



## **Sistema Embebido Sanitizante para la Reducción del Tiempo de Espera en Establecimientos con Entradas Definidas. caso de Estudio: Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas**

**Nestor Soto Rios<sup>1</sup>**

[nestorsotorios@lcardenas.tecnm.mx](mailto:nestorsotorios@lcardenas.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0009-0000-1788-4365>

Tecnológico Nacional de México

Campus Lázaro Cárdenas

Lázaro Cárdenas, Michoacán, México

**Erwin Auner Gómez Alvarado**

[erwinaunergomezalva@lcardenas.tecnm.mx](mailto:erwinaunergomezalva@lcardenas.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0009-0001-2851-1174>

Tecnológico Nacional de México

Campus Lázaro Cárdenas

Lázaro Cárdenas, Michoacán, México

**Itzel Guadalupe Ponce Bruno**

[itzelguadalupeponcebrun@lcardenas.tecnm.mx](mailto:itzelguadalupeponcebrun@lcardenas.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0009-0004-9605-6427>

Tecnológico Nacional de México

Campus Lázaro Cárdenas

Lázaro Cárdenas, Michoacán, México

**MSC. Araceli Velázquez Gutiérrez**

[araceli.velazquez@lcardenas.tecnm.mx](mailto:araceli.velazquez@lcardenas.tecnm.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3456-1709>

CVU CONACYT 907126

Tecnológico Nacional de México

Campus Lázaro Cárdenas

Lázaro Cárdenas, Michoacán, México

**M.A Jesús Rafael García Serna**

[rafael.garciase@hotmail.com](mailto:rafael.garciase@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-2571-0191>

Tecnológico Nacional de México

Campus Lázaro Cárdenas

Lázaro Cárdenas, Michoacán, México

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [kchamba2@utmachala.edu.ec](mailto:kchamba2@utmachala.edu.ec)

## RESUMEN

Durante la pandemia del SARS-CoV-2, comúnmente conocida como COVID-19, surgieron diversas dificultades y problemáticas que se observaron de manera constante durante el período de confinamiento. Uno de los principales inconvenientes fue la excesiva prolongación de los tiempos de espera en las diferentes áreas con entradas definidas, lo cual generaba congestión y largas colas de espera para ingresar a los establecimientos debido a la sanitización de vehículos, personas u objetos. El objetivo de este estudio se centra en la reducción de los extensos tiempos de espera de sanitización en los establecimientos con entradas definidas. Para abordar este objetivo, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo podemos disminuir los tiempos de espera de sanitización en los establecimientos con entradas definidas? La solución a esta problemática conlleva el desarrollo de un producto tecnológico innovador. En respuesta a la pregunta de investigación planteada, se propone la construcción de un sistema embebido como método de sanitización. Este sistema tiene como finalidad reducir los tiempos de espera de sanitización en los establecimientos con entradas definidas. El Sistema Embebido Sanitizante (SES) es un dispositivo hardware diseñado y construido con componentes electrónicos, acompañado del desarrollo de un software (WebService) que registra las características esenciales para el mantenimiento y uso del sistema de sanitización. Este sistema embebido se coloca en una carcasa diseñada, construida y patentada específicamente para ser instalada en las entradas de los establecimientos. Los resultados obtenidos mediante el uso del SES demuestran una notable mejora, ya que optimiza, acelera y reduce los tiempos de espera para la sanitización de manera significativa.

*Palabras Claves:* sistema embebido; sanitización; líneas de espera, internet de las cosas, tiempo.

# **Sanitizing Embedded System for The Reduction of Waiting Time in Establishments with Defined Entrances. Case Study: Instituto Tecnológico De Lázaro Cárdenas**

## **ABSTRACT**

During the SARS-CoV-2 pandemic, commonly known as COVID-19, several inconveniences or issues were consistently observed throughout the lockdown. Waiting times in various areas with designated entrances were excessively long, resulting in bottlenecks and long queues for accessing establishments during the sanitization process of vehicles, individuals, or objects. The objective of this study is to reduce the extensive waiting times for sanitization in establishments with designated entrances. In order to address this objective, the research question is posed: "How can we reduce the waiting times for sanitization in establishments with designated entrances?" Providing a solution to this issue leads to the development of an innovative technological product. In response to the research question, the construction of an embedded system as a sanitization method is proposed. The purpose of this embedded sanitization system (ESS) is to decrease the waiting times for sanitization in establishments with designated entrances. The ESS is a hardware device designed and built with electronic components, accompanied by the development of software (WebService) that records essential characteristics for the maintenance and use of the sanitization system. The embedded system is housed in a specifically designed, constructed, and patented enclosure to be placed at the entrances of establishments. The results obtained from the ESS show significant improvement as it optimizes, accelerates, and reduces waiting times for sanitization.

**Keywords:** *embedded system; sanitization; waiting lines; internet of things.*

*Artículo recibido 20 julio 2023*

*Aceptado para publicación: 20 agosto 2023*

## **INTRODUCCIÓN**

El siguiente artículo aborda un estudio de investigación sobre un problema persistente y evidente: los largos tiempos de espera de los vehículos para la sanitización en las entradas designadas de los establecimientos durante la pandemia. La considerable cantidad de tiempo que las personas debían esperar para desinfectar sus vehículos ha impulsado el desarrollo de este proyecto de investigación. En el planteamiento se menciona que existe un prolongado tiempo de espera para ingresar a los establecimientos que cuentan con entradas definidas a un estacionamiento. Por lo tanto, se establecen objetivos generales y específicos con la intención de lograr resultados satisfactorios.

Los tiempos de espera para acceder a empresas, universidades o establecimientos comerciales a través de entradas designadas para vehículos en estacionamientos, se han vuelto excesivamente largos. Esto ha sido especialmente evidente durante el proceso de sanitización para los conductores de los vehículos.

Es necesario abordar de manera integral este problema conocido como congestión vehicular, y por ello, el desarrollo de este proyecto tiene como objetivo automatizar el proceso de sanitización de los vehículos, que hasta ahora se llevaba a cabo de manera manual, con el fin de agilizar y optimizar este procedimiento tradicional.

Se han establecido las variables de estudio, lo cual destaca la formulación de la hipótesis que permitirá comprobar su validez o, en caso contrario, su invalidez. Esto se logrará mediante la recopilación de información de una muestra específica de la población analizada, en este caso, en el Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas.

La hipótesis planteada establece que: "El uso de un sistema embebido como método de sanitización reducirá el tiempo de espera de la sanitización en las entradas de los establecimientos con estacionamiento".

A lo largo del artículo, se irá evaluando y contrastando si esta hipótesis es afirmada o refutada.

## **METODOLOGÍA**

### **Investigación**

El tema de la sanitización indica que "Ante la emergencia sanitaria del Covid-19, las autoridades de varios países implementaron estructuras sanitizantes (túneles, cámaras, arcos) en accesos a espacios públicos o instalaciones sanitarias" (Piña et al., 2013, p. 155).

La Organización Internacional del Trabajo (2020) recomienda que "Los vehículos de empresas, establecimientos y escuelas también deben limpiarse regularmente (manijas de las puertas, interiores) y equiparse con productos de higiene y desinfección de manos, toallas de papel y bolsas de basura" (p. 33).

En el acceso al Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, se busca mantener a todas las personas de la institución protegidas contra virus y bacterias, y una de las medidas implementadas es la correcta sanitización del personal que ingresa a las instalaciones.

La sanitización se realiza manualmente por los vigilantes de la entrada. Consiste en que, en la entrada designada, la persona utiliza gel antibacterial y luego el vigilante le aplica un sanitizante.

El Gobierno de Jalisco (2020) afirma que "La implementación de estas medidas ayudará a minimizar y prevenir riesgos para el personal, proveedores y clientes de contraer el nuevo coronavirus, considerando que nos encontramos en una nueva normalidad operativa" (p. 56).

Asimismo, los tiempos de espera son excesivamente largos al querer ingresar a una empresa, universidad o establecimiento comercial a través de entradas designadas para vehículos en un estacionamiento, lo cual ha generado demoras significativas en la sanitización para los conductores de los vehículos.

Antes, durante y después de la pandemia causada por el SARS-CoV-2, la población en general ha buscado desinfectar todo tipo de objetos presentes en nuestra vida cotidiana.

Nuestro objetivo es realizar esta misma sanitización de manera más eficiente y automatizada para evitar largas filas de espera. Para lograr esto, hemos propuesto la instalación de dispositivos sanitizantes en los laterales de la entrada, los cuales se encargarán de rociar el sanitizante de manera delicada y automatizada.

Esta acción se llevará a cabo cada vez que se detecte a una persona o vehículo, sin pérdida de tiempo, para que, una vez sanitizados, puedan ingresar al instituto. El tipo de estudio aplicable a este proyecto es de enfoque cuantitativo, por lo cual se "Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías" (Collado et al., 2014, Pág. 4).

Es por esto que tomaremos mediciones de tiempo de acuerdo a la muestra obtenida y observar, negar o aceptar la hipótesis planteada.

También es un tipo de estudio correlacional, el cual Collado et al. (2014b) definen como aquel estudio donde “Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (pág. 94).

Es decir, que la variable independiente X será el sistema embebido sanitizante el cual resolverá el problema. Mientras que la variable dependiente Y se refiere al tiempo de espera de los automóviles en las entradas definidas de un estacionamiento

El tipo de diseño empleado para este proyecto se basa en el establecimiento de tiempos de espera y niveles que se trabajan para la resolución de la problemática a resolver.

El tipo de estudio a implementar son los estudios observacionales donde:

“El Factor de estudio no es asignado por los investigadores, sino que estos se limitan a observar, medir y analizar determinadas variables, sin ejercer un control directo sobre el factor de estudio” (Ibáñez, 2008).

El tipo de diseño que se utilizará será de tipo Longitudinal:

Fitzmaurice (1998) (como se citó en el artículo de Arnau & Bono, 2008) dice que son “Medidas repetidas es que tanto la variable de respuesta como el conjunto de covariables son repetidamente medidas a lo largo del tiempo” (Pág. 33).

**El manejo y manipulación de los datos a obtener, es de tipo prospectivo, lo cual significa que:**

Inician con la observación de ciertas causas presumibles y avanzan longitudinalmente en el tiempo a fin de observar sus consecuencias. La investigación prospectiva se inicia, por lo común, después de que la investigación retrospectiva ha producido evidencia importante respecto a determinadas relaciones causales. (Vázquez, 2008, pág. 11).

Por el número de variables, la investigación es analítica de acuerdo con Veiga et al. (2008) “el investigador pretende relacionar causalmente algún factor de riesgo o agente causal con un determinado efecto, es decir, pretende establecer una relación causal entre dos fenómenos naturales” (Pág. 82).

El resumen de la metodología utilizada para este proyecto se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 1.- Resumen del diseño de la investigación.**

Enfoque de Investigación	Cuantitativo
Nivel de Investigación	Aplicativo
Tipo de Estudio	Observacional
Tipo de Diseño	Longitudinal
Por el manejo de los datos	Prospectivo
Por el número de variables	Analítico
Tipo de Hipótesis	Causal
Relación entre variables	Correlacional

**Se tienen 2 instrumentos de medición para este presente trabajo:**

1. Una encuesta de satisfacción del cliente, esto mediante una encuesta, con preguntas cerradas con 9 preguntas cerradas (4 con opciones del 1-9 y 5 con opciones de A y B).

Donde los niveles de medición son en base a la escala de Likert:

1=Malo 2=Regular 3=Indiferente 4=Bueno 5=Excelente

En base a preguntas de Sí y No:

A=Si=2, B=No=1

2. Tiempo de espera que se tomará un rango de espera entre 30 a 45 segundos, donde se detectará al automóvil o a la persona a cierta persona y dicho tiempo que transcurre

Para el proceso de recolectar los datos de satisfacción del producto, se otorgará una encuesta donde viene el cuestionario, para que la persona pueda llenar la hoja del cuestionario correspondiente después de que haya sido sanitizado, esto para no influir en el tiempo de espera de sanitización.

Para el tiempo de espera que hay en el proceso de sanitización entre cada persona o automóvil, recolectaremos dicho tiempo de espera en segundos mediante el prototipo creado.

El analizar los datos, nos da lugar a poder realizar gráficas, cálculos de estadística básica, porcentajes, muestra, para cada una de nuestras dimensiones.

Para poder obtener un rango de fiabilidad al aplicar las encuestas en nuestro caso de estudio, se procede a utilizar el Alfa de Cronbach, para observar que tan fiable es el indicador de las variables analizadas

de un conjunto de items de dicho instrumento de medición.

Como criterio general, George y Mallery (2003) nos sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach, siendo mayor a cero punto siete (0.7) aceptable (Pág. 231),

La población a estudiar son los establecimientos con entrada definida, esto quiere decir que escuelas, empresas y centros comerciales que cumplan con esta característica puede ser implementado el proyecto.

Esta investigación se realiza en el Tecnológico Nacional De México Campus Lázaro Cárdenas Michoacán México, donde utilizando la fórmula para determinar la muestra de una población determina nos dice lo siguiente:

**Figura 1.- Formula para determinación de la muestra**

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2(N-1) + Z^2 \sigma^2}$$

*Figura 1.- Ecuación para obtener el tamaño de la muestra poblacional. Fuente: Martí (2018)*

**Dónde:**

n = es el tamaño de la muestra poblacional a obtener.

N = es el tamaño de la población total.

$\sigma$  = representa la desviación estándar de la población. En caso de desconocer este dato es común utilizar un valor constate que equivale a 0.5.

Z = es el valor obtenido mediante niveles de confianza. Su valor es una constante, por lo general se tienen dos valores dependiendo el grado de confianza que se desee siendo 99% el valor más alto (este valor equivale a 2.58) y 95% (1.96) el valor mínimo aceptado para considerar la investigación como confiable.

e = representa el límite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09), siendo 5% (0.5) el valor estándar usado en las investigaciones. (Muguira, 2022, Párr. 3, 7-11).

## **PROTOTIPO**

El Sistema Embebido Sanitizante para establecimientos con una entrada definida está diseñado para automatizar el proceso de sanitización de las manos de las personas que ingresan a un establecimiento en un intento por reducir la propagación de enfermedades contagiosas.

El sistema utiliza varias piezas para lograr esto, incluyendo un servomotor de 180 grados capaz de mover una engrane que, a su vez, mueve una franja que activa un sanitizante. También hay un Arduino Uno, que es la unidad central de procesamiento que controla todas las partes del sistema, así como un sensor de movimiento (PIR) y un sensor de proximidad ultrasónico.

El Arduino Uno es alimentado a 5 voltios, al igual que el servomotor, que también es alimentado por 5 voltios. Los sensores, por otro lado, son alimentados desde el Arduino.

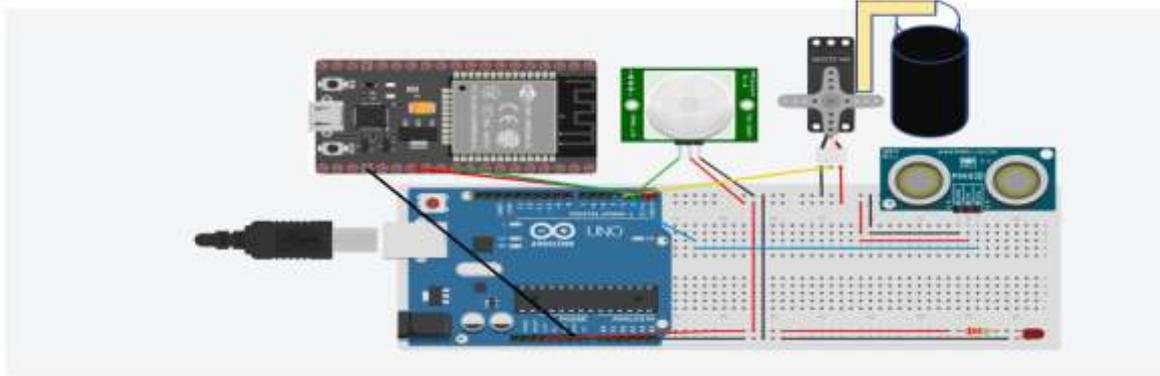
El funcionamiento del sistema es el siguiente: cuando una persona se acerca al sistema, el sensor de movimiento (PIR) detecta su presencia y envía una señal al Arduino Uno para que active el servomotor.

El servomotor gira el engrane, lo que a su vez mueve la franja que activa el sanitizante. El sensor de proximidad ultrasónico se encarga de medir la distancia entre la persona y el sistema, para asegurarse de que el sanitizante se disperse en su cuerpo.

Una vez que la persona ha recibido la cantidad adecuada de sanitizante, el servomotor regresa la franja a su posición original y el sistema se reinicia, listo para la próxima persona que se acerque.

En resumen, el Sistema Embebido Sanitizante utiliza un conjunto de piezas, como se observa en la imagen 2, incluyendo un servomotor, un Arduino Uno, sensores de movimiento y proximidad ultrasónica, y un sanitizante, para detectar y desinfectar a las personas que ingresan a un establecimiento,

**Figura 2.- Diagrama y esquema del sistema embebido.**



*Figura 2.- Esquema del sistema embebido. Fuente: Elaboración Propia.*

### **DESCRIPCIÓN DE LAS PIEZAS:**

**Servomotor:** El servomotor es un tipo de motor que puede girar en un ángulo específico y controlarse con precisión mediante señales de control. En el caso del Sistema Embebido Sanitizante, se utiliza un servomotor de 180 grados y 13 kg de fuerza de torque para moverla franja que activa el sanitizante.

**Engrane:** El engrane es una pieza que se mueve mediante el servomotor. Cuando el servomotor gira, la engrane se mueve y, a su vez, mueve la franja que activa el sanitizante.

**Franja:** la franja es una pieza que se mueve cuando el engrane lo activa. La franja tiene la facilidad de moverse hacia abajo para accionar el sanitizante y hacia arriba por lo que regresa a su posición original.

**Sanitizante:** El sanitizante es un líquido desinfectante que se utiliza para matar las bacterias y virus en las manos. En el Sistema Embebido Sanitizante, el sanitizante se dispensa automáticamente cuando la persona se coloca, ya sea por un lado o debajo del dispensador.

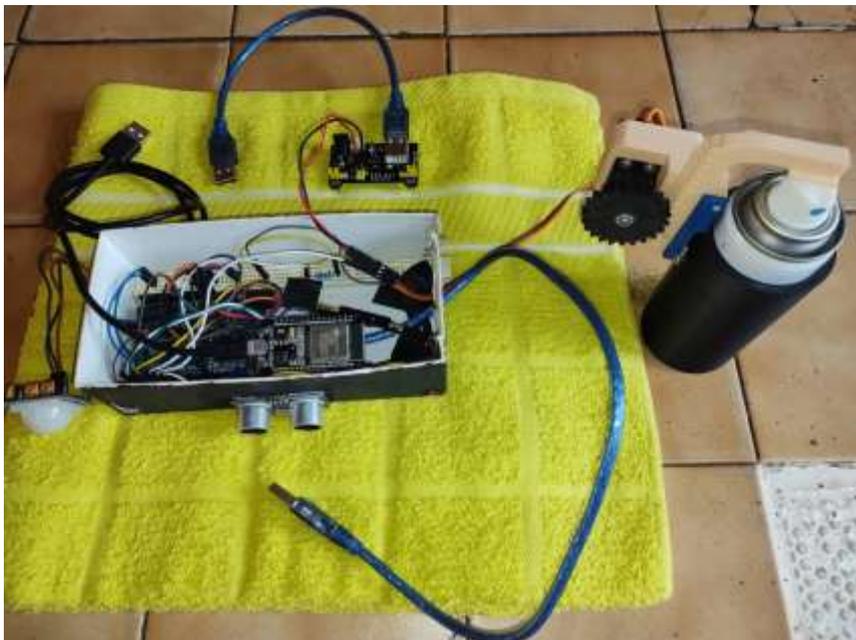
**Arduino Uno:** El Arduino Uno es la unidad central de procesamiento que controla todas las partes del sistema. El Arduino recibe señales de los sensores de movimiento y proximidad ultrasónica, y envía señales al servomotor para activar la franja y al sanitizante para dispensar la cantidad adecuada de líquido.

**Sensor de movimiento (PIR):** El sensor de movimiento (PIR) detecta el movimiento de las personas que se acercan al sistema. Cuando se detecta un movimiento, el PIR envía una señal al Arduino para que active el servomotor y el sanitizante.

**Sensor de proximidad ultrasónico:** El sensor de proximidad ultrasónico mide la distancia entre la

persona y el sistema para asegurarse de que el sanitizante llegue a sus manos. Cuando se detecta que una persona está lo suficientemente cerca, el sensor envía una señal al Arduino para dispensar el sanitizante. En conjunto, todas estas piezas trabajan en conjunto para crear un sistema automático que detecta la presencia de personas y dispensa sanitizante para mantener un ambiente limpio y libre de gérmenes, tomando en cuenta que también les da seguridad a las personas en el contexto de la salud. Se puede observar la construcción del sistema embebido en físico de acuerdo a los componentes utilizados, como se observa en la siguiente imagen:

**Figura 3.-** Sistema Embebido Sanitizante conectado, con la carcasa y el cilindro del sanitizante.



*Figura 3.- Sistema Embebido Sanitizante. Fuente: Elaboración Propia*

Donde se puede observar la construcción de un soporte para los sanitizantes, construido con filamentos mediante una impresora 3D, en la siguiente imagen se puede observar:

**Figura 4.-** Base para el sanitizante construido con filamentos mediante impresora 3D



*Figura 4.- Base de Sanitizante. Fuente: Elaboración Propia.*

**Procedimiento: calculo de fuerza aplicada en una boquilla aspersora mediante un servomotor (utilizandoun dinamometro).**

Se colocó el dinamómetro en línea con la dirección en la que se aplicará la fuerza. En este caso, el dinamómetro se colocó en línea con el eje del servomotor.

Se ajustó el dinamómetro a cero girando la perilla o el tornillo que permite ajustar la posición inicial del resorte dentro del dinamómetro.

Se conectó el dinamómetro al brazo o palanca del servomotor. Para ello, se utilizó un gancho o una abrazadera que sujetó el dinamómetro y permitió conectarlo con la pieza del servomotor que se mueve.

Se realizó una prueba de fuerza. Se activó el servomotor para que moviera la pieza que activa el sanitizante y se registró la fuerza que se leyó en el dinamómetro en el momento en que se activó el sanitizante. En este ejemplo, se midió una fuerza de 0.462 N.

Se convirtió la fuerza leída en el dinamómetro de Newtons a kilogramos o kilogramo-fuerza. Para ello, se dividió la fuerza en Newtons por  $9.81 \text{ m/s}^2$ , que es la aceleración debida a la gravedad. El resultado de esta división es la fuerza en kilogramos o kilogramo-fuerza. En este ejemplo, la fuerza es de 0.047 kg o 0.047 kilogramo-fuerza.

**Fórmula:**

$$\text{Fuerza (kg)} = \text{Fuerza (N)} / 9.81 \text{ m/s}^2$$

**Donde:**

*Fuerza (kg)* es la fuerza en kilogramos o kilogramo-fuerza

*Fuerza (N)* es la fuerza en Newtons

*9.81 m/s<sup>2</sup>* es la aceleración debida a la gravedad

Es importante recordar que el procedimiento debe realizarse varias veces para asegurarse de que la fuerza medida sea consistente y precisa. Además, se deben tomar en cuenta las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, ya que estas pueden afectar la lectura del dinamómetro.

Para el funcionamiento del sistema, fue programado en el IDE de arduino, donde en la siguiente serie de imágenes se puede observar línea por línea de código que acción realiza:

**Figuras 5,6,7,8,9,10.-Carrete de imágenes del código programado**

```
PROYECTO_SISTEMA_EMBEBIDO_SANITIZANTE
#include "Ultrasonic.h" //Libreria del sonar
#define ECHO 3
Ultrasonic ultrasonic(4,ECHO); //Trigger, Echo
// Señal acustica
#include "pitches.h" //Libreria que contiene las notas musicales
int sonido = NOTE_E5; //Declaramos la nota musical elegida como el sonido
int led = 6; //PIN usado para LED
int PIR = 2; //PIN usado para Sensor
int sonar; //Declaramos la variable
int pirState = LOW; // de inicio no hay movimiento
int val = 0; // estado del pin
int EI=0, NEst=0;
unsigned long tiempo = pulseIn(ECHO, HIGH); //variable que almacena el tiempo
const float sonid = 34300.0; // Velocidad del sonido en cm/s

#include <Servo.h> // Incluimos la libreria para poder controlar el servo
Servo servoMotor; // Declaramos la variable para controlar el servo

void setup() {
  pinMode(led,OUTPUT); //Declaramos el LED de tipo salida
  pinMode(PIR,INPUT); //Declaramos al sensor de tipo entrada
  servoMotor.attach(5); // Iniciamos el servo para que empiece a trabajar con el pin
  Serial.begin(9600); //Inicio de la comunicacion serie a 9600 baudios
  servoMotor.attach(5); // Iniciamos el servo para que empiece a trabajar con el pin 9
}
```

**Figura 5.- Parte 1 del código. Fuente: Elaboración Propia**

```
PROYECTO_SISTEMA_EMBEBIDO_SANITIZANTE

#include "Ultrasonic.h" //Libreria del sonar
#define ECHO 3
Ultrasonic ultrasonic(4,ECHO); //Trigger, Echo
// Señal acustica
#include "pitches.h" //Libreria que contiene las notas musicales
int sonido = NOTE_E5; //Declaramos la nota musical elegida como el sonido
int led = 6; //PIN usado para LED
int PIR = 2; //PIN usado para Sensor
int sonar; //Declaramos la variable
int pirState = LOW; // de inicio no hay movimiento
int val = 0; // estado del pin
int EI=0, NEst=0;
unsigned long tiempo = pulseIn(ECHO, HIGH); //variable que almacena el tiempo
const float sonid = 34300.0; // Velocidad del sonido en cm/s

#include <Servo.h> // Incluimos la libreria para poder controlar el servo
Servo servoMotor; // Declaramos la variable para controlar el servo

void setup() {
  pinMode(led,OUTPUT); //Declaramos el LED de tipo salida
  pinMode(PIR,INPUT); //Declaramos al sensor de tipo entrada
  servoMotor.attach(5); // Iniciamos el servo para que empiece a trabajar con el pin
  Serial.begin(9600); //Inicio de la comunicacion serie a 9600 baudios
  servoMotor.attach(5); // Iniciamos el servo para que empiece a trabajar con el pin 9
}
}
```

**Figura 6.- Parte 2 del Código. Fuente: Elaboración Propia**

```
PROYECTO_SISTEMA_EMBEBIDO_SANITIZANTE

void loop() {
  val = digitalRead(PIR);
  if (val == HIGH) //si está activado
  {
    digitalWrite(led, HIGH); //LED ON
    sonar = ultrasonic.Ranging(CM); //Leemos la distancia del sonar

    //La funcion ultrasonic.ranging(cm) viene declarada en la libreria del sonar
    //Calcula la distancia a la que rebota una señal enviada basandose en el
    //tiempo que tarda en recorrer dicha distancia, devolviendonos la distancia
    //en centimetros, lista para utilizar en casos de medicion por ultrasonidos.

    while (sonar < 18) //Mientras que la distancia sea menor a 60 cm
    {
      digitalWrite(led,HIGH); //SI el valor es igual a HIGH, encendemos el LED
      delay(50);

      noTone(7); //Mantenemos el sonido apagado
      delay(sonar*20); //Delay dependiente del valor del sonar. Si la distancia se reduce
      //el delay es menor y la señal acustica sonara con mayor frecuencia.
      //Si la distancia aumenta, el delay aumenta, disminuyendo la frecuencia
      //con la que suenan los pitidos.

      tone(7, sonido); //Señal acustica de aviso
      delay(100); //Delay para mantener la señal acustica 0,1 segundos minimo

      noTone(7); //Apagamos el sonido
    }
  }
}
```

**Figura 7.-** Parte 3 del Código. Fuente: Elaboración Propia.

```
PROYECTO_SISTEMA_EMBEBIDO_SANITIZANTE

digitalWrite(led,LOW);          //SI el valor es igual a HIGH, encendemos el LED
delay(50);

while (sonar < 12)             //Si la distancia del sonar es menor que 10 cm
{

    digitalWrite(led,HIGH);     //SI el valor es igual a HIGH, encendemos el LED
    delay(sonar*10);

    tone(7, sonido);           //Suena sin interrupciones indicando la proximidad del objeto
    sonar = ultrasonic.Ranging(CM); //Distancia del sonar
    delay(sonar*10);
    noTone(7);

    digitalWrite(led,LOW);     //SI el valor es igual a HIGH, encendemos el LED
    delay(sonar*10);
}
```

**Figura 8.-** Parte 4 del Código. Fuente: Elaboración Propia.

```
PROYECTO_SISTEMA_EMBEBIDO_SANITIZANTE

if(2<=sonar && sonar<=4){
    digitalWrite(led,HIGH);
    tone(7, sonido);
    delay(400);
    tone(7, sonido);
    // Desplazamos a la posición 0°
    servoMotor.write(0);
    // Esperamos 1 segundo
    delay(3000);
    // Desplazamos a la posición 90°
    servoMotor.write(90);
    delay(3000);
    servoMotor.write(0);
}
}
sonar = ultrasonic.Ranging(CM); //Leemos la distancia del sonar para volver a empezar
}
if (pirState == LOW) //si previamente estaba apagado
{
    Serial.println("Sensor activado");
    pirState = HIGH;
}
}
```

**Figura 9.-** Parte 5 del Código. Fuente: Elaboración Propia.

```

{
digitalWrite(led, LOW); // LED OFF
if (pirState == HIGH) //si previamente estaba encendido
{
Serial.println("Sensor parado");
pirState = LOW;
}
}
if(pirState == LOW && EI==0)
{
Serial.println("Sensor parado");
pirState = LOW;
EI++;
}
}
}

```

**Figura 10.-** Parte 6 del Código. Fuente: Elaboración Propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente proyecto y prototipo que fue desarrollado, se observa el comportamiento del funcionamiento de un sistema embebido en el área de la sanitización, lo cual sorprende el como ayuda a agilizar las cosas, esto mediante la observación de la comparativa de los tiempos de espera de antes y después del uso del sistema embebido sanitizante, dando un resultado muy maravilloso, debido a que el tiempo promedio por sanitización alcanzaban hasta los 2 minutos, sin embargo, al ir desarrollando el sistema embebido sanitizante, se ha observado que el tiempo de sanitización es de 30 segundos, para esto observar la siguiente imagen:

**Figura 11.-** Tiempo en segundos obtenido para esta investigación desarrollando el prototipo.

Tiempo en Segundos	<b>Promedio</b>	<b>30</b>
	<b>Media</b>	30
	<b>Moda</b>	30
	<b>Mediana</b>	30
	<b>Mínimo</b>	30
	<b>Máximo</b>	45
	<b>Número de intervalos</b>	9
	<b>Rango</b>	15
	<b>Amplitud del intervalo</b>	2
	<b>Varianza</b>	0.489382479
	<b>Desviación Estándar</b>	0.700939938

**Figura 11.-** Obtención de datos utilizando el prototipo desarrollado. Fuente: Elaboración Propia

Después de implementar el prototipo del sistema embebido sanitizante en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas observamos una reducción en los tiempos de espera, de 30 segundos

contra el proceso manual, que era alrededor de 120 segundos y como se observa en la tabla siguiente

**Figura 12.**

*Regla de 3 utilizada para observar el porcentaje obtenido entre antes y después de utilizar el prototipo desarrollado.*

Tiempo de espera	Porcentaje
120	100
30	X

$$x = \frac{30 \cdot 100}{120} = \frac{3000}{120} = 25$$

*Figura 12.- Regla de 3 mostrando el porcentaje de duración en 30 segundos.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

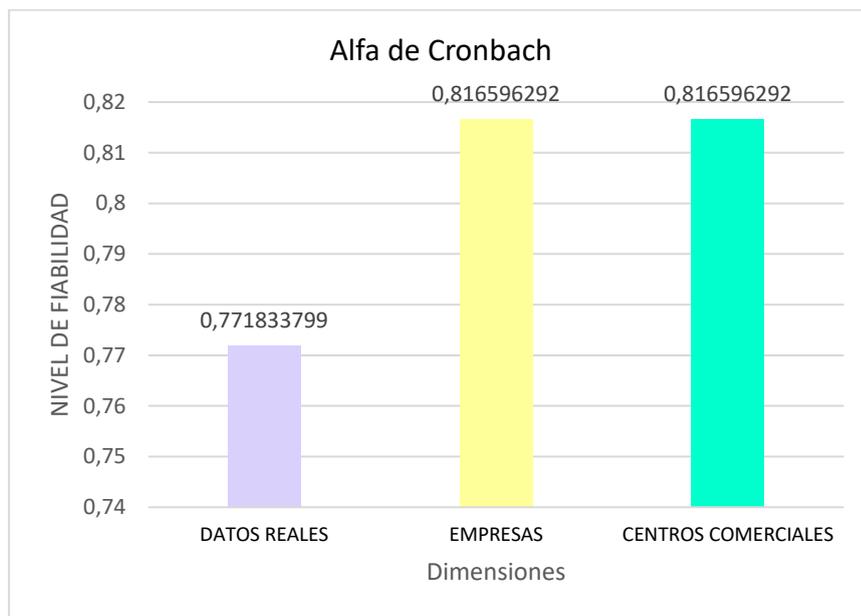
Entonces restando 100-25 %, podemos observar una **mejoría del 75% del tiempo de espera de sanitización.**

Es por esto que podemos AFIRMAR la hipótesis de investigación:

**"El uso de un sistema embebido como método de sanitización reducirá el tiempo de espera de la sanitización en las entradas de los establecimientos con estacionamiento".**

Así mismo, durante la recopilación de datos estadísticos, para poder observar el nivel de satisfacción de las personas sobre el producto, de acuerdo a un análisis de Cronbach realizado, podemos observar en la siguiente figura el comportamiento en distintas dimensiones que se pueden implementar:

**Figura 13.-**Coeficiente Alfa de Cronbach para el nivel de fiabilidad en las dimensiones.



**Figura 13.-**Grafica de alfa de Cronbach en las distintas dimensiones. Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que el nivel de satisfacción o viabilidad del proyecto en distintas dimensiones es aceptado por los usuarios.

Es por esto que la construcción de un sistema embebido, ya sea en cualquier ámbito, podrá ayudar a resolver problemáticas del día cotidiano, esto para que sea considerado por futuros desarrolladores y tomen la iniciativa de construir sistemas embebidos automatizados e innovados.

## CONCLUSIONES

A lo largo de este presente trabajo investigativo, frente a lo planteado con anterioridad, nos da paso a los investigadores a poder usar nuevas tecnologías de desarrollo, para poder automatizar casos de trabajos que se hacen manual, no es la excepción para la sanitización a establecimientos con entradas, esto ya que luego provoca el embotellamiento o tiempos de esperas largos, es por esto que el desarrollar un sistema embebido sanitizante, de acuerdo al objetivo principal, de la mano con los objetivos específicos que fueron logrados da lugar a obtener una respuesta muy positiva de acuerdo al desarrollo del proyecto y del producto hardware, esto es observado en los resultados obtenidos, se sugiere a los próximos desarrolladores que tomen la iniciativa de trabajar con sistemas embebidos con casos de la vida cotidiana, ya que permiten resolver problemáticas del día a día por más simple que sean ya que

permite automatizar, agilizar e innovar las tareas a realizar.

El nivel de aceptación de acuerdo a lo observado y analizado de las encuestas y de datos estadísticos realizados, da lugar que sí sean viables y factibles desarrollar este tipo de productos hardware, de la mano de un sistema software, dependiendo de las necesidades y requerimientos del usuario.

#### **LISTA DE REFERENCIAS**

*Gobierno de Jalisco (2020). Protocolo de acción ante Covid-19.*

*[https://coronavirus.jalisco.gob.mx/wp-](https://coronavirus.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/200525Jalisco_Educacion_Media_protocolo_de_accion_ante_Covid19.pdf)*

*[content/uploads/2020/05/200525Jalisco\\_Educacion\\_Media\\_protocolo\\_de\\_accion\\_ante\\_Covid19.pdf](https://coronavirus.jalisco.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/200525Jalisco_Educacion_Media_protocolo_de_accion_ante_Covid19.pdf)*

*Ibáñez, C. (2008, February 8). Estudios epidemiológicos: generalidades | Salud Pública y algo más.*

*[https://www.madrimasd.org/blogs/salud\\_publica/2008/02/22/85165](https://www.madrimasd.org/blogs/salud_publica/2008/02/22/85165)*

*Organización Internacional del Trabajo. (2020). Prevención y mitigación de COVID-19 en el trabajo para pequeñas y medianas empresas. ILO. Recuperado 11 de septiembre de 2022, de*

*[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/publication/wcms_753623.pdf)*

*[lab\\_admin/documents/publication/wcms\\_753623.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/publication/wcms_753623.pdf)*

*Piña, M., Rodríguez, G., Sandoval, V. M., Pérez, G., & González, L. (2021). Eficacia y seguridad de túneles y sustancias sanitizantes para prevención del SARS-CoV-2 y otros virus respiratorios.*

*Salud Pública De México, 63(2, Mar-Abr), 155-157. <https://doi.org/10.21149/12432>*