



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE PROTOTIPO PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE GLUCOSA Y TIPO DE SANGRE

USANDO RASPBERRY PI ZERO W

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21711006 ALEJANDRA MABEL LÓPEZ PERALTA

21711054 ANDRÉS EMILIO GUEVARA KATTAN

ASESORA: ALICIA MARÍA REYES DUKE

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; ENERO, 2021

DEDICATORIA

A mis padres a quienes les debo todo lo que soy hoy: José Gustavo López y Alejandrina Peralta; por el amor incondicional que me brindan siempre. Han sido mi apoyo durante toda mi vida, en cada paso que he dado, en cada meta que he cumplido, son mi ejemplo de superación, agradezco por su enorme esfuerzo para brindarme todo el conocimiento posible durante mi vida.

A mis hermanos: Alicia López y Gustavo López, por ser parte de mi formación educativa y personal, por cada sabio consejo que me han brindado, por siempre escucharme en mis situaciones de estrés, por darme el apoyo y la motivación para desarrollar mi potencial al máximo, por ser parte de cada paso que di durante mi educación.

A mis amigos: Ivin Rodríguez, Danelia Caballero, Fabricio Sierra y Milena Fuentes, con quienes compartí todo el proceso de mi formación universitaria y las mejores de las experiencias, agradezco por acompañarme en los buenos y malos momentos, por motivarme a siempre seguir adelante y hacer de esta una de las mejores experiencias.

-Alejandra M. López Peralta

A mis padres a quienes amo: Michelle Marie Kattan Rivera y Gabriel Emilio Guevara Reyes; y a mis abuelos: Antonio David Kattan Larach y Lya Margarita Rivera Meza; por su amor, por ser los mejores padres y abuelos, por estar para mí siempre. Son mi apoyo incondicional para todos mis proyectos y metas, mis ejemplos de vida y de superación, a quienes les debo todos mis éxitos y agradezco por su confianza en mí y por su enorme esfuerzo por instruirme en mi formación personal y guiarme durante mi vida.

A mis amigos con quienes compartí todo el proceso de formación en la universidad y muchas de las mejores experiencias de mi vida, les agradezco por siempre estar y apoyarme, por hacer de esta una experiencia placentera e inolvidable, son parte de mi familia y los llevo siempre conmigo.

-Andrés E. Guevara Kattan

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien nos iluminó y guió en cada una de las etapas de nuestras vías en especial la educativa, que nos ha brindado la sabiduría para poder desarrollar esta investigación.

A nuestra amiga y asesora metodológica, Ing., Alicia María Reyes Duke, quien nos brindó su apoyo incondicional, mostrando interés por este trabajo. Nos orientó y motivó a siempre salir adelante como estudiantes y profesionales.

A nuestros docentes de UNITEC, que fueron parte de la formación académica y contribuyeron de alguna forma al desarrollo de esta investigación.

EPÍGRAFE

"Investigar es ver lo que todo mundo ha visto, y pensar lo que nadie más había pensado"

-Albert Szent-Gyorgyi

RESUMEN EJECUTIVO

La falta de acceso a la atención médica ha sido una realidad, por lo que los Ministerios de Salud de los países han tenido que realizar esfuerzos constantes para reducir los costos de la atención médica para que sea asequible para todos los habitantes. En Honduras, solo Cortés y Francisco Morazán han tenido más de veinte médicos por cada diez mil habitantes, mientras que los otros dieciséis departamentos solo han tenido una densidad de menos de diez médicos por cada diez mil. Con el objetivo de apoyar al sistema nacional de salud, esta investigación buscó implementar el uso de un medidor PDR (glucosa y tipo de sangre) portátil como método de atención de fácil acceso con resultados casi instantáneos, con el apoyo de una Raspberry Pi Zero W para el desarrollo de programación, utilizando Python Software. Los datos fueron recolectados cuantitativamente, para determinar la precisión del prototipo y el cumplimiento de la hipótesis de investigación. En consecuencia, se utilizó un enfoque cuantitativo, se midió la funcionalidad del prototipo con la precisión de los resultados en comparación con las pruebas clínicas tradicionales.

Palabras Clave: *Cuidado de la salud, PDR, porcentaje de precisión [%], prototipo de medidor portátil.*

ABSTRACT

Lack of access to medical care has been a reality, for which the Ministries of Health of the countries have had to make constant efforts to reduce the costs of medical care so that it is affordable for all inhabitants. In Honduras, only Cortés and Francisco Morazán have had more than twenty doctors for every ten thousand inhabitants, while the other sixteen departments have only had a density of less than ten doctors for every ten thousand. With the objective of supporting the national health system, this research sought to implement the use of a portable RTDs (glucose and blood type) meter as an easily accessible care method with almost instant results, with the support of a Raspberry Pi Zero W for the development of programming, using Python Software. The data was collected quantitatively, to determine the precision of the prototype and the fulfillment of the research hypothesis. Consequently, a quantitative approach was used, the functionality of the prototype was measured with the precision of the results compared to traditional clinical tests.

Keywords— *health care, portable meter prototype, precision percentage [%], RDTs.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

Capítulo I. Introducción.....	1
Capítulo II. Planteamiento del Problema	2
2.1 Precedentes Del Problema	2
2.2 Definición Del Problema.....	3
2.3 Justificación	4
2.4 Preguntas De Investigación.....	4
2.5 Objetivos	5
2.5.1 Objetivo General	5
2.5.2 Objetivos Específicos	5
Capitulo III. Marco Teórico.....	6
3.1 Análisis de la Situación Actual.....	6
3.1.1 Macroentorno.....	6
3.1.1.1 Panorama mundial de los glucómetros.....	7
3.1.2 Microentorno.....	10
3.1.3 Análisis Interno	11
3.1.3.1 Sistema de salud de Honduras.....	12
3.1.3.2 Cobertura del Sistema de Salud Hondureño	13
3.2 Teorías del Sustento.....	14
3.2.1 Generalidades sobre los tipos de sangre.....	14
3.2.1.1 El antígeno D.....	15
3.2.1.2 Genética y herencia de antígenos A y B	15
3.2.1.3 Sistema ABO.....	16
3.2.2 Factor RH.....	18

3.2.3	Transfusiones de sangre erróneas.....	19
3.2.4	Glucosa.....	21
3.2.4.1	Glucagón e Insulina	22
3.2.4.2	Procesamiento de la glucosa	22
3.2.5	Diabetes.....	23
3.2.5.1	Epidemiología de la Diabetes.....	25
3.2.5.2	Diagnóstico.....	26
3.2.6	Importancia de las PDR.....	27
3.2.7	Microcontroladores.....	28
3.2.7.1	Microcontroladores Raspberry Pi.....	29
3.2.8	Lenguaje de Programación	33
3.2.8.1	Python.....	36
3.2.9	Transductores.....	38
3.2.9.1	Sensores.....	38
3.2.9.1.1	Sensor LDR.....	41
3.2.9.1.2	Sensor TCS3200	45
3.2.9.2	Actuadores.....	47
3.2.9.2.1	Mini Motor DC 3-6V.....	50
3.2.9.2.2	Bomba sumergible JT-DC3W.....	51
3.2.10	Otros Dispositivos electrónicos	52
3.2.10.1	LCD 16 x 2.....	52
3.2.10.2	Modulo I2C.....	53
3.2.10.3	Fuente Reguladora de Voltaje (3-12v).....	54
3.2.11	Diseño Asistido por Computadora (CAD).....	55
3.2.11.1	SolidWorks.....	57

3.2.12	Impresión 3D	58
Capitulo IV.	Metodología	64
4.1	Enfoque.....	64
4.2	Variables de la Investigación	64
4.2.1	Variable Dependiente.....	64
4.2.2	Variables Independientes.....	65
4.2.3	Grados de afectación de las variables.....	66
4.3	Hipótesis.....	66
4.4	Técnicas e Instrumentos Utilizados.....	67
4.4.1	Técnicas	67
4.4.1.1	Revisión de Literatura	67
4.4.1.2	Observación.....	67
4.4.1.3	Recolección de Datos	67
4.4.1.4	Entrevistas	67
4.4.2	Instrumentos.....	68
4.4.2.1	Python.....	68
4.4.2.2	SolidWorks.....	68
4.4.2.3	Microsoft Excel	68
4.5	Materiales.....	68
4.5.1	Microcontrolador	70
4.5.2	Reactivos	71
4.5.3	Sensores	71
4.5.4	Actuadores.....	72
4.5.5	Impresión 3D	73
4.5.6	Otros	73

4.6	Metodología de Estudio	75
4.6.1	Metodología en V	75
4.6.1.1	Etapa I: Nivel de Sistemas	75
4.6.1.2	Etapa II: Nivel de los Subsistemas.....	76
4.6.1.3	Etapa III: Realización de Partes.....	77
4.6.1.4	Etapa IV: Integración de Partes	78
4.6.1.5	Etapa V: Integración de Subsistemas.....	80
4.6.1.6	Etapa VI: Integración del Sistema.....	80
4.7	Metodología de Validación	81
4.8	Cronograma	82
Capítulo V. Resultados y Análisis.....		84
5.1	Resultados específicos	84
5.2	Resultados Generales	86
5.3	Resultados de Validación.....	87
Capítulo VI. Conclusiones.....		90
Capítulo VII. Recomendaciones.....		91
Bibliografía		92
Anexos		101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Evolución de los glucómetros	3
Ilustración 2-Carga económica de la diabetes mellitus	12
Ilustración 3-Densidad de médicos por 10,000 habitantes en Honduras.	13
Ilustración 4-Demostración de los tipos de sangre.	16
Ilustración 5-Distribución de grupos sanguíneos a nivel mundial.	17
Ilustración 6-Genética del factor Rh	18
Ilustración 7-Estructura química de la Glucosa	21
Ilustración 8-Ejemplo de glucómetro disponible en el mercado	23
Ilustración 9-Células Beta	25
Ilustración 10-Puertos de Raspberry Pi Zero W	30
Ilustración 11-Diagrama de pines de Raspberry Pi	31
Ilustración 12-Raspberry Pi OS	33
Ilustración 13-Cambio de Temperatura Analógicamente	39
Ilustración 14-Sensor LDR	42
Ilustración 15-Grafica de relación Resistencia-Intensidad Lumínica	42
Ilustración 16-Modulo LDR	44
Ilustración 17-Diagrama de pines del TCS3200	45
Ilustración 18-Sensor TCS3200	46
Ilustración 19-Mini Motor DC 3-6V	50
Ilustración 20-Bomba sumergible	51
Ilustración 21-LCD 16x2	53
Ilustración 22-Modulo I2C	54
Ilustración 23-Modulo I2C incorporado en LCD	54
Ilustración 24-Fuente regulable de Voltaje	54
Ilustración 25-Impresora 3D Makerbot Cupcake	59
Ilustración 26-Impresora 3D Maketbot Thing-O-Matic	59
Ilustración 27-Impresora 3D Darwin	60
Ilustración 28-Avión impreso en 3D	61
Ilustración 29-Urbee, automóvil de impresión 3D	61
Ilustración 30-Prótesis de mandíbula en impresión 3D	62

Ilustración 31-Bio Impresora 3D _____	62
Ilustración 32-Listado de variables independientes _____	65
Ilustración 33-Relación entre la variable dependiente e independientes _____	65
Ilustración 34- Materiales seleccionados para el prototipo _____	69
Ilustración 35- Metodología en V _____	75
Ilustración 36- Nivel de Sistemas _____	76
Ilustración 37- Prototipo en SolidWorks _____	78
Ilustración 38- Prototipo en SolidWorks _____	79
Ilustración 39- Algoritmo de Programación _____	79
Ilustración 40- Cronograma de Actividades _____	83
Ilustración 41- Pruebas Sangre Tipo "A" _____	84
Ilustración 42- Pruebas Sangre Tipo "B" _____	85
Ilustración 43- Pruebas Sangre Tipo "AB" _____	85
Ilustración 44- Pruebas Sangre Tipo "O" _____	86
Ilustración 45-Resultados Finales _____	86
Ilustración 46- Pruebas de Glucosa _____	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Comparación de Glucómetros en el Mercado	8
Tabla 2- Donantes y Receptores de sangre	20
Tabla 3- Clasificación de los Sensores	40
Tabla 4- Pines del TCS3200 y su Descripción	45
Tabla 5- Escala de Frecuencias de Salida Sensor TCS3200	46
Tabla 6- Tipo de Fotodiodo reconocido por Sensor TCS3200	46
Tabla 7- Tipos de Actuadores	47
Tabla 8- Características de los Motores Eléctricos	48
Tabla 9- Pines de la LCD y su Función	52
Tabla 10- Descripción de los Softwares CAD más utilizados	56
Tabla 11- Especificaciones Técnicas de la Raspberry Pi Zero W	70
Tabla 12- Especificaciones Técnicas del Módulo LDR	71
Tabla 13- Características del Mini Motor DC 3-6V	72
Tabla 14- Pruebas con Distancia	88
Tabla 15- Pruebas con Ángulos	88
Tabla 16- Pruebas de Tiempo Agitación	89
Tabla 17- Pruebas de Velocidad del Motor	89
Tabla 18- Pruebas de Intensidad Luminosa	89

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	82
------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1-Pruebas de los sensores en Arduino _____	101
Anexo 2- Prueba de Reactivos en Sangre _____	101
Anexo 3- Prueba de Sensores con Sangre en Arduino _____	102
Anexo 4- Pruebas de Fuerza en SolidWorks _____	103
Anexo 5-Proceso de impresión en 3D _____	103
Anexo 6-Programación _____	104
Anexo 7-Cableado del prototipo _____	104
Anexo 8-Pruebas finales en el Prototipo _____	105

TERMINOLOGÍA

A/D	Analógico/Digital
ADA	American Diabetes Association
AGL	Ácidos Grasos Libres
BLE	Bluetooth Low Energy
CAD	Computer Aided Design
CPU	Central Processing Unit
EEPROM	Easily Erasable Programable Read Only Memory
FDM	Fused Deposition Modeling
FLOSS	Free open source software
GPIO	General Purpose Input/Output
GPL	General Public License
GPU	Graphics Processing Unit
HDMI	High Definition Multimedia Interface
I/O	Input/Output
IMC	Índice de Masa Corporal
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
LCM	Liquid Crystal Module
LDR	Light Dependant Resistor
MPU	Micro Processor Unit
OMS	Organización Mundial de la Salud.
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PDR	Prueba de Diagnóstico Rápido.
RAM	Random Access Memory

ROM Read Only Memory
SBC Single Board Computer
SLA Estereolitografía
SLS Selective Laser Sintering
SOC System on a Chip
USB Universal Serial Bus

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El uso de las pruebas de diagnóstico rápido (PDRs) se define como la práctica de realizar ensayos médicos al lado o cerca del paciente, tomando en cuenta que los resultados estarán disponibles dentro de un periodo de tiempo corto. El objetivo de las PDRs es proveer información útil al personal de salud sobre el diagnóstico y posterior tratamiento de una afección médica. El uso de esta técnica se encuentra presente tanto en hospitales, consultorios médicos, centros de salud y también en el hogar del paciente, entre otros.

Las pruebas de diagnóstico rápido son el segmento dentro del mercado global de pruebas de laboratorio in vitro que mayor crecimiento ha experimentado en los últimos años. Existen PDRs para diagnosticar muchas enfermedades o condiciones médicas, y este listado continúa creciendo gracias a los avances tecnológicos que han permitido el desarrollo de dispositivos portátiles capaces de realizar estas pruebas solamente con una muestra de sangre pequeña.

Un factor clave para el auge de las PDRs es el esfuerzo colectivo por reducir los costos de la atención médica. Por esto se han establecido estrategias para proveer atención médica no en los hospitales u otros centros de alta complejidad sino en lugares cercanos al domicilio del paciente.

Esta investigación busca desarrollar un prototipo de un dispositivo PDRs portátil que permita agilizar el proceso de diagnóstico y tratamiento de ciertas condiciones médicas. Se pretende que este posea un alto nivel de confiabilidad y un bajo costo, consiguiendo de esta manera, que esté disponible incluso en zonas de bajos recursos.

El desarrollo de este estudio pretende analizar la viabilidad del diseño y construcción de un dispositivo PDRs de alta confiabilidad a bajo costo mediante la recolección de datos de una muestra significativa. Con el apoyo de una Raspberry Pi Zero W, que pretende realizar una programación para los sensores y poder realizar la recolección de los datos necesarios, siguiendo el orden establecido en la metodología en "V" poder realizar los estudios necesarios sobre los demás elementos que se necesitarán para dicha investigación, y proceder a realizar un estudio sobre cada componente que se necesitarán para la precisión del dispositivo.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El planteamiento del problema de una investigación son las causas, consecuencias y pronóstico del estudio que se realizará, a continuación, se detalla lo antes mencionado.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Karl Landsteiner fue el patólogo y biólogo austriaco, conocido por su descubrimiento y los tipos de sangre típicos en 1901. En esta época, la transferencia de sangre representaba una tarea formidable por los problemas de coagulación. (Aguilar-Reyna, 2004)

Es la razón por la cual Landsteiner empezó el estudio en la sangre y observó que cuando se mezclaban dos tipos de sangre, los glóbulos rojos se reunían en grupos visibles. Por lo tanto, descubrió tres tipos diferentes de glóbulos rojos, llamados A, B y O, que producen reacciones de aglutinación. Dos años después Alfredo de Castello y Adriano Sturli encuentran el cuarto grupo sanguíneo (AB).

La determinación de los grupos sanguíneos se funda en una técnica tan simple, y reposa sobre una base científica tan sólida, la mala determinación del tipo de sangre durante años ha sido un error que han cometido varios paramédicos a la hora de querer tratar una herida y en muchos casos las personas padecen de diabetes y los encargados de la salud ni lo han podido determinar por la urgencia de tratar a la persona. Si se tiene una emergencia la persona encargada del emergente debe de esperar a obtener una respuesta de una base de datos para determinar cómo reaccionar ante la herida o circunstancia a la que se está enfrentando. Tal como lo indican Eadie & Steele (2017) "Los enfoques para medir los niveles de glucosa en sangre utilizando técnicas no invasivas pueden ayudar a respaldar una medición más fácil y frecuente de los niveles de glucosa en sangre y también se prestan para respaldar el monitoreo". El monitoreo de las enfermedades o los problemas médicos, en particular las enfermedades crónicas, es una parte esencial de la medicina, para poder realizar dicho monitoreo es necesario contar con pruebas de diagnóstico rápido, que permitan el acceso a un debido monitoreo incluso a los residentes de las zonas remotas del mundo, estas pruebas ofrecen ventajas significativas, como las que indicia Park et al., (2020) "Las pruebas de diagnóstico rápido proporcionan un diagnóstico médico en el punto de atención sin equipos de laboratorio sofisticados, lo que las hace especialmente útiles para los trabajadores de salud comunitarios". El proceso de determinación del grupo sanguíneo y el nivel de glucosa hoy en

día es más exigente que en tiempos pasados, obligando así a la ingeniería a agilizar estos procesos para evitar pérdidas humanas. En los últimos años, la ingeniería va procesando este tipo de problemas y trata de agilizarlo para la mejora de un sistema de salud, algunos estudios que han sido realizados a nivel mundial son: Medidor de glucosa no invasivo para dispositivos basados en Android, uso de una aplicación móvil para controlar la diabetes tipo 1: el caso de la diabetes TreC, lector móvil de atención para diagnóstico y análisis inmediatos, entre otros. Todos los artículos antes mencionados han sido desarrollados en base a la glucosa, pero no incorporan un análisis sobre el tipo de sangre.

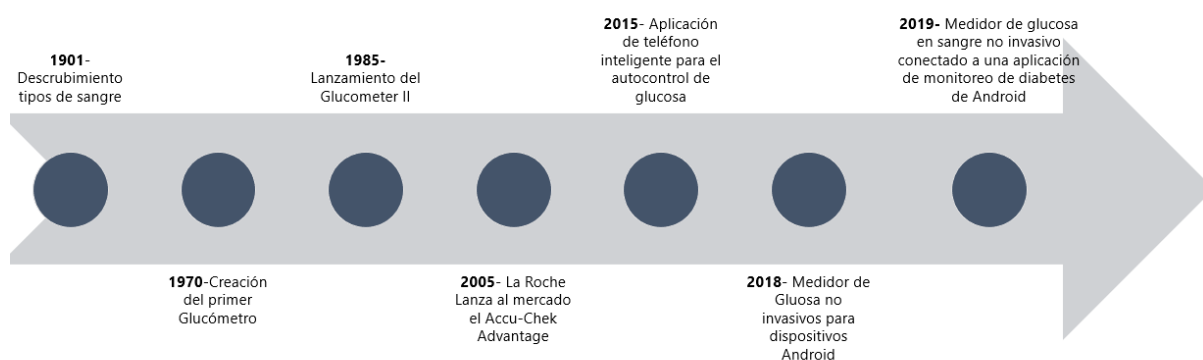


Ilustración 1-Evolución de los glucómetros

Fuente: Elaboración Propia

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema al que se enfrenta hoy en día la sociedad de bajos recursos, es que en la mayoría de los casos las personas no saben el tipo de sangre o mejor dicho algún tipo de enfermedad que podrían obtener como ser la diabetes siendo considerada una de las enfermedades más comunes hoy en día, como menciona Chhiba et al., (2019) "En tan solo unos años, la diabetes se ha convertido en una epidemia que afecta a 422 millones de personas en el mundo." En los últimos años se han ido desarrollando dispositivos para lograr determinar el grupo sanguíneo o el nivel de glucosa de cada persona, lastimosamente no se ha desarrollado un dispositivo que pueda brindarle ambos resultados a la población, y que sea de bajo costo. Como dice Gu et al., (2017) "Predecir la dinámica de la glucosa en sangre es vital para que las personas tomen medidas preventivas a tiempo contra los riesgos para la salud". En muchos casos, cuando un paciente está siendo trasladado a un hospital no es capaz de comunicarse con el paramédico y este no tiene el equipo adecuado como para determinar la sangre del paciente, se sabe que

el tipo donador universal es la sangre O-, pero se han presentado casos en que las personas tienden a rechazar este tipo de sangre y se enfrentan a un tratamiento por la reacción que toman ante una mala coagulación, es por ello que se considera necesario que el paramédico sea consciente del tipo de sangre que el paciente tiene y el nivel de azúcar para poder determinar que procedimiento debe de tomar y que medicamentos se deben de administrar al enfermo. Es por lo que, la presente investigación tiene como finalidad realizar un diseño de prototipo para PDRs utilizando el microcontrolador Raspberry Pi Zero W, con el apoyo de ciertos dispositivos electrónicos y electromecánicos para la obtención de una precisión de operación del 90%.

2.3 JUSTIFICACIÓN

La limitada atención médica en ciertas zonas del país provoca que problemas de salud sencillos se vuelvan grandes complicaciones, una solución para esta problemática podría ser la implementación de dispositivos PDRs.

Como indica la *IAIP - Secretaría de Salud*, (2016):

En Honduras, casi 9 de cada 10 personas no están cubiertas por ningún tipo de seguro de salud y se estima que el 18% de la población (más de 1.5 millones de hondureños) no tiene acceso a los servicios de salud.

La presente investigación debe ser realizada para establecer la funcionalidad de construir un dispositivo PDR y a la vez el dispositivo servirá para poder reducir el porcentaje de la población hondureña que aún no tiene disponibilidad de los servicios de salud y pueda determinar para evitar y/o tratar enfermedades sabiendo su tipo de sangre y nivel de glucosa.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Qué dispositivos electrónicos y electromecánicos brindarán una mejor funcionalidad para el desarrollo del prototipo?
2. ¿Cuáles son las ventajas puntuales que presentan los dispositivos de PDR en comparación con los métodos tradicionales?
3. ¿Cuáles son las áreas de implementación donde los dispositivos PDR suplen una necesidad?
4. ¿Qué tipo de mantenimiento se le debe de administrar al dispositivo de PDR?

5. ¿Qué otras PDR sería factible para añadir al dispositivo portátil?

2.5 OBJETIVOS

Los objetivos de la investigación son los que dirigirán esta misma, a continuación, se presentará el objetivo general de esta investigación, y por consiguiente se detallarán los objetivos específicos.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un dispositivo de PDRs mediante el uso de dispositivos electrónicos y reactivos químicos, que permita proporcionar atención médica en situaciones de emergencia o zonas de riesgo.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar un diseño ergonómico en SolidWorks del prototipo final en base a las dimensiones de todos los elementos que se utilizarán.
2. Determinar que dispositivos electrónicos y eléctrico-mecánicos brindarán el mejor rendimiento para el dispositivo de PDRs.
3. Realizar un estudio que permita determinar cuáles son los reactivos más convenientes para el dispositivo, basándose en la confiabilidad y la aplicación de estos.
4. Determinar el nivel de confiabilidad del prototipo final mediante el análisis de los datos obtenidos.

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se analizará la situación actual de los dispositivos para la medición del tipo de sangre y la glucosa que existen en el mercado, la situación del sistema de salud en el país y la importancia de las pruebas de diagnóstico rápido, este análisis se realizara en tres niveles: macroentorno, microentorno e interno. Se dará una explicación sobre el genotipo ABO, los tipos de sangre y la glucosa. Se incluirán datos técnicos de los sensores, actuadores y otros dispositivos tanto eléctricos como electrónicos que se utilizarán en la elaboración del prototipo.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad las pruebas de diagnóstico rápido y los medidores médicos portátiles se están popularizando gracias a la variedad de beneficios que pueden ofrecer, ya que estos pueden ir desde permitir a los profesionales del área de la salud diagnosticar enfermedades o afecciones medicas en el punto de atención al paciente sin la necesidad de equipo médico complejo, hasta ayudar a la persona promedio controlar una enfermedad crónica sin necesidad de tener conocimiento médico avanzado. En los últimos años la medicina se ha ido orientando a tratar las enfermedades en el punto de atención al paciente, buscando de esta manera formas de diagnosticar las afecciones medicas de manera rápida y aun sin el acceso a exámenes de laboratorio. Los avances tecnológicos brindan a los sistemas de salud nuevas oportunidades para comprender el estado de salud actual de cada paciente. Esto hace posible que se preste más atención a promover la salud personal y mantener la salud, en lugar de centrarse tradicionalmente en el tratamiento después de las consecuencias de una enfermedad y lesión. Este cambio puede tener un impacto profundo en el costo de brindar atención médica y el nivel de salud que las personas disfrutan durante toda su vida. Los avances tecnológicos han ido posibilitando esto, con la creación de dispositivos como los glucómetros, medidores de presión portátiles, pruebas de diagnóstico rápido, entre muchos otros.

3.1.1 MACROENTORNO

El análisis del macroentorno se realiza a nivel mundial, llevando a cabo una recopilación de datos generales de los dispositivos existentes en el mercado y de los estudios relacionados con el tema de investigación.

3.1.1.1 Panorama mundial de los glucómetros

Los glucómetros han experimentado una considerable evolución a través de los años desde la aparición del primer modelo de un glucómetro, el Glucometer Ames, el cual surgió en Japón en el año de 1970 y era fabricado por Arkray. Este glucómetro poseía una tecnología de lectura analógica la cual contenía gran margen de error, pero aun así era mucho más preciso que el método utilizado anteriormente de lectura de resultados. Luego en 1985, Miles Laboratories lanza al mercado el Glucometer II, con este la orientación inicia la transición de un uso exclusivamente médico a un uso personal del usuario enfermo. Es el primero que poseía lecturas digitales, lo cual permitía expresar los resultados obtenidos en miligramos de glucosa por decilitros de sangre (Bozzarello & Aguyaro, 2019).

En el 2005, La Roche lanza al mercado el Accu-Chek Advantage, con el cual se introduce un cambio en la forma de analizar la glucosa en sangre, utilizando una tira reactiva la cual se introduce en el glucómetro, el cual mide la glucemia en base a la intensidad eléctrica que registra en la tira. Estos cambios traen un gran incremento en la precisión de los glucómetros, con lo cual se empiezan a convertir en aparatos populares entre las personas con diabetes del mundo. En el 2010, Bayer lanza el Countour Next USB, el cual contiene puerto USB para conectarse a la computadora de manera sencilla y copiar los resultados obtenidos.

El Alinear de iHealth Labs Inc. es el primero que crea una división en los glucómetros, ya que el dispositivo solo realiza la medición de la glucosa en sangre, pero para visualizar los resultados se debe conectar a otro dispositivo como ser el celular, la Tablet, etc. "el glucómetro funciona de "adaptador" para que el celular arroje los resultados y la sensación que deviene de la experiencia de uso también se relaciona con esto" (Bozzarello & Aguyaro, 2019).

En la **Tabla 1**, se observan algunos de los modelos de glucómetros más utilizados por las personas durante el 2020, se puede observar que los cinco glucómetros mencionados poseen especificaciones muy similares, entre las cuales se destacan un tamaño de muestra pequeño, con lo cual con unas pocas gotas de sangre se puede realizar el análisis, la capacidad de almacenar una cantidad de resultados para poder realizar comparaciones, dimensiones pequeñas que lo vuelven un dispositivo fácil de transportar y guardar, y la velocidad con la cual se obtienen los resultados, ya que de estos dispositivos el que mayor tiempo se tarda en dar un resultado es solamente 10 segundos.

Tabla 1- Comparación de Glucómetros en el Mercado

Modelo	Tiempo Medición	Tamaño Muestra	Memoria	Dimensiones
Glucomen Areo2k	8 segundos	0,8 µL	730	85,5x56x18,2 mm 46 g
Sinocare Safe-Accu	10 segundos	0,6 µL	200	95x55x15 mm 40 g
Sinocare AQ Smart	5 segundos	0,6 µL	10	84x60x26 mm 73,5 g
Contour XT	5 segundos	0,6 µL	480	150x100x300 mm 100 g
Exactive EQ Impulse	5 segundos	0,6 µL	No	85x60x18 mm 60 g

Fuente: propia obtenida de (SaludPrev, 2020)

Algunos de los estudios realizados a nivel mundial en base a los glucómetros son:

- **Aplicación de teléfono inteligente para el autocontrol de glucosa en sangre y el manejo de enfermedades.**

La aplicación y el dispositivo Dario™ es un artefacto para el autocontrol de glucosa en sangre, este utiliza la interfaz del teléfono inteligente para funcionar. La aplicación no solamente realiza la medición e imprime los datos obtenidos sobre la muestra, sino también guarda el registro de los datos de cada medición, las ingestas de insulina, las comidas y la actividad física desarrollada.

Como hace notar Kamar, (2015):

Presentamos el caso de unos 55 años. Paciente con DM tipo 2 que informó haber usado el dispositivo durante un período de un año. La HbA1c basal del paciente antes de utilizar el programa Dario era de 7,4. Comenzó a usar el dispositivo y la aplicación Dario y durante un período de un año logró reducir gradualmente la HbA1c a 6.2 manteniendo sus mediciones de glucosa en un rango de 20% a la semana a 100%.

- **Medidor de glucosa no invasivo para dispositivos basados en Android**

Según el estudio elaborado por Malbog & Linsangan, (2018):

Este estudio ayuda a controlar el nivel de glucosa en sangre de un paciente con la ayuda de un dispositivo Android de forma no invasiva. El microcontrolador Arduino procesa la información del parche del sensor, mientras que el módulo Bluetooth transmite de forma inalámbrica al dispositivo Android el nivel de glucosa medido para almacenar, interpretar y mostrar. Los resultados mostraron que no existe una diferencia significativa entre los valores medidos utilizando el medidor de glucosa disponible comercialmente y el dispositivo creado. Según la norma ISO 15197, 39 de las 40 pruebas realizadas, o el 97,5% se situó dentro del rango aceptable.

- **Uso de una aplicación móvil para controlar la diabetes tipo 1: el caso de TreC diabetes**

TreC Diabetes es un proyecto elaborado por el conjunto de laboratorios APSS / FBK / PAT de TrentinoSalute4.0. Su principal objetivo es implementar un nuevo activo organizativo para el control de los pacientes con diabetes del tipo 1 y tipo 2.

Según indican Miele et al., (2015) en su estudio "TreC Diabetes, un sistema que consta de un diario móvil y un panel web que permite a los pacientes registrar información relacionada con la enfermedad, que los diabetólogos pueden visualizar a través de un panel dedicado."

- **Tele-monitorización de la glucosa en sangre: un prototipo de aplicación de Android que mejora la experiencia del paciente / profesional de la salud mediante el uso de estándares de comunicación de IT para la salud**

Así como lo indican Frohner et al., (2018) en su publicación:

Este trabajo presenta una aplicación de Android que puede comunicarse con dispositivos de monitoreo de glucosa en sangre a través de Bluetooth Low Energy y reenviar las lecturas de glucosa en sangre recibidas y almacenadas en forma de un documento HL7 Clinical Document Architecture (CDA). El documento CDA creado cumple con las especificaciones HL7 e IHE y se envía cifrado y firmado digitalmente por correo electrónico de acuerdo con los requisitos de IHE XDM.

- **Diseño de un medidor de glucosa en sangre no invasivo conectado a una aplicación de monitoreo de diabetes de Android**

De acuerdo con lo indicado por Chhiba et al., (2019):

Este trabajo implica el diseño de un dispositivo que permite la medición de la glucosa en sangre de forma no invasiva a partir de la saliva. Un dispositivo que consta de tres etapas, (sensores, amplificadores, filtros), así como un proceso de adquisición de datos en la placa Arduino y una transmisión de estos por un módulo Bluetooth, que nos conducirá a la implementación de nuestra solución de monitorización remota para la diabetes, incluida la aplicación de Android realizada con el fin de manejar adecuadamente esta enfermedad y tener una relación permanente con el médico tratante para facilitar el diagnóstico.

3.1.2 MICROENTORNO

El análisis del microentorno se realiza a nivel de América Latina, proporcionando una perspectiva más específica sobre el estado del área de investigación en la región.

- **Asistiendo la captura de imágenes con teléfonos inteligentes para pruebas de diagnóstico rápido en entornos de bajos recursos.**

Según los resultados obtenidos por Park et al., (2020):

Durante nuestro estudio de evaluación, encontramos que RDTScan tenía una sensibilidad del 98,1% y una especificidad del 99,7% frente a la inspección visual de las PDR. RDTScan ayudó a los trabajadores comunitarios de la salud a capturar imágenes de PDR de alta calidad en 18 segundos al tiempo que permitía un mejor flujo de trabajo PDR.

- **Un lector de punto de atención móvil para diagnósticos y análisis inmediatos para entornos de bajos recursos**

Así como publicaron Dell, (2014):

Describimos un sistema de punto de atención móvil diseñado para mejorar el flujo de trabajo de atención médica. Hemos creado un lector de pruebas de diagnóstico rápido que puede interpretar los resultados de las pruebas de punto de atención de flujo lateral. Nuestro enfoque aprovecha el uso de tecnología móvil y servicios basados en la nube para integrar estrechamente la clínica con la comunidad.

- **Herramientas móviles para el diagnóstico en el punto de atención en el mundo en desarrollo**

De acuerdo con lo publicado por N. Dell & Borriello, (2013):

Describe el diseño y la implementación inicial de ODK Diagnostics, una aplicación para teléfonos inteligentes que apoya a los trabajadores de la salud de tres maneras: (1) facilitando la creación de ayudas digitales para el trabajo que brindan asistencia en contexto a los usuarios que administran las PDR, (2) interpretando automáticamente los resultados de la prueba y entrega del diagnóstico, y (3) automatizando los datos recopilados con respecto al tipo y resultado de la prueba. Nuestra evaluación técnica sugiere que el sistema es capaz de leer con precisión los resultados de la RDT y está listo para ser probado en el campo con los trabajadores de la salud a fin de garantizar que sea utilizable y apropiado para los centros de atención en los países en desarrollo.

- **Un sistema de diagnóstico móvil en el punto de atención para entornos de bajos recursos**

Como explican N. L. Dell, (2014):

El sistema proporcionará a los trabajadores de la salud de todo el mundo acceso a diagnósticos rápidos y precisos para sus pacientes y a los funcionarios de salud pública con datos agregados y estadísticas en tiempo real sobre el número y los resultados de las pruebas administradas a través de una base de datos centralizada.

3.1.3 ANÁLISIS INTERNO

Como indican la (L. Ramírez, 2019)

En Honduras alrededor del 7.3% de la población hondureña padece de diabetes (700 a 900 mil pacientes), el 50% de la población no está diagnosticada. En la actualidad los pacientes en Honduras cuentan con un centro de referencia nacional como es el Instituto Nacional de Diabético (INADI). En este instituto se atienden de 300 a 350 pacientes diarios. Se estima que la prevalencia en población adulta de 20 a 79 años asciende a 7.4%.

Como se puede apreciar en la **Ilustración 2**, la diabetes es una carga económica muy elevada para Honduras, solamente para el año 2020 se estima el gasto fue de más de 5.5 mil millones de lempiras, esta cantidad se vio duplicada en solamente 5 años desde el 2015. Continuar esta tendencia no es una opción viable para el país, es por esto por lo que es necesario buscar

alternativas y aplicar modificaciones a lo que el sistema de salud de Honduras tiene en la actualidad.

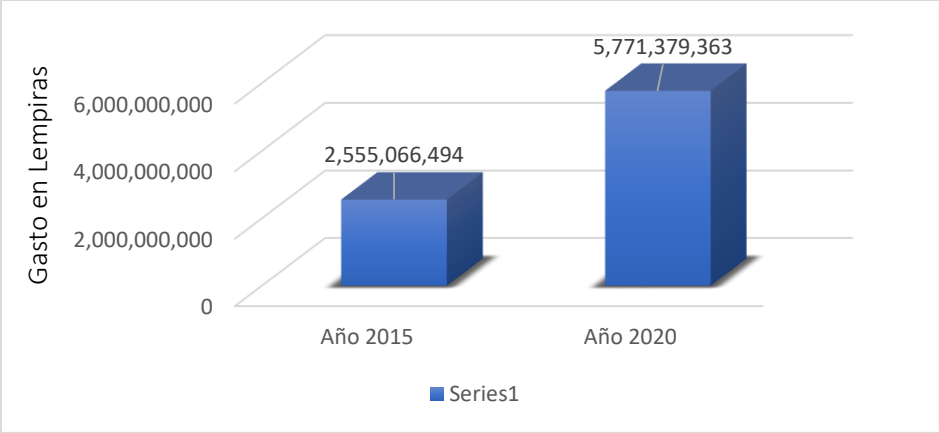


Ilustración 2-Carga económica de la diabetes mellitus

Fuente: Elaboración propia obtenida de (L. Ramírez, 2019)

3.1.3.1 Sistema de salud de Honduras

Los hospitales y centros de salud tienen una infraestructura inadecuada y una calidad y cobertura de servicio insuficientes. La historia de algunos centros públicos se remonta a principios del siglo pasado, requiriendo una inversión sustancial en infraestructura y equipamiento para brindar servicios libres de riesgo en condiciones óptimas. El mantenimiento es escaso, lo que lleva al deterioro continuo de la infraestructura y el equipo.

En cuanto a la red de atención primaria, la red se presta principalmente en el Centro Médico Rural (CESAR) y Centro Médico y Odontológico (CESAMO) en su primer nivel. La red de servicios de SESAL cuenta con 1,635 instituciones: 7 hospitales nacionales (ubicados en Tegucigalpa y San Pedro Sula), 6 hospitales regionales, 16 hospitales de área, 436 CESAMO, 1,078 CESAR, 74 clínicas materno-infantiles, 3 clínicas periféricas de emergencia (CLIPER) y 15 escuelas de odontología (CEO). (IAIP - Secretaría de Salud, 2016)

El IHSS cuenta con solo 2 hospitales (San Pedro Sula y Tegucigalpa), 7 clínicas periféricas, 1 centro odontológico, 2 centros de medicina física y rehabilitación y 1 centro de atención a personas mayores. Hay 1.131 ubicaciones en el sector privado, incluidos centros médicos, clínicas, laboratorios, farmacias y consultorios médicos. (Carmenate-Milián et al., 2016)

El número total de camas disponibles en todo el país es de 6.590: el Ministerio de Salud proporciona 5.059 camas, el IHSS proporciona 916 camas, los hospitales militares

proporcionan 40 camas y el sector privado proporciona 575 camas. (IAIP - Secretaría de Salud, 2016). Estos datos representan 9.5 camas hospitalarias por 10,000 habitantes, 0.4 hospitales por 100,000 habitantes (el segundo más bajo de Centroamérica, solo superando a Guatemala), 2.1 unidades tomográficas por millón de habitantes y 0.7 unidades de radioterapia por millón de habitantes (Quinto lugar en Centroamérica. solo después de Belice y Nicaragua), el número de unidades de mamografía por millón de mujeres de 50 a 69 años es 50,9 (segundo desde abajo, solo superando a El Salvador). (Carmenate-Milián et al., 2016)

3.1.3.2 Cobertura del Sistema de Salud Hondureño

En cuanto al personal sanitario, se estima que hay 10,1 médicos por cada 10.000 habitantes. Los datos departamentales muestran que hay diferencias: Francisco Morazán tiene 23,8 médicos por cada 10.000 habitantes, mientras que Lempira y Santa Bárbara tienen 2 médicos por cada 10.000 habitantes. Como se muestra en la meta regional de recursos humanos, ninguno de estos 18 departamentos alcanza el indicador mínimo de 25 médicos por cada 10,000 habitantes (**Ilustración 3**) comparado con el nivel promedio en las Américas, la brecha es absurda (20,8 médicos por cada 10,000 habitantes). (Carmenate-Milián et al., 2016)

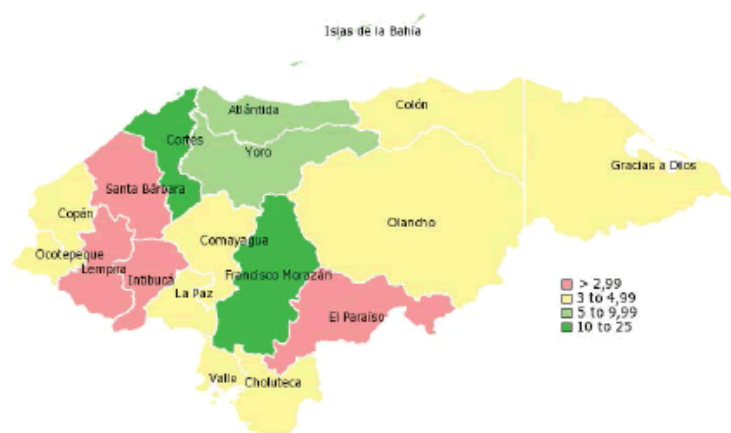


Ilustración 3-Densidad de médicos por 10,000 habitantes en Honduras.

Fuente: (Carmenate-Milián et al., 2016)

De hecho, en el sistema de salud existe una grave escasez de técnicos, especialmente en los campos de rayos X, anestesiología y laboratorios, falta de planes adecuados, y el estado tiene capacidad insuficiente para capacitar recursos humanos en estos campos.

3.2 TEORÍAS DEL SUSTENTO

Esta sección del documento incorpora las teorías que fundamentan los argumentos de la investigación, los cuales dan forma y permiten tener un concepto claro de lo que se pretende estudiar en la misma. Dentro de las teorías del sustento de este documento se encuentran los conceptos.

3.2.1 GENERALIDADES SOBRE LOS TIPOS DE SANGRE.

Los grupos sanguíneos ABO son un polimorfismo caracterizado uno de los antígenos de grupos sanguíneos más importantes en humanos y medicina clínica. Las características estructurales del antígeno ABO son Carbohidratos unidos covalentemente a los grupos hidroxilo de los residuos Ser / Thr (O- vinculado), amidas o esfingosinas que contienen nitrógeno con residuos de ASN (ligados a N).

El antígeno ABO se distribuye ampliamente en la superficie celular de varios tejidos que están contenidos en las secreciones, en el cual su ocurrencia está siendo controlada genéticamente.

El gen ABO se encuentra en el extremo más alejado del brazo del cromosoma 9. El gen en su composición natural contiene 9 exones, sin embargo, se han da demostrado la posibilidad de mutación de dicho gen que han sido estudiadas y se han determinado entre los exones 6 y 7. Estos polimorfismos se pueden utilizar en medicina forense, por ejemplo, para identificar la paternidad o para identificar victimas con características similares al analizar elementos de ADN en componentes de la sangre.

Existe una evidencia creciente de que el tipo de sangre ABO puede afectar la susceptibilidad a muchas enfermedades debido a su capacidad de regular el sistema hemostático y la inflamación.

Desde 1990, cuando se notificaron las secuencias de nucleótidos de los tres alelos principales de ADNc (A, B, O) del sistema del grupo sanguíneo ABO, se adoptó la tecnología de polimorfismo largo de fragmentos de restricción (RFLP), amplificación por PCR específica para determinar el ABO genotipo (ASPA), conformación polimórfica monocatenaria (SSCP) o amplificación polimórfica de productos largos (APLP).

3.2.1.1 El antígeno D.

La proteína Rh D solo se expresa en glóbulos rojos humanos (RBC) y es uno de los tipos de sangre más inmunogénicos. Esto es de importancia clínica porque el mismo anticuerpo (anti-D) puede hemolizar los glóbulos rojos después de la transfusión o causar enfermedad hemolítica del recién nacido.

En la práctica clínica, la inmunidad alogénica se produce en contacto con las células rojas, donde si un individuo que es negativo para un alelo en particular se expone a un alelo equivalente, como un receptor D-negativo de sangre D-positiva, el riesgo de aloinmunización depende en parte de la frecuencia del estado D-negativo, que se da entre poblaciones diferentes.

Como menciona Urbaniak, (2006) "Se estima que aproximadamente el 15-17% de los Caucásicos, 5-7% de Negros y cerca del 2% de Indo-euroasiáticos no expresan el antígeno D y son clasificados como D-negativos. En la población china la frecuencia es menor del 1%."

La producción de grupo sanguíneo se debe a la expresión de antígeno (aglutinógeno) en la superficie externa de la membrana de los glóbulos rojos, En algunos casos, estos antígenos solo están presentes en los glóbulos blancos; sin embargo, en muchos casos, también están presentes en otros tipos de tejidos. Según indica Kirkman,(2007) "Una reacción a la transfusión se da cuando los anticuerpos (aglutininas) en el plasma del receptor interactúan con los aglutinógenos de los glóbulos rojos, conduciendo a una aglutinación de los glóbulos rojos y hemólisis."

3.2.1.2 Genética y herencia de antígenos A y B

El tipo de sangre de una persona en este sistema depende de un par de genes, y cada gen es uno de los tres posibles alelos: A, B u O. Los antígenos A y B se heredan como genes dominantes mendelianos. (Kirkman, 2007)















El término "donante de sangre universal" se refiere a la alutación potencial de células sanguíneas del receptor, cuyo tipo de sangre es diferente al de los donantes de sangre del tipo O, y cuyo título sanguíneo es alto en hemaglutinina anti-A o anti-B. Es importante reconocer estas características para evitar reacciones adversas en la transfusión de sangre. (Godin et al., 2016)

Para determinar el tipo de sangre, existen diferentes técnicas, las más utilizadas son las placas planas, tubos de ensayo, tarjetas y microplacas. La sensibilidad y precisión de cada una de estas tecnologías son variables. La sensibilidad del método de la placa es del 98% y la precisión es del 100%.

3.2.1.3 Sistema ABO

El primer tipo de sangre se describió en detalle es el sistema ABO, que produce los tipos de sangre A, B, AB y O. El sistema ABO es actualmente el único sistema con anticuerpos naturales inofensivos personales. Actualmente, hay 29 sistemas de grupos sanguíneos reconocidos, incluido el sistema de Rhesus responsable de las enfermedades hemolíticas en los bebés recién nacidos.

El sistema ABO fue descrito por primera vez por Landsteiner en 1990 y es probablemente el sistema más famoso del sistema de grupos sanguíneos. Los cuatro tipos de sangre son definidos por el sistema ABO, A, B, AB, y O. Las personas con grupo sanguíneo A tienen antígeno A (aglutinógeno) en sus glóbulos rojos, las personas con grupo sanguíneo B tienen antígeno B, las personas con grupo sanguíneo AB tienen ambos antígenos y las personas con grupo sanguíneo O no tiene ninguno. Como se muestra en la **Ilustración 4**.

	A	B	AB	O	Rh+	Rh-
Anti-A						
Anti-B						
Anti-A y Anti- B						
Anti-Rh						



 Aglutinación.
  No aglutinación.

Ilustración 4-Demostración de los tipos de sangre.

Fuente: (CCLA, 2016)

La clasificación de los tipos de sangre depende de la presencia de la prolactina en los glóbulos rojos y de la presencia de lectina en el suero.

Los dos reactivos utilizados para la prueba se denominan: suero anti-A (de sangre b), que es de color azul y contienen alfa lectina; suero anti-B (de sangre a), que es de color amarillo y contiene beta lectina.

Para realizar la detección de estos antígenos, es necesario ponerlos en contacto con anticuerpos correspondientes a esos antígenos específicos. Las reacciones antígeno-anticuerpo incluyen aglutinación o hemólisis de glóbulos rojos.

El principal error de esta prueba es la muestra de sangrado excesivo o insuficiente. Los relacionados con la clasificación sanguínea del suero pueden estar desactualizados, insuficientemente preparados y tener un potencial débil.

Como indica Roa, (2020) "El grupo O está muy presente en países como Perú (71%) o República Democrática del Congo (60%), mientras que el grupo sanguíneo B tiene bastante presencia en la India (40%) y a nivel mundial está bastante extendido en los países del sur de Asia, como por ejemplo en Vietnam (31%)."



Ilustración 5-Distribución de grupos sanguíneos a nivel mundial.

Fuente: (Statista, s. f.)

Como se observa en la **Ilustración 5**, los estudios realizados en Arabia Saudita, Mauritania y Nigeria, el tipo de sangre O fue el más común (56,8%, 49,10% y 52,9%), y el tipo de sangre AB fue el menos común (3,8%, 4%, 05%, y 2,7%). En Estados Unidos, el tipo de sangre O es también el más común, observándose diferencias según el origen étnico: 56,5% de donantes hispanos, 54,6% de indios norteamericanos y 50,2% de negros no hispanos. Por el contrario, en Pakistán, la prevalencia de los tipos de sangre B y AB es la más alta y la más baja respectivamente (32,4% y 10,6%). (Iyiola et al., 2012)

3.2.2 FACTOR RH

La información sobre el grupo sanguíneo RH también se obtiene mediante la genética y se hereda de los padres, pero de una manera independiente de los alelos del sistema ABO. Hay 2 alelos distintos por el factor Rh: se llaman Rh+ y Rh-.

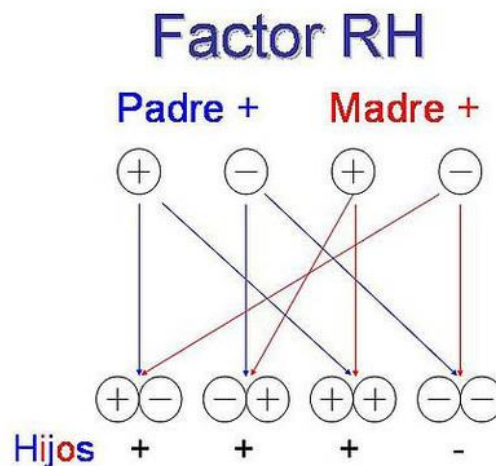


Ilustración 6-Genética del factor Rh

Fuente: (Infogen, s. f.)

Como se observa en la **Ilustración 6**, una persona que contiene el grupo "Rh+" tiene al menos un alelo Rh+, pero también se observa que puede tener dos alelos con el mismo símbolo. Su genotipo se puede formar por Rh+/Rh+ o Rh+/Rh-. Pero a diferencia de una persona que contenga el grupo "Rh- "tiene el genotipo Rh-/Rh-.

Una madre que es Rh- sólo puede transmitir un alelo Rh- a su hijo. El padre Rh + puede transmitir alelos Rh- o Rh +. La pareja puede dar a luz a hijos del tipo Rh + (Rh- de la madre y Rh + del padre) o Rh- (Rh- de la madre y el padre).

3.2.3 TRANSFUSIONES DE SANGRE ERRÓNEAS.

La transfusión de sangre es un procedimiento médico convencional en el que el paciente recibe sangre donada a través de un tubo delgado que se coloca en una vena del brazo.

Este procedimiento que salva vidas y ayuda a reponer la sangre perdida debido a una cirugía o una lesión. Las transfusiones de sangre también pueden ayudar cuando las enfermedades impiden que el cuerpo produzca sangre o ciertos componentes sanguíneos con normalidad.

Normalmente, no hay complicaciones cuando se realiza una transfusión. Si ocurren complicaciones, generalmente son leves.

Las personas reciben transfusiones de sangre por diversas razones, que incluyen cirugía, lesiones, enfermedades y trastornos hemorrágicos.

Hay varios componentes de la sangre, que incluyen:

- Glóbulos rojos- Transportan oxígeno y ayudan a eliminar los desechos.
- Glóbulos blancos- Ayudan que el cuerpo combata contra cualquier infección
- Plasma- Parte líquida de la sangre
- Plaquetas- Ayudan a la sangre a que coagule normal.

Una transfusión de sangre puede proporcionar los componentes sanguíneos que necesita. con mayor frecuencia los que se transfunden son los glóbulos rojos. También puede recibir sangre que contenga todos los componentes, pero este tipo de transfusión de sangre no es tan frecuente.

Cuando una persona con un tipo de sangre obtiene sangre de una persona con un tipo de sangre diferente, esto desencadena una respuesta del sistema inmunológico. Esto se llama incompatibilidad ABO.

La exposición a otro tipo de sangre puede provocar una reacción. Esto es importante cuando alguien necesita recibir sangre (transfusión de sangre) o trasplante de órganos. Los grupos sanguíneos deben ser compatibles para evitar reacciones incompatibles ABO.

Por ejemplo:

- Las personas con sangre tipo A reaccionarán a sangre tipo B o AB.
- Las personas con sangre tipo B reaccionarán a la sangre tipo A o AB.
- Las personas con el grupo sanguíneo O reaccionarán al grupo sanguíneo A, B o AB.

- Las personas con sangre tipo AB no reaccionarán a la sangre tipo A, B, AB u O.

Tabla 2-Donantes y Receptores de sangre

GRUPO SANGUÍNEO	PUEDA DONAR A	PUEDA RECIBIR DE
A+	A+	A+
		A-
	AB+	O+
		O-
A-	A+	A-
	A-	
	AB+	O-
	AB-	
B+	B+	B+
		B-
	AB+	O+
		O-
B-	B+	B-
	B-	
	AB+	O-
	AB-	
AB+ (receptor universal)	AB+	TODOS LOS GRUPOS
AB-	AB+	A-
		B-
	AB-	AB-
		O-
O+	A+	O+
	B+	
	AB+	O-
	O+	
O- (donador universal)	TODOS LOS GRUPOS	O-

Fuente: Elaboración propia obtenida de (Conocimiento, 2018)

Como se observa en la **Tabla 2**, cuando las personas con tipo de sangre A, B o AB lo reciben, el tipo de sangre O no desencadenará una respuesta inmunitaria. Esta es la razón por la que se pueden proporcionar glóbulos sanguíneos de tipo O a personas de cualquier tipo de sangre.

Las personas con sangre tipo O se denominan donantes de sangre nacionales. Sin embargo, las personas de este tipo de sangre solo pueden aceptar sangre O.

Tanto el plasma como la transfusión de sangre deben coincidir para evitar reacciones inmunes. Antes de que alguien reciba sangre, la sangre y la persona que recibe la sangre deben analizarse cuidadosamente para evitar una reacción. La reacción generalmente se debe a un error de escritura que hace que alguien reciba sangre incompatible.

3.2.4 GLUCOSA

La glucosa es un monosacárido cuya fórmula química molecular es $C_6H_{12}O_6$. Es una hexosa, lo cual significa que contiene seis átomos de carbono y al mismo tiempo es una aldosa, quiere decir, que el grupo carbonilo se encuentra en el extremo de la molécula. Es un tipo de azúcar el cual se encuentra de forma natural en las frutas y en la miel. El rendimiento energético de la glucosa es de 3,75 kcal/g en condiciones estándar.

La glucosa libre o combinada, es el compuesto orgánico de mayor abundancia en la naturaleza. Es uno de los tres monosacáridos dietéticos, junto con la galactosa y la fructosa, los cuales son absorbidos de forma directa por el torrente sanguíneo durante la digestión. Es la fuente de energía principal de las células, también es un producto principal de la fotosíntesis y un combustible para la respiración celular.

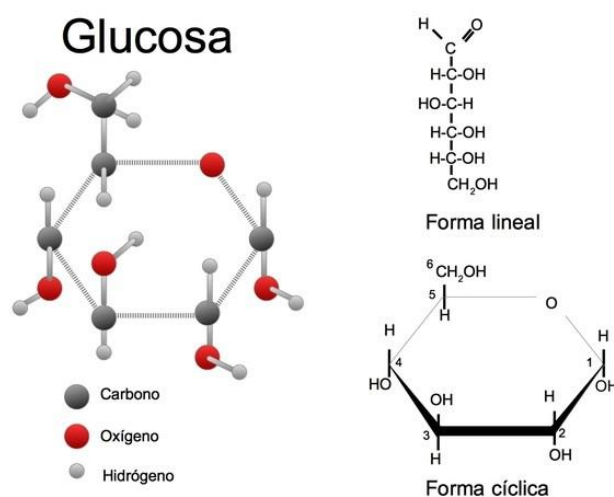


Ilustración 7-Estructura química de la Glucosa

Fuente: (Gelambi, 2020)

3.2.4.1 Glucagón e Insulina

El glucagón y la insulina son hormonas secretadas por el páncreas, el primero mediante las células alfa y la segunda a través de las células beta. Estas dos hormonas tienen funciones inversas, la insulina se encarga de reducir los niveles de glucosa en la sangre, mientras que el glucagón es la hormona encargada de aumentar estos niveles cuando caen por debajo del nivel óptimo. Entre ambas se encargan de mantener los niveles de glucosa estables, asegurando así que las células reciban la cantidad de azúcar necesaria para producir la energía que requiere el organismo.

3.2.4.2 Procesamiento de la glucosa

Comúnmente a la glucosa en el ámbito médico se le denomina azúcar en la sangre. La glucosa es un compuesto clave para que los mecanismos del cuerpo funcionen de manera óptima. Cuando el ser humano mantiene los niveles de glucosa dentro del rango óptimo con frecuencia pasa desapercibido. En cambio, cuando estos se desvían de los niveles recomendados los efectos dañinos para el funcionamiento del cuerpo se notarán muy rápido.

El cuerpo idealmente debería de procesar la glucosa varias veces al día. Cuando se ingiere comida, inicia el trabajo de procesamiento de la glucosa. El páncreas brinda ayuda a las enzimas para realizar el proceso de descomposición. El páncreas, productor de hormonas como la insulina es un factor clave en el procesamiento de la glucosa. Sin embargo, no siempre el páncreas cumple con esta función esencial.

Esta es una de las causas de la diabetes, la producción inadecuada de insulina por parte del páncreas. Otra causa de esta enfermedad es la resistencia a la insulina, esto ocurre cuando el hígado no reconoce la insulina presente en el cuerpo y produce cantidades inadecuadas de glucosa.

Revisar los niveles de glucosa es de significativa importancia para los diabéticos. La mayoría de las personas que padecen esta enfermedad se realizan pruebas para ver sus niveles de azúcar en sangre a diario.

Una forma de examinar la glucosa en casa es haciendo uso de un glucómetro como el que se muestra en la **Ilustración 8**. Este es un dispositivo utilizado para obtener la glucemia (concentración de azúcar en sangre) de manera casi instantánea, sin necesidad de movilizarle del lugar donde se utiliza el dispositivo.



Ilustración 8-Ejemplo de glucómetro disponible en el mercado

Fuente: (Amazon, s. f.)

3.2.5 DIABETES

Según indica Mauricio et al., (2016) en la Revista Endocrinología y Nutrición:

La Diabetes Mellitus es un proceso complejo del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas, que en principio es el resultado de la falta relativa o completa de secreción de insulina por las células beta del páncreas o por defectos de los receptores de insulina.

Esta no es una afección única, sino una sintomatología en la cual se deben individualizar diversas entidades nosológicas. El factor común entre todas es la hiperglucemia y sus consecuencias, refiriéndose a las complicaciones específicas que son comunes para todos los tipos de diabetes. Es un trastorno crónico de base genética que se caracteriza por manifestaciones de tres tipos:

- Síndrome metabólico constituido por la hiperglucemia, glucosuria, polifagia, polidipsia, poliuria y alteraciones en el metabolismo de los lípidos y proteínas, esto como consecuencia de un déficit total o parcial en la función de la insulina
- Síndrome vascular de tipo microangiopático o microangiopático, que afecta la totalidad de los órganos, particularmente el corazón, la circulación tanto cerebral como periférica, la retina y los riñones.
- Síndrome neuropático de tipo autónomo o periférico. A esta condición se asocian las siguientes consecuencias a largo plazo: daño o mal funcionamiento del corazón,

riñones, ojos, nervios y vasos sanguíneos. Todas estas afecciones son consideradas complicaciones crónicas de la diabetes.

Clasificación de la Diabetes

La Asociación Americana de Diabetes (ADA), reconoce que existen 4 tipos de diabetes, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- **Tipo I (Diabetes Mellitus Insulino Dependientes / Juvenil):** La diabetes tipo I es posible que se desarrolle en un periodo de tiempo desde la infancia hasta antes de los 40 años, está caracterizada por una falla progresiva del cuerpo en la producción de insulina. Se considera que la destrucción de las células beta del páncreas (células productoras de insulina) como se muestra en la **Ilustración 9**, es producto de una respuesta autoinmune del sistema inmunológico, el cual produce anticuerpos que matan las células beta.
- **Tipo II (Diabetes Mellitus no Insulino Dependientes / Aparición Madura):** La diabetes tipo II la padecen generalmente personas mayores a los 40 años, se asocia con el sobrepeso de las personas. Cerca del 70% de los diabéticos del tipo II son personas con sobrepeso. Al contrario del tipo I, el páncreas si produce insulina, el problema es que no produce la cantidad necesaria o el paciente se ha vuelto insensible a la insulina, por lo cual la efectividad de la insulina producida no es la misma.
- **Diabetes Gestacional:** El cuerpo de las mujeres durante el embarazo sufre grandes cambios no solamente a nivel físico, si no también hormonal para permitir el desarrollo del bebe en el útero. Algunas de estas hormonas reducen la sensibilidad a la insulina, es por esto por lo que la mayoría de las embarazadas adquieren cierto grado de insensibilidad a la insulina, aproximadamente el 2% sufren de un grado muy marcado. Este porcentaje de mujeres exhiben todos los síntomas tradicionales de la diabetes. Esta afección tiende a resolverse de forma natural luego del nacimiento del bebe, pero existe un riesgo aumentado de adquirir diabetes del tipo II para las mujeres que experimentan la diabetes gestacional durante el embarazo.

Otros tipos de diabetes

- Enfermedades del páncreas exocrino

- Defectos genéticos de la acción de la insulina
- Endocrinopatías
- Inducida por drogas
- Infecciones
- Defecto genético en la función de las células beta

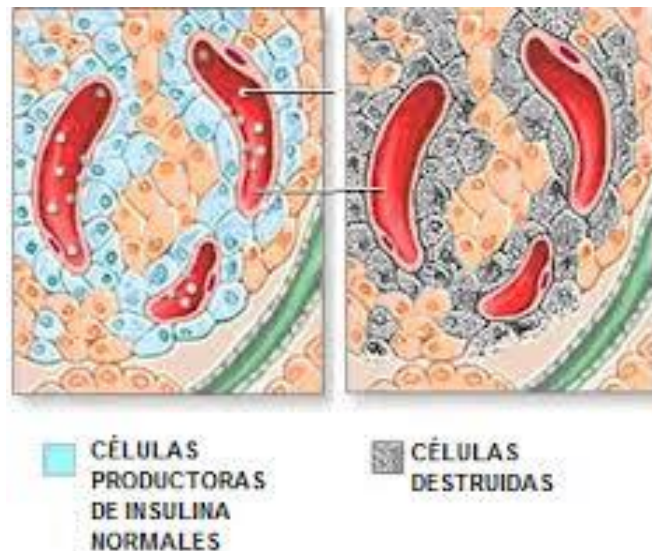


Ilustración 9-Células Beta

Fuente: (13. *por qué usar insulina.pdf*, s. f.)

3.2.5.1 Epidemiología de la Diabetes

Acorde a Ramírez, (2019), en el IV Congreso Nacional de la Diabetes:

A nivel mundial, se estima que 346 millones de personas tienen diabetes, y se prevé que esta cifra se duplique para el año 2030. En la Región de las Américas, se calcula que 62 millones de personas padecen de diabetes, y si la tendencia actual se mantiene, se espera que ésta cifra aumente a 91.1 millones para el año 2030.

La diabetes posee una tasa de mortalidad elevada debido a sus complicaciones, tanto agudas como crónicas; pero las complicaciones de la diabetes en la mayoría de los casos se pueden prevenir mediante un diagnóstico correcto, tratamiento adecuado y a tiempo, estilo de vida saludable, dieta sana y balanceada, actividad física y manteniendo un peso corporal saludable.

3.2.5.2 Diagnóstico

El diagnóstico de diabetes mellitus tipo II, en un principio solamente se podía realizar mediante el aspecto clínico, es decir a través de los síntomas. A medida transcurre el tiempo y evoluciona el método diagnóstico hasta la actualidad donde se consideran tres pilares para diagnosticar esta patología:

- Historia clínica
- Aspectos clínicos
- Exámenes de laboratorio

Un análisis de orina se puede utilizar para detectar glucosa y cetonas, gracias a la descomposición de las grasas. No obstante, un análisis de orina no diagnostica la diabetes por si sola. Para poder diagnosticar esta patología se utilizan las siguientes pruebas de glucosa en sangre:

- Prueba de hemoglobina glucosilada (A1C): muestra el nivel promedio de glucosa sanguínea durante los últimos tres meses.
 - Un nivel de A1C menor al 5.7% se considera normal
 - Un nivel de A1C entre 5.7% y 6.4% es considerado prediabetes
 - Un nivel A1C superior al 6.5% indica diabetes tipo II
- Análisis de azúcar en sangre en ayunas: la muestra de sangre se toma después de un ayuno de mínimo ocho horas.
 - Nivel de glucosa en sangre en ayunas por debajo de los 100 mg/dL (5.6 mmol/L) se considera normal
 - Nivel de glucosa en sangre en ayunas entre 100 y 125 mg/dL (5.6 a 7 mmol/L) se considera prediabetes. A veces se considera glucosa en ayunas alterada
 - Nivel de glucosa en sangre en ayunas superior a 126 mg/dL (7 mmol/L) se toma como diabetes tipo II
- Prueba de tolerancia a la glucosa oral: comúnmente solo se utiliza durante el embarazo. Se toma una muestra sanguínea luego de un ayuno de 8 horas. Luego

el paciente ingiere una solución azucarada y se medirá la glucosa sanguínea dos horas después.

- Nivel de glucosa en sangre menor a 140 mg/dL (7.8 mmol/L) se considera natural.
- Nivel de glucosa en sangre entre 140 y 199 mg/dL (7.8 a 11 mmol/L) indica prediabetes. Se conoce también como alteración de la tolerancia a la glucosa.
- Nivel de glucosa en sangre mayor a 200 mg/dL (11.1 mmol/L) es considerado diabetes tipo II.

3.2.6 IMPORTANCIA DE LAS PDR

Las pruebas de diagnóstico rápido (PDR), desempeñan varias funciones, se usan para obtener información que auxilie en el diagnóstico, para conocer los valores del paciente, analizar y transmitir el pronóstico, establecer una relación terapéutica y llegar a un acuerdo con el paciente sobre nuevos métodos de diagnóstico y futuras opciones de tratamiento.

Lu, (2017) menciona lo siguiente sobre su estudio:

Cuando se usan de forma apropiada, las pruebas diagnósticas pueden resultar de gran utilidad para el médico. Las pruebas pueden ser de ayuda para la detección, por ejemplo, para identificar factores de riesgo de enfermedad y para detectar alguna enfermedad oculta en personas asintomáticas. La identificación de factores de riesgo da oportunidad para realizar intervenciones tempranas que evitan el surgimiento de una enfermedad, del mismo modo que la detección temprana de alguna enfermedad oculta reduce la morbilidad y mortalidad de una enfermedad al aplicar un tratamiento temprano.

Algunas pruebas ayudan al diagnóstico temprano después de la aparición de síntomas y signos. Otros contribuyen al desarrollo del diagnóstico diferencial y otros ayudan a determinar el estado o la actividad de la enfermedad.

Propiedades de las PDR:

- Exactitud- La precisión de las pruebas de laboratorio incluye su correspondencia con el valor real. Cuando el resultado es diferente del valor real, incluso si el resultado es

reproducible, la prueba se considera inexacta, lo que también se denomina error sistemático (O prejuicio).

- Precisión- La precisión de una prueba es una medida de la repetibilidad cuando la misma muestra se prueba repetidamente. Si la misma muestra se prueba varias veces, los resultados pueden tener alguna variación (error aleatorio); esta variabilidad se expresa como el coeficiente de variación.
- Medición Sigma- La medición Sigma se utiliza para cuantificar la calidad general de las PDR. Los valores numéricos se calculan en base a tres elementos tradicionales que se utilizan para evaluar el rendimiento de la prueba: exactitud (sesgo), precisión (CV) y error total permitido.
- Intervalo de Referencia- Algunas pruebas de diagnóstico se informan positivas o negativas, pero algunos informes son cuantitativos. El uso de intervalos de referencia es una técnica para interpretar cuantitativamente los resultados. También es importante considerar si el intervalo de referencia publicado es adecuado para un paciente determinado en evaluación, porque algunos intervalos dependen de la edad, el sexo, el peso, la dieta, la hora del día, el estado de actividad, la postura e incluso la estación.
- Factores de Interferencia- Los factores externos, como la ingesta de medicamentos y el uso de agentes de contraste, y los factores internos (como las condiciones fisiológicas anormales) pueden cambiar los resultados de las pruebas de diagnóstico. Estos factores pueden causar diferencias biológicas y deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados de las pruebas.

Se sabe que las PDR son de vital importancia para la medicina, ya que ayuda en muchos casos emergentes o no a tomar una decisión sobre ¿Qué sucederá con el paciente? Y para ello se necesitan evidencias contundentes como las que brindan las pruebas, así como lo menciona Lu, (2017) "La medicina basada en evidencias consiste en el cuidado de los pacientes mediante la mejor evidencia disponible para orientar la toma de decisiones clínicas."

3.2.7 MICROCONTROLADORES

Los microcontroladores están cada vez más presentes en la vida diaria del ser humano. Están presentes en el trabajo, la casa, en aspectos de la vida diaria, en el automóvil incluso es posible encontrar microcontroladores. Estos circuitos integrados programables, son capaces de

ejecutar las ordenes que han sido grabadas previamente en su memoria. Los microcontroladores se pueden encontrar dominando el funcionamiento de los teléfonos, el horno de microondas, los televisores, la refrigeradora, los teclados y ratones de la computadora, entre muchas otras cosas. Estas minicomputadoras están siendo diseñadas para gobernar la gran mayoría de los elementos fabricados y utilizados por los seres humanos.

El microcontrolador se compone de varios bloques funcionales que realizan una tarea específica. En su interior se encuentran las tres unidades funcionales principales de una computadora: memoria, unidad central de procesamiento y periféricos de entrada/salida.

De fabrica no contienen datos en la memoria ROM. Para que el microcontrolador controle un proceso primero es necesario elaborar un programa de instrucciones, el cual se puede escribir en lenguaje ensamblador u otro lenguaje de programación compatible con el microcontrolador que se utiliza. Para grabar este programa en la ROM del microcontrolador, debe estar codificado en sistema numérico hexadecimal, el cual es el encargado de hacer trabajar el microcontrolador una vez es alimentado con el voltaje adecuado y asociado a transductores analógicos y discretos.

3.2.7.1 Microcontroladores Raspberry Pi

Raspberry Pi es un conjunto de ordenadores de placa reducida, ordenadores de placa simple (SBC) u ordenadores de placa única de bajo costo, desarrollados en el Reino Unido por Raspberry Pi Foundation.

La organización Raspberry Pi consiste en dos divisiones, Raspberry Pi Trading, que es el área responsable del desarrollo de tecnología a partir del tercer modelo, el Raspberry Pi Modelo 1 B+ y la Raspberry Pi Foundation, que es una organización sin fines de lucro educativa cuyo objetivo es promover la enseñanza de informática en escuelas y países en vías de desarrollo.

Raspberry Pi Zero

El primer modelo de esta gama, denominado Pi Zero, según lo indicado por The Raspberry Pi Foundation, (s. f.) "Es la mitad del tamaño de un Modelo A+, con el doble de utilidad". Este modelo es 40% más potente que el primer modelo lanzado al mercado por Raspberry.

Raspberry Pi Zero W

Sucesora de la Pi Zero original, contiene todas las funciones del modelo original, pero trae conectividad adicional, que consiste en: LAN inalámbrica 802.11 b/g/n (de aquí proviene la W del nombre), Bluetooth 4.1 y Bluetooth de baja energía (BLE). A continuación, se muestran los puertos de conexión de este modelo en la **Ilustración 10**.

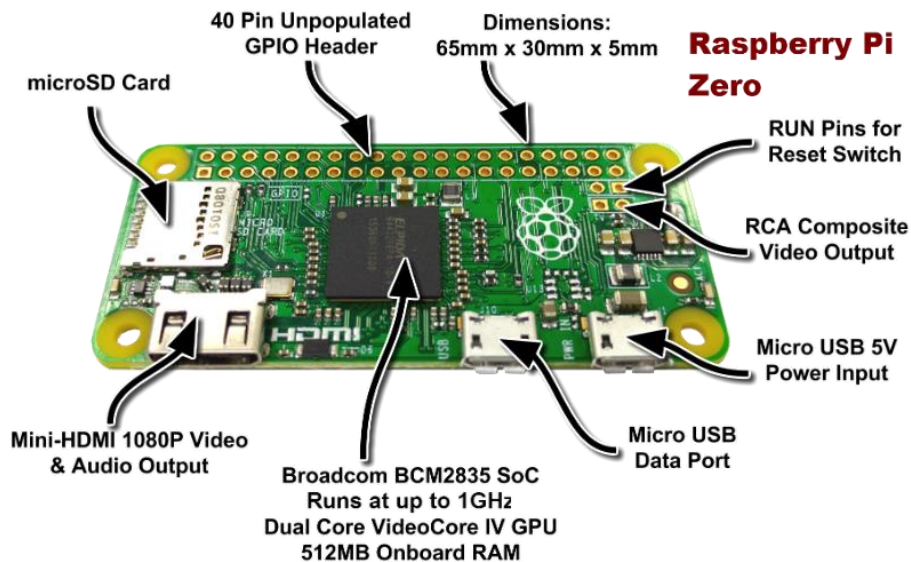


Ilustración 10-Puertos de Raspberry Pi Zero W

Fuente: (RASPBERRY PI ZERO V1.2 KIT WITH ADAPTERS (RPI ZERO / PI-ZERO / RaspberryZero), s. f.)

Alimentación de una Raspberry Pi Zero W

Un microcontrolador Raspberry Pi Zero W requiere una alimentación de 5 voltios y 2 amperios, esta alimentación se puede conectar directamente al puerto Micro USB de alimentación o de ser necesario se podría realizar la alimentación a través de los pines GPIO.

Esto último debido a una avería del puerto de alimentación, la conexión para alimentar la Raspberry a través de los pines se realiza conectado la fuente de 5 voltios al pin número 2 y conectando tierra al pin número 6.

El consumo de corriente para el funcionamiento de la Raspberry dependerá de varios factores, entre los que se encuentran la tensión de alimentación, la frecuencia de trabajo, la carga soportada por sus salidas, los periféricos conectados a la misma, entre otros. Si la Raspberry no recibe la alimentación correcta automáticamente reducirá la frecuencia del procesador para reducir el consumo, pero esto ocasionará que las operaciones que está realizando dicho procesador se ralentizan y no se desarrollen según lo deseado. Es por esto la importancia de otorgar la alimentación correcta a la Raspberry.

Puertos de Entrada/Salida de una Raspberry Pi

Para comunicarse con el mundo exterior los microcontroladores hacen uso de los pines. Las Raspberry Pi cuentan con un total de cuarenta pines que se describen en la ilustración a continuación:

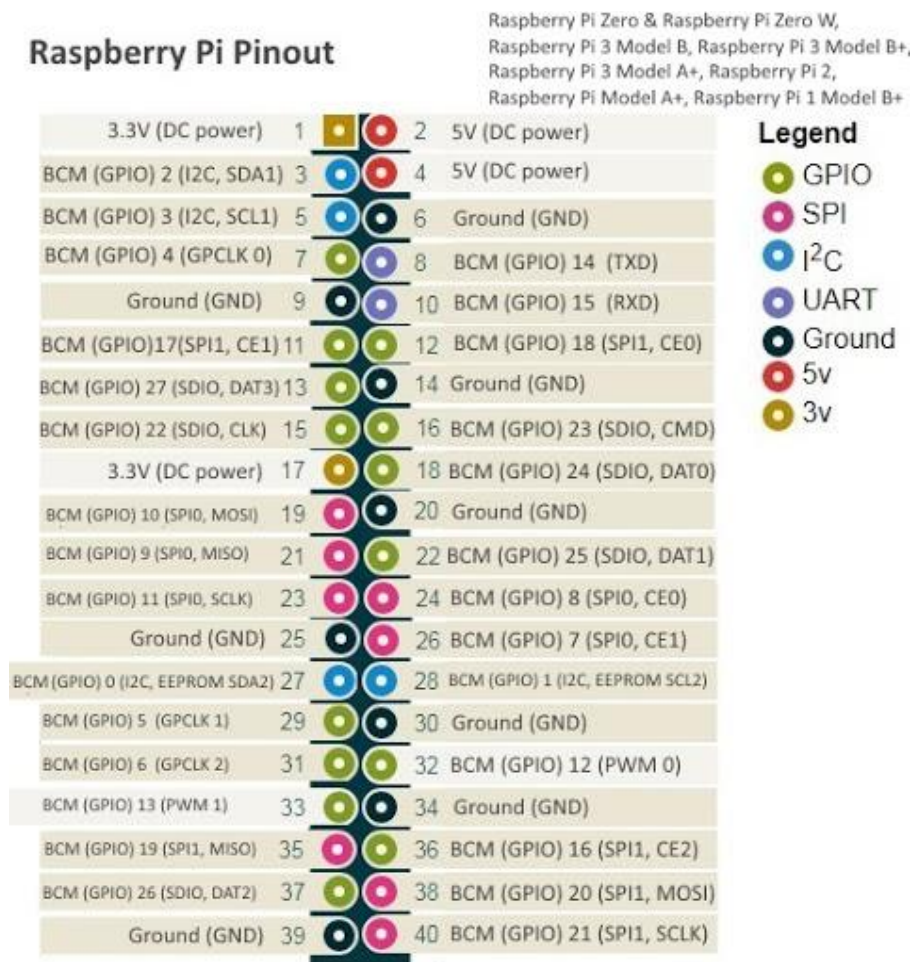


Ilustración 11-Diagrama de pines de Raspberry Pi

Fuente: (Acoptex, s. f.)

Según la **Ilustración 11**, la Raspberry Pi Zero W cuenta con un total de 24 pines Entrada/Salida de Propósito General, o GPIO por sus siglas en inglés. Los pines GPIO no poseen un propósito definido y no se utilizan predeterminadamente por el microcontrolador. Estos están diseñados para ser controlados por el usuario, desde definir su comportamiento, como su nombre lo indica si se conlustraciónran como entrada para recibir datos provenientes de otro dispositivo o como salida para controlar otros dispositivos externos.

Los 14 pines restantes de la Raspberry se dividen de la siguiente manera, dos pines de alimentación de 3.3 voltios DC (pines uno y diecisiete), dos pines de alimentación de cinco voltios DC (pines dos y cuatro), ocho pines tierra (pines seis, nueve, catorce, veinte, 25, 30, 34 y 39) y los pines tres y cinco de la Raspberry que son el dato (SDA) y el reloj (SCL) respectivamente para la comunicación mediante el protocolo I2C.

Memoria EEPROM de Datos

EEPROM son las siglas en inglés de ROM programable y borrable eléctricamente. Este tipo de memoria ROM como su nombre lo indica se puede programar, borrar y luego reprogramar eléctricamente, esta es la principal ventaja sobre las EPROM que solo pueden ser borradas mediante aparatos que emiten de rayos ultravioleta. Estas memorias son no volátiles. Sus celdas de memoria se forman por un transistor MOS, el cual contiene una compuerta flotante, su estado normal es el corte y la salida proporciona un uno lógico.

Si bien las EEPROM pueden ser leídas un número ilimitado de veces, el borrado y reprogramado solo es realizable entre 100,000 y un millón de veces dependiendo del fabricante y modelo. Comúnmente se comunican mediante protocolos como ser I2C, SPI o Microwire, aunque en otras ocasiones, pueden estar integradas en los chips de los microcontroladores o DSPS para lograr una rapidez de operación mayor. Los pines 27 y 28 de la Raspberry Pi son los que otorgan acceso a la EEPROM.

Sistema Operativo

La Raspberry Pi utiliza un sistema operativo que trabaja con base de Linux y contiene varias distribuciones que son utilizables para el funcionamiento de la tarjeta. A continuación, se presenta una lista de algunos sistemas:

- Ares
- Linux
- Arch Linux ARM
- Debian Wheezy
- Firefox OS
- Androide 98

- Gento o Linux 99
- Pidora

El Sistema operativo de Raspberry es un software basado en Linux, por lo cual existen cuantiosas variantes de éste. El sistema operativo oficial compatible con las Raspberry es el Raspberry Pi OS (anteriormente llamado Raspbian), este se puede descargar directamente de la página oficial de Raspberry, aunque también existen otras opciones como ser: RISC OS, PIDORA, Snappy, NOOBS (Nuevo Software listo para usar, por sus siglas en inglés), entre otros.



Ilustración 12-Raspberry Pi OS

Fuente: (Piltch & 2020, s. f.)

Las Raspberry Pi no contienen un disco duro donde se pueda instalar el Sistema Operativo, es por esto por lo que se utiliza una tarjeta de memoria microSD, la cual debe ser mínimo de 2Gb para poder instalar cualquiera de las opciones disponibles. En la **Ilustración 12**, se observa inicialización del sistema operativo Raspberry Pi OS.

3.2.8 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Los lenguajes de programación han evolucionado con el paso de los años, desde el inicio en el nivel más bajo de programación de hardware, hasta la actualidad con los modernos lenguajes de alto nivel que existen. En un comienzo las instrucciones se proporcionaban al computador por medio de tarjetas perforadas, el programador escribía el programa en lenguaje binario, es decir a nivel de unos y ceros, ya que es lo único que el procesador de un computador entiende. El próximo paso fue el lenguaje ensamblador, en el cual ya se definían

instrucciones que el procesador era capaz de comprender en unos y ceros, pero también su equivalente como palabras simples. De esta forma ya no era necesario que el programador perforara unos y ceros en tarjetas, sino que escribía distintos comandos con una lógica semejante a la utilizada para lenguajes de alto nivel.

En la actualidad, los programadores tienen la opción de utilizar estos lenguajes, que simplifican considerablemente el proceso de programación. Para hacer esto posible, se debe hacer uso de otro programa, el cual se llama compilador, este es el encargado de "traducir" las instrucciones de alto nivel, primero a código ensamblador y por último se realiza el mismo proceso de transformación de las instrucciones a unos y ceros, el resultado final sigue siendo el mismo que décadas atrás, donde se encuentra la gran diferencia es en la capacidad que comprensión que poseen los procesadores y las operaciones que estos son capaces de realizar, lo cual permite que sea mucho más sencillo programar hoy en día en comparación con hace unas cuantas décadas.

En su actualización más reciente, el índice Tiobe, que es un indicador elaborado por una compañía de software proveniente de Holanda, especializada en la evaluación y el seguimiento de la calidad de los programas informáticos, ha anunciado su nuevo ranking sobre los lenguajes de programación más usados en la actualidad.

Según *índice | TIOBE - La empresa de calidad del software*, (s. f.), una explicación breve sobre su propósito y funcionalidad es:

El índice de la comunidad de programación TIOBE es un indicador de la popularidad de los lenguajes de programación. El índice se actualiza una vez al mes. Las calificaciones se basan en la cantidad de ingenieros calificados en todo el mundo, cursos y proveedores externos. Los motores de búsqueda populares como Google, Bing, Yahoo!, Wikipedia, Amazon, YouTube y Baidu se utilizan para calcular las calificaciones. Es importante tener en cuenta que el índice TIOBE no se trata del mejor lenguaje de programación o el lenguaje en el que se han escrito la mayoría de las líneas de código.

El top diez de lenguajes de programación más utilizados, según la actualización del índice Tiobe de enero 2021 muestra lo siguiente:

1. C: conocido por el desarrollo de aplicaciones de escritorio, es ejecutado en la mayoría de los sistemas operativos, es de propósito general, lo cual lo hace muy flexible.
2. Java: es reconocido por su legibilidad y simplicidad, su popularidad se debe a su poder de permanencia, lo que asegura el funcionamiento a largo plazo de las aplicaciones que lo utilizan.
3. Python: lenguaje multiplataforma y multiparadigma, también de propósito general. Su simpleza, legibilidad y similitud con el inglés lo hacen un excelente lenguaje para principiantes.
4. C++: orientado a objetos, es una continuación y ampliación del lenguaje C. los paquetes de adobe son un ejemplo de programas escritos en este lenguaje.
5. C#: también orientado a objetos. Destaca su sencillez y modernidad. Empleado en una amplia gama de aplicaciones ejecutadas en el framework .NET., evolución de C y C++
6. Visual Basic: utilizado por personas que carecen de conocimiento profundo como desarrolladores, posee una sintaxis simple, brinda la posibilidad de automatizar procesos y crear aplicaciones web.
7. JavaScript: utilizado para crear programas que luego se pueden acoplar a páginas web o en programas más complejos y grandes. Se encuentra en servicios de chat, calculadoras o buscadores de información.
8. PHP: su origen fue como un conjunto de herramientas para darle mantenimiento a páginas web y no como lenguaje de programación. Reconocido por su fácil acceso para programadores inexpertos y también porque ofrece herramientas avanzadas para los programadores más experimentados.
9. R: enfocado al análisis estadístico. Muy utilizado en la investigación científica, posee mucha popularidad en los campos de aprendizaje automático (machine learning), minería de datos, investigación biomédica, bioinformática y matemáticas financieras.
10. Groovy: orientado a objetos, implementado sobre la plataforma Java. Posee características similares a Ruby, Pearl, Smalltalk y Python. Puede utilizarse dinámicamente como lenguaje de scripting.

3.2.8.1 Python

Python fue creado por Guido Van Rossum, un programador originario de Holanda, desarrollo este lenguaje de programación a finales de la década de 1980, para el Centro para las Matemáticas y la Informática de los Países Bajos, que estaba en busca de un lenguaje de programación que pudiera ser utilizado bajo el sistema operativo Amoeba de Andrew S. Tanenbaum, y que fuese capaz de sustituir al lenguaje ABC.

Es un lenguaje de programación de alto nivel, el cual fue diseñado con una sintaxis muy sencilla, simple y limpia, lo cual permite obtener códigos fáciles de leer, es multiplataforma, multiparadigma y soporta la orientación a objetos, programación imperativa, e incluso la programación funcional.

En el 2001, se crea la Python Software Foundation (PSF), imitando el modelo de Apache. La versión 2.1 de Python fue lanzada bajo la licencia de Python Software Foundation License. Es una fundación sin fines de lucro, que hoy en día, es la encargada de salvaguardar todo el código de Python y toda su documentación. También se encarga de fomentar la comunidad de desarrolladores y el desarrollo de este lenguaje. La versión de Python 3.9.1 es la más nueva que existe, fue lanzada al mercado el 17 de diciembre de 2020.

En los resultados publicados por *índice | TIOBE - La empresa de calidad del software*, (s. f.) referentes al año 2020, destaca lo siguiente sobre Python:

¡Python ha ganado el premio al lenguaje de programación TIOBE del año! Esta es la cuarta vez en la historia, ¡lo cual es un récord! El título se otorga al lenguaje de programación que ha ganado más popularidad en un año. Python dio un salto positivo del 2,01% en 2020.

Características de Python

- Simple: es un lenguaje minimalista y simple. Leer un programa de Python que está bien elaborado da la sensación de que se está leyendo un texto en inglés (claro un inglés muy estricto). El pseudocódigo natural de Python es de sus mayores fortalezas, puesto que permite concentrarse directamente en la solución del problema y no en la sintaxis del lenguaje.
- Fácil de aprender: iniciarse en la programación es una tarea muy sencilla con Python, debido a su sintaxis excepcionalmente simple, de lo cual ya se realizó mención.

- Libre y de fuente abierta: es un ejemplo de un FLOSS (Software gratuito y libre de fuente abierta, por sus siglas en inglés). En palabras sencillas, se pueden distribuir copias de Python, leer su código fuente, modificarlo, utilizar partes de este en otros programas libres y en general cualquier actividad con él. FLOSS se basa en un concepto de comunidad de compartir conocimiento.
- Lenguaje de alto nivel: escribir programas en Python le ahorra al usuario diversos problemas, como el preocuparse por detalles de bajo nivel, por ejemplo, el tener que controlar la memoria empleada por el programa.
- Portabilidad: gracias a la naturaleza Fuente Abierta, Python ha sido "portado", es decir modificado para volverlo funcional con distintas plataformas. Cualquier programa de Python funcionara en estas plataformas sin necesidad de efectuarle cambios al mismo. Lo único que se debe hacer es evitar las características que si dependan del sistema (librerías o módulos particulares de un solo sistema). Python se puede utilizar sobre Linux, Windows, Macintosh, Solaris, OS/2, Amiga, AROS, AS/400, BeOS, OS/390, z/OS, Palm OS, QNX, VMS, Psion, Acom RISC 24 OS, VxWorks, PlayStation, Sharp Zaurus, Windows CE y Pocket PC.
- Interpretación: los programas escritos en lenguajes compilados como ser C, C++ o C# son traducidos de un lenguaje fuente (los antes mencionados) en un lenguaje que la computadora comprende (código binario) utilizando un compilador con diversas opciones. Al ejecutar el programa, el software enlazador/cargador solamente guarda el código binario en la memoria de la computadora e inicia con la ejecución desde la primera instrucción del programa. Al utilizar un lenguaje interpretado como Python, no son necesarias las compilaciones separadas y los pasos de ejecución. Solamente se ejecuta el programa desde el código fuente. Python internamente convierte el código fuente en bytecodes, los cuales después se traducen al lenguaje nativo de las computadoras y se ejecuta. Esto facilita el uso de Python, ya que el usuario no debe preocuparse por enlazar o cargar librerías, módulos, etc.
- Orientado a objetos: permite programación orientada a procedimientos y a la vez orientada a objetos. En los lenguajes orientados a procedimientos, el programa se construye sobre funciones o procedimientos, que son en pocas palabras piezas de programa reutilizables. En cambio, los lenguajes con orientación a objetos, el programa

está elaborado sobre objetos que combinan funcionalidad y datos. Python ofrece una manera muy potente y sencilla de utilizar programación orientada a objetos, en particular, cuando se compara con otros lenguajes líderes del mercado como ser C o Java.

- Ampliable: de ser necesario ejecutar una parte del código de manera muy rápida, es fácil lograrlo escribiendo está en C y luego combinarla con el programa que se está elaborando el Python.
- Librerías extendidas: la librería predeterminada de Python posee gran amplitud. Puede ayudar al usuario a realizar procesos que involucren: expresiones regulares, bases de datos, evaluación de unidades, generación de documentos, correo electrónico, navegadores web, entre muchas otras.

Incluso adicional a esta librería, existen librerías más avanzadas como por ejemplo la Python Imaging Library que es una librería muy útil para la manipulación de imágenes entre otras cosas.

3.2.9 TRANSDUCTORES

Es el nombre de un dispositivo completo que contiene sensores para convertir cualquier señal en otro tipo de señal que se pueden utilizar en el dispositivo de control. El transductor se puede considerar como la forma de energía con el entorno y el circuito de control o, en última instancia, la interfaz entre el control y el actuador.

El transductor convierte una señal física en una señal eléctrica que puede ser interpretada por el sistema de control.

Por lo general, los términos transductor y sensor se pueden usar indistintamente.

3.2.9.1 Sensores

Término utilizado para referirse a un dispositivo sensible que de alguna forma mide energía en el medio ambiente. La energía puede ser luminosa, térmica, dinámica e información relacionada con la fuerza física que se debe medir, como temperatura, presión, Velocidad, corriente, aceleración, posición, etc.

Los sensores no siempre tienen las características eléctricas requeridas para su uso en sistemas de control. Por lo general, la señal de salida debe manipularse antes de leerse en el sistema de

control. Los circuitos de interfaz se utilizan normalmente para generar una señal, que el regulador puede leer.

Suponiendo que la salida del sensor es proporcionada por un nivel de voltaje muy bajo cuando se ve afectado por energía externa, es necesario amplificarlo. La interfaz será un amplificador que puede aumentar el nivel de la señal para un uso efectivo.

Sensores Analógicos

Este tipo de sensor puede tomar cualquier valor en la señal de salida a lo largo del tiempo siempre que esté dentro de su rango de trabajo.

Estas variables se miden mediante componentes sensibles con circuitos electrónicos no digitales. La **Ilustración 13** demuestra el cambio de la magnitud física (temperatura en este caso) de forma analógica

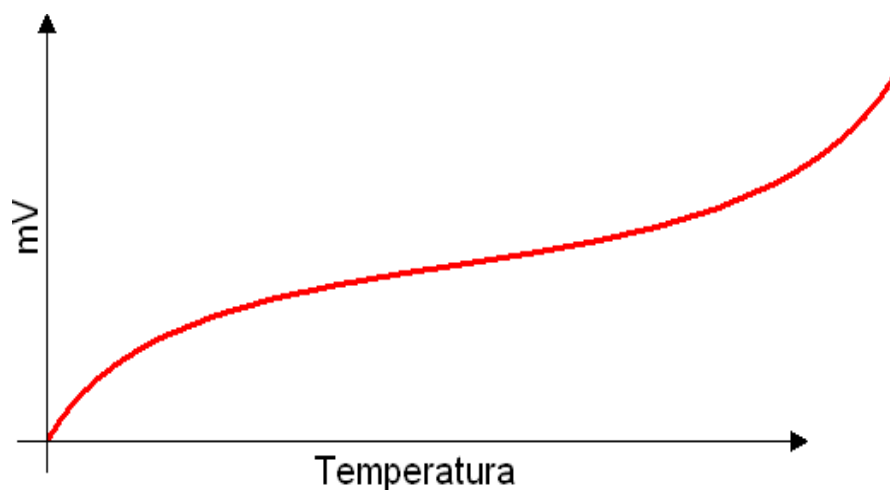


Ilustración 13-Cambio de Temperatura Analógicamente

Fuente: (Neres, s. f.)

Sensores Digitales

Este tipo de sensor solo puede asumir dos valores en su señal de salida a lo largo del tiempo, lo que puede interpretarse como cero o uno. No existen cantidades físicas naturales que ayuden a estos valores, pero después de la conversión mediante circuitos electrónicos (generalmente comparadores), se muestran en el sistema de control. Por ejemplo, se utiliza para detectar objetos que pasan, codificadores para determinar la distancia o la velocidad, etc. En la **Tabla 3** se observa una clasificación de sensores según la magnitud que miden.

Tabla 3- Clasificación de los Sensores

MAGNITUD	TRANSDUCTOR	CARACTERÍSTICA
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
	Sensor Hall	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
Velocidad Angular y Lineal	LVDT	Analógica
	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo- inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giróscopo	----
Aceleración	Acelerómetro	Analógica
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógica
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Digital
	Manómetros digitales	Analógica
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
	Termopar	Analógica
Temperatura	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal Termostato	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógico
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica

MAGNITUD	TRANSDUCTOR	CARACTERÍSTICA
Visión Artificial	Cámaras de video	Procesamiento Digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento Digital
Sensor de Proximidad	Sensor final de carrera	----
	Sensor capacitivo	----
	Sensor inductivo	----
	Sensor fotoeléctrico	----
Sensor acústico	Micrófono	----
Sensor de acidez	IsFET	----
Sensor de Luz	Fotodiodo	----
	Fotorresistencia	----
	Fototransistor	----
Sensores captura de movimientos	Célula fotoeléctrica	----
	Sensores inerciales	----

Fuente: *fm_Ch03_mfuentesm.pdf*, (s. f.)

Sensores Fotoeléctricos

Un sensor fotoeléctrico o fototubo es un dispositivo electrónico que responde a los cambios en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren un componente transmisor que genera luz y un componente receptor que recibe la luz generada por el transmisor.

Están diseñados específicamente para detectar, clasificar y localizar objetos; pueden detectar diferencias de forma, color y superficie incluso en condiciones ambientales extremas.

El sensor de luz se utiliza para detectar el nivel de luz y generar una señal de salida que representa la cantidad de luz detectada. El sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz en una señal eléctrica y puede incluir componentes electrónicos para el acondicionamiento, compensación y formateo de la señal de salida.

El sensor de luz más común es LDR-fotorresistor (**Ilustración 14**), es una resistencia que cambia su resistencia con cambios en la intensidad de la luz. Los sensores fotoeléctricos se dividen en tres tipos: por barrera de luz, reflexión especular o sensor de reflexión de objetos.

3.2.9.1.1 SENSOR LDR

LDR proviene de la expresión inglesa "Light Dependent Resistor" y se caracterizan por ser un componente pasivo cuya resistencia cambia con la luz recibida. A medida que recibe más luz, la resistencia disminuye significativamente.

Muestran una gran sensibilidad a la luz, pero si la luz cambia muy rápido, el valor de resistencia cambia más lentamente (se dice que muestra la inercia de los cambios de intensidad de la luz).

Hay muchas formas y circuitos que pueden usar LDR. Por ejemplo, se puede utilizar como amplificador operacional junto con una plataforma de desarrollo de microcontroladores (como Arduino, PIC o incluso un circuito incorporado analógico normal).

La resistencia de la superficie del LDR que está compuesto de sulfuro de cadmio (CdS) depende de la cantidad de luz incidente.

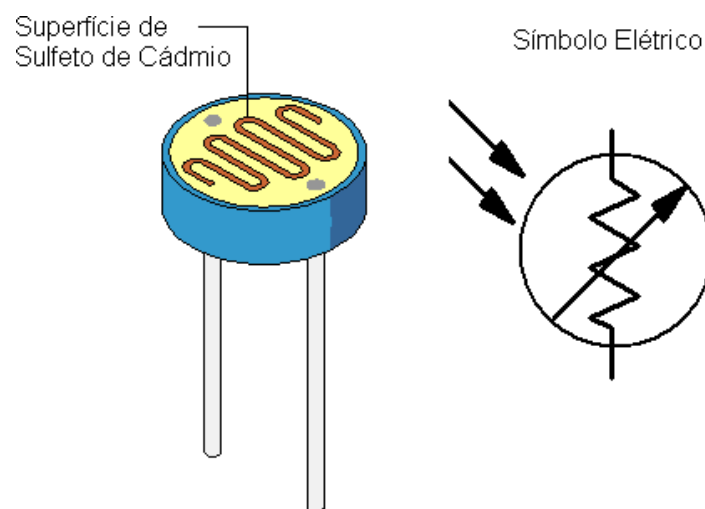


Ilustración 14-Sensor LDR

Fuente: (Oliveira et al., 2018)

La curva característica de este componente nos muestra que su resistencia disminuye al aumentar la intensidad de la luz. En la **Ilustración 15** se puede observar.

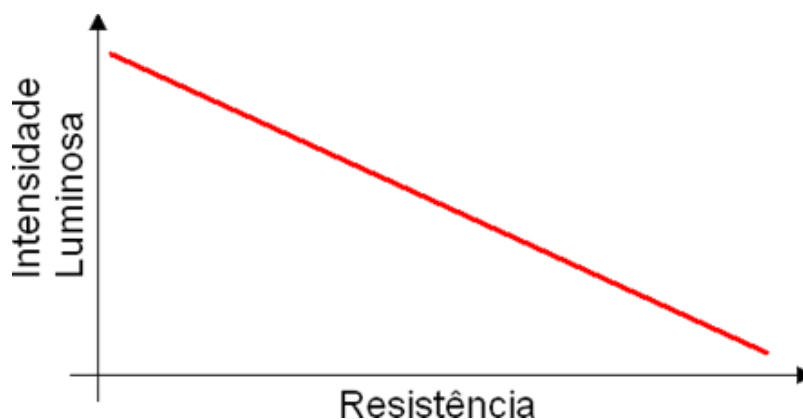


Ilustración 15-Gráfica de relación Resistencia-Intensidad Lumínica

Fuente: (Oliveira et al., 2018)

De hecho, la mayor ventaja de usar LDR como sensores fotoeléctricos es que pueden trabajar a corrientes relativamente altas y son muy sensibles, lo que simplifica el diseño del circuito.

Sin embargo, la desventaja es su velocidad de respuesta. El LDR es un sensor lento y su velocidad de funcionamiento no supera las decenas de kilohercios.

También podemos destacar que la curva de respuesta del LDR está muy cerca de la curva de respuesta del ojo humano, lo que permite operar con fuentes de luz convencionales, como luz ambiental, lámparas de poca luz, lámparas fluorescentes, dispositivos electrónicos y ordinarios, LEDs de varios colores, etc.

Función LDR

- Puede usarse para detectar luz
- Fácil de usar en protoboard o tablero con forma
- Fácil de usar con microcontrolador o incluso IC digital / analógico común
- Tamaño pequeño, económico y de fácil acceso.

Modulo LDR

El módulo sensor foto resistivo LDR (**Ilustración 16**) es un sensor que puede detectar la intensidad de la luz emitida desde la superficie de su panel, este dispositivo nos permite medir la intensidad de la luz solar de lámparas, focos e incluso determinados diodos emisores de luz (LED). Este módulo tiene una salida digital y tiene un potenciómetro que nos permite ajustar la sensibilidad de la salida digital. Cuando la intensidad de la luz excede el valor establecido por el potenciómetro, el voltaje de salida digital es lógico "0", cuando ocurre lo contrario, el voltaje de salida digital es lógico "1".

Este módulo tiene 2 salidas, una de las analógicas debe estar conectada a la entrada analógica antes de poder utilizar el convertidor ADC. La salida digital tiene solo dos estados: activo / apagado El cambio de un estado a otro depende del umbral establecido por el potenciómetro del módulo. La salida digital se puede utilizar para controlar un relé para realizar operaciones basadas en la intensidad de la luz.



Ilustración 16-Modulo LDR

Fuente: (CD Tecnologia, s. f.-d)

Sensores de color

El sensor de color es una especie de "sensor fotoeléctrico", que emite luz desde el transmisor y luego detecta la luz reflejada por el objeto detectado junto con el receptor. El sensor de color puede detectar respectivamente la intensidad de luz recibida de rojo, azul y verde, de modo que se pueda determinar el color del objeto de destino.

Debido a que la fuente de luz no solo es roja, sino que también incluye las longitudes de onda de rojo, verde y azul, y se puede calcular la relación entre estas luces, se puede distinguir la apariencia y el color de la parte del objetivo.

Para los sensores fotoeléctricos con longitudes de onda rojas, es difícil distinguir ciertas combinaciones de colores, como rojo y blanco. Incluso con este tipo de combinaciones difíciles, el sensor de color puede proporcionar una detección estable.

Para los sensores fotoeléctricos convencionales, cuando la distancia al objetivo cambia, la intensidad de la luz recibida también cambia. Por el contrario, con un sensor de color, incluso si cambia la distancia al objetivo, la marca de color permanece igual. Como resultado, incluso si la distancia cambia o el objetivo está inclinado, el color del objetivo se puede distinguir de forma estable.

Tipos de sensores de color

Existen muchos tipos de sensores para la detección de color, y los podemos encontrar en sensores que detectan contraste y luminiscencia. Entre ellos se pueden mencionar los:

- TCS3200.
- TCS3210.

3.2.9.1.2 SENSOR TCS3200

El sensor de color TCS3200 es un sensor que convierte frecuencia óptica y que combina fotodiodos de silicio en un solo circuito integrado. La salida es una onda cuadrada eso no indica que el ciclo de trabajo es del 50% y su frecuencia es proporcional a la intensidad de la luz. La entrada y salida digital permiten la interfaz directa con microcontroladores u otros circuitos lógicos. Por lo tanto, este tipo de sensor es una opción ideal para líneas de producción, domótica, robots, etc.

El sensor es un convertidor de frecuencia óptico que puede leer una matriz de fotodiodos de 8 × 8, por lo que 16 fotodiodos tienen un filtro azul, 16 fotodiodos tienen un filtro verde y 16 fotodiodos tienen un filtro rojo, mientras que los 16 fotodiodos no tienen filtros.

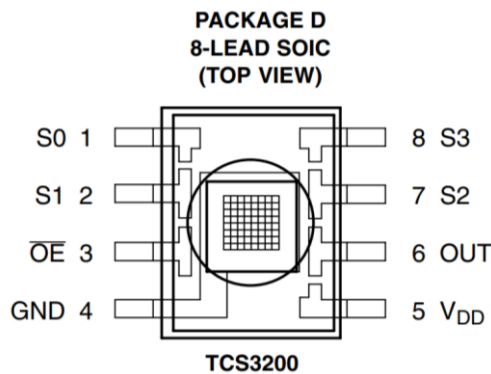


Ilustración 17-Diagrama de pines del TCS3200

Fuente: *tcs3200-e11.pdf*, (s. f.)

Según la **Ilustración 17**, el sensor TCS3200 tiene una salida digital "OUT" y cuatro entradas digitales S0, S1, S2 y S3. La funcionalidad de estos pines se encuentra descrita en la **Tabla 4**.

Tabla 4- Pines del TCS3200 y su Descripción

Terminal Nombre	No.	I/O	Descripción
GND	4	---	Todos los voltajes están referidos a tierra
OE	3	I	Habilitado para fo (activo bajo)
OUT	6	O	Frecuencia de salida
S0, S1	1,2	I	Entrada de selección de escala de frecuencia de salida
S2, S3	7,8	I	Entrada de selección de tipo fotodiodo
VDD	5	---	Voltaje de suministro

Fuente: *tcs3200-e11.pdf*, (s. f.)

Opciones seleccionables del sensor

El sensor tiene una disponibilidad de varias opciones que se pueden seleccionar según la escala de frecuencia de salida y su tipo de fotodiodo que se necesite, como se observan en las **Tabla 5** y **Tabla 6**.

Tabla 5- Escala de Frecuencias de Salida Sensor TCS3200

S0	S1	Escala de frecuencia de salida (fo)
L	L	Corriente cortada
L	H	2%
H	L	20%
H	H	100%

Fuente: *tcs3200-e11.pdf*, (s. f.)

Tabla 6- Tipo de Fotodiodo reconocido por Sensor TCS3200

S2	S3	Tipo de fotodiodo
L	L	Rojo
L	H	Azul
H	L	Claro (no filtro)
H	H	Verde

Fuente: *tcs3200-e11.pdf*, (s. f.)

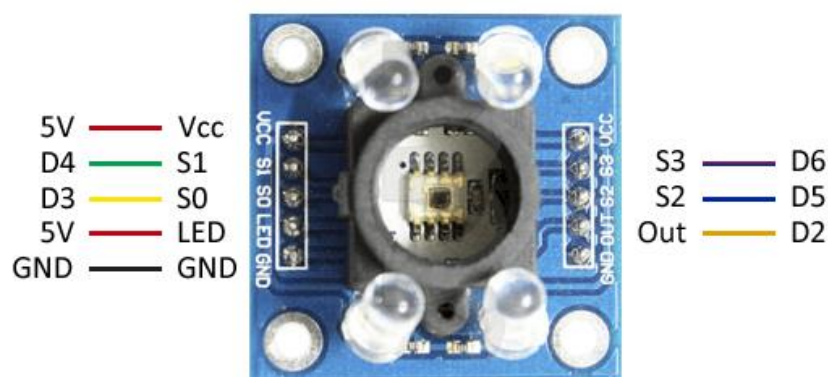


Ilustración 18-Sensor TCS3200

Fuente: (Llamas, s. f.)

Nota: La señal de salida que se obtendrá es una señal cuadrada, que se estrechará o ensanchará según el valor de rojo, verde o azul que se está leyendo.

3.2.9.2 Actuadores

El actuador es un dispositivo que puede convertir energía hidráulica, neumática o eléctrica en activación de proceso para afectar el desarrollo automatizado. Son elementos que inciden directamente en la señal de salida del automatismo y modifican su amplitud según las instrucciones que recibe de la centralita. En la **Tabla 7** se muestra una clasificación y ejemplos de cada tipo de actuadores

Tabla 7- Tipos de Actuadores

Actuador	Ejemplo
Neumáticos	Cilindros neumáticos
	Motores neumáticos
	Válvulas neumáticas y electroneumáticas
Hidráulicos	Cilindros hidráulicos
	Motores hidráulicos
	Válvulas hidráulicas y electrohidráulicas
Eléctricos	Motores de corriente continua
	Motores de corriente alterna
	Motores paso a paso

Fuente: Elaboración propia obtenida de L. G. C. Ramírez et al., (2014)

Actuadores Eléctricos

Los actuadores eléctricos convierten la energía eléctrica en energía mecánica rotativa o lineal. Entre los actuadores disponibles en el mercado, son los más utilizados porque su fuente de alimentación es la energía eléctrica, que es el tipo de energía disponible que se muestra en la red de distribución. Por su parte, un actuador alimentado con energía neumática o hidráulica requiere de un compresor para generarlo.

Motores Eléctricos

El motor eléctrico convierte la energía eléctrica en energía mecánica mediante la acción de un campo magnético variable para realizar un trabajo (cambiar el estado de movimiento del cuerpo humano). En la **Tabla 8** se muestran las características principales de los motores eléctricos que deben de ser consideradas para la selección del motor que se desea utilizar.

Tabla 8- Características de los Motores Eléctricos

Característica	Descripción
Rendimiento	Es el cociente entre la potencia útil que generan y la potencia absorbida, mide la capacidad que tiene el motor para convertir la energía eléctrica en energía mecánica.
Velocidad nominal	El número de revoluciones del motor por minuto (rpm o RPM).
Potencia	El trabajo (fuerza aplicada sobre una cierta distancia) que un motor eléctrico puede realizar por unidad de tiempo a una velocidad dada. Por lo general, se mide en caballos de fuerza AH22(CV), donde 1 CV equivale a 736 voltios.
Par motor	Es el momento de fuerza (el vector producto del vector de posición del punto de aplicación de la fuerza y el vector de fuerza que actúa sobre el eje del motor) y determina su rotación. Mide en Newton metros (N·m).

Fuente: Elaboración propia obtenida de Herrero, (s. f.)

El motor tiene dos partes diferentes:

- El estator o parte fija donde se ubican los polos magnéticos.
- Rotores o partes móviles que giran en un campo magnético.

Por lo tanto, el motor también incluye dos devanados:

- Inductor que genera un campo magnético
- Una armadura que gira debido a un campo magnético inducido (a través de la inducción magnética, la fuerza electromotriz se origina en un objeto expuesto a un campo magnético variable, o un objeto en movimiento en relación con un campo magnético estático desigual, por lo que la corriente causada por la fuerza electromotriz inducida tiende a mantener el flujo).

En pocas palabras, el principio de funcionamiento de un motor eléctrico se basa en la ley de Lorentz: cuando un conductor a través del cual pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, recibirá una fuerza controlada por la ley de Lorentz, que es perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente eléctrica.

Motor de Corriente Directa

Un motor de Corriente Directa, también conocido como motor de CC, motor de DC (abreviado como direct current en inglés), es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica mediante la acción de un campo magnético y provoca un movimiento de rotación.

El motor de CC se compone principalmente de dos partes:

- El estator proporciona soporte mecánico para el equipo y contiene los polos magnéticos de la máquina. Los polos pueden ser bobinados de alambre de cobre en el núcleo de hierro o imanes permanentes.
- La forma del rotor es generalmente cilíndrica, también está enrollada y tiene un núcleo, y se alimenta con corriente continua a través de un colector de corriente formado por barras. La hoja suele estar hecha de cobre y se pone en contacto alternativamente con el cepillo fijo.
- Las escobillas del motor de baja potencia están hechas de grafito. Para arrancadores de vehículos que requieren alta corriente, están hechos de una aleación de grafito y metal.

El principal inconveniente de estas máquinas es su costoso y laborioso mantenimiento, que se debe principalmente al desgaste que sufre el cepillo al entrar en contacto con la cuchilla.

Algunas aplicaciones especiales de estos motores son: motores lineales (cuando aplican tracción en la pista), servomotores y motores paso a paso. Debido a su bajo par y alta velocidad, los motores de CC sin escobillas también se utilizan en modelos de aviones.

El uso de la tecnología de control de motores de CC puede controlar la velocidad y el par de estos motores.

3.2.9.2.1 MINI MOTOR DC 3-6V

El Mini Motor DC es una versión más pequeña y menos potente que uno tradicional, el cual se puede apreciar en la **Ilustración 19**.

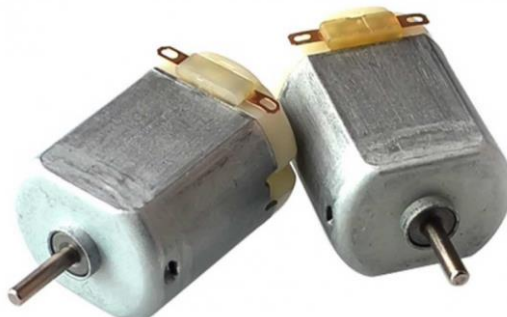


Ilustración 19-Mini Motor DC 3-6V

Fuente: (CD Tecnología, s. f.-b)

Bombas

Es una máquina que convierte energía y la aplica en la succión de la sustancia. Este movimiento, generalmente es un movimiento ascendente. La bomba puede ser de dos tipos: "Volumen" y "Bomba turbo". Todos constan de una entrada (Succión) y salida (pulso).

Las bombas volumétricas mueven la sustancia a través de cambios periódicos del volumen. Este es el caso de las bombas de émbolo. Las bombas turbo tienen elementos giratorios que crean resistencia a la sustancia. Este elemento "rotor" se denomina "impulsor" y suele tener forma de hélice o rueda con palas.

Cuando la bomba recibe energía a través de un motor eléctrico acoplado (eléctrico, diésel o gasolina), el dispositivo se denomina motobomba. El motor también se puede separar de la bomba. Entonces, necesitas un elemento que transmita movimiento. Para esto se podría emplear una polea, un eje, etc.

Hoy en día, casi todos los pozos están equipados con bombas "eléctricas sumergibles". Tanto la bomba como el motor están por debajo del nivel del agua. El motor es muy especial y se puede sumergir en agua para que funcione. Estos equipos son muy resistentes. Casi no presentan problemas y funcionan muy bien. En los últimos años, han influenciado enormemente el desarrollo de la utilización del agua subterránea.

3.2.9.2.2 BOMBA SUMERGIBLE JT-DC3W

Es una bomba de agua más pequeña y menos potente. Los usos posibles de la bomba incluyen riego de jardines, inyección de agua en el tanque u otras aplicaciones.

Una bomba sumergible es una bomba con un motor de accionamiento, que está sellada en una carcasa. La bomba se encuentra sumergida en la sustancia que se bombeará. La ventaja de este tipo de bomba es que puede proporcionar una gran fuerza de elevación porque no depende de la presión del aire externo para levantar el líquido.

La bomba absorbe 2 litros de agua por minuto y es adecuada para proyectos con una característica de trabajo de 3 a 6 V, un motor de 0,3 A y un cuerpo de plástico sólido hermético. Se puede sumergir completamente en agua, por lo cual el usuario no debe preocuparse por dejar la bomba en el agua.

Características de la Bomba:

- Motor completamente sumergible.
- Funcionamiento extremadamente silencioso
- La tasa de flujo es ajustable con el botón en frente de la bomba
- Eje de cerámica resistente al desgaste de larga duración
- Bomba de agua sumergible para acuario, fuente, estanque de peces, etc.



Ilustración 20-Bomba sumergible

Fuente: (CD Tecnologia, s. f.-c)

3.2.10 OTROS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

3.2.10.1 LCD 16 x 2

El término LCD significa pantalla de cristal líquido. Es un módulo de pantalla electrónica que se usa ampliamente en diversas aplicaciones, como varios circuitos y dispositivos, como teléfonos móviles, calculadoras, computadoras, televisores, etc. Estas pantallas son la primera opción para LEDs de múltiples y siete segmentos. La principal ventaja de utilizar este módulo es la economía; puede hacer animaciones solo mediante programación y no hay restricciones para mostrar personajes personalizados, animaciones especiales o incluso otro contenido.

La pantalla LCD contiene un total de 16 pines, cuya funcionalidad se explica en la **Tabla 9**, de la misma manera la **Ilustración 21** muestra el diagrama de estos pines.

Tabla 9- Pines de la LCD y su Función

Pin no.	Símbolo	Conexión externa	Función
1	Vss	Fuente de alimentación	Señal de tierra para LCM
2	EnDD		Fuente de alimentación para lógica para LCM
3	A0		Ajuste de contraste
4	RS	Mpu	Registrar la señal de selección
5	R/W	Mpu	Señal de selección de lectura/escritura
6	Y	Mpu	La operación (lectura/escritura de datos) habilita la señal
7 al 10	DB0-DB3	Mpu	Cuatro líneas de bus de datos bidireccionales de tres estados de orden bajo. Se utiliza para la transferencia de datos entre la MPU y la LCM. Estos cuatro no se utilizan durante la operación de 4 bits.
11 al 14	DB4-DB7	Mpu	Cuatro líneas de bus de datos bidireccionales de tres estados de alto orden. Se utiliza para la transferencia de datos entre la MPU
15	LED+	Fuente de alimentación LED BKL	Fuente de alimentación para BKL
16	LED-		

Pin no.	Símbolo	Conexión externa	Función
1	Vss		Señal de tierra para LCM

2	EnDD	Fuente de alimentación	Fuente de alimentación para lógica para LCM
3	A0		Ajuste de contraste
4	RS	Mpu	Registrar la señal de selección
5	R/W	Mpu	Señal de selección de lectura/escritura
6	Y	Mpu	La operación (lectura/escritura de datos) habilita la señal
7 al 10	DB0-DB3	Mpu	Cuatro líneas de bus de datos bidireccionales de tres estados de orden bajo. Se utiliza para la transferencia de datos entre la MPU y la LCM. Estos cuatro no se utilizan durante la operación de 4 bits.
11 al 14	DB4-DB7	Mpu	Cuatro líneas de bus de datos bidireccionales de tres estados de alto orden. Se utiliza para la transferencia de datos entre la MPU
15	LED+	Fuente de alimentación LED BKL	Fuente de alimentación para BKL
16	LED-		

Fuente: *16x2 LCD Datasheet.pdf*, (s. f.)

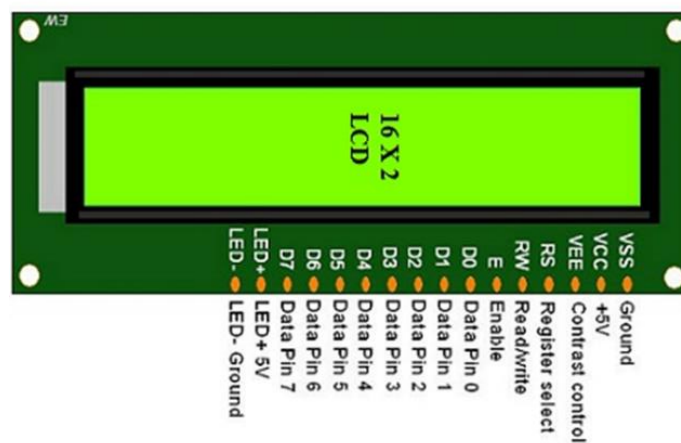


Ilustración 21-LCD 16x2

Fuente: (Shukla, s. f.)

3.2.10.2 Modulo I2C

El módulo de interfaz en serie I2C le permite al usuario administrar fácilmente la pantalla LCD. La placa de evaluación tiene un chip I2C PCF8574 (ver **Ilustración 22**), que convierte los datos en serie I2C en datos paralelos para la pantalla LCD. El módulo puede funcionar en las direcciones (0x20 ~ 0x27); se pueden conectar un total de 8 pantallas LCD al mismo bus I2C de 2 cables, y cada placa tendrá una dirección diferente. La dirección predeterminada es 0x27,

que se puede cambiar a través de los pines A0 A1 A2. La alimentación que necesita este módulo es de 5v.

Con la ayuda de un potenciómetro conectado al módulo, se puede ajustar la luz de fondo y el contraste, para ajustar la iluminación de la pantalla según sea necesario. Este módulo único es totalmente compatible con las versiones 16x02 LCD y 20x04 LCD. Hay un total de 16 pines en la parte superior de las pantallas LCD de 16x2 y 20x4, de las cuales el módulo es compatible con ambas.

El único trabajo que debe efectuar el usuario es soldar correctamente el módulo I2C en la parte posterior de la pantalla LCD. Con esta simple operación, se puede tener una pantalla que satisfaga las necesidades sin la obligación de conectar los 16 cables a la pantalla LCD. El cambio sería de una conexión de 16 cables a solamente 4 cables.



Ilustración 22-Modulo I2C

Fuente: (Carrod, s. f.)

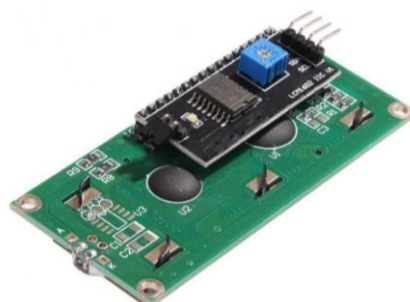


Ilustración 23-Modulo I2C incorporado en LCD

Fuente: Elaboración propia

3.2.10.3 Fuente Reguladora de Voltaje (3-12v)

La fuente de alimentación ajustable ver **Ilustración 24** es una fuente de alimentación que puede ajustar el voltaje dentro de un cierto rango de acuerdo con la necesidad de alimentar

energía. En este caso, permite configurar el valor de voltaje entre 3 y 12 voltios, y el valor de corriente es de hasta 2 amperios.



Ilustración 24-Fuente regulable de Voltaje

Fuente: (CD Tecnologia, s. f.-a)

3.2.11 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)

Los avances en las tecnologías de la información han posibilitado la creación de diversas aplicaciones de Informática que facilitan considerablemente las operaciones de diseño. Entre las cuales se puede destacar: Diseño Asistido por Computadora, Ingeniería Asistida por Computadora y Manufactura Asistida por Computadora.

CAD es un sistema de diseño, conocido y utilizado mundialmente, ya que permite al usuario ampliar de manera considerable las posibilidades de los sistemas de dibujo tradicionales, la principal ventaja radica en la velocidad con que se pueden realizar modificaciones en el diseño, en comparación con lo que ocurre cuando los diseños se elaboran en papel. No hay limitantes en cuanto a las posibilidades de los sistemas CAD, se puede realizar una amplia y variada gama de tareas, entre las cuales sobresalen:

- Visualizar un modelo 3D cualquiera, desde todas sus perspectivas y vistas, en una pantalla.
- Eliminar de manera automática superficies o líneas ocultas
- Trasladar o rotar el modelo
- Emplear colores distintos en las diferentes superficies del modelo

- Obtener secciones del modelo al deseo del usuario, dibujando plantas y alzados automáticamente.
- Calcula el volumen, superficie, centro de gravedad, inercia, entre otras magnitudes de cada pieza que el usuario desee.

CAD también se conoce como Elaboración Virtual de Prototipos o Virtual Prototyping, ya que permite simular virtualmente el comportamiento de la pieza. Esto es una ventaja mayúscula, ya que permite comprobar la funcionalidad del producto antes de fabricarlo, por ejemplo, permite verificar si un circuito electrónico propuesto funcionara como se prevé o si un puente será capaz de soportar las cargas que se pronostican sin peligro.

Así como menciona Siemens, (s. f.) sobre la utilidad de los Software CAD:

El CAD se utiliza a lo largo de todo el proceso de ingeniería, desde el diseño de productos conceptual y la estructura pasando por el análisis de ensamblajes hasta la definición del método de fabricación. El CAD permite a los ingenieros probar de forma interactiva las variantes de diseño con el número mínimo de prototipos físicos, con el objetivo de: reducir los costes de desarrollo de productos, ganar velocidad, mejorar la productividad, asegurar la calidad, reducir el tiempo de lanzamiento al mercado.

Existen diversos softwares CAD que se adaptan a las necesidades y habilidades del usuario. En la **Tabla 10** se encuentra un listado de los softwares CAD más utilizados en el mundo, y se brinda una pequeña explicación de cada uno de estos.

Tabla 10- Descripción de los Softwares CAD más utilizados

Nivel de Experiencia	Software
Principiante	TinkerCAD: desarrollado por Autodesk. Basado en la elaboración de bloques, lo cual permite crear modelos a partir de conjuntos de formas básicas.
	FreeCAD: herramienta paramétrica, gratuita y de código abierto.
	BlocksCAD: particularmente creado para la educación, desarrollado con el objetivo de capacitar a futuros usuarios de OpenSCAD.
Intermedio	CREO: desarrollado por Parametric Technology Corporation. Cuenta con funciones como análisis térmico, estructura, movimientos, generación de superficies paramétricas y modelado directo.
	Fusion 360: es totalmente online. Mediante el poder de la nube reúne a los equipos de diseño para colaborar en proyectos complejos. Es

	capaz de guardar la historia de un modelo, incluidas cada una de sus iteraciones.
Profesionales	SolidWorks: desarrollado por Dassault Systèmes. Cuenta con diseño paramétrico. Se pueden elaborar 3 tipos de archivos: pieza, ensamblaje y dibujo. Amplia gama de características, por ejemplo, herramientas para la validación del diseño o ingeniería inversa.
	AutoCAD: desarrollado por Autodesk. Muy popular y utilizado mundialmente. No es el más sencillo para el modelado 3D. Dirigido a profesionales con experiencia en el área de programación de modelos algorítmicos.
	CATIA: desarrollado por Dassault Aviation. Especialmente conocido en el sector aeroespacial. Ofrece capacidad de simulación y modelado 3D.
	OpenSCAD: gratuito, de código abierto. Adecuado para formas simples ya definidas paramétricamente. Completamente basado en el lenguaje de descripción.
	Rhino3D: software comercial de gráficos por ordenador en 3D y CAD. Utiliza un modelo matemático de alta precisión llamado NURB para la manipulación de puntos, curvas, mallas, superficies, sólidos, etc. Curva de aprendizaje larga. Dominarlo requiere de mucha práctica.

Fuente: Elaboración propia

3.2.11.1 SolidWorks

Programa de Diseño Asistido por Computadora para modelado mecánico, funciona bajo el sistema operativo Windows de Microsoft y en la actualidad es desarrollado por SolidWorks Corp., subsidiaria de Dassault Systèmes (Suresnes, Francia). Este programa le permite al usuario modelar tanto piezas como conjuntos y extraer de ellos la cantidad de planos u otro tipo de información que sea necesaria para la producción. El proceso consiste en plasmar la idea mental del diseñador en el sistema CAD, "construyendo virtualmente" el modelo o conjunto de piezas. Después de esto todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) son realizadas de manera automatizada por el software.

Herramienta de modelado sólido paramétrico, basado en operaciones creadas para aprovechar la facilidad de aprendizaje de la interfaz gráfica del usuario de Windows. Permite elaborar modelos sólidos en tres dimensiones completamente asociativos que contengan o no restricciones y a la vez hacer uso de las relaciones automáticas definidas por el usuario para capturar la intención del diseño.

Así como un ensamblaje real está compuesto por un conjunto de piezas independientes, un elemento de SolidWorks también se compone por elementos individuales. Estos elementos se llaman operaciones. Al crear un modelo mediante este software, el usuario trabaja con

operaciones geométricas inteligentes y sencillas de comprender. Según se van creando dichas operaciones, las mismas se aplican directamente en la pieza que se está trabajando.

El modelado sólido es el estilo más completo de modelo geométrico que utilizan los softwares CAD. Incluye toda la geometría de superficie y alámbrica vital para describir detalladamente las aristas y las caras del modelo.

Un modelo en SolidWorks es completamente asociativo a los dibujos y ensamblajes de referencia. Las modificaciones que se efectúan en el modelo se ven reflejadas automáticamente en los dibujos y ensamblajes relacionados.

Entre las restricciones que SolidWorks admite se encuentran las relaciones geométricas paralelas, perpendiculares, horizontales, verticales, concéntricas y coincidentes, entre muchas otras.

Utilizar SolidWorks con eficacia requiere que el usuario tome en cuenta la intención del diseño antes de moldear. Esto se refiere al plan que se ha establecido previamente con relación al comportamiento que el modelo debe mostrar al ser modificado. La forma en la que el modelo fue creado será la que regirá el modo en el que este se modificará. Algunos de los factores que contribuirán al modo en el que se capturara la intención del diseño son:

- Relaciones Automáticas
- Acotación
- Ecuaciones
- Relaciones Agregadas

La acotación del croquis, la elección de las operaciones y la metodología del modelado son las primeras características que afectaran la intención del diseño.

3.2.12 IMPRESIÓN 3D

La historia de lo que hoy se conoce como impresión 3d inicia con el método de la estereolitografía (SLA), inventado por Charles Hull en 1984, este es un proceso de impresión orientado a la prueba de prototipos mediante el uso de maquetas, previo a su fabricación en cadena. Durante el mismo año Hull crea 3DSystems, una empresa líder del mercado, que creó la posibilidad de utilizar este proceso a nivel industrial. Entre los años de 1989 y 1990, Scott Crump, quien fuera el fundador de Stratasys, desarrolla la técnica de Fused Deposition

Modeling (FDM), esta consistía en la elaboración de objetos en tres dimensiones utilizando la superposición de capas fundidas del material, el cual posteriormente se solidificaba en la forma deseada. Este método fue el que le abrió las puertas a una mayor distribución de la impresión 3D, ya que redujo costos y le permitió a usuarios particulares y talleres no industriales acceder a esta tecnología para fines propios.

En la última década del siglo XX, la mayoría de estas tecnologías son refinadas a nivel industrial, esto causa el surgimiento de proyectos interesantes, entre ellos destaca particularmente el de unos estudiantes del MIT, quienes diseñaron un modelo de impresión 3D por inyección, truncando una impresora tradicional. El año siguiente estos mismos estudiantes fundan su propia empresa, llamada Z Corporation, que fue adquirida por su principal colaborador 3DSystems en 2012. Desde entonces la impresión 3D inicia a posicionarse como una revolución para el mercado, mediante el proyecto RepRap, es aquí donde inicia la participación de la comunidad Maker. Debido a los elevados costos de una impresora 3D, el Dr. Bowyer (Universidad de Bath, UK), en el 2005, desarrolla una impresora 3D capaz de imprimir casi el cien por ciento de las piezas que la componen, la primera de esta clase. Este suceso supone la entrada del Open Source en la historia de la impresión 3D y un paso mayúsculo para su normalización dentro del mercado. Varios proyectos surgieron basados en las ideas de RepRap, ayudar al desarrollo de esta tecnología y volverla disponible para la mayor cantidad de consumidores posibles. Entre estos sobresale Makerbot Industries, y su modelo Makerbot.

Makerbot es una efeméride en la impresión 3D, inicia como un proyecto Open Source, el cual con la ayuda de la comunidad de usuarios (makers) llega a volverse no solamente una impresora capaz de autorreplicarse, sino también que hasta las personas con mínimas habilidades técnicas fueran capaces de ensamblarla, al estilo un mueble de IKEA. Con estos objetivos son presentadas la Makerbot Cupcake (**Ilustración 25**) y la Thing-O-Matic (**Ilustración 26**), que entre ambas llegaron a las seis mil unidades distribuidas. Al mismo tiempo surge "Thingiverse", una de las comunidades más importantes para el intercambio de ideas y diseños de impresoras 3D.

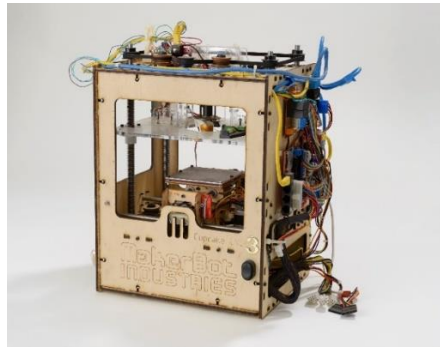


Ilustración 25-Impresora 3D Makerbot Cupcake

Fuente: («Cupcake CNC» 3D Printer by MakerBot, s. f.)



Ilustración 26-Impresora 3D Makerbot Thing-O-Matic

Fuente: (MakerBot Thing-O-Matic 3D Printer Kit, s. f.)

En el 2012, Makerbot Industries deja de ser Open Source y toma una orientación más comercial, abre sus tiendas de distribución propias, con la idea de ser los protagonistas de la revolución industrial y social que traería consigo esta tecnología. Este cambio de rumbo sentó muy mal entre las comunidades maker y open source, ya que veían su acceso a esta tecnología reducido. Incluso uno de los creadores de Makerbot abandono la empresa.

Evolución de la impresora 3D

Las impresoras 3D son una tecnología que viene evolucionando mucho en las últimas tres décadas. A continuación, se presentarán algunos de los sucesos más importantes en dicha evolución:

- 1992 – Fabricación de Prototipos Capa por Capa

Primeras Impresoras 3D del tipo SLA en el mercado, cuyo funcionamiento consiste en un láser UV va solidificando un ftopolímoro, cuyo color y viscosidad es parecida al de la miel, con lo

cual se van fabricando piezas tridimensionales capa por capa. Era muy imprecisa, pero se podían elaborar piezas complejas durante una noche.

- 2008 – Primera Impresora con capacidad de Autorreplicación

RepRap lanza al mercado Darwin (**Ilustración 27**), primera impresora 3D capaz de imprimir la mayoría de sus componentes, lo cual permite a los usuarios elaborar más impresoras o reparar la propia.

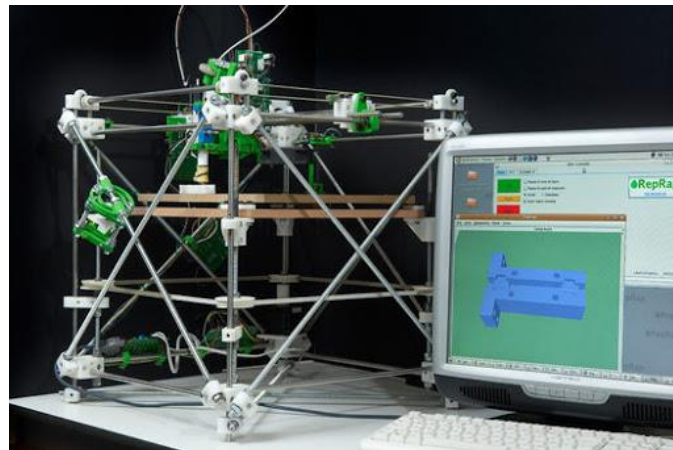


Ilustración 27-Impresora 3D Darwin

Fuente: (*Darwin, la impresora 3D autorreplicante - Impresoras 3D, s. f.*)

- 2011 – Primer avión y Primer Automóvil impreso en 3D

Ingenieros de la Universidad de Southampton diseñan y planean el primer avión elaborado mediante impresión 3D (**Ilustración 28**). Es un avión no tripulado, el cual fue construido en siete días, contando con un presupuesto de 7,000€. La impresión 3D permite que los ingenieros les den una forma elíptica a las alas, característica que ayuda a mejorar la eficiencia aerodinámica y reduce al mínimo la resistencia inducida.



Ilustración 28-Avión impreso en 3D

Fuente: *(Avión impreso en 3D lanzado con éxito, s. f.)*

Kor Ecologic presenta Urbee (**Ilustración 29**), un prototipo de automóvil con toda su carrocería diseñada e impresa en 3D. Buscaban fuera eficiente en cuanto al consumo de combustible y el coste de producción.



Ilustración 29-Urbee, automóvil de impresión 3D

Fuente: *(The 3D printed Urbee car could be mass produced soon, s. f.)*

- 2012 – Primer Implante de Prótesis de Mandíbula Impresa en 3D

Ingenieros y Doctores holandeses trabajan en conjunto con una impresora 3D diseñada por la empresa LayerWise, con el objetivo de imprimir una prótesis de mandíbula personalizada. Lograron implantar una mandíbula de impresión 3D (**Ilustración 30**) a una mujer de 83 años que sufría de una infección de hueso crónica.



Ilustración 30-Prótesis de mandíbula en impresión 3D

Fuente: *(Imprimir Artigo, s. f.)*

- 2017 – Bio-impresión 3D con células madre

Según lo señalado por Ong et al., (2018) en la revista científica Nature Research:

Los avances recientes han permitido que las tecnologías de impresión tridimensional (3D) se apliquen a materiales, células y componentes de soporte biocompatibles, creando un

campo de bio-impresión en 3D que es muy prometedor para la impresión de órganos artificiales y la medicina regenerativa.

Continuando con lo que explica Ong et al., (2018) en la misma población:

La bio-impresión 3D se ha realizado con éxito utilizando múltiples tipos de células madre de diferentes linajes y potencias. El tipo de bio-impresión 3D empleada varió desde la bio-impresión por micro extrusión, la bio-impresión por inyección de tinta, la bio-impresión asistida por láser hasta tecnologías más nuevas, como la bio-impresión basada en esferoides sin andamios. La **Ilustración 31** muestra uno de los modelos disponibles en el mercado de bio impresoras 3D



Ilustración 31-Bio Impresora 3D

Fuente: («Bio-impresión 3D - Ar3D Arquitectura Gráfica», 2014)

Ventajas y desventajas de la Impresión 3D

Ventajas

- Versatilidad: supone una revolución gigante para la manufactura de productos. Una sola impresora 3D es capaz de elaborar infinidad de productos distintos.
- Flexibilidad y prototipado rápido: no existen límites para lo que se puede crear, se pueden crear hasta las estructuras más complejas que la imaginación humana sea capaz de crear. Los prototipos de productos se pueden realizar de manera sencilla, lo cual puede ayudar a mejorar el diseño de estos.
- Reducción de costos: en el proceso de producción y transporte. Ya que permite realizar la producción desde el hogar.
- Personalización: una de las ventajas con mayor atractivo, la capacidad que le brinda al usuario de elaborar sus propios diseños de cualquier producto que desee.

- Aplicaciones en la medicina: la capacidad de crear prótesis o incluso de replicar tejidos orgánicos, es una idea en la que los científicos e ingenieros viene trabajando desde hace algunos años.

Desventajas

- Vulnerabilidad de los derechos de autor: controlar la réplica de objetos con copyright será muy compleja, ya que las impresoras 3D permiten replicar cualquier objeto.
- Usos malintencionados de la tecnología: existe la posibilidad de crear armas de fuego, lo cual conlleva el peligro de generalizar este tipo de objetos.
- Intoxicación con filamento ABS: el uso de este producto presenta un riesgo de intoxicación ya que es un material que contiene BPA.
- No hay control de calidad: no existe una regulación sobre la calidad de los productos que se elaboran mediante impresión 3D, lo cual puede generar que productos de mala calidad entren en el mercado.

CAPITULO IV. METODOLOGÍA

Este capítulo explica la metodología utilizada para la elaboración de la investigación. Dentro de él se contemplan el enfoque, las variables de investigación, la hipótesis y las herramientas y actividades necesarias para desarrollarla.

4.1 ENFOQUE

El enfoque de la presente investigación es de tipo cuantitativo, en este se comprenderán diversos procesos con los cuales se obtendrán los resultados de esta, algunos de estos procesos a utilizar son el análisis estadístico y la recolección de datos de la muestra para comprobar las hipótesis. Hernández Sampieri et al., (2014)

El propósito de la investigación es responder las preguntas que fueron planteadas previamente y determinar el comportamiento de las variables. El alcance de la investigación es del tipo correlacional basándose en que los estudios de este tipo asocian variables y buscan determinar el grado de relación que existe entre ellas. Hernández Sampieri et al., (2014).

Es posible que la relación entre las variables se vea alterada en diferentes escenarios, ya que se manipularan las variables independientes en cada uno de estos para comprobar el efecto que poseen sobre la variable dependiente, por esta razón el diseño de la presente investigación es del tipo experimental, debido a que se manipularán las variables en escenarios controlados, replicando un fenómeno en específico y observando el grado de afectación de las variables implicadas y manipuladas, además, se determinó que es una investigación de tipo transversal ya que los datos recopilados de las variables serán analizados en un periodo de tiempo.

4.2 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado se presentan la variable dependiente y las variables independientes que fueron seleccionadas para la elaboración de la investigación. En la **Ilustración 33** se muestra la relación entre cada una de estas variables.

4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE

La variable dependiente no se manipula, la medición de esta se utiliza para determinar el grado de afectación que las variables independientes ejercen sobre ella. Para la presente

investigación se seleccionó la precisión del medidor portátil de glucosa y tipo de sangre como variable dependiente.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes de esta investigación son todas aquellas que afectarán la precisión del medidor portátil de glucosa y tipo de sangre de manera directa o indirecta. Todas estas variables se pueden observar en la **Ilustración 32**

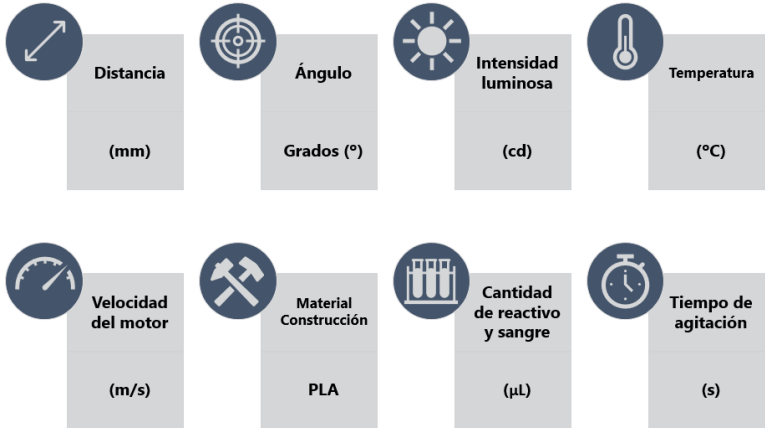


Ilustración 32-Listado de variables independientes

Fuente: Elaboración Propia

En la **Ilustración 33** se puede observar la relación entre la variable dependiente, precisión del medidor portátil de glucosa y tipo de sangre y las variables independientes que ejercen influencia sobre ella.

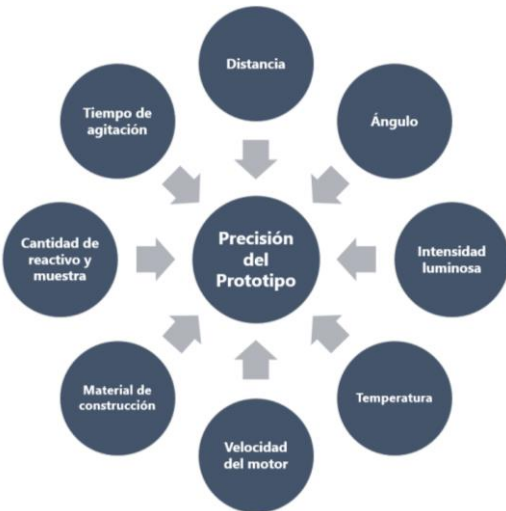


Ilustración 33-Relación entre la variable dependiente e independientes

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 GRADOS DE AFECTACIÓN DE LAS VARIABLES

Para cada una de las variables independientes se ha determinado un grado de afectación sobre la variable dependiente. A continuación, se describe el grado para cada una de ellas.

La Distancia, el ángulo de inclinación y la intensidad luminosa son parámetros técnicos para realizar la medición de la muestra con los sensores que poseen un grado de afectación elevado sobre la precisión ya que podrían generar una lectura errónea si no están dentro del límite máximo permitido par cada una de estas variables.

La temperatura es un parámetro técnico de los reactivos, posee un grado de afectación negativo ya que el rango de temperatura limite que toleran los reactivos para su correcto funcionamiento es de 0 a 25 grados centígrados.

La velocidad de giro del motor y el tiempo de agitación son parámetros utilizados para la homogenización de la muestra, el grado de afectación es positivo ya que permite la correcta lectura de la muestra por parte de los sensores.

La cantidad de reactivo y sangre es una variable que debe ser proporcional, el colocar mayor cantidad de una de estas sustancias afectaría la lectura de la muestra por lo cual el grado de afectación que poseen es negativo. También se debe controlar para no desperdiciar reactivo.

Material de construcción es un parámetro que debe ser tomado en cuenta para que el prototipo sea portátil, se debe considerar su peso, duración y resistencia, su grado de afectación sobre la precisión es positivo.

4.3 HIPÓTESIS

Las hipótesis de la presente investigación están dirigidas a evaluar si el diseño del medidor portátil de glucosa y tipo de sangre cumple con los requisitos de precisión y nivel de confianza

Hipótesis de investigación (H_i): El diseño presentado para el medidor portátil elaborado es capaz de determinar la glucosa y el tipo de sangre de la muestra con una precisión mínima de 90%.

Hipótesis nula (H_o): El diseño presentado para el medidor portátil elaborado no es capaz de determinar la glucosa y el tipo de sangre de la muestra con una precisión mínima de 90%.

Este valor se determina tomando en cuenta los resultados de estudios previos, los estándares del área de la medicina y la necesidad de una precisión alta para la implementación de dispositivos médicos portátiles.

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesario la aplicación de técnicas para la búsqueda y obtención de información necesaria para sustentar esta. Emplear herramientas como softwares de programación y de diseño asistido por computadora es necesario para cumplir con el objetivo de la investigación, así como un software que permita validar el nivel de confiabilidad del programa desarrollado.

4.4.1 TÉCNICAS

A continuación, se especifican las técnicas utilizadas para obtener la información pertinente para la investigación.

4.4.1.1 Revisión de Literatura

Se realizó una búsqueda extensiva de la información necesaria para elaborar el marco teórico de la investigación, en una diversa cantidad de medios entre los cuales se incluyen libros, revistas, buscadores académicos de internet, datos de páginas de internet relacionadas con el tema de investigación y artículos científicos publicados anteriormente.

4.4.1.2 Observación

Mediante la observación de los fenómenos se recolectó y registró información, para posteriormente ser analizada.

4.4.1.3 Recolección de Datos

Se elaboró una recolección de los datos obtenidos de cada prueba realizada con el prototipo, los cuales después se analizaron para poder concluir si se cumple o no la hipótesis de investigación.

4.4.1.4 Entrevistas

Se realizaron entrevistas a expertos en el área de investigación con la finalidad de obtener conocimiento sobre el estado de esta área. Mediante las entrevistas se seleccionó los reactivos que serían utilizados en el desarrollo del prototipo.

4.4.2 INSTRUMENTOS

En este apartado se enumeran los instrumentos aplicados para el correcto desarrollo de la investigación, entre los cuales se encuentran los softwares de programación y CAD.

4.4.2.1 Python

Python es un lenguaje de programación que gracias a su versatilidad, flexibilidad y características orientadas a los objetos. Debido a su relativa simplicidad permite a los usuarios crear desde proyectos muy sencillos hasta el desarrollo de aplicaciones informáticas o páginas web.

Python fue utilizado en esta investigación para elaborar la programación con la cual funcionara el prototipo del medidor portátil de glucosa y tipo de sangre. Se aprovecharon las diversas características de Python para elaborar este código de la mejor manera.

4.4.2.2 SolidWorks

SolidWorks es un software CAD 3D de nivel profesional el cual permite modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. Permite realizar diseños de forma fácil y rápida lo cual permite mucha innovación de productos. Cuenta con un conjunto de herramientas complejo que le permiten ser muy eficaz y productivo en el desarrollo de productos.

Durante la investigación SolidWorks se utilizó para elaborar el diseño del prototipo y realizar pruebas de fuerza de este. Con esto se lograron 2 cosas, primero, desarrollar el diseño del prototipo acorde las dimensiones máximas y mínimas requeridas y segundo, que el prototipo resistiría alguna fuerza sin romperse.

4.4.2.3 Microsoft Excel

En esta investigación Microsoft Excel se utilizó para recolectar los datos de las muestras realizadas y los datos de las variables independientes. Luego con estos datos se realizaron cálculos de los valores máximos de las variables independientes sin que afectaran la variable dependiente. También fue utilizado para la elaboración de algunas ilustraciones y tablas del documento.

4.5 MATERIALES

La elección del equipo representa una parte esencial del diseño del prototipo, porque dependiendo de estos factores, afectarán las variables independientes de la investigación y por

ende las variables dependientes de la investigación. La selección de los materiales se basó en el análisis y comparación entre los distintos modelos para concretar el mejor y el que mayor cobertura de las necesidades establecidas cubriera, de los cuales se pueden observar en la **Ilustración 34**.



Ilustración 34- Materiales seleccionados para el prototipo

Fuente: Elaboración Propia

Enumerados los materiales, es importante establecer cuáles son las características principales de cada uno de ellos:

4.5.1 MICROCONTROLADOR

Raspberry Pi Zero W:

En la Tabla 11 se pueden observar las especificaciones técnicas del microcontrolador Raspberry Pi Zero W.

Tabla 11-Especificaciones Técnicas de la Raspberry Pi Zero W

Modelo	Raspberry Pi Zero W
SOC	Broadcom BCM2835
Núcleo	ARM1176JZF-S
Numero de Núcleos	1
GPU	Video Core IV
CPU Clock	1 GHz
RAM	512 MB
Memoria	Micro SD
USB	1 micro USB
Ethernet	No
Wi-Fi	Si
Bluetooth	Si
HDMI	Mini
GPIO	17
UART	Si
SPI	Si
I2C	Si
DSI (LCD)	No
Cámara	Si
Altura	65 mm
Ancho	30 mm
Profundidad	5 mm
Peso	9 g
Consumo	350 mA

Fuente: Elaboración propia obtenida de «Modelos y características de Raspberry Pi», (s. f.)

4.5.2 REACTIVOS

- **Glicose:** El reactivo Glicose que se estableció para el proyecto es oxidada enzimáticamente por la glucosa oxidasa formando ácido glucónico y peróxido de hidrógeno. Éste oxida el reactivo fenólico en presencia de 4-aminoantipirina, bajo la acción catalítica de peroxidasa, produciendo un compuesto de color rosa (quinonimina), con máxima absorción en 505 nm. La intensidad del color es proporcional a la concentración de glucosa presente en la muestra.
- **Anti-A y Anti-B:** Se utilizan para determinar el tipo de sangre ABO.
- **Anti-D:** Se utiliza para detectar la presencia de antígeno D en la superficie de los glóbulos rojos humanos.

4.5.3 SENSORES

- **Modulo LDR**

Tabla 12- Especificaciones Técnicas del Módulo LDR

Sensor	Módulo LDR
Función	Detector de Luz
Chip Principal	LM393
Voltaje de alimentación mínimo	3.3 V
Voltaje de alimentación máximo	5V
Tipo de salida	Digital
Distribución de Pines	Pin de alimentación VCC: 3.3V - 5V
	Pin de alimentación 0V: GND
	Pin de OUT: Salida digital
Indicador de alimentación	LED rojo
Indicador de salida digital	LED verde
Dimensiones	41mm x 14mm

Fuente: Elaboración propia obtenida de *Módulo Sensor LDR Fotorresistencia de Luz*, (s. f.)

- **TCS3200**

Características del TCS3200:

- Tensión de Operación: 3.3 a 5 volts
- Distancia para la mejor detección: 10mm
- Conversión de Intensidad de Luz a Frecuencia

- Pin de apagado de funciones.
- Error no lineal de 0.2% a 50 kHz.
- Alta Resolución de conversión de la intensidad de luz a frecuencia.
- Modo de bajo consumo de energía.
- LEDs incluidos en el PCB para iluminar el objeto a reconocer.
- Se comunica directamente con un microcontrolador (PIC, Arduino, etc.)
- Dimensiones: 31mm x 23mm x 19mm

4.5.4 ACTUADORES

➤ Mini Motor DC (3-6v)

Tabla 13- Características del Mini Motor DC 3-6V

Características	Descripción
Longitud del motor	Aprox. 25mm (sin eje)
Ancho del motor	20 mm
Grosor del motor	15 mm
Diámetro del eje del motor	2 mm
Longitud del eje de salida	7.5 mm
Diámetro de paso	6 mm
Altura del paso	2 mm
Rango del voltaje	3v: 3500 rev/min
	6v: 8000 rev/min
Corriente a 3v	Sin carga: 0.06A
	De parada: 0.15 A
Corriente a 6v	Sin carga: 0.09A
	De parada: 0.16 A
Peso del motor	Alrededor de 17.2g

Fuente: Elaboración propia obtenida de CD Tecnologia, (s. f.)

➤ Mini Bomba sumergible JT-DC3W

Especificaciones de la bomba:

- Modelo: JT-DC3W
- Material: Plástico
- Voltaje: DC3-5V

- Actual: 100-200mA
- Potencia: 3W
- Hmax: 40cm
- Elevación: 0.3-0.8 m
- Flujo: 1.2-1.6L / min
- Dimensión (aprox.): 3,3 cm x 2,6 cm x 3,7 cm (L x W x H)
- Longitud del cable (aprox.): 140 cm
- Diámetro de salida (aprox.): 8 mm
- Peso: Aprox.132.5g / 4.7oz

4.5.5 IMPRESIÓN 3D

- **PLA (Ácido Poliláctico):** En comparación con otros materiales, es muy fácil de imprimir, además, el PLA se considera generalmente un material más sostenible y seguro que otros materiales.

Características del PLA:

- Es permanente, claro y brillante.
- Es muy resistente a la humedad y la grasa.
- Es similar al polietileno en la formación de una barrera de sabor y olor.
- Tiene suficiente escalabilidad y flexibilidad.
- Su inflamabilidad es muy baja, por lo que es estable a la luz ultravioleta.
- Aunque 3D PLA es flexible, puede hacerse rígido.
- Puede copolimerizarse con otros materiales.
- Para utilizar las propiedades mecánicas, se puede cambiar el proceso de fabricación.

4.5.6 OTROS

- **LCD 16x2**

Características de una LCD:

- El voltaje de funcionamiento de la pantalla LCD es 4.7V-5.3V
- Incluyendo dos líneas, cada línea puede producir 16 caracteres.
- El consumo de corriente sin retroiluminación es de 1 mA.
- Cada personaje se puede construir con una caja de 5 × 8 píxeles.

- Letras y números en la pantalla LCD alfanumérica.
 - La pantalla puede funcionar en dos modos, como 4 bits y 8 bits.
 - Estos se pueden obtener con luz de fondo azul y verde.
 - Mostrar algunos personajes generados personalizados.
- **Fuente Reguladora de Voltaje**
- Características de un regulador de voltaje:
- Entrada: CA 110-240V 50 / 60Hz a CC 3-12V
 - Voltaje continuamente ajustable, 2A 36W MAX
 - Con protección contra cortocircuito y sobre corriente (arranque en 3 segundos cuando la corriente es > 4.5A)
 - El controlador de velocidad se restaura automáticamente después de que se detiene la protección contra cortocircuitos
 - Se Gira la perilla del potenciómetro hasta el final ya que puede apagar el controlador

➤ **Módulo I2C PCF8574**

Características del Módulo I2C:

- Microcontrolador: ATMEL ATMEGA328
- Voltaje de entrada: 5V~9V
- Voltaje de salida: 3.3V/5V
- Pines digitales entradas/salidas: 14
- Pines analógicos entradas/salidas: 6
- Interfaz (protocolo): I2C/TWI/SPI
- Potenciómetro: Ajustar contraste y luz de fondo
- Líneas de salida: 4
- Dirección del dispositivo: 0x20/0x27
- Tamaño: 5.4cm x 1.9cm
- Peso: 16 gramos

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología de estudio utilizada para el desarrollo de la presente investigación es la metodología en V, con la cual se especifica el proceso de desarrollo de los sistemas y subsistemas necesarios para el funcionamiento del medidor portátil.

4.6.1 METODOLOGÍA EN V

Utilizar la metodología en V permite evaluar el proyecto de investigación de una manera más ordenada, sencilla y completa, ya que permite descomponer el desarrollo en etapas o niveles. Para esta investigación se determinaron 6 niveles, los cuales se pueden observar en la **Ilustración 35**.

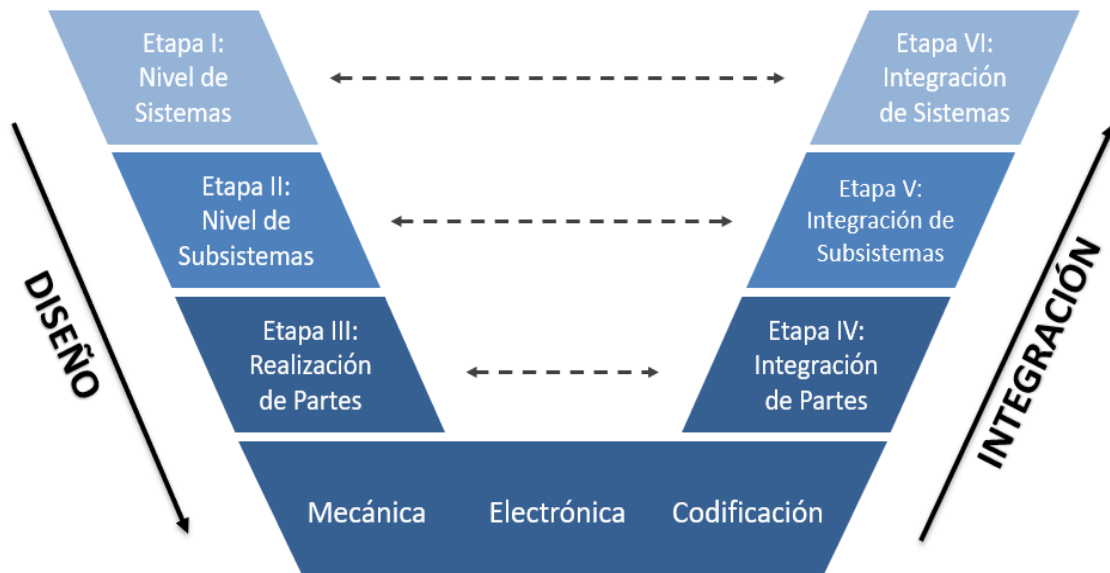


Ilustración 35- Metodología en V

Fuente: Elaboración Propia

4.6.1.1 Etapa I: Nivel de Sistemas

Para el diseño del prototipo del medidor portátil de glucosa y tipo de sangre se definieron los siguientes sistemas: sistema de control, sistema mecánico y sistema electrónico, cada uno con sus respectivos subsistemas.

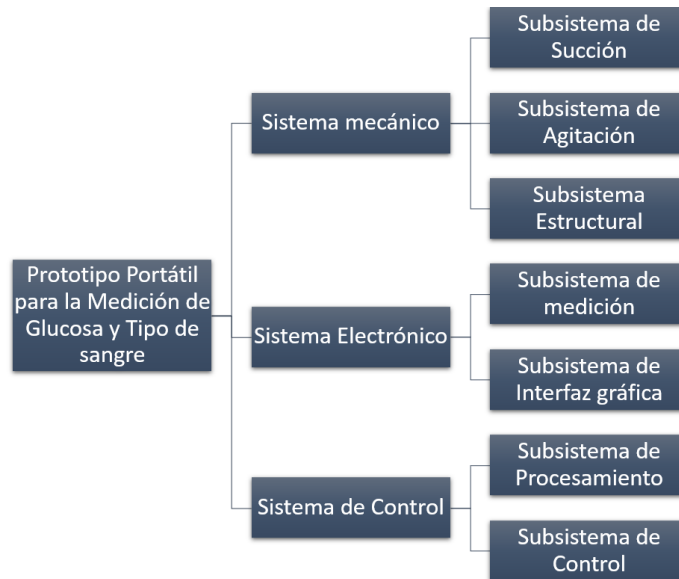


Ilustración 36- Nivel de Sistemas

Fuente: Elaboración Propia

Sistema mecánico: Este sistema estará dividido en 3 subsistemas: Subsistema de succión, subsistema de agitación y subsistema estructural; en los cuales se elaborará el prototipo de la estructura, la homogenización de la muestra y la succión de los reactivos.

Sistema de control: Este sistema contará con la parte de programación, que será la encargada de procesar la información que se obtendrá y el microcontrolador que será el encargado de controlar el funcionamiento de todo el prototipo. Estos serán los subsistemas de procesamiento y de control, respectivamente.

Sistema electrónico: Estará formado por dos subsistemas: el subsistema de medición y el de interfaz gráfica, los cuales estarán encargados de recopilar información sobre la muestra e imprimir dicha información, respectivamente.

4.6.1.2 Etapa II: Nivel de los Subsistemas

Sistema Mecánico

- **Subsistema de succión:** Estará compuesto por cuatro mini bombas sumergibles JT-DC3W y sus respectivas mangueras, que se encargara de transportar los reactivos desde sus recipientes hacia los soportes de agitación donde estarán las muestras colocadas.
- **Subsistema de agitación:** Para este se utilizarán cuatro mini motores DC (3-6V), los cuales serán responsables de agitar la muestra hasta que sea homogénea; y los

soportes de agitación que serán los que transmitirán el movimiento del motor hacia la muestra.

- **Subsistema estructural:** Como parte de este subsistema se determinó que la estructura será fabricada en impresión 3D con Ácido Polilactico (PLA), luego de la elaboración del diseño en SolidWorks, debido a los siguientes factores: es biodegradable, bajo costo, su durabilidad y su resistencia a la humedad.

Sistema Electrónico

- **Subsistema de medición:** Compuesto por tres sensores TCS3200 y un sensor Modulo LDR, que cumplirán con la función de recolectar los datos de las muestras una vez el sistema mecánico haya concluido su función.
- **Subsistema de interfaz gráfica:** Su función será la de imprimir los resultados una vez los demás subsistemas concluyan sus funciones, esto se realizará mediante una pantalla LCD 16x2 que estará integrada con un Módulo I2C PCF8574, para la facilidad de la conexión.

Sistema de Control

- **Subsistema de procesamiento:** Sera el cerebro de todo el prototipo, cuya función será interpretar toda la información recopilada para obtener el resultado final; se realizará a través de un código de programación en el Software Python.
- **Subsistema de control:** El microcontrolador Raspberry Pi Zero W, será el responsable de recopilar la información recopilada por el subsistema de medición y transmitirla al subsistema de interfaz gráfica, además de enviar las señales de operación a los sistemas mecánicos y electrónicos.

4.6.1.3 Etapa III: Realización de Partes

Parte Mecánica

Primero se elaboraron diferentes diseños del prototipo con diferentes medidas y distribución de los dispositivos hasta encontrar el diseño que proporcionara la mayor comodidad y el mejor rendimiento.

Segundo, se realizaron pruebas con las bombas y los motores para obtener los valores de velocidad de agitación y succión a los que se deberían de configurar para el correcto funcionamiento del prototipo.

Por último, se realizaron pruebas de fuerza en el programa de SolidWorks, para comprobar la resistencia del prototipo.

Parte Electrónica

Se ejecutaron pruebas con los sensores para comprobar su capacidad de recopilar datos de la muestra y a su vez obtener los valores de referencia necesarios para elaborar el código de programación.

También se realizó la integración de la pantalla LCD y el módulo I2C, para facilitar la conexión de esta con la Raspberry.

Parte de Control

Se realizaron pruebas con las variables para obtener la respuesta y los valores del microcontrolador Raspberry Pi Zero W.

4.6.1.4 Etapa IV: Integración de Partes

Integración de Partes Mecánicas.

Se realizó el ensamblaje de todas las partes de la estructura a través de SolidWorks para comprobar que cada pieza se acoplaba correctamente.

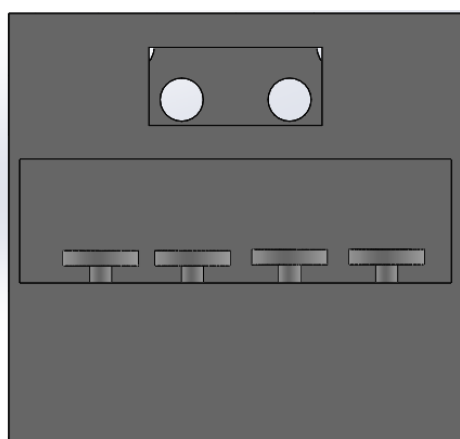


Ilustración 37- Prototipo en SolidWorks

Fuente: Elaboración Propia

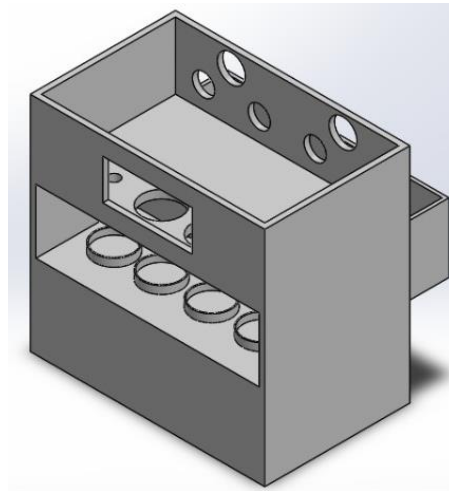


Ilustración 38- Prototipo en SolidWorks

Fuente: Elaboración Propia

Integración de Partes Electrónicas

Se integraron todos los componentes electrónicos para comprobar el correcto funcionamiento de estos. Se comprobó que la comunicación entre los subsistemas de medición y de interfaz gráfica era correcta y sucedía de forma rápida.

Integración de la Parte de Control

Se creó el algoritmo de programación en Python para comprobar el funcionamiento de la Raspberry Pi Zero W y su habilidad de interpretar, recopilar y transmitir información.

```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
main.py - Visual Studio Code
main.py x Python - Get Started Release Notes: 1.53.2
C:\Users\alelp\Desktop> Proyecto fase 1 > progra tesis > main.py
183 # define backlight on/off (lcd.backlight(1); off= lcd.backlight(0))
184 def backlight(self, state): # for state, 1 = on, 0 = off
185     if state == 1:
186         self.lcd_device.write_cmd(LCD_BACKLIGHT)
187     elif state == 0:
188         self.lcd_device.write_cmd(LCD_NOBACKLIGHT)
189
190 # add custom characters (0 - 7)
191 def lcd_load_custom_chars(self, fontdata):
192     self.lcd_write(0x40);
193     for char in fontdata:
194         for line in char:
195             self.lcd_write_char(line)
196 import I2C_LCD_driver
197 from time import *
198
199 mylcd = I2C_LCD_driver.lcd()
200
201 mylcd.lcd_display_string
202 redA = 0
203 clearA = 0
204 redB = 0
205 clearB = 0
206 redD = 0
207 clearD = 0
208
209 mylcd.lcd_display_string("Bienvenidos")
210 mylcd.lcd_display_string("Procesando")
211 if redA < x and clearA > x and redB > x and clearB < x:
212     if redD < x and clearD > x:
213         mylcd.lcd_display_string("Grupo Sanguineo A+")
214     else redD > x and clearD < x:
215         mylcd.lcd_display_string("Grupo Sanguineo A-")
216
```

Ilustración 39- Algoritmo de Programación

Fuente: Elaboración Propia

4.6.1.5 Etapa V: Integración de Subsistemas

Sistema Mecánico

Subsistema de Agitación: Se integraron los soportes de agitación con los motores, los cuales a su vez se acoplaron a los soportes de la estructura, se comprobó que el sistema operaba de la manera deseada y no tenía fallas.

Subsistema de Succión: Se integraron las bombas con las mangueras y los recipientes de los reactivos, se comprobó todo el sistema funcionaba de manera adecuada y que no ocurrían fugas en este.

Subsistema Estructural: Se verificó que todas las piezas encajaran de forma sencilla y correcta. También se verificó que los orificios para los sensores, y la LCD fueran del tamaño correcto y que estos encajaran bien.

Sistema Electrónico

Subsistema de Medición: Se acoplaron todos los sensores y se realizaron las conexiones de estos, se comprobó operaban de la manera adecuada y no ocurrían fallas en las lecturas.

Subsistema de Interfaz Gráfica: Se integro la pantalla LCD 16x2 con el módulo I2C y se comprobó la pantalla funcionaba de manera correcta e imprimía los resultados como se deseaba.

Sistema de Control

Subsistema de Procesamiento: Se integraron todos los bloques del código de programación, correspondientes a cada uno de los subsistemas y se revisó el código completo operara sin problemas y no tuviera errores que fueran a alterar los resultados.

Subsistema de Control: Se soldaron los pines a la Raspberry para poder realizar las conexiones con los demás subsistemas, se realizaron pruebas para garantizar la correcta operación de estos.

4.6.1.6 Etapa VI: Integración del Sistema

Sistema Mecánico

Se integraron todos los subsistemas del sistema Mecánico, se acoplaron los motores con sus soportes y las bombas con sus mangueras a la estructura ya montada, se verifico todo funcionara correctamente

Sistema Electrónico

Se acoplaron los subsistemas de medición e interfaz gráfica, se revisó la funcionalidad de los subsistemas electrónicos acoplados, que la comunicación entre todos los sensores y la pantalla LCD fuera la correcta y se imprimieran los datos

Sistema de Control

Se unificaron el código de programación y el microcontrolador, es decir los subsistemas de procesamiento y de control, comprobando la funcionalidad de los subsistemas integrados y que la recolección y transmisión de datos fuera la esperada.

Por último, se realizó la integración de todos los sistemas para obtener el prototipo final del medidor portátil de glucosa y tipo de sangre, se unificaron los sistemas mecánicos, electrónico y de control, realizando pruebas para verificar la operación correcta del prototipo terminado y su funcionalidad, luego de finalizada esta integración final se procedió a realizar una cantidad significativa de pruebas para validar la hipótesis de investigación y concluir si esta se cumple o no.

4.7 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

Para validar que el estudio cumple con la hipótesis de investigación, que dice que la precisión del prototipo portátil debe ser mínimo del 90%, se realizarán diferentes pruebas con cada una de las variables independientes, esto para determinar el rango de operación valido para el prototipo.

Para cada variable independiente, se realizarán 50 pruebas a diferentes valores, los datos obtenidos de cada una de estas pruebas se recolectarán, para posteriormente ser analizados y determinar el cálculo estadístico como se ve afectada la precisión del prototipo al variar el parámetro de las variables independientes.

Determinar este grado de afectación permitirá concluir cuales serían los limites mínimo y máximo de cada variable en los cuales la hipótesis de investigación se cumple. Este parámetro se determinará mediante la siguiente ecuación.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Ecuación 1

Fuente: (Dawson-Howe, 2014)

Donde:

- TP es el número de verdaderos positivos detectados.
- FP es el número de falsos positivos detectados.

Distancia: Según las especificaciones técnicas de los sensores mencionadas anteriormente su punto de operación óptima es de 10mm, por lo cual se realizarán las pruebas de validación a 5mm, 25mm, 35mm y 45mm para determinar así los límites de operación.

Angulo: Las recomendaciones indican trabajar con un ángulo de 90 grados entre la muestra y los sensores, por esto las pruebas serán realizadas a 90°, 85° y 80° para concluir cuales son los límites válidos para el prototipo.

Intensidad Luminosa: se utilizará la aplicación Light Meter para determinar diferentes niveles de intensidad luminosa y verificar la precisión del prototipo a estos niveles y así poder concluir cuales son los límites de operación de esta variable.

Velocidad del motor: las pruebas serán realizadas a 2500, 3500 y 4500 rev/min, se considera la velocidad óptima es de 3500 y se determinara cuáles son los límites inferior y superior para esta variable.

Tiempo de agitación: se realizarán pruebas de 5, 10, 20 segundos para así determinar el tiempo necesario para homogenizar la muestra, lo cual será el valor de operación del prototipo.

4.8 CRONOGRAMA

En el presente apartado se muestra el cronograma de actividades correspondientes a las 10 semanas de la elaboración de la investigación, se incluye un desglose con fechas de cada actividad realizada.

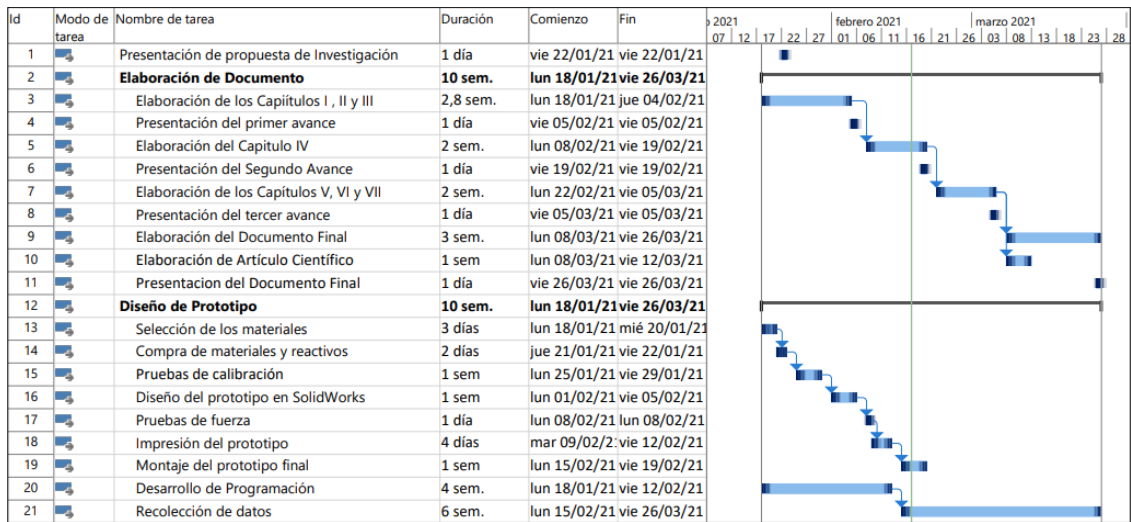


Ilustración 40- Cronograma de Actividades

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos para cada muestra a partir de las pruebas realizadas con el prototipo de medidor portátil para tipo de sangre y glucosa. También se incluyen los resultados del proceso de validación del prototipo.

5.1 RESULTADOS ESPECÍFICOS

En esta sección se muestran los resultados típicos obtenidos para cada uno de los tipos de sangre y la glucosa con las pruebas realizadas en el prototipo. Se realizaron análisis individuales de cada tipo de sangre y la glucosa para conocer la precisión del prototipo con estas diversas muestras. A continuación, se ilustran los resultados obtenidos mediante gráficos.

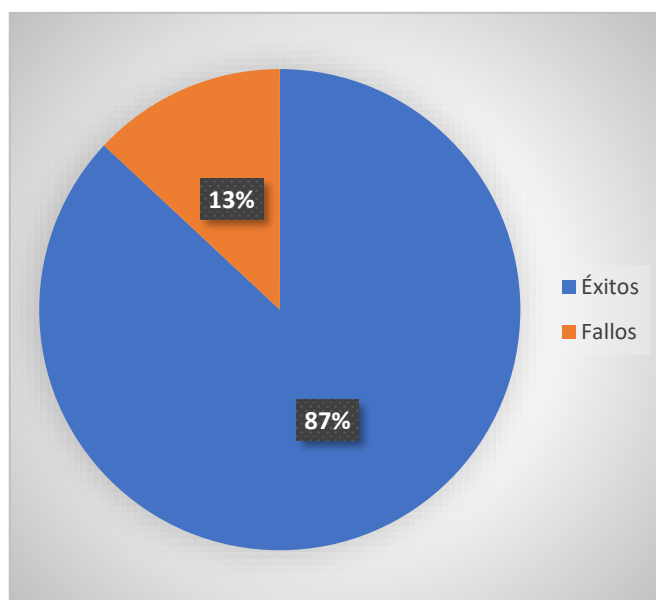


Ilustración 41- Pruebas Sangre Tipo "A"

Fuente: Elaboración Propia

En la **Ilustración 41**, se muestran los resultados obtenidos mediante el uso del prototipo cuando se utilizó sangre tipo A, de un total de 23 pruebas realizadas, se tuvo una precisión del 87%, lo cual representa 20 aciertos y solamente 3 fallos en los resultados.

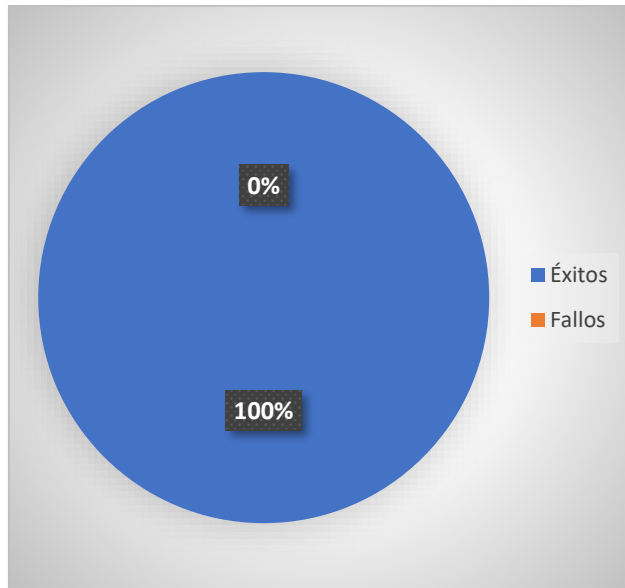


Ilustración 42- Pruebas Sangre Tipo "B"

Fuente: Elaboración Propia

Con la sangre tipo B se realizaron un total de 11 pruebas, en este caso no se obtuvieron fallos, como se puede observar en la **Ilustración 42**, la precisión con la sangre tipo B fue del 100%.

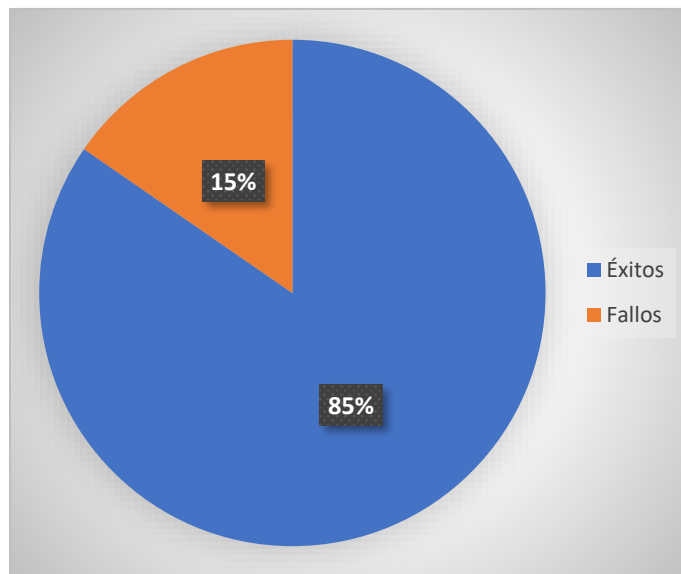


Ilustración 43- Pruebas Sangre Tipo "AB"

Fuente: Elaboración Propia

La **Ilustración 43**, muestra los resultados de las pruebas realizadas con sangre tipo AB, se tuvo éxito en 11 de las 13 pruebas realizadas, lo cual representa una precisión del 85%.

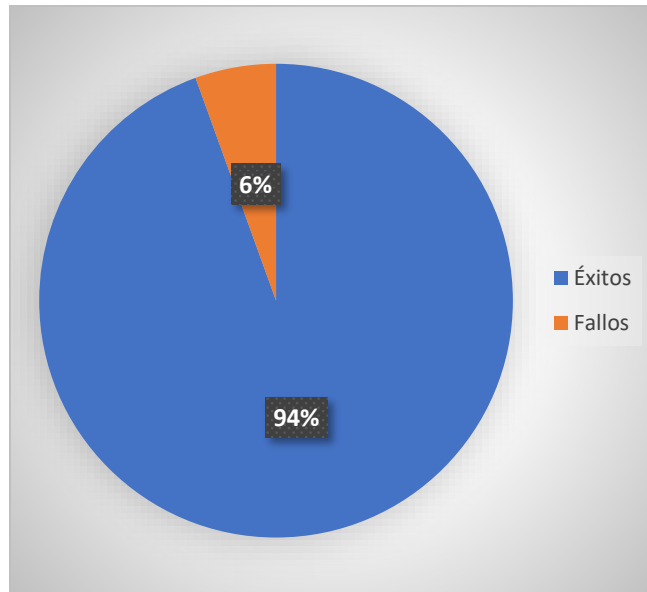


Ilustración 44- Pruebas Sangre Tipo "O"

Fuente: Elaboración Propia

Debido a la disponibilidad de sujetos, con la sangre tipo O fue con la que se pudo realizar la mayor cantidad de pruebas, el total fue de 163, de las cuales 154 entregaron el tipo de sangre correcto, lo cual indica que la precisión del prototipo fue de 94%, esto se puede observar en la **Ilustración 44**.

5.2 RESULTADOS GENERALES

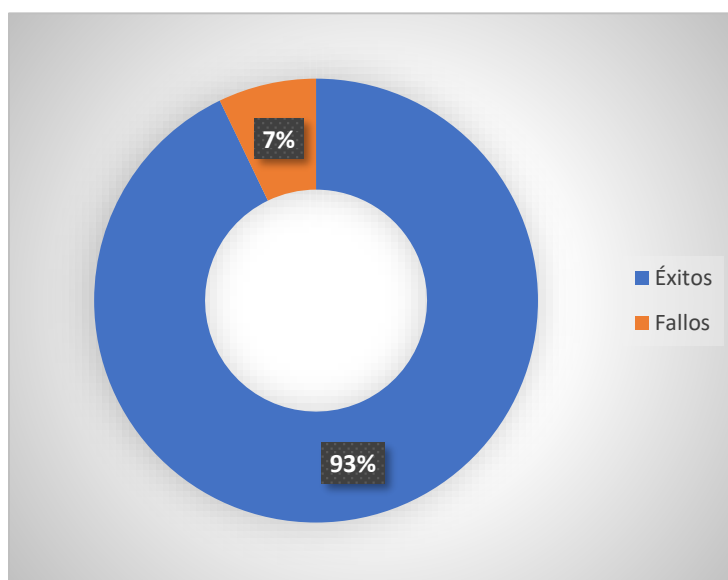


Ilustración 45-Resultados Finales Tipos de Sangre

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar el total de 210 pruebas de tipo de sangre realizadas entre los diferentes tipos de sangre, se obtuvo una precisión del 93%, así como lo muestra la **Ilustración 45**, esto se traduce que, en 196 de las pruebas, el tipo de sangre detectado por el prototipo fue el correcto.

De igual manera, como se explicó en el apartado anterior, en el análisis de la glucosa en sangre se obtuvo una precisión del 94%. Al concatenar estos resultados, se obtuvo una precisión promedio total para el prototipo del 93.57%.

Del nivel de glucosa en sangre se realizaron un total de 210 pruebas, de las cuales como se puede observar en la **Ilustración 46** **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el 93% resultaron en éxitos, lo cual representa 196 pruebas exitosas.

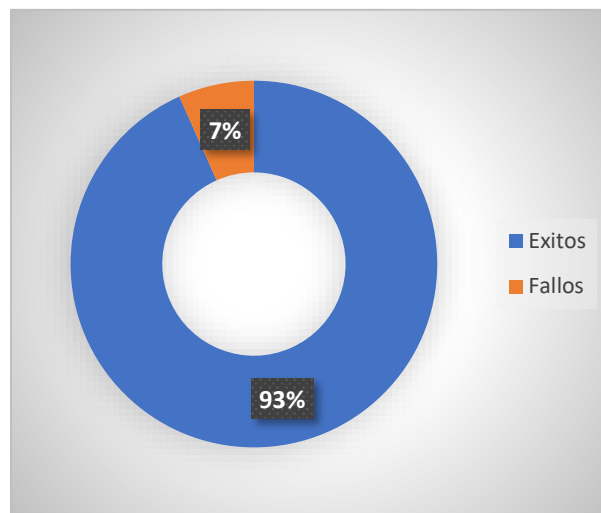


Ilustración 46- Total Pruebas de Glucosa

Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados si bien son en una muestra pequeña, lo significativo de los mismos es que indican que la precisión del prototipo es mayor a la esperada.

5.3 RESULTADOS DE VALIDACIÓN

En esta sección se muestran los resultados obtenidos para el proceso de validación del prototipo antes descrito en la sección 4.7 realizados con las variables independientes como está establecido en la antes mencionada sección. La **Tabla 14** ilustra las pruebas que fueron ejecutadas a diferentes distancias de la muestra, obteniendo así que el rango en el cual el prototipo cumple con el requisito de la hipótesis es de los 10mm hasta los 35mm. Se seleccionó una distancia de 30mm para el prototipo final tomando en cuenta el nivel de precisión, el cual

es superior al requisito del 90% y el espacio necesario para que el mismo pueda operar de manera correcta.

Tabla 14- Pruebas con Distancia

	5mm	25mm	35mm	45mm
Éxitos	42	47	45	32
Fallos	8	3	5	18
Total	50	50	50	50
Precisión	84%	94%	90%	64%

Fuente: Elaboración Propia

En la **Tabla 15**, se establecen los distintos ángulos con los cuales se probó el prototipo para poder definir el ángulo con el cual la precisión del prototipo cumpla con el requisito de la hipótesis de investigación. Se obtuvo que el ángulo óptimo entre los sensores y la muestra debe ser de 90° con una holgura de $\pm 5^\circ$, dado que en este rango la precisión es superior al 90%. Para el diseño final del prototipo se seleccionó un ángulo de 90° tomando en cuenta los resultados obtenidos en estas pruebas y la distribución de los dispositivos en el prototipo.

Tabla 15- Pruebas con Ángulos

	80°	85°	90°
Éxitos	25	45	49
Fallos	25	5	1
Total	50	50	50
Precisión	50%	90%	98%

Fuente: Elaboración Propia

Para el sistema de agitación se debe de determinar el tiempo con el cual se pueda realizar la homogenización de la muestra de manera correcta, se realizaron pruebas a tres tiempos distintos, como se observa en la **Tabla 16**, los mejores resultados se obtuvieron al realizar la agitación durante 10 segundos, siendo posible incluso continuar hasta los 20 segundos aunque con una efectividad menor. Con base en estos resultados se definió que el tiempo de agitación para las muestras sería de 10 segundos para que el prototipo cumpliera así con el requisito de la hipótesis de investigación.

Tabla 16- Pruebas de Tiempo Agitación

	5s	10s	20s
Éxitos	35	47	45
Fallos	15	3	5
Total	50	50	50
Precisión	70%	94%	90%

Fuente: Elaboración Propia

La velocidad de giro del motor va directamente relacionada con el tiempo de agitación de las muestras, para los Motores DC 3-6V se trabajaron pruebas a tres velocidades diferentes siendo estas las que se observan en la **Tabla 17**, acorde a los resultados obtenidos, el prototipo cumple con las especificaciones de diseño cuando se configuraron los motores a 3500rev/min junto con el tiempo de agitación antes mencionado, con lo cual se consiguió mantener la precisión del prototipo sobre el 90% mínimo aceptable para el diseño.

Tabla 17- Pruebas de Velocidad del Motor

	2500 rev/min	3500 rev/min	4500 rev/min
Éxitos	40	47	30
Fallos	10	3	20
Total	50	50	50
Precisión	80%	94%	60%

Fuente: Elaboración Propia

La intensidad luminosa es una variable de la cual el prototipo tiene cierta dependencia, es por lo que se realizaron distintas pruebas en distintas cantidades, como lo muestra la **Tabla 18**, se establecieron tres distintas cantidades en las cuales se demuestra que el prototipo logra trabajar a un 92% de precisión con una intensidad de 220 lux.

Tabla 18-Pruebas de Intensidad Luminosa

	160 lux	220 lux	350 lux
Éxitos	15	46	35
Fallos	35	4	15
Total	50	50	50
Precisión	30%	92%	70%

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

La investigación presentada ha logrado cumplir con el objetivo general de desarrollar un dispositivo de pruebas de diagnóstico rápido utilizando dispositivos electrónicos y reactivos químicos que permita proporcionar atención médica en situaciones de emergencia o zonas de riesgo. Los resultados de la investigación desarrollada permiten obtener las siguientes conclusiones:

- 1) Se acepta la hipótesis de investigación (H_i) ya que el prototipo diseñado si es capaz de determinar el nivel de glucosa y el tipo de sangre de la muestra con una precisión mínima del 90%.
- 2) Las variables independientes y dependiente definidas en la investigación son las adecuadas para obtener la mayor precisión posible del prototipo diseñado.
- 3) Se ha elaborado el prototipo de un medidor portátil de glucosa y tipo de sangre que cumple con su objetivo y entrega resultados confiables, pues funciona acorde a lo planeado en más del 90% de las pruebas.
- 4) La metodología que mejor se acopla al desarrollo del prototipo propuesto es la metodología tipo "V", pues permite desarrollar y mejorar el prototipo de manera segmentada para luego integrar los sistemas definidos, una vez estos ya han sido finalizados.
- 5) Se determinó que la propuesta de dispositivos electrónicos y electromecánicos elaborada eran los que mejor se acoplaban para cumplir con el propósito de la investigación y brinda un rendimiento mejor al esperado en el prototipo
- 6) Se estableció que se pueden realizar un máximo de 100 pruebas con un lote de reactivos. De los cuales se utilizaron 4 para la elaboración de todas las pruebas que se mostraron en el capítulo cinco.
- 7) Se determinaron los rangos de operación para las variables independientes que permitieran cumplir con la hipótesis de investigación (H_i), entre los cuales se obtuvieron que la distancia entre sensores y muestra debe estar entre los 10 y los 35 milímetros, la velocidad de giro de los motores debe ser de 3500 Rev./min y el tiempo de agitación debe ser de 10 segundos.

CAPITULO VII. RECOMENDACIONES

- 1) El prototipo genera resultados precisos y confiables al 90% por lo que se recomienda utilizarlo en el área de atención médica y que sea manipulado por individuos capacitados.
- 2) Para futuros estudios se recomienda indagar aún más que otras PDR podrían ser incluidas en el prototipo para ofrecer una mejora en el área de la salud.
- 3) Se recomienda continuar probando el prototipo para alcanzar una muestra más significativa sobre la precisión del mismo, que sirva para demostrar de manera verídica que el prototipo es una alternativa viable a los exámenes clínicos tradicionales.
- 4) A futuras investigaciones se recomienda buscar áreas de mejora en el diseño del prototipo para así obtener las mejores prestaciones posibles y el diseño más ergonómico.
- 5) Para esta investigación los niveles de glucosa fueron comprobados con un glucómetro portátil, por lo cual se recomienda a futuras investigaciones utilizar otro método de comprobación para validar los resultados obtenidos.
- 6) En la presente investigación la mayoría de las pruebas realizadas fueron con muestras del grupo sanguíneo O, por lo cual se recomienda realizar más pruebas con los otros grupos sanguíneos que no se pudieron analizar con mayor volumen.
- 7) Para esta investigación se utilizaron dispositivos que se encontraban dentro del presupuesto inicial, se recomienda a futuro buscar si existen dispositivos que ofrezcan un mejor rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) 13. *Por que usar insulina.pdf*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2021, de <http://www.innsz.mx/documentos/diabetes/13.%20por%20que%20usar%20insulina.pdf>
- 2) *16x2 LCD Datasheet.pdf*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2021, de https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/16x2%20LCD%20Datasheet.pdf
- 3) Acoptex. (s. f.). *Raspberry basics: Project 29a Raspberry Pi Zero W board—Raspberry Pi GPIO Pinout at Acoptex.com / ACOPTEX.COM*. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <http://acoptex.com/project/8003/raspberry-basics-project-29a-raspberry-pi-zero-w-board-raspberry-pi-gpio-pinout-at-acoptexcom/#sthash.CAQoywk4.dpbs>
- 4) Aguilar-Reyna, A. (2004). *II. Antecedentes de la medicina transfusional*. 140(3), 3.
- 5) Amazon. (s. f.). *Amazon.com: Dr. Morepen BG-03 Gluco One Glucometer, 25 Tiras (Multicolor): Health & Personal Care*. Recuperado 4 de febrero de 2021, de https://www.amazon.com/-/es/morepen-BG-03-Gluco-Glucometer-25-Tiras-Multicolor/dp/B01GPLNIKG/ref=sr_1_1?dchild=1&keywords=glucometer&qid=1612497267&sr=8-1
- 6) *Avión impreso en 3D lanzado con éxito*. (s. f.). RT en Español. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://actualidad.rt.com/ciencias/view/30535-Avi%C3%B3n-impreso-en-3D-lanzado-con-%C3%A9xito>
- 7) Bio-impresión 3D - Ar3D Arquitectura Gráfica. (2014, agosto 26). *Ar3D*. <https://www.ar3d.es/bio-impresion-3d/>

- 8) Bozzarello, M., & Aguyaro, M. (2019). *LA INFLUENCIA DEL DISEÑO DE GLUCÓMETROS EN LOS CAMBIOS SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL PADECIMIENTO DE DIABETES*. 14.
- 9) Carmenate-Milián, L., Alej, Herrera-Ramos, R., & Ramos-Cáceres, D. (2016). Situación del Sistema de Salud en Honduras y el Nuevo Modelo de Salud Propuesto. *Archivos de Medicina*, 12(4). <https://www.archivosdemedicina.com/abstract/situacioacuten-del-sistema-de-salud-en-honduras-y-el-nuevo-modelo-de-salud-propuesto-17878.html>
- 10) Carrod, E. (s. f.). *Módulo Serial I2C para Display LCD 16 x 2 PCF8574A*. Carrod. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.carrod.mx/products/modulo-serial-i2c-para-display-lcd-16x2-lcm1602>
- 11) CCLA. (2016, septiembre 14). Visita a Universidad de Concepción. *Colegio Concepción Los Ángeles*. <https://colegioconcepcionlosangeles.cl/wp/visita-a-universidad-de-concepcion/>
- 12) CD Tecnologia. (s. f.-a). *Fuente regulable de 3V a 12V 2A*. Circuitos y Desarrollo en Tecnología - C&D Tecnologia. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://cdtecnologia.net/fuentes-de-energia/1986-fuente-regulable-de-3v-a-12v-2a.html>
- 13) CD Tecnologia. (s. f.-b). *KIT Mini motor DC 3-6V (2U)*. Circuitos y Desarrollo en Tecnología - C&D Tecnologia. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://cdtecnologia.net/sensores/253-kit-mini-motor-dc-3-6v-2u.html>
- 14) CD Tecnologia. (s. f.-c). *Mini bomba de agua sumergible 5V 100L/H JT-DC3W*. Circuitos y Desarrollo en Tecnología - C&D Tecnologia. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://cdtecnologia.net/sensores/1019-mini-bomba-de-agua-sumergible-5v-100lh-jt-dc3w.html>

- 15) CD Tecnologia. (s. f.-d). *Modulo sensor de Luz LDR*. Circuitos y Desarrollo en Tecnología - C&D Tecnologia. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://cdtecnologia.net/sensores/52-modulo-sensor-de-luz-ldr.html>
- 16) Chhiba, L., Mustapha, S., & Marzak, A. (2019). Design of a non-invasive blood glucose meter connected to an Android diabetes monitoring application. *Proceedings of the 4th International Conference on Smart City Applications*, 1-5. <https://doi.org/10.1145/3368756.3369022>
- 17) Conocimiento, V. al. (2018, noviembre 23). En busca de la sangre universal. *OpenMind*. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/biociencias/en-busca-de-la-sangre-universal/>
- 18) «Cupcake CNC» 3D printer by MakerBot. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://collection.maas.museum/object/539939>
- 19) *Darwin, la impresora 3D autorreplicante—Impresoras 3D*. (s. f.). Imprimalia 3D. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <http://imprimalia3d.com/noticias/2013/09/28/00131/darwin-la-impresora-3d-autorreplicante>
- 20) Dawson-Howe, K. (2014, abril). *A Practical Introduction to Computer Vision with OpenCV*. Wiley.com. <https://www.wiley.com/en-gb/A+Practical+Introduction+to+Computer+Vision+with+OpenCV-p-9781118848814>
- 21) Dell, N., & Borriello, G. (2013). Mobile tools for point-of-care diagnostics in the developing world. *Proceedings of the 3rd ACM Symposium on Computing for Development*, 1-10. <https://doi.org/10.1145/2442882.2442894>

- 22) Dell, N. L. (2014). A mobile point-of-care diagnostic system for low-resource settings. *CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 939-944. <https://doi.org/10.1145/2559206.2579415>
- 23) Eadie, M., & Steele, R. J. (2017). Non-invasive Blood Glucose Monitoring and Data Analytics. *Proceedings of the International Conference on Compute and Data Analysis*, 138-142. <https://doi.org/10.1145/3093241.3093283>
- 24) *Fm_Ch03_mfuentesm.pdf*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2021, de http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf
- 25) Frohner, M., Meyer, M., Donsa, K., Urbauer, P., David, V., & Sauermann, S. (2018). Telemonitoring of Blood Glucose: A Prototype Android Application Enhancing the Patient / Health Professional Experience Using Health IT Communication Standards. *Proceedings of the 8th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*, 331-336. <https://doi.org/10.1145/3218585.3218678>
- 26) Gelambi, M. (2020, mayo 18). Monosacáridos: Características, funciones y ejemplos. *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/ejemplos-de-monosacaridos/>
- 27) Godin, M. M., Souza, L. de O., Schmidt, L. C., Vieira, L. M., Diniz, R. S., & Dusse, L. M. S. (2016). Dangerous universal donors: The reality of the Hemocentro in Belo Horizonte, Minas Gerais. *Revista Brasileira De Hematologia E Hemoterapia*, 38(3), 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.bjhh.2016.05.007>
- 28) Gu, W., Zhou, Z., Zhou, Y., He, M., Zou, H., & Zhang, L. (2017). Predicting Blood Glucose Dynamics with Multi-time-series Deep Learning. *Proceedings of the 15th ACM*

Conference on Embedded Network Sensor Systems, 1-2.

<https://doi.org/10.1145/3131672.3136965>

- 29) Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGrawHill.
- 30) Herrero, A. B., Pablo San Segundo y Rebeca. (s. f.). *2.2 Actuadores eléctricos | Introducción a la Automatización Industrial*. Recuperado 4 de febrero de 2021, de https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/actuadoreselectricos.html#motores-el%C3%A9ctricos
- 31) IAIP - Secretaría de Salud. (2016). <https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/index.php?portal=418>
- 32) *Imprimir Artículo*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2021, de https://www.wwow.com.br/portal/includes_popup/imprimir2.asp?secao=5&id=1056
- 33) *Índice | TIOBE - La empresa de calidad del software*. (2020). <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>
- 34) Infogen. (s. f.). *Infogen | Incompatibilidad del Rh o Eritroblastosis Fetal*. Infogen. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://infogen.org.mx/>
- 35) Iyiola, O., Igunnugbemi, O. O., & Bello, O. G. (2012). Gene frequencies of ABO and Rh(D) blood group alleles in Lagos, South-West Nigeria. *Egyptian Journal of Medical Human Genetics*, 13, 147-153. <https://doi.org/10.1016/j.ejmhg.2011.08.006>
- 36) Kamar, M. (2015). Smartphone Application for Self Blood Glucose Monitoring & Disease Management- A Case Report. *Proceedings of the 5th EAI International*

- Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare*, 218-222.
<https://doi.org/10.4108/eai.14-10-2015.2262011>
- 37) Kirkman, E. (2007). Blood groups. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 8(5), 200-202.
<https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2007.02.007>
- 38) Llamas, L. (s. f.). Medir el color con Arduino y el colorímetro TCS3200. *Luis Llamas*. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.luisllamas.es/medir-color-arduino-colorimetro-tcs3200/>
- 39) Lu, C. (2017). *Diagnóstico clínico y tratamiento*.
<https://accessmedicina.mhmedical.com/book.aspx?bookid=2197>
- 40) *MakerBot Thing-O-Matic 3D Printer Kit*. (s. f.). DuderWantThat.Com. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <http://www.dudeiwantthat.com/gear/gadgets/makerbot-thing-o-matic-3d-printer-kit.asp>
- 41) Malbog, M. A., & Linsangan, N. (2018). Non-Invasive Glucose Meter for Android-Based Devices. *Proceedings of the 2018 10th International Conference on Computer and Automation Engineering*, 161-165. <https://doi.org/10.1145/3192975.3192979>
- 42) Mauricio, D., Conget, I., Menéndez, E., & Puig-Domingo, M. (2016). Endocrinología, diabetes y nutrición: El futuro ya está aquí. *Endocrinología y Nutrición*, 63(10), 509-510.
<https://doi.org/10.1016/j.endonu.2016.10.001>
- 43) Miele, F., Eccher, C., & Piras, E. M. (2015). Using a Mobile App to Manage Type 1 Diabetes: The Case of TreC Diabetes. *Proceedings of the 5th International Conference on Digital Health 2015*, 113-114. <https://doi.org/10.1145/2750511.2750541>

- 44) Modelos y características de Raspberry Pi. (s. f.). *Luis Llamas*. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.luisllamas.es/modelos-de-raspberry-pi/>
- 45) *Módulo Sensor LDR Fotorresistencia de Luz*. (s. f.). Carrod. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.carrod.mx/products/tapete-para-raton-liso-antiderrapante>
- 46) Neres, F. (s. f.). *CLP – CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS*. 14.
- 47) Oliveira, A., Sampaio dos Santos, D. C., & Conceicao Mario, M. (2018). *Modelo Didático para Integração do Microcontrolador Arduino com Software Matlab*. <https://periodicos.unisanta.br/index.php/sat>
- 48) Ong, C. S., Yesantharao, P., Huang, C. Y., Mattson, G., Boktor, J., Fukunishi, T., Zhang, H., & Hibino, N. (2018). 3D bioprinting using stem cells. *Pediatric Research*, 83(1), 223-231. <https://doi.org/10.1038/pr.2017.252>
- 49) Park, C., Mariakakis, A., Yang, J., Lassala, D., Djiguiba, Y., Keita, Y., Diarra, H., Wasunna, B., Fall, F., Gaye, M. S., Ndiaye, B., Johnson, A., Holeman, I., & Patel, S. (2020). Supporting Smartphone-Based Image Capture of Rapid Diagnostic Tests in Low-Resource Settings. *Proceedings of the 2020 International Conference on Information and Communication Technologies and Development*, 1-11. <https://doi.org/10.1145/3392561.3394630>
- 50) Piltch, A. P. & 2020. (s. f.). *Raspberry Pi OS: Why It's No Longer Called «Raspbian»*. Tom's Hardware. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.tomshardware.com/news/raspberry-pi-os-no-longer-raspbian>
- 51) Ramírez, L. (2019, septiembre 12). *OPS/OMS Honduras—IV Congreso Nacional de Diabetes | OPS/OMS*. Pan American Health Organization / World Health Organization.

https://www.paho.org/hon/index.php?option=com_content&view=article&id=1753:iv-congreso-nacional-de-diabetes&Itemid=260

- 52) Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., & Carreño, J. M. (2014). *Sensores y Actuadores*. Grupo Editorial Patria.
- 53) *RASPBERRY PI ZERO V1.2 KIT WITH ADAPTERS (RPI ZERO / PI-ZERO / RaspberryZero)*. (s. f.). RLX COMPONENTS s.r.o. Electronic Components Distributor. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://rlx.sk/sk/raspberry-pi-kit-pack-bundle/4845-raspberry-pi-zero-with-adapters-84714100-2508221.html>
- 54) Roa, M. (2020, junio 15). *Infografía: La distribución de los grupos sanguíneos en el mundo*. Statista Infografías. <https://es.statista.com/grafico/21993/distribucion-de-los-grupos-sanguineos-entre-la-poblacion-por-pais--%2525-/>
- 55) SaludPrev. (2020, agosto 4). Los 5 mejores glucómetros del 2021. Comparativa y guía de compra. *SaludPrev*. <https://saludprev.com/mejores-glucometros/>
- 56) Shukla, V. (s. f.). Internet of Things Based Real Time Health Monitoring System. *Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education*.
- 57) Siemens. (s. f.). *CAD / Diseño asistido por ordenador*. Siemens Digital Industries Software. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>
- 58) Statista. (s. f.). *Infografía: La distribución de los grupos sanguíneos en el mundo*. Statista Infografías. Recuperado 4 de febrero de 2021, de

<https://es.statista.com/grafico/21993/distribucion-de-los-grupos-sanguineos-entre-la-poblacion-por-pais--%2525-/>

59) *Tcs3200-e11.pdf*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.mouser.com/catalog/specsheets/tcs3200-e11.pdf>

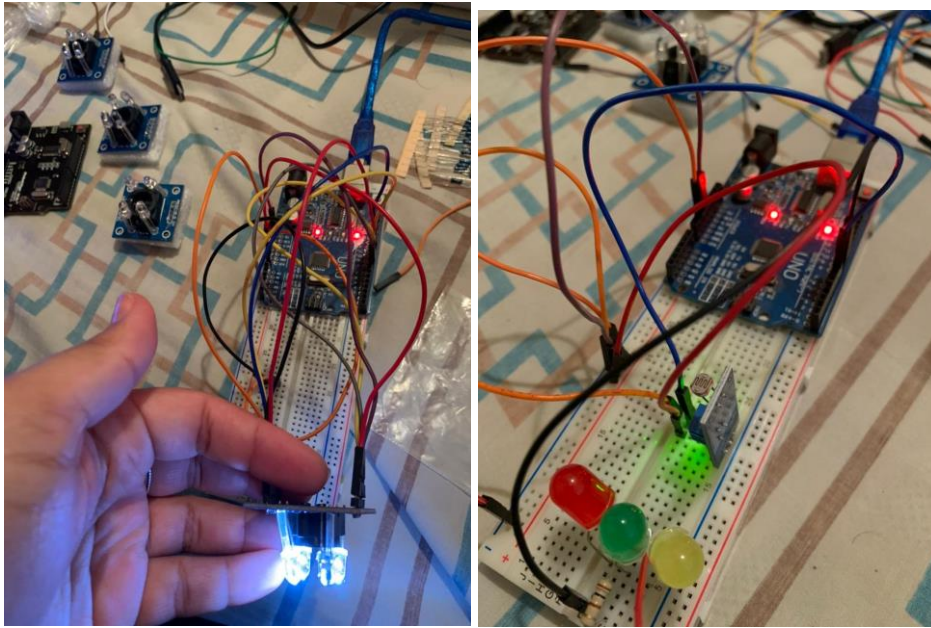
60) *The 3D printed Urbee car could be mass produced soon*. (s. f.). Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.makepartsfast.com/could-you-be-driving-an-urbee-soon/>

61) The Raspberry Pi Foundation. (2020). *Buy a Raspberry Pi Zero*. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero/>

62) Urbaniak, S. J. (2006). Alloimmunity to RhD in humans. *Transfusion Clinique Et Biologique: Journal De La Societe Francaise De Transfusion Sanguine*, 13(1-2), 19-22. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2006.02.020>

ANEXOS

Anexo 1-Pruebas de los sensores en Arduino

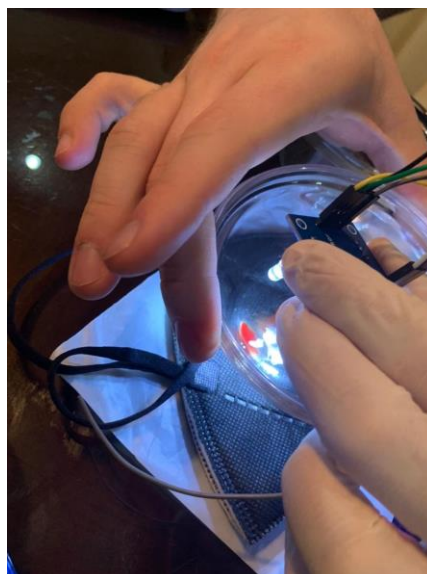
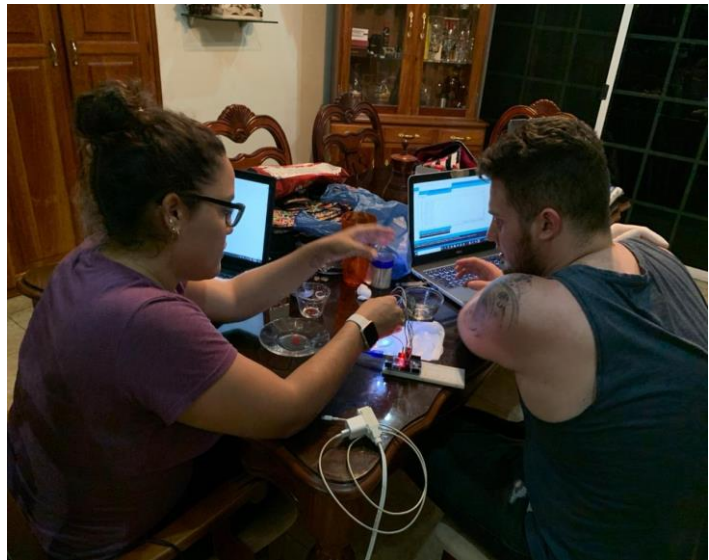


Anexo 2- Prueba de Reactivos en Sangre

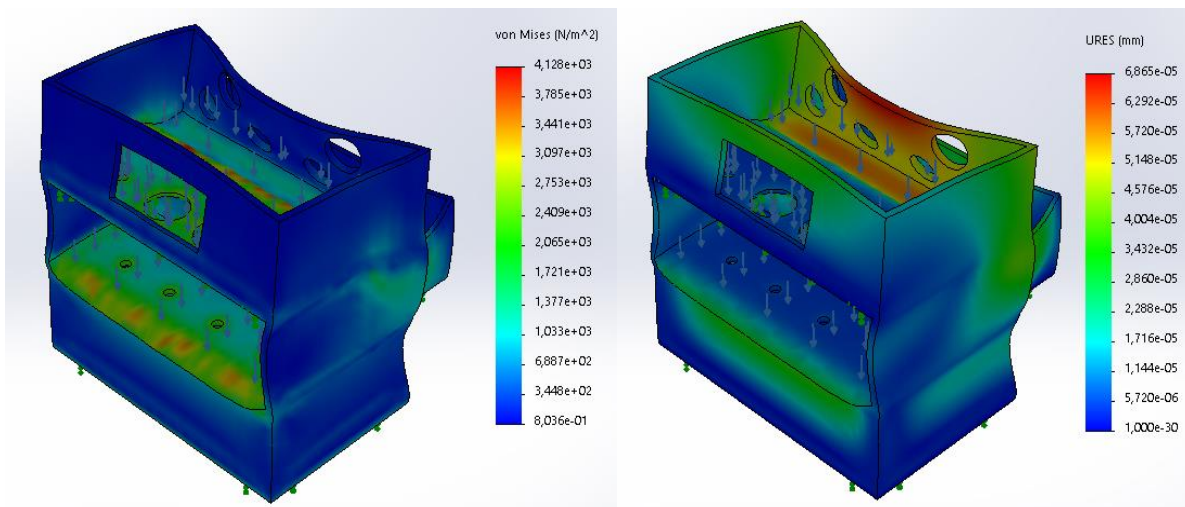




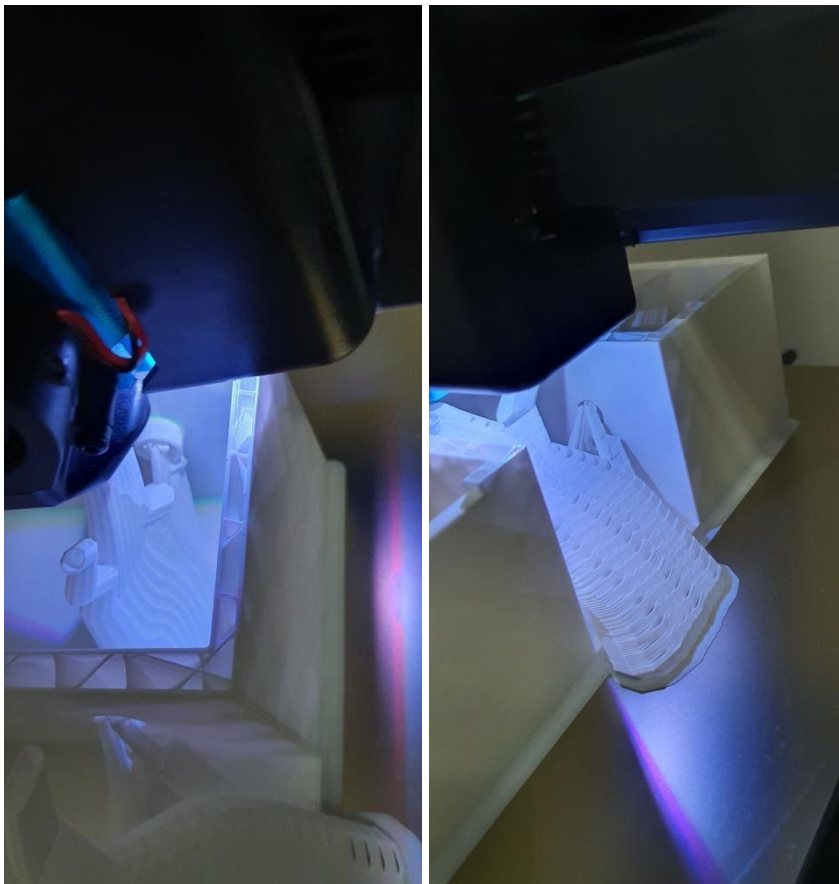
Anexo 3- Prueba de Sensores con Sangre en Arduino



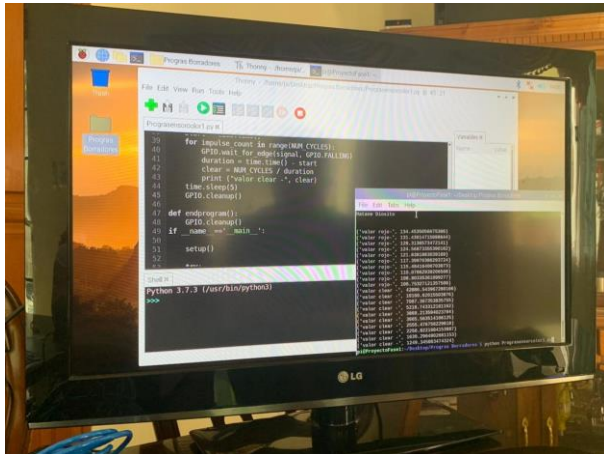
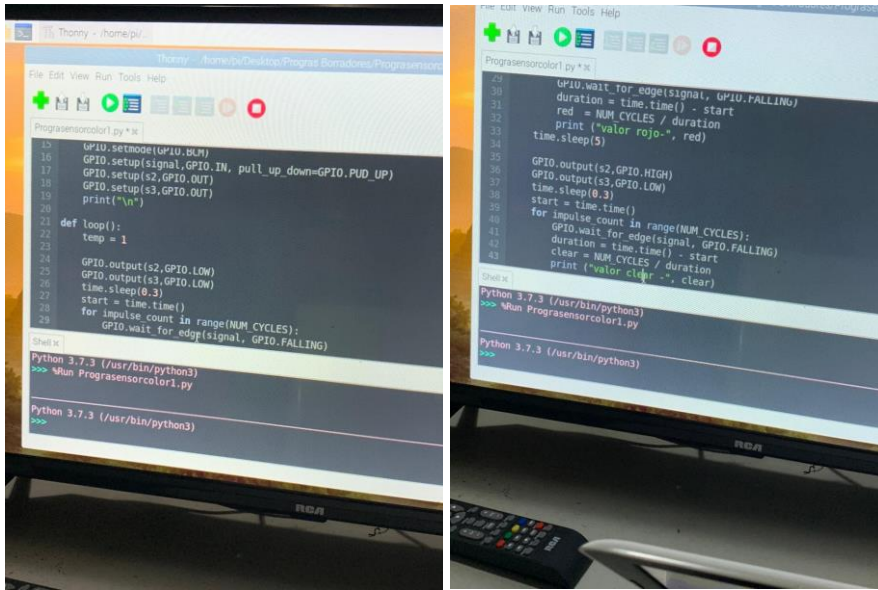
Anexo 4- Pruebas de Fuerza en SolidWorks



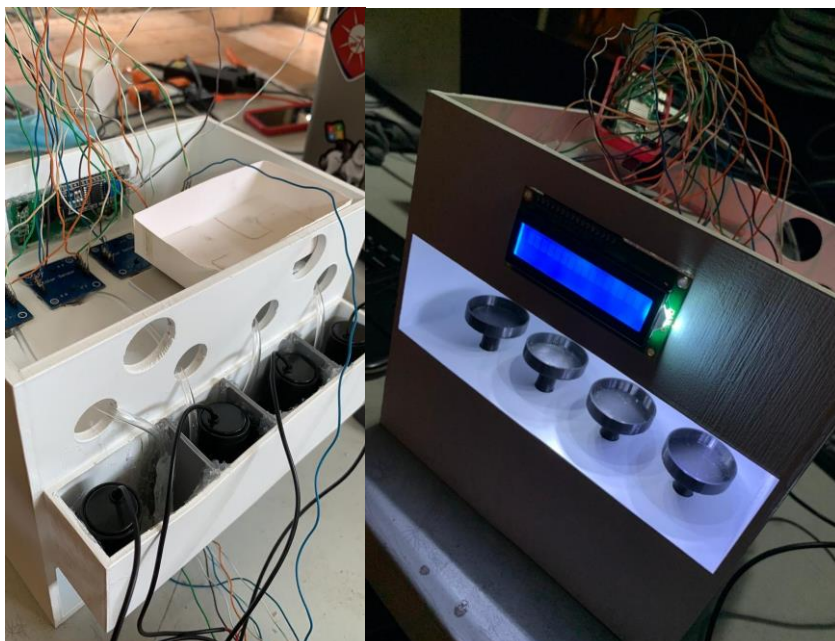
Anexo 5-Proceso de impresión en 3D



Anexo 6-Programación



Anexo 7-Cableado del prototipo





Anexo 8-Pruebas finales en el Prototipo

