



UNIVERSIDAD AMERICANA DE ACAPULCO
“EXCELENCIA PARA EL DESARROLLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL

AUTÓNOMA DE MÉXICO

CLAVE DE INCORPORACIÓN 8852-16

**“AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS DE
DESINFECCIÓN EN AMBIENTES CONTROLADOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

PRESENTA

JULIO CÉSAR TAGLE ARCOS

DIRECTOR DE TESIS

M.C. DAVID JAIME GONZALEZ MAXINEZ



ACAPULCO, GUERRERO 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la vida que tanto me ha dado, por permitirme tener y disfrutar de mi familia, gracias a ellos por apoyarme siempre en cada decisión y proyecto, cada día que pasa me demuestran que la vida es bella y justa a la vez, gracias por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por siempre creer en mí y gracias a la vida por permitirme tenerlos a mi lado.

El camino hasta ahora no ha sido sencillo, pero gracias a sus aportes, su amor, inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado más sencillo. Mi agradecimiento y gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia, es infinito.

DEDICATORIA

A mi ángel, que me cuida y protege desde la inmensidad del universo, siempre estuvo presente conmigo, en cada derrota y en cada triunfo, su ausencia duele, pero parte de su recuerdo vive a través de esta tesis porque su ilusión y esperanza de que la concluyera siempre estuvo presente.

Te amo papá, ahora y siempre, te amo por toda mi existencia, Susano Tagle Álvarez.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
JUSTIFICACIÓN	10
HIPÓTESIS	11
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
CAPÍTULO 1.- PANDEMIA.....	14
INTRODUCCIÓN	15
1.1 ¿Qué es una pandemia?.....	15
1.2 Diferencia entre brote, pandemia y epidemia.....	16
1.2.1 Brote	17
1.2.2 Epidemia.....	17
1.2.3 Pandemia	17
1.3 Causas y efectos de una pandemia	17
1.4 Como se origina una pandemia	18
1.4.1 Fases de una pandemia	18
1.5 Pandemias Mundiales	20
1.5.1 Peste de Justiniano	20
1.5.2 Peste negra	21
1.5.3 Viruela	22
1.5.4 Gripe española	23
1.5.5 Gripe asiática.....	24
1.5.6 Gripe de Hong Kong.....	25
1.5.7 Virus de Inmunodeficiencia Adquirida (VIH)	26
1.6 Estadísticas del coronavirus.....	27
CAPÍTULO 2.- MECANISMOS DE CONTROL DE UNA PANDEMIA	29
INTRODUCCIÓN	30
2.1 Vacunas	30
2.1.1 Quienes fabrican una vacuna	30

2.1.2	Componentes de las vacunas.....	31
2.1.3	Tipos de Vacunas	32
2.1.4	Clasificación de las vacunas.....	34
2.2	Aplicación de las vacunas	35
2.2.1	Vías de administración de las vacunas.....	35
2.2.2	Intercambiabilidad de las vacunas.....	36
2.2.3	Compatibilidad entre diferentes vacunas.....	36
2.2.4	Precauciones de las vacunas	37
2.2.5	Contraindicaciones de las vacunas	38
2.2.6	Profilaxis de las reacciones posvacunales	38
2.2.7	Las vacunas y la sociedad.....	39
2.2.8	Las vacunas e inmunización en América.....	39
2.3	Cuarentena	40
2.3.1	¿Qué es la cuarentena?	40
2.3.2	El origen de la cuarentena.....	40
2.3.3	La cuarentena en México “Prevención & Recuperación”	41
2.3.4	Medidas correctivas de cuarentena	42
2.3.5	Duración de la cuarentena o el aislamiento.....	43
2.4	Agentes desinfectantes	44
2.4.1	Desinfectantes.....	44
2.4.2	Antisépticos	45
2.4.3	Diferencia entre Desinfectante y Antiséptico	45
2.4.4	Agentes oxidantes	45
2.5	Ácidos	46
2.5.1	Ácido bórico.....	46
2.5.2	Ácidos orgánicos	46
2.6	Alcoholes.....	46
2.6.1	Alcohol etílico.....	47
2.6.2	Isopropanol.....	47
2.6.3	Aldehídos (formol)	47
2.6.4	Halógenos y compuestos halogenados	47
2.7	Yodo y derivados	47
2.7.1	El yodo elemental	48

2.8	Cloro.....	49
2.8.1	Cloraminas	49
2.8.2	Compuestos metálicos	49
2.9	Desinfectantes	51
2.9.1	Formaldehído.....	51
2.9.2	Glutaraldehído	51
2.9.3	Hipoclorito sódico	51
2.9.4	Detergentes.....	52
2.10	Fenoles y derivados	52
2.10.1	Cloroxilenol	53
2.10.2	Hexaclorofeno.....	53
2.10.3	Cresol	53
2.10.4	Triclosán	53
2.11	Soluciones para desinfectar en tiempos de COVID-19.....	53
CAPÍTULO 3.- SISTEMAS DE CONTROL PARA APLICACIÓN DE DESINFECTANTES		55
INTRODUCCIÓN		56
3.1	Descripción del sistema	56
3.1.1	Descripción de funcionamiento.....	58
3.2	Funcionamiento de cada subsistema.....	58
3.2.1	Sistema de alimentación.....	58
3.2.2	Sensor ultrasónico	59
3.2.3	Display de cristal líquido “LCD”.....	63
3.3	Inicialización del Display de Cristal Líquido.....	65
3.3.1	Introducción de datos al LCD	66
3.4	Microcontrolador ARDUINO UNO & ARDUINO MEGA.....	70
3.4.1	Microcontrolador Atmega 2560 AVR	72
3.5	Tecnología LED & Buzzer	73
3.6	Sanitizadores automáticos	74

CAPÍTULO 4.- DISEÑO, PROGRAMACION Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION DEL SANITIZADOR	75
INTRODUCCIÓN	76
4.1 Diseño de la estructura de desinfección para manos.....	76
4.2 Programación del display de cristal líquido LCD	80
4.2.1 Arduino UNO vs Arduino Mega.....	83
4.3 Descripción global del código final	84
4.3.1 Para describir iniciamos con la asignación de terminales.....	85
4.3.2 Void Setup	87
4.3.3 Void Loop	88
APÉNDICE 1	90
CONCLUSIÓN	93
REFERENCIAS.....	94
BIBLIOGRAFIA	94
ÍNDICE DE TABLAS	96
INDICE DE FIGURAS	97

INTRODUCCIÓN

Las causas de muerte en los seres humanos han sido atribuidas a diversos factores dependiendo de la época; sean sociales (guerra), por desastres naturales (inundaciones, terremotos), enfermedades y algunas otras causas. En la antigüedad las muertes por enfermedades eran atribuidas al enojo de los dioses, posteriormente con el descubrimiento de los virus¹ y bacterias², todas las enfermedades que ocasionaban la muerte se asignaban a estos patógenos que afectaban al ser humano.

A través de la historia estas enfermedades han podido ser eliminadas o controladas gracias a los avances médicos y científicos que permiten identificar tanto las causas como los remedios para cada enfermedad, en la antigüedad se utilizaban plantas medicinales o fármacos desarrollados por los médicos en base a su experiencia.

Un método de prevención de enfermedades es la aplicación de vacunas, la primera vacuna fue desarrollada en 1776 por el médico rural Edward Jenner, fue contra el virus de la viruela, virus que causaba infinidad de muertes en todo Europa. El Dr. Alexander Fleming en 1928, descubre la penicilina, sustancia utilizada en casos de emergencia para eliminar diversas infecciones en el cuerpo humano. Sin embargo, existen otros tipos de virus o bacterias que no pueden ser identificados de manera oportuna ocasionando muertes y estragos nivel mundial, ese tipo de virus ocasiona las pandemias.

¹. El primer virus registrado lo hizo el microbiólogo Martinus Beijerinck en 1899, Virus - Wikipedia.

². Las primeras bacterias fueron observadas por el holandés Anton van Leeuwenhoek en 1676,

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El virus mortal de este siglo denominando Coronavirus o también llamado COVID-19 o SARS-COV2 ha cobrado la vida de miles de personas en el planeta y modificado de manera alarmante la forma de convivir en grupo dentro de las sociedades modernas, de manera sorpresiva la invasión mortal de este virus ha hecho que los humanos busquen de alguna manera y aún sin un plan o estrategia bien definida como combatir, reducir o eliminar a este patógeno.

Hasta el momento las autoridades a nivel mundial consideran que la transmisión se realiza de manera viral y que el patógeno puede introducirse al cuerpo humano por la nariz, boca , ojos u oídos, más sin embargo y debido a que el ser humano usa en su mayoría un lenguaje de comunicación verbal se ha recomendado a la población el uso de cubre bocas como primera medida de prevención, la segunda consiste en que debido a que el virus es estacionario y puede mantenerse en cualquier superficie se recomienda que el humano deben constantemente de desinfectarse las manos continuamente.

Esta segunda fase de prevención es donde centro mi trabajo de tesis, debido a que actualmente laboro en unidades médicas, con mucha densidad de población y en donde el ser humano constantemente toca superficies donde el virus puede estar latente. Con mi trabajo se busca reducir el contagio o una posible expansión del virus a través del diseño de un sanitizador automático que permita desinfectar las manos de cada una de las personas que entren a una unidad médica.

JUSTIFICACIÓN

Las unidades médicas; ambulancias, hospitales, consultorios, etc., son la primera línea de defensa del ser humano, tanto para la prevención como para la cura del patógeno coronavirus, estas unidades médicas deben de tener un estricto control de prevención, tanto para el personal que labora en ese lugar como para las personas que visitan a sus pacientes.

Este proyecto de sanitización o desinfección automática para personal o visitantes es altamente útil y necesario para evitar y prevenir contagios que ocasionen la muerte del ser humano, es de bajo costo y fácilmente replicable para las distintas unidades médicas.

HIPÓTESIS

La desinfección automática que se desarrolla como propuesta en este trabajo tiene como finalidad no ser invasiva, no producir dolor y de aplicación en corto tiempo; la finalidad de la herramienta utilizada para la desinfección será la de generar confianza al pasar por este filtro de sanitización.

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema electrónico de sanitización automática para manos, programable de manera secuencial o de manera simultánea con regulación de tiempo de aplicación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el sistema de alimentación para los subsistemas del sanitizador.
- Desarrollar la programación del microcontrolador ATmega para cada subsistema del sanitizador.
- Diseñar la estructura para la inserción y desinfección de manos.
- Programar los elementos de interface y de visualización al usuario.
- Establecer los sistemas de recarga del sanitizador.

CAPÍTULO 1.- PANDEMIA

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades han existido en el ser humano desde sus comienzos, pero no todas las enfermedades son iguales, hay enfermedades que ocasionan algunas dolencias o malestares leves; pero existen otros tipos de enfermedades de aparición repentina que pueden ser letales para el ser humano, capaz de infectar y amenazar a toda una población, país o continente.

Actualmente estamos sufriendo una **pandemia** causada por el virus SARS-COV2, mejor conocido como COVID-19 (por sus siglas en ingles Coronavirus Covid19) el cual se ha expandido por todo el mundo provocando aislamiento social a nivel global y en donde los gobiernos de cada país toman diferentes medidas de distanciamiento físico para evitar el contagio y propagación de esta enfermedad.

Existen registros de pandemias mortales desde el año 3500 a de C, las primeras se registraron cuando las enfermedades amenazaban a toda una civilización como la tuberculosis ocasionando en su mayoría cambios o transformaciones en la sociedad e incluso pudieron haber influido el curso de la historia.

1.1 ¿Qué es una pandemia?

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se llama pandemia a la propagación mundial de una nueva enfermedad⁴. Estas son enfermedades nuevas que aparecen y en poco tiempo atacan a toda una población, las pandemias son capaces de atravesar fronteras y provocar contagios masivos a nivel mundial, cambiando en su mayoría el destino de las regiones y de las personas que se ven afectadas de manera directa o indirecta por ellas, tanto a nivel personal, como a niveles económicos y sociales.

En teoría, cualquier virus o bacteria que ataque al ser humano pueden convertirse en pandemia si los seres humanos no tienen defensas o un sistema inmunológico que pueda combatirlo, como muestra de ello, están los virus de la viruela, H1N1 también llamada influenza, el virus del ébola, el virus de VIH (Virus de Inmunodeficiencia Humana) que causa el SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Humana), virus de diferentes tipo que se consideran o se consideraron pandemias en sus respectivos momentos, ya que en el caso de las tres primeras ya existen vacunas para combatirlos por lo que ya no son consideradas pandemias en la actualidad, incluso llegando al punto de prácticamente extinguir el virus (en el caso de la viruela y del ébola), pero en el caso del VIH aún no existe una cura, aunque se es posible disminuir significativamente el avance y progreso de la enfermedad con una estricta terapia antirretroviral.

⁴ ¿Qué es una pandemia?, Organización Mundial de la Salud, https://www.who.int/csr/disease/swineflu/frequently_asked_questions/pandemic/es/

En todos los casos al momento de infectarse de alguno de los virus antes mencionados, tienen o tenían en su momento un alto índice de mortalidad y una facilidad para propagarse.

Es claro que las pandemias han sido ocasionadas por diferentes tipos de virus que afectan diferentes sistemas del cuerpo humano, aun así, los virus que han ocasionado pandemias de manera más recurrente han sido los virus gripales, estos virus infectan generalmente a los animales, los cuales, al estar en contacto recurrente con el ser humano, establecen una probabilidad más alta de ser transferido a las personas.

La gripe pandémica tiene varios aspectos muy similares a una gripe estacional, un ejemplo de ello es que las dos, tanto la gripe estacional como la pandémica, pueden llegar a contagiar a todos los grupos de edades si tienen contacto con el virus, ocasionar padecimientos o malestares; en la gripe estacional le sigue una recuperación, que, en algunos casos, no necesita algún tipo de tratamiento en especial. Esta gripe estacional, su índice de mortalidad está íntimamente relacionada con las personas de la tercera edad, y en el peor de los casos, se complica con personas que padezcan enfermedades inmunosupresoras o algún tipo de padecimiento en el sistema u órganos en los que afecta el virus.

Por el otro lado, la gripe pandémica no solo ataca a los grupos más vulnerables, este virus puede ocasionar graves casos en personas más jóvenes y que incluso no padezcan de alguna enfermedad crónica, lo que ocasiona que un mayor número de personas desarrollen algún tipo de neumonía y hace que sea mortal incluso para los jóvenes.

Si comparamos entonces el número de personas que pueden enfermarse gravemente de una gripe estacional o una gripe pandémica, aunque en los dos casos pueden variar, se puede observar que existe un mayor número de personas que se enferman de gravedad por la gripe pandémica que por la gripe estacional, ya que en la primera, el cuerpo no cuenta con algún tipo de inmunidad o de defensas contra ese virus desconocido y agresivo para el ser humano, el cual aumenta su índice de contagio y de mortalidad, en la temporada invernal.

1.2 Diferencia entre brote, pandemia y epidemia

Hay muchos términos médicos que hacen referencia a la propagación de las enfermedades, pero estos términos muchas veces se emplean de manera equivocada, haciendo referencia a lo mismo cuando sus denotaciones hacen referencias a casos completamente diferentes, o, mejor dicho, sus diferencias están prácticamente definidas por el tamaño y la extensión de la propagación.

De acuerdo con los especialistas y los organismos internacionales de la salud, las diferencias entre pandemia, epidemia y brote están bien definidas, tanto por sus límites, como por las etapas de cada situación.

1.2.1 Brote

Para llegar a una pandemia hay una serie de fases definidas por organismos de salud internacionales. De acuerdo con los epidemiólogos, **un brote epidémico** es la primera clasificación que se le da a una enfermedad nueva que aparece repentinamente, esta se da en un lugar específico y en un determinado momento.

1.2.2 Epidemia

La siguiente fase, es lo que se cataloga como epidemia cuando de forma acelerada una enfermedad se propaga, esto debido a que el brote no se pudo controlar de manera efectiva y conforme pasa el tiempo, el número de contagios sigue en aumento. Por lo consiguiente, aumenta el número de casos en una región geográfica específica.

1.2.3 Pandemia

Por último, está la tercera y última fase que es la pandemia, en esta última etapa, para que se pueda declarar una enfermedad como estado de pandemia, se tienen que cumplir dos criterios: la primera, que el brote epidémico se haya esparcido a más de un continente, y el segundo criterio, es que los casos de cada país con contagios, estos ya no sean importados sino provocados por transmisión dentro de la misma sociedad.

1.3 Causas y efectos de una pandemia

Como se mencionó anteriormente, una pandemia ocurre cuando aparece un nuevo virus que muta por lo general de uno ya existente dando origen a un nuevo virus para el ser humano y sobre el cual no poseemos las defensas naturales necesarias para combatirlo, por lo que la propagación del virus se da rápidamente y con resultados mortales. De acuerdo con la OMS “Organización Mundial de Salud” y el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC), agencia dedicada al desarrollo de métodos para la prevención de enfermedades y su aplicación⁴, las pandemias pueden ocurrir por varios factores:

- Que aparezca un virus nuevo, que no haya circulado previamente y, por lo tanto, no exista población inmune a él.
- Mutación de un virus o bacteria por el contacto continuo con el ser humano, la mayor parte de los casos el agente portador es un animal.

- El huésped se hace más susceptible de ser atacado por algún agente contaminante.
- Aumento de las vías de transmisión, como por ejemplo que cierto virus ya no se transmita solo por el aire, sino también a través de fómites u objetos inanimados.
- Que un agente se introduzca en un ambiente donde antes no había estado, razón por la cual el medio en cuestión no cuenta con los mecanismos de defensa necesarios.
- Aumento de la virulencia del agente. Que el virus tenga la capacidad de transmitirse de persona a persona de forma eficaz.
- Que el virus sea capaz de producir casos graves de enfermedad.

Las consecuencias o efectos de una pandemia al igual que las mismas, son muy variadas, aunque, gran parte de las pandemias tienen consecuencias en común, existen aquellas en la que cambia la magnitud y gravedad de las consecuencias o de los efectos.

1.4 Como se origina una pandemia

Una de las características que mejor definen a una pandemia es la gran facilidad con la que la enfermedad se contagia y pasa de una persona a otra. Este alto grado de contagio propicia dos cosas. La primera, que el número de personas infectadas por el virus en cuestión crece muy rápidamente y la segunda es que el número de países que se ven afectados crece igualmente rápido. Al tratarse de un virus de origen animal, la mayoría de los seres humanos carecen de las defensas necesarias para combatirla, lo que propicia su rápida propagación. Irónicamente, las personas que más en contacto están con la especie animal de la que haya brotado el virus son las que más preparadas están para hacer frente a la enfermedad, ya que han desarrollado las defensas necesarias para hacerle frente

1.4.1 Fases de una pandemia

En una pandemia existen varias fases que nos van indicando el avance y la propagación del virus, estas fases van marcando el tipo de propagación y de los tiempos en que se tienen que tomar las medidas de control y de salubridad correspondientes para la prevención del contagio y evitar que el virus continúe propagándose, las fases de una pandemia se describen en la siguiente tabla 1.1.

<p style="text-align: center;">FASE 1</p>	<p>Se dan cuenta del virus en otros países. Se adoptan algunas acciones ante la posible llegada de casos. De acuerdo con la OMS, durante este periodo, conociendo el avance del virus en otros países, se establecen hospitales para la atención de casos futuros y se comienza a establecer un protocolo sanitario en los puntos de ingreso al territorio, como fronteras y aeropuertos.</p>
<p style="text-align: center;">FASE 2</p>	<p>La fase de contención inicia cuando se tienen identificadas a las personas que traen el virus desde el extranjero (casos importados). Se aplican protocolos de aislamiento. Las medidas de prevención de contagio se vuelven más enfáticas: distanciamiento social, lavado de manos, por ejemplo.</p>
<p style="text-align: center;">FASE 3</p>	<p>El contagio comunitario implica que aparecen casos locales de personas que no han estado en contacto directo con los casos importados, es decir, el virus ya está en la comunidad. La cuarentena obligatoria se convierte en una medida a aplicar.</p>
<p style="text-align: center;">FASE 4</p>	<p>El virus se dispersa en la comunidad: es casi imposible trazar un mapa de contagio y el número de casos se incrementan. Para evitar que la curva se acelere se restringe la movilidad en el país.</p>
<p style="text-align: center;">FASE 5 Y 6</p>	<p>La última fase de la pandemia se da cuando las medidas anteriores no han sido aplicadas con éxito y el número de casos salen de control. Se llega al pico más alto. Las medidas siguen siendo extremas: se prohíbe la movilidad por completo.</p>

Tabla 1.1. Fases de una pandemia

1.5 Pandemias Mundiales

1.5.1 Peste de Justiniano

El Imperio bizantino se encontraba en uno de sus momentos de mayor esplendor cuando una epidemia de peste vino a oscurecer el mandato del emperador Justiniano. Era la primera epidemia de peste de la que se tiene constancia. La enfermedad el miedo y la histeria se expandió por toda Constantinopla, una ciudad de casi 800.000 habitantes, a una velocidad vertiginosa. Y de allí a todo el imperio, incluso el propio Justiniano fue víctima de la peste, aunque terminó recuperándose.

Al final de la epidemia, la capital imperial había perdido casi el 40% de su población, y en todo el imperio se había cobrado la vida de 4 millones de personas. Las consecuencias económicas fueron catastróficas, pues hubo momentos en que el número de muertos superaba el de vivos. Muchos historiadores ven este debilitamiento como una de las líneas divisorias entre el ocaso de la Antigüedad y la floreciente Edad Media en la figura 1.1 se muestra una ilustración de los estragos de una pandemia.



Figura 1.1. Foto ilustrativa de muertos en una pandemia Erich Lessing / Album

1.5.2 Peste negra

La peste negra era - y sigue siendo, pues hay brotes activos en la actualidad- la humanidad vivió el peor brote de esta enfermedad a mediados del siglo XIV (entre 1346 y 1353). Era conocida por sus antecedentes, sin embargo, se ignoraba por completo tanto sus causas como su tratamiento.

La gran velocidad de propagación, la convirtió en una de las mayores pandemias de la historia. Solo cinco siglos más tarde se descubrió su origen animal, concretamente en las ratas, que durante la Edad Media convivían en las grandes ciudades con las personas e incluso se desplazaban en los mismos transportes – barcos, por ejemplo- hacia ciudades lejanas, portando el virus consigo.

Los números que dejó tras de sí esta epidemia son estremecedores. Por ejemplo, según los datos que manejan los historiadores, la península Ibérica habría perdido entre el 60 y 65% de la población y en la región italiana de la Toscana entre el 50 y el 60%. La población europea pasó de 80 a 30 millones de personas, en la figura 1.2 se muestra una ilustración de la época.



Figura 1.2. Foto ilustrativa de la peste negra Foto: Oronoz / Album

1.5.3 Viruela

El llamado virus variola, cuya afectación en los seres humanos es conocida desde hace por lo menos 10,000 años, es el causante de la enfermedad conocida como viruela. Figura 1.3. Su nombre hace referencia a las pústulas que aparecían en la piel de quien la sufría. Era una enfermedad grave y extremadamente contagiosa que diezmo la población mundial desde su aparición, llegando a tener tasas de mortalidad de hasta el 30%. Se expandió masivamente en el nuevo mundo cuando los conquistadores empezaron a cruzar el océano afectando de manera terrible una población con defensas muy bajas frente a nuevas enfermedades y en Europa tuvo un periodo de expansión dramático durante el siglo XVIII, infectando y desfigurando a millones de personas. Afortunadamente, es una de las dos únicas enfermedades que el ser humano ha conseguido erradicar mediante la vacunación.

Precisamente, fue luchando contra esta enfermedad cuando se descubrió la primera vacuna. Primero, Lady Montagu hizo unas observaciones claves en Turquía y casi 100 años más tarde, Edward Jenner probó científicamente su eficacia. En 1977 se registró el último caso de contagio del virus, que desde entonces se considera extinguido.

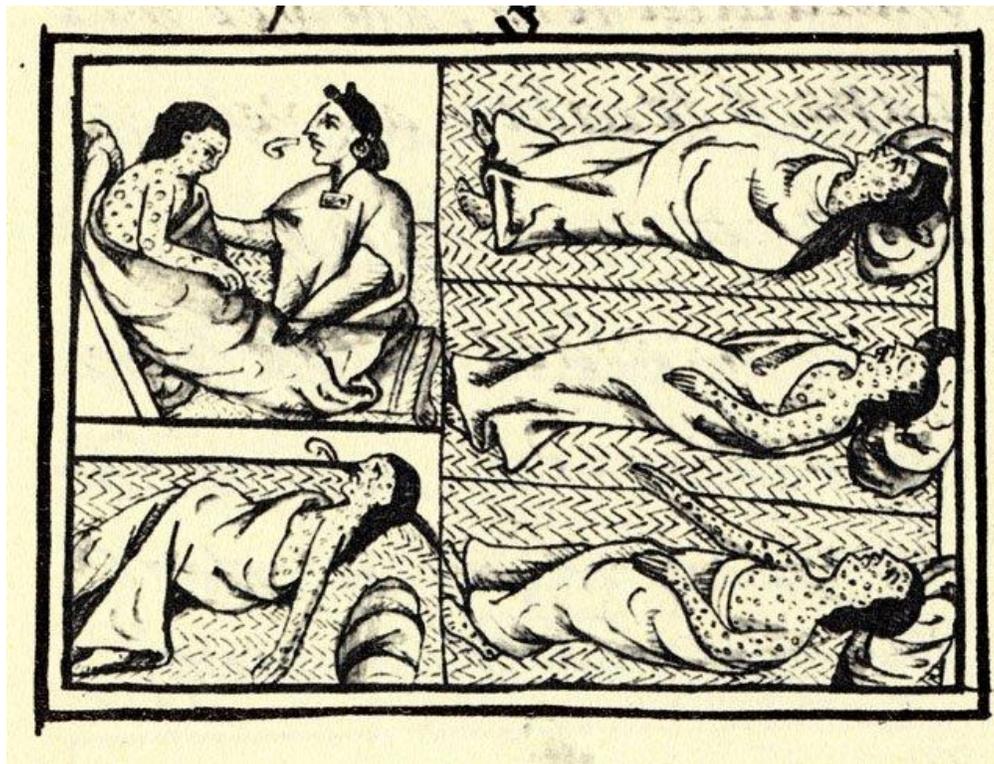


Figura 1.3. Ilustración sobre el efecto de la viruela

1.5.4 Gripe española

En marzo de 1918, durante los últimos meses de la Primera Guerra Mundial (1914-1919), se registró el primer caso de gripe española, paradójicamente, en un hospital de Estados Unidos. Fue bautizada así porque España se mantuvo neutral en la Gran Guerra y la información sobre la pandemia circulaba con libertad, a diferencia de los demás países implicados en la contienda que trataban de ocultar los datos. Esta virulenta cepa del virus de la gripe se extendió por todo el mundo casi al tiempo que las tropas se repartían por los frentes europeos. Los sistemas de salud se vieron desbordados y las funerarias no daban abasto.

Estudios recientes han revelado datos más precisos. Se estima que la tasa global de mortalidad fue de entre el 10 y el 20 por ciento de los infectados, llegando a morir, en todo el mundo, entre 20 o 50 millones de personas. Hay quien incluso se atreve a decir que pudieron ser 100 millones, figura 1.4.



Figura 1.4. Ilustración sobre la gripe española Foto: SPL / AGE Fotostock

1.5.5 Gripe asiática

Registrada por primera vez en la península de Yunán, China, el virus de la gripe A (H2N2) de procedencia aviar apareció en 1957 y en menos de un año se había propagado por todo el mundo. Para entonces, el papel de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el brazo médico de la ONU creado en 1948, diseñaba cada año una vacuna destinada a paliar los efectos de las mutaciones de la gripe. A pesar de que los avances médicos con respecto a la pandemia de la gripe española contribuyeron a contener mucho mejor el avance de virus, esta pandemia registró un millón de muertos en todo el planeta.



Figura 1.5. Ilustración sobre la gripe asiática Foto: Cordon Press

1.5.6 Gripe de Hong Kong

Tan solo diez años después de haber superado la última gran pandemia de gripe, apareció, de nuevo en Asia, la llamada gripe de Hong Kong. Una variación del virus de la gripe A (H3N2) fue registrada en esta ciudad en 1968 y se expandió por todo el mundo con un patrón muy parecido al de la gripe asiática. Un millón de personas fueron las víctimas que causó esta nueva cepa de la gripe.



Figura 1.6. Ilustración de la gripe de Hong Kong Foto: Cordon Press

1.5.7 Virus de Inmunodeficiencia Adquirida (VIH)

Una de las pandemias más graves y la más recientemente conocida por la sociedad actual es la del Virus de Inmunodeficiencia Adquirida, el VIH, más conocido como SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida). Los primeros casos documentados tuvieron lugar en 1981 y desde entonces se extendió por todo el mundo centrando gran parte de los esfuerzos de las organizaciones mundiales de la salud.

Se cree que su origen fue animal, y sus efectos son algo que podría describirse como el agotamiento del sistema inmunológico, de modo que el propio virus no es letal, pero sí lo son sus consecuencias, pues dejan el organismo desprotegido frente a otras enfermedades. Su contagio se produce por contacto con fluidos corporales.

A pesar de que estas vías de transmisión lo hacen menos contagioso, a priori, que otros virus como la gripe, el desconocimiento inicial permitió que se expandiera con mucha rapidez. Se calcula que el VIH ha podido causar alrededor de 25 millones de muertes en todo el mundo y no se ha podido erradicar, este año 2021 se cumplen 40 años del primer caso de VIH detectado en humanos. La UNAM ha generado una vacuna denominada Proyecto Mosaico y actualmente está en la fase 3, en la figura 1.7 se muestra el virus del sida.

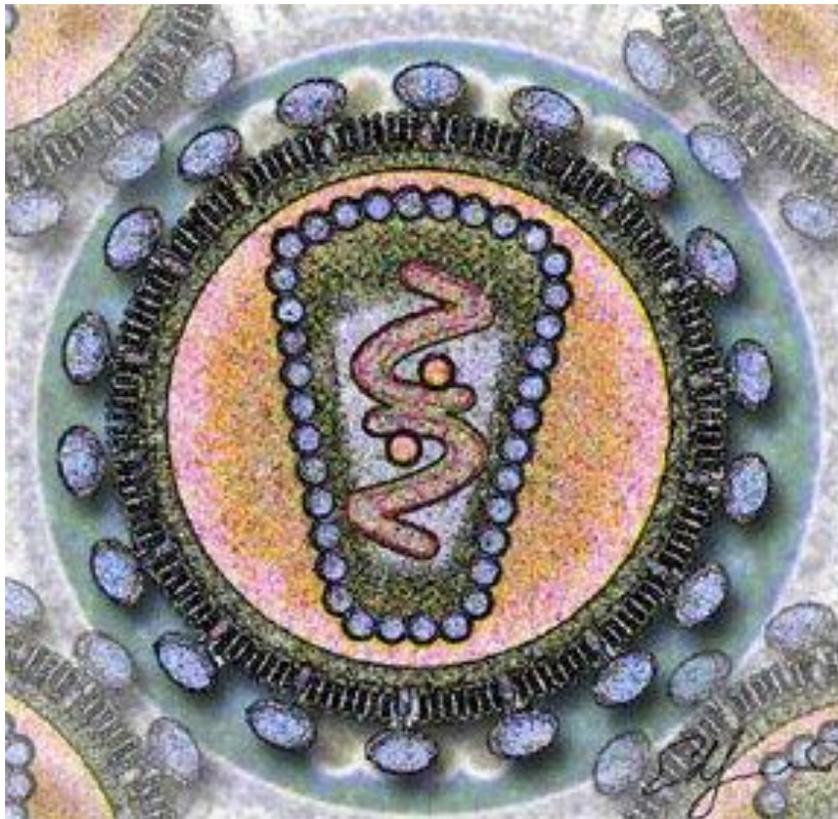


Figura 1.7. Ilustración del virus del SIDA Foto: Los Álamos National Laboratory

1.6 Estadísticas del coronavirus

El desarrollo de esta tesis inicio el día 1 de septiembre del 2020, cuando la pandemia crecía a ritmo acelerado, el registro de tesis estuvo parado hasta que la UNAM reabriera sus operaciones, razón por la cual la presente estadística se realiza el día 2 de diciembre del 2021, cuando nuestro país se encuentra en semáforo verde y en aparentemente en lo que se conoce como la nueva normalidad.

En la estadística mostrada en la tabla 1.2 se contemplan los siguientes rubros.

- Total, de casos activos en el mundo
- Total, de muertes a nivel mundial
- Total, de dosis de vacunación aplicadas a nivel mundial
- Total, de personas completamente vacunadas en sus 2 o una dosis según la vacuna que le fue aplicada.



Tabla 1.2. Estadística del coronavirus

El desglose por país se muestra a continuación tabla 1.3

Estadísticas

Casos Vacunas

Ubicación	Total de casos ↓	Casos nuevos (1 día*)	Casos nuevos (últimos 60 días)	Casos por 1 millón de personas	Muertes
Todos los países	263,509,565	702,033		33,888	5,224,655
Estados Unidos	48,144,799	109,294		146,090	777,090
India	34,606,541	9,765		25,436	469,724
Brasil	22,105,872	11,413		104,600	614,964
Reino Unido	10,276,007	47,235		154,676	145,140
Rusia	9,500,836	32,196		64,744	271,091
Turquía	8,820,114	22,556		106,068	77,038
Francia	7,535,587	49,408		112,344	116,793
Irán	6,121,757	4,312		73,463	129,912
Alemania	5,999,020	75,456		72,148	102,183
Argentina	5,332,629	1,881		118,664	116,597
España	5,174,720	10,536		109,866	88,080
Colombia	5,071,817	2,173		102,677	128,586
Italia	5,043,620	15,073		83,721	133,931
Indonesia	4,256,687	278		15,948	143,840
México	3,891,218	6,652		30,742	294,428

Tabla 1.3 Estadística por país

CAPÍTULO 2.- MECANISMOS DE CONTROL DE UNA PANDEMIA

INTRODUCCIÓN

Como ya se mencionó anteriormente, el ser humano es susceptible al entorno agresivo de los virus o bacterias que merman la salud de los seres humanos y en casos extremos provocan su muerte.

A través de los años los seres humanos de manera intuitiva, inicialmente, aprendieron a defenderse de las enfermedades que ponían en peligro su vida, muchos métodos de defensa fueron encontrados de manera accidental, otros más en base a la observación y el conocimiento paulatino del cuerpo humano, esta última idea genera a través del tiempo los métodos modernos de protección que permiten luchar contra enemigos diminutos no vistos por los ojos del ser humano pero letales para el cuerpo.

Este capítulo presenta los mecanismos, instrumentos o métodos de defensa del ser humano contra los virus, bacterias y elementos que provocan las enfermedades en la humanidad.

2.1 Vacunas

Las vacunas son uno de los métodos más eficaces de protección para el ser humano [1]. Las vacunas son productos biológicos que contienen uno o varios antígenos que se administran con el objetivo de producir un estímulo inmunitario específico. Este estímulo pretende simular la infección natural, generando una respuesta inmunitaria específica en el sujeto, con el fin de protegerlo en ulteriores exposiciones al microorganismo (con el menor riesgo posible para el individuo).

Cuando un porcentaje importante de una población se vacuna, este efecto protector beneficia también a personas no vacunadas, generando lo que se denomina “inmunidad de grupo, colectiva o de rebaño” (siempre en microorganismos que se transmiten solo en la especie humana).

Habitualmente, las vacunas precisan de varias dosis para generar una respuesta inmunitaria suficiente y duradera en el sujeto, ya que la mayoría no son equiparables completamente a la infección natural.

2.1.1 Quienes fabrican una vacuna

El desarrollo o fabricación de una vacuna es el resultado de un intenso esfuerzo de colaboración, entre diversos organismos o grupos dedicados al desarrollo de herramientas o instrumentos para la promoción de la salud, por ejemplo, en la participación del desarrollo de vacunas, participan: organizaciones gubernamentales nacionales e internacionales, empresas vinculadas a la biotecnología, centros académicos de investigación y las grandes compañías farmacéuticas, entre otros. Sin un trabajo de equipo extenso y productivo de todos

los grupos interesados, no se producirán las vacunas que necesitamos, inocuas, eficaces y ampliamente disponibles.

2.1.2 Componentes de las vacunas

Los componentes utilizados en el desarrollo y fabricación de las vacunas son [2]:

- ✓ **Antígeno inmunizante.** Es cualquier sustancia que provoca que el sistema inmunitario produzca anticuerpos contra sí mismo, esto significa que su sistema inmunitario no reconoce la sustancia, y está tratando de combatirla. Un antígeno puede ser una sustancia extraña proveniente del ambiente, como químicos, bacterias, virus o polen, también se puede formar dentro del cuerpo.
- ✓ **Líquido de suspensión.** Solución salina, agua destilada o en ocasiones productos derivados de los cultivos necesarios para la obtención de las vacunas.
- ✓ **Preservantes, estabilizantes y antibióticos.** Son sustancias utilizadas para estabilizar los distintos componentes de la vacuna o para impedir la contaminación por otros microorganismos o la degradación de la vacuna. En raras ocasiones, pueden ocasionar reacciones alérgicas o tóxicas (gelatinas, aminoglucósidos, polimixina B, formaldehído).
- ✓ **Adyuvantes.** Son compuestos incorporados a las vacunas inactivadas para aumentar la inmunogenicidad de los antígenos contenidos en las mismas o prolongar su efecto estimulador, haciendo posible la disminución de la cantidad de antígeno y el número de inyecciones de la serie vacunal. En general, provocan un estímulo inespecífico de la inmunidad innata que potencia toda la respuesta inmune. Los adyuvantes más utilizados en vacunas son: sales de aluminio (DTPA, hepatitis A, neumocócica conjugada), MF59 (escualeno) (gripe), AS04 (hepatitis B, VPH), virosomas (gripe).

Las vacunas adyuvadas provocan mayor reactogenicidad local que las no adyuvadas, debido a la mayor inducción local de la inflamación y a la activación del sistema inmunitario.

2.1.2.1 Vacunas combinadas

Son aquellas que contienen más de un componente antigénico de uno o de diferentes microorganismos y se administran conjuntamente en una sola inyección [3]. Su formulación requiere garantizar la ausencia de inestabilidad física, química o biológica entre sus componentes [4].

Las principales ventajas del empleo de vacunas combinadas son las siguientes:

- ✓ Disminuir el número de inyecciones, lo que proporciona una mejor aceptación general y también del personal sanitario.
- ✓ La reducción de los efectos secundarios.
- ✓ Disminución de la exposición a excipientes.
- ✓ Facilitar las oportunidades de vacunación.
- ✓ Mejorar las coberturas vacunales.
- ✓ Permitir la vacunación simultánea contra varias enfermedades.
- ✓ Posibilitar la incorporación de nuevas vacunas.
- ✓ Simplificar los programas de vacunación.
- ✓ Facilitar la unificación de las pautas vacunales.
- ✓ Ahorro de material y de tiempo de administración.
- ✓ Facilidad de transporte, almacenamiento y conservación.

2.1.3 Tipos de Vacunas

Existen numerosas clasificaciones de las vacunas, según se atiende a diferentes aspectos de su composición por ejemplo las vacunas [5].

2.1.3.1 Víricas.

Contienen fragmentos específicos del virus en cuestión, por ejemplo, el rinovirus causante de la gripe común.

2.1.3.2 Bacterianas.

Están formados por componentes de bacterias, generalmente polisacáridos capsulares purificados, bien de forma aislada (neumocócica 23 valente), o **conjugados** con una proteína transportadora que aumenta su inmunogenicidad (vacunas conjugadas frente a neumococo, *Haemophilus influenza* tipo b, meningococo C, meningococo ACWY).

- La **conjugación** consiste en unir un **polisacárido** capsular bacteriano (de meningococo, neumococo, Hib o *Salmonella* sp.) con una proteína, ya sea sintética-mutante (CRM197), o un toxoide (TT). Esto permite mejorar la respuesta inmunológica al polisacárido de forma aislada (T-independiente, sin memoria inmunológica), pasando a generar una respuesta mucho más completa, tipo dependiente, con participación de los linfocitos T y B (de memoria).

Las Vacunas **polisacáridos**. No son inmunógenos por debajo de los 2 años de edad. Las conjugadas, sin embargo, inducen protección duradera contra enfermedades muy graves desde las 6-8 semanas de vida. Además, las vacunas conjugadas tienen la capacidad de erradicar las bacterias de la nasofaringe, influyendo sobre el estado de portador y contribuyendo a la génesis de la inmunidad de grupo.

2.1.3.3 Las vacunas de subunidades (recombinantes, fraccionadas o sintéticas)

Suelen ser menos reactógenas y por su simplicidad, suele ser más sencilla su síntesis y manipulación (conjugación, adsorción con adyuvantes, etc.). Pueden ser mono o multicomponentes (según contengan uno o varios microorganismos), polivalentes (varios antígenos de un microorganismo, pero de distintos serogrupos, serotipos o genotipos, por ejemplo, MenACWY o VPH9) o combinadas (compuestas por varios antígenos, ya sea del mismo, o de diferentes microorganismos, por ejemplo, hexavalente o pentavalente).

2.1.3.4 Vacunas de microorganismos enteros

Estas vacunas contienen el agente infeccioso completo, se clasifican en vacunas vivas atenuadas y vacunas inactivadas o muertas, como se describen a continuación:

- **Vacunas vivas atenuadas.**

Se obtienen mediante pases sucesivos del microorganismo por medios de cultivo, hasta conseguir una reducción de su virulencia, pero conservando su capacidad inmunógena. Tras su administración, el microorganismo produce una infección casi siempre inaparente, que genera una respuesta inmunitaria similar a la que hubiese producido la infección natural (humoral y celular). Suele ser suficiente la administración de una sola dosis de las mismas para proteger de por vida, aunque normalmente se recomienda una segunda dosis para corregir posibles fallos primarios de vacunación.

- **Vacunas inactivadas o muertas.**

Los microorganismos contenidos en estas vacunas (virus o bacterias) se inactivan por métodos físicos o químicos. La respuesta inmunitaria suele ser menos potente que con las anteriores, por lo que, además de precisar de varias dosis, suelen asociarse a adyuvantes que potencian su inmunogenicidad.

2.1.3.5 Vacunas de subunidades (contienen el agente infeccioso incompleto):

Utilizan partes específicas del germen, como su proteína, azúcar o cápsula (una carcasa que rodea al germen). Son vacunas de nueva generación diseñadas a partir de componentes de virus o bacterias, las cuales desencadenan la respuesta inmunitaria al individuo al que se le administra. Es un método sencillo y práctico para inmunizar a los individuos sin peligro tanto de padecer la enfermedad como de tener efectos adversos debido a la presencia sólo de los antígenos específicos, rechazando así los otros componentes que pueden ser patógenos.

2.1.3.6 Vacunas de toxoides.

Compuestas por toxinas producidas por los microorganismos que se detoxifican, eliminando su poder patógeno, pero conservando su capacidad inmunógena (vacunas frente a tétanos, difteria).

2.1.3.7 Vacunas de ADN (plásmidos), de nanopartículas, de células dendríticas o de vectores recombinantes.

Algunas vacunas en fase experimental utilizan estas nuevas tecnologías de producción con resultados prometedores, pero, aún en fase experimental.

2.1.4 Clasificación de las vacunas

En la tabla 2.1 se muestra un resumen general de las clasificaciones de las vacunas que nos ayudara a comprender como se clasifican las diferentes vacunas [5] :

Tipos de vacunas		Vacunas atenuadas (vivas)	Vacunas inactivadas
Víricas	Enteras	<ul style="list-style-type: none"> • Poliomielitis oral (no disponible en España) • Fiebre amarilla • Rotavirus • Sarampión-rubeola-parotiditis (TV o SRP) • Varicela 	<ul style="list-style-type: none"> • Poliomielitis inyectable • Encefalitis transmitida por garrapatas • Encefalitis japonesa • Hepatitis A • Rabia
	Subunidades		<ul style="list-style-type: none"> • Gripe fraccionada o de subunidades • Hepatitis B • Virus del papiloma humano
Bacterianas	Acelulares		<ul style="list-style-type: none"> • Tosferina acelular
	Conjugadas polisacárido + proteína		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Haemophilus influenzae</i> tipo b • Meningococos C y ACWY • Neumococo 10 y 13 valentes
	Enteras	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberculosis o BCG (no disponible en España) • Fiebre tifoidea oral 	<ul style="list-style-type: none"> • Cólera oral
	Polisacáridos capsulares		<ul style="list-style-type: none"> • Fiebre tifoidea parenteral • Neumococo 23 valente

	Proteínas de superficie		<ul style="list-style-type: none"> ● Meningococo B
	Toxoides		<ul style="list-style-type: none"> ● Difteria ● Tétanos

Tabla 2.1 Clasificación de las vacunas

2.2 Aplicación de las vacunas

Hay una gran variedad de técnicas de aplicación para una vacuna, todo depende del tipo de bacteria o virus al que se pretende atacar y dependiendo de la edad de la persona a la que se le va a aplicar [6].

2.2.1 Vías de administración de las vacunas

Es la forma en la que se introduce el preparado vacunal en el organismo. Puede ser oral (rotavirus, fiebre tifoidea atenuada, cólera), intranasal (gripe atenuada), subcutánea (varicela y triple vírica) o intramuscular profunda, en el caso de las restantes, ya que, al incluir adyuvantes, pueden producir importantes reacciones inflamatorias locales si se administran de forma superficial.

La vacuna se aplica por vía intramuscular profunda, en la cara anterolateral externa del muslo izquierdo en los menores de 18 meses de edad, a partir de los 18 meses de edad, en la región deltoidea del brazo derecho. No se debe aplicar en la región glútea, debido a que la reacción inmune es menor [7].

Se están explorando nuevas vías de administración que sean menos dolorosas. Es el caso de algunas vacunas de la gripe en investigación que se administran mediante parches cutáneos.

2.2.1.1 Clasificación de Intervalo entre dosis del mismo antígeno

El intervalo mínimo entre dosis va a depender del preparado vacunal empleado, del esquema que se utilice (3+1 vs 2+1, por ejemplo) y en ocasiones también de la edad (virus del papiloma humano-VPH). Es un aspecto crítico y, por consenso, si no se respeta dicho distanciamiento entre dosis, se acepta un adelanto máximo de cuatro días. Si el adelanto fuese superior, deberá repetirse esa dosis, una vez transcurrido el intervalo mínimo recomendado tras la dosis invalidada.

Por el contrario, no existen intervalos máximos entre dosis del mismo antígeno: “Dosis puesta, dosis que cuenta”.

En los casos en los que se precisan varias dosis para completar una pauta de vacunación, estas son idénticas cuantitativa y cualitativamente a lo largo de la serie de vacunación.

2.2.2 Intercambiabilidad de las vacunas

Aunque existen distintas vacunas contra una misma enfermedad, generalmente no son idénticas. Suelen estar producidas por fabricantes diferentes con procesos de producción diversos que hacen que el producto final, aun dirigido contra un mismo agente infeccioso, pueda variar en distintos aspectos, como la cantidad de antígeno, los adyuvantes empleados, los estabilizantes u otros.

Dado que los resultados de inmunogenicidad, eficacia, efectividad y seguridad de una vacuna se establecen sobre la base de los resultados obtenidos por cada fabricante en los ensayos clínicos realizados con su producto, la intercambiabilidad de las vacunas de distintos fabricantes para una misma enfermedad no debe recomendarse, salvo en casos excepcionales en los que no se pueda usar el mismo preparado comercial para completar la vacunación.

No obstante, para algunas vacunas se han realizado estudios de correlación serológica de inmunidad, utilizando en la vacunación dosis combinadas de diferentes fabricantes, encontrándose en la mayoría de los casos respuesta inmune comparable a la obtenida con un mismo preparado vacunal. Basándose en ellos se consideran intercambiables las vacunas conjugadas frente al Hib, los toxoides diftérico y tetánico, las vacunas frente a la hepatitis A y B, la vacuna contra la rabia, la triple vírica, la varicela y las atenuadas e inactivadas de virus de la poliomielitis.

Por el contrario, el intercambio de distintos preparados es difícil de valorar en enfermedades en las que no existe una correlación serológica de inmunidad, como ocurre en la infección por *Bordetella pertussis*. Por ello se aconseja utilizar el mismo preparado comercial de la vacuna acelular antitosferina, al menos, en las dos o tres primeras dosis del esquema de vacunación, mientras no se disponga de datos que demuestren la posibilidad de intercambio. Otras vacunas que no son intercambiables son las del virus de papiloma humano (aunque diversos organismos autorizan su intercambiabilidad, pero sin basarse en ensayos clínicos) y las del rotavirus.

En términos generales, lo aconsejable es utilizar el mismo preparado comercial para completar la serie primaria de cualquier vacuna.

2.2.3 Compatibilidad entre diferentes vacunas

Como regla general, las diferentes vacunas pueden administrarse simultáneamente en la misma visita sin que se afecte su inmunogenicidad. Una excepción a esta regla son las vacunas de la fiebre amarilla y la triple vírica, las cuales no deben administrarse en el mismo acto vacunal.

Cuando no se administran de forma simultánea, cabe tener precaución con las vacunas atenuadas parenterales, las cuales deben separarse, al menos, cuatro

semanas. Sin embargo, las inactivadas pueden, en general, administrarse juntas o con cualquier intervalo entre ellas.

En la administración simultánea de diferentes vacunas hay que tener en cuenta que deben inyectarse en lugares anatómicos separados por lo menos 2,5 cm, que deben utilizarse siempre jeringas y agujas distintas para cada vacuna y debe registrarse el sitio de inyección de cada una de ellas.

2.2.4 Precauciones de las vacunas

Las precauciones son situaciones en las que la administración de una vacuna condiciona un mayor riesgo de presentar un efecto adverso o bien que la respuesta inmunitaria a la vacuna pueda ser insuficiente. Debe valorarse en cada caso el riesgo/beneficio antes de decidir la inmunización.

Son consideradas precauciones, de forma general:

- Trastorno neurológico progresivo, incluidos espasmos infantiles, epilepsia no controlada y encefalopatía progresiva. En estos casos se recomienda retrasar la vacunación de la tosferina hasta la estabilización del proceso.
- Historia de síndrome de Guillain-Barré en las 6 semanas posteriores a la administración de una vacuna. En este caso deberá valorarse con precaución la conveniencia o no de administrar una dosis posterior de dicha vacuna.
- Historia de reacciones de hipersensibilidad de tipo Arthus después de una dosis previa de una vacuna que contiene toxoide diftérico o toxoide tetánico. En este caso se debe postergar la vacunación hasta que hayan transcurrido, al menos, 10 años desde la última dosis de vacuna que contenga estos toxoides.
- Pacientes con enfermedades crónicas y/o inmunodepresión: la respuesta a la vacunación puede ser subóptima en algunos de estos pacientes, por lo que las vacunas deben administrarse atendiendo a este hecho. Se ha comentado previamente que en caso de inmunodepresión las vacunas atenuadas están contraindicadas en la mayoría de las situaciones.
- La administración de productos biológicos (inmunoglobulinas o sangre) antes de la administración de la vacuna triple vírica o la de la varicela.
- Una excepción a la anafilaxia como contraindicación son los niños con alergia anafiláctica al huevo, ya que pueden recibir la vacuna triple vírica en el centro de salud, porque prácticamente no tiene proteínas de huevo, esperando posteriormente 15-30 minutos en la sala de espera como con todas las vacunas y actualmente, también, pueden recibir vacunas inactivadas frente a la gripe en el centro de salud.

2.2.5 Contraindicaciones de las vacunas

Una contraindicación es una condición del individuo que aumenta de forma importante el riesgo de padecer un efecto adverso grave si se le administra una vacuna concreta [7]:

☐ Contraindicaciones permanentes

- Reacción alérgica anafiláctica a una dosis previa de una vacuna o algún componente de esta.
- Encefalopatía de etiología desconocida aparecida en los 7 días siguientes a la administración de una vacuna con componente frente a la tosferina.

Ambas situaciones, contraindican la administración de nuevas dosis.

☐ Contraindicaciones temporales

- Las contraindicaciones temporales permiten la administración de una vacuna una vez se hayan resuelto:
- Embarazo. De forma general, se contraindica la administración de vacunas vivas.
- Inmunodepresión. Contraindicadas también, en general, las vacunas atenuadas.
- Cualquier enfermedad moderada o grave (crisis asmática, cardiopatía descompensada, diarrea aguda...), con o sin fiebre.
- Edad del paciente. Ya se ha comentado que hay edades mínimas para recibir diferentes vacunas con garantías de seguridad y eficacia y, en algunas ocasiones, también hay edades máximas limitantes.

En cualquier caso, tras la vacunación, el niño debe permanecer en observación 20-30 minutos en el lugar donde se haya efectuado. Se debe disponer de material adecuado para tratar cualquier reacción adversa que pudiera surgir [8].

2.2.6 Profilaxis de las reacciones posvacunales

Las reacciones locales pueden disminuirse garantizando una correcta administración del preparado o respetando los intervalos mínimos entre dosis del mismo antígeno (tétanos). Algunas vacunas, como la tetraantigénica de meningococo B aumentan la reatogenicidad (por ejemplo, la fiebre) cuando se administran juntamente con otros preparados inyectables inactivados, lo cual debe evitarse si se quieren prevenir reacciones, por lo demás habitualmente leves.

El uso de antitérmicos antes o inmediatamente después de la administración de vacunas no está generalmente recomendado. Existen estudios con resultados

contradictorios en cuanto a la posible relación entre el uso profiláctico de antitérmicos o antiinflamatorios y el nivel de anticuerpos generados por las vacunas. Existe una excepción: el empleo de paracetamol para prevenir la fiebre en el contexto de la administración de la vacuna tetraantigénica de meningococo B juntamente con otros preparados.

2.2.7 Las vacunas y la sociedad

A excepción de la potabilización del agua, ninguna otra medida, ni siquiera los antibióticos, ha contribuido a disminuir la morbilidad y la mortalidad en la especie humana como las vacunaciones. Los esfuerzos realizados en materia de vacunación en los países más pobres del mundo desde el 2001, habrán evitado para el año 2020, unos 20 millones de muertes, calculándose un ahorro de 350 000 millones de dólares en costes por atención sanitaria.

Se puede decir que la situación epidemiológica del planeta ha cambiado paralelamente a la incorporación de las vacunas y al arsenal profiláctico médico.

Los programas sistemáticos de vacunación han permitido, por ejemplo, la erradicación de la viruela, la interrupción de la transmisión de la poliomielitis en casi todo el mundo, así como el control de enfermedades como el sarampión, el tétanos, la difteria, la rubeola o la enfermedad invasiva por *Haemophilus influenzae*, entre otras. La mejor prueba del poder de las vacunas en el control de enfermedades infecciosas es que, en cuanto decaen las coberturas vacunales, las enfermedades no erradicadas resurgen, como ha ocurrido con el sarampión en Europa en los últimos años por culpa de los movimientos antivacunas que proliferan en occidente.

El valor e importancia de las vacunas es incuestionable. Tanto es así, que algunos países europeos que sufren el resurgimiento de enfermedades inmunoprevenibles por caídas en sus coberturas han instaurado la vacunación obligatoria infantil.

2.2.8 Las vacunas e inmunización en América.

Los programas de inmunización en todo el mundo, y particularmente en América, han sido sumamente fructíferos en su tarea de ampliar la cobertura de inmunización. En 1970, el año en que la OPS convocó la Conferencia Internacional sobre la Aplicación de Vacunas contra las Enfermedades Víricas, Rickettsiales y Bacterianas Humanas, las tasas de cobertura de inmunización, con las escasas vacunas empleadas en los programas de la Región, que eran básicamente DPT, BCG, antipoliomielítica y toxoide tetánico, eran inferiores a 10%. Hoy en día, la cobertura de vacunación, que ahora incluye las vacunas contra el sarampión, la rubéola, la parotiditis, *Haemophilus influenzae* tipo b y la hepatitis B, se mantiene entre un promedio de 80% a 90%.

La América fue la primera región del mundo en erradicar la viruela. Más tarde también fue la primera en erradicar la poliomielitis. Desde que en 1992 la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la resolución de erradicar la poliomielitis, se han certificado a tres regiones como libres de poliomielitis: la Región de la América fue la primera en septiembre de 1994, seguida de la región del Pacífico Occidental y Europa en 2000 y 2002, respectivamente.

2.3 Cuarentena

A mediados de enero, el nuevo coronavirus, que estaba confinado sólo en la ciudad China de Wuhan, comenzó a extenderse hasta convertirse en una pandemia. Si bien en un principio eran casos aislados en pocas naciones, actualmente la cifra supera los 263 millones de personas infectadas contagios en todo el planeta y son más de 5,224,655.00 mil las muertes confirmadas a nivel mundial.

Esta rápida y explosiva propagación mantiene en constante alerta a las autoridades y ciudadanos del mundo, quienes buscan tomar todas las medidas que sean necesarias para detener el avance de la pandemia.

Una de estas estrategias -ampliamente usada por distintos países y una de las más importantes en China, origen del SARS-CoV2 “es la cuarentena”.

Pero ¿qué sabemos sobre este concepto, su origen y qué implicaciones tiene cuando se implementa como medida sanitaria?

2.3.1 ¿Qué es la cuarentena?

Se define como cuarentena a la separación y restricción de movimientos de personas que estuvieron expuestas a una enfermedad infecciosa, pero que no presentan síntomas de infección. La duración de una cuarentana en la antigüedad era de 40 días de confinamiento, y tiene como propósito observar el desarrollo de una enfermedad en el individuo para determinar si está infectado o se encuentra sano, de manera tradicional se sigue utilizando el concepto de cuarentena aún y cuando específicamente no se cumplen los 40 días de aislamiento.

2.3.2 El origen de la cuarentena.

Existen registros históricos de aplicación de cuarentenas y aislamientos en el nuevo testamento, así como en Grecia y el imperio romano en los siglos V y VI AC. Sin embargo, la cuarentena se aplica formalmente en el siglo XIV, en Italia, como una medida para controlar las epidemias de la peste negra que azotaban a Europa y que obligaba a los barcos y personas que provenían de Asia a esperar 40 días (“Quaranta giorni”, en italiano), antes de entrar en las ciudades, tras comprobar que no estaban enfermos.

Actualmente, la duración de la cuarentena se define según el período de incubación de la enfermedad.

2.3.3 La cuarentena en México “Prevención & Recuperación”

En la actualidad nuestro país ha realizado aplicaciones preventivas y correctivas para combatir el COVID-19 buscando con esto reducir la mortalidad y el contagio de por este virus de manera específica se muestran algunas de medidas adoptados por nuestro país.

2.3.3.1 Medidas Preventivas

Dentro de las medidas preventivas se consideran las medidas de higiene y cuarentena social sea de forma individual o colectiva, que se describen a continuación.

Medidas preventivas de higiene individual

- Lávese periódica y cuidadosamente las manos con un gel hidroalcohólico o con agua y jabón. Esto elimina los gérmenes que pudieran estar en sus manos, incluidos los virus.
- Evite tocarse los ojos, la nariz y la boca. Las manos tocan muchas superficies en las que podrían coger el virus. Una vez contaminadas, pueden transportar el virus a los ojos, la nariz o la boca. Desde allí el virus puede entrar en el organismo e infectarlo.
- Al toser o estornudar cúbrase la boca y la nariz con el codo flexionado o con un pañuelo. Luego, tire inmediatamente el pañuelo en una papelera con tapa y lávese las manos. Con la observancia de buenas prácticas de ‘higiene respiratoria’ usted protege a las personas de su entorno contra los virus causantes de resfriados, gripe y COVID-19.
- Limpie y desinfecte frecuentemente las superficies, en particular las que se tocan con regularidad, por ejemplo, picaportes, grifos y pantallas de teléfonos.
- Guarde al menos 1 metro de distancia entre usted y otras personas, a fin de reducir su riesgo de infección cuando otros tosen, estornudan o hablan. Mantenga una distancia aún mayor entre usted y otras personas en espacios interiores. Cuanto mayor distancia, mejor.
- Convierta el uso de la mascarilla en una parte normal de su interacción con otras personas.

Medidas de higiene colectivas

- Evitar aglomeraciones, se han notificado brotes en restaurantes, ensayos de coros, clases de gimnasia, clubes nocturnos, oficinas y lugares de culto en los que se han reunido personas, con frecuencia en lugares interiores abarrotados en los que se suele hablar en voz alta, gritar, resoplar o cantar.

- Manténgase en espacios ventilados, los riesgos de contagio con el virus de la COVID-19 son más altos en espacios abarrotados e insuficientemente ventilados en los que las personas infectadas pasan mucho tiempo juntas y muy cerca unas de otras.
- Realice sus reuniones en espacios al aire libre. Las reuniones al aire libre son más seguras que en interiores, en particular si los espacios interiores son pequeños y carecen de circulación de aire exterior.
- Utilice el cubre bocas durante todo el tiempo que dure su reunión o se encuentre interactuando con otras personas.
- Evite saludar de mano y realice saludos a distancia.

2.3.3.2 Medidas preventivas de cuarentena

Las medidas preventivas de cuarentena “confinamiento” presentan varios aspectos que se describen a continuación.

- Dirigida a personas de alto riesgo, personas mayores de 60 años con enfermedades crónicas o con alguna inmunodeficiencia.
- En segundo lugar, está el confinamiento obligatorio, para personas que hayan estado en países con brotes o hayan tenido contacto con un caso confirmado de coronavirus. En estos casos, el período de cuarentena es de 14 días. Esto tiene que ver con el período máximo de incubación de la enfermedad, que actualmente se considera de 12 días, a los que se agregan 2 días como margen de seguridad.
- Confinamiento obligatorio para personas que viven en un área geográfica que haya sido declarada de **alto riesgo** por la autoridad sanitaria, y quien decreta el confinamiento obligatorio para toda la población residente en esa área. La duración de ésta dependerá de la evaluación de riesgo que hace la autoridad.
- Distanciamiento social hace referencia a la separación de por lo menos 6 pies ó 2 metros entre una persona y otra,
- Evitando las reuniones de grupos grandes, como, por ejemplo:
 - ☐ La reunión en escuelas, universidades, institutos, etc.
 - ☐ Cancelación de eventos públicos, partidos de fútbol, conciertos, teatros etc.
 - ☐ Cierre de sistemas masivos de tránsito, aéreo, ferroviario y marítimo.
 - ☐ Condones sanitarios, que es la restricción de ingreso o salida de una localidad, comuna o región.

2.3.4 Medidas correctivas de cuarentena

Las medidas correctivas se realizan cuando el médico o departamento de salud declaran a una persona en cuarentena, cuando esta ha dado positivo en la prueba de COVID-19.

- Después de haber entrado en contacto con una persona que tiene COVID-19 (o cuya prueba del COVID-19 dio positiva).
- Estuvo a menos de 6 pies (2 metros) de la persona infectada durante un mínimo de 15 minutos, en un período de 24 horas.
- Cuida a la persona infectada en su casa.
- Compartió vajilla, vasos o cubiertos con una persona infectada.
- Una persona infectada le ha tosido o le ha estornudado encima.
- Ha tocado, besado o abrazado a una persona infectada.

Considerando que la persona esta contagiada o estuvo en contacto con la persona contagiada debe de realizar las siguientes medidas correctivas.

- Quedarse en casa por 14 días.
- Está alerta a los signos y síntomas comunes, como fiebre, tos, o dificultad para respirar.
- Mantén 6 pies (o 2 metros) de distancia entre tú y otros.
- Mantenerse tan alejado de otras personas como sea posible, especialmente de gente que esté a mayor riesgo de una enfermedad grave.
- Tener puesta una mascarilla si el contacto con otras personas es inevitable.
- Aislarse en la casa si la persona no se siente bien.
- Llamar al médico si los síntomas empeoran y seguir las indicaciones.

Aislamiento. El aislamiento es cuando una persona presenta síntomas de una infección por COVID.

Las medidas que se tienen que tomar al momento en que una persona tenga que aislarse por motivos del COVID-19 son las siguientes:

- El aislamiento en casa deberás alejarte de los miembros de tu familia y de las mascotas.
- Ponte una mascarilla si estás cerca de otros.
- Evita compartir platos, vasos, ropa de cama y otros objetos de la casa.
- Usa un dormitorio y un baño separados, si es posible.
- Si tus síntomas empeoran, comunícate con tu médico para que te aconseje.
- Sigue las recomendaciones que te den tu médico y tu departamento de salud local sobre cuándo terminar tu aislamiento.

2.3.5 Duración de la cuarentena o el aislamiento.

Las recomendaciones sobre cuánto tiempo deben durar la cuarentena o el aislamiento cambian a menudo y también pueden cambiar dependiendo del lugar donde se viva. Por lo general, una persona debe tomar una de las siguientes decisiones:

- Hacer cuarentena durante 14 días (2 semanas) tras haber entrado en contacto con una persona infectada o después de haber viajado. Y debe estar pendiente de los síntomas, que pueden aparecer entre 2 y 14 días después de exponerse al virus.
- Aislarse durante 10 días desde el momento en que le aparezcan los síntomas de una infección por COVID-19, o desde la fecha en que obtenga un resultado positivo en la prueba del COVID-19. Puede dejar de aislarse 10 días después de la aparición de los síntomas (o de la obtención de un resultado positivo en la prueba del COVID-19), siempre y cuando haya pasado un día entero sin fiebre y en que hayan mejorado sus síntomas. Si es posible hacerle la prueba del COVID-19, un profesional de la salud puede pedir que se haga dos pruebas separadas por 24 horas entre sí. Si en ambas pruebas obtiene resultados negativos, la persona puede poner fin al aislamiento.
- Una persona que esté haciendo cuarentena y comienza a sentirse enfermo, deberá hacer 10 días más de aislamiento. Si se empieza a sentir mal hacia el final del período de la cuarentena, eso podría significar tener que quedarse en casa durante nada menos que 24 días.

2.4 Agentes desinfectantes

De manera general la protección sanitaria se realiza mediante el uso de desinfectantes y antisépticos.

2.4.1 Desinfectantes

Los desinfectantes son sustancias que se emplean para destruir los microorganismos o inhibir su desarrollo, generalmente ejercen su acción sobre una superficie inerte u objeto inanimado debido a que usan concentraciones que pueden tener efectos tóxicos o irritantes sobre los organismos vivos por ello se utilizan sobre materiales y no deben de emplearse sobre piel o mucosas. Los desinfectantes más comunes son:

- Povidona –Iodada
- Gluconato de Clorhexidina
- Hexaclorofeno
- Peróxido de hidrógeno o Agua oxigenada
- Alcohol
- Alcohol Iodado
- Amonios Cuaternarios
- Formaldehido
- Compuestos con Mercurio
- Glutaraldehíd

2.4.2 Antisépticos

Los antisépticos son sustancias que se aplican sobre tejidos con vida, con el objeto de matar o impedir el desarrollo de los microorganismos.

De acuerdo con su origen etimológico, un antiséptico es un agente que impide la sepsis (o putrefacción) de los tejidos vivos; por ello, se emplean tópicamente en la prevención o tratamiento de infecciones, en las heridas o quemaduras con el objeto de prevenir la sepsis de los tejidos lesionados y, también, para evitar posibles infecciones en una intervención quirúrgica.

Por tanto, los antisépticos actúan sobre la piel y las membranas mucosas a concentraciones que no comprometen la integridad de las células de los tejidos vivos. Un antiséptico debe actuar rápidamente y poseer un amplio espectro de acción que garantice la eliminación tanto de bacterias grampositivas y gramnegativas, hongos o virus. Algunos ejemplos de antisépticos son:

- Alcohol etílico.
- Clorhexidina.
- Povidona.
- Tintura de yodo.
- Agua oxigenada.
- Merbromina.

2.4.3 Diferencia entre Desinfectante y Antiséptico

- Los desinfectantes son más poderosos que los antisépticos
- Un desinfectante puede ser usado como antiséptico si no irrita al tejido y no produce toxicidad por absorción sistémica.
- Los antisépticos pueden ser las mismas sustancias que las utilizadas para desinfectar, pero con la peculiaridad de que se usan a concentraciones más bajas.
- Los antisépticos no deben usarse para desinfectar materiales inertes, tales como instrumentos, pinzas, tijeras, bisturís o guantes.

Existen una amplia variedad de agentes químicos que nos sirven como agentes antisépticos y desinfectantes, los cuales nos ayudan a combatir los virus y las bacterias que se encuentran en el medio ambiente y que, por su naturaleza, nos pueden ayudar a combatir el COVID-19.

2.4.4 Agentes oxidantes

El poder germicida de los agentes oxidantes se debe a su capacidad de ceder oxígeno, conduciendo a la inactivación de ciertas proteínas enzimáticas. Los principales agentes oxidantes son el agua oxigenada y el permanganato potásico.

2.4.4.1 Agua oxigenada (peróxido de hidrógeno)

La solución de peróxido de hidrógeno fue muy empleada como desinfectante, aunque se ha utilizado ampliamente sobre heridas, su efecto no es muy satisfactorio ya que la catalasa de los tejidos la descompone rápidamente y pierde su acción.

Presenta una actividad antibacteriana débil y también es virucida. Como antiséptico se utiliza a concentraciones del 3% (10 volúmenes). Provoca gran escozor o quemazón al aplicar en heridas abiertas.

2.4.4.2 Permanganato potásico

Es muy similar al agua oxigenada, ya que también se utiliza para desinfectar heridas, pero es poco empleado por ser inactivado con facilidad y poseer una acción más lenta que el anterior.

2.5 Ácidos

Los ácidos, son todo compuesto químico que libera o cede iones de hidrógeno (H⁺) en una solución acuosa, estos ácidos ayudan a combatir y eliminar virus, bacterias o como fungicidas.

2.5.1 Ácido bórico

Actúa como bacteriostático y fungistático y como bactericida a concentraciones superiores. Está desaconsejado, especialmente en niños por los efectos tóxicos derivados de su posible absorción sistémica. Su concentración no puede superar el 5%.

2.5.2 Ácidos orgánicos

Se encuentra el ácido benzoico que se utiliza en forma tópica como antibacteriano y antifúngico para heridas, quemaduras térmicas, químicas y eléctricas, úlceras varicosas en asociación con otros ácidos orgánicos. También tenemos el ácido acético, que diluido al 33% en agua destilada se emplea a distintas concentraciones como bactericida o bacteriostático.

2.6 Alcoholes

Los alcoholes poseen propiedades germicidas que vienen determinadas por su capacidad de desnaturalizar las proteínas plasmáticas y la disminución de la tensión interfacial. La potencia antiséptica de los alcoholes es variable.

Los alcoholes alifáticos etanol e isopropanol son bactericidas de potencia intermedia. En el caso de alcoholes primarios homólogos, la potencia se incrementa al aumentar la longitud de la cadena carbonada (hasta el límite de 8-10 carbonos en que ésta decae debido al descenso de su solubilidad). Los alcoholes son eficaces para la mayoría de las bacterias existentes en la piel, aunque no destruyen las esporas.

2.6.1 Alcohol etílico

El alcohol etílico o etanol presenta actividad bactericida, pero su eficacia es variable frente a hongos y virus y no es activo frente a esporas.

Aunque el más utilizado en los hogares es el alcohol de 96° (95%), la mayor actividad bactericida la presenta al 70%, cuando puede eliminar el 90% de las bacterias de la piel si se mantiene húmeda durante dos minutos, mientras que la clásica fríega con algodón empapado en alcohol destruye como máximo un 75%.

Tradicionalmente se utiliza para limpiar heridas abiertas, pero no debería emplearse con este fin, ya que es muy irritante y en contacto con materia orgánica podría coagular las proteínas facilitando así la supervivencia de algunas bacterias.

No debería utilizarse para desinfectar material quirúrgico por su nula actividad esporicida.

2.6.2 Isopropanol

El alcohol isopropílico tiene un poder desinfectante superior al del etanol, además es menos volátil y corrosivo sobre los objetos metálicos. Por el contrario, resulta más irritante que el anterior. Al igual que el etanol, se emplea para la limpieza y desinfección preoperatoria.

2.6.3 Aldehídos (formol)

El formaldehído es un potente desinfectante, con gran poder de penetración y de acción irritante para la piel y mucosas. Es tóxico, tanto en forma gaseosa (produce irritación de la mucosa ocular y respiratoria) como por ingestión, produciendo alteraciones digestivas y del sistema nervioso.

Por ello, no suele utilizarse localmente y sí se emplea para la desinfección de instrumentos y superficies inertes, a esta concentración se usa en soluciones acuosas al 40%, adicionado de metanol para impedir su paso a para formaldehído

2.6.4 Halógenos y compuestos halogenados

Los halógenos, especialmente el cloro y el yodo, son dos bactericidas muy potentes que se utilizan como bactericidas y antisépticos. El cloro se utiliza principalmente para la desinfección del agua y el yodo como desinfectante de la piel.

2.7 Yodo y derivados

El yodo elemental es uno de los bactericidas de mayor potencia cuando actúa sobre la piel íntegra, ya que se inactiva fácilmente en contacto con la sangre y el suero. Actúa tanto por su efecto oxidante como por su combinación irreversible con los residuos de tirosina de las proteínas. También tiene un efecto fungicida y antiviral.

2.7.1 El yodo elemental

Es uno de los bactericidas de mayor potencia cuando actúa sobre la piel íntegra, ya que se inactiva fácilmente en contacto con la sangre y el suero.

2.7.1.1 Tintura de yodo

El agente activo es el yodo, altamente eficaz y con espectro microbiano muy amplio. Su acción es muy rápida y una vez aplicado no pierde eficacia en varias horas, por lo que es probablemente uno de los mejores antisépticos disponibles.

La concentración comercial más habitual de la tintura contiene 2% del yodo metal y 2,5% de yoduro potásico en alcohol al 50%, y se utiliza en piel sana o en infecciones cutáneas por hongos y bacterias. La misma concentración en solución acuosa también desinfecta heridas, tiene el inconveniente de que puede irritar la piel y que la sangre o el pus reducen bastante su eficacia. Por su poder irritante no se aplica sobre mucosas.

También se puede utilizar como agente potabilizador de agua, principalmente para viajes a países tropicales por su acción frente a amebas y giardias. En estos casos se utilizan cinco gotas de tintura de yodo a una concentración del 2% por litro de agua, dejándola actuar durante una hora antes de beberla. Si la presentación es al 4% se recomendará la mitad de la dosis.

2.7.1.2 Iodóforos

El principal problema de las soluciones de yodo es su efecto irritante sobre la piel y su poder sensibilizante. Este inconveniente se ve en parte reducido por los iodóforos que son complejos orgánicos de yodo que lo liberan gradualmente a los tejidos. De esta forma, disminuye la toxicidad propia del yodo libre y pueden aplicarse en membranas mucosas. Además, son miscibles con el agua, producen espuma y no manchan tanto.

Un ejemplo de ello es la povidona yodada (con un 9-12% de yodo disponible). A pesar de todo, no puede descartarse que en personas susceptibles se produzcan reacciones de sensibilización. Las soluciones acuosas al 10% se usan en la desinfección de heridas y quemaduras o en la preparación de la piel previa a procedimientos invasivos. El efecto empieza a surgir de uno a dos minutos después de aplicarse. También se usa en soluciones alcohólicas y jabonosas en piel intacta.

2.7.1.3 Iones yoduro

Se usan en forma de soluciones acuosas o alcohólicas a distintas concentraciones de yodo y yoduro potásico (que aumenta la solubilidad del yodo y la estabilidad de la solución). Por ejemplo, la solución alcohólica diluida de yodo se usa para desinfección de úlceras, heridas, quemaduras y en infecciones cutáneas por hongos

y bacterias. A soluciones más concentradas se usa como desinfectante de materiales.

2.8 Cloro

Puede encontrarse bajo las formas de cloro gaseoso, hipocloritos o cloraminas. En cualquier caso, el mecanismo por el cual desarrolla la acción desinfectante se debe a la liberación de cloro libre que, a su vez, junto al agua y en medio ácido o neutro, origina ácido hipocloroso que es un oxidante fuerte que se combina con el grupo amino de las proteínas bacterianas para formar cloraminas y liberar oxígeno (destruye los microorganismos por oxidación).

Se trata, por tanto, de potentes germicidas inespecíficos de acción rápida contra bacterias y virus, aunque su actividad disminuye al entrar en contacto con materia orgánica y al aumentar el pH (en solución alcalina se forman iones hipoclorito).

2.8.1 Cloraminas

Son derivados orgánicos del cloro, de actividad algo inferior al hipoclorito sódico, pero con menos poder irritante sobre la piel, ya que liberan el cloro de forma gradual.

Esta liberación puede ser en forma de cloro (cuando el medio es ácido) y en forma de ácido hipocloroso (en medio neutro). La cloramina T se emplea en el lavado de heridas y como antiséptico quirúrgico o irrigaciones vaginales.

2.8.2 Compuestos metálicos

La acción antibacteriana del mercurio y otros metales pesados se basa en su capacidad para reaccionar con los grupos sulfhidrilos de las proteínas para formar sulfuros, anulando de esta forma la actividad enzimática de éstas. Los más empleados como antisépticos son los derivados del mercurio y de la plata.

2.8.2.1 Mercuriales

Los compuestos inorgánicos de mercurio (cloruro de mercurio, bicloruro de mercurio, óxidos de mercurio) actualmente han caído en desuso debido a su acción irritante para la piel y las mucosas.

Sin embargo, los compuestos orgánicos de mercurio (mercurocromo, tiomersal) tienen interés para uso tópico por ser menos tóxicos e irritantes (aunque también son menos potentes), por ello se emplean mucho como antisépticos de la piel y heridas por su acción bacteriostática y antifúngica.

El fenol fue uno de los primeros antisépticos descritos, pero actualmente es poco utilizado por su gran toxicidad y su poder irritante.

2.8.2.2 Merbromina

Tanto la merbromina como otros derivados mercuriales se han utilizado ampliamente durante muchos años, pero debe tenerse en cuenta que el mercurio es tóxico y produce reacciones de hipersensibilidad con relativa frecuencia. La concentración a la que se emplea es al 2% para la desinfección de la piel.

La acción de la merbromina es únicamente bacteriostática y fungistática. Su actividad se ve mermada en presencia de materia orgánica que disminuye su eficacia.

2.8.2.3 Derivados de plata

El nitrato de plata es un germicida muy potente y de acción rápida que actúa precipitando las proteínas de los tejidos y libera lentamente plata ionizada que posee una acción bacteriostática. A concentraciones elevadas, el nitrato de plata se comporta como un bactericida de acción tóxica para los tejidos. Debido a su toxicidad su uso está restringido.

2.8.2.4 Clorhexidina

La clorhexidina es un compuesto biguanídico de acción antiséptica de piel y mucosas. Presenta poca toxicidad y un amplio espectro bacteriano sobre grampositivas fundamentalmente, aunque también sobre bacterias gramnegativas, algunos hongos y virus. Actúa sobre la membrana celular y es más activa en pH neutro o ligeramente alcalino. Su actividad se reduce en presencia de agua dura, detergentes o jabones aniónicos.

Se trata de un producto ampliamente utilizado. En la práctica se usa en forma de sales, acetato, clorhidrato y especialmente el gluconato. Su uso está recomendado para el lavado quirúrgico y la preparación de la piel y, asimismo, para la desinfección de heridas y quemaduras. También se encuentra en preparados contra la tos, enjuagues bucales, irrigaciones oculares, lavado de manos prequirúrgico.

Es un antiséptico que se utiliza como alternativa a la povidona yodada en los casos en que no pueden aplicarse los derivados del yodo. También es ampliamente utilizado en niños y en embarazadas, ya que en estos grupos se intenta evitar la aplicación del yodo.

Las concentraciones apropiadas, en soluciones acuosas o alcohólicas, son las siguientes:

- En piel intacta anterior a una intervención: 0,5% en etanol o alcohol isopropílico.
- En heridas, al 0,05% en solución acuosa.
- Para conservación de material quirúrgico estéril se emplea en una solución al 0,02%.
- Una de sus mayores ventajas es que no produce sensibilización ni se absorbe a través de la piel.

- Es ampliamente utilizado como desinfectante bucal.

2.8.2.5 Povidona (polivinilpirrolidona yodada)

Se emplea ampliamente como antiséptico y desinfectante. Es muy eficaz frente a esporas y todo tipo de gérmenes (bacterias, hongos, virus, protozoos), aunque su actividad se ve reducida en presencia de materia orgánica. El complejo como tal carece de actividad hasta que se va liberando el yodo, verdadero agente de la actividad antiséptica. Se utiliza a concentraciones del 1, 7,5 y 10%.

Es menos activa que la tintura de yodo y su acción es más lenta, pero presenta la ventaja de manchar algo menos la piel y no ser irritante. Puede causar hipersensibilidad en algunas personas.

2.9 Desinfectantes

Entre los desinfectantes más utilizados se cuentan: formaldehído, glutaraldehído e hipoclorito sódico.

2.9.1 Formaldehído

Aunque es muy eficaz frente a todo tipo de gérmenes, su acción es muy lenta (a modo de ejemplo: concentraciones del 8% tardan 18 h en matar esporas). Se utilizan concentraciones del 2-8% para desinfectar material quirúrgico y guantes. En forma de vapores y aerosoles se emplea para desinfección de habitaciones, camas, ropa, etc.

Se debe manejar con cuidado ya que los vapores son altamente irritantes por inhalación.

2.9.2 Glutaraldehído

Este aldehído es más activo que el anterior frente a bacterias, hongos, micobacterias, esporas y virus. Es menos irritante para la piel y desprende menos vapores, por lo que resulta menos nocivo por inhalación.

Es uno de los desinfectantes más ampliamente utilizados y efectivos para material quirúrgico. Se aplica en concentración del 2%. La acción bactericida de la solución es óptima a pH 7,5-8,5.

2.9.3 Hipoclorito sódico

La solución de hipoclorito sódico es muy potente como desinfectante para uso externo (ataca a virus y bacterias). Se emplea en desinfección de paredes, pisos, sanitarios, recipientes de alimentos, útiles de aseo, etc. El hipoclorito comercial se vende a concentraciones del 10 al 17%. Hay que tener en cuenta que el cloro activo que pueda contener el producto en el momento de uso puede ser bastante variable.

El hipoclorito podría utilizarse con la doble función limpieza y desinfección a concentraciones del 5 al 10%, a este nivel de concentración es un buen desinfectante de material quirúrgico, biberones, envases de alimentos, etc. Las soluciones a pH alcalino (con bicarbonato sódico) son más estables, pero a pH ácido tienen mayor actividad. Se debe emplear con cuidado, ya que en contacto directo con la piel es muy irritante.

2.9.4 Detergentes.

Los detergentes son otros tipos de agentes desinfectantes que se pueden utilizar para limpiar y eliminar virus y bacterias y presentan una solución económica para las personas.

Se clasifican en tres grupos: aniónicos, catiónicos y no iónicos. Centrándonos en la actividad antiséptica, los más interesantes son los correspondientes al grupo de los catiónicos.

Los tensioactivos catiónicos son principalmente compuestos de amonio cuaternario que tienen una acción potente y rápida. Debe tenerse la precaución de eliminar cualquier rastro de jabones antes de aplicarlos sobre la piel (procedentes de lavados previos) ya que podrían inactivarse, así como evitar el contacto con material poroso, talco o caolín, ya que perderían su eficacia antiséptica.

El cloruro de benzalconio se usa como bactericida o bacteriostático en distintas diluciones según su aplicación, además es activo en hongos y virus. En solución alcohólica al 0,13% o acuosa al 0,1% se emplea para la desinfección de piel y mucosas, pequeñas heridas y desinfección de las manos del cirujano. También (más diluido) para instilaciones vaginales, heridas abiertas o irrigaciones oculares.

El cloruro de bencetonio es parecido al anterior y también se utiliza para la desinfección de pequeñas heridas en solución acuosa al 0,1% o para preparar la piel en solución etanólica al 0,2%, o a concentraciones inferiores (0,02%) en infecciones oculares, nasales y óticas. El cetrimide es otro compuesto de amonio cuaternario con aplicaciones parecidas a los anteriores y que también se usa para desinfectar material sanitario a concentraciones entre 0,5-1%.

2.10 Fenoles y derivados

Los fenoles sustituidos en el núcleo bencénico son antisépticos que actúan desnaturalizando las proteínas cuando se encuentran a concentraciones bajas. La potencia del fenol se incrementa a medida que aumenta el número de sustituyentes y la longitud de sus moléculas. Asimismo, la introducción de grupos nitro y halógenos también hace crecer la potencia antiséptica. El fenol fue uno de los primeros antisépticos descritos, pero actualmente es poco utilizado por su gran toxicidad y su poder irritante, por ello se limita su empleo como desinfectante de uso limitado. Posee gran número de derivados alquifenoles (cresoles, xilenol, timol),

fenoles clorados (clorofenol, cloroxinolol, bifenoles (triclosán, hexaclorofeno), nitro fenoles, polifenoles, etc.

2.10.1 Cloroxilenol

Es activo contra la mayoría de los microorganismos y su potencia se reduce en presencia de sangre o materia orgánica. Se encuentra disponible en preparados tanto como desinfectante o como antiséptico cutáneo.

2.10.2 Hexaclorofeno

Su uso está limitado por que resulta potencialmente tóxico para el sistema nervioso. Es bacteriostático activo frente a grampositivas, menos activo en gramnegativas y no actúa frente a las esporas.

2.10.3 Cresol

Es una mezcla de los tres isómeros, orto, meta y paracresoles y por su carácter irritante se emplea en desinfección exterior y solución jabonosa.

2.10.4 Triclosán

Es activo frente a bacterias gramnegativas y positivas y utilizado como antiséptico en jabones y desodorantes.

2.11 Soluciones para desinfectar en tiempos de COVID-19.

En estos tiempos de la pandemia por COVID-19, el uso de desinfectantes es una parte importante de las medidas de prevención para contener la propagación del virus.

En este capítulo se mencionan las diferentes soluciones y los diferentes productos químicos que nos sirven para combatir la mayor parte de virus y bacterias que existen en el medio ambiente, no obstante, gran parte de estos productos solo son utilizables en lugares con ambientes controlados (como los hospitales) y para desinfectar o esterilizar objetos o áreas en específico. Otro factor muy importante, es el factor económico y la capacidad de adquisición de dicho producto, ya sea porque su precio sea elevado, o por la dificultad de conseguir y manejar el producto químico.

Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) crearon una lista de desinfectantes para combatir el COVID-19 (anexo 1). En este apartado mencionaremos los productos más utilizados, los cuales sean más comerciales y, por consiguiente, se tenga mayor facilidad para adquirirlos:

- Jabón y agua. Es una de las mejores formas para combatir al COVID-19, ya que este al estar envuelto en lípidos, es decir grasa, esta se puede desintegrar con agua y jabón.

- Solución de cloro y agua. El cloro es uno de los agentes más efectivos para combatir virus y bacterias, aunque el cloro es un agente muy agresivo se recomienda que no rebase el 0.05% de concentración, basta con diluir 20 mililitros de cloro por cada litro de agua para que este pueda funcionar como agente desinfectante.
- Soluciones con base en Alcohol. El alcohol es un buen agente para desinfectar y eliminar agentes patógenos, como el COVID-19, no obstante, para que pueda tener un alto grado de eficacia y pueda funcionar como agente desinfectante, el porcentaje de alcohol a diluir no debe de ser menor al 70%. Las dos formas de utilizar las soluciones de alcohol son las siguientes:
 - Solución 100% líquida. Para desinfectar áreas y objetos como mesas utensilios, etc. Y para rociadores y difusores que se ocupan para desinfectar a las personas o las manos al ingresar a un lugar con ambientes controlados.
 - Alcohol en gel. Su principal ocupación es para aplicarlo en las manos y es el más utilizado para ingresar a los comercios, áreas de trabajo, dependencias del gobierno y en todo lugar al que se necesite ingresar o salir que siga las normas y de las medidas sanitarias que indica la OMS.
- Sales Cuaternarias De Amonio Biodegradable. Es un producto químico utilizado para desinfectar áreas, también se utiliza en rociadores y difusores con el porcentaje de concentración adecuado, esto depende directamente del fabricante, aunque mayormente es una concentración del 10%.
- Cloruro de benzalconio. Es un producto químico que se utiliza de la misma manera que las sales cuaternarias, utilizado mayormente para cámaras de humo.

Existe una lista de productos comerciales registrados y aprobados por la EPA que nos sirven para eliminar el COVID-19. Se mencionan algunos de los siguientes productos de marcas comerciales que están aprobados para utilizarlos como agentes desinfectantes:

- Clorox Multi Surface Cleaner + Bleach
- Toallitas desinfectantes Clorox
- Clorox Commercial Solutions® Clorox® Spray desinfectante
- Limpiador concentrado desinfectante de servicio pesado marca Lysol
- Lysol Desinfectante Max Cover Mist
- Limpiador de superficies múltiples Clean & Fresh de la marca Lysol
- Toallitas desinfectantes para superficies profesionales Purell
- Spray germicida Sani-Prime

CAPÍTULO 3.- SISTEMAS DE CONTROL PARA APLICACIÓN DE DESINFECTANTES

INTRODUCCIÓN

Debido a la pandemia COVID-19 las restricciones de seguridad en todo el mundo se han incrementado tratando de disminuir los contagios o evitando nuevos brotes, sin embargo, los estragos producidos por esta pandemia que han provocado lamentablemente no solo la muerte de seres humanos, sino que han paralizado las actividades, políticas, sociales, comerciales y económicas, produciendo una recesión muy complicada para los países de todo el planeta y específicamente los de tercer mundo.

Las autoridades de cada país buscando no solo reactivar su economía sino protegiendo la salud de sus ciudadanos han desarrollado una serie de estrategias que buscan de alguna manera evitar que la pandemia se siga propagando. Algunas de esas estrategias como ya se mencionó anteriormente, inician desde la protección con cubre bocas, el lavado constante de manos, hasta los tapetes sanitizantes y sanitizadores de espacios de uso común, este capítulo describe el desarrollo de un sanitizador de manos para utilizarse en unidades médicas de control de pandemia.

Se presenta la estructura general del sistema y la descripción de cada uno de los subsistemas que se utilizan en la aplicación con el objeto de describir cómo se relacionan entre si cada uno de ellos.

3.1 Descripción del sistema

En la figura 3.1 se muestran cada uno de los elementos funcionales del sistema, de manera global el proyecto considera que las personas que entren a una determinada zona; escuela, oficina, centro de salud, hospital, etc., deban de desinfectar sus manos antes de entrar. Cuando la persona llega al lugar de desinfección introduce sus manos en una caja cuadrada con un solo orificio figura 3.1a, en ese momento un sensor ultrasónico detecta la presencia de las manos y activa el control electrónico requerido para aplicar el desinfectante el cual se encuentra contenido en 4 recipientes colocados estratégicamente en las esquinas de la caja, figura 3.1b, la colocación de los distribuidores del sanitizante puede variar dependiendo de su capacidad de almacenaje,

La duración de aplicación del desinfectante es controlado por un microcontrolador encargado de regular el tiempo de aplicación o en sus diversas opciones, puede activar simultáneamente los desinfectantes uno a uno en secuencia o en paralelo o puede programar el tiempo de activación en determinada hora, finalmente cuando el desinfectante se está aplicando la caja se ilumina permitiendo de esta manera avisar al usuario que el sistema se encuentra activo, la terminación de la aplicación viene acompañado de un sonido audible de inicio y terminación del desinfectante a través de un buzzer electrónico.

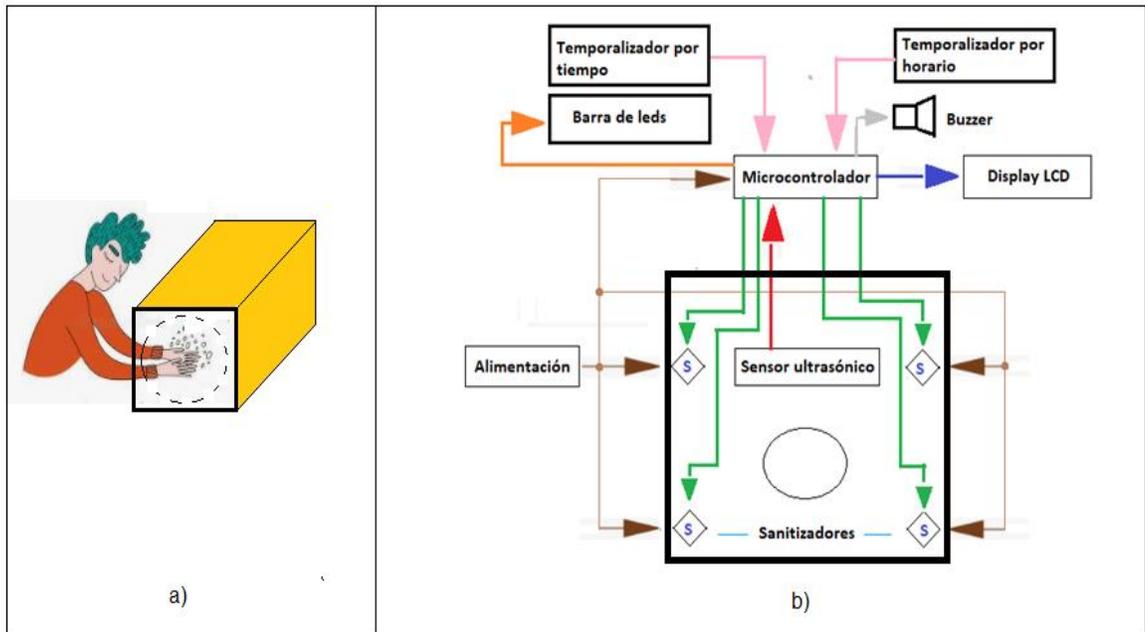


Figura 3.1. a) Estructura del sistema b) integración de los subsistemas

En la figura 3.2 se muestra la estructura de un arco sanitizante que en esencia utiliza el mismo sistema de control, pero permite sanitizar todo el cuerpo, este esquema se presenta a manera de ilustración y posible diseño posterior a este trabajo de tesis.



Figura 3.2. Arco sanitizante

3.1.1 Descripción de funcionamiento

En resumen, la secuencia de acciones para el uso del sistema de sanitizado es la siguiente.

1. Inicialmente el módulo debe conectarse a una toma de corriente de alterna de 100 volts.
2. Con el sistema encendido el LCD muestra el mensaje de invitación al usuario para introducir las manos en la caja.
3. Cuando el usuario introduce las manos dentro de la caja el sensor ultrasónico las detecta e inicia con la aplicación del sanitizante.
4. Al momento de introducir las manos se ilumina la caja mediante una tira de leds y el usuario puede observar con claridad la aplicación del sanitizado.
5. Finalmente, la terminación del tiempo de sanitización termina cuando las luces son apagadas y un buzzer se activa en ese momento el usuario puede retirar las manos y terminar el proceso de sanitizado.

En la figura 3.1b se muestran los subsistemas que conforman el proyecto.

- Sistema de alimentación
- Sensor ultrasónico de detección
- Desplegado de mensajes en LCD
- Sistema de control con microcontrolador
- Buzzer audible
- Leds indicadores en barra o tira
- Depósitos del líquido sanitizante

3.2 Funcionamiento de cada subsistema

Ahora describiremos la función de cada subsistema, sus características principales y la programación correspondiente.

3.2.1 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación debe tener la capacidad de energizar a los siguientes subsistemas.

- Arduino Mega 2560 AVR con un voltaje de alimentación requerido entre 7 hasta 12 volts.
- Sensor ultrasónico con voltaje requerido de 5 volts
- Display LCD con voltaje requerido de 5 volts
- Sanitizadores con voltaje requerido de 3.3 volts
- Iluminación led con voltaje requerido de 12 volts

En la figura 3.3 se muestra el esquema de la fuente de alimentación y la interconexión entre cada módulo.

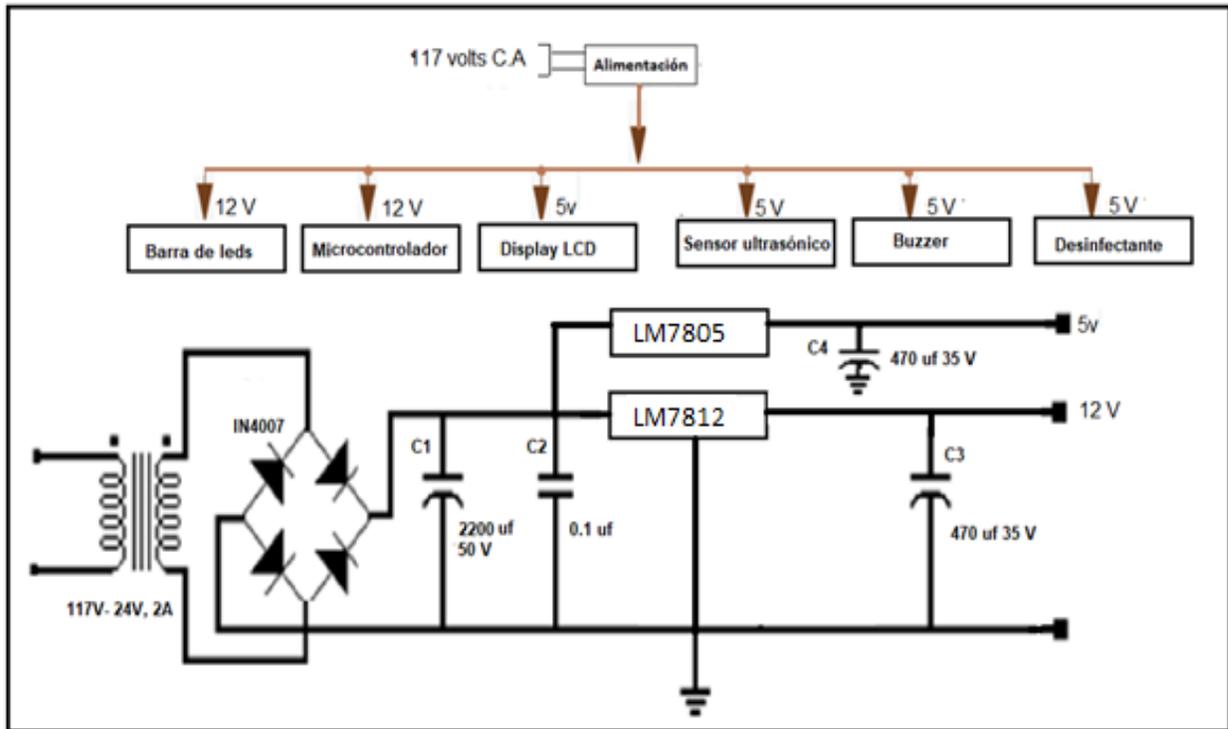


Figura 3.3. Sistema de alimentación

En la figura se puede observar que la alimentación proviene de un transformador reductor de 117 a 24 Vrms y un puente rectificador de propósito general de 2 amperes. Para obtener los voltajes de 12 y 5 volts se utilizan reguladores integrados LM7812 para generar el voltaje de 12 volts y el LM7805 para generar el voltaje de 5 volts, el voltaje de 3.3 volts no ilustrado en la figura se debe a que el ARDUINO MEGA tiene disponible un terminal con salida de 3.3 volts.

3.2.2 Sensor ultrasónico

El sensor ultrasónico consta de un transmisor (TX) y un receptor (RX), el transmisor envía una ráfaga ultrasónica y el receptor capta el rebote de la señal “ECHO” producido por la señal transmisora al rebotar sobre la superficie de un objeto, figura 3.4.

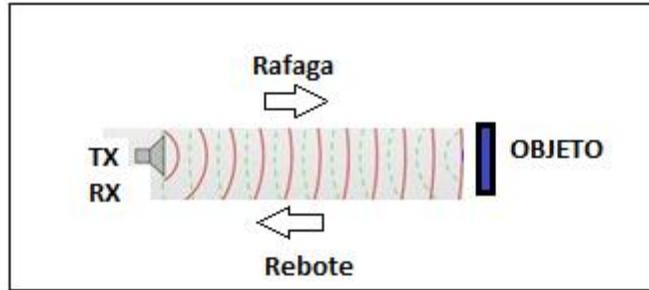


Figura 3.4. Descripción de funcionamiento del sensor ultrasónico

El sensor ultrasónico comercial más popular con conexión a la familia Arduino es el módulo HC-SR04, el cual incorpora en un solo sistema el transmisor y receptor, para de manera conjunta determinar la distancia a la que se encuentra un objeto, figura 3.5

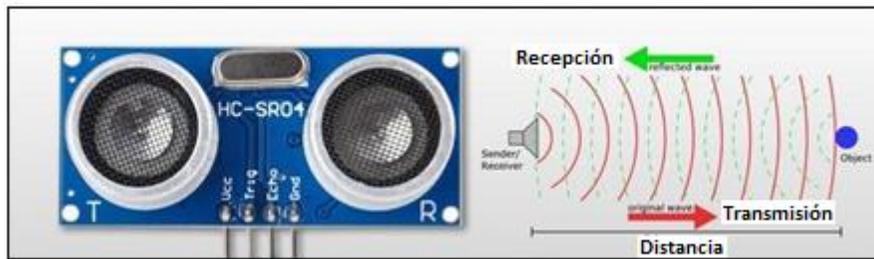


Figura 3.5. Sensor ultrasónico HC-SR04

El módulo consta de 4 terminales, la alimentación $V_{cc}=5$ volts, la conexión a tierra $GND=0V$, el terminal de **Trigger** es el encargado de enviar la ráfaga de pulsos continuos y el terminal Echo capta el rebote de la señal para así poder determinar diversos parámetros por ejemplo la distancia a la que se encuentra un objeto, en la figura 3.6 se muestran las conexiones del sensor ultrasónico modelo HC-SR4.

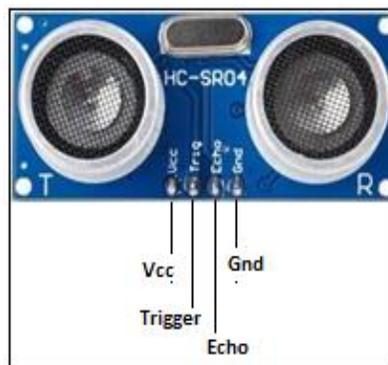


Figura 3.6. Terminales de conexión del sensor ultrasónico HC-SR4

Para utilizar eficientemente el módulo del sensor ultrasónico es necesario describir los siguientes conceptos.

- **El pulso de transmisión del Trigger** debe de ser de 10 microsegundos (μseg), figura 3.7

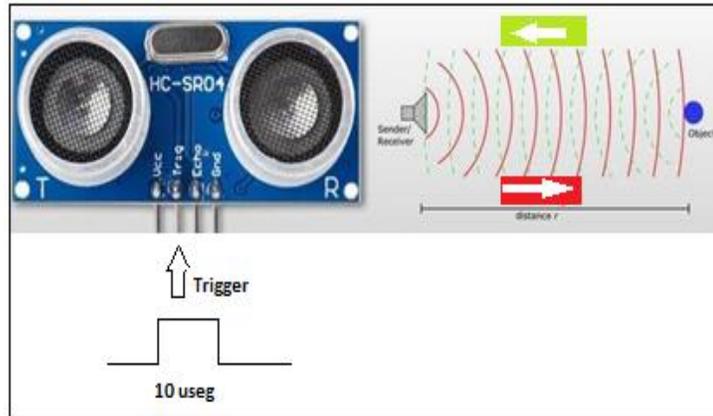


Figura 3.7. Pulso de transmisión trigger igual a 10 μseg

Para calcular la distancia a la que se encuentra un objeto es necesario despejar la distancia de la fórmula de velocidad, como se sabe, la velocidad es igual a la distancia sobre tiempo (distancia/tiempo).

$$v = d/t$$

al despejar la distancia de la ecuación anterior, tenemos

$$d = v * t$$

Las unidades correspondientes son:

- distancia = metros
- tiempo = segundos
- velocidad = metros/segundo

Como podemos observar en la fórmula anterior el dato conocido es la velocidad del sonido, cuyo valor es de 343 metros/segundo.

$$v = 343 \text{ m/s}$$

Para homologar las unidades del Trigger que usa un pulso de 10 μseg con la velocidad del sonido que es metros/segundo, es necesario realizar la conversión de (m/seg a cm/ μseg).

Inicialmente pasamos de metros a segundos primera (1ª) transformación y posteriormente de segundos a microsegundo segunda (2ª) transformación, tal y como se observa a continuación.

$$343 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ s}}{1000000 \text{ us}} = \frac{34300 \text{ cm}}{1000000 \text{ us}} = .0343 \frac{\text{cm}}{\text{useg}}$$

Velocidad=.0343cm/μseg

Recordemos que

- 1 metro = 100cm
- 1 segundo = 1000000μsegundos

El cálculo de la distancia quedaría como:

$$d= v * t$$

sustituyendo valores

$$d= (0.0343\text{cm}/\mu\text{seg}) * \text{tiempo}$$

Sin embargo, la distancia debe multiplicarse por 2 debido a que la señal no solo es la distancia de transmisión sino también el regreso es decir 2 veces la distancia, figura 3.7

$$2d= (0.0343\text{cm}/\mu\text{seg}) * \text{tiempo}$$



Figura 3.7. Descripción de la distancia recorrida y su regreso

Si despejamos la distancia de la siguiente formula

$$2d = (0.0343\text{cm}/\mu\text{seg}) * \text{tiempo}$$

encontramos que la distancia es igual a

$$d = \frac{(0.0343\text{cm}/\mu\text{seg}) * \text{tiempo}}{2}$$

el resultado final será

$$d = (.017) \frac{\text{cm}}{\mu\text{seg}} * (\text{tiempo})$$

Con este dato podemos interpretar a que distancia debe de activarse el sensor ultrasónico.

En caso de querer obtener el tiempo, realizamos el despeje correspondiente

$t = \frac{d}{v}$	$\text{tiempo} = \frac{d \text{ cm}}{.017 \frac{\text{cm}}{\mu\text{seg}}} = 58 \text{ u seg}$
-------------------	--

3.2.3 Display de cristal líquido “LCD”

El display LCD de 16X2 es un display alfanumérico que permite visualizar resultados en una pantalla de cristal líquido. El LCD está formado por 32 display alfanuméricos distribuidos en dos renglones y dos columnas para formar la estructura de 16X2 “16 columnas 2 renglones”.

El funcionamiento del circuito es muy simple, requiere para su funcionamiento de dos etapas.

- Etapa de inicialización
- Etapa de datos

Estas dos secciones son necesarias para que el display pueda mostrar la información programada. En la figura 3.8(a) se muestra la pantalla LCD y en la tabla 3 la función de cada una de sus terminales de conexión.

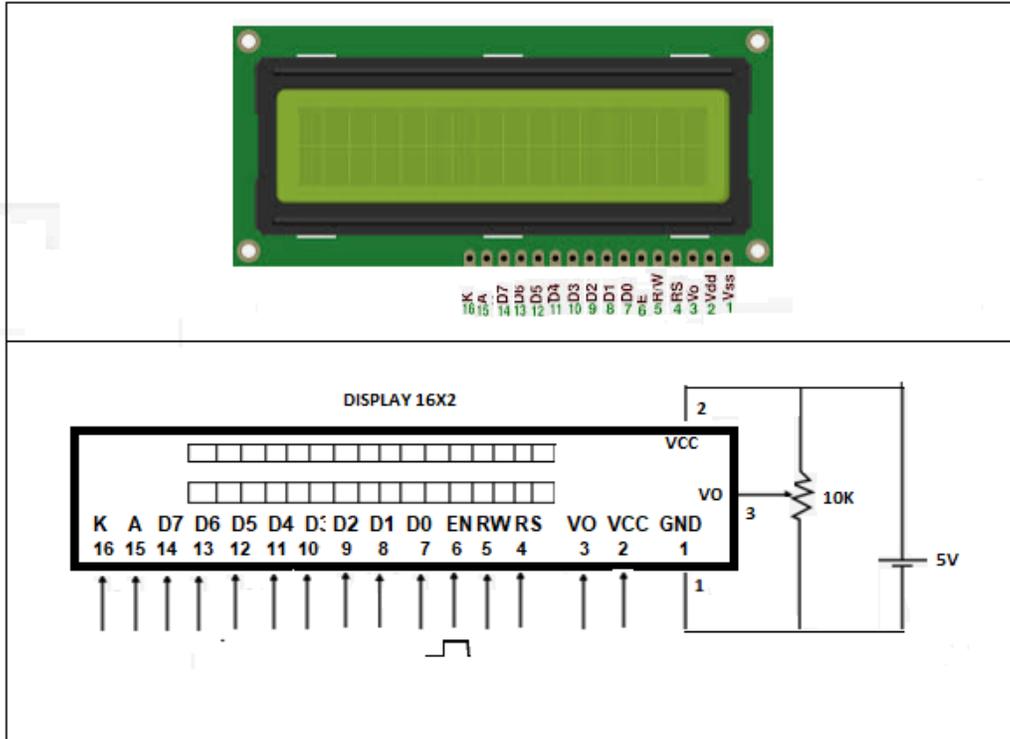


Figura 3.8(a) Conexiones del Display LCD de 16X2

La función de cada una de las terminales se describe en la tabla 3.1

Terminal	Señal	Función
1	GND	Terminal de tierra GND= 0 volts
2	VCC	Alimentación de VCC= 5 volts
3	Vo	Entrada para control de contraste del display
4	RS	Si RS=1 entrada de datos Si RS=0 entrada de comandos
5	RW	Si RW=0 Escritura, Si RW=1 Lectura
6	EN	Señal de barrido del LCD
7	D0	Data 0
8	D1	Dato 1
9	D2	Dato 2
10	D3	Dato 3
11	D4	Dato 4
12	D5	Dato 5
13	D6	Dato 6
14	D7	Dato 7
15	D8	Ánodo(A) del LCD conectar a VCC +5V
16	D9	Cátodo(K) del LCD conectar a GND

TABLA 3.1. Función de las terminales del Display LCD 16X2

- Como podemos observar en la tabla de asignación de terminales, el circuito cuenta con.
- El terminal 1 corresponde a GND
- El terminal 2 es utilizado para alimentar el LCD con voltaje VCC = 5 Volts.
- El terminal 3 “V0” es el control de intensidad del LCD que se controla mediante un potenciómetro cuyo valor oscila entre 10 y 20 Kohm.
- El terminal 4 es la entrada RS. Si RS=0 se introducen comandos, si RS=1 se introducen datos.
- El terminal 5 es la entrada R/W utilizada para leer (R) o escribir (W) y el funcionamiento es el siguiente, Si R/W=0 se escribe, si R/W =1 se lee.
- El terminal 6 es el barrido Enable o señal de sincronía, la señal enable es requerida para el funcionamiento del LCD y básicamente es una señal de reloj.
- Del terminal 7 al terminal 14 se encuentra la entrada de datos D0 hasta D7. El bit más significativo es D7 y el menos significativo D0.
- Los LCD de última generación cuentan con una terminal denominada A “ánodo” y una denominada K cátodo”, estas terminales se utilizan para iluminar todo el entorno del display, A= 5 Volts y K= GND.

3.3 Inicialización del Display de Cristal Líquido

Como se mencionó anteriormente el display LCD debe de inicializarse para poder introducir los datos que requiere el proyecto, la inicialización considera introducir una serie de valores lógicos en los bits de datos de D7 hasta D0 y utilizar las entradas RW=0 (escribir) y RS=0 (comandos). En la tabla 3.2 se muestra la inicialización del LCD

PC	RW	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	HEX	Comentarios
0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	38	Se establece una interface de 8 bits.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	01	Limpia pantalla y regresa a posición inicial
2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	06	Movimiento de cursor a la derecha
3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0E	Ilumina pantalla del exhibidor
4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	80	Posiciona carácter en primera línea

Tabla 3.2. Inicialización del Display LCD de 16X2

En la columna 1 denominada PC “Contador de Programa” nos permite ver que para la inicialización del display se requiere hacer un conteo del 0 al 4.

- En el conteo PC=0, RW=0 “escribe” y RS= 0” comando”, es decir escribe un comando. El comando escrito 38H en formato hexadecimal, se utilizado para realizar la conexión entre el microcontrolador y el LCD a través de un bus de 8 bits, este código 38H se escribe en código binario (00111000) B= 38H ordenados de izquierda a derecha, D7 se muestra como el bit más significativo.
- En el conteo PC=1 nuevamente RW=0 “escribe” y RS= 0” comando”, el código 01H, es utilizado para limpiar el LCD y ponerlo en su posición inicial, esta información se realiza a través de su código binario (0001 0001) B = 01H ordenados de izquierda a derecha, recordemos que el bit más significativo es D7.
- En el conteo PC=2, RW=0 “escribe” y RS= 0” comando”. Tenemos el comando 06H en formato hexadecimal, este comando es utilizado para establecer el movimiento hacia la derecha del cursor en el LCD, esta información se introduce al LCD mediante su código binario (0000 0110) B = 06H acomodados de izquierda a derecha, D7 es el bit más significativo.
- En el conteo PC=3, RW=0 “escribe” y RS= 0” comando”. nos permite escribir el código 0EH, comando utilizado para iluminar internamente el LCD y ponerlo en condición inicial, esta información se realiza a través de su código binario (0000 1110) B = 0EH, acomodados de derecha a izquierda, considerando a D7 como el bit más significativo.
- En el conteo PC=4, RW=0 “escribe” y RS= 0” comando”. nos permite escribir el código 80h, utilizado para posicionar el cursor en la primera línea, esta conexión se realiza a través de su código binario (1000 0000) B = 80H acomodados de izquierda a derecha, considerando a D7 como el bit más significativo.

3.3.1 Introducción de datos al LCD

Al terminar la inicialización es necesario introducir los datos al LCD, para introducir datos es necesario modificar los valores de RW y RS para escribir datos, se requiere que RW=0 (escribe), RS=1 (datos), es decir escribe datos.

Por ejemplo, consideremos que la pantalla desplegara el siguiente mensaje.

**FAVOR DE
INTRODUCIR MANOS**

Esta información para ser desplegada en el LCD debe de introducirse de la siguiente manera.

El contador PC debe continuar con el conteo, anteriormente se había quedado en el numero 4, ahora cuando el valor PC=5, en ese renglón se observa que RW=0 “escribe”, RS=1 “dato” el dato a introducir tiene el código 46 en hexadecimal y es equivalente a la letra F, su código binario es (0100 0110) B= 46H, este valor se toma de la tabla 3.3 del código ASSCI del LCD tabla 3.4.

PC	RW	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	HEX	Comentarios
5	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	46	Se introduce letra F
6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	41	Se introduce letra A
7	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	56	Se introduce letra V
8	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	4F	Se introduce letra O
9	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	52	Se introduce letra R

Tabla 3.3. Para introducir el mensaje FAVOR

Para obtener el código hexadecimal de las letras de la palabra **FAVOR** se muestra a continuación.

F(46h), A(41H), V(56H), O(4FH), R(52H)

Para la obtención del código hexadecimal de cada letra, es necesario revisar cuidadosamente la tabla del código ASSCI del LCD, tabla 3.4 y escribirlas en la tabla correspondiente, recordemos que D7 es el bit más significativo.

ASCII Hex Símbolo											
64	40	@	80	50	P	96	60	`	112	70	p
65	41	A	81	51	Q	97	61	a	113	71	q
66	42	B	82	52	R	98	62	b	114	72	r
67	43	C	83	53	S	99	63	c	115	73	s
68	44	D	84	54	T	100	64	d	116	74	t
69	45	E	85	55	U	101	65	e	117	75	u
70	46	F	86	56	V	102	66	f	118	76	v
71	47	G	87	57	W	103	67	g	119	77	w
72	48	H	88	58	X	104	68	h	120	78	x
73	49	I	89	59	Y	105	69	i	121	79	y
74	4A	J	90	5A	Z	106	6A	j	122	7A	z
75	4B	K	91	5B	[107	6B	k	123	7B	{
76	4C	L	92	5C	\	108	6C	l	124	7C	
77	4D	M	93	5D]	109	6D	m	125	7D	}
78	4E	N	94	5E	^	110	6E	n	126	7E	~
79	4F	O	95	5F	_	111	6F	o	127	7F	DEL

Tabla 3.4. Código ASCII

Recordemos que la información ejemplo que debe de aparecer en el display es

FAVOR DE

INTRODUCIR MANOS

En la tabla 3.5 se muestro el código para la palabra FAVOR, a continuación, se muestra el código requerido para cada una de las palabras que se van a utilizar.

DE: D (44)H y E(45H)

INTRODUCIR: I (49)H, N(4E), T (54)H, R (52)H, O(4F) H, D (44)H, U (55)H, C (43)H, I (49)H, R (52) H.

MANOS: M(4D), A (41)H, N(4E), O(4F), S (53)H

La tabla de programación del mensaje global se muestra a continuación, tabla 7.

PC	RW	RS	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	HEX	Comentarios
10	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	44	Se introduce letra D
11	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	45	Se introduce letra E
12	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	60	ESPACIO BLANCO

13	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	49	Se introduce letra I
14	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	4E	Se introduce letra N
15	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	54	Se introduce letra T
16	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	52	Se introduce letra R
17	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	4F	Se introduce letra O
18	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	44	Se introduce letra D
19	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	55	Se introduce letra U
20	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	43	Se introduce letra C
21	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	49	Se introduce letra I
22	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	52	Se introduce letra R
23	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	60	ESPACIO BLANCO
28	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	4D	Se introduce letra M
29	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	41	Se introduce letra A
30	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	4E	Se introduce letra N
31	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	4F	Se introduce letra O
32	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	53	Se introduce letra S

Tabla 3.5. Programación de las palabras DE INTRODUCIR MANOS

En la figura 3.9 se muestran las conexiones requeridas para establecer la comunicación entre el microcontrolador y el display LCD.

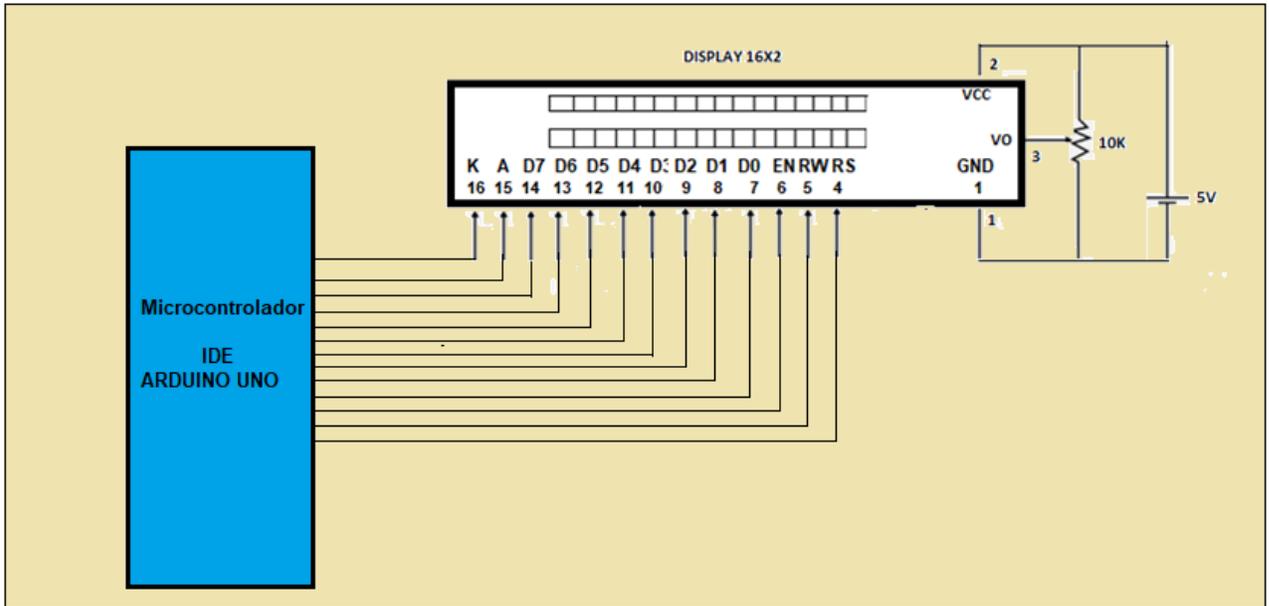


Figura 3.9 Conexión entre el Display LCD y la tarjeta Arduino UNO

3.4 Microcontrolador ARDUINO UNO & ARDUINO MEGA

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y su entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez y bajo costo que permiten el desarrollo de múltiples diseños.

Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring, la tarjeta de Arduino se muestra en la figura 3.10

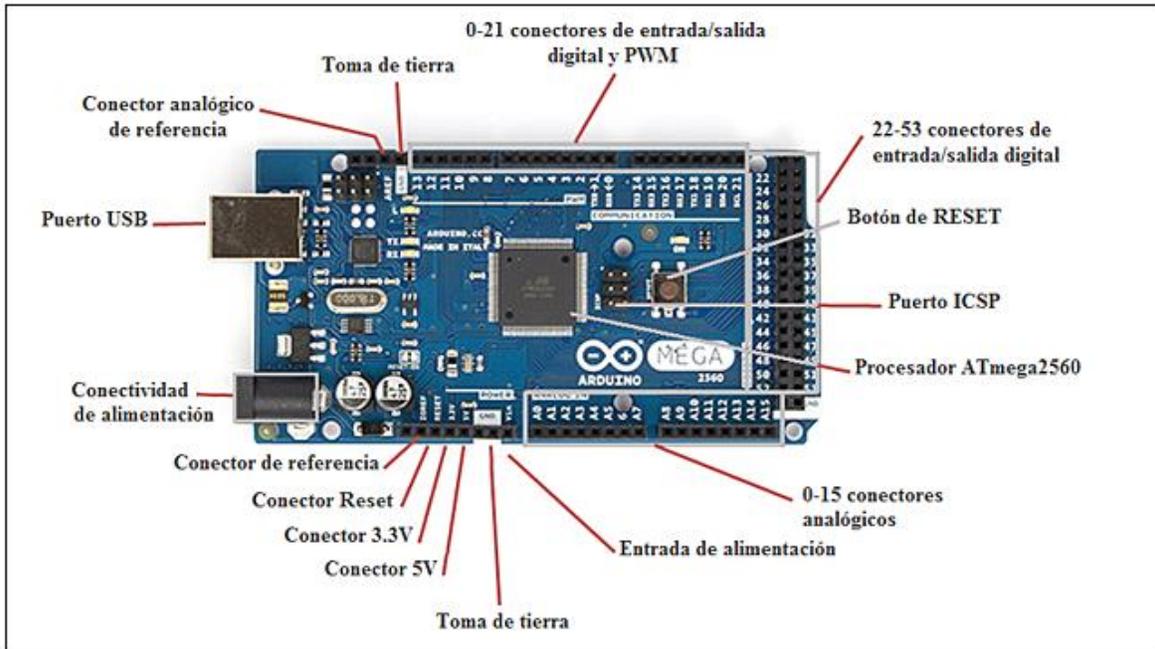


Figura 3.10. Terminales de la tarjeta Arduino Mega

Sus características principales se muestran en la tabla 3.6.

Microcontrolador	ATMEGA 2560
Voltaje de Operación	5 volts
Voltaje de entrada	7 a 12 Volts
Terminales de entrada-salida digitales	54 terminales "15 utilizados como PWM"
Terminales de entradas analógicas	6
Corriente de salida en las terminales de entrada-salida	40 ma
Corriente de salida para terminal de 3.3 V	50 ma
Memoria Flash	256KB (8k para bootloader)
SRAM	8KB
EEPROM	4 KBYTE (ATmega 328)
Velocidad del reloj	16 MHZ

Tabla 3.6. Características de la tarjeta Arduino Mega

3.5 Tecnología LED & Buzzer

La tecnología LED utilizada en esta aplicación, es una tira de LEDs de alta iluminación y baja potencia con alimentación de 12 volts y su consumo de corriente igual a 45ma, en la figura 3.12 se muestra su estructura.

Básicamente, el uso de la tecnología led y buzzer figura 3.13 son tecnologías de aplicación directa que no requiere de información adicional pues son periféricos de apoyo visual y audible en el proyecto, en el caso de buzzer es un periférico directo de la familia Arduino.



Figura 3.12. Tira de Leds

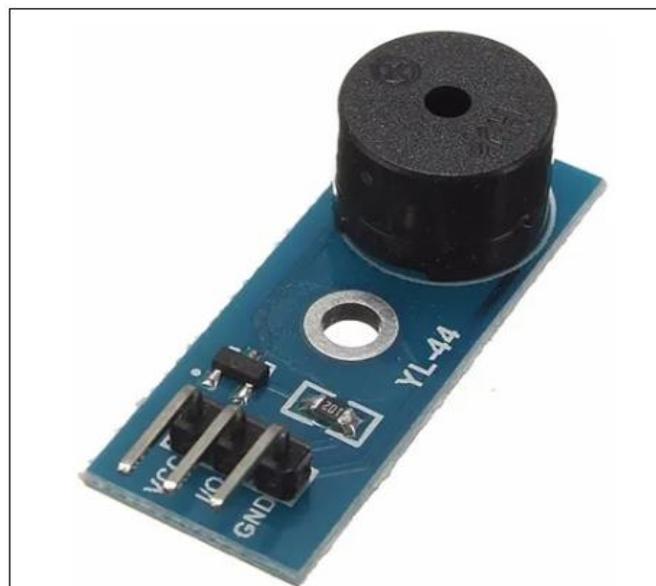


Figura 3.13. Tarjeta de módulo Buzzer

3.6 Sanitizadores automáticos

Los sanitizadores utilizados en el proyecto pueden variar según el tipo, tamaño y capacidad de almacenamiento, sin embargo dependiendo de la aplicación tienen diversos voltajes de funcionamiento, en nuestro caso utilizaremos los disponibles con alimentación de 3.3 volts para acoplar directamente con la tarjeta ARDUINO, en la figura 3.14 se muestra el modelo inicial utilizado para nuestras pruebas, su voltaje de alimentación de 3.3 volts, sin embargo, este tipo de sanitizador como se puede observar en la figura contiene poco líquido.

Las características principales son:

- Recipiente de almacenamiento para 50 ml
- Circuito de control para activación a 3.3 volts
- Alimentación recargable



Figura 3.14 Sistema de almacenamiento del sanitizante

En la figura 3.15 se muestra nuestro circuito de prueba

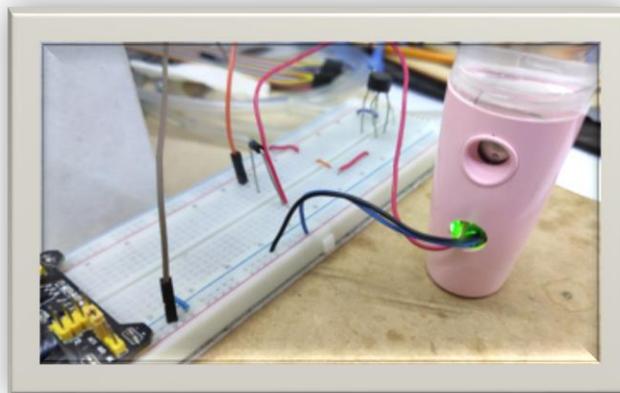


Figura 3.15 Pruebas iniciales con sanitizador de 20 ml

**CAPÍTULO 4.- DISEÑO, PROGRAMACION Y
CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION
DEL SANITIZADOR**

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe paso a paso el diseño de la estructura para la desinfección de manos, la interconexión entre componentes y la programación global del sistema para su funcionamiento.

4.1 Diseño de la estructura de desinfección para manos

Para iniciar con el proyecto inicialmente realice un dibujo en papel y posteriormente en Paint para determinar cómo sería la estructura con las medidas sugeridas para el proyecto, posteriormente se realizó el prototipo utilizando papel cascarón para la construcción antes de llegar al diseño final hecho a través de madera y PVC espumoso.

Es importante hacer notar que todas las tapas son desmontables para poder conectar los subsistemas internos y hacer las conexiones requeridas. En la figura 4.1 se muestra el esquema general, como se observa el usuario debe meter sus manos en un círculo de 20 cm de diámetro, la tapa mide 25.5 cm de ancho y 27.5 cm de largo.

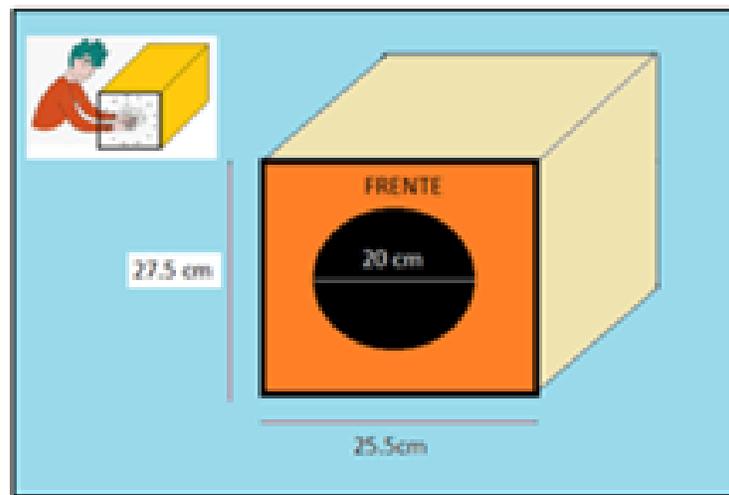


Figura 4.1. Ilustración de la idea inicial

En el proceso de desarrollo se hicieron varios cambios en los materiales de diseño de la caja, sin embargo, se mantuvo por mantener el círculo con las dimensiones iniciales y extender el ancho de la caja.

La extensión de la caja se debe a que el utilizar sanitizantes con capacidad de 20ml sería poco práctico al hacer las recargas del líquido, por lo cual en el proyecto terminal se colocaron dos depósitos de sanitizante con capacidad de almacenaje de un litro cada uno, como se muestra en la figura 4.2, en la figura se observan dos pequeños tapones de color negro que en realidad son las tapas de los depósitos de

1 litro, el dejar los tapones por fuera me permite recargar el sanitizante sin quitar las tapas de madera que recubren el proyecto.

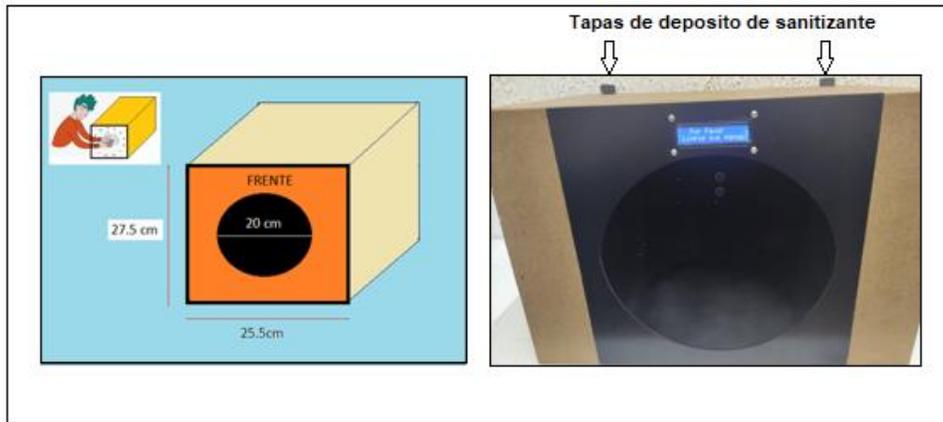


Figura 4.2 Imagen de la caja sanitizante prototipo final

En la figura 4.3 se muestran las imágenes de la tapa posterior y la base inferior, con las medidas mostradas, inicialmente en papel cascaron y posteriormente en madera para darle robustez al proyecto, se pueden observar con claridad los depósitos del sanitizante en color rojo.

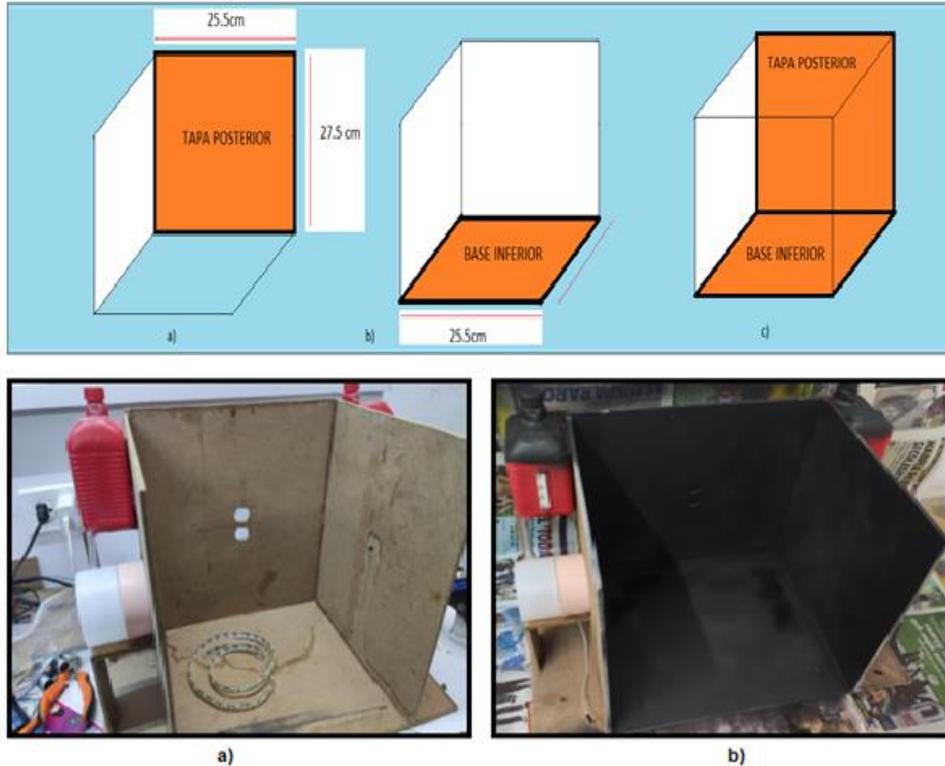


Figura 4.3 Ilustración del diseño de la posterior y la base inferior

Debe observarse en la figura 4.3 que se hizo una extensión de madera en las tapas laterales con el objeto de poder incluir dos depósitos de líquido sanitizador con capacidad de un litro, por lo cual se tienen físicamente dos paredes laterales, una es parte de la caja y la otra es para cubrir los depósitos del líquido sanitizador, cada depósito con capacidad de un litro.

Una mejor visualización desde la parte posterior se muestra en la figura 4.5

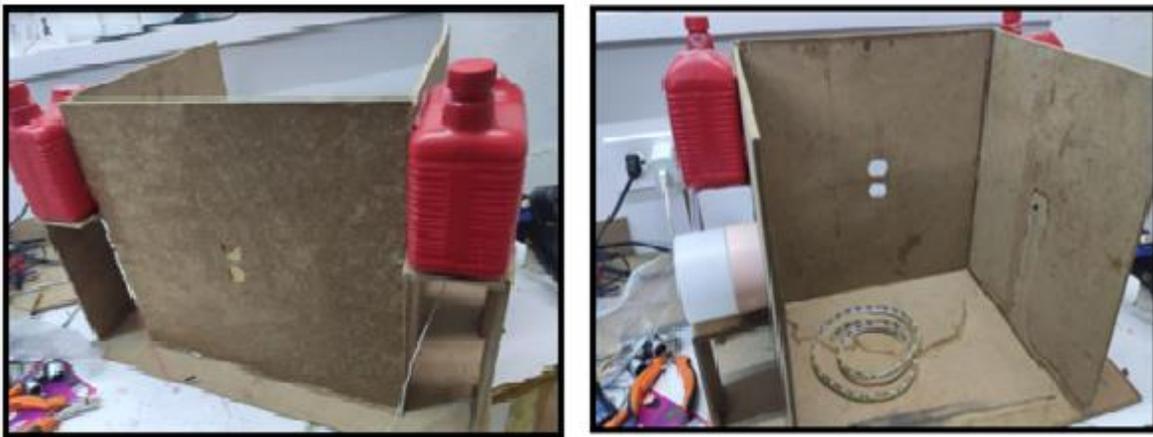
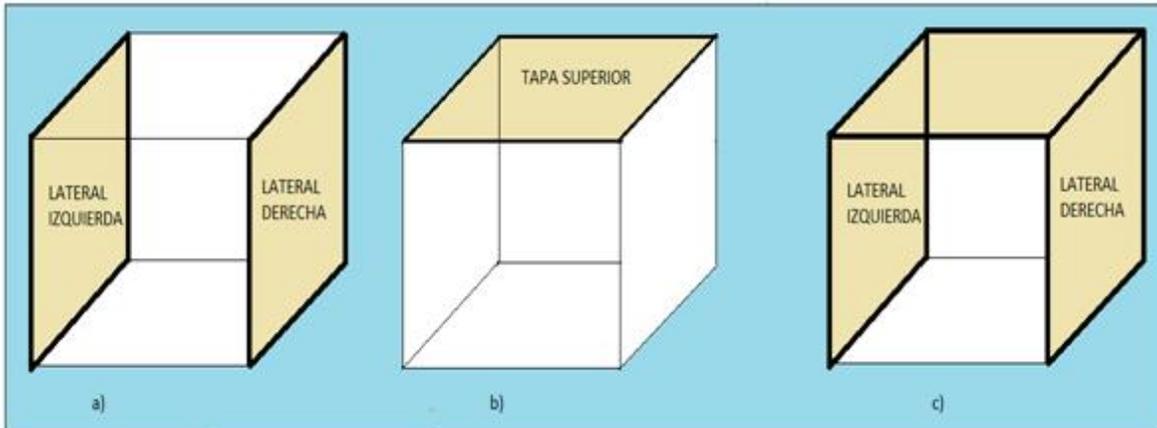


Figura 4.4 Imagen de las tapas laterales y los depósitos del líquido sanitizador

La estructura de la caja en su prototipo final, mantiene la idea pensada inicialmente en la figura 4.5, en la figura 4.6 se muestra el prototipo final desarrollado en madera y PVC espumoso.

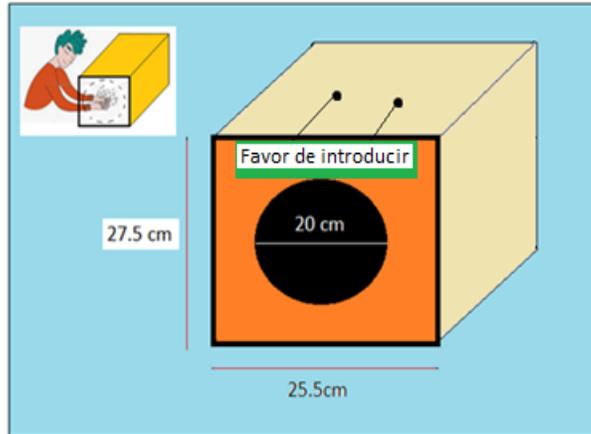


Figura 4.5 Apariencia de la caja final de aplicación de sanitizante

En la figura 4.6 se observan dos de los subsistemas utilizados en el diseño, el display de cristal líquido LCD e internamente el sensor ultrasónico, tira de leds y buzzer.

**POR FAVOR
LIMPIE SUS MANOS**



Figura 4.7 Caja sanitizadora prototipo final

En la figura 4.7 se muestran varias imágenes del proceso de construcción.

- a) Ensamblado de tapas laterales, tapa del fondo y periféricos a instalar
- b) Ensamblado tapas laterales y frente con el círculo de entrada.
- c) Pintado de las tapas internas
- d) Presentación final del prototipo



Figura 4.7. Ilustración del diseño de la caja sanitizadora

4.2 Programación del display de cristal líquido LCD

El display de cristal líquido es utilizado para dar al usuario el mensaje inicial para introducir y desinfectar sus manos.

Anteriormente en el capítulo tres describimos el funcionamiento e inicialización del display, sin embargo, durante el proceso de investigación se descubrió que Arduino tiene un repertorio de librerías que nos permite realizar la programación de manera más directa, en la figura 4.8 se muestra el proceso para acceder a las librerías de Arduino.

- 1.- Seleccionamos ejemplos
- 2.- Seleccionamos LiquidCrystal
- 3.- Utilizamos cualquiera de sus ejemplos y lo adecuamos y programamos en base a nuestra necesidad, como se describe a continuación.

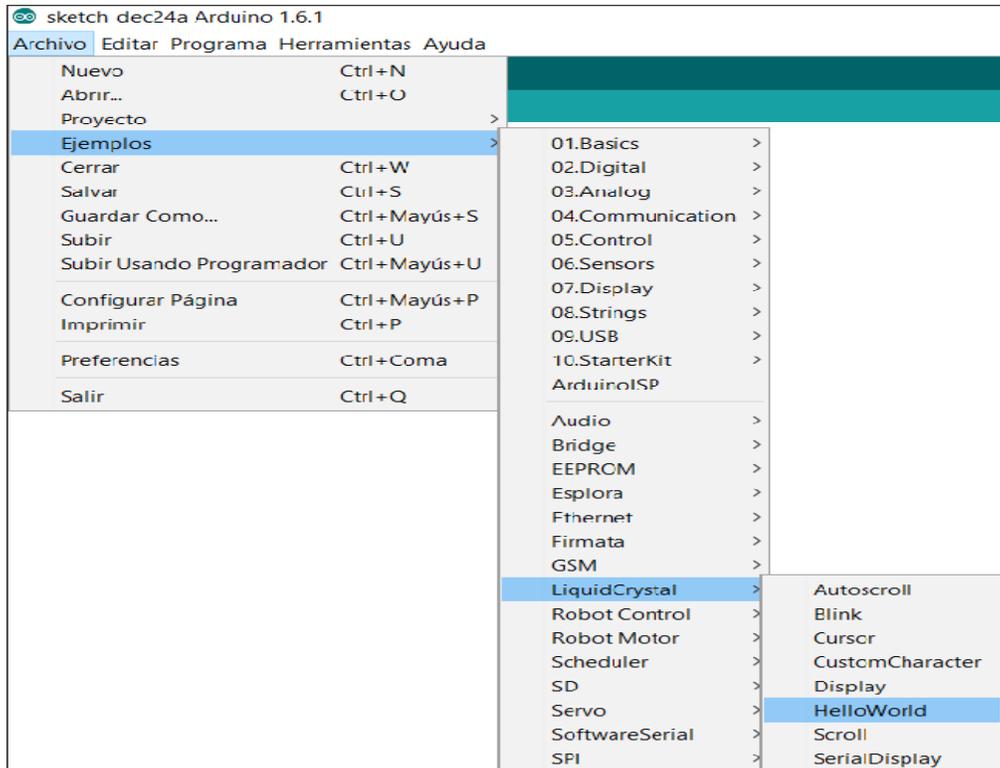


Figura 4.8. Ruta de acceso a los ejemplos de Arduino que incluyen librerías preestablecidas.

Como podemos notar Arduino ya tiene instalados varios ejemplos muestra, como se puede observar en nuestra pantalla tenemos archivos que van desde **Basics hasta SPI**, dentro de cada carpeta existen diversos ejemplos, algunos de ellos requieren para su funcionamiento el uso de librerías para su ejecución tal es el caso de la carpeta LiquidCristal, en ella seleccionemos el ejemplo denominado HelloWord, cuyo código se muestra en la siguiente figura 4.9

```

26  Library originally added 18 Apr 2008
27  by David A. Mellis
28  library modified 5 Jul 2009
29  by Limor Fried (http://www.ladyada.net)
30  example added 9 Jul 2009
31  by Tom Igoe
32  modified 22 Nov 2010
33  by Tom Igoe
34
35  This example code is in the public domain.
36
37  http://www.arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal
38  */
39
40  // include the library code:
41  #include <LiquidCrystal.h>
42
43  // initialize the library with the numbers of the interface pins
44  LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
45
46  void setup() {
47    // set up the LCD's number of columns and rows:
48    lcd.begin(16, 2);
49    // Print a message to the LCD.
50    lcd.print("Hello, world!");
51  }
52
53  void loop() {
54    // set the cursor to column 0, line 1
55    // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
56    lcd.setCursor(0, 1);
57    // print the number of seconds since reset:
58    lcd.print(millis() / 1000);
59  }
60
  
```

Figura 4.9. Ejemplo del repertorio de ejemplos de Arduino

Para una mejor descripción consideremos la descripción del código de la figura 4.9.

- De la línea 1 a la línea 38 se utilizan los caracteres `(/*` para determinar los comentarios del programa, en nuestro caso nos indican el terminal de conexión entre Arduino y el LCD, es importante hacer notar que esta conexión puede ser modificada por el programador.
- La línea 2 hace referencia al uso del código de la librería LiquidCristal Library-Hello Word.
- De la línea 13 a 24 se describen las terminales que deben de utilizarse para realizar la interfaz entre el LCD y Arduino.
- En la línea 13 la entrada RS del LCD debe conectarse al terminal 12 de Arduino
- En la línea 14 la entrada Enable del LCD debe conectarse al terminal 11 de Arduino
- En la línea 19 se indica que la terminal RW debe de conectarse a tierra “GROUND”
- En la Línea 20 se indica la conexión VSS del LCD a GROUND

- En la línea 21 se indica que el terminal VCC del LCD debe conectarse a 5 volts
- En la línea 22 se especifica que debe conectarse una resistencia de 10 ohms a la entrada Vo del LCD, esto se logra utilizando un potenciómetro de 20 Kohms y su derivación central se conecta a VO.

Finalmente, como ya se describió con anterioridad la terminal Ánodo(A) del LCD lo conectamos a 5 Volts y su Cátodo (K) a Ground “Tierra”.

La ventaja de utilizar la librería de Arduino para la programación del LCD, es que con ella es posible realizar la programación del LCD utilizando una interface de 4 bits, reduciendo considerablemente el uso de las terminales de la placa Arduino, las conexiones se hacen directamente sobre los bits más significativos del LCD D4, D5, D6, D7 que se conectan a los pins 5,4,3,2 respectivamente. En la figura 4.10 se muestra la conexión del LCD y ARDUINO.

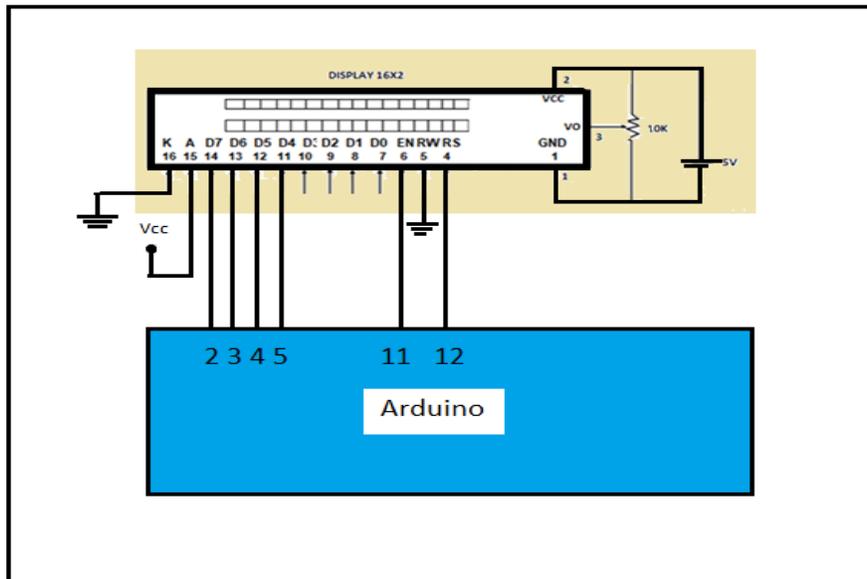
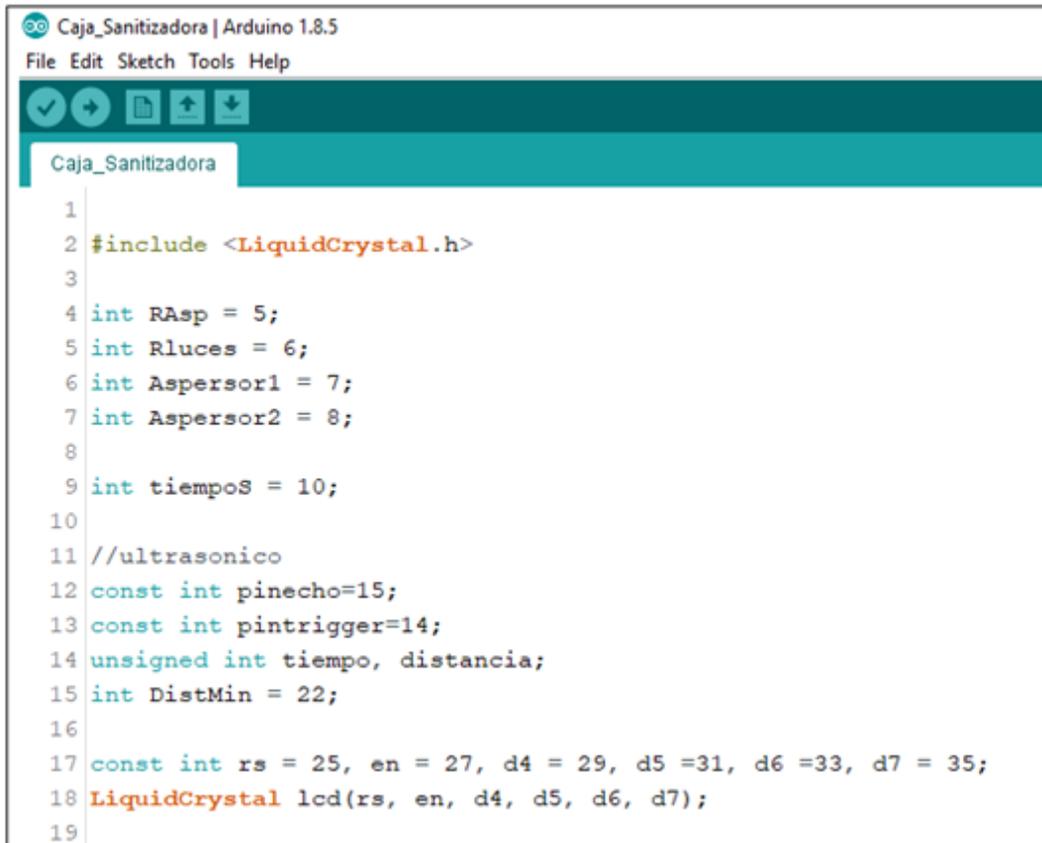


Figura 4.10. Conexión de Arduino al LCD

4.2.1 Arduino UNO vs Arduino Mega

La razón de utilizar la tarjeta Arduino Mega y no Arduino UNO, inicialmente se debió a que al programar el LCD con interface de 8 bits se consumían casi todos los pins y no habría espacio para conectar nuevos periféricos al proyecto final, sin embargo al utilizar Arduino Mega y tener mayor cantidad de terminales disponibles de entrada salida, tendríamos terminales de repuesto y/o crecimiento para fallas o conexiones futuras, consideremos que el sistema puede ser susceptible a variaciones del voltaje de alimentación, en caso de falla, no tendríamos que desmontar la tarjeta y solo se cambiaría el terminal que ocasionalmente pueda dañarse por otra terminal de reemplazo 4.11 se muestran en color rojo las

4.3.1 Para describir iniciamos con la asignación de terminales



```
Caja_Sanitizadora | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

Caja_Sanitizadora

1
2 #include <LiquidCrystal.h>
3
4 int RAsp = 5;
5 int Rluces = 6;
6 int Aspersor1 = 7;
7 int Aspersor2 = 8;
8
9 int tiempos = 10;
10
11 //ultrasonico
12 const int pinecho=15;
13 const int pintrigger=14;
14 unsigned int tiempo, distancia;
15 int DistMin = 22;
16
17 const int rs = 25, en = 27, d4 = 29, d5 =31, d6 =33, d7 = 35;
18 LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
19
```

Figura 4.12. Sección de código de programación

- En la línea 2 se hace el llamado a la librería del display de cristal líquido se incluye (#include) la librería para el manejo del LCD
- En la línea 4 se asigna el pin 5 a la salida Rasp “alimentación de los aspersores sanitizantes”
- En la línea 5 se asigna el pin 6 a la salida para activar el relevador que controla las luces de iluminación interna de la caja “tira de leds”.
- En la línea 6 y 7 se asignan las salidas para el disparo de los aspersores
- En la línea 8 generamos una variable tiempo para controlar el tiempo de nuestras secuencias en el programa, inicialmente esta programada a 10 milisegundos
- En las líneas 12 y 13 generamos la señal de entrada y salida de nuestro sensor ultrasónico.
- En la línea 14 asignamos las variables a monitorear del sensor ultrasónico, tiempo y distancia
- En la línea 15 asignamos el valor mínimo de censado del sensor ultrasonico, en este caso 22 cm
- En la Línea 17 y 18 asignamos los pines a nuestro display liquido

En la figura 4.13 se esquematiza la asignación de pins en nuestro proyecto

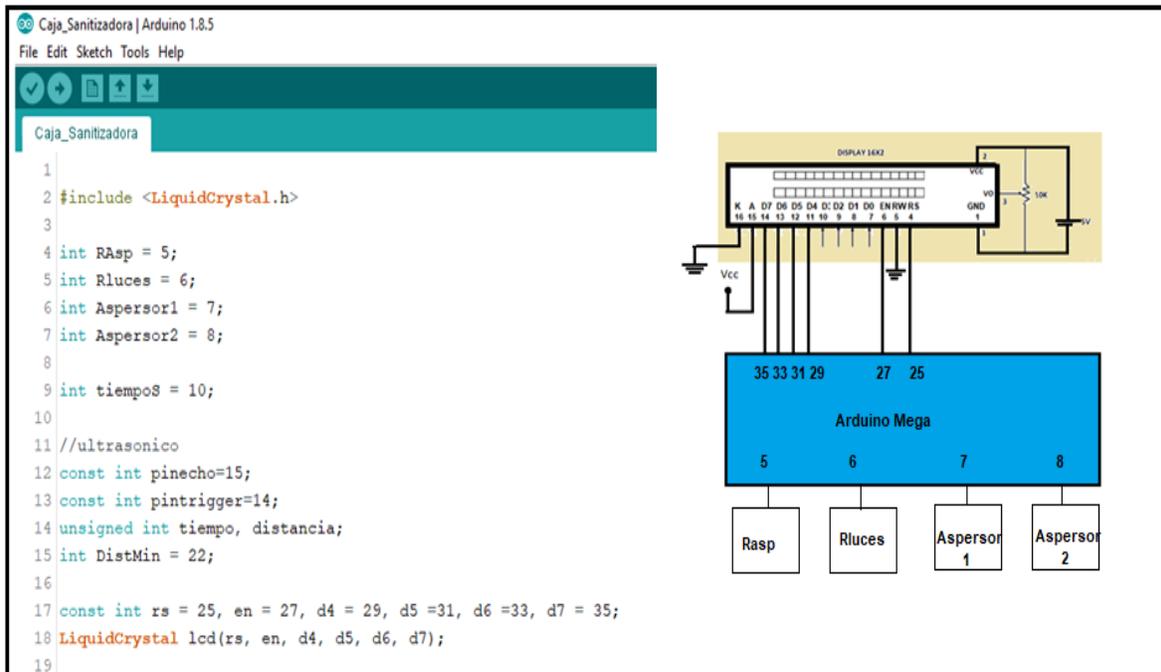


Figura 4.13 Asignación de pins en Arduino Mega

En la figura 4.14 se muestra la conexión de Arduino a los relevadores de estado sólido para la activación de los subsistemas Rasp y Rluces.

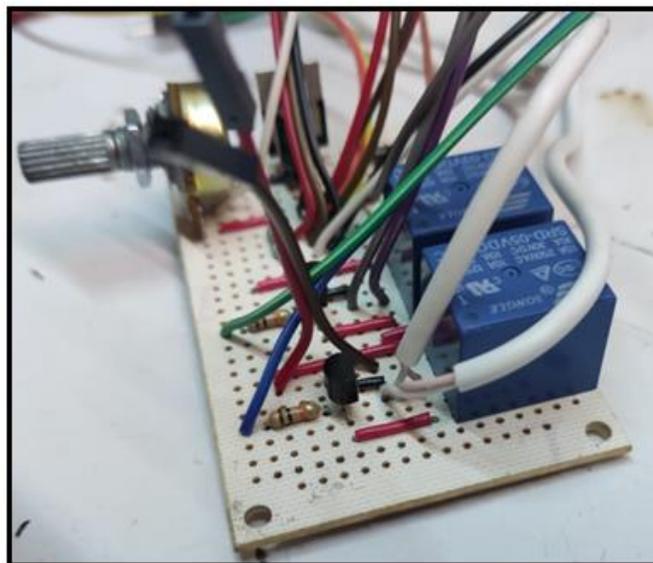


Figura 4.14. Circuito electrónico de los relevadores para Rasp y Rluces

4.3.2 Void Setup

En el void setup o bloque de programación para las condiciones iniciales del sistema configuramos nuestros pines como entrada o salida, figura 4.15

- Como podemos observar el único pin de entrada es el pinecho del sensor ultrasónico línea 28, los demás pins se configuran como salidas.

```
19
20 void setup() {
21
22   pinMode (RAsp, OUTPUT);
23   pinMode (Rluces, OUTPUT);
24   pinMode (Aspersor1, OUTPUT);
25   pinMode (Aspersor2, OUTPUT);
26
27   //ULTRASONICO
28   pinMode (pinecho, INPUT);
29   pinMode (pintrigger, OUTPUT);
30
31   //LCD
32   lcd.begin(16, 2);
33   lcd.print(" BIENVENIDO!!");
34   delay (2000);
35 }
```

Figura 4.15 Asignación de pins de entrada INPUT y salida OUTPUT

- De la línea 22 a la línea 25 se utiliza la declaración pinMode para establecer que las variables enteras (int), RAsp, Rluces, Aspersor1 y Aspersor 2 son terminales de salida de Arduino.
- En la línea 32 se designa al display LCD de 16X2
- En la línea 33 se imprime en pantalla la palabra BIENVENIDO, con un tiempo de respuesta de 2 segundos (2000 mseg).

4.3.3 Void Loop

La parte de programación se describe a partir del comando Void Loop, la descripción del código se muestra en la figura 4.16

- De la línea 39 a 44 simplemente enviamos al display la impresión de las palabras “Por favor Limpie sus Manos”
- De la línea 46 a 56 inicializamos nuestro sensor ultrasónico y enviamos y recibimos el pulso de ráfaga” de 10 usegundos.
- En línea 55 el usuario al introducir la mano el sensor detecta y si la distancia es menor o igual a la distancia mínima (22) entonces limpia el mensaje actual del display línea 57 y escribe en el LCD la palabra sanitizando línea 58.



```
37 void loop() {
38 //
39 lcd.clear();
40 lcd.setCursor(2, 0);
41 lcd.print("Por Favor");
42 lcd.setCursor(0, 1);
43 lcd.print("Limpie sus manos");
44 delay (500);
45
46 digitalWrite (pintrigger,LOW);
47 delayMicroseconds (2);
48 digitalWrite (pintrigger,HIGH);
49 delayMicroseconds (10);
50 digitalWrite (pintrigger,LOW);
51 tiempo = pulseIn(pinecho,HIGH);
52 distancia = tiempo/58;
53 delay (50);
54
55 if (distancia <= DistMin)
56 {
57 lcd.clear();
58 lcd.print("Sanitizando...");
59 digitalWrite (RAsp,HIGH);
60 digitalWrite (Rluces,HIGH);
61 delay (100);
62 digitalWrite (Aspersor1,LOW);
63 digitalWrite (Aspersor2,LOW);
64 delay (100);
65
66 lcd.setCursor(2, 1);
67 lcd.print("Tiempo: ");
68
69 do
70 {
71
72 digitalWrite (RAsp,HIGH);
73 digitalWrite (Rluces,HIGH);
74 digitalWrite (Aspersor1,HIGH);
75 digitalWrite (Aspersor2,HIGH);
76 delay (100);
```

Figura 4.16 Sección de código bloque de programación Void Loop

- Cuando el sensor ultrasónico ha detectado las manos del usuario se activa el relevador del aspersor y el relevador de las luces línea 59,60
- En la línea 62 y 63 se activan en bajo “LOW” los aspersores uno y dos
- En la línea 69 se hace un ciclo (do) para controlar el tiempo de aplicación del sanitizante.

En la figura 4.17 se muestra la siguiente sección del código

Caja_Sanitizadora §	Caja_Sanitizadora §
76 <code>delay(100);</code>	95 <code>digitalWrite(RAsp,LOW);</code>
77 <code>if (tiempoS <= 0)</code>	96 <code>digitalWrite(Rluces,LOW);</code>
78 <code>{</code>	97 <code>digitalWrite(Aspersor1,HIGH);</code>
79 <code>tiempoS = tiempoS;</code>	98 <code>digitalWrite(Aspersor2,HIGH);</code>
80 <code>}</code>	99
81 <code>else</code>	100 <code>tiempoS = 10;</code>
82 <code>{</code>	101
83 <code>lcd.setCursor(10, 1);</code>	102 <code>lcd.clear();</code>
84 <code>lcd.print(tiempoS);</code>	103 <code>lcd.setCursor(3, 0);</code>
85 <code>lcd.print(" ");</code>	104 <code>lcd.print("GRACIAS!");</code>
86 <code>delay (900);</code>	105 <code>delay(2000);</code>
87 <code>tiempoS --;</code>	106 <code>}</code>
88 <code>}</code>	107 <code>else</code>
89 <code>}while(tiempoS >= 1);</code>	108 <code>{</code>
90	109 <code>digitalWrite(RAsp,LOW);</code>
91 <code>digitalWrite(Aspersor1,LOW);</code>	110 <code>digitalWrite(Rluces,LOW);</code>
92 <code>digitalWrite(Aspersor2,LOW);</code>	111 <code>digitalWrite(Aspersor1,HIGH);</code>
93 <code>delay(100);</code>	112 <code>digitalWrite(Aspersor2,HIGH);</code>
	113 <code>}</code>
	114 <code>}</code>

4.17. Sección de código para activación de salidas

- De la línea 72 a la 89 se hace la comparación e inicio del tiempo de aplicación en caso de que el sensor ultrasónico detecte las manos del usuario.
- En la línea 91 a 112 con la detección de manos del usuario se escribe el comando (`digitalWrite`), orden de activación de los aspersores y relevadores, para su aplicación hasta llegar al tiempo de aplicación 10 segundos.

En el apéndice 1 se muestra de manera general el código del programa final.

APÉNDICE 1

El programa final de la programación de la Tarjeta Arduino Mega se muestra a continuación, anteriormente se ha detallado el funcionamiento de cada sección.

Programa general en Arduino Mega de la programación del sistema de sanitizado.

```
#include <LiquidCrystal.h>
int RAsp = 5;
int RLuces = 6;
int Aspensor1 = 7;
int Aspensor2 = 8;
int tiempoS = 10;

//ultrasonico
const int pinecho=15;
const int pintrigger=14;
unsigned int tiempo, distancia;
int DistMin = 22;

const int rs = 25, en = 27, d4 = 29, d5 =31, d6 =33, d7 = 35;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {

  pinMode (RAsp, OUTPUT);
  pinMode (RLuces, OUTPUT);
  pinMode (Aspensor1, OUTPUT);
  pinMode (Aspensor2, OUTPUT);

  //ULTRASONICO
  pinMode(pinecho,INPUT);
  pinMode(pintrigger,OUTPUT);

  //LCD
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print(" BIENVENIDO!!");
  delay (2000);
}

void loop() {
  //
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("Por Favor");
  lcd.setCursor(0, 1);
```

```

lcd.print("Limpie sus manos");
delay (500);

digitalWrite(pintrigger,LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(pintrigger,HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(pintrigger,LOW);
tiempo = pulseIn(pinecho,HIGH);
distancia = tiempo/58;
delay (50);

if (distancia <= DistMin)
{
  lcd.clear();
  lcd.print("Sanitizando...");
  digitalWrite(RAsp,HIGH);
  digitalWrite(RLuces,HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(Aspersor1,LOW);
  digitalWrite(Aspersor2,LOW);
  delay(100);

  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("Tiempo: ");

  do
  {

    digitalWrite(RAsp,HIGH);
    digitalWrite(RLuces,HIGH);
    digitalWrite(Aspersor1,HIGH);
    digitalWrite(Aspersor2,HIGH);
    delay(100);
    if (tiempoS <= 0)
    {
      tiempoS = tiempoS;
    }
    else
    {
      lcd.setCursor(10, 1);
      lcd.print(tiempoS);
      lcd.print(" ");
      delay (900);
      tiempoS --;
    }
  }while(tiempoS >= 1);

```

```
digitalWrite(Aspersor1,LOW);  
digitalWrite(Aspersor2,LOW);  
delay(100);
```

```
digitalWrite(RAsp,LOW);  
digitalWrite(Rluces,LOW);  
digitalWrite(Aspersor1,HIGH);  
digitalWrite(Aspersor2,HIGH);
```

```
tiempoS = 10;
```

```
lcd.clear();  
lcd.setCursor(3, 0);  
lcd.print("GRACIAS!");  
delay(2000);
```

```
}  
else  
{  
    digitalWrite(RAsp,LOW);  
    digitalWrite(Rluces,LOW);  
    digitalWrite(Aspersor1,HIGH);  
    digitalWrite(Aspersor2,HIGH);  
}  
}
```

CONCLUSIÓN

El sistema se ha probado de manera interna en casa de un servidor, dejando su presentación y prueba final en el examen profesional, sin embargo, presento las siguientes conclusiones que me ha dejado este trabajo de tesis.

- Puede hacer compatible mis estudios de ingeniería y mi trabajo actual en el área de medicina integrando ambos conocimientos en este trabajo.
- Desarrolle un sistema muy útil como elemento de control de la pandemia coronavirus para evitar contagios dentro de áreas de hospital o consultorios de medicina general cumpliendo el propósito de mi trabajo de tesis y comprobando la hipótesis mencionada al inicio del trabajo.
- En base al producto terminado pienso en la posibilidad de replicar el sistema y distribuirlos en módulos de atención médica
- El módulo puede comercializarse e instalarse en diversos establecimientos como medida de prevención
- Como se menciona en el trabajo el sistema puede extenderse al diseño de arcos sanitizantes

REFERENCIAS

- [1] Tedros Adhnom Ghebreyesus,OMS. Organización Mundial de la Salud. https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_Mundial_de_la_Salud, 7 abril 1948.
- [2] Portal Europeo de información sobre vacunación. <https://vaccination-info.eu/es/datos-sobre-las-vacunas/como-funcionan-las-vacunas/componentes-de-las-vacunas>. 2021
- [3] American Academy of Pediatrics, Committee on Infectious Diseases. Combination vaccines for childhood immunization: recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP), the American Academy of Pediatrics (AAP), and the American Academy of Family Physicians (AAFP). *Pediatrics* 1999;103:1064–1077. (link: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10224194>external icon DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.103.5.1064>external icon
- [4] Midthun K, Horne AD, Goldenthal KL. Clinical safety evaluation of combination vaccines. *Dev Biol Stand*. 1998;95:245–249 (link: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=9855438>
- [5] U.S Department of Health & Human. <https://www.hhs.gov/es/immunization/basics/types/index.html>.2021
- [6] Taddio A, Shah V, McMurtry CM, MacDonald NE, Ipp M, Riddell RP, et al. Procedural and Physical Interventions for Vaccine Injections: Systematic Review of Randomized Controlled Trials and Quasi-Randomized Controlled Trials. *Clin J Pain* 2015 Oct 17;31(Suppl 10):S20-S37
- [7] Centers for Disease Control and Prevention. *Epidemiology and Prevention of Vaccine-Preventable Diseases*. Atkinson W, Wolfe S, Hamborsky J (eds.). Chapter 2 General Recommendations on Immunization. 13th ed. Washington DC: Public Health Foundation, 2015. July 2020. Disponible en: <http://www.cdc.gov/vaccines/pubs/pinkbook/genrec.htm>
- [8] Asturias EJ, Wharton M, Pless R, MacDonald NE, Chen RT, Andrews N, et al. Contributions and challenges for worldwide vaccine safety: The Global Advisory Committee on Vaccine Safety at 15 years. *Vaccine*. 2016;34:3342-9.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Botas Juan, J.J Gómez Cadena. *VIRUS. La guerra de los mil millones de años*. España. Editorial Espasa, 2020.
- [2] Corona Ramirez, Leonel G, Abarca Jiménez,Griselda S, Mares Carreño. *Sensores y Actuadores. Aplicaciones con Arduino*, Editorial Patria Cultural 2da Edición, México.
- [3] Chao C, Klein NP, Velicer CM, Sy LS, Slezak JM, Takhar H, et al. Surveillance of autoimmune conditions following routine use of quadrivalent human papillomavirus vaccine. *J Intern Med*. 2012;271:193-203.
- [4] Coronavirus Guerrero México Coronavirus (Covid-19) – Guerrero.gob.mx

- [5] Enrique Mandado Pérez, Luis Menéndez Fuertes. Microcontroladores PIC. Ediciones Técnicas Marcombo,2007.
- [6] Francisco Mercado Merino. Una pandemia de errores. España. Editorial Deusto, 2020.
- [7] Fernando Reyes Cortés, Jaime Cid Monjaraz, ARDUINO. Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías. Editorial AlfaOmega,2020.
- [8] Ganazhapa, Byron o. Arduino. Internet de las Cosas. Editorial Rc Libros.2021.
- [9] Gobierno de la ciudad de México [Https://Coronavirus – gob.mx](https://Coronavirus-gob.mx)
- [10] Heras Gabriel. En primera línea. España. Editorial Ediciones Península,2020.
- [11] Juan Manuel Orduña Huertas, Vicente Arnau Llombar, Arquitectura y Programación de Microcontroladores. Universidad de Valencia 1996.
- [12] José N. Iturriaga. Historia de las Epidemias en México, Libro Universitario FILU, Universidad Veracruzana.2021.
- [13] Massino Banzi, Michael Shiloh, Introducción a Arduino, Editorial Anaya Multimedia, 2015.
- [14] Organización mundial de la salud [Https://www. who.int/es](https://www.who.int/es)
- [15] Pareja A. Miguel. Iniciación a Arduino UNO. México. Editorial Marcombo, 2014.
- [16] Porcuna L Pedro. Arduino Robótica y Domótica, Editorial RA-MA. 2016.
- [17] Pedro Alejandro Villarreal Lizárraga. La protección contra epidemias y pandemias como manifestación del derecho a la salud desde una perspectiva de gobernanza global. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- [18] Torrente Artero Oscar. Arduino “Curso Practico de Formación”. Editorial Alfa Omega, Primera Edición.2016.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Fases de una pandemia

Tabla 1.2 Estadística del coronavirus

Tabla 1.3 Estadística por país

Tabla 2.1 Clasificación de las vacunas

Tabla 3.1 Función de las terminales del Display de 16X2

Tabla 3.2 Inicialización del Display LCD 16X2

Tabla 3.3 Introducción del mensaje Favor

Tabla 3.4 Código ASCII

Tabla 3.5 Programación de las palabras DE INTRODUCIR SUS MANOS

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1.1. Foto ilustrativa de muertos en una pandemia

Figura 1.2. Foto ilustrativa de la peste negra

Figura 1.3. Ilustración sobre el efecto de la viruela

Figura 1.4 Ilustración sobre la gripe española

Figura 1.5 Ilustración sobre la gripe asiática

Figura 1.6 Ilustración de la gripe de Hong Kong

Figura 1.7 Ilustración del virus del sida

Capítulo 2

Sin figuras

Capítulo 3

Figura 3.1 Estructura del sistema

Figura 3.2 Arco sanitizante

Figura 3.3 Sistema de alimentación

Figura 3.4 Descripción del funcionamiento del sensor ultrasónico

Figura 3.5 sensor ultrasónico HR-SR4

Figura 3.6 Terminales de conexión del sensor ultrasónico HC-SR4

Figura 3.7 Descripción de la distancia recorrida y regreso

Figura 3.8 Conexiones del Display LCD 16X2

Figura 3.9 Conexión entre el Display LCD y la tarjeta Arduino UNO

Figura 3.10 Terminales de la tarjeta Arduino Mega

Figura 3.11 Disposición de terminales del microcontrolador ATmega 2560 de Arduino Mega

Figura 3.12 Tira de leds

Figura 3.13 Tarjeta de modulo buzzer

Figura 3.14 Sistema de almacenamiento del sanitizante

Capítulo 4

Figura 4.1 Ilustración de la idea inicial

Figura 4.2 Pruebas iniciales con sanitizador de 20 ml

Figura 4.3 Imagen de la caja sanitizante prototipo final

Figura 4.4 Ilustración del diseño de la tapa posterior y la base inferior

Figura 4.5 Imagen de las tapas laterales y los depósitos del líquido sanitizador

Figura 4.6 Prototipo final ilustración

Figura 4.7 Caja sanitizadora prototipo final

Figura 4.8 Ilustración del diseño de la caja sanitizante
Figura 4.9 Ruta de acceso a los ejemplos que incluyen librerías preestablecidas
Figura 4.10 Ejemplo del repertorio de ejemplos de Arduino
Figura 4.11 Conexión del Arduino al LCD
Figura 4.12 Disponibilidad de pins en la tarjeta Arduino Uno y la tarjeta Arduino Mega
Figura 4.13 Sección de código de programación
Figura 4.14 Asignación de terminales en Arduino Mega
Figura 4.15 Circuito electrónico de los relevadores para las salidas Rasp y Rluces
Figura 4.16 Sección de código bloque de programación Void Loop
Figura 4.17 Sección de código para activación de salidas