

# Proyectos de Ingeniería en Mecatrónica

**GUDIÑO-LAU, Jorge**  
**CHARRE-IBARRA, Saida**  
**ARANA-LLANES, Julia**  
**VÉLEZ-DÍAZ, Daniel**

## **ECORFAN-México**

### **Autores**

GUDIÑO-LAU, Jorge. PhD  
CHARRE-IBARRA, Saida. PhD  
ARANA-LLANES, Julia. PhD  
VÉLEZ-DÍAZ, Daniel. PhD

### **Editor en Jefe**

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

### **Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Asistente Editorial**

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC

### **Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

## *Proyectos de Ingeniería en Mecatrónica*

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley de Derechos de Autor, podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos, de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Visite nuestro sitio WEB en: [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

### **Primera Edición**

ISBN: 978-607-8695-83-6

Sello Editorial ECORFAN: 607-8695

Número de Control B: 2022-13

Clasificación B (2022):281222-0013

A los efectos de los artículos 13, 162, 163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169, 209, y otra fracción aplicable III de la Ley del Derecho de Autor.

## **Books**

### **Definición de Books**

### **Objetivos Científicos**

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en las Áreas de investigación CONACYT y PRODEP.

ECORFAN-Mexico S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

### **Alcances, Cobertura y Audiencia**

Books es un Producto editado por ECORFAN-Mexico S.C en su Holding con repositorio en México, es una publicación científica arbitrada e indizada. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de las Área de investigación CONACYT y PRODEP respectivamente con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ciencias. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

## **Consejo Editorial**

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD  
Oak Ridge National Laboratory

CARBAJAL - DE LA TORRE, Georgina. PhD  
Université des Sciences et Technologies de Lille

GUZMÁN - ARENAS, Adolfo. PhD  
Institute of Technology

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD  
University of La Rochelle

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD  
University of Bristol

DECTOR - ESPINOZA, Andrés. PhD  
Centro de Microelectrónica de Barcelona

TELOXA - REYES, Julio. PhD  
Advanced Technology Center

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD  
Universidad Gestalt

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD  
Universidad Politécnica de Madrid

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD  
Universidad Central del Ecuador

## **Comité Arbitral**

OLVERA - MEJÍA, Yair Félix. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

LOAEZA - VALERIO, Roberto. PhD  
Instituto Tecnológico Superior de Uruapan

ALVAREZ - SÁNCHEZ, Ervin Jesús. PhD  
Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada

SALAZAR - PERALTA, Araceli. PhD  
Universidad Autónoma del Estado de México

MORALES - CARBAJAL, Carlos. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

BAUTISTA - VARGAS, María Esther. PhD  
Universidad Autónoma de Tamaulipas

GAXIOLA - PACHECO, Carelia Guadalupe. PhD  
Universidad Autónoma de Baja California

GONZÁLEZ - JASSO, Eva. PhD  
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD  
Universidad Politécnica de Amozoc

ARROYO - FIGUEROA, Gabriela. PhD  
Universidad de Guadalajara

## **Cesión de Derechos**

El envío de una Obra Científica a ECORFAN Books emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones científicas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.

## **Declaración de Autoría**

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación de la Obra Científica y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORCID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor de la Obra Científica.

## **Detección de Plagio**

Todas las Obras Científicas serán testeadas por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirá de la recepción de la Obra Científica notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

## **Proceso de Arbitraje**

Todas las Obras Científicas se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del ECORFAN Books con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de la Obra Científica Modificado para Edición-Publicación.

# Proyectos de Ingeniería en Mecatrónica

## Mechatronics Engineering Projects

GUDIÑO-LAU, Jorge\*†, CHARRE-IBARRA, Saida, ARANA-LLANES, Julia y VÉLEZ-DÍAZ, Daniel

*Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica, Carretera Manzanillo-Barra de Navidad Km. 20.5, El Naranjo, 28860, Manzanillo, Colima, México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Jorge, Gudiño-Lau* / **ORC ID:** 0000-0002-0585-908X, **Researcher ID Thomson:** Q-6844-2018, **CVU CONACYT ID:** 122644

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Saida, Charre-Ibarra* / **ORC ID:** 0000-0002-3823-5388, **Researcher ID Thomson:** Q-6851-2018, **arXiv Author ID:** saidacharre

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Julia, Arana-Llanes* / **ORC ID:** 0000-0002-4986-9765, **CVU CONACYT ID:** 445045

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Daniel, Vélez-Díaz*

**DOI:** 10.35429/B.2022.13.1.80

\*jglau@ucol.mx

J. Gudiño, S. Charre, J. Arana y D. Vélez (AA. VV.). *Proyectos de Ingeniería en Mecatrónica*. Books-©ECORFAN-Mexico, 2022.

# Proyectos de Ingeniería en Mecatrónica

El Libro ofrecerá contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica de la Universidad de Colima para su área de investigación en la función de la Universidad ante los retos de la Sociedad del Conocimiento. Además de tener una evaluación total, en las manos de los directores de la Universidad de Colima, se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (RESEARCH GATE, MENDELEY, GOOGLE SCHOLAR y REDIB), el Libro propone así a la comunidad académica, los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en la función de la Universidad ante los retos de la Sociedad del Conocimiento.



## Contenido

<b>Capítulo 1 Plataforma experimental y control de un robot suave</b>	1
Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción	2
2. Materiales y equipo para la fabricación del robot suave	7
2.1. Elastómero	7
2.2. Cinta adhesiva reforzada con fibra de vidrio	8
2.3. Equipo de vacío	8
2.4. Mini bomba de aire	8
2.5. Regulador de caudal neumático	9
2.6. Válvula solenoide	9
3. Construcción del robot suave	10
3.1. Diseño del molde	11
3.2. Construcción del molde	12
3.3. Mezcla y llenado del molde	13
4. Plataforma experimental	14
4.1. Diagrama eléctrico	14
4.2. Estructura experimental	15
4.3. Área de trabajo	16
5. Resultados experimentales	16
5.1. Experimento 1	17
5.2. Experimento 2	17
5.3. Experimento 3	18
5.4. Experimento 4	18
6. Agradecimiento	19
7. Conclusiones	19
8. Referencias	19
<b>Capítulo 2 La Ingeniería en Sistemas de Seguridad. Caso de Aplicación</b>	21
Resumen	22
Abstract	22
1. Introducción	22
2. Dispositivos para sistemas de seguridad	24
3. Lógica de programación	31
4. Diseño electrónico	33
5. Conclusiones	42
6. Referencias	43

## **Capítulo 3 Evaluación de usabilidad del sistema de control y monitoreo de bombas de agua potable:**

<b>Caso de estudio de la aplicación water pump</b>	45
Resumen	46
Abstract	46
1. Introducción	47
2. Diseño Centrado en el Usuario	48
3. Usabilidad	48
4. Experiencia Del Usuario (UX)	48
5. Técnicas	49
5.1. Técnica De Evaluación Heurística	49
5.2. The System Usability Scale (SUS)	50
5.2.1 Alpha De Cronbach	51
5.2.2. Media Aritmética	51
5.2.3. Desviación Estándar	51
5.2.4. Asimetría	52
5.3. Técnica de Evaluación Think- Aloud	52
5.4. Técnica de Evaluación Cognitive Walk Through	52
6. Metodología de Evaluación	53
7. Resultados Obtenidos	54
7.1. Descripción De Algunos De Los Aspectos Identificados	54
7.2. Resumen de resultados obtenidos	58
8. Conclusiones	59
9. Referencias	60

## Capítulo 1 Plataforma experimental y control de un robot suave

### Chapter 1 Experimental platform and control of a soft robot

GUDIÑO-LAU, Jorge†\*, GUDIÑO-MÁRQUEZ, Jorge Wah-Hing, CASTAÑEDA-QUIROZ, Daniel y DURAN-FONSECA, Daniel

*Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica, Km. 20.5 Carretera Manzanillo-Barra de Navidad, El Naranjo, Manzanillo, Colima. C.P. 28860*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Jorge, Gudiño-Lau* / **ORC ID:** 0000-0002-0585-908X, **Researcher ID Thomson:** Q-6844-2018, **CVU CONACYT ID:** 122644

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Jorge Wah-Hing, Gudiño-Márquez* / **ORC ID:** 0000-0002-4307-2093

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Daniel, Castañeda-Quiroz* / **ORC ID:** 0000-0002-3808-8138

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Daniel, Duran-Fonseca* / **ORC ID:** 0000-0002-0780-6192

## Resumen

En este artículo analiza los tipos de robots, clasificación, construcción de una plataforma experimental de un robot suave y su control, además se muestra a detalle el diseño y fabricación de un prototipo robot suave llamado pneunet, el diseño de estos es realizado mediante SolidWorks®, el molde es creado en una impresora 3D. El robot suave está diseñado de material suave y deformable, para que pueda tener rotación torsión y pueda moverse libremente por todo su espacio de trabajo sin dañar al usuario. El equipo experimental es de bajo costo y es construido para conocer el funcionamiento y las características morfológicas de los robots suaves y la manipulación es mediante un control lineal PD con retroalimentación de la posición del efector final a través de visión del robot suave.

## Robot suave, Peneunet, Control

### Abstract

This article analyzes the types of robots, classification, construction of an experimental platform for a soft robot and its control, in addition the design and manufacture of a soft robot prototype called pneunet is shown in detail, the design of these is carried out using SolidWorks®, the mold is created on a 3D printer. The soft robot is designed of soft and deformable material, so that it can have torsional rotation and can move freely throughout its workspace without harming the user. The experimental equipment is low cost and is built to understand the operation and morphological characteristics of soft robots and the manipulation is by linear PD control with feedback of the position of the end effector through vision of the soft robot.

## Soft robot, Pneunet, Control

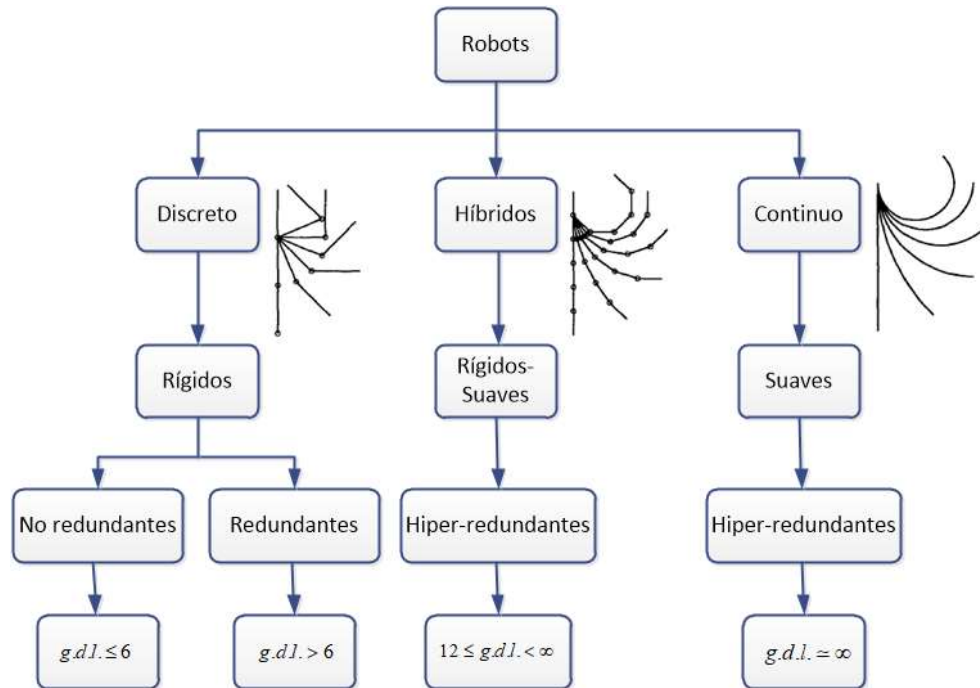
### 1. Introducción

Actualmente las investigaciones del área robótica están encaminadas al desarrollo de robots que ayuden al ser humano en sus actividades cotidianas, además, están orientados a imitar el movimiento del ser humano y al desarrollo de nuevo material para la construcción de diferentes tipos robots. Por esta razón, se han tenido avances significativos en nuevos diseños e investigaciones en los materiales para la construcción de los robots; tal como los soft robots, también conocidos como robots suaves o blandos, estos permiten fácilmente interactuar y adaptarse a cualquier superficie; ya que estos al interactuar con el medio de manera suave, tiene poco impacto y las posibilidades de dañar el equipo a manipular son escasas; por lo que aumenta la seguridad del ser humano.

Los sistemas robóticos blandos están inspirados en los sistemas biológicos y cada día toman más atención por parte de los investigadores de la robótica en los últimos años, esto se debe principalmente a que están contruidos por polímeros, que permite tener una gran deformación y alta flexibilidad comparados con los robots rígidos.

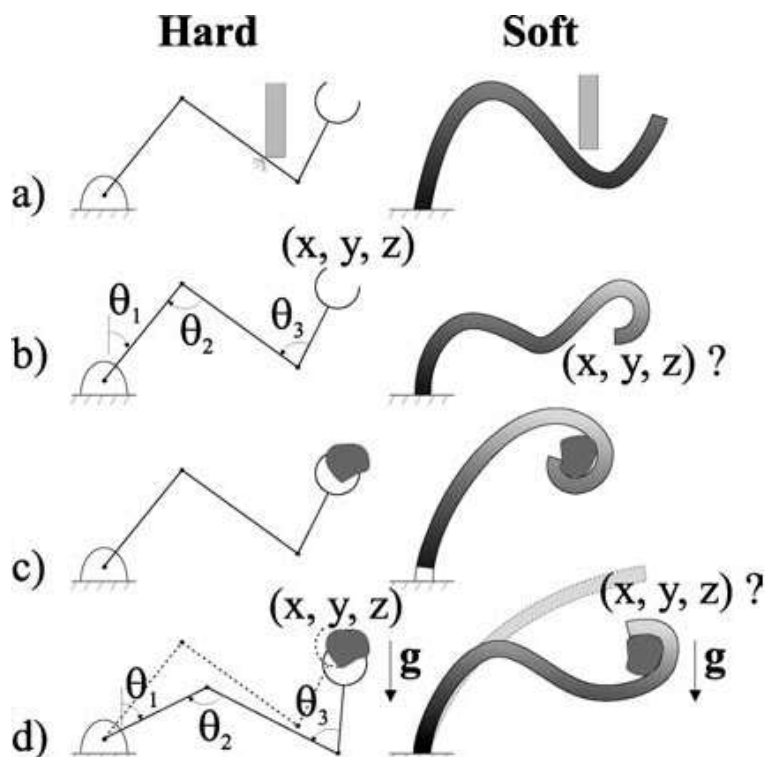
Softrobots o robot suave se considera dentro de la clasificación de los robots tal como se observa en la Figura 1.1, y se les considera robots hiper-redundantes es decir tienen un número muy elevado de grados de libertad, por ello, son más difíciles de obtener sus modelos cinemáticos y dinámicos, así con su algoritmo de control (G. Robinson & J. B. C. Davies, 1999). En esta clasificación la han mostrado varios autores, algunos con mayor detalle y otros con menos datos (Trivedi et al., 2008; Ansari et al., 2015; Martín Barrio et al., 2018). Los grados de libertad (g.d.l.) de un robot hiper-redundante debe tener el doble de los grados máximos de los no redundantes, es decir mínimo doce g.d.l., esta información no está sustentado por algún libro o artículo, y puede llegar a variar este dato por los autores e investigadores de la robótica.

**Figura 1.1** Clasificación de los robots por sus grados de libertad (G.D.L.)



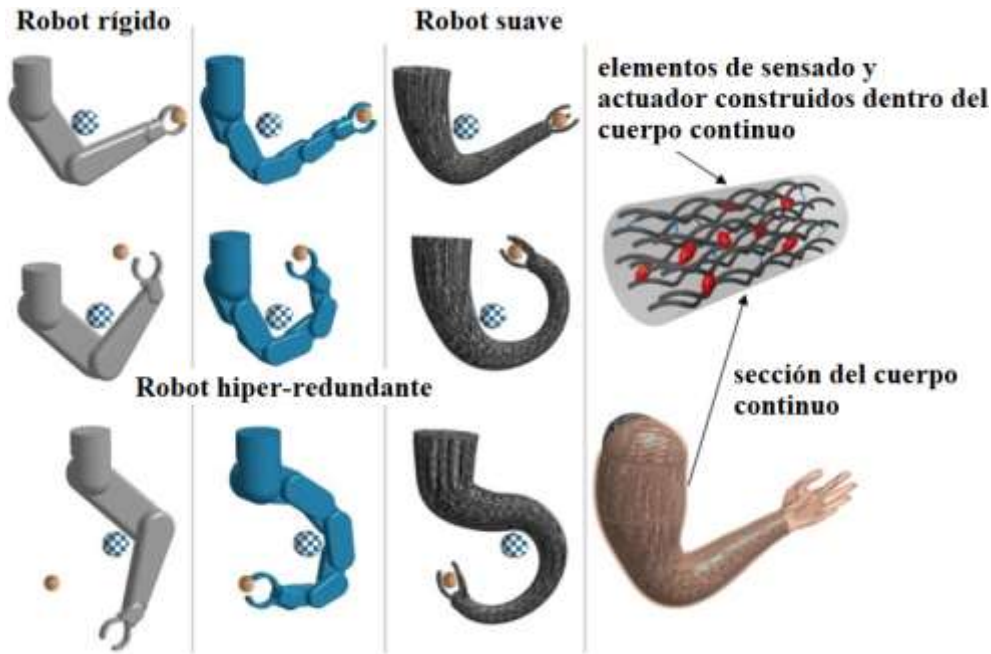
En (Trivedi et al., 2008) hacen una comparación de los robots suaves con los rígidos tal como se muestra en la Figura 1.2, el robot rígido no redundante es comparado con el robot suave hiper-redundante en la destreza como se muestra en la Figura 1.2 a), la posición del efector final del robot redundante se puede obtener mediante la cinemática directa, mientras que el robot suave es mucho más complicado, pero se puede obtener por visión o mediante otra técnica, ver Figura 1.2 b). La sujeción o manipulación es un objeto mediante un robot rígido es empleado con la aplicación de algoritmos de control lineal, no lineales e inteligentes, sin embargo, para el robot suave sólo se emplea un algoritmo lineal o inteligente para el control del mismo, aunque ya existen aproximaciones para obtener los modelos matemáticos por lo que permite diseñar nuevos algoritmos de control no lineal para este tipo de robots, como se observa en la Figura 1.2 c). Por último, en la Figura 1.2 d) los efectos de gravedad son considerados en la sujeción de objetos tanto para los robots rígidos y suaves, actualmente este problema está resuelto para robots rígido no redundantes, pero para los robots suaves existe poca información al respecto.

**Figura 1.2** Capacidades de los robots rígidos comparados con los suaves(Trivedi et al., 2008)



En (Alici, 2018) muestra cuatro tipos de brazos robots y clasificados por los g.d.l. como se muestra en la Figura 1.3., en la primera columna muestra un brazo robot rígido, en la segunda columna un brazo robot hiper-redundante, en la tercera columna un brazo robot suave y en la última columna un brazo robot suave con sensores y actuadores al interior del cuerpo continuo.

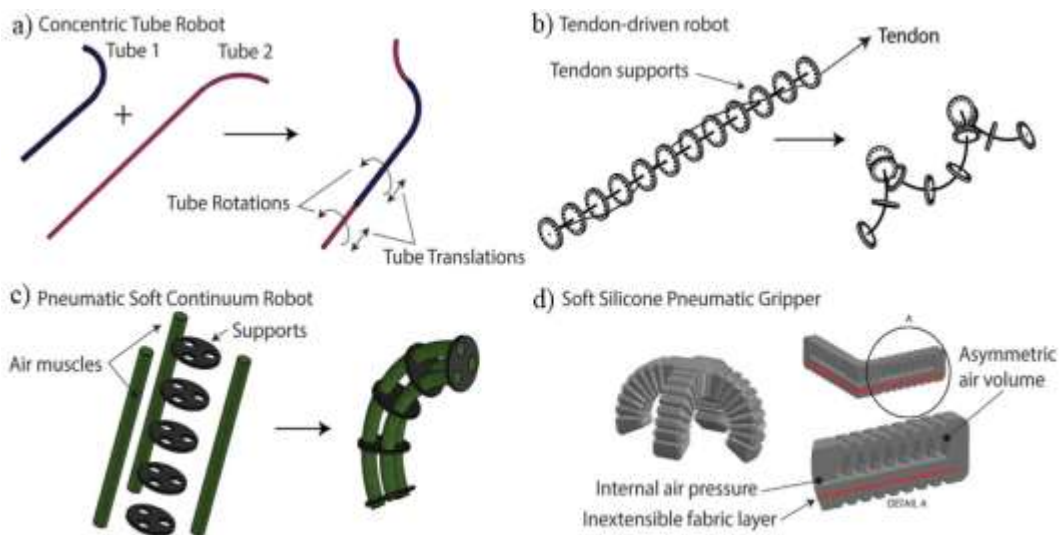
**Figura 1.3.** Comparación de los brazos robots por sus g.d.l. (Alici, 2018)



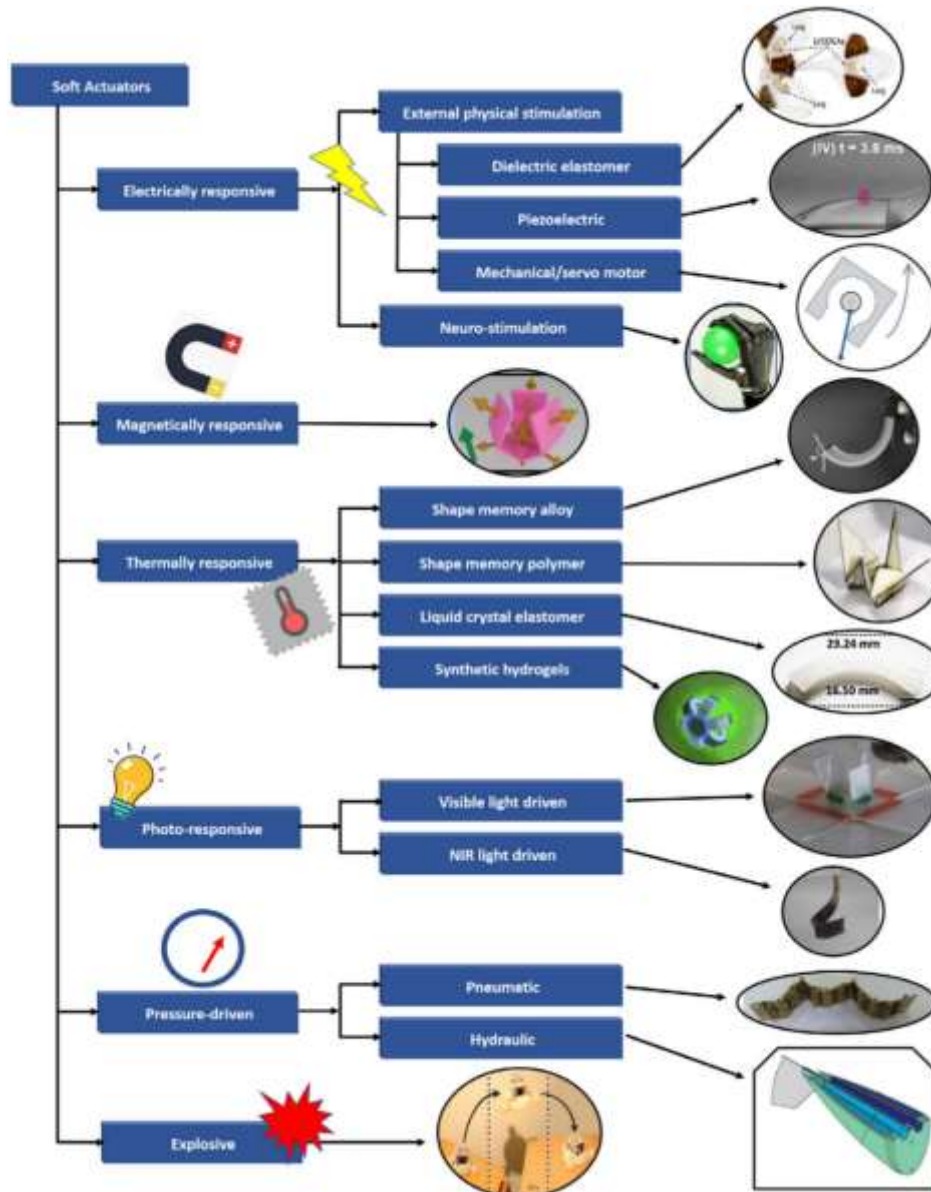
En la Figura 1.4 muestra cuatro modelos de robots continuos y con diferente actuación; en la Figura 1.4 a) es un robot continuo construido de tubo que tiene las propiedades de rotación y translación, la Figura 1.4 b) es un robot continuo impulsado por tendones, la Figura 1.4 c) es otro robot continuo pero emplea aire y soportes de discos rígidos para la manipulación del mismo y por último en la Figura 1.4 d) es un robot continuo suave que emplea el aire para el movimiento del robot (Gilbert, 2021).

En (El-Atab et al., 2020; Huang et al., 2021) hace un análisis muy detallado de los actuadores más empleados en la robótica suave para la manipulación son de respuesta eléctrica, magnética, térmica, iluminación, presión y explosivos; como se observa en la Figura 1.5.

**Figura 1.4.** Cuatro tipos de robots continuos y su actuación (Gilbert, 2021)

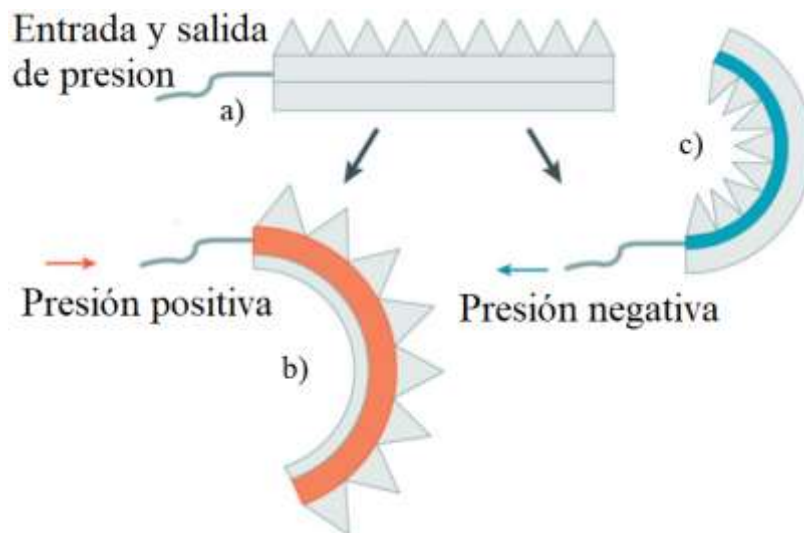


**Figura 1.5** Actuadores para los robots suaves (El-Atab et al., 2020)



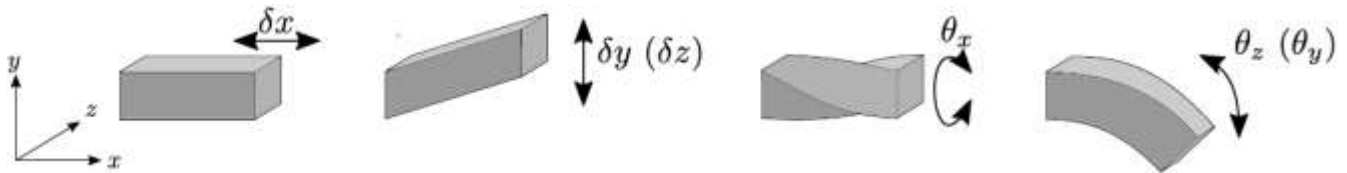
El funcionamiento del impulsor de presión es explicado en (Li et al., 2022; Mészáros & Sárosi, 2022; Mosadegh et al., 2014; Woo Sohn et al., 2022) y de forma ejemplificada en la Figura 1.6, donde se puede ver un robot suave con una estructura física como el que se muestra en la Figura 1.6 a), al introducirle presión de aire o líquido tiene flexión en sentido de las manecillas del robot como el que muestra en la Figura 1.6 b) y si se tiene una presión negativa el robot suave se contrae como se muestra en la Figura 1.6 c).

**Figura 1.6** Comportamiento del robot suave a la entrada y salida de presión (Li et al., 2022)



Los movimientos de los robots suaves pueden ser definidos por sus cuatro cinemáticas básicas tal como se observa en la Figura 1.7, correspondiente a los seis grados de libertad en una superficie en tres dimensiones, considerando el lado izquierdo del robot suave como un punto fijo: tres de posición como es alargamiento – compresión  $\delta x$  sobre un eje y cortante que puede ser en  $\delta y$  ó  $\delta z$ ; y tres de orientación o rotación tal como torsión  $\theta_x$  y flexión  $\theta_y$  ó  $\theta_z$  (Decroly et al., 2020; Huang et al., 2021; Woo Sohn et al., 2022).

**Figura 1.7** Movimiento de los robots suaves (Decroly et al., 2020)



Además, en (Decroly et al., 2020) clasifican a los brazos robots suaves por el tipo de movimientos del brazo que pueden ser de simple dobles, de múltiples curvas, espiral, dedo, pulpo ó serpiente, como se observa en la Tabla 1.1.

En este trabajo se analiza y se construye un robot continuo hiper-redundante con el mostrado en la Figura 1.1, elaborado con un polímero para que sea flexible y deformable como se observa en las Figuras 1.2 a), 1.3 (primero de la tercera columna), 1.4 b); actuado por presión de aire de acuerdo con la Figura 1.5; con el principio de presión de aire positivo como se muestra en la Figura 1.6 b); con movimiento de flexión de rotación como en la Figura 1.7; y el brazo robot suave de doblado sencillo de acuerdo a la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1** Clasificación de los brazos robots suaves (Decroly et al., 2020)

Clasificación		Dibujo
Brazo robot suave	Doblado simple	
	Múltiples curvas	
	Espiral	
	Dedo / serpiente / pulpo	

El robot suave es del tipo PneuNets que es un actuador elastomérico accionado por neumática, además es un actuador suave compuesto de una serie de canales y cámaras dentro de un elastómero, estos canales se inflan al ser presurizados, creando movimiento (Mosadegh et al., 2014). El movimiento se controla modificando la geometría de las cámaras embebidas. Cuando se aplica aire presurizado al actuador la expansión se produce en las regiones menos rígidas.



El artículo esta distribuido de la siguiente manera, el estado del arte, los tipos, actuadores, los movimientos de robots suaves son atendidos en la sección 1; los materiales y el equipo necesario para la fabricación del robot suave es descrito en la sección 2; los pasos para la construcción del robot suave son mostrados en forma detalla en la sección 3, desde el diseño de los moldes hasta la obtención de robot suave; en la sección 4 se describe la plataforma experimental para realizar las pruebas experimentales y el área de trabajo y punto de referencia del robot; se realizan cuatro pruebas empleando un algoritmo de control lineal PID y los resultados experimentales son muy buenos como se observan en la sección 5 y por último las conclusiones y trabajo futuro.

## 2. Materiales y equipo para la fabricación del robot suave

### 2.1. Elastómero

El elastómero empleado para la fabricación del robot sueve es el Ecoflex® 0030 (frasco amarillo contiene el silicón líquido y el frasco azul que contiene el catalizador; ambos se tienen que mezclar para formar el elastómero) de la marca Smooth-On ver Figura 2.1, esto debido a que es un silicón supersuave, además tiene las propiedades de deformación y es altamente flexible. Cada uno de estos materiales cuenta con distintas propiedades, las cuales se muestran en la Tabla 2.1.

**Figura 2.1** Elastómero (Smooth-On, 2022)



**Tabla 2.1** Características de los elastómeros (Smooth-On, 2022)

Características físicas	Dragon Skin™ 30	Mold Star™ 30
Viscosidad Mixta	30,000 cps	12,500 cps
Proporción de Mezcla en volumen	1A:1B	1A:1B
Densidad relativa	1.08	1.12
Volumen específico	25.7	24.7
Tiempo de empleo útil	45 min.	45 min.
Tiempo de Endurecimiento	16 horas	6 horas
Dureza Shore A	30 A	30A
Resistencia a tracción	500 psi	420 psi
Módulo 100%	86 psi	96 psi
Alargamiento a la rotura	364%	339%
Resistencia al desgarro Matriz B	108 pli	88 pli
Contracción (in. /in.) (ASTM D-2566)	<.001 in. /in.	<.001 in. /in.
Color	Amarillo	Azul
Rango de temperatura útil	-53°C a 232°C	-53°C a 232°C

## 2.2. Cinta adhesiva reforzada con fibra de vidrio

Se utiliza una cinta adhesiva reforzada con fibra de vidrio que tiene un material de refuerzo para evitar el estiramiento en la sección inferior del PneuNet. Esta cinta cuenta con fibras horizontales y verticales, reforzando la base del robot suave, que garantiza tener un sólo el movimiento de flexión de rotación; por el tipo de diseño del robot.

**Figura 2.2.** Cinta adhesiva reforzada con fibra de vidrio



## 2.3. Equipo de vacío

La cámara de vacío se realiza con una tapadera con una entrada de aire y un contenedor para la silicona mezclada. Puede emplearse una olla de relativamente gruesa. La bomba de vacío debe de ser capaz de sustraer 29 pulgadas de mercurio según el fabricante de los silicones utilizados para deshacerse de las burbujas de la mezcla de los elastómeros, en la Figura 2.3 se muestra el equipo empleado y el medidor de presión de vacío para saber cuándo se llega a la presión requerida.

**Figura 2.3.** Equipo de vacío (Vevor, 2022)



## 2.4. Mini bomba de aire

La mini bomba de aire empleada es de metal y plástico tal como se muestra en la Figura 2.4, trabaja a una presión de 8 a 13 PSI (abreviado del inglés “pounds-force per square inch”, libra de fuerza por pulgada cuadrada), su rango es de 3 a 6 volts, con una corriente de 0.37 a 0.62 amperes, las dimensiones son de diámetro del motor es de 24.4 mm y de longitud 68 mm.

**Figura 2.4** Mini bomba de aire



## 2.5. Regulador de caudal neumático

En la Figura 2.5 se muestra el regulador de caudal neumático de 4mm de la marca Festo® que se emplea en el robot suaves; y es regulador de caudal de aire que funciona sin alimentación externa y que está situado en el interior de un conducto con el objetivo de obtener un caudal constante en los conductos de ventilación(festo, 2022).

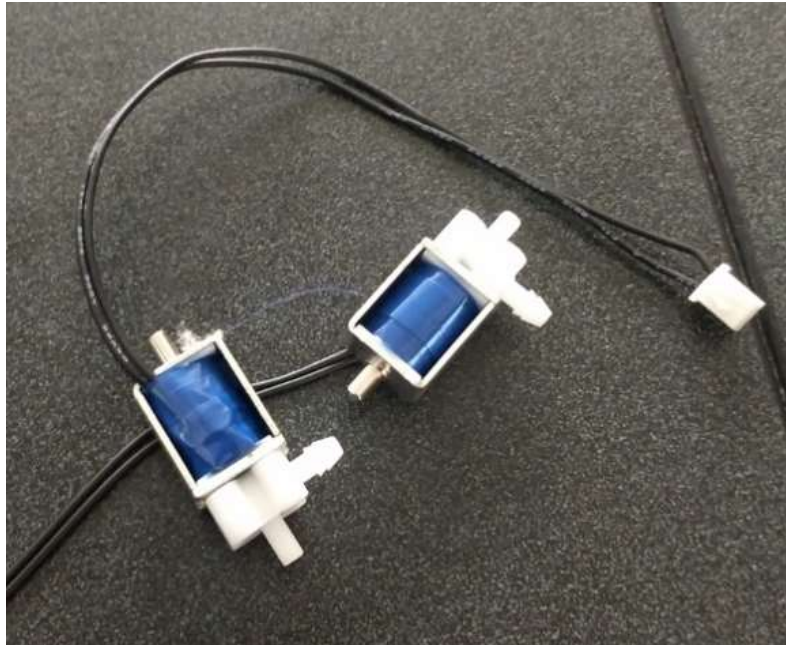
**Figura 2.5** Regulador de cauda neumático(festo, 2022)



## 2.6. Válvula solenoide

Una válvula solenoide es un dispositivo que, a partir de una señal eléctrica, permite seleccionar el flujo del aire, estas válvulas trabajan a 5v y cuentan con una configuración 3/2, con las cuales se realiza el control para introducir y liberar el aire en el actuador PneuNet. El modelo de la válvula solenoide con el que se manipula el robot suave es el ZHV-0519 como el que se muestra en la Figura 2.6, al ser de 2 vías, permite seleccionar el flujo de salida desde 2 fuentes de entrada diferentes.

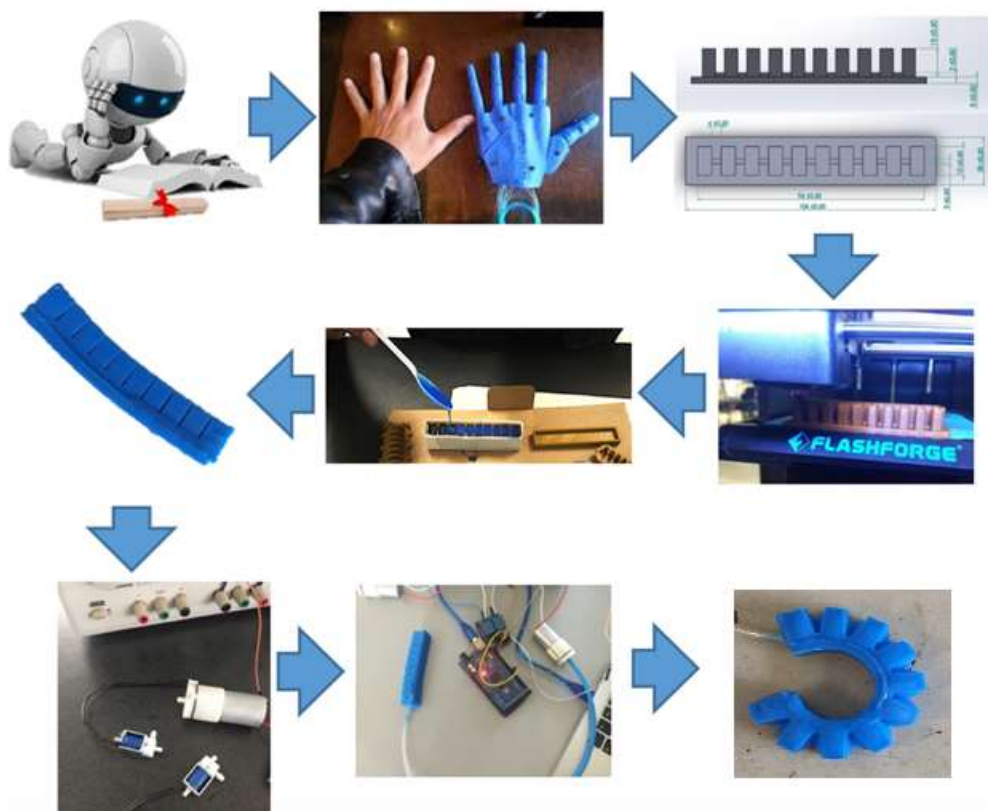
**Figura 2.6** Válvula solenoide



### 3. Construcción del robot suave

En esta sección se muestra el procedimiento para la construcción del robot suave del tipo continuo, que es elaborado por un polímero flexible y deformable; y actuado por presión de aire para obtener el movimiento de flexión de rotación con doblado sencillo. En la Figura 3.1 se describe en orden cronológico los pasos para debemos seguir para tener el robot suave, se inicia desde la búsqueda de información, la configuración particular de los componentes, los modelos en diseño 3D, la impresión de los moldes, la mezcla de los polímeros, el llenado de los moldes, selección de los componentes para la manipulación y las pruebas del robot suave en lazo abierto. Para permitir la personalización de diseños estos se complementan con diseñar actuadores y piezas de moldes en un entorno de modelado sólido 3D, con el fin de brindar una vista del diseño planteado.

**Figura 3.1** Algoritmo para la construcción del robot suave

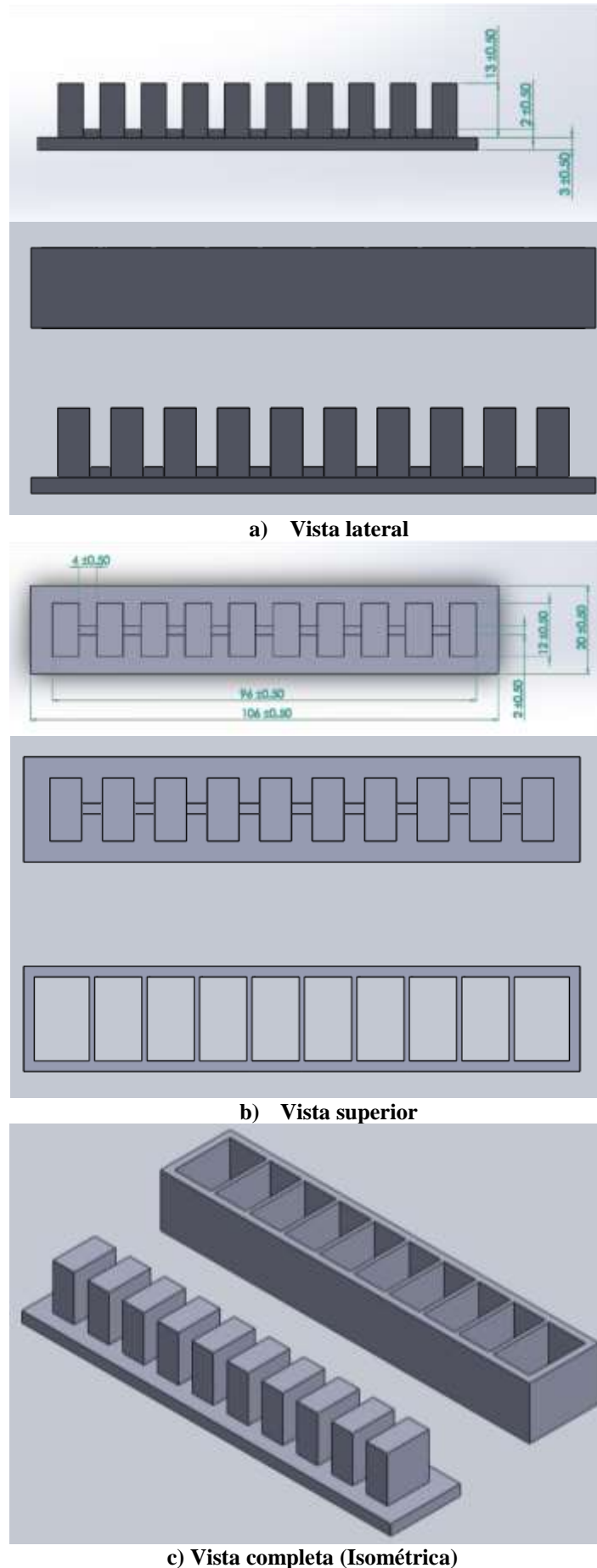




### 3.1. Diseño del molde

Para lograr este tipo de robot suave se construye el molde como el que se muestra en la Figura 3.2 con las vistas laterales a), superior b) e isométrica c), las medidas del molde están dadas en milímetros, además se puede apreciar los huecos de las cámaras neumáticas por las cuales se introduce y se transporta el aire necesario para generar el movimiento.

**Figura 3.2** Diseño del molde del robot suave



**c) Vista completa (Isométrica)**

### 3.2. Construcción del molde

El molde es impreso en una impresora 3D, estos moldes tienen las medidas basadas en un promedio de la longitud de los dedos para generar los actuadores pneunet. Como se observa en la Figura 3.3 la impresión de los tres moldes.

**Figura 3.3** Impresión de moldes



En la Figura 3.4, se muestra los dos moldes para crear la parte superior del robot suave. Estos tienen unas cámaras neumáticas de 13 mm y la conexión de los ductos de 2mm y así mismo la separación entre cada cámara es de 2mm.

**Figura 3.4** Moldes superiores



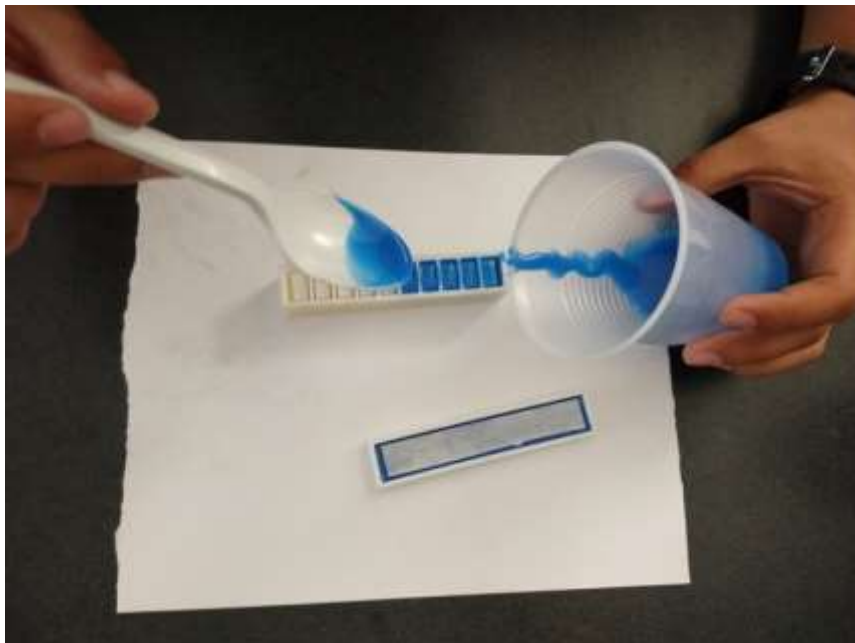
El molde de la tapa inferior del robot es mostrado en la Figura 3.5 y tiene una profundidad de 4mm misma que el grosor final que tiene en la parte inferior del robot.

**Figura 3.5** Molde inferior

### 3.3. Mezcla y llenado del molde

En la Figura 2.1 se muestra los frascos del elastómero para hacer el robot suave, la mezcla debe hacerse en partes iguales: 50% de material de silicón líquido (frasco amarillo) y 50% de catalizador (frasco azul); ambos líquidos se mezclan para formar el elastómero para la fabricación del robot suave. La mezcla debe someterse a la máquina de vacío (Figura 2.6) para eliminar las posibles burbujas de aire que se hayan formado al momento de hacer la mezcla.

La mezcla final es una solución manejable y semilíquida para la creación de los dispositivos por medio de los moldes, en Figura 3.6 se muestra el vaciado del líquido en los moldes. En el molde ensamblado se vierte la solución en cada cámara una por una para evitar que se genere burbujas mientras que en el recipiente que genera la parte inferior del robot se llena de la misma solución integrando una pequeña cintilla de plástico a la mitad del vaciado que brinda firmeza al robot y permita lograr la rotación de flexión. Se tiene que hacer de nuevo un vacío a los moldes con el elastómero.

**Figura 3.6** Vaciado en los moldes del robot suave

En la Figura 3.7 se muestra el actuador PneuNet desmontado del molde, donde se aprecia la unión de las dos piezas y el sellado del ducto del aire por el cual se controla la introducción del aire al actuador.

**Figura 3.7** Actuador PneuNet



El robot suave con los canales de aire libres y el actuador sellado se aplican pruebas neumáticas. Estas implican en la introducción de aire por medio de una manguera, se inyecta el aire necesario proporcionado por una bomba de aire para generar la flexión del actuador y al estar sellado no permite el escape del aire y mantiene la flexión, como se muestra en la Figura 3.8. La prueba se realiza en un control de lazo abierto.

**Figura 3.8** Prueba al actuador PneuNet



#### **4. Plataforma experimental**

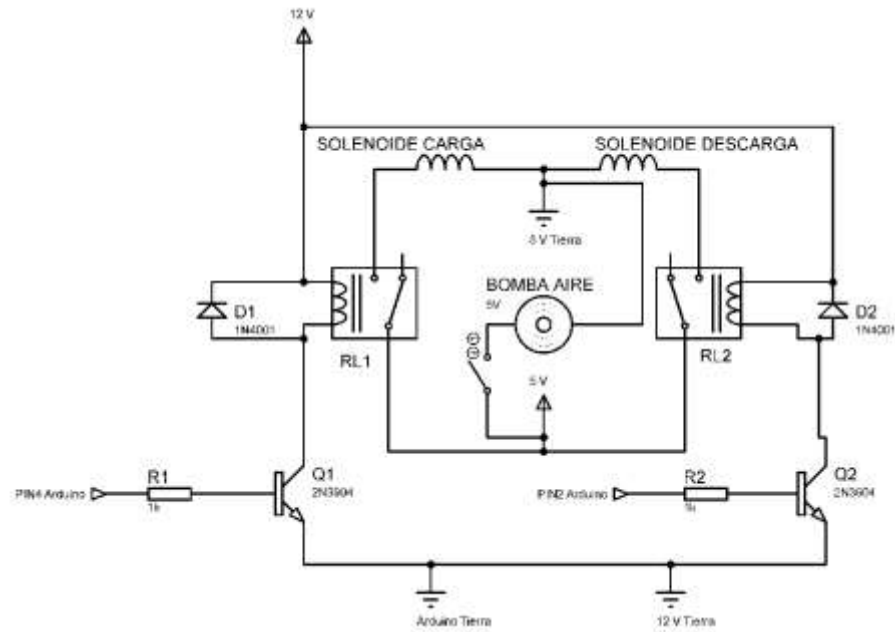
En esta sección se muestra el equipo experimental empleado para la manipulación del robot suave y su construcción.

##### **4.1. Diagrama eléctrico**

El diagrama eléctrico viene la conexión de la bomba de aire, la solenoide de carga y descarga para la manipulación del robot suave, tal como se muestra en la Figura 4.1.



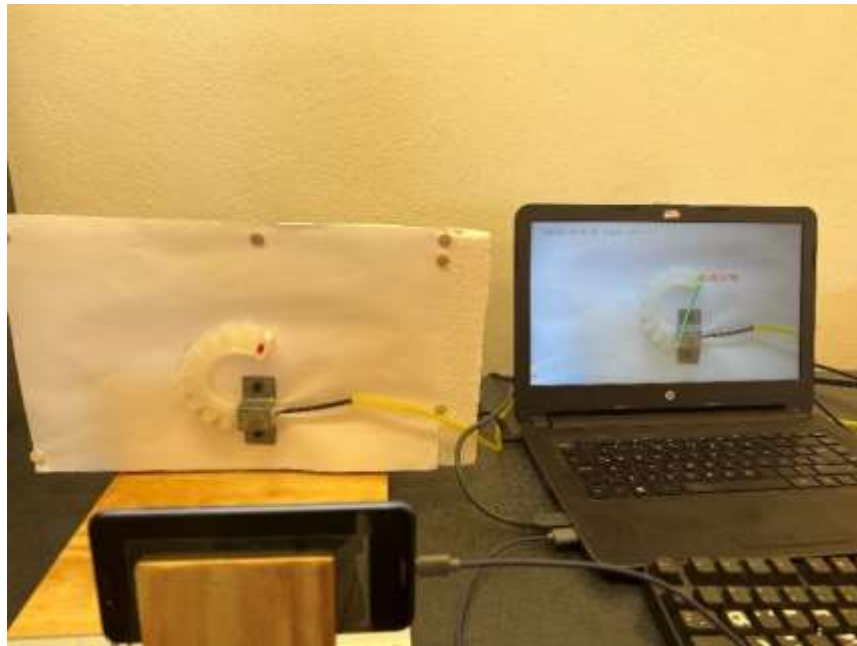
**Figura 4.1.** Diagrama eléctrico para la manipulación del PneuNet



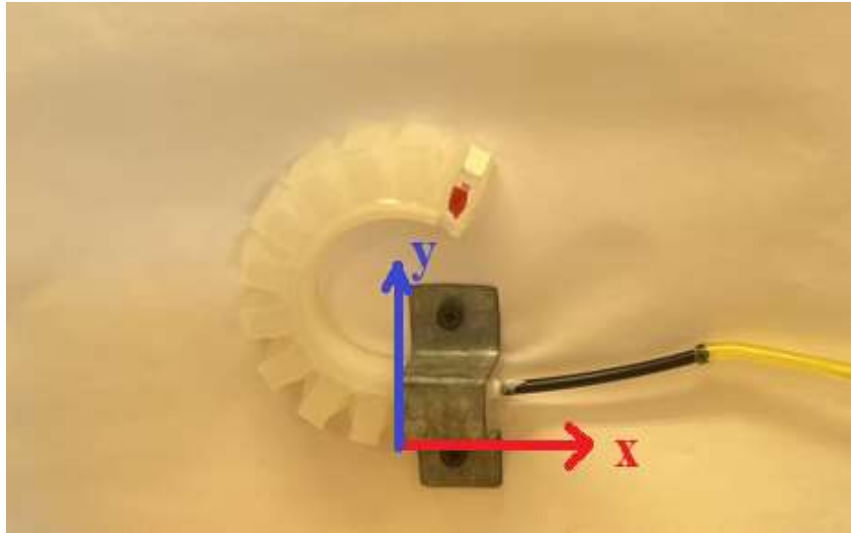
## 4.2. Estructura experimental

El equipo experimental es mostrado en la Figura 4.2, que consiste en una estructura de madera para que sea fácil de transportar y poder realizar experimentos en cualquier laboratorio o Universidad, la distancia del robot suave y la cámara están ubicada a 25cm en el eje z y la altura de la cámara está a 10cm de la base la tabla. La estructura tiene un soporte para el teléfono usado para captura de video, y una pared blanca en la que se empotra el robot suave. El soporte del robot es asignado el sistema de referencia globales del robot, tal como se observa en la Figura 4.3. El control es realizado a través de una Laptop mediante el lenguaje de programación de propósito general software Python.

**Figura 4.2** Estructura experimental



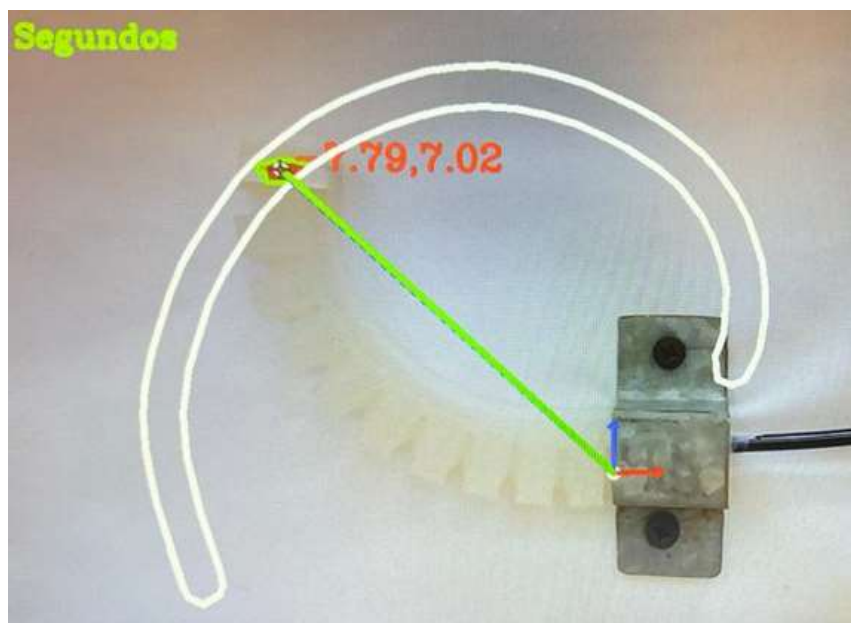
**Figura 4.3** Sistema de coordenadas del robot suave



### 4.3. Área de trabajo

El área del trabajo también conocido como espacio de trabajo se define como los puntos que puede alcanzar el efector final del robot suave. En la Figura 4.4 se muestra en color blanco el espacio de trabajo alcanzable del robot, es diferente a los robots rígidos.

**Figura 4.4** Área de trabajo del robot suave



## 5. Resultados experimentales

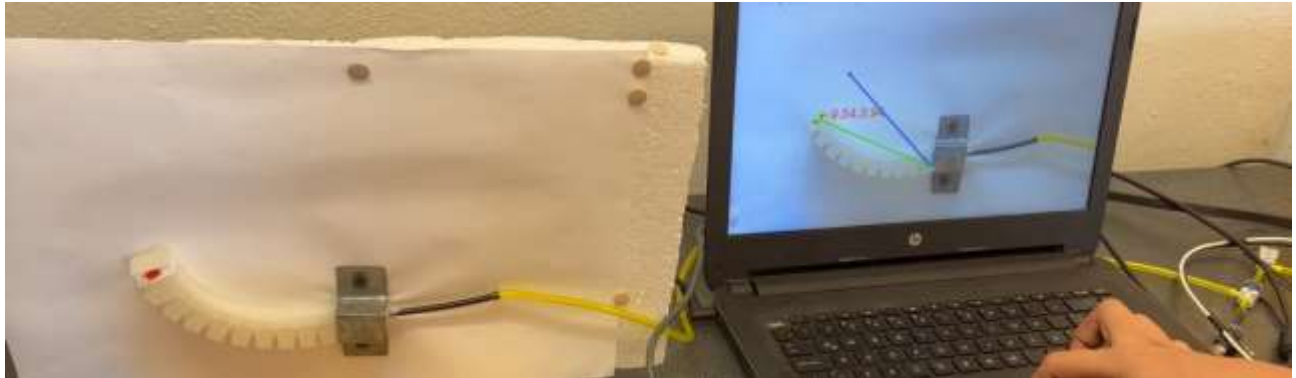
En esta sección se muestra manipulación de un robot suave mediante un control clásico como es el control PID, la retroalimentación de la posición final es a través de una cámara de un celular convencional. Se realizaron cuatro experimentos para probar el algoritmo de control y la plataforma experimental; para demostrar el buen funcionamiento de robot suave. En la Figura 5.1 se observa un diagrama de bloque donde se explica el algoritmo de control empleado para la manipulación del robot suave.

**Figura 5.1.** Diagrama de bloques para el control del robot suave



En la Figura 5.2 muestra el equipo experimental empleado para las pruebas, el lazo izquierdo muestra en robot suave con la marca en color rojo en el efector final; del lazo derecho una computadora con el video del robot suave, en la pantalla muestra las señales: en color azul la señal de referencia y en color verde la posición real del efector final del robot suave.

**Figura 5.2** Señales de posición del robot suave

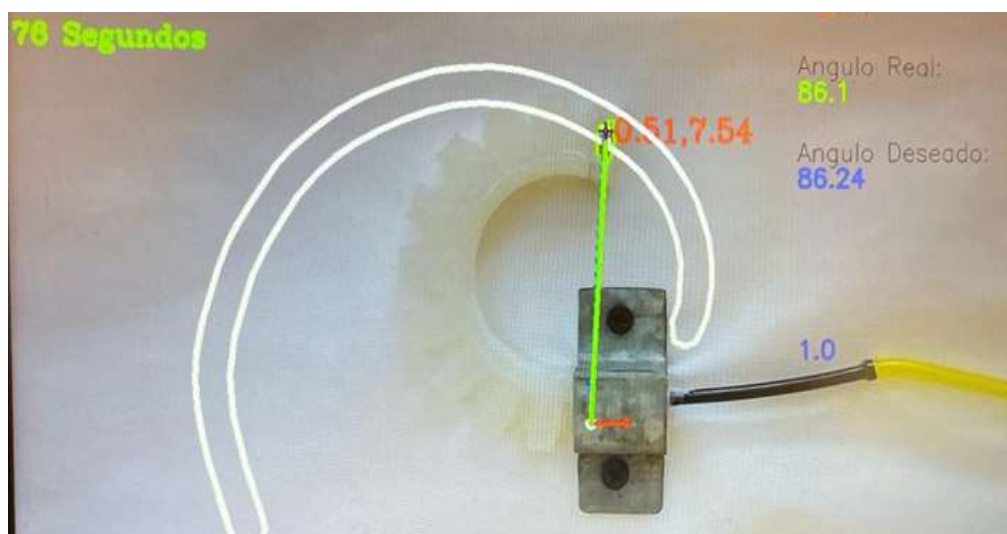


Para el control del PneuNet se utiliza un programa que compara la posición del efector final del robot y la del cursor de la pantalla de la laptop. El programa tiene el controlador PID y es la encargada que las electroválvulas se activen o desactiven de acuerdo con la posición del cursor, si este está por delante, aumenta la presión interna del PneuNet, si está detrás esta disminuye la presión, pero, si las coordenadas del efector final y del cursor coinciden dentro de un margen establecido, se considera que llegó a su posición final, deteniendo el suministro de aire y el soft robot permanece hasta que el cursor cambie de posición.

### 5.1. Experimento 1

El primer experimento consiste en asignar un punto en el área de trabajo del robot suave dada por el usuario y el robot debe llegar a ese punto asignado, la retroalimentación es a través de visión. En la Figura 5.3 se observa que posición deseada es  $x = 0.51\text{cm}$  y en  $y = 7.54\text{ cm}$ ; llega casi a la máxima rotación flexión del robot suave, y como se observa el robots suave se aproxima a la posición deseada, lo que garantiza que el controlador PID fueron bien calculas  $k_p = 0.69$ ,  $k_i = 0.012$ ;  $k_d = 0.17$ .

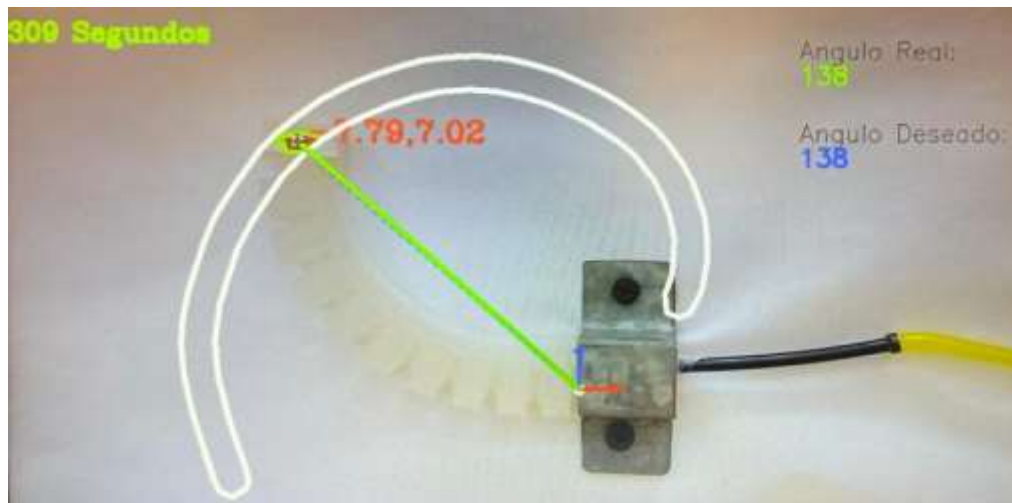
**Figura 5.3** Primer experimento del robot suave



### 5.2. Experimento 2

El segundo experimento consiste en llega casi a la mitad de rotación flexión del robot suave, de igual forma se asigna un punto en el área de trabajo del robot suave. En la Figura 5.4 se observa que posición deseada es  $x = -7.49\text{cm}$  y en  $y = 7.02\text{ cm}$ ; y como se observa el robot suave se aproxima a la posición deseada, lo que garantiza que el controlador PID funciona correctamente con los mismos parámetros del controlador que el experimento 1.

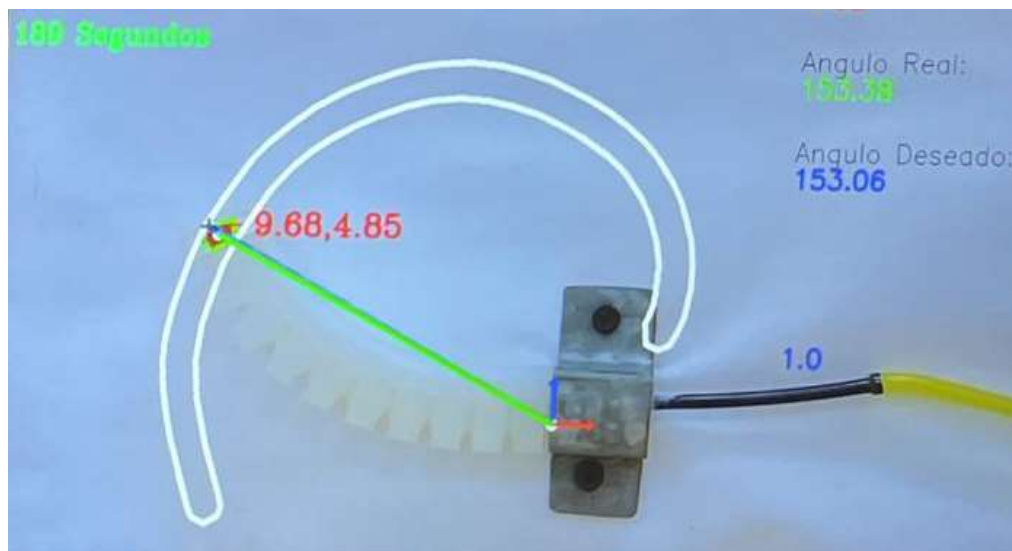
**Figura 5.4** Segundo experimento del robot suave



### 5.3. Experimento 3

El tercer experimento consiste en llegar casi a la mínima de rotación flexión del robot suave, de igual forma se asigna un punto en el área de trabajo del robot suave. En la Figura 5.5 se observa que posición deseada es  $x = -9.68$  cm y en  $y = 4.85$  cm; y como se observa el robot suave se aproxima a la posición deseada 153.06 grados y un error de 0.32 grados, lo que garantiza que el controlador PID funciona correctamente con los mismos parámetros del controlador que el experimento 1.

**Figura 5.5** Tercer experimento del robot suave

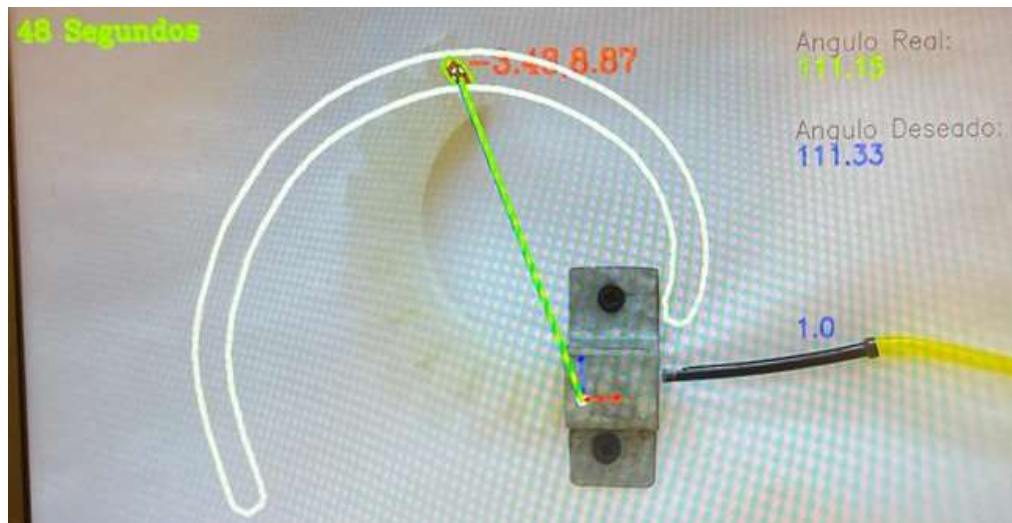


### 5.4. Experimento 4

El cuarto experimento consiste en llegar a una de rotación flexión del robot suave donde tenga menos fatiga, de igual forma se asigna un punto en el área de trabajo del robot suave. En la Figura 5.6 se observa que posición deseada es  $x = -3.48$  cm y en  $y = 8.87$  cm; y como se observa el robot suave se aproxima a la posición deseada 111.33 grados y tiene un error pequeño de 0.18 grados, lo que garantiza que el controlador PID funciona correctamente con los mismos parámetros del controlador que el experimento 1.



**Figura 5.6** Tercer experimento del robot suave



## 6. Agradecimiento

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad de Colima por las facilidades otorgadas para utilizar las instalaciones en especial al Laboratorio de Robótica.

## 7. Conclusiones

Una plataforma experimental de un robot suave en arquitectura abierta y de bajo costo es construida para implementar algoritmos de control. Se construye un robot suave con las dimensiones estándares de un dedo de una mano para su estudio en la morfología del actuador pneunet y su comportamiento en la rotación flexión.

El molde del robot suave es diseñado en SolidWorks y es construida en una impresora 3D con filamento PLA. El costo del molde es relativamente barato. El robot suave fue fabricado con mezcla elastómera altamente elástico y deformable; se aplicó pruebas de funcionalidad del robot suave en lazo abierto para cerciorarse que no tenga fugas de aire.

Se aplican tres pruebas experimentales al robot suave en tres momentos de rotación con baja, media y alta flexión, teniendo muy buenos resultados y errores menores a un 0.30 grados, aplicando un algoritmo de control lineal PID y teniendo como retroalimentación la posición del efector final del robot suave mediante una cámara de un celular.

Como trabajo futuro mejorar el proceso de fabricación de los futuros robots suaves y nuevos diseños con más grados de libertad. Obtener el análisis cinemático y dinámico del robot suave para implementar algoritmos de control no lineal, para realizar trabajos de robots suaves cooperativos y manipulación de objetos.

## 8. Referencias

- Alici, G. (2018). Softer is Harder: What Differentiates Soft Robotics from Hard Robotics? *Faculty of Engineering and Information Sciences*.
- Decroly, G., Toncheva, A., Blanc, L., Raquez, J.-M., Lessinnes, T., Delchambre, A., & Lambert, P. (2020). Programmable Stimuli-Responsive Actuators for Complex Motions in Soft Robotics: Concept, Design and Challenges. *Actuators*, 9(4), 131. <https://doi.org/10.3390/act9040131>
- El-Atab, N., Mishra, R. B., Al-Modaf, F., Joharji, L., Alsharif, A. A., Alamoudi, H., Diaz, M., Qaiser, N., & Hussain, M. M. (2020). Soft Actuators for Soft Robotic Applications: A Review. *Advanced Intelligent Systems*, 2(10), 2000128. <https://doi.org/10.1002/aisy.202000128>

- festo. (2022). [https://www.festo.com/mx/es/c/productos/automatizacion-industrial/valvulas-y-terminales-de-valvulas/valvulas-reguladoras-de-caudal-id\\_pim119/](https://www.festo.com/mx/es/c/productos/automatizacion-industrial/valvulas-y-terminales-de-valvulas/valvulas-reguladoras-de-caudal-id_pim119/).
- G. Robinson, & J. B. C. Davies. (1999). Continuum robots - a state of the art. *Proceedings IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 4, 2849–2854.
- Gilbert, H. B. (2021). *On the Mathematical Modeling of Slender Biomedical Continuum Robots*. <https://doi.org/10.3389/frobt.2021.732643>
- Huang, Y., Yu, Q., Su, C., Jiang, J., Chen, N., & Shao, H. (2021). *Light-Responsive Soft Actuators: Mechanism, Materials, Fabrication, and Applications*. <https://doi.org/10.3390/act10110298>
- Li, M., Pal, A., Aghakhani, A., Pena-Francesch, A., & Sitti, M. (2022). Soft actuators for real-world applications. *Nature Reviews Materials*, 7(3), 235–249. <https://doi.org/10.1038/s41578-021-00389-7>
- Martín Barrio, A., Terrile, S., Barrientos, A., & del Cerro, J. (2018). Robots Hiper-Redundantes: Clasificación, Estado del Arte y Problemática. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 15(4), 351. <https://doi.org/10.4995/riai.2018.9207>
- Mészáros, A., & Sárosi, J. (2022). Soft Robotics. *Analecta Technica Szegedinensia*, 16(1), 8–13. <https://doi.org/10.14232/analecta.2022.1.8-13>
- Mosadegh, B., Polygerinos, P., Keplinger, C., Wennstedt, S., Shepherd, R. F., Gupta, U., Shim, J., Bertoldi, K., Walsh, C. J., & Whitesides, G. M. (2014). Pneumatic Networks for Soft Robotics that Actuate Rapidly. *Advanced Functional Materials*, 24(15), 2163–2170. <https://doi.org/10.1002/adfm.201303288>
- smooth-on*. (2022). <https://www.smooth-on.com/products/ecoflex-00-30/>.
- Trivedi, D., Rahn, C. D., Kier, W. M., & Walker, I. D. (2008). Soft robotics: Biological inspiration, state of the art, and future research. *Applied Bionics and Biomechanics*, 5(3), 99–117. <https://doi.org/10.1080/11762320802557865>
- vevor*. (2022). [https://www.vevor.mx/?Gclid=CjwKCAjwqJ5W9pxaqtEXL5ZaE1LQC8FnyRiHgWzMdwfRhUEkqV\\_FbJ9BeVaUeMfzq9xoC0YoQAvD\\_BwE](https://www.vevor.mx/?Gclid=CjwKCAjwqJ5W9pxaqtEXL5ZaE1LQC8FnyRiHgWzMdwfRhUEkqV_FbJ9BeVaUeMfzq9xoC0YoQAvD_BwE).
- Woo Sohn, J., Soo Kim, H., Bernat, J., Gajewski, P., Kapela, R., Marcinkowska, A., & Superczy, P. (2022). *Design, Fabrication and Analysis of Magnetorheological Soft Gripper*. <https://doi.org/10.3390/s22072757>

## Capítulo 2 La Ingeniería en Sistemas de Seguridad. Caso de Aplicación

### Chapter 2 The Engineering in Security Systems. Use Case

CHARRE-IBARRA, Saida†\*, GARCÍA-RODRÍGUEZ, Jennifer, VICTORIA-PINTO, Isis y ALCALÁ-RODRÍGUEZ, Janeth

*Universidad de Colima, Facultad de Ingeniería Electromecánica, Carretera Manzanillo-Barra de Navidad Km. 20.5, El Naranjo, 28860, Manzanillo, Colima, México*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Saida, Charre-Ibarra / **ORC ID:** 0000-0002-3823-5388, **Researcher ID Thomson:** Q-6851-2018

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Jennifer, García-Rodríguez / **ORC ID:** 0000-0002-0857-6130

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Isis, Victoria-Pinto / **ORC ID:** 0000-0002-3309-7502

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Janeth A, Alcalá Rodríguez / **ORC ID:** 0000-0002-0238-3952

## Resumen

En el presente trabajo se describe el diseño y construcción de un sistema de seguridad que tiene la finalidad de evitar la intrusión, robo o pérdidas en propiedades privadas. Se introduce al tema a través de modelos ya existentes y trabajos desarrollados con el mismo objetivo. El proyecto utiliza sensores ultrasónicos y magnéticos para detectar la intromisión en espacios restringidos y se programa en la plataforma de código abierto Arduino® para leerlos y activar las alarmas del sistema. Cuenta con un sistema de comunicación móvil para que el usuario sea advertido de que alguien a ingresado a su propiedad y actúe para protegerla. Se realiza el diseño y cálculo de las etapas electrónicas mostrando una aplicación de la ingeniería que contribuye en la seguridad del ser humano.

## Sensores, Detectores, GSM, Seguridad, Arduino

### Abstract

This paper describes the design and construction of a security system that aims to prevent intrusion, theft or loss on private property. It introduces itself to the subject through existing models and works developed with the same objective. The project uses ultrasonic and magnetic sensors to detect intrusion into restricted spaces and programs on the open-source platform Arduino to read them and activate system alarms. It has a mobile communication system for the user to be warned that someone has entered their property and act to protect it. The design and calculation of the electronic stages is performed showing an application of engineering that contributes to human safety.

## Sensors, Detectors, GSM, Security, Arduino

### 1. Introducción

Los sistemas de seguridad no son un tema nuevo, se han estado usando desde que la necesidad de las personas por proteger su integridad física o sus pertenencias se hizo presente, un ejemplo muy rudimentario sería la implementación de animales (mascotas, normalmente caninos) para avisar en caso de emergencia (intrusos).

Claro que en los últimos años la seguridad, tanto del hogar como en establecimientos, ya sean de comercio u oficinas, se ha alejado de los paneles de control simples y las cerraduras de cerrojo, es más común encontrar circuitos cerrados de televisión (cámaras) junto con sistemas de alarmas, también con la tecnología de hoy en día los cerrajeros han comenzado a ofrecer cosas como entradas sin llave para los propietarios, así que la seguridad en general se ha convertido en dispositivos de alta tecnología geniales y codiciados que componen elementos en las listas de deseos de muchos propietarios.

Los sistemas de seguridad actuales no son simplemente el producto de desarrollos tecnológicos de los últimos años; las bases para los sistemas de seguridad inteligentes se sentaron hace generaciones. Para comprender cómo la seguridad evolucionó hasta convertirse en lo que es hoy, es importante revisar la evolución (Hoyle's Electronic, 2016).

En 1871 cuando Edward A. Calahan inventó el teletipo, así como los tableros de acciones, y creó el primer sistema de alarma monitoreado, éste a diferencia de los sistemas monitoreados de hoy, que aunque funcionan con los mismos principios usan líneas telefónicas e internet, fueron monitoreados por telégrafo, e incluso creó una estación central de monitoreo para rastrear alarmas (ADT, 2014).

Luego cuando terminó la Primera Guerra Mundial y siguió en aumento la delincuencia, los estadounidenses ansiosos por encontrar formas de protegerse y proteger su propiedad crearon diferentes medidas para protegerse como fue el servicio llamado sacudidores de puertas, un grupo de vigilantes nocturnos que agitaban las puertas de los suscriptores cada noche para asegurarse de que estuvieran cerradas o instalaban un sistema de alarma que usaba contactos electromagnéticos sujetos a puertas y ventanas, que estaban conectados a una batería y un timbre, estos sistemas eran monitoreados por una estación central que enviaba un guardia a la residencia cuando se activaba la alarma.



Finalmente, en 1968, Olean, Nueva York se convirtió en la primera ciudad en instalar cámaras de vigilancia en público (Siegel, 2020), si bien la tecnología de videovigilancia se desarrolló en la década de 1940, no fue hasta la década de 1970 que se utilizó en los hogares como medida de seguridad, luego con la llegada del Internet se crearon las cámaras en red (cámaras con direcciones IP que transmiten vídeo a través de Ethernet) que estuvieron disponibles por primera vez en 1996.

En las últimas dos décadas, los sistemas cableados se han vuelto menos comunes, ya que se han creado sistemas que se basan principalmente en el monitoreo celular que usa el monitoreo de internet como respaldo, también está el surgimiento de servicios interactivos que permiten a los usuarios acceder a sus hogares a través de un navegador web o una aplicación, así como el enfoque de bricolaje: los compradores podían comprar varios componentes de las empresas de seguridad del hogar e instalar los sensores inalámbricos ellos mismos, sin la necesidad de instalación profesional.

Con lo anterior vemos que hoy en día se utilizan, junto con una seguridad física y monitoreados las 24 horas del día por los centros de monitoreo remoto, sistemas que incluyen detectores de movimiento infrarrojos y sensores en ventanas y puertas, estos también notifican al propietario (y si es necesario, al personal de emergencia, cuya pronta llegada a menudo detiene una intrusión), estos sistemas también tienen un fuerte efecto disuasorio, lo que hace que los hogares sin sistemas de seguridad monitoreados sean hasta tres veces más propensos a ser robados que aquellos con sistemas.

Como se mencionó al inicio, los trabajos que se relacionan con sistemas de seguridad son bastantes, un ejemplo es el trabajo publicado en el año 2016 por Nixon Emiliano Vargas Mamani “Sistema de Supervisión Remota para Domicilios u Oficinas Mediante la RED GSM y GPRS” donde se deseaba diseñar un sistema de supervisión domiciliaria remota mediante la red GSM/GPRS, este trabajo logró cumplir todos los objetivos trazados tanto en software como hardware (Alcon, Mamani & Emiliano, 2016).

Otro trabajo publicado en el año 2015 por Lima Ortega Edgar Joaquin y Espillico Condori José Luis “Diseño e Implementación de un Sistema Integral de Seguridad, Controlado y Monitoreado en Forma Local y Remota Mediante las Redes de Comunicación para Las Agencias de Caja Rural – Los Andes S.A.”, donde se proponían proporcionar una solución en el planeamiento de un sistema integral aplicado a la seguridad en las distintas agencias de Caja Rural - Los Andes S.A., utilizando las redes de comunicación, con este trabajo lograron obtener una seguridad y vigilancia confiable a través de un sistema CCTV (Circuito Cerrado de Televisión), también el sistema de alarma funciona tanto local como remotamente aún con las dificultades tecnológicas que podrían haber por ser el ambiente de trabajo de la empresa el sector rural.

Por otro lado el trabajo publicado en febrero del 2015 por Augusto Daniel Aviles Salazar y Karen Lizbeth Cobeña Mite “Diseño e Implementación de un Sistema de Seguridad a través de Cámaras, Sensores y Alarma, Monitorizado y Controlado Telemétricamente para el Centro de Acogida “Patio mi Pana” Perteneciente a la Fundación Proyecto Salesiano” de la Universiada Politécnica Salesiana, Ecuador, cuyo objetivo es diseñar e implementar un sistema de seguridad utilizando el microprocesador 18F4550 y dispositivos adecuados para el monitoreo telemétrico de este centro de acogida, este proyecto logra cumplir sus metas y concluyen que este sistema se puede implementar en otros locales, aunque se debe de tomar en cuenta el costo que instalar este sistema pondría, también recomiendan que en caso de usarlo uses un breaker independiente para no interferir con las conexiones eléctricas ya existentes, también recomiendan que se programe un tiempo determinado para que el sistema quede armado, de esta manera no se muestran falsas alarmas.

Lo anterior expone la aplicación de la tecnología en los sistemas de seguridad con la finalidad de hacerlos escalables, adaptables y seguros en mayor grado.

Por lo que el presente trabajo tiene el objetivo de mostrar el proceso de diseño y construcción de un sistema de seguridad aplicando tecnologías electrónicas, lo cual podría reducir o eliminar costos relacionados con personal de seguridad.

## 2. Dispositivos para sistemas de seguridad

A continuación, se describen los componentes y dispositivos utilizados para el desarrollo del sistema de seguridad.

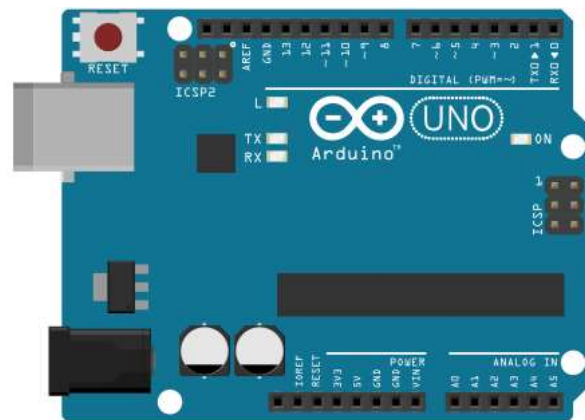
### Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado, en el cual posee en su interior toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memoria RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida. Después de programarlo el microcontrolador solo realiza la tarea para la cual ha sido programado. Sus líneas de entrada y salida se conectan a sensores y actuadores para automatizar el control de algún dispositivo. (Angulo, et al., 2006).

Microcontrolador Arduino:

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, ver figura 1. Estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla.

**Figura 1** Arduino Uno



*Fuente: (Arduino, s.f.)*

Características de Arduino uno (Arduino, s.f.):

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje Operativo: 5v
- Voltaje de Entrada (Recomendado): 7 – 12 v
- Pines de Entradas/Salidas Digital: 14 (De las cuales 6 son salidas PWM)
- Pines de Entradas Análogas: 6
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del Reloj: 16 MHZ.

### Partes de los sistemas de alarmas

#### Central procesadora

Es la CPU (Central Processing Unit) del sistema. En ella se albergan la placa base, la fuente y la memoria central. Esta parte del sistema es la que recibe las diferentes señales que los diferentes sensores pueden emitir, y actúa en consecuencia, disparando la alarma, comunicándose con "el servicio de monitoreo" por medio de un módem, comunicador incorporado o no por TCP/IP, GPRS o Transmisor de radio. Se alimenta a través de corriente alterna y de una batería respaldatoria, que, en caso de corte de la energía, le proporcionaría una autonomía al sistema de entre 12 horas y 4 días (dependiendo de la capacidad de la batería) (TTCS, S.L., s.f.).

## Sirena

Una sirena de alarma es un dispositivo disuasorio que emite un potente aviso sonoro cuando se produce un salto de alarma por una posible intrusión, ver figura 2. Su objetivo es, por un lado, disuadir al posible ladrón y, por otro, alertar a los propietarios del hogar o negocio afectado (Securitas, s.f.).

**Figura 2** Sirena de alarma



*Fuente: (Securitas, s.f.)*

## Detectores

Un sensor perimetral protege las zonas exteriores (perimetrales) de viviendas y negocios. Un perimetral sirve como sistema de detección previa de intrusiones; es decir, avisa de la posible presencia de intrusos en los alrededores de un inmueble, como terrazas, jardines, aparcamientos o porches.

Estos detectores, al localizar una presencia no autorizada, alertan a quienes están en el interior del inmueble de que hay un intruso en el perímetro protegido, lo que puede suponer un peligro inmediato para ellos. Algunos de estos dispositivos capturan, además, imágenes de la intrusión (fotografías o fragmentos de vídeo) para enviarlas a la central receptora de alarmas, donde serán estudiadas para activar el protocolo de seguridad pertinente (Asesoralarmas, s.f.).

## Módulo LCD

Las siglas LCD significan “Liquid Cristal Display” ó pantalla de cristal líquido. Es una pantalla plana basada en el uso de una sustancia líquida atrapada entre dos placas de vidrio, haciendo pasar por éste una corriente eléctrica a una zona específica, para que así esta se vuelva opaca, ver figura 3. En las pantallas LCD de color, cada píxel individual se divide en tres cédulas o subpíxeles con los colores RGB (Rojo, Verde y Azul) respectivamente. Y así cada píxel puede controlarse para producir una gran variedad de colores distintos.

**Figura 3** Módulo LCD



*Fuente: (Corona, et al., s.f.)*

## Sistemas de alarmas

Los sistemas de alarmas detectan amenazas en el espacio, ya sean incidentes que provengan del interior o exterior del negocio. Varias alarmas, en conjunto, pueden constituir un sistema de seguridad y su función es dar aviso para tomar medidas inmediatas. Algunas de estas situaciones de riesgo son:

- El ingreso de intrusos a un área protegida.
- Violación de ventanas o puertas.
- La presencia de humo en el ambiente e inicio de un incendio.
- Fuga de agua o de gases tóxicos.

### Tipos de alarmas de seguridad

- Alarmas de sensores de puertas y ventanas: Este tipo de alarma crea un sonido que indica cada vez que se abre una puerta o ventana y también se puede configurar para activar alertas si se enciende una luz, ver figura 4. Las alertas se pueden enviar a un dispositivo de teléfono inteligente y se pueden monitorear de forma remota. Estos sistemas son diferentes de las alarmas y pueden usarse por una variedad de otras razones además de mantener alejados a los ladrones.

**Figura 4** Alarma con sensores de puertas y ventanas



*Fuente: (Vivint, s.f.)*

- Alarmas de humo: Si bien las alarmas de humo son un requisito legal en todos los hogares y negocios, existen nuevos avances en la tecnología que se pueden aprovechar para mayor seguridad. Si bien la mayoría de las alarmas de humo solo se activan si el humo las alcanza específicamente, algunas se pueden conectar, de modo que, si una en la casa detecta humo, todas sonarán para evitar que nadie pierda la alarma, ver figura 5.

El sistema de alarma se puede conectar para que las notificaciones se envíen al dispositivo de teléfono inteligente del usuario principal, haciéndole saber que la alarma se ha activado.

**Figura 5** Alarma de humo



*Fuente: (sds, s.f.)*

- Alarmas de seguridad: Además de mantener alejados a los ladrones, las alarmas de seguridad realmente ayudan a los propietarios a ahorrar dinero en su seguro de propietarios, ver figura 6. Debido a la característica de seguridad adicional, es menos probable que la persona presente una reclamación al seguro debido a objetos de valor robados.

Se ha comprobado que las casas que simplemente tienen un sistema de alarma instalado, ni siquiera necesariamente activado, tienen menos probabilidades de ser asaltadas que las casas que no tienen ningún sistema de alarma. Además, los hogares que activan regularmente su sistema de alarma tienen una probabilidad aún menor de ser asaltados (Jackson, 2017).

**Figura 6** Alarmas de seguridad



*Fuente: (Jackson, 2017)*

## Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el otro sistema. Un sensor convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible (o a veces una señal digital) convertido en una pantalla legible por humanos o transmitido para lectura o procesamiento posterior.

Uno de los sensores más conocidos es el micrófono, que convierte la energía del sonido en una señal eléctrica que se puede amplificar, transmitir, grabar y reproducir.

## Tipos de sensores aplicados en sistemas de seguridad

- Sensor de movimiento: Un sensor de movimiento o detectores de presencia es un dispositivo electrónico que registran el movimiento en un área determinada mediante emisores y receptores de señales, dependiendo de las características del transductor es la señal obtenida, ver figura 7.

**Figura 7** Sensor de movimiento



*Fuente: (Arduino, s.f.)*

- **Sensor de humo:** Los detectores de humo son dispositivos pensados, en el ámbito edificatorio, para detectar la presencia de un incendio en el interior de un edificio, ver figura 8. La palabra *humo* hace referencia a la existencia de productos derivados de una combustión ineficiente con partículas en suspensión (cenizas, entre otros). En el ámbito técnico, es preferible hablar de detectores de incendios, puesto que en el caso de una combustión en la que se generen gases únicamente no puede hablarse de *humo*.

Los detectores de humo o de incendios pueden ser analógicos (indican nivel de la sustancia o magnitud medida, por ejemplo, concentración de un elemento generado durante el incendio) o digitales (detectan presencia o variación de humo, pero sin poder cuantificar el nivel) (SyP, 2017).

**Figura 8** Sensor de humo



*Fuente: (SyP, 2017)*

- **Sensor de pánico:** Las alarmas de seguridad disponen de diferentes formas para notificar a la Central receptora de Alarmas lo que está ocurriendo en la instalación donde se encuentra el sistema de seguridad, llegando señales con distintas prioridades y variedades como, por ejemplo, un detector de movimiento que tiene la batería baja, salto de alguna zona, una situación de coacción o el caso que nos ocupa: aviso por botón de pánico, ver figura 9.

**Figura 9** Sensor de pánico



*Fuente: (ca, 2022)*

- **Sensor de rotura de vidrio:** Los detectores de rotura de vidrio complementan los sensores de puertas y ventanas al monitorear el sonido o la vibración, ver figura 10. Cuando detectan la frecuencia o las ondas de choque asociadas con la rotura del vidrio, hacen sonar una alarma. Estos dispositivos son excelentes adiciones a la seguridad del hogar porque pueden permanecer armados todo el tiempo, a diferencia de los detectores de movimiento, que deben apagarse cuando alguien autorizado está en el área restringida (Tholen, 2021).

**Figura 10** Sensor de rotura de vidrio

*Fuente: (Tholen, 2021)*

- Sensor magnético: Son aquellos que permiten efectuar mediciones sin contacto de alta precisión y en tiempo real, se pueden encontrar algunos con un chip el cual tiene un magneto de elemento resistivo para la detección de un vector magnético y un imán, ver figura 11. En otras palabras, son sensores que detectan los campos magnéticos provocados por los imanes o las corrientes eléctricas.

**Figura 11** Sensor magnético

*Fuente: (Corona, et al., 2014)*

## Sistema GSM

El sistema GSM (Sistema global de comunicaciones móviles) es un sistema de telefonía celular para la transmisión digital de voz y datos con una gran calidad que se está extendiendo por todo el mundo. Para poder utilizarlo, debe disponer de un teléfono celular compatible, abonarse al servicio GSM, utilizar un cable GSM y emplear un software de comunicaciones compatible con GSM.

El sistema GSM proporciona al módem características de línea terrestre y de telefonía digital GSM; puede utilizar el módem para transferir datos por las líneas telefónicas o para realizar la transmisión a través de un teléfono celular. Puede enviar y recibir archivos, faxes y mensajes cortos (SMS), y acceder a servicios en línea y a Internet. Puede efectuar estas transferencias de datos desde cualquier lugar dentro el área de cobertura de su proveedor de servicios de telefonía GSM.

El GPRS SIMCOM SIM900 GSM Quad band GSM shield es una tarjeta ultra compacta de comunicación inalámbrica, ver figura 12. Además, es compatible con todos los modelos de Arduino. Por último, la tarjeta está basada en el módulo SIM900 GSM 4. El GPRS está configurado y controlada por vía UART usando comandos AT. Por lo tanto, sólo conecta la tarjeta al microcontrolador, Arduino, etc., y comienza a comunicarte a través de comandos AT. Ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control, mandar mensajes de texto a celulares, etc. (HETPRO, s.f.).



**Figura 12** SIM900

*Fuente: (Arduino, s.f.)*

### Especificaciones del GSM

- Totalmente compatible con Arduino.
- Conexión con el puerto serial.
- Quad-Band 850/ 900/ 1800/ 1900 Mhz
- GPRS multi-slot clase 10/8
- GPRS mobile station clase B.
- Compatible GSM fase 2/2+
- Clase 4 (2 W (AT) 850 / 900 MHz).
- Clase 1 (1 W (AT) 1800 / 1900MHz).
- TCP/UP embebido.
- Soporta RTC.
- Consumo de 1.5 mA (susp).

### Relé

Es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor, abrir y cerrar el paso de la corriente eléctrica, pero accionado eléctricamente, ver figura 13. El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán, por eso también se llaman relés electromagnéticos o relevador. El relé está compuesto de una bobina conectada a una corriente. Cuando la bobina se activa produce un campo electromagnético que hace que el contacto del relé que está normalmente abierto se cierre y permita el paso de la corriente por un circuito para, por ejemplo, encender una lámpara o arrancar un motor. Cuando dejamos de suministrar corriente a la bobina, el campo electromagnético desaparece y el contacto del relé se vuelve a abrir, dejando sin corriente el circuito eléctrico que iba a esa lámpara o motor (SEAS, 2019).

**Figura 13** Módulo relevador relé 2 canales

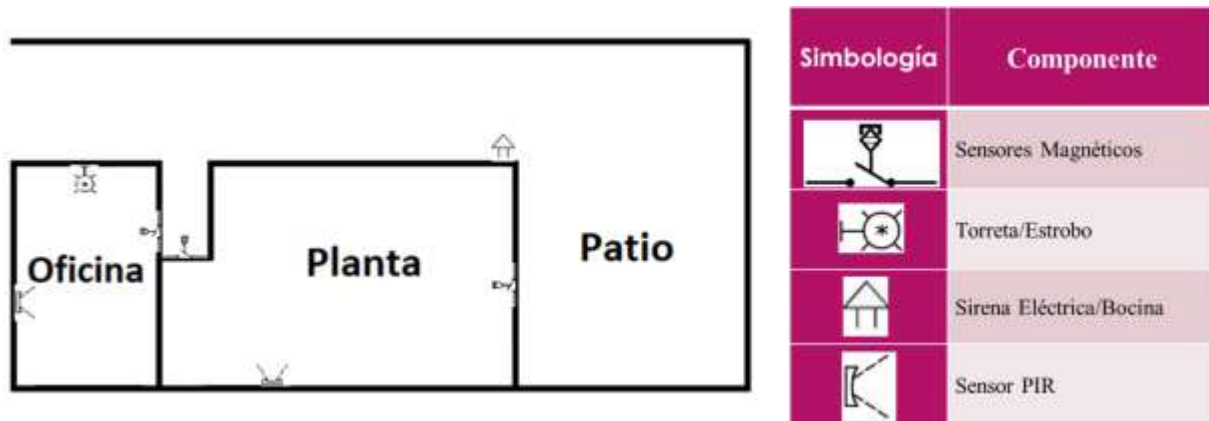
*Fuente: (Corona, et al., 2014)*



### 3. Lógica de programación

En la figura 14 se plantea un mapa de las instalaciones físicas utilizadas para el diseño del sistema de seguridad, es un edificio dedicado al llenado de botellas de agua. En él se puede observar la ubicación de los diferentes dispositivos utilizados para hacer el monitoreo de la seguridad de éstas, así como los dispositivos de alarma.

**Figura 14** Mapa de las instalaciones físicas

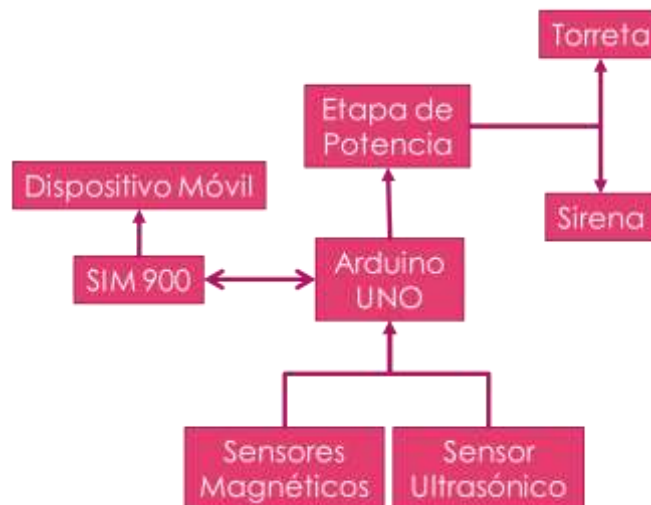


*Fuente: Elaboración Propia*

La figura 15 muestra el diagrama general del sistema para realizar la programación, en él se observa que cuando alguno de los sensores se activa, manda una señal al Arduino, una vez recibida la señal, el Arduino se encarga de mandar una señal al SIM 900 y éste a su vez manda un mensaje o llamada al dispositivo móvil para comunicarse con el usuario.

Por último, el Arduino también envía una señal a la etapa de potencia, activando la sirena y la torreta para que alerten de la intrusión del espacio monitoreado.

**Figura 14** Diagrama general del sistema



*Fuente: Elaboración Propia*

Para trabajar con el entorno de desarrollo de Arduino se debe configurar las comunicaciones entre la placa Arduino y el PC. Para ello se debe abrir el menú "Herramientas" en la opción "Puerto serial". En esta opción se debe seleccionar el puerto serie al que está conectada la placa.

A continuación, se muestran las funciones y variables que se utilizan en la programación del sistema de seguridad:

## Tipos de estructuras

### Void

Se utiliza sólo en la declaración de funciones. Se indica con esta función un conjunto de instrucciones que podrán ser llamados en un “void loop” o ciclo del programa cuando estos sean necesarios.

### void setup

La función de configuración se llama cuando se inicia el programa. Se utiliza para inicializar variables, modos de pasador, comience a usar las bibliotecas, etc. La función de configuración sólo se ejecutará una vez, después de cada arranque o reinicio de la placa Arduino.

### void loop()

Después de crear una función de configuración (), que inicializa y establece los valores iniciales, la función de bucle () hace exactamente lo que su nombre sugiere, y los bucles de forma consecutiva, lo que permite el programa cambiar y responder.

## Tipo de variables

### Char

Es un tipo de dato que ocupa 1 byte de memoria que almacena un valor de carácter. Literales de caracteres se escriben entre comillas simples, como: 'A'. este tipo de dato permite ir guardando caracteres uno a uno.

### String

Permite usar y manipular cadenas de texto en formas más complejas. Puede concatenar cadenas, anexas a ellos, buscar y reemplazar subcadenas, y mucho más. Se necesita más memoria que un simple arreglo de caracteres.

### Int

Es un tipo de variable que permite almacenar un número entero.

### Boolean

Este tipo de variable permite declarar una condición inicial entre un valor verdadero o falso y es usado por lo general como una bandera.

## Librerías y comunicación serial

### SoftwareSerial.h

El SoftwareSerial permite la comunicación en serie en pines digitales del Arduino a los dispositivos conectados. De esta forma se utiliza el software para la comunicación entre microcontrolador y SIM900.

### NewPing.h

Esta librería es utilizada para controlar el sensor ultrasónico permite configurar la salida y entrada del sensor, su distancia máxima de lectura para el análisis de la variable.

### SoftwareSerial SIM900

Esta librería permite iniciar la comunicación serial entre el Arduino y el SIM900, solo se ejecuta una vez en el programa.

### SIM900.begin(19200)

Esta librería permite configurar la velocidad en baudios de comunicación del SIM900.

## Tipo de funciones

### PinMode

Configura el pin especificado para comportarse bien como una entrada o una salida.

### DigitalRead

Lee el dato de una entrada digital.

**DigitalWrite**

Escribe el dato a una salida digital.

**indexOf**

Localiza un carácter o una cadena dentro de otra cadena. Por defecto, las búsquedas desde el principio de la cadena, pero también puede comenzar a partir de un determinado índice, lo que permite la localización de todas las instancias del carácter o cadena.

**Condición if**

Se utiliza para ejecutar una comparación de algún dígito o valor específico para realizar una acción en el momento que se valide dicha condición. tales como puede ser una entrada por encima de un determinado número.

En las tablas 1 y 2 se muestra la información acerca del tipo de conexiones de todos los dispositivos que se integraran al microcontrolador de igual manera la configuración que llevara ya sea entrada o salida y su respectivo pin.

**Tabla 1** Entradas y salidas digitales

Dispositivo	Pin	Entrada	Salida
MAG0	13	■	
MAG1	12	■	
MAG2	11	■	
MAG3	10	■	
TR1	9		■
SIM900	8		■
SIM900	7	■	
TR2	6		■
PIR0	5	■	
PIR1	4	■	
PIR2	3	■	
PIR3	2	■	
ULTRA TRIG	1		■
ULTRA ECHO	0	■	

*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 2** Entradas y salidas analógicas

Dispositivo	Pin	Entrada	Salida
VOLT	A0	■	
-----	A1		
-----	A2		
-----	A3		
-----	A4		

*Fuente: Elaboración Propia*

Las tablas integran toda la información en lo que se refiere a entradas y salidas en el código de programación.

#### 4. Diseño electrónico

El sistema se dividió en dos partes: la primera parte es la etapa de alimentación que consiste en los componentes necesarios para la conversión de la energía para suministrar a los distintos dispositivos que estarán conectados los cuales son tanto el panel de control como la alarma preventiva. La segunda parte es la etapa de control del sistema y se trata de una base con las conexiones necesarias para montar encima el Arduino y la tarjeta GSM/GPRS.



Para la etapa de potencia se utiliza un transistor TIP41C este permite manejar voltaje de hasta 100V en continua y corriente de colector máxima de 4A, estos valores toleran sin problemas las cargas de la alarma preventiva.

Ahora con la ganancia mínima de corriente de 30 ( $\beta_{CD} = 30$ ) según la hoja de datos del transistor. Si la corriente de carga de la sirena es de 0.620 A y de la torreta es de 0.220 A, la corriente de base se calcula con la ecuación (1) para los dos casos:

Para la sirena

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{CD}} \quad (1)$$

$$I_B = \frac{620 \text{ mA}}{30} = 20.66 \text{ mA}$$

Para la torreta

$$I_B = \frac{220 \text{ mA}}{30} = 7.33 \text{ mA}$$

Si se sabe que el voltaje entre los terminales de la resistencia RB es ( $V_B - 0.7V$ ), la fuente menos el voltaje base a emisor, Si  $V_B$  es de 5V que proporciona el microcontrolador, el voltaje en RB es 4.3V para ambos casos.

Ahora por ley de Ohm se obtiene el valor de la resistencia con la ecuación (2) para los dos casos:

Para la sirena

$$R_B = \frac{V_B - 0.7V}{I_B} \quad (2)$$

$$R_B = \frac{4.3}{20.66 \text{ mA}} \cong 208\Omega$$

Para la torreta

$$R_B = \frac{4.3}{7.33 \text{ mA}} \cong 586\Omega$$

Para ambos casos se utiliza una resistencia que se aproxime al valor calculado, para esto se tiene que comercialmente los valores de resistencias son de 220 $\Omega$  y 560 $\Omega$  respectivamente.

### Batería de respaldo

Para seleccionar el tipo de batería, se realiza la tabla 3 de especificaciones técnicas de los dispositivos que esta respaldaría, esto tomando en cuenta el voltaje de operación y la corriente ya sea en estado de "Stand by" o en uso máximo.

**Tabla 3** Consumo de los circuitos electrónicos

Dispositivo	Voltaje		Corriente
	Operación	Stand by	Máxima
SIM900 y Arduino UNO	12	500 mA	1A
4 sensor magnético	5	10 mA	20 mA
4 sensor Piro eléctrico	5	10 mA	15 mA
1 sensor ultrasónico	5	5 mA	10 mA
1 torreta	14.3	0	1A
1 sirena	14.3	0	300 mA
	Total	585 mA	2.45 A

Fuente: Elaboración Propia

Con los valores anteriores se decidió utilizar una batería de ácido-plomo ya que este tipo de baterías no requieren mantenimiento y son de bajo costo, la cual tiene características necesarias para operar sin problemas durante un lapso suficiente de tiempo sin perder su eficiencia esto con el fin de que el sistema siempre esté operando sin ningún problema y nunca pierda su configuración ni sus datos.

### Batería AGM/VRLA

Este tipo de baterías comúnmente conocidas por su composición de ácido-plomo, es un tipo de batería sellada que no requiere mantenimiento. Debido a su construcción, no requiere ventilación, La ventilación reducida es una ventaja, ya que se pueden utilizar en espacios reducidos o con poca ventilación. Se utilizan ampliamente en grandes aparatos eléctricos portátiles, sistemas eléctricos fuera de la red y funciones similares, en los que se necesitan grandes cantidades de almacenamiento a un costo menor que otras tecnologías de bajo mantenimiento, figura 18.

**Figura 178** Batería Epcom® de 12v a 4.5Ah



*Fuente: (syscom, s.f.)*

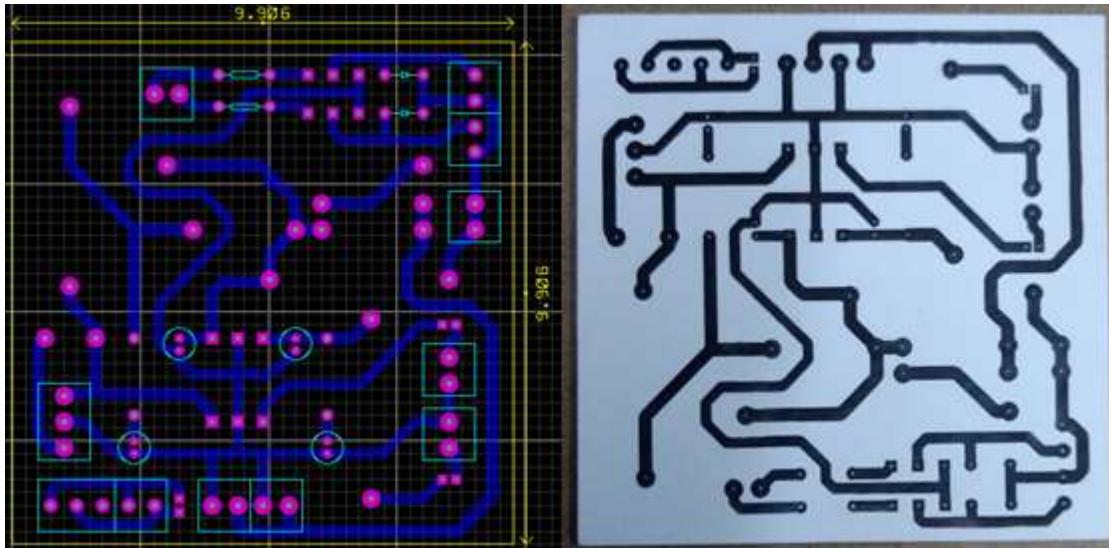
### Características:

- Baterías de alto rendimiento.
- Diseñadas para aplicaciones de alta confiabilidad.
- Fabricadas bajo los más altos estándares de calidad.
- Probadas 24hr / 7días sin disminución de su rendimiento.
- Capacidad en Ah: 4.5.
- Voltaje (Vcd): 12.
- Tipo: AGM/VRLA.
- Ancho (mm): 70.
- Altura (mm): 107.
- Profundidad (mm): 90.
- Peso (kg): 1.44.

Esta batería podrá proporcionar un adecuado funcionamiento al sistema en el momento en que este pierda el suministro de la red eléctrica, la batería se accionará automáticamente y el sistema seguirá funcionamiento con normalidad. Al proporcionar 12 volts y una corriente máxima de 4.5Ah, la batería podrá alimentar a todo el sistema de seguridad con la suficiente energía por un lapso mayor a 2hrs esto es un tiempo aceptable para determinar la causa del fallo eléctrico.

El PCB (Placa de Circuito Impreso) resultante se muestra en la figura 19.

**Figura 1918** Diseño del circuito en Proteus y acabado en una baquelita

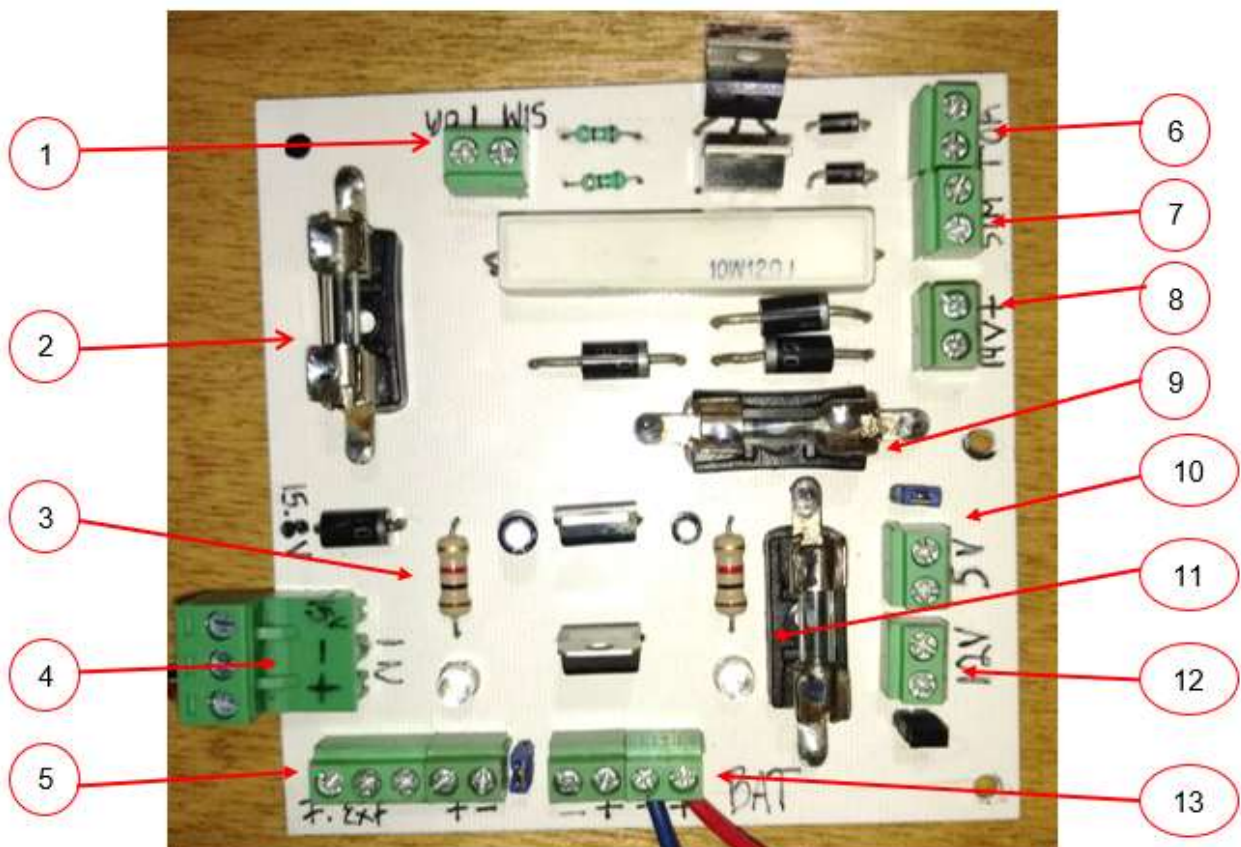


*Fuente: Elaboración Propia*

### Componentes del sistema de alimentación

En la figura 20 se pueden apreciar todos los componentes que conforman el sistema de alimentación.

**Figura 20** Sistema de alimentación terminado



*Fuente: Elaboración Propia*

En la tabla 4 se explica el funcionamiento de cada bloque que conforma el sistema de alimentación.

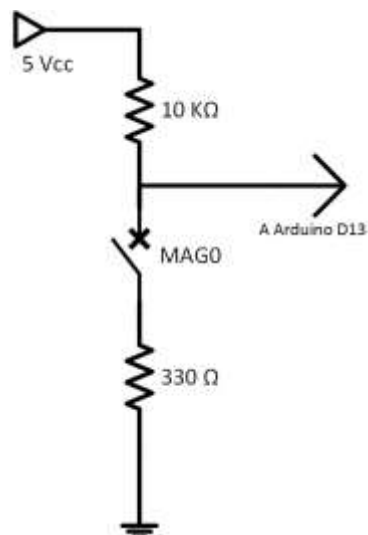
**Tabla 4** Funciones del sistema de alimentación

Numero de bloque	Descripción del bloque
1	Señal de control para la activación de la alarma de preventiva
2	Fusible de entrada
3	Led indicar de encendido para la entrada de la fuente de poder
4	Entrada del adaptador de corriente de 15.8V a 4.45A
5	Permite incorporar una fuente externa de alimentación
6	Señal de salida del transistor para el control de encendido de la torreta
7	Señal de salida del transistor para el control de encendido de la sirena
8	Salida de voltaje de 14.3V para conexión extra de algún circuito
9	Fusibles de salida
10	Salida de voltaje de 5V para la lectura del valor analógico de la fuente de alimentación
11	Led indicar de encendido para salida de regulador de 12V
12	Salida de voltaje de 12V para el microcontrolador
13	Conexión de la batería de respaldo

*Fuente: Elaboración Propia*

### Etapa del panel de control

En esta etapa se diseña un PCB con conectores hembra para montar el Arduino y el SIM900 sobre el microcontrolador, esto con el fin de ahorrar espacio y tener las conexiones libres para su uso posterior. En los boques donde se conectan todos los sensores que permiten monitorear la planta, se les diseña en este PCB un arreglo de resistencias para crear el efecto Pull-up en los sensores magnéticos y solo para estos como se muestra en la figura 21.

**Figura 21** Resistencia de Pull-up para los sensores magnéticos

*Fuente: Elaboración propia*

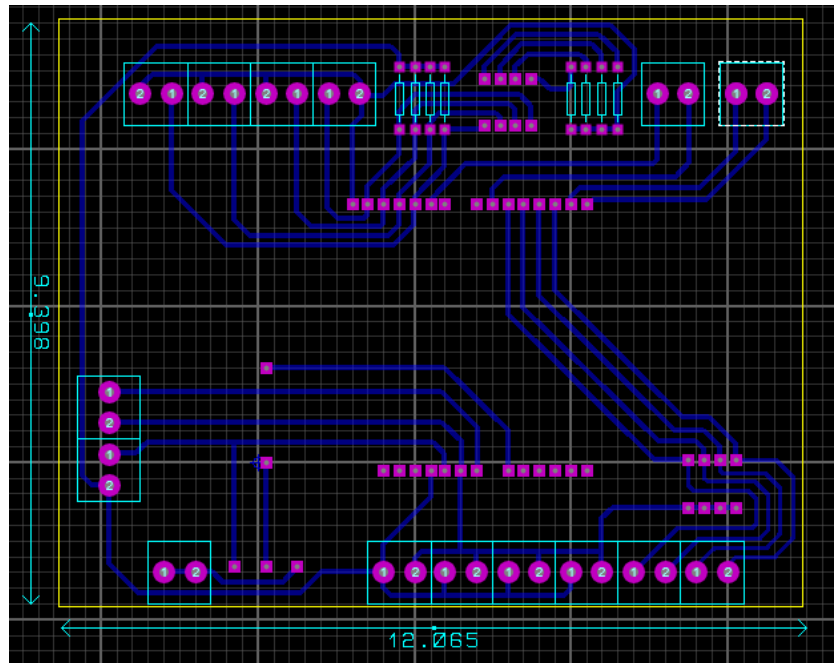
Se colocan 2 Dip switches de 4 estados para simular el efecto de activación de los sensores en el sistema sin tener que conectar estos y de igual forma configurar los sensores que no serán usados, mandando estos a neutro.

Para saber el estado de la fuente de alimentación se utiliza un potenciómetro para simular el envío del dato y este se conecta a una entrada analógica del microcontrolador el cual permite leer el valor analógico de 0 a 5V, en la etapa de alimentación se encuentra una salida de voltaje de 5V esta permitirá saber el estado de la fuente de alimentación.

En la figura 22 se muestra el diseño del PCB final del panel de control y la figura 23 el PCB terminado.

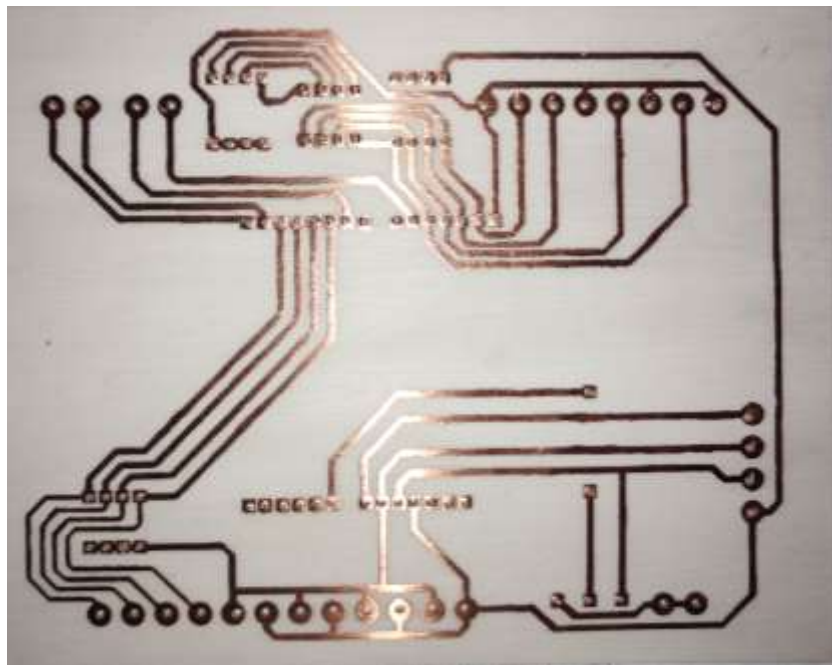


**Figura 2219** Diseño de la tarjeta de la etapa de control en Proteus



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 23** Baquelita del panel de control



*Fuente: Elaboración Propia*

### Componentes del sistema de seguridad

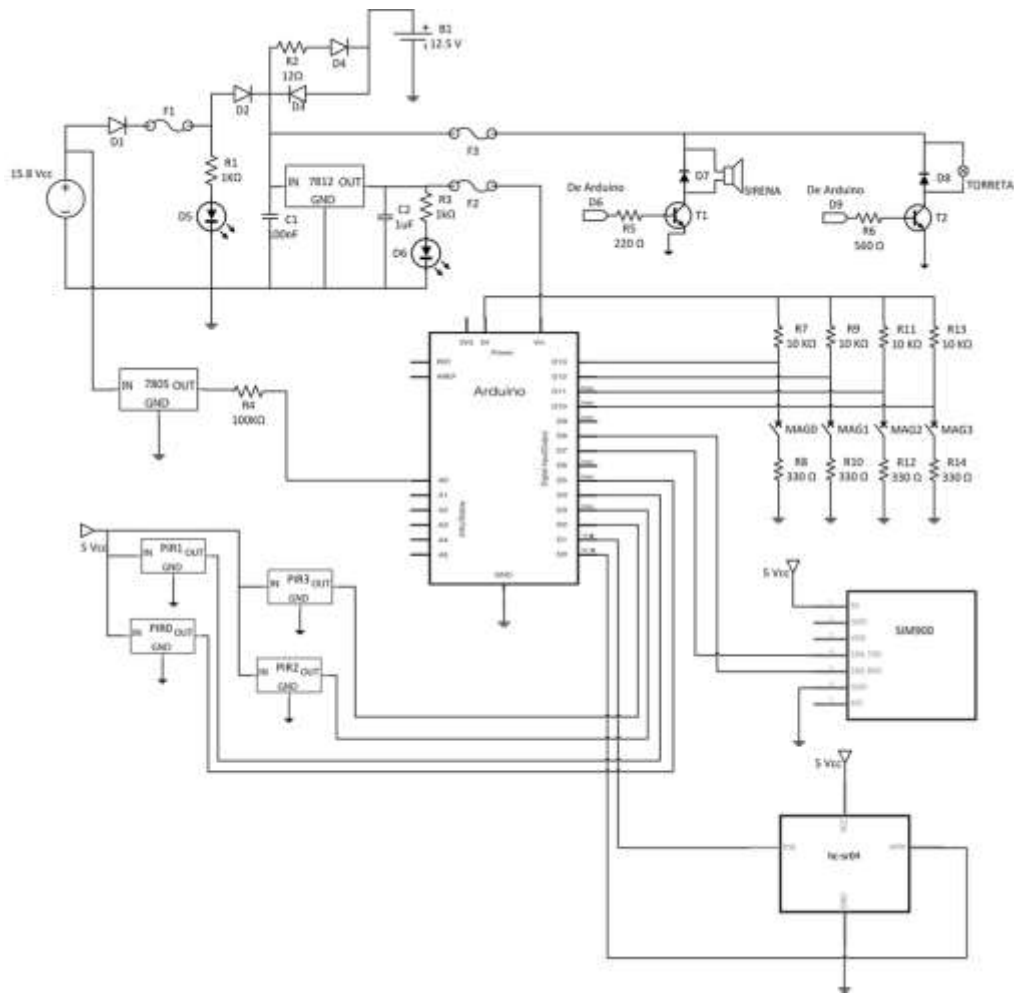
En la figura 24 se pueden apreciar todas las conexiones que conforman al panel de control GSM.



## Diagrama completo del sistema de seguridad

La figura 25 presenta el diagrama completo diseñado para el sistema de seguridad.

**Figura 2521** Diagrama eléctrico completo del sistema de seguridad



*Fuente: Elaboración Propia*

La figura 26 muestra una imagen del sistema de seguridad diseñado y la figura 27 el sistema instalado en el edificio en el cual se basó su diseño, la planta purificadora de agua.

**Figura 2622** Sistema de seguridad



*Fuente: Elaboración Propia*

**Figura 2723** Sistema de seguridad instalado

*Fuente: Elaboración Propia*

## 5. Conclusiones

Los sistemas de seguridad tienen el objetivo de minimizar posibles casos de intrusión en áreas no permitidas, por lo que cuando se diseña se deben tener definidos los puntos críticos que requieren vigilancia. En la actualidad se hace uso de la tecnología para cambiar la seguridad física por tecnológica; a través de este trabajo se mostró el diseño de un sistema de seguridad, utilizando la tecnología para sensor, monitorear y comunicar al sistema con los usuarios.

El sistema de seguridad diseñado es escalable, versátil y multifuncional, De tal manera que se pueden incorporar más circuitos y tecnologías inalámbricas para cumplir diferentes funciones, de igual manera todo el sistema es reprogramable de acuerdo con las necesidades de los usuarios y se puede adaptar al entorno.

Como trabajo futuro se pretende incorporar la función de visión al sistema.

## 6. Referencias

- ADT. (2014). Protectyourhome. Recuperado el 2 de septiembre de 2022 de <https://www.protectyourhome.com/blog/home-security-equipment/the-evolution-of-home-security-systems>
- Alarm. (2019). Alarm.org. Recuperado el 5 de septiembre de 2022 de <https://alarm.org/the-history-of-home-security/>
- Alcon Choque, H., Mamani, V., & Emiliano, N. (2016). Sistema de supervisión remota para domicilios u oficinas mediante la red gsm y gprs (Bachelor's thesis).
- Angulo Usategui, J. M., García Zapirain, B., Angulo Martínez, I., Sáez, J. V. (2006). Microcontroladores avanzados dsPIC: controladores digitales de señales: arquitectura, programación y aplicaciones. Thomson-Paraninfo.
- Arduino (s.f.). Recuperado el 2 de septiembre de 2022 de <https://www.arduino.cc/>
- Asesores alarmas (s.f.). Sensores exteriores. Recuperado el 1 de septiembre de 2022 de <https://www.asesoralarmas.com/detector-perimetral/>
- Aviles Salazar, A. D., & Cobeña Mite, K. (2015). Diseño e implementación de un sistema de seguridad a través de cámaras, sensores y alarma, monitorizado y controlado teleméricamente para el centro de acogida " Patio mi Pana" perteneciente a la fundación proyecto salesiano (Bachelor's thesis).
- ca (2022). Por qué instalar un botón de pánico en mi negocio. Recuperado el 1 de septiembre de 2022 de <https://www.comparadoralarmas.com/instalar-boton-panico-negocio/>
- Corona Leonel, G. Abarca, J. Mares (2014). Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino. Grupo Editorial Patria.
- SDS (s.f.). Sistemas de seguridad. Recuperado el 1 de septiembre de 2022 de <https://www.sdsseguridad.com/servicios/incendio/>
- Siegel Jesse. (3 de enero de 2020). Frontpointsecurity. Recuperado el 5 de septiembre de 2022 de <https://www.frontpointsecurity.com/blog/the-history-of-home-security>
- Hetpro (s.f.). SIM900 GSM GPRS Shield con Arduino UNO. Recuperado el 1 de septiembre de 2022 de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sim900-gsm-shieldarduino/>
- Hoyles Electronic. (2016). Hoyles. Recuperado el 5 de septiembre de 2022 de <https://www.hoyles.com/blog/history-security-systems/>
- Jackson (2017). Important Features to Consider When Choosing a Driveway Alarm System. Recuperado el 7 de septiembre de <http://www.monarchprogram.org/2017/12/22/4-important-features-to-consider-when-choosing-a-driveway-alarm-system/>
- Lima Ortega, E. J., & Espillico Condori, J. L. (2015). Diseño e implementación de un sistema integral de seguridad, controlado y monitoreado en forma local y remota mediante las redes de comunicación para las agencias de Caja Rural–los Andes Sa.
- MCI electronics. (s.f.). arduino.cl. Recuperado el 5 de septiembre de 2022 de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Reyes, C. A. (2006). Microcontroladores PIC Programación en Basic (Segunda ed.). Quito, Ecuador: RISPERGRAF.

SEAS (2019). El Relé. Recuperado el 2 de septiembre de 2022 de <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>

Securitas Direct. (s.f.). Securitasdirect.es. Recuperado el 5 de septiembre de 2022 de <https://www.securitasdirect.es/alarma-securitas-direct/sirena-de-alta-potencia#:~:text=Una%20sirena%20de%20alarma%20es,del%20hogar%20o%20negocio%20afectado.>

SyP. (2017). solerpalau. Recuperado el 2 de septiembre de 2022 de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/detectores-de-humo-que-son/>

Syscom (s.f.). Batería de respaldo para equipo electrónico. Recuperado el 2 de septiembre de 2022 de <https://www.syscom.mx/producto/PL-4.5-12-EPCOM-POWER-LINE-67464.html>

Tholen, C. (2021). safewise. Recuperado el 2 de septiembre de 2022 de <https://www.safewise.com/home-security-faq/how-glass-break-detectors-work/>

TTCS, S.L. (s.f.). TTCS, S.L. Recuperado el 2 de septiembre de 2022 de <https://www.ttcs.es/noticias/noticias-nacionales/alarmas/10519-partes-de-un-sistema-de-alarma-de-seguridad.html>

Vivint (s.f.). Sensores de seguridad. Recuperado el 2 de septiembre de 2022 de <https://www.vivint.com/es/products/door-window-sensors>



### **Capítulo 3 Evaluación de usabilidad del sistema de control y monitoreo de bombas de agua potable: Caso de estudio de la aplicación water pump**

#### **Chapter 3 usability evaluation of control and monitoring system for potable water pumps: The case of water pump app**

ARANA, Julia<sup>1†\*</sup>, HIGAREDA, Tomás<sup>2</sup>, SÁNCHEZ, Josué<sup>1</sup> y SÁNCHEZ, Amy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Licenciatura en Ingeniería de Software, Escuela Superior de Tlahuelilpan, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ex Hacienda de San Servando. Col. Centro, C.P. 42780 Tlahuelilpan, Hgo. México.*

<sup>2</sup>*Departamento de Sistemas Computacionales, TECNM/Zacatepec, Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, C.P. 62780, Zacatepec de Hidalgo, Morelos. A.P. 45*

ID 1<sup>er</sup> Autor: *Julia, Arana* / **ORC ID:** 0000-0002- 4986-9765, **CVU CONACYT ID:** 445045

ID 1<sup>er</sup> Coautor: *Tomás, Higareda* / **ORC ID:** 0000-0003- 4015-519X, **CVU CONACYT ID:** 397598

ID 2<sup>do</sup> Coautor: *Josué, Sánchez* / **ORC ID:** 0000-0002-0332-9464

ID 3<sup>er</sup> Coautor: *Amy, Sánchez* / **ORC ID:** 0000-0002-5467-3388

## Resumen

En los últimos tiempos existe la gran problemática de disponer y suministrar agua potable a muchas localidades al rededor del mundo (Tarpani, Lapolli, Recio, & Gallego-Schmid, 2021), e incluso en la república mexicana se ha convertido en un reto para la ingeniería hidráulica por la escasez del líquido vital. Por lo anterior, se han desarrollado diferentes tecnologías de almacenaje y distribución de agua a través de contenedores o células de agua y bombas centrífugas.

Desafortunadamente, se conoce que este tipo de bombas e instalaciones requieren de mantenimiento constante, requiriendo la existencia de un control y supervisión continuos en las instalaciones y/o en los componentes, así como del conjunto de trabajos de reparación y revisión, necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de su sistema (Chen, Wei, Wang, Wang, & Li, 2022).

Dado lo anterior y con la finalidad de reducir los costos de mantenimiento, traslado y recursos, surge la necesidad de generar un sistema computacional de tipo aplicación móvil, que tiene como finalidad el monitoreo y control del estado de bombas centrífugas ubicadas dentro del estado de Morelos, México.

Dicha aplicación tiene un desarrollo basado en la rama computacional de IoT (Internet of Things) que controla varias bombas de extracción de pozos de agua. Dichas bombas son sumergibles a 100 metros y son utilizadas en lugares residenciales para suministrar el líquido a distintas colonias ubicadas dentro del estado.

La aplicación ha sido desarrollada por la empresa maker PARDALIX, que busca desarrollar, apoyar e impulsar nuevas tecnologías, ofreciendo sus servicios para el desarrollo de prototipos funcionales o esquemáticos

La aplicación *Water Pump* realiza un monitoreo de las bombas para determinar si se encuentran encendidas y en qué momento se han apagado, por otra parte, también tiene la capacidad del monitoreo del nivel de los tanques contenedores que alimentan.

Por ello, en conjunto con la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, dentro de la Licenciatura en Ingeniería de Software de la Escuela Superior de Tlahuelilpan, ha realizado una serie de evaluaciones de usabilidad y experiencia del usuario generando así la correcta interacción y uso de la aplicación a los usuarios finales y para quienes está destinada.

## **UX, Usabilidad, Evaluación centrada en el usuario, App de control, Manejo de bombas centrífugas**

### **Abstract**

Currently, there is the problem of having and supplying drinking water to many locations around the world (Tarpani, Lapolli, Recio, & Gallego-Schmid, 2021), and even in the Mexican Republic, it has become a total challenge for hydraulic engineering due to the scarcity of the vital liquid. Due to the above, different technologies for storage and distribution of water have been developed through containers or cells and centrifugal pumps.

Unfortunately, it is known that this type of pumps and installations need constant maintenance, requiring the existence of continuous control and supervision of the installations and/or components, as well as the set of repair and revision works, necessary to guarantee the regular operation and good health of your system (Chen, Wei, Wang, Wang, & Li, 2022).

Having said the above and to reduce the costs of maintenance, resources and transfer of technicians, the need has arisen to generate a mobile application, whose purpose is to monitor and control the state of centrifugal pumps located within the state of Morelos, Mexico. This application has a development based on the computational branch of IoT (Internet of Things), and the purpose is to monitor and control several water extractions pumps. These pumps are submersible to 100 meters and are used in residential places to supply the liquid to different neighborhoods located within the state.



The development has been carried out by PARDALIX, that is a maker company that seeks to develop, support and promote new technologies, offering its services for the development of functional or schematic prototypes.

The Water Pump app is an application that monitors the pumps to determine if they are on and when they have been turned off, on the other hand, it also can monitor the level of the container tanks that they feed.

For this reason, the Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, within the Software Engineering Degree of the Escuela Superior de Tlahuelilpan, it has carried out a series of evaluations of usability and user experience, generating the correct interaction and use of the application to end users and for whom it is intended.

## **UX, Usability, User centered evaluation, Control and management of Centrifuges water pumps App**

### **1. Introducción**

La era tecnológica que vivimos hoy en día ha permitido el desarrollo y uso de nuevas plataformas o aplicaciones computacionales que buscan facilitar las actividades realizadas por los usuarios. Es sorprendente como la pandemia mundial provocada por el COVID-19, generó una aceleración en la necesidad de creación de desarrollos computacionales y en el uso y aprendizaje de estos, a pesar de que en años previos parte de la población se encontraba renuente a la inmersión en el uso de nuevas tecnologías.

En busca de dar opciones para el manejo intuitivo, con facilidad de uso y mejorar la experiencia de los usuarios en el uso de recursos tecnológicos, dentro de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en el departamento de la Licenciatura en Ingeniería de Software del campus Escuela Superior de Tlahuelilpan, se realizan evaluaciones de usabilidad y experiencia de usuario a desarrollos tecnológicos desarrollados dentro y fuera del campus.

Dichos estudios buscan cumplir las premisas de la HCI (Human Computer Interaction) como lo son la creación, análisis y mejora de las interfaces de usuario, planteando siete grandes desafíos descritos en (Stephanidis, y otros, 2019) Simbiosis Humano-Tecnológica; Interacciones Humano-Medio Ambiente; Ética, Privacidad y Seguridad; Bienestar, Salud y Eudaimonía (felicidad); Accesibilidad y Acceso Universal; Aprendizaje y Creatividad; y Organización Social y Democracia.

Una de las evaluaciones realizadas ha sido a la aplicación móvil *Water Pump*, la cual se basa en proporcionar el control y monitoreo a una serie de bombas de agua potable, ubicadas en el estado de Morelos México.

Cabe mencionar que dicha aplicación ha sido creada por el equipo de desarrollo de PARDALIX (PARDALIX, 2019), que es una empresa maker que busca desarrollar, apoyar e impulsar nuevas tecnologías, ofreciendo sus servicios para el desarrollo de prototipos funcionales o esquemáticos.

Uno de los grandes retos que se ha tenido durante el desarrollo de esta aplicación, ha sido la conexión y uso de distintos sensores dentro de las bombas, y con ello el poder obtener información relevante a partir de la tecnología *IoT* (Internet de las cosas, por sus siglas en inglés), que permite la obtención de información acerca del estado de las bombas. Por otra parte, una vez teniendo la información, el decidir cómo será mostrada al usuario final para ayudar a la toma de decisiones, y así evitar grandes costos de mantenimiento correctivo.

Debido a ello, se ha generado el diseño de una aplicación móvil que ha conllevado distintas etapas de diseño y desarrollo, enfocando el diseño de la aplicación centrado en el usuario, por ello ha sido necesario realizar evaluaciones de igual forma, centradas en el usuario, para poder mejorar la usabilidad en la aplicación y la experiencia de usuario que esta pueda provocar.

En las siguientes páginas serán descritas algunas de las técnicas aplicadas y serán mostrados los resultados obtenidos y modificaciones realizadas al diseño de la *app Water Pump*.

## 2. Diseño Centrado en el Usuario

El desarrollo de sistemas y sitios web ha evolucionado al paso del tiempo, cada día se le da más importancia al usuario, es decir, a cómo es que se siente al utilizar el sistema o sitio web. Gracias a ello ha surgido un estilo de diseño de sistemas llamado Diseño Centrado en el Usuario (DCU). Este tipo de diseño se basa en crear interfaces y funcionalidades que cumplan las necesidades propias del usuario. Este término empezó a tomar popularidad gracias a Donald Norman en 1993 mientras trabajaba en Apple.

Un DCU consiste en 4 etapas para que resulte exitoso, las cuales se mencionan a continuación

1. Especificar el contexto del uso: Identificar las personas que van a utilizar el objeto (sistema o sitio web), por qué lo utilizarán y bajo qué circunstancias.
2. Incluir los requisitos: Aquellos requisitos que buscan tanto las empresas como los usuarios para conseguir las expectativas establecidas.
3. Desarrollar soluciones: Este proceso se debe de llevar a cabo en las distintas fases de desarrollo del producto.
4. Evaluar el diseño: Evaluar antes de lanzar el producto al mercado es necesario para comprobar la viabilidad del producto.

## 3. Usabilidad

Como fue mencionado, el HCI se ha enfocado en la generación de sistemas tecnológicos basándose en el análisis usabilidad, enfocándose en aspectos como la eficacia la eficiencia y la dificultad de aprendizaje del desarrollo en cuestión (Lallemand & Koenig, 2017). Por lo anterior, la importancia de evaluar usabilidad en los desarrollos computacionales recae en el hecho de que todo sistema esta creado para uso de los usuarios, facilitando realizar actividades en específico. Intentando entender la definición de usabilidad es posible determinar que lo anterior se refiere a la facilidad de uso del sistema o tecnología que se esté desarrollando o evaluando.

Entendiendo a la usabilidad como algo indispensable en los desarrollos, muchas empresas han establecido espacios específicos para aplicar este tipo de evaluaciones, llamados laboratorios de usabilidad y de experiencia del usuario, sin embargo, en algunas ocasiones, estos laboratorios normalmente son subutilizados, generando un gran costo de mantenimiento comparado con las evaluaciones que allí se realizan (Sharma, 2013).

Por ello en la Escuela Superior de Tlahuelilpan de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, dentro de la Licenciatura en Ingeniería de Software, se han instruido algunas técnicas de evaluación de usabilidad, para fomentar el diseño de desarrollos de software centrado en el usuario y no depender de la evaluación dentro de un laboratorio de usabilidad para poder proporcionar productos que cumplan con la calidad requerida. Algunas de las técnicas instruidas son la evaluación Heurística de Jakob Nielsen y la *System Usability Scale* (SUS) de las cuales hablaremos más adelante.

## 4. Experiencia Del Usuario (UX)

En los últimos años, el análisis de la experiencia del usuario ha ido de la mano con la evaluación de Usabilidad, esto altamente relacionado con la idea principal del HCI de generar productos usables destinados a los usuarios finales, quienes son los que, dependiendo de un gran número de factores, pueden percibir el producto computacional como algo que les genera una buena experiencia de uso.

A pesar de los esfuerzos de la HCI por evaluar la usabilidad, y partiendo de los enfoques de desarrollo centrados en el usuario, el estudio de la Experiencia del Usuario ha buscado y generado técnicas que permitan identificar toda la complejidad e información que pueda ser obtenida de los usuarios, ante el uso de los desarrollos tecnológicos (Lallemand & Koenig, 2017). Dentro de la Tabla 1 se muestra la división de algunas de las pruebas posibles de aplicar para poder identificar el grado de usabilidad y experiencia de usuario de un desarrollo computacional descritos dentro de (MacDonald & Atwood, 2013).

**Tabla 6** Métodos y/o Técnicas utilizados actualmente en evaluación de HCI

Prueba de usuario	Métodos de control	Métodos de campo
Think Aloud	Evaluación Heurística	Observaciones de Comportamiento
Evaluación de Post Uso Con Cuestionarios de Usabilidad	Tutoriales	Log Analysis
Eye- Tracking	Cognitive Walkthrough	Feedback de los Usuarios
Mouse-Tracking		Respuestas Emocionales
Entrevistas		
Cuestionarios de Post Uso sobre las Características Más Populares como, Estética, Placer y Compromiso		
Emocards		
Mapas		
Software de Estudio Facial		
Reacciones Psicológicas		

*Fuente de Consulta: (MacDonald & Atwood, 2013)*

## 5. Técnicas

Dentro de esta sección son descrita algunas de las técnicas de evaluación centrada en el usuario aplicadas a los desarrollos tecnológicos por parte de la Licenciatura en Ingeniería de Software de la Escuela Superior de Tlahuelilpan.

### 5.1. Técnica De Evaluación Heurística

Esta evaluación consta de la implementación o verificación de cumplimiento de las 10 heurísticas propuestas por Jakob Nielsen (Nielsen & Molich, 1990) donde son definidos los puntos clave a tomar en cuenta en el desarrollo de interfaces de usuario. Para realizar esta actividad es necesario el conocimiento previo de la heurística de Nielsen, la cual debe ser tomada en cuenta al realizar un diseño centrado en el usuario de cualquier sistema o aplicación computacional, esto para asegurar la satisfacción del usuario final, así como evitar problemas de comunicación y entendimiento.

Una vez que el experto evaluador tiene conocimiento y dominio de la heurística de Nielsen, debe evaluar cada una de las interfaces existentes en el sistema comparando los elementos presentados con cada uno de los puntos de la heurística, determinando así si las interfaces cumplen con cada uno de los puntos. En caso de determinar que alguna de las heurísticas no se cumple o el evaluador considera que cumple de buena manera y considera que debe ser repetido en todo el diseño del desarrollo, deberá dar las recomendaciones necesarias al desarrollador/diseñador del desarrollo, para que sean realizados los cambios necesarios para la mejora del sistema.

Estas recomendaciones deben ser descritas dentro del formato UAR (Myers & John, 2008), estos reportes serán entregados como evidencia de los aspectos buenos y malos encontrados durante la evaluación.

Para realizar este tipo de evaluaciones es necesario contar con las definiciones de cada una de las heurísticas y las interfaces existentes del sistema, ya sea en un prototipo en papel o un prototipo semis-funcional o funcional.

Dentro de (Michel, Garay, García, & Reyes, 2021) se mencionan las heurísticas que se enlistan a continuación.

1. **Visibilidad del estado del sistema:** Dar a los usuarios retroalimentación de lo que sucede en el sistema en tiempo real.
2. **Utilizar el lenguaje de los usuarios:** usar lenguaje del mundo real, conceptos familiares para los usuarios en el orden natural y lógico.
3. **Control y libertad para el usuario:** Permitir a los usuarios recuperarse de errores realizados por equivocación o salir de estados no deseados con opciones como deshacer, rehacer y salir.

4. **Consistencia y estándares:** Utilizar palabras consistentes al sistema así como situaciones y acciones. Ejemplo de ello puede ser utilizar un icono con forma de casa para retornar al home del sistema y no en su lugar un ícono con forma de balón.
5. **Prevención de errores:** Evitar los problemas que se producen, eliminar las condiciones propensas a errores o detectar antes de que los usuarios realicen la acción.
6. **Reconocimiento antes que el recuerdo:** Hacer los objetos, acciones y opciones visibles en tiempo apropiado para minimizar el uso de memoria de los usuarios y facilitar sus decisiones.
7. **Flexibilidad y eficiencia de uso:** Hacer al sistema eficiente para diferentes niveles de conocimiento usando atajos (comandos), herramientas avanzadas y frecuencia de acciones.
8. **Diseño estético y minimalista:** No mostrar información irrelevante o raramente usada. Cada elemento extra disminuye la relevancia de otros.
9. **Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores:** Expresar los errores en mensajes en lenguaje sencillo (no en código) para indicar el problema y sugerir la solución.
10. **Documentación:** Realizar la ayuda y documentación necesaria fácil de encontrar y buscar.

Es importante mencionar que (Nielsen & Molich, 1990) menciona que es mejor que especialistas en usabilidad realicen la evaluación heurística, es por ello que previa a esta evaluación, los evaluadores adquieran los conocimientos relacionados a la heurística, es importante mencionar que quienes aplican las evaluaciones dentro de la ESTI, obtienen los conocimientos necesarios a partir de un curso impartido dentro de la institución.

## 5.2. The System Usability Scale (SUS)

El SUS es una herramienta útil para comprender los problemas a los que se enfrentan los usuarios mientras utilizan un desarrollo computacional. Este sistema contiene diez preguntas básicas y simples relacionadas a la usabilidad de un sistema. Esta técnica fue desarrollada por John Brooke en 1996 (Kaya, Ozturk, & Altin Gumussoy, 2019). Dentro de la Tabla 2 se muestra la plantilla de los enunciados que el usuario debe calificar a través de una escala de tipo *likert*:

**Tabla 7** Plantilla de evaluación SUS

Ítem	Totalmente en desacuerdo (0)	En Desacuerdo (1)	No es relevante (2)	De acuerdo (3)	Totalmente de acuerdo (4)
1. Creo que me gustaría usar este sistema con frecuencia.					
2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.					
3. Pensé que el sistema era fácil de usar.					
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema.					
5. Descubrí que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas.					
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.					
7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este sistema muy rápidamente.					
8. Encontré el sistema muy engorroso de usar.					
9. Me sentí muy confiado usando el sistema.					
10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de poder utilizar este sistema.					

Posteriormente a la aplicación, los resultados obtenidos deben ser analizados estadísticamente, para ello es necesario aplicar algunas técnicas estadísticas como las descritas a continuación:

### 5.2.1 Alpha De Cronbach

Este instrumento ayuda a evaluar la confiabilidad de los datos obtenidos. Dentro de (Oviedo & Campo-Arias, 2005) se describe al alfa de Cronbach como un índice de consistencia interna que toma valores dicotómicos, determinando si el instrumento evaluado recopila información considerada como no confiable y que llevaría a conclusiones equivocadas, por otro lado, también puede indicar si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes (ver Ecuación 1).

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right] \quad (1)$$

Donde:

$\alpha$  es el coeficiente de Alfa de Cronbach.

$K$  es el número de ítems.

$S_i^2$  la sumatoria de varianzas de los ítems.

$S_t^2$  es la varianza de la suma de los Ítems.

### Criterio Para Evaluar Al Coeficiente Alfa De Cronbach.

Para determinar el nivel de confiabilidad del instrumento SUS, el resultado de  $\alpha$  debe ser lo más cercano a 1. Como criterio general, se sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los resultados del Coeficientes de Alfa de Cronbach:

- Coeficiente alfa de Cronbach mayor a 0,91 es Excelente
- Coeficiente alfa de Cronbach mayor a 0,81 y menor a 0,9 es Bueno
- Coeficiente alfa de Cronbach mayor a 0,71 y menor a 0,8 Aceptable
- Coeficiente alfa de Cronbach mayor a 0,61 y menor a 0,7 Cuestionable
- Coeficiente alfa de Cronbach mayor a 0,51 y menor a 0,6 Pobre
- Coeficiente alfa de Cronbach menor a 0,5 es Inaceptable

### 5.2.2. Media Aritmética

Otro elemento estadístico que se puede emplear para evaluar los resultados obtenidos es la media aritmética o promedio simple  $\bar{X}$ . Este componente es utilizado con la finalidad de realizar el cálculo de un valor representativo a valores que se están promediando (Paz, 2007).

La media muestra el valor central de los datos, convirtiéndose en la medida de ubicación que más se utiliza. En general, es calculada sumando los valores de interés y dividiendo entre el número de valores sumados (Paz, 2007).

### 5.2.3. Desviación Estándar

La desviación estándar es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población (Mason, Lind, Marchal, & Lozano, 1998).

Con esta ecuación es posible conocer la estandarización existente en los resultados de los participantes comparados con la media aritmética, sabiendo esto, es posible determinar si alguno de los datos o conjunto de datos se encuentra muy disperso y con ello analizarlo y de ser necesario, sea descartado del estudio.

#### 5.2.4. Asimetría

La asimetría es la medida que indica la simetría de la distribución de una variable respecto a la media aritmética, esto sin necesidad de hacer la representación gráfica. Los coeficientes de asimetría indican si hay el mismo número de elementos a izquierda y derecha de la media (Ramos, 2016).

Existen tres tipos de curva de distribución según su asimetría:

- a) Asimetría negativa: la cola de la distribución se alarga (a la izquierda) para valores inferiores a la media.
- b) Simétrica: hay el mismo número de elementos a izquierda y derecha de la media. En este caso, coinciden la media, la mediana y la moda. La distribución se adapta a la forma de la campana de Gauss, o distribución normal.
- c) Asimetría positiva: la cola de la distribución se alarga (a la derecha) para valores superiores a la media.

Esta medida ayuda a conocer el comportamiento de los datos con relación a la distribución de estos, en el caso del presente estudio, nos da idea de la tendencia o variación de las respuestas de los participantes.

#### 5.3. Técnica de Evaluación Think- Aloud

Esta técnica permite conocer directamente del usuario, tanto problemas funcionales y de usabilidad como de experiencia del usuario. En esta evaluación se les indica a los usuarios que naveguen dentro del desarrollo o prototipo mientras, como el nombre de la técnica lo menciona, vayan narrando en voz alta todo lo que van realizando y van percibiendo durante el uso, es decir, todas las actividades y sensaciones que experimentan durante el uso del desarrollo.

Antes de iniciar esta la aplicación de esta técnica, es necesario explicar al usuario que no se le está evaluando a él, si no al sistema o prototipo, también es necesario explicar que la función del evaluador es únicamente para escuchar y observar las actividades, el evaluador no podrá intervenir en ningún momento con la interacción entre el usuario y el sistema, tampoco podrá responder preguntas acerca del funcionamiento del sistema, sin embargo, en el caso de que existan dudas es de suma importancia que sean expresadas al evaluador para que éstas sean tomadas en cuenta en los resultados de la evaluación.

El evaluador siempre debe estar cerca y pendiente de lo que el usuario realiza. Esto permitirá tomar notas de las dudas o comentarios relevantes por parte del usuario. Es extremadamente importante que el evaluador no interfiera con la interacción del usuario, simplemente debe convertirse en un observador y llevar recuento de todo lo que sucede.

De esta técnica se pueden obtener datos sumamente relevantes, por ejemplo, que las instrucciones o explicaciones que proporciona el prototipo no se entienden o no describen lo que el desarrollador pretende, o si las instrucciones a seguir para realizar alguna tarea son complejas o generan la pérdida de interés por parte del usuario.

Las observaciones obtenidas en cada evaluación deben ser registradas en el formato UAR (Myers & John, 2008), posteriormente el concentrado de información es entregado al diseñador/desarrollador, para sean programadas y realizadas las correcciones pertinentes. Por otra parte, esta técnica puede ser aplicada tanto en un ambiente controlado como en campo de ejecución.

#### 5.4. Técnica de Evaluación Cognitive Walk Through

La técnica de *Cognitive Walk Through*, también conocida como Recorrido cognitivo, permite obtener datos de efectividad en el sistema, identificando problemas de usabilidad, centrándose en la facilidad de uso percibida por los usuarios nuevos al realizar tareas con el sistema.

Esta técnica se aplica a través de una evaluación en campo, sin interferir en la interacción del usuario con el sistema. La técnica *Cognitive Walk Through* se realiza proporcionando al usuario una lista de tareas para realizar dentro del sistema, posteriormente, el evaluador debe observar al usuario cuando realiza dichas tareas y lo compara con la descripción previa de dichas tareas.

Al culminar las tareas, el evaluador debe aplicar 4 preguntas dicotómicas (Wharton, Rieman, Lewis, & Polson, 1994):

1. ¿El usuario trató de lograr el efecto deseado?
2. ¿El usuario notó que la acción se encontraba disponible?
3. ¿El usuario asoció correctamente la acción con el efecto que intentaba obtener?
4. Si se realiza la acción correcta, ¿el usuario puede ver que se está avanzando hacia la solución de la tarea?

Una vez resueltas las preguntas, deben ser acompañadas de la descripción de la situación que da origen a la respuesta según lo observado. Cualquier pregunta negativa mostrará un problema de eficiencia en el sistema.

Para aplicar esta técnica se recomienda utilizar dispositivos especiales que permitan grabar audio y video, lo cual permitirá tener análisis de todo momento en que el usuario se encontró en interacción con el dispositivo, ya sean sus palabras, acciones o gesticulaciones.

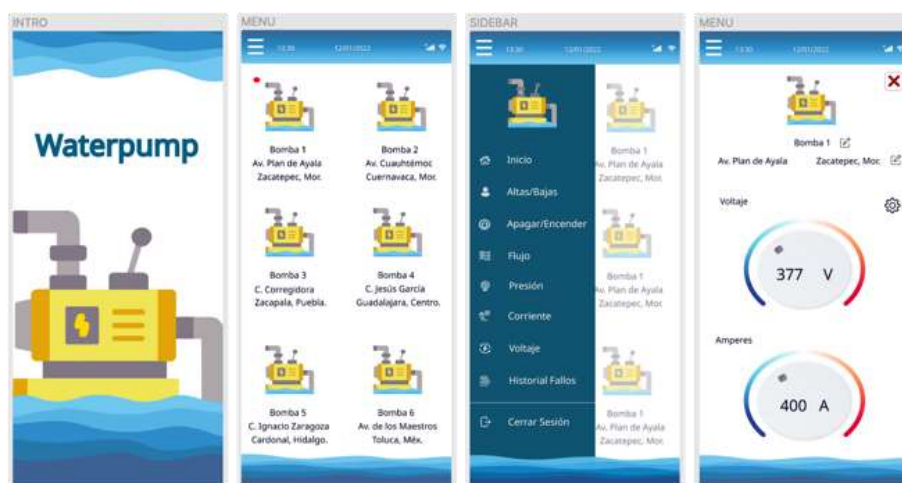
## 6. Metodología de Evaluación

Para la evaluación inicial, y debido a que la aplicación aún se encuentra en desarrollo, se ha iniciado con la aplicación de la evaluación heurística. Según (Nielsen J. , Usability Engineering, 1993) menciona que la evaluación debe realizarse por lo menos por 4 expertos, donde cada uno de ellos debe revisar las interfaces y evaluar si cumplen o no con la heurística.

La presente evaluación ha sido realizada por 8 evaluadores, utilizando el formato UAR (*Usability Aspects Report*) (Myers & John, 2008) mencionado en (Arana, González, Alejandres, & González, 2014).

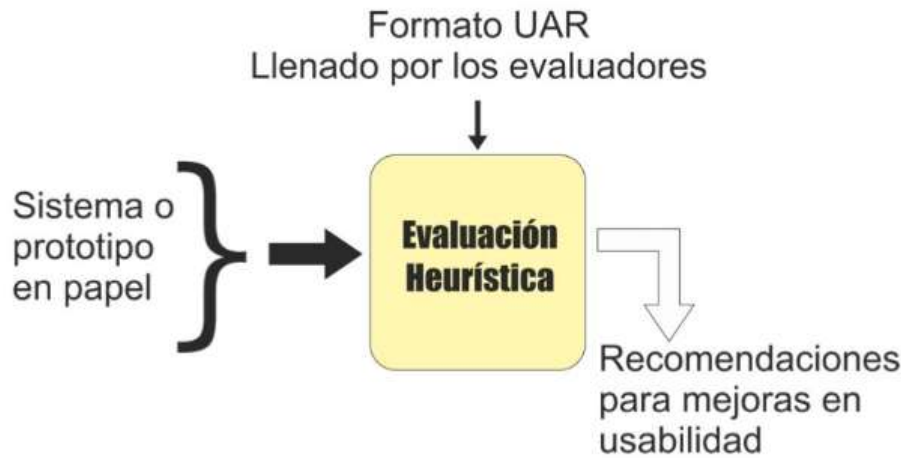
Los evaluadores designados identificaron aspectos buenos y malos dentro de 268 (ver Figura 1) interfaces de usuario, divididas en módulos de funciones dentro de la aplicación (ver Figura 2).

**Figura 24** Interfaces App Water Pump



Fuente de Consulta: PARDALIX

**Figura 25** Entradas y Salidas de Evaluación Heurística.



*Fuente de consulta: (Arana, González, Alejandres, & González, Evaluación de Usabilidad y Experiencia del Usuario en la Plataforma de Capacidades Científicas y Tecnológicas del Tecnológico Nacional de México, 2014)*

## 7. Resultados Obtenidos

Dentro de esta sección se describen algunos aspectos buenos y malos detectados durante la evaluación heurística realizada a las interfaces del prototipo de la *app Water Pump*. Cabe destacar que esta aplicación será utilizada por usuarios con perfil técnico o de ingeniería, lo cual debe ser tomado en cuenta según (Arana, González, Alejandres, & González, Evaluación de Usabilidad y Experiencia del Usuario en la Plataforma de Capacidades Científicas y Tecnológicas del Tecnológico Nacional de México, 2014), al describir al usuario durante la etapa llamada conocer al usuario y así tener claro el tipo de lenguaje, escrito y visual que el desarrollo debe manejar, permitiendo así, el transmitir las ideas correctas a los usuarios finales, cumpliendo con las heurísticas de uso de lenguaje de los usuarios y la consistencia y uso de estándares.

### 7.1. Descripción De Algunos De Los Aspectos Identificados

Dentro del módulo “Menú” se encontraron algunos aspectos que pueden influir negativamente en la usabilidad de la *app*. Según (Nielsen & Molich, 1990) con la heurística “Estética y Diseño Minimalista”, la aplicación no debería tener contenido o información que pueda ser irrelevante para el usuario, debido a que puede disminuir la visibilidad de otros elementos.”, es decir, la *app* no debe contener información poco relevante o redundante.

Como podemos observar en la Figura 3, en la barra superior muestra información como fecha, hora, ícono de conexión a internet y la señal móvil. Dichos elementos son mostrados por todos los dispositivos móviles por defecto en la parte superior del mismo, lo cual hace que sea redundante y no aporte información nueva y disminuya la visibilidad de otros elementos. La solución sugerida es sustituir esa información redundante por el nombre de la *app* o algún icono o elemento más estético y/o llamativo para el usuario.

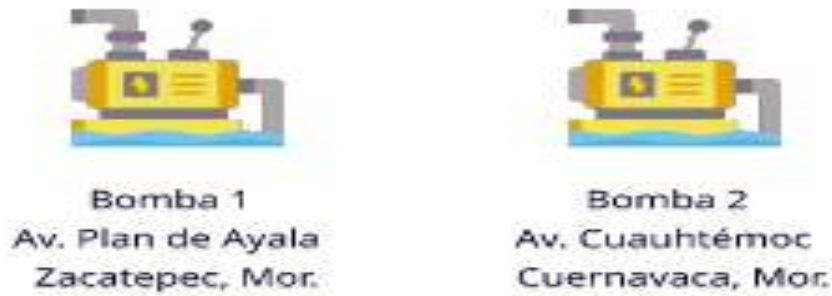
**Figura 26** Barra superior de menú Water Pump



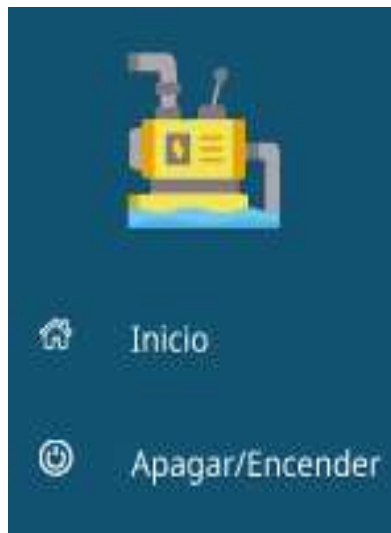
*Fuente de Consulta: PARDALIX*

Otro aspecto negativo, dentro de las opciones del menú tipo hamburguesa, se identificaron diferentes opciones de navegación, entre ellas se encuentra una opción que al punto de vista de los evaluadores no era necesaria o se empleó de una manera poco habitual, es decir, para poder realizar la opción de prender o apagar alguna de ellas, se tiene que desplegar el menú (Figuras 4-5) y seleccionar la opción Apagar/Encender, y desde allí elegir la bomba a encender.



**Figura 27** Bombas registradas

*Fuente de Consulta: PARDALIX*

**Figura 28** Encender bombas desde menú

*Fuente de Consulta: PARDALIX*

Sin embargo, en el apartado de encendido y apagado (ver Figura 6) no se muestra información del estado en el que se encuentra la bomba, si se está encendiendo o apagando, ya que la información ubicada en la pantalla inicial no tiene relación con la mostrada en este apartado, lo cual obliga al usuario a memorizar e identificar cual es la bomba que se está manipulando en ese momento.

**Figura 29** Botón de encendido o apagado

*Fuente de Consulta: PARDALIX*

La evaluación ha determinado que este proceso es muy laborioso y agrega más pasos a la actividad que deberá llevar a cabo el usuario para realizar el encendido y apagado de los equipos.

Por lo anterior se propone la siguiente solución según las heurísticas de “Reconocimiento antes que el recuerdo y flexibilidad” y “eficiencia de uso” Las cuales indican que el usuario no debe recordar información durante el uso de la aplicación, por un lado, y el hacer uso de atajos como funciones apropiadas permitirán a los usuarios interactuar con la aplicación de forma rápida y eficiente.

Tomando en cuenta los factores descritos previamente, la recomendación de los evaluadores ha sido, eliminar el apartado “Apagar/Encender” del menú hamburguesa y dentro de la pantalla inicial, donde se muestran las bombas, al seleccionar una de ellas mostrar la información asociada, al igual que la opción de apagar y encender en la parte superior izquierda (manteniendo estándares), mejorando así la experiencia del usuario y evitando redundancia de información.

Por otra parte, y en relación con lo descrito previamente, el que no se muestre si la bomba se encuentra encendida o apagada es un problema grave, ya que, con lo descrito anteriormente, el usuario se tendría que dirigir al apartado de encendido y apagado para comprobar que bomba estaba en funcionamiento, incumpliendo la heurística “visibilidad el estado del sistema”, que dice que es necesario mantener al usuario informado de lo que está ocurriendo dentro del sistema en todo momento.

Por ello, los evaluadores sugieren mostrar un indicador en la esquina superior de cada bomba en un esquema de colores según el estado de estado (ver Figura 7).

**Figura 30** Solución al estado de encendido o apagado



Fuente de Consulta: PARDALIX

Otra de las observaciones realizadas es dentro la interfaz de “Altas y Bajas” de empleado, identificando la falta de opciones en varias pantallas, entre ellas, el no mostrar secciones como buscar empleado, fecha de ingreso, baja, entre otros.

Como ejemplo tenemos en el aspecto de interfaz que se encuentra en la primera pantalla de la aplicación “Altas y Bajas” (ver Figura 8) ya que no cuenta con una opción de buscar empleado. Los evaluadores han sugerido como solución el agregar algún botón u opción para poder realizar búsquedas de filtrado de nombre, tipo de empleado, número de empleado, etc., debido a que es esencial en la realización de consultas y búsquedas de información.

A pesar de que no es considerado un problema grave, sí tendrá impacto en los usuarios ya que la mayoría está acostumbrada a utilizar un buscador que permiten filtrar la información y acortar los tiempos de búsqueda de esta.

**Figura 31** Interfaz Altas/Bajas de empleado



*Fuente de Consulta: PARDALIX*

En la misma tónica del aspecto anterior dentro de la opción de agregar empleado, se considera la falta de opciones como, tipo de contratación, número de empleado, puesto a desempeñar, foto, dirección, entre otros. A consideración de los evaluadores es problema de usabilidad menor, pero que sí tendrá un impacto fuerte ya que no se cuenta con la información completa de los empleados; por tanto, se recomienda colocar un espacio para completar esa información.

**Figura 32** Interfaz Altas/Bajas de empleado



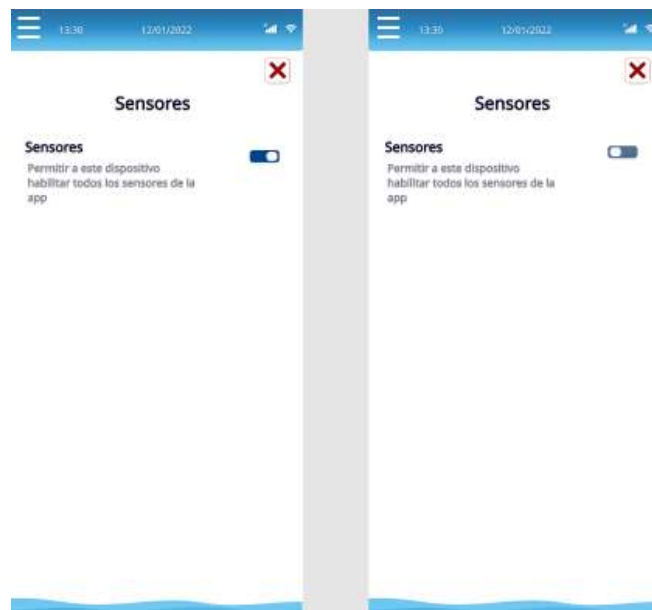
*Fuente de Consulta: PARDALIX*

Otra de las observaciones realizadas ha sido dentro de la interfaz “Eliminar Empleado”, donde se presentan íconos “x” que refieren a eliminar, pero arriba muestra una “X” más grande que confunde la funcionalidad y no deja claro si elimina todos los elementos mostrados o sirve para regresar al menú anterior (ver Figura 10). Como medida se recomienda colocar íconos representativos a las funciones que se encuentran.

**Figura 33** Interfaz de Eliminar Empleados

*Fuente de Consulta: PARDALIX*

Otro aspecto reportado en relación a la falta de información mostrada se encuentra dentro de la pantalla encargada de los sensores, donde únicamente se muestra un botón de activar o desactivar los sensores de las bombas de agua (ver Figura 11), lo anterior incumple las heurísticas de “control y libertad de usuario” y la “prevención de errores”, ya que el usuario puede desactivar los sensores pudiendo olvidar el estado de estos y no teniendo información del estado de la bomba. Se recomienda separar la activación o desactivación de cada uno de ellos para un mejor control.

**Figura 34** Interfaz de control de sensores

*Fuente de Consulta: PARDALIX*

## 7.2. Resumen de resultados obtenidos

A continuación, son mencionados algunos de los aspectos negativos y positivos identificados por los evaluadores, los cuales fueron posteriormente reportados a los diseñadores de interfaces de *Water Pump App* (ver Tabla 3).

**Tabla 8** Resumen de resultados obtenidos

Aspecto detectado	Heurística afectada	Recomendación de solución
Redundancia de información mostrada	Estética y Diseño Minimalista	Sustituir esa información redundante por el nombre de la <i>app</i> o algún icono o elemento más estético y/o llamativo para el usuario.
Falta de información sobre elementos mostrados	– Reconocimiento antes que el recuerdo – Flexibilidad y eficiencia de uso	– Eliminar el apartado “Apagar/Encender” del menú hamburguesa – Al seleccionar una de las bombas aparecerá información de ella al igual que la opción de apagar y encenderla
La <i>app</i> no muestra algún indicador de que las bombas se encuentran encendidas o apagadas	Visibilidad el estado del sistema	Mostrar un indicador en la esquina superior de cada bomba en un esquema de colores según el estado de estado
Falta de opciones de empleado, fecha de ingreso, baja	Flexibilidad y eficiencia de uso	Buscar por filtrado de nombre, tipo de empleado, número de empleado
Falta de iconos ilustrativos adecuados	Consistencia estándares y	El utilizar iconos estándar en <i>apps</i> , facilita al usuario el manejo, uso y aprendizaje de la <i>app</i> utilizada
Dentro de la interfaz “eliminar”, se presentan dos botones con símbolo de “X”	– Consistencia estándares y – Flexibilidad y eficiencia de uso	El presentar 2 opciones similares dentro de la misma interfaz, con funciones diferentes, genera confusión en los usuarios. Por ello se debe especificar o utilizar botones con leyenda eliminar o cerrar según sea el caso.
Pantalla de sensores, falta información sobre la utilidad de esta	Reconocimiento antes que el recuerdo	Esta pantalla únicamente activa o desactiva un campo, hace falta más información acerca de en qué afecta el activarlo o desactivarlo, así como la gravedad de hacerlo o no
Pantalla de sensores, activa o desactiva todos los sensores y no uno a la vez	– Control y libertad del usuario – Flexibilidad y eficiencia de uso	A menos que el funcionamiento de las bombas requieran lo contrario, es importante permitir al usuario de la <i>app</i> , decidir sobre que sensor actuar en algún momento determinado
En la interfaz de sensores, no existe confirmación al momento de seleccionar el botón	– Prevención de errores – Visibilidad el estado del sistema	Se requiere mostrar más información al usuario para que pueda recuperarse de algún error y poder prevenir fallas en el sistema físico de las bombas

Fuente de consulta: *Elaboración Propia*

## 8. Conclusiones

Múltiples factores influyen en el éxito o fracaso de un proyecto. En general, es posible señalar que, si el producto o servicio producido es rechazado por los usuarios, esto significará que el análisis de requerimientos careció de diagnóstico o de análisis y que fue realizado inadecuadamente para las expectativas de satisfacción. Por ello, es indispensable evaluar un proyecto para identificar las mejoras posibles a realizar y la conveniencia de llevarlo a cabo.

Con este trabajo ha sido posible conocer de primera mano los aspectos positivos y negativos a los que puede enfrentarse un desarrollador y/o diseñador de sistemas, y que en muchas ocasiones no son tomados en cuenta para aplicar mejoras y dar como resultado un sistema que cumpla con características que permitan a los usuarios finales obtener grados positivos de Efectividad, Confianza y Satisfacción en el uso del desarrollo.

Este tipo de evaluaciones, permiten ir realizando mejoras al sistema durante su desarrollo, lo cual previene que cuando el producto salga al mercado o se encuentre en producción, los usuarios no tengan que enfrentarse a los problemas previamente detectados, afectando los tiempos y culminaciones de las tareas realizadas dentro del sistema, lo cual evitará que el usuario tenga una mala experiencia de uso, así como el asegurar que el desarrollo cuenta con la usabilidad necesaria que le permitirá ser de ayuda para los usuarios.

Por otra parte, ha sido posible escuchar al diseñador del sistema con nuevas propuestas tomando en cuenta los aspectos reportados, identificando de igual forma el tipo de mejoras requeridas para evitar un retrabajo después de que el sistema haya salido a la venta o se encuentre en la mano de usuarios finales.

Es evidente que existen muchas técnicas de evaluación de usabilidad y experiencia del usuario, y mientras mayor número de ellas sean aplicadas al desarrollo evaluado, se podrán dar mejores condiciones y mejor experiencia percibida.

Parte de los aprendizajes obtenidos es que al aplicar un diseño centrado en el usuario utilizando la heurística de Jakob Nielsen, el desarrollo ya contará al menos con la mitad del trabajo de usabilidad resuelto, así como el hecho de aplicar técnicas que conlleven la interacción directa de usuarios que cuenten con el perfil de los usuarios finales, proporcionará un gran avance en la mejora de la experiencia percibida por los mismos.

Cabe destacar que el trabajo no termina en el momento en el que se realizan las evaluaciones, sino que es igualmente importante saber reportar la necesidad de las mejoras, explicando al diseñador y/o desarrollador las ventajas que tiene el realizarlas y como así evitarán problemas en un futuro.

## 9. Referencias

- Arana, J. Y., González, J., Alejandres, H., & González, N. (2014). Evaluación de Usabilidad y Experiencia del Usuario en la Plataforma de Capacidades Científicas y Tecnológicas del Tecnológico Nacional de México. *Encuentro Nacional de Ciencias de la Computación*.
- Chen, L., Wei, L., Wang, Y., Wang, J., & Li, W. (2022). Monitoring and Predictive Maintenance of Centrifugal Pumps Based on Smart Sensors. *Sensors*, 22(6), 2106
- Kaya, A., Ozturk, R., & Altin Gumussoy, C. (2019). Usability measurement of mobile applications with system usability scale (SUS). *In Industrial engineering in the big data era. Springer, Cham*, (pp. 389-400).
- Lallemand, C., & Koenig, V. (2017). Lab testing beyond usability: challenges and recommendations for assessing user experiences. *Journal of Usability Studies*, 12(3), 133-154.
- MacDonald, C. M., & Atwood, M. E. (2013). Changing perspectives on evaluation in HCI: past, present, and future. 1969-1978.
- Mason, R. D., Lind, D. A., Marchal, W. G., & Lozano, M. C. (1998). Estadística para administración y economía . (Vol. No. 658.00212 M376E 1998). *eMéxico DF México DF: Alfaomega*.
- Michel, G. S., Garay, S. G., García, A. M., & Reyes, M. R. (2021). Evaluación heurística de la usabilidad para aplicaciones móviles sobre Android. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*.
- Myers, B. A., & John, B. (2008). *Usability Aspect Report (UAR) - Carnegie Mellon University*. Obtenido de Copyright © 2008 – Carnegie Mellon University: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj3prSqufT5AhXuDkQIHSDjC5YQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cs.cmu.edu%2F~bam%2Fuicourse%2FUARTemplate.doc&usg=AOvVaw2Ci\\_4uDAfJUXLKqSY6w3nW](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj3prSqufT5AhXuDkQIHSDjC5YQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cs.cmu.edu%2F~bam%2Fuicourse%2FUARTemplate.doc&usg=AOvVaw2Ci_4uDAfJUXLKqSY6w3nW)
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering.
- Nielsen, J., & Molich, R. (March de 1990). Heuristic evaluation of user interfaces. *In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 249-256.
- Oviedo, H. C., & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(4), 572-580.
- PARDALIX. (2019). Recuperado el Agosto de 2022, de <https://pardalix.com>

Paz, I. K. (2007). Media aritmética simple. *Boletín electrónico*, 7, 1-13.

Ponce Renova, H. F. (2019). *Conceptos básicos de Estadísticas Inferenciales aplicadas a la Investigación Educativa*. Instituto de Ciencias Sociales y Administración.

Ramos, E. R. (2016). *Estadística para todos*. Ediciones Pirámide.

Sharma, A. (2013). Do We Really Need Traditional Usability Lab for UX Practice? 399- 409.

Stephanidis, C., Salvendy, G., Members of the Group Margherita Antona, C. J., Dong, J., Duffy, V., Fang, X., . . . Marcus, A. (2019). Seven HCI grand challenges. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(14), 1229-1269.

Tarpani, R. R., Lapolli, F. R., Recio, M. Á., & Gallego-Schmid, A. (2021). Comparative life cycle assessment of three alternative techniques for increasing potable water supply in cities in the Global South. *Journal of Cleaner Production*, 290, 12587.

Wharton, C., Rieman, J., Lewis, C., & Polson, P. (1994). The cognitive walkthrough method: A practitioner's guide. . *In Usability inspection methods* , (pp. 105-140).



## **Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación**

---

### **[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]**

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†\*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor

*Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)*

#### International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1er Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1er Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1er Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1er Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2do Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2do Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3er Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3er Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Citación: Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1er Autor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 1er Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 2do Coautor. Apellido, Primer letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre del 3er Coautor. Apellido

Correo institucional [Times New Roman No.10]

Primera letra (EN MAYUSCULAS) del Nombre Editores. Apellidos (eds.) Título del Book [Times New Roman No.10], Temas Selectos del área que corresponde ©ECORFAN- Filial, Año.

# Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

## Abstract

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo, en inglés.

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.12**

## Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?.

Enfocar claramente cada una de sus características.

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Capítulo.

## Desarrollo de Secciones y Apartados del Capítulo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Capítulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En *el contenido del Capítulo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

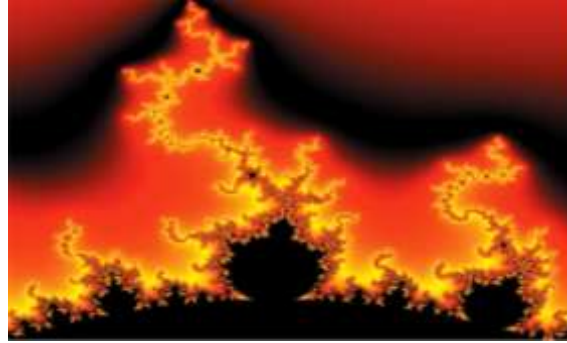
[Indicando el título en la parte Superior con Times New Roman No.12 y Negrita, señalando la fuente en la parte Inferior centrada con Times New Roman No. 10]

**Tabla 1.1** Título

Variable	Descripción	Valor
P <sub>1</sub>	Partición 1	481.00
P <sub>2</sub>	Partición 2	487.00
P <sub>3</sub>	Partición 3	484.00
P <sub>4</sub>	Partición 4	483.50
P <sub>5</sub>	Partición 5	484.00
P <sub>6</sub>	Partición 6	490.79
P <sub>7</sub>	Partición 7	491.61

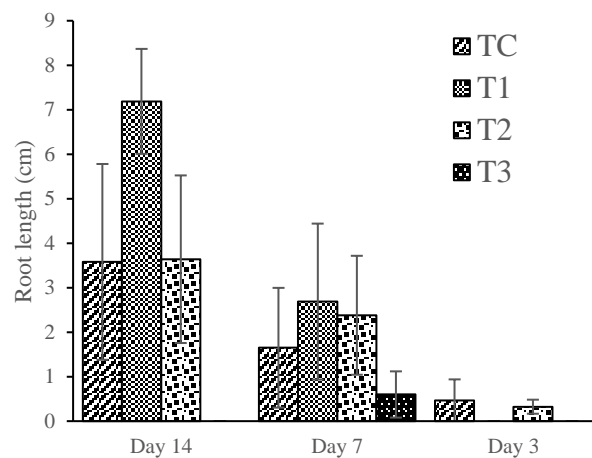
Fuente de Consulta:  
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

**Figura 1.1 Título**



Fuente de Consulta:  
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

**Gráfico 1.1 Título**



Fuente de Consulta:  
(No deberán ser imágenes, todo debe ser editable)

Cada Capítulo deberá presentar de manera separada en 3 Carpetas: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Título secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$\int_{lim^{-1}}^{lim^1} = \int \frac{lim^1}{lim^{-1}} = \left[ \frac{1(-1)}{lim} \right]^2 = \frac{(0)^2}{lim} = \sqrt{lim} = 0 = 0 \rightarrow \infty \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

### **Metodología a desarrollar**

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados.

### **Resultados**

Los resultados deberán ser por sección del Capítulo.

# Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

---

## **Anexos**

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

## **Conclusiones**

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

## **Referencias**

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Capítulo.

## **Ficha Técnica**

Cada Capítulo deberá presentar en un documento Word (.docx):

Nombre del Book

Título del Capítulo

Abstract

Keywords

Secciones del Capítulo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

## **Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:**

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores.

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores.

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Conflicto de Intereses del Autor y Coautores.

## **Reserva a la Política Editorial**

ECORFAN Books se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar la Obra Científica a la Política Editorial del ECORFAN Books. Una vez aceptada la Obra Científica en su versión final, el ECORFAN Books enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación de la Obra Científica.

## **Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales**

Declaración de Originalidad y carácter inédito de la Obra Científica, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución.

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de la Obra Científica que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes de la Obra Científica deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia de la Obra Científica propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título de la Obra Científica:

- El envío de una Obra Científica a ECORFAN Books emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Obra Científica, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en esta Obra Científica ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en la Obra Científica, así como las teorías y los datos procedentes de otras Obras Científicas previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Obra Científica se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding México considere pertinentes para divulgación y difusión de su Obra Científica cediendo sus Derechos de Obra Científica.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de esta Obra Científica se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en la Obra Científica.

## Copyright y Acceso

La publicación de esta Obra Científica supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding México para su ECORFAN Books, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada de la Obra Científica y la puesta a disposición de la Obra Científica en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título de la Obra Científica:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

## Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

### Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre la Obra Científica enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

### Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio a la Obra Científica el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

### Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de la Obra Científica. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con la Obra Científica que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter la Obra Científica a evaluación.

### **Responsabilidades de los Autores**

Los Autores deben garantizar que sus Obras Científicas son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Obra Científica definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza de la Obra Científica presentado a arbitraje.

### **Servicios de Información**

#### **Indización - Bases y Repositorios**

RESEARCH GATE (Alemania)

MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)

GOOGLE SCHOLAR (Índices de citaciones-Google)

REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico- CSIC)

#### **Servicios Editoriales**

Identificación de Citación e Índice H

Administración del Formato de Originalidad y Autorización

Testeo de Books con PLAGSCAN

Evaluación de Obra Científica

Emisión de Certificado de Arbitraje

Edición de Obra Científica

Maquetación Web

Indización y Repositorio

Publicación de Obra Científica

Certificado de Obra Científica

Facturación por Servicio de Edición

#### **Política Editorial y Administración**

143 - 50 Itzopan, Ecatepec de Morelos – México. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: [contact@ecorfan.org](mailto:contact@ecorfan.org) [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

## **ECORFAN®**

### **Editor en Jefe**

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD

### **Directora Ejecutiva**

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

### **Director Editorial**

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

### **Diseñador Web**

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

### **Diagramador Web**

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

### **Asistentes Editoriales**

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC

### **Filóloga**

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

### **Publicidad y Patrocinio**

(ECORFAN®- Mexico- Bolivia- Spain- Ecuador- Cameroon- Colombia- El Salvador- Guatemala- Nicaragua- Peru- Paraguay- Democratic Republic of The Congo- Taiwan), [sponsorships@ecorfan.org](mailto:sponsorships@ecorfan.org)

### **Licencias del Sitio**

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. [financingprograms@ecorfan.org](mailto:financingprograms@ecorfan.org)

### **Oficinas de Gestión**

143 - 50 Itzopan, Ecatepec de Morelos – México.

21 Santa Lucía, CP-5220. Libertadores -Sucre – Bolivia.

38 Matacerquillas, CP-28411. Morazarzal –Madrid-España.

18 Marcial Romero, CP-241550. Avenida, Salinas I - Santa Elena-Ecuador.

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Boulevard de la Liberté, Immeuble Kassap, CP-5963.Akwa- Douala-Camerún.

Avenida Suroeste, San Sebastian - León-Nicaragua.

31Kinshasa 6593- Republique Démocratique du Congo.

Avenida San Quentin, R 1-17 Miralvalle - San Salvador-El Salvador.

16 kilómetros, carretera estadounidense, casa Terra Alta, D7 Mixco Zona 1-Guatemala.

105 Alberdi Rivarola Capitán, CP-2060. Luque City- Paraguay.

69 Calle Distrito YongHe, Zhongxin. Taipei-Taiwán.

43 Calle # 30 -90 B. El Triunfo CP.50001. Bogotá-Colombia





ISBN 978-607-8695-83-6



[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)