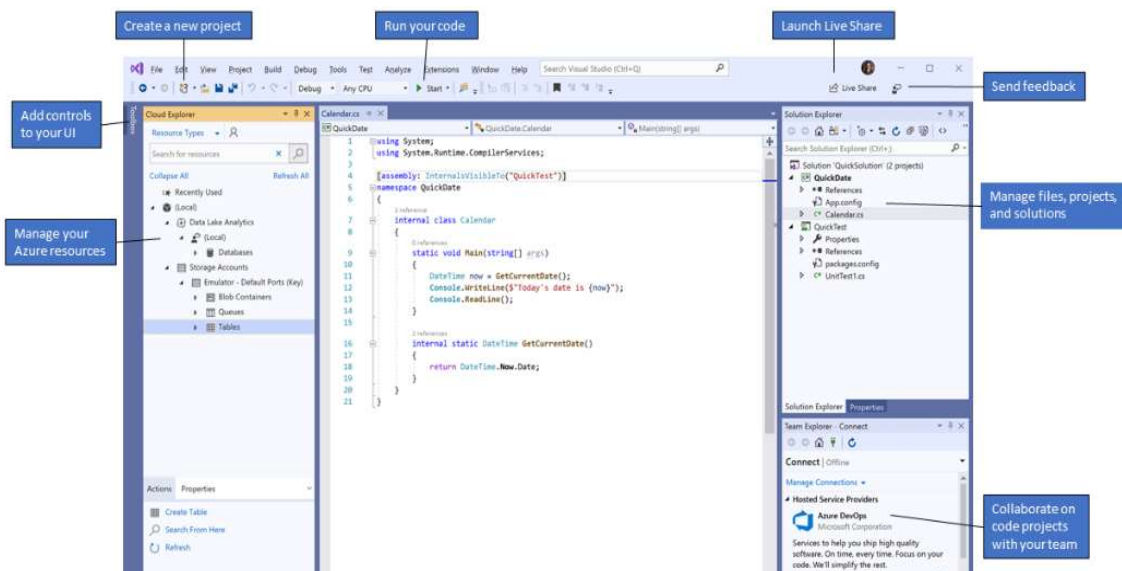


Figure 9: IDE Visual Studio 2019[13]

- El Explorador de soluciones (parte superior derecha) permite ver, navegar y administrar los archivos de código. El Explorador de soluciones puede ayudar a organizar el código al agrupar los archivos en soluciones y proyectos.
- La ventana del editor (centro), donde es probable que pase la mayor parte del tiempo, muestra el contenido del archivo. Es donde puede editar código o diseñar una interfaz de usuario, como una ventana con botones y cuadros de texto.
- Team Explorer (parte inferior derecha) permite realizar el seguimiento de los elementos de trabajo y compartir código con otros usuarios mediante tecnologías de control de versiones como Git

## **Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

Como se ha mencionado anteriormente las farmacias tuvieron la obligación de adaptarse rápidamente a las nuevas pautas de comportamiento social a seguir para intentar frenar la expansión del virus.

Otros locales comerciales planificaron su reapertura estando muy atentos a todos los detalles, sin embargo, las oficinas de farmacia no tuvieron tiempo al estar abiertas ininterrumpidamente. Esto llevó a que cada una se adaptase de una manera diferente sin un consenso hasta que el Consejo General de Colegios Farmacéuticos publicó una guía titulada: Procedimiento de actuación en la Farmacia Comunitaria ante el proceso de desescalada gradual de las medidas adoptadas en la infección por SARS-CoV-2[14]. Esta guía fue editada originalmente el 14 de Mayo de 2020 y modificada el 20 de Mayo de ese mismo año para adaptarse a la orden SND/422/2020 publicada el día anterior en la que se regulan las condiciones para el uso obligatorio de mascarilla durante la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19.

Algunas de las recomendaciones presentes en esta guía son:

- Es obligatorio el empleo de mascarilla y recomendable el de guantes en la atención al público en la dispensación de medicamentos, productos sanitarios y demás productos existentes en la farmacia comunitaria, si el puesto de trabajo implica estar a menos de 2 metros de los usuarios u otros trabajadores de la farmacia. (El Ministerio de Sanidad y la OMS recomiendan el uso de mascarilla quirúrgica y mascarilla autofiltrante tipo FFP2 entre el personal sanitario)
- Valorar, en función de los equipos de protección individual disponibles, el uso de una mampara de plástico delante de la zona de dispensación en caso de no poder mantener la distancia de seguridad.
- Colocar cintas de señalización de espacios en el suelo para mantener la distancia de seguridad interpersonal como mínimo de 2 metros (tanto con el público como entre

el personal de la farmacia). Si por las dimensiones del local de la farmacia no permitieran garantizar las medidas de seguridad recomendadas (2 metros) entre las personas, estas deberán esperar fuera de la farmacia.

- Limpiar y desinfectar frecuentemente y al menos dos veces al día, las zonas de atención, particularmente cuando se atiende a una persona sospechosa. Se prestará especial atención a las superficies de contacto más frecuentes como pomo de puertas, mostradores, muebles, pasamanos, máquinas dispensadoras, suelo, teléfono, perchas, carros y cestas, grifos y otros elementos similares. Igualmente, al finalizar el día.

Para obedecer todas estas recomendaciones hay muchas empresas que han desarrollado diferentes productos.

Uno de estos productos es “TC Analytics”, ofrecido por Ingein (Ingeniería de Gestión Industrial)[15] y desarrollado por TC Group[16]. Según su web su herramienta ofrece un control de:

- Entradas y Salidas de personas.
- Discriminación entre clientes y staff.
- Control del aforo en tiempo real.
- Alarma de cumplimiento del aforo máximo establecido.
- Módulo de gestión de turnos contactless.
- Rentabilidad potencial de cada punto de venta.
- Tráfico exterior.

Según TC Group implementar sus soluciones desde cero costaría alrededor de 2000 €.

Otra de las empresas que han desarrollado tecnología para el control de aforo es Panasonic Industry. Este producto permite detectar, contar, monitorizar y gestionar el flujo de personas, con una arquitectura de equipos claves: fotocélulas, equipos de proceso y comunicación, todo ello de forma eficiente, sencilla y económica.



El esquema a seguir por Panasonic Industry[17] es el siguiente (Ver fig. 10):

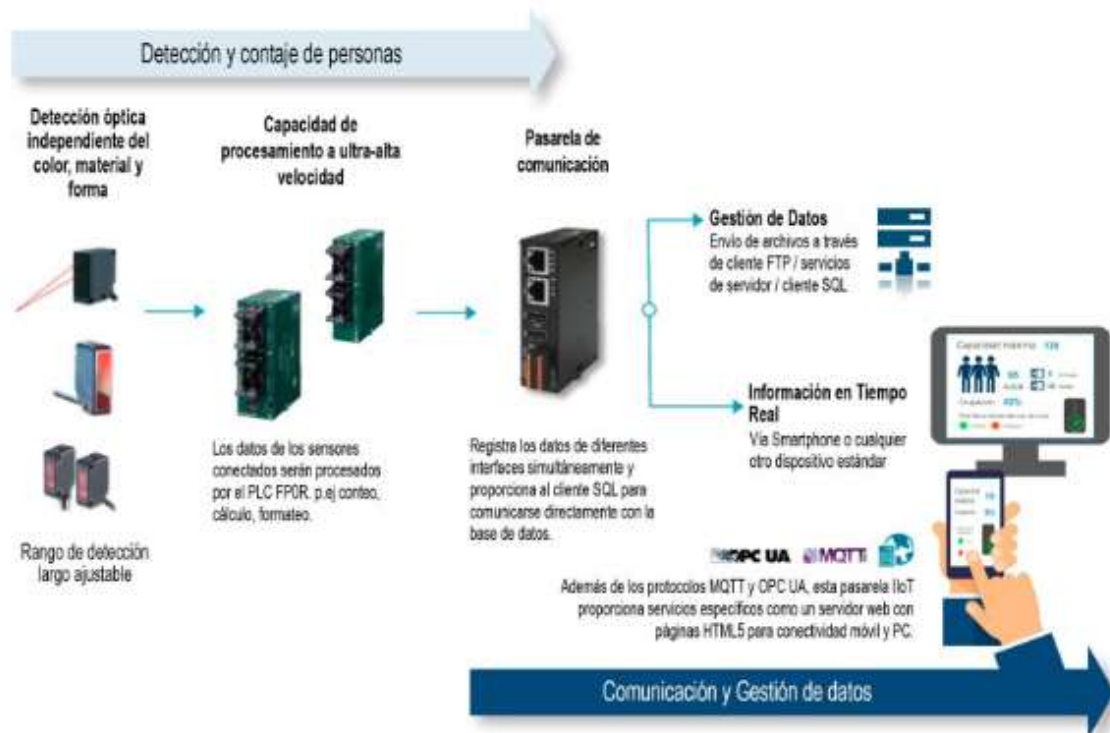


Figure 10: Esquema de funcionamiento de la solución de Panasonic

Más allá de los diferentes productos desarrollados como soluciones frente a la expansión del coronavirus, el control de aforo lleva siendo un problema presente en nuestra sociedad desde mucho antes de la pandemia. Hay muchas empresas que se dedican exclusivamente al control de aforo en festivales, conciertos o eventos multitudinarios. Algunas de estas empresas son: Countrest, Dinycon, Casfid o Idafest.

El control de aforo de todas estas empresas usa sobre todo las siguientes tecnologías[18] para detectar el paso de gente:

- Sensores fotoeléctricos. Usan un haz de luz para detectar la presencia o la ausencia de un objeto.

- Sensores ultrasónicos. Miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción.
- Reconstrucción 3D de la imagen. Contador del número de personas a través de una aproximación en 3 dimensiones de la imagen real captada en vídeo.

Todas estas soluciones son muy avanzadas tecnológicamente y cuentan con una alta precisión. Sin embargo, son bastante exclusivas debido a la inversión que requieren para poder implementarlas en los diferentes locales comerciales. El precio de estas soluciones no está al alcance de todo el mundo y menos tras las pérdidas económicas originadas por el cierre de estos negocios durante la pandemia.

## Capítulo 4. SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

El proyecto consta de 2 partes. El esquema general que sigue el proyecto es el siguiente (Ver fig. 11):

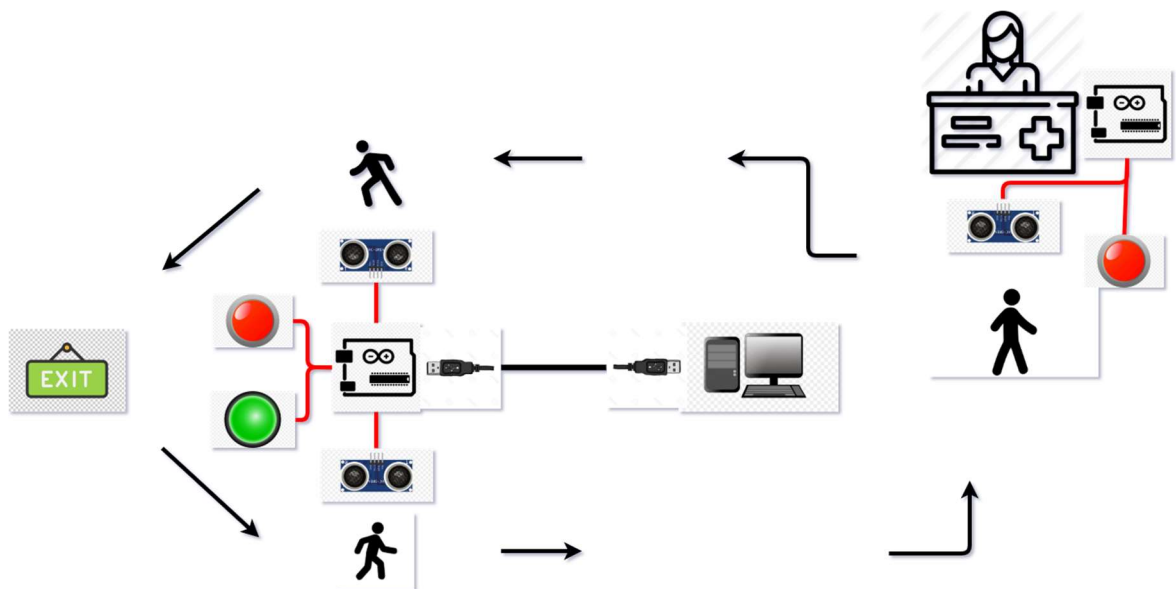


Figure 11: Diagrama del proyecto

Como podemos ver en la ilustración anterior el proyecto está dividido en 2 partes: una situada en el centro de la farmacia que controla el aforo en tiempo real del establecimiento y la segunda parte está en la zona de mostradores para controlar la distancia a éstos. Este sistema se basa en que la circulación de la farmacia se realiza en forma de rotonda entrando por el lado derecho y saliendo por el lado izquierdo, cuando se trata de farmacias con una sola entrada, en caso de tener dos entradas una funcionaría como entrada y otra como salida.

## **4.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA**

El control de la distancia a mostradores está controlado por el Arduino Nano 33 Iot que está conectado al sensor HC-SR04 que por medio de ondas sónicas determina a la distancia a la que se sitúa el cliente. Si esta distancia es menor que la recomendada por el Colegio General de Farmacéuticos y el Ministerio de Sanidad se emite una señal luminosa indicando al cliente que debe alejarse.

El control de Aforo está controlado también por el Arduino Nano 33 Iot que está conectado también a 2 sensores HC-SR04 que indica cuándo una persona pasa por delante de ellos. El sistema indica por medio de señales luminosas cuando podrá entrar la gente o, por el contrario, el aforo en ese momento es el máximo y deben esperar. El sistema también envía el aforo en tiempo real a una aplicación de PC para que pueda ser gestionado desde el ordenador situado en el centro de la farmacia con el que se puede distinguir cuando la persona que entra o sale es alguien del personal o es un cliente. Desde la aplicación del ordenador, si se tiene sospechas de que algún cliente pueda tener el virus, se puede parar el tráfico de clientes activando el led rojo de la entrada, indicando a los clientes que deben esperar.

## **4.2 DISEÑO**

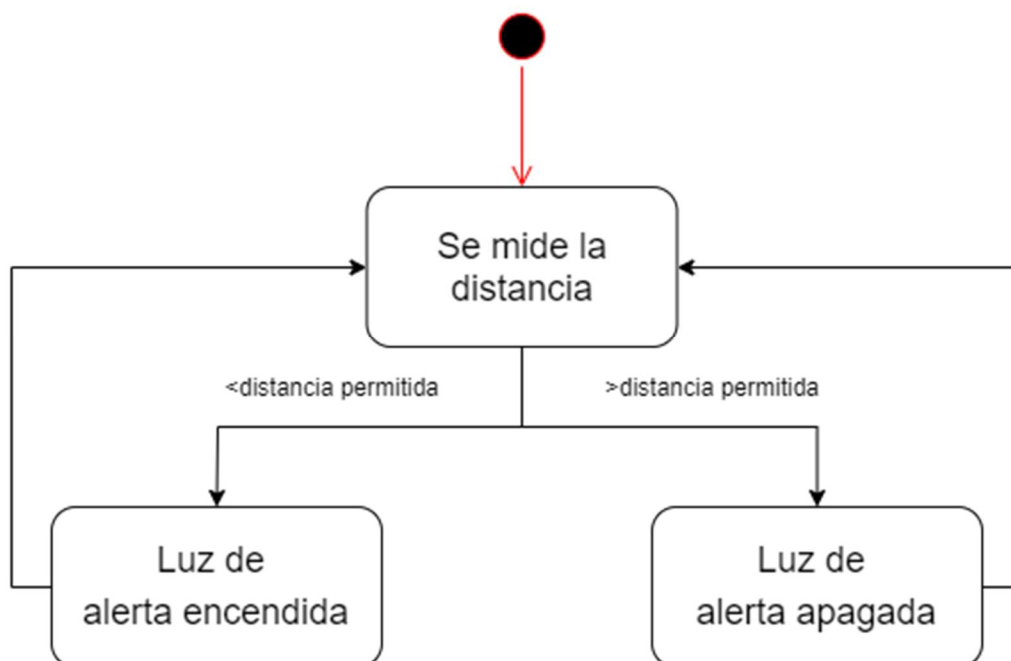
Ambas partes del proyecto son individuales la una de la otra por lo que su diseño se ha realizado de manera separada.

### **4.2.1 CONTROL DE DISTANCIA A MOSTRADORES**

En el control de distancia a mostradores el Arduino Nano 33 IoT tiene conectado en el pin 8 el Trigger del sensor HC-SR04 que es el encargado de enviar el pulso y en el pin 7 está conectado el Echo que será el encargado de recibir el pulso. En el pin 2 está conectado el led rojo que se encenderá para indicar que el cliente no está respetando la distancia de seguridad y por tanto que deberá alejarse. Se ha de estudiar las dimensiones del mostrador donde se instale el subsistema, modificando el código para que el led se encienda cuando la distancia

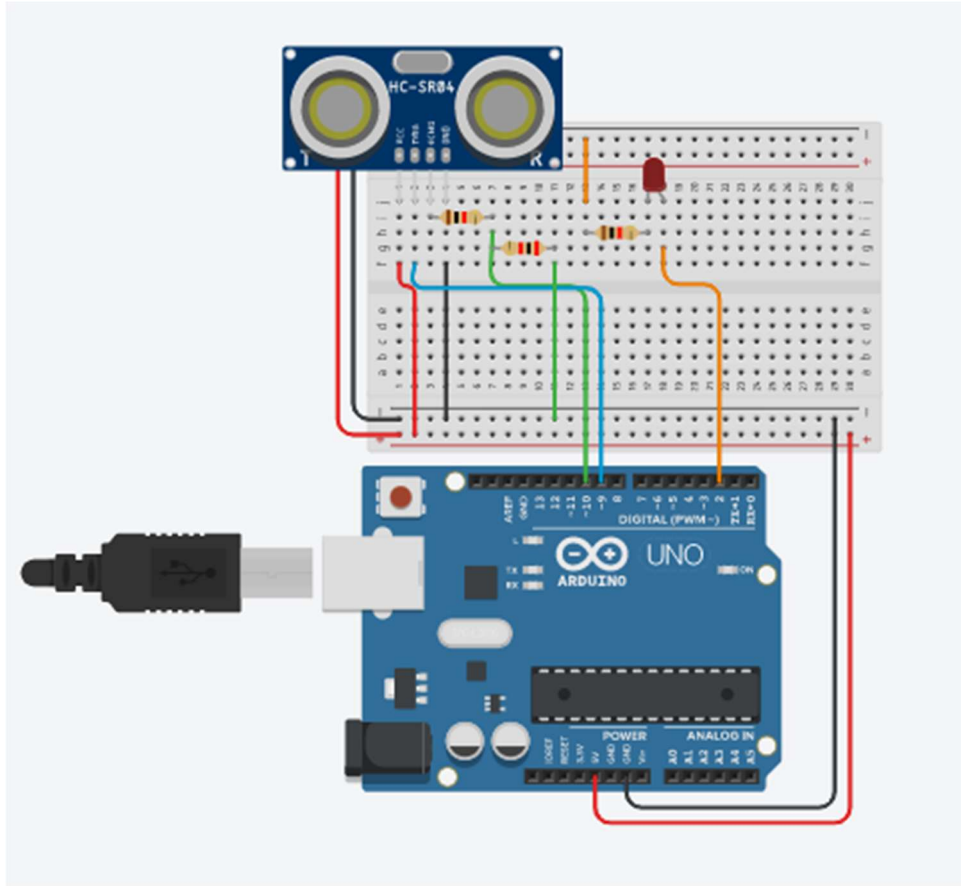
entre cliente y trabajador sea menor de 1,5 metros. Al Arduino se le ha realizado un puente de soldadura previamente en las celdas situadas al lado del pin de 5V y está alimentado vía micro-usb para poder suministrar la tensión necesaria al sensor.

El subsistema de control de distancia a mostradores está diseñado siguiendo el siguiente diagrama de actividad (Ver fig. 12):



*Figure 12: Diagrama de actividad control de mostradores*

El esquema de conexión de esta parte del proyecto es el siguiente (Ver fig. 13):



*Figure 13: Esquema de conexiones Mostrador*

#### 4.2.2 CONTROL DE AFORO

En el control de aforo el Arduino Nano 33 IoT tiene conectado en los pines 8 y 9 el Trigger del sensor HC-SR04 que es el encargado de enviar el pulso y en los pines 7 y 10 está conectado el Echo que es el encargado de recibir el pulso. En los pines 2 y 4 están los led rojo y verde que cumplen las funciones de un semáforo, cuando el aforo sea inferior al máximo el led verde está encendido y cuando sea igual o superior al permitido es el led rojo el que está encendido. Al Arduino se le ha realizado un puente de soldadura previamente en

las celdas situadas al lado del pin de 5V y está alimentado vía micro-usb para poder suministrar la tensión necesaria a los sensores.

Los datos de configuración para este subsistema son el aforo máximo de la farmacia y las dimensiones de los pasillos de entrada y salida.

Este subsistema sigue el siguiente diagrama de actividad (Ver fig. 14):

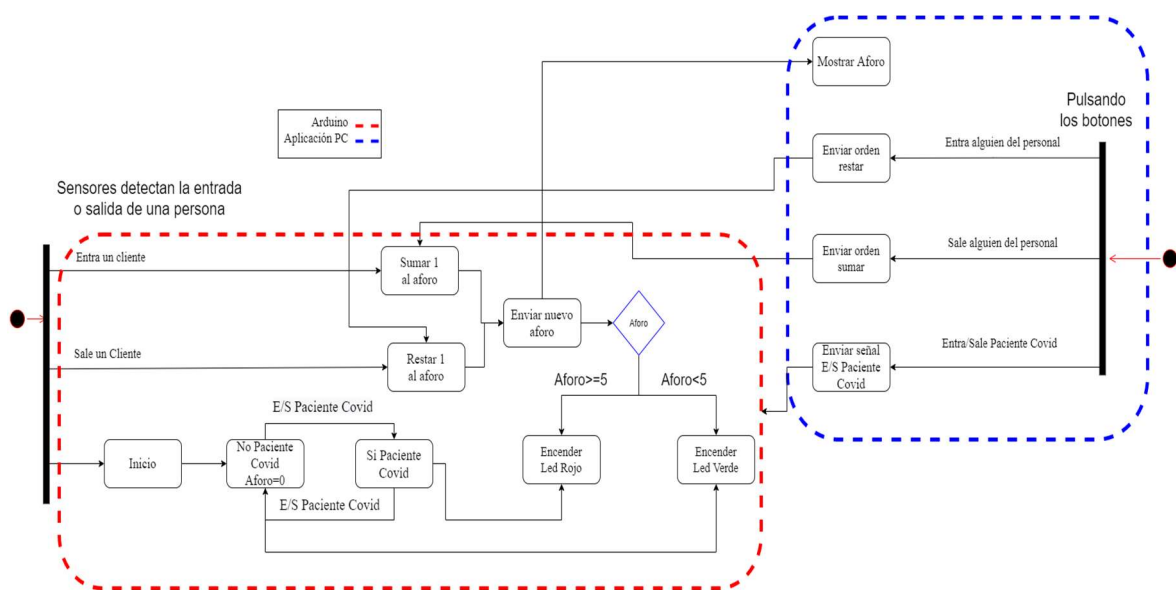
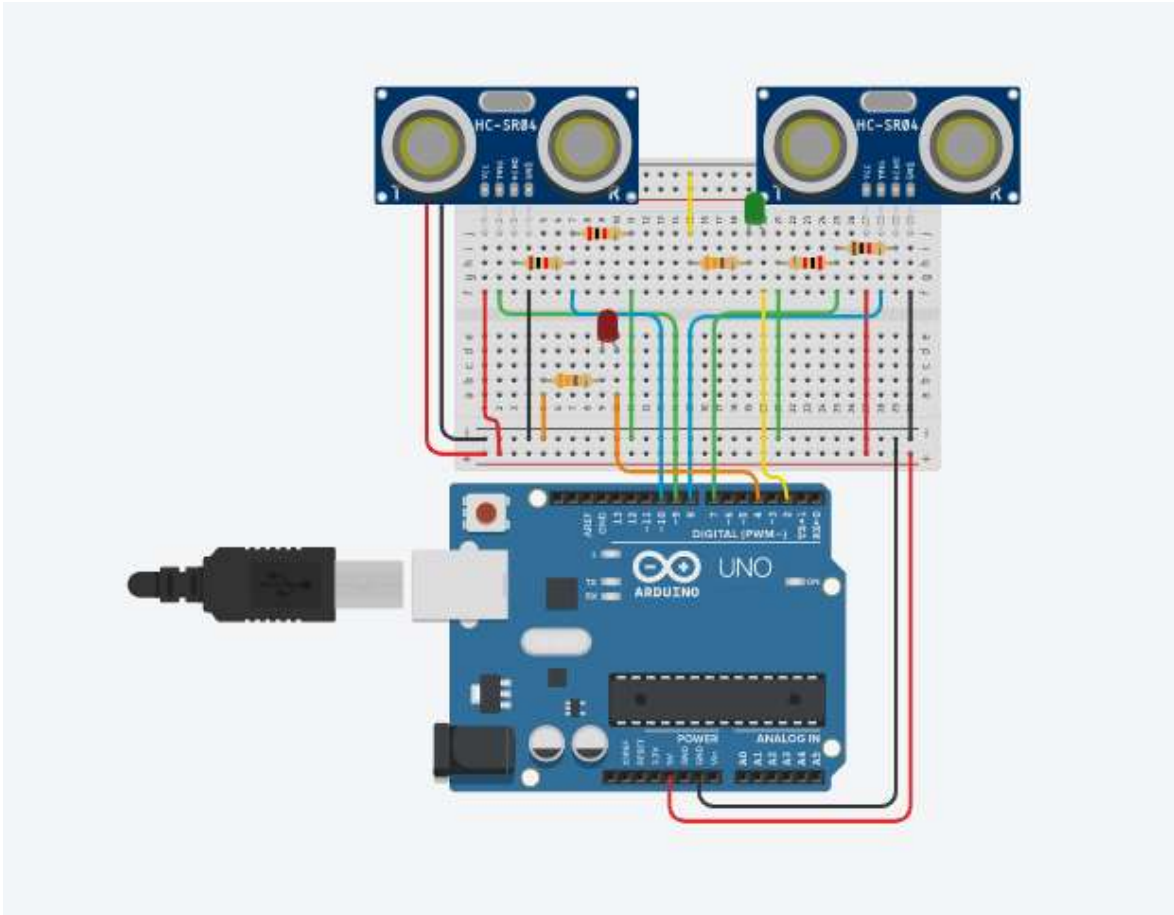


Figure 14: Diagrama de actividad control de aforo

El esquema de conexión del control de aforo es el siguiente (Ver fig. 15):



*Figure 15: Esquema de conexión del control de aforo*

El Arduino envía los datos del aforo en tiempo real por comunicación serial aprovechando la cercanía de la placa a un ordenador y su necesidad de estar alimentado vía micro-usb.

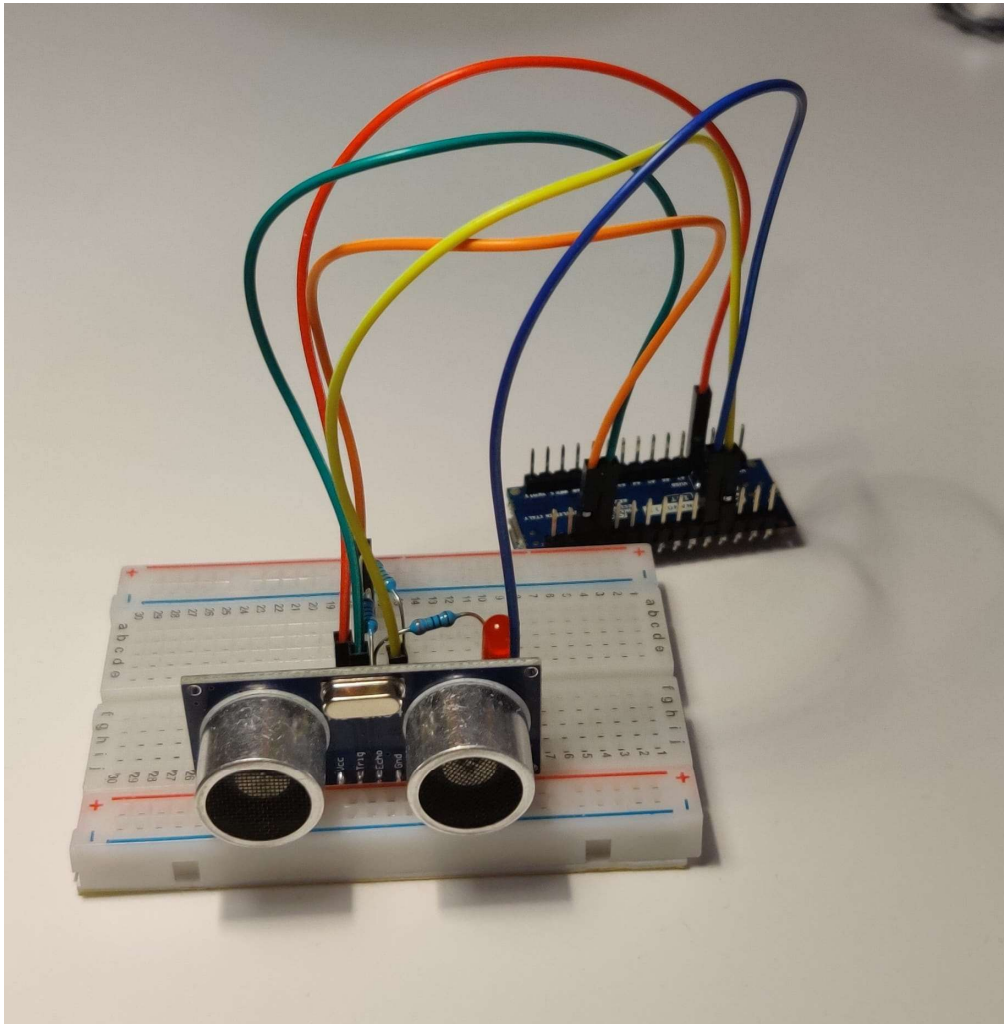
### **4.3 IMPLEMENTACIÓN**

El control de distancia mostradores está situado encima del mostrador en el punto más cercano al cliente y habría que medir el tamaño del mostrador para saber cuál es la distancia a la que el cliente puede estar del mostrador a partir de la cual no se estaría respetando el



metro y medio recomendado. Está conectado al ordenador que funciona como caja para alimentar el Arduino Nano.

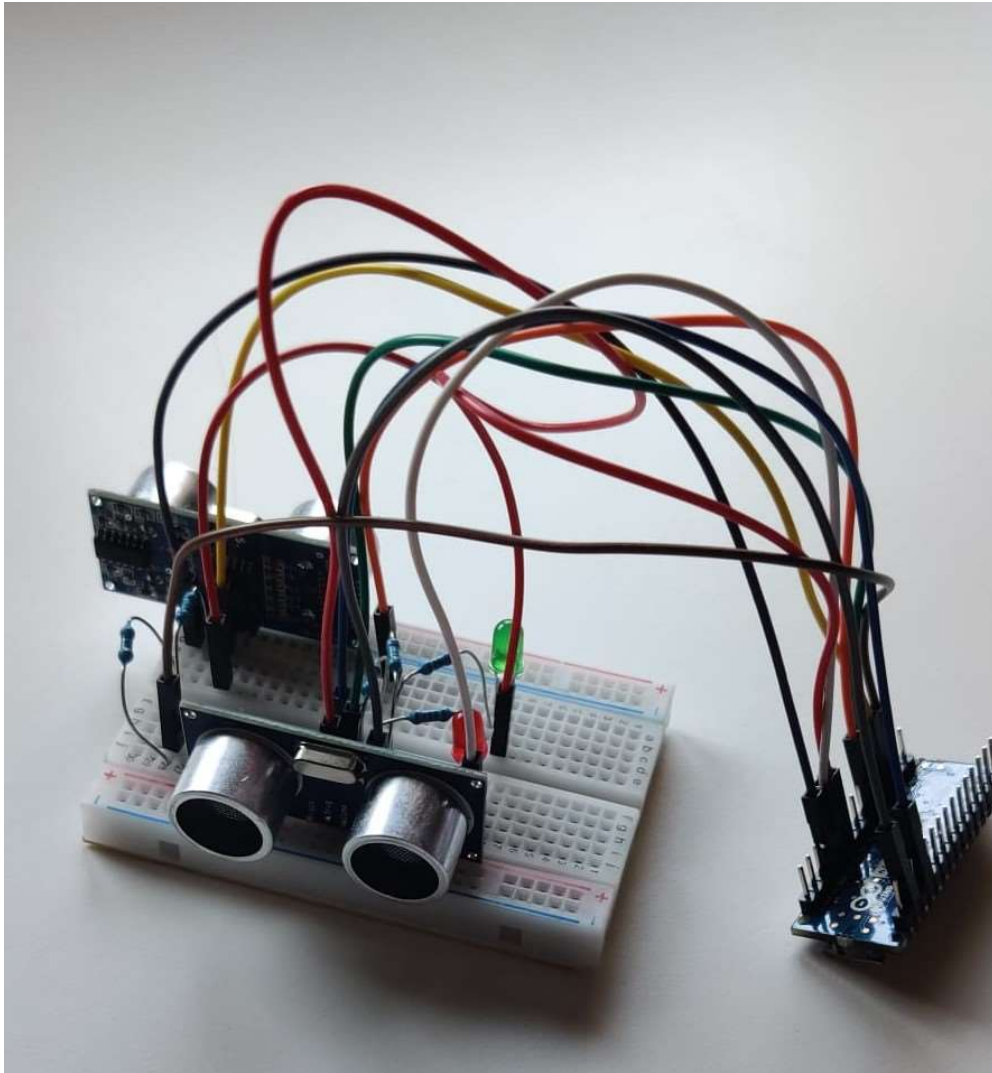
Su aspecto físico es el siguiente (Ver fig. 16):



*Figure 16: Aspecto físico control de distancia a mostradores*

El control de aforo está situado en la entrada del establecimiento para poder reconocer la entrada y salida de los clientes. Para su control debe estar conectado por usb a un ordenador donde está instalada la aplicación.

El aspecto físico del control de aforo es el siguiente (Ver fig. 17):



*Figure 17: Aspecto físico control de aforo*

## Capítulo 5. IMPLANTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### RESULTADOS

Se realizaron pruebas para comprobar que el sistema funcionaba de forma correcta y precisa, y posteriormente se adaptó para su implementación real en una farmacia. La farmacia escogida fue la Farmacia Cachero en Miguelturra (Ciudad Real).

#### 5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

El plano de la farmacia estudiada es el siguiente (Ver fig. 18):

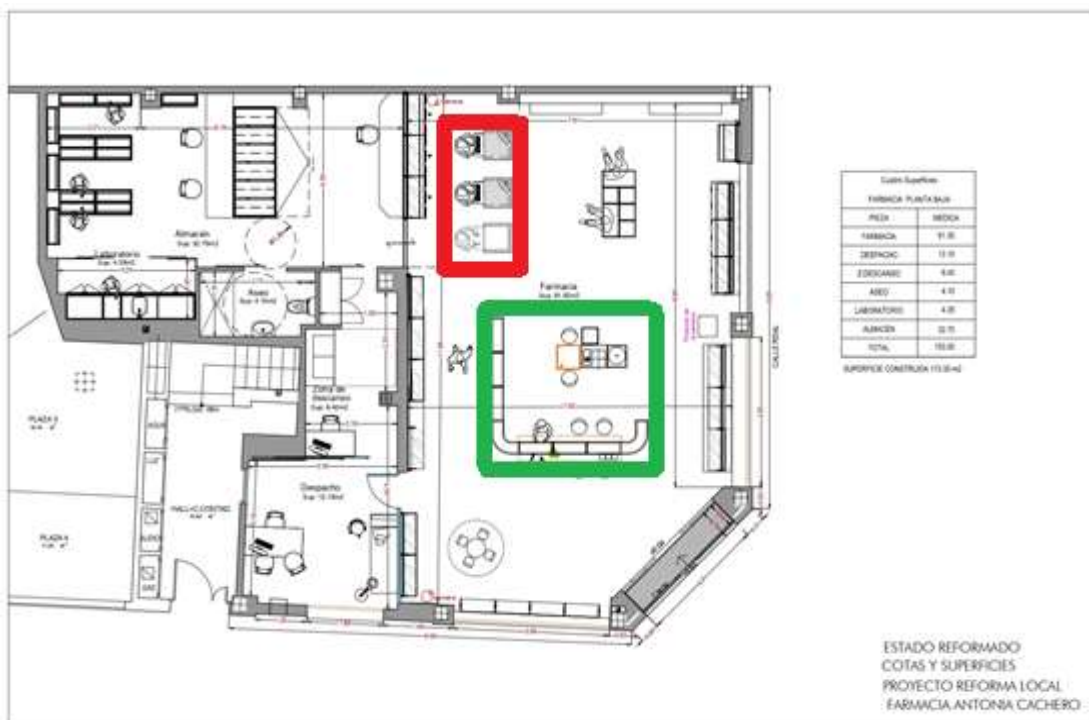


Figure 18: Plano actual de la farmacia

El control de distancias a mostradores está situado en la parte superior del plano (marcado en rojo) en los mostradores exteriores ya que el del centro no está en uso para poder mantener la distancia en el momento que haya dos clientes al mismo tiempo en mostradores.

El sensor está situado encima del mostrador en la parte más cercana al cliente. El mostrador mide 80 cm por lo que para poder mantener el metro y medio de seguridad el sistema actúa cuando el cliente está a menos de 70 cm (Ver fig. 19).



*Figure 19: Implementación del control en mostradores*

El control de aforo sin embargo se ha situado en la parte inferior derecha del cuadrado situado en el centro del plano (marcado en verde). Este control se basa en que la circulación en el interior de la farmacia funciona como una rotonda alrededor de la isleta central. El

sistema usa el ordenador situado en el interior de la isleta que es usado habitualmente para el control de la cruz exterior y para consultas dermatológicas. Los pasillos de la farmacia donde se ha implantado el sistema miden 90 cm por lo tanto cuando la distancia que detectan los sensores con el objeto más próximo es menor de 70 cm el sistema interpreta que hay una persona pasando. El otro dato necesario para la configuración del sistema es el aforo máximo que en esta farmacia es de 5 personas.

Este subsistema controla que la gente que entra por la derecha de la isleta se suma al aforo actual y la gente que sale por la derecha se resta. Los 2 sensores situados en esta parte están enfocados de tal forma que pueden detectar perfectamente la gente que entra y sale (Ver fig. 20).



*Figure 20: Implementación del control de aforo*

En esta farmacia los empleados entran siempre por el lado izquierdo de la isleta por lo que al codificar los botones de entrada y salida del personal ambos añaden una persona al aforo en tiempo real del interior de la farmacia ya que el lado izquierdo de la isleta es el de la salida de los clientes.

También se ha personalizado la aplicación para esta farmacia en concreto añadiendo su logo en la parte superior izquierda de la interfaz gráfica.

En la aplicación el usuario debe primero ver en qué puerto ha reconocido el ordenador al Arduino y ver en que baud rate (velocidad de transmisión entre el Arduino y el ordenador) trabaja, para que la aplicación pueda comunicarse con él y recibir los datos del aforo actual de la farmacia en tiempo real (Ver fig. 21). Una vez rellenados estos datos se presiona conectar y aparece la pantalla desde la cual se puede visualizar el aforo en el interior de la farmacia y en la cual están situados los 3 botones de Paciente Covid, Entrada y Salida (Ver fig. 22).

La aplicación tiene el siguiente aspecto:



*Figure 21: Aplicación del ordenador (1)*



*Figure 22: Aplicación del ordenador (2)*

## **Capítulo 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

La situación vivida actualmente en todo el mundo ha evidenciado lo poco preparados que estaban algunos países frente a escenarios como el presentado con el coronavirus. Esto lleva a pensar que todos tenemos que mejorar nuestra capacidad de reacción frente a estas situaciones. Debemos ser capaces de cambiar nuestros hábitos de vida y desarrollar nuevas soluciones de manera veloz y eficaz para poder evitar en el futuro errores como los muchos cometidos a la hora de afrontar esta pandemia.

El presente proyecto pretende ser una solución de bajo coste para poder controlar de manera efectiva que se cumplan algunas de las diferentes medidas para frenar la expansión del coronavirus. Las medidas en las que se centra este proyecto son de distanciamiento social. Éstas junto con la obligatoriedad del uso de mascarillas o gel hidroalcohólico son las mejores herramientas en la lucha frente a la pandemia que sigue aún presente. Existen ya algunas tecnologías capaces de detectar si llevas la mascarilla o si tu temperatura corporal es alta, estas serían un gran complemento al proyecto desarrollado y proveerían de gran seguridad tanto a clientes como a empleados.

El sistema diseñado es de bajo coste y adaptable para cualquier tipo de establecimiento comercial en el que la superficie interior permita una circulación de personas de manera segura, ya que existen algunos locales cuyas dimensiones son muy reducidas en las que no es posible su implementación de la manera diseñada. Para cada establecimiento sin embargo habría que realizar un estudio para ver cómo situar los diferentes subsistemas ya que cada uno tendría diferentes datos de configuración como son las dimensiones de los mostradores, el aforo máximo de las diferentes farmacias o las dimensiones de los pasillos.

Este proyecto proporciona más información a los empleados de lo que ocurre en su farmacia y podrán sentirse mucho más seguros gracias a ello. Junto a este sistema se podrían implementar muchos otros proyectos que recojan datos por medio de sensores y así ir avanzando hacia una farmacia con una domótica más compleja en la que se pueda consultar



fácilmente las condiciones de humedad y temperatura en el almacenamiento de los medicamentos o cuando se debe reponer en las estanterías exteriores. Este posible proyecto futuro mejoraría con la posibilidad de establecer una conexión wifi para la comunicación de todos los dispositivos que controlen los sensores. Sería un sistema de IoT y para ello habría que estudiar cómo implementar la comunicación servidor cliente entre los microcontroladores y el interfaz con el que interactuará el usuario. Otra posible actualización futura puede ser un seguimiento estadístico de los clientes diarios y a que hora la afluencia de gente es mayor o menor, pudiendo así gestionar los turnos del personal de manera mucho más eficaz, por ejemplo, con más personal en esos momentos del día con más clientes.

Por último, con este proyecto se intenta demostrar que ante un mundo con los avances tecnológicos como el actual debemos recurrir a ellos con mucha más frecuencia para intentar buscar soluciones y facilitar nuestras vidas. El desarrollo tecnológico es fundamental en el mundo actual y hay que seguir invirtiendo en él ya que ha sido gracias a este que la catástrofe ocasionada por el virus no ha sido mayor.

El proyecto intenta ser una solución frente a la situación vivida y al mismo tiempo se alinea con dos de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

## Capítulo 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] “BOE.es - Documento BOE-A-2020-3692.”  
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/03/14/463> (accessed Jun. 12, 2020).
- [2] “BOE-Lectura Facil.” Accessed: Jun. 12, 2020. [Online]. Available: [www.freepik.es](http://www.freepik.es).
- [3] P. S. Almeida, M. C. F. Duarte, N. M. Stefano, and I. C. Zattar, “CURRENT FRAMEWORK OF EDUCATIONAL DIGITAL BOOKS,” *Iberoam. J. Proj. Manag.*, vol. 3, no. 1, 2015.
- [4] “Medir distancia con Arduino y sensor de ultrasonidos HC-SR04.”  
<https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/> (accessed Jun. 15, 2020).
- [5] “Ultrasonic Ranging Module HC-SR04.” Accessed: Jun. 16, 2020. [Online]. Available: [www.Electfreaks.com](http://www.Electfreaks.com).
- [6] “EduPython: Midiendo distancias: el sensor ultrasónico.”  
<http://edupython.blogspot.com/2016/07/midiendo-distancias-el-sensor.html>  
(accessed Jun. 15, 2020).
- [7] “Datasheet HC-SR04.” Accessed: Jun. 16, 2020. [Online]. Available: [www.leantec.es](http://www.leantec.es).
- [8] M. Kaur, J. Pal, and M. Tech Student, “Distance Measurement of Object by Ultrasonic Sensor HC-SR04,” 2015. Accessed: Jun. 15, 2020. [Online]. Available: [www.ijsrd.com](http://www.ijsrd.com).
- [9] “Arduino Nano 33 IoT | Arduino Official Store.” <https://store.arduino.cc/arduino-nano-33-iot> (accessed Jun. 22, 2020).
- [10] “(No Title).” [https://content.arduino.cc/assets/Pinout-NANO33IoT\\_latest.pdf](https://content.arduino.cc/assets/Pinout-NANO33IoT_latest.pdf)

- (accessed Jun. 25, 2020).
- [11] “El concepto de IDE.” <https://www.redhat.com/es/topics/middleware/what-is-ide> (accessed Jun. 27, 2020).
- [12] “Software Arduino IDE - Curso de primeros pasos con Arduino.” <https://www.programoergosum.com/cursos-online/arduino/253-curso-de-iniciacion-a-arduino/software-arduino-ide> (accessed Jun. 27, 2020).
- [13] “Información general sobre Visual Studio | Microsoft Docs.” <https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2019> (accessed Jun. 30, 2020).
- [14] “(No Title).” <https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/Asesoramiento-salud-publica/infeccion-coronavirus-2019-nCoV/Documents/procedimiento-desescalada-farmacia.pdf> (accessed Jul. 03, 2020).
- [15] “INGEIN presenta la certificación ‘Clean&Safe’ para garantizar la seguridad de sus clientes en la vuelta a la actividad.” <https://www.ingein.com/actualidad/ingein-presenta-la-certificacion-cleansafe-para-garantizar-la-seguridad-de-sus-clientes-en-la-vuelta-a-la-actividad> (accessed Jul. 10, 2020).
- [16] “TC Group desarrolla soluciones tecnológicas para contar el aforo y supervisar la higiene del comercio en la desescalada.” <https://www.tcgroupsolutions.com/es/noticias/tc-group-desarrolla-soluciones-tecnologicas-para-contar-el-aforo-y-supervisar-la-higiene-del-comercio-en-la-desescalada/> (accessed Jul. 08, 2020).
- [17] “Covid-19 | Control de foro automático con fotocélulas de Panasonic.” <http://www.automaticaeinstrumentacion.com/es/notices/2020/06/covid-19-control-de-foro-automatico-con-fotocelulas-de-panasonic-46658.php#.XxBvcJ4zbIV> (accessed Jul. 02, 2020).

- [18] “Dispositivos de detección de presencia.”  
<https://ab.rockwellautomation.com/es/Sensors-Switches/Presence-Sensing> (accessed Jul. 22, 2020).

## ANEXO ODS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas fueron aprobados por todos los países miembros de esta organización con el fin de alcanzarlos todos para el 2030. La mayoría de ellos están relacionados con la salud o contribuyen indirectamente con la mejora de esta. También se centran en un aumento de la igualdad.

- Objetivo nº 1: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. El sistema desarrollado pretende ayudar a frenar la expansión del coronavirus, virus que ha causado una pandemia mundial. Este objetivo es en el que se han centrado todos los gobiernos de los diferentes países ya que el virus ha causado el fallecimiento de más de medio millón de personas. El proyecto obedece a las recomendaciones realizadas por el Gobierno de España y la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Objetivo nº 2: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Las nuevas tecnologías han sido las principales herramientas para poder luchar contra el virus. El proyecto intenta ser una solución innovadora para ser capaces de ir volviendo a la normalidad de la manera más segura posible.