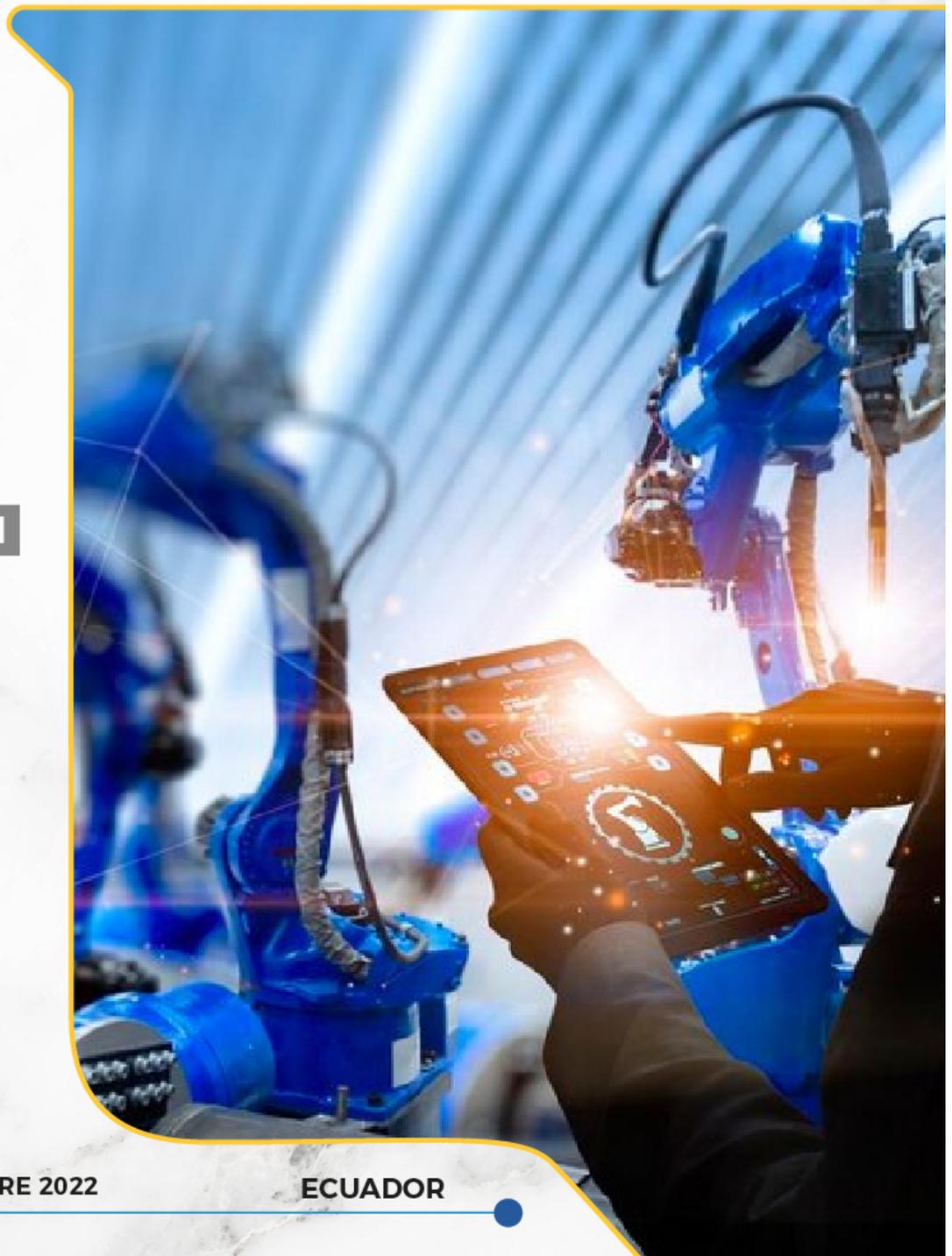


e-ISSN 2550-6730



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
MANABÍ
Fundada en 1952

6
VOLUMEN
Núm. 2



JULIO - DICIEMBRE 2022

ECUADOR

AUTORIDADES

Rector
Santiago Quiroz Fernández, Ph. D.

Vicerrectora Académica
Mara Molina de Lozano, Ph. D.

Director de Investigación
Alex Dueñas Rivadeneira, Ph. D.

Decana de la Facultad de Ciencias Informáticas
Leticia Vaca Cárdenas, Ph. D.

CUERPO EDITOR

Director de la Revista
 **Jorge Párraga Álava, Ph.D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

EDITORES

 **Leticia Vaca Cárdenas, Ph. D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

 **Marlon Navia Mendoza, Ph. D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

 **Ramón Toala Dueñas, Ph. D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

 **José Párraga Valle, Ms. C.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

 **Lucia Rivadeneira Barreiro, Ph. D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

CUERPO EDITORIAL

 **Felipe Bello Robles, Ph. D.**
 Universidad de Santiago de Chile, Chile

 **Manuel Villalobos Cid, Ph. D.**
 Universidad de Santiago de Chile, Chile

 **Paulo Freitas de Oliveira Novais, Ph. D.**
 Univerdidade do Minho, Portugal

 **Dalila Alves Durães, Ph. D.**
 Univerdidade do Minho, Portugal

 **Edith Josefina Liccioni, Ph. D.**
 Universidad de Chimborazo, Ecuador

 **Cristóbal Samaniego Alvarado, Ph. D.**
 Barcelona Supercomputing Center, España

 **Oscar Alvear Alvear, Ph. D.**
 Universidad de Cuenca, Ecuador

COMITÉ CIENTÍFICO

Revisores

 **Alberto Miguel Bonastre Pina, Ph.D.**
 Universitat Politècnica de València, España

 **José Carlos Campelo, Ph.D.**
 Universitat Politècnica de València, España

 **Jaime Riascos Salas, Ms. C.**
 Institución Universitaria de Envigado (IUE), Colombia

 **Luz Chourio Acevedo, Ph. D. (c)**
 Universidad de Santiago de Chile, Chile

 **Yulier Nuñez Musa, Ph.D.**
 Universidad Tecnología de la Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba

 **Camilo Batista de Souza, Ph.D.**
 Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

 **Ana Núñez Ávila, Ph.D.**
 Universidad de Cuenca, Ecuador

 **Juan Capella Hernández, Ph.D.**
 Universitat Politècnica de València, España

 **Alex Santamaría Philco, Ph.D.**
 Universitat Politècnica de València, España

 **Jorge Herrera Tapia, Ph.D.**
 Universitat Politècnica de València, España

 **Verónica Proaño Ríos, Ph.D.**
 Universidad de Santiago de Chile, Chile

EQUIPO TÉCNICO

Webmaster OJS

- ✓ **Victor López Tuárez**
Instituto de Investigación,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Asistente técnico

- ✓ **Kevin Cedeño Zamora**
Facultad de Ciencias Informáticas,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Editor web

- ✓ **Dayana Bailón Delgado**
Facultad de Ciencias Informáticas,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Diseñador, Diagramación y Portada

- ✓ **Orly Bermello Zamora**
Dirección de Comunicaciones,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Informática y Sistemas

Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones

Volúmen 6, Número 2. Julio – Diciembre 2022

e-ISSN: 2550-6730

Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (ISRTIC) es una publicación electrónica semestral de carácter científico, que edita la Facultad de Ciencias Informáticas de la Universidad Técnica de Manabí, orientada a la socialización de resultados de investigación, a través de artículos novedosos y de alto rigor científico, en las áreas asociadas a las tecnologías de la información y las comunicaciones. ISRTIC no efectúa cargos por concepto de costos de procesamiento, envío o publicación de artículos.

El proceso editorial de ISRTIC se gestiona a través del



ISRTIC es una publicación de acceso abierto con licencia



Los artículos de ISRTIC cuentan con código de identificación de objeto digital (DOI)



ISRTIC utiliza el sistema antiplagio



Las revista está indizada en



Los artículos de la presente edición se pueden obtener en
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Informaticaysistemas/issue/view/283>

INDICE

Kevin Damián Sánchez Rogel, Melanie Cristina Ibarra Pincay, Diego Lenin Tiviño Valdez

78-90

Diseño e implementación de software y hardware de un prototipo de vehículo autónomo recolector de objetos basado en tecnología Arduino

Design and implementation of software and hardware of a prototype autonomous object collector vehicle based on Arduino technology

Arturo A. Castro Rodríguez, Javier Sanchez-Galan

91-97

Desarrollo de un prototipo de sistema ciber-físico para el control administrativo del suministro de bebidas y refrescos

Development of a Expert System and a Prototype of a Cyber-physical System for the Administrative Control of the Supply of Beverages and Soft Drinks

Chila Reina Tania Gissella, Cobeña Macias Tatiana Elizabeth

98-109

Estudio de usabilidad y accesibilidad de los sitios web de la Universidad Técnica de Manabí

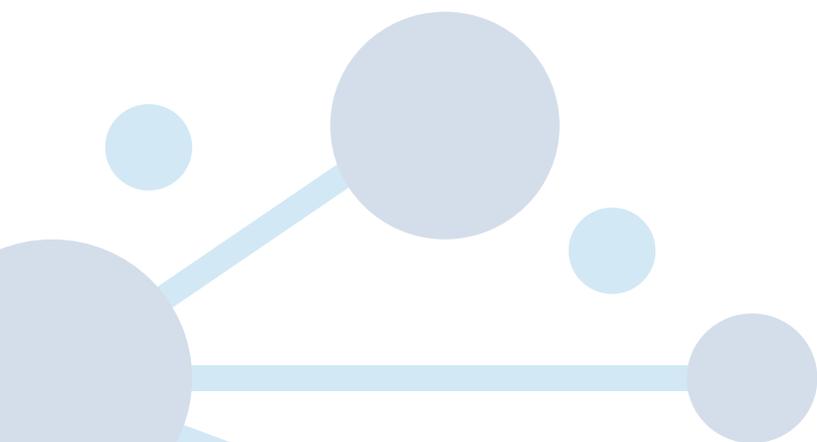
Study of usability and accessibility of the websites of the Technical University of Manabí

Zambrano Caicedo Andres Fernando, Briones Giler Karen Ivonne, Pinargote Bravo Victor Joel, Alfonso Tomás Loor Vera

110-116

Investigación Exploratoria de Robots Agrícolas

Exploratory Research of Agricultural Robots





Diseño e implementación de software y hardware de un prototipo de vehículo autónomo recolector de objetos basado en tecnología Arduino

Design and implementation of software and hardware of a prototype autonomous object collector vehicle based on Arduino technology

Autores

- ✉ *Sánchez Rogel Kevin Damián 
- ✉ Ibarra Pincay Melanie Cristina 
- ✉ Triviño Valdez Diego Lenin 

Universidad Técnica de Manabí,
Facultad de Ciencias Informáticas,
Portoviejo, Ecuador.

* Autor para correspondencia

Comó citar el artículo: Sánchez Rogel, K.D., Ibarra Pincay, M.C. y Triviño Valdez, D.L. (2022). Diseño e implementación de software y hardware de un prototipo de vehículo autónomo recolector de objetos basado en tecnología Arduino. *Informática y Sistemas Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*. 6(2), 78-90. <https://doi.org/10.33936/isrtic.v6i2.4399>

Enviado: 09/02/2022
Aceptado: 22/06/2022
Publicado: 01/07/2022

Resumen

En este artículo se presenta el diseño e implementación de software y hardware para elaborar un prototipo de vehículo autónomo recolector de objetos. Los componentes electrónicos necesarios se conectan y comunican con un Arduino Mega 2560, y estos son alimentados con baterías de ion de Litio, para definir el amperaje y voltaje necesario de estas baterías se realizaron cálculos teóricos del consumo de cada componente. En cuanto al algoritmo desarrollado, permite el movimiento del vehículo y del brazo robótico de forma manual y remota, por medio de un mando Wireless de PS2. Además de esto, gracias a la integración de sensores, se incorporó funcionalidades de detección de distancia, con esto se puede reconocer si hay un objeto o no delante del vehículo, para que así, el vehículo pueda recoger objetos de forma automática y almacenarlos en un contenedor. Con lo expuesto, se denota la particularidad de la implementación, el prototipo tiene más de una forma de uso, teniendo un control manual o automático y de forma remota. También se realizaron distintas pruebas de funcionalidad del prototipo respecto a la distancia entre el vehículo recolector y el objeto, obteniendo datos e interpretándolos. De esta forma y en conjunto a las funcionalidades programadas para controlar el vehículo, el brazo robótico y el control automático han dado como resultado un prototipo funcional de vehículo recolector de objetos controlado remotamente, que presenta una probabilidad de éxito inversamente proporcional, a mayor distancia se encuentra el objeto respecto al vehículo, menor será la probabilidad de éxito para recolectarlo. La metodología a seguir para la implementación de un vehículo autónomo recolector de objetos con Arduino Mega 2560, consiste en: 1) diseño del hardware, 2) implementación del hardware, 3) diseño del software y algoritmo, 4) implementación del software y algoritmo, 5) pruebas técnicas de funcionamiento. Este prototipo se puede tomar como base para la creación de equipos autónomos recolectores de objetos, para distintas áreas de aplicación. De aquí pueden partir soluciones para mejorar o desarrollar dispositivos que complementen una necesidad específica en el ámbito científico, investigativo o industrial

Palabras clave: Desplazamiento vehículo, Arduino Mega, Vehículo autónomo, Recolector objetos.

Abstract

This article presents the design and implementation of software and hardware to develop a prototype of an autonomous object collector vehicle. The necessary electronic components are connected and communicate with an Arduino Mega 2560, and these are powered by Lithium-ion batteries, to define the necessary amperage and voltage of these batteries, theoretical calculations of the consumption of each component were made. Regarding the developed algorithm, it allows the movement of the vehicle and the robotic arm manually and remotely, by means of a Wireless PS2 controller. In addition to this, thanks to the integration of sensors, distance detection functionalities were incorporated, with this it is possible to recognize whether or not there is an object in front of the vehicle, so that the vehicle can pick up objects automatically and store them in a container. With the above, the particularity of the implementation is denoted, the prototype has more than one way of use, having manual or automatic control and remotely. Different prototype functionality tests were also



carried out regarding the distance between the collection vehicle and the object, obtaining and interpreting data. In this way and together with the functionalities programmed to control the vehicle, the robotic arm and the automatic control have resulted in a functional prototype of a remotely controlled object collection vehicle, which presents an inversely proportional probability of success, the greater the distance If you find the object relative to the vehicle, the lower the chance of success in collecting it. The methodology to follow for the implementation of an autonomous object collector vehicle with Arduino Mega 2560, consists of: 1) hardware design, 2) hardware implementation, 3) software and algorithm design, 4) software and algorithm implementation, 5) technical performance tests. This prototype can be taken as a basis for the creation of autonomous object-collecting equipment for different application areas. Solutions can start from here to improve or develop devices that complement a specific need in the scientific, research or industrial field.

Keywords: Vehicle displacement, Arduino Mega, Autonomous vehicle, Object collector.

1. Introducción

Al día de hoy, los microcontroladores son cada vez más necesarios dentro de nuestra vida cotidiana, desde calentar comida en un microondas o realizar una transacción en un cajero automático, hasta automatizar procesos como la navegación de autos y aviones. Su amplio uso, ha hecho que se vayan desarrollando placas e interfaces electrónicas en gran cantidad, adecuadas para cumplir con las necesidades y requerimientos tecnológicos de las industrias que tienen sistemas que son controlados y operados por personas (Tapia Ayala & Manzano Yupa, 2013). Cabe indicar, la existencia de una variedad de proyectos y tesis que implementan infraestructuras de hardware que tienen como pieza indispensable estas placas impresas con microprocesador, tales como; sistemas de control de posición de un objeto, prototipo de sistema inteligente de prevención de accidentes de tránsito, desarrollo de vehículo autónomo, construcción de un robot explorador en zonas de riesgo, entre otros Casquete Quiñonez & Moreira Maridueña, 2018).

Ahora bien, existen situaciones en donde en el ámbito investigativo, científico, industrial o alguna otra área, requieren explorar y recolectar muestras de suelo (Ministerio del Ambiente de Perú, 2014), objetos, desechos tóxicos, entre otros elementos que se encuentran en un espacio inaccesible o peligroso para el ser humano, o simplemente donde se desempeñe un trabajo de recolección constante de objetos en un área.

En este contexto, el presente artículo datará el diseño e implementación de software y hardware de un prototipo de vehículo autónomo recolector de objetos basado en tecnología Arduino, el cuál desempeñará la función de recorrer y recolectar

objetos en un espacio, con ayuda de un brazo robótico, controlado remotamente y con un modo manual y automático de uso. Este prototipo se desarrollará con el controlador ATmega2560, la tecnología Arduino y su software, que nos permite implementar funcionalidades a un hardware o dispositivo, es decir, crear objetos interactivos, programar instrucciones de forma sencilla, además de facilitar la conexión e implementación de hardware a las placas Arduino (Torrico Santos, 2016).

Esto aportará de tal manera que, se pueda tomar como base este prototipo para la creación de equipos autónomos recolectores de objetos, para distintas áreas de aplicación. De aquí pueden partir soluciones para mejorar o desarrollar dispositivos que complementen una necesidad específica como en el área de la salud e investigación científica.

2. Materiales y Métodos

La metodología a seguir para la implementación de un vehículo autónomo recolector de objetos con Arduino Mega 2560, consiste en: 1) diseño del hardware, 2) implementación del hardware, 3) diseño del software y algoritmo, 4) implementación del software y algoritmo, 5) pruebas técnicas de funcionamiento.

Se planea tener como cerebro del carro dicho microcontrolador que será programado con la función de procesar la información que reciba de los componentes electrónicos conectados, como, por ejemplo, de los sensores, y a su vez, poder enviarle órdenes, como a los motores de las ruedas: avanzar, retroceder, girar a la derecha o izquierda, también controlar cada movimiento de las partes del brazo robótico y activar función de recoger objetos automáticamente mediante los sensores o realizar esta función con un control manual.

Para poder controlar los motores de las ruedas del vehículo, el Shield Driver L293D será acoplado al Arduino. El microcontrolador, tendrá la programación para el correcto funcionamiento del vehículo. De igual manera, se hace uso del módulo PCA-9685 para controlar los 4 servo motores que conforman el brazo robótico, además del control directo del carro y del brazo robótico que se logrará empleando mando de PS2 con su respectivo receptor Wireless.

Se implementarán los componentes necesarios (sensor ultrasónico e infrarrojo), para lograr que el vehículo pueda de forma automática encontrar un objeto, posicionarse en frente de él a una distancia de 9cm a 10cm y el brazo robótico pueda recolectarlo por sí solo. Para tener una correcta distribución de voltaje se usará módulos Step Down para reducir el voltaje de la fuente de alimentación (Peña Uriarte, 2019) que son pilas 18650 de 3.7V y 2000 mAh.

A continuación, se enlistará los materiales necesarios para llevar a efecto esta implementación:



Tabla 1. Equipos y materiales usados para el desarrollo e Implementación del prototipo.

Equipos	Materiales
Arduino MEGA 2560	Tornillos y tuercas
Driver L293D para motores	Baterías 18650 2000mAh
Sensor Ultrasónico HC-SR04	Jumpers para conexiones
Servo Motor SG90	Soporte para Sensor Ultrasónico
Sensor Infrarrojo	Chasis 2 pisos 4WD
Motores DC 3V A 6V	18650 Portapilas Batería Litio
Protoboard	Ruedas de 66mm
Switch on/off	

3. Diseño del Hardware del prototipo

3.1 Diagrama de conexiones

Para comprender mejor el hardware utilizado y el diseño de las conexiones para el vehículo autónomo recolector de objetos, observemos el diagrama de la Figura 1.

Las conexiones no tienen un código de color uniforme, aunque en general se ha respetado el uso del rojo como señal de voltaje positivo (VCC o +5V), y el negro el de masa (GND). Lo que sí que se corresponde es exactamente con el color de los cables utilizados en el prototipo real (Navarro Cosme, 2016).

De acuerdo al diagrama anterior contamos con el siguiente hardware:

Arduino Mega 2560:

Por medio de esta placa microcontroladora, conectaremos el sensor ultrasónico, sensor infrarrojo, receptor PS2, módulo PCA9685 para controlar los servos y el Motor Shield L293D para el manejo de los motores de las ruedas, se leerán los datos de ellos a través de los pines y se podrán programar las respectivas instrucciones para el funcionamiento del vehículo Campo Jorge et al., (2017), brazo robótico y sistema de recolección de objetos.

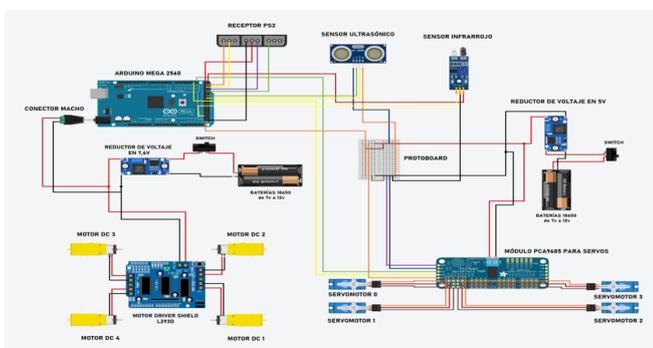


Figura 1. Diagrama de conexiones del Arduino Mega 2560 y los componentes electrónicos

Motor Shield L293D:

Este shield o escudo nos permitirá facilitar el control de hasta cuatro motores DC, gracias a sus dos drivers puente H L293D, se puede controlar la velocidad y dirección de giro de los motores, que serán usados para darle movimiento a las ruedas (Circuit Best, 2021). Este escudo estará montado en el Arduino Mega 2560 y tendrá conectado 4 motores DC. Cabe indicar que para que la energía proporcionada a este escudo sea independiente de la de Arduino, quitamos el jumper de configuración que incluye la placa (Lady Ada, 2012).

Módulo PCA9685:

A través de este módulo, conectaremos los 4 servomotores que serán usados para el funcionamiento del brazo robótico y es el que nos permitirá posteriormente controlar cada servo, en cuanto a su posición. Este módulo genera señales PWM, las cuales son empleadas por los servomotores para realizar sus movimientos (Earl, 2012), estas señales se transformarán a grados para tratar a los servos con mayor facilidad. Cuenta con seis pines, GND, 0E, SCL, SDA, VCC, V+. En la conexión de V+ se provee energía externa. La conexión entre los pines del módulo y el Arduino Mega se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Configuración de pines módulo PCA-9685

PCA9685	Arduino Mega
GND	GND
0E	GND
SCL	21
SDA	20
VCC	5V
V+	5V*

Reductores de voltaje LM2590:

El módulo convertidor DC-DC Step-Down (Buck) LM2596 es capaz de regular un voltaje de entrada mayor y convertirlo en uno menor a su salida, voltaje de entrada: 4.75 a 30V, voltaje de salida: 1.25 a 26V y con corriente promedio de salida de 2A. (Semiconductor Componentes Industries, s.f.) Es usado para reducir el voltaje que se dirige hacia la placa Arduino Mega (Reducimos a 7.4V) y la placa PCA9685 para servos (reducimos a 5V).

Sensor Ultrasónico HC-SR04:

Permite medir distancia mediante ultrasonido desde 2cm hasta 450cm, lo usaremos para saber a qué distancia se encuentra el objeto a recoger, la cuál será de 9 cm a 10 cm. Este sensor funciona emitiendo ondas de ultrasonido hacia delante, cuando estas ondas chocan con un objeto, estas rebotan hacia el sensor, y él las capta (ElecFreaks, 2013), el tiempo que se demora en regresar la onda, es transformado en distancia por software. Este sensor HC-SR04 cuenta con dos pines, Trig: el cual genera el



Tabla 3. Configuración de pines HC-SR04

HC-SR04	Arduino Mega
GND	GND
Echo	34
Trig	32
VCC	5V

pulso y Echo quien lo recibe. Conexión:

Sensor Infrarrojo HW-201:

Tiene un par de tubos de transmisión y recepción de infrarrojos. El tubo de transmisión emite luz infrarroja de una cierta frecuencia y esta nos servirá para detectar a un máximo de 11cm si hay o no un objeto al frente, en la posición conveniente para que el brazo robótico pueda recolectar el objeto. Los pines son 3 y están conectados a Arduino Mega de la siguiente manera:

Tabla 4. Configuración de pines HW-201

HW-201	Arduino Mega
OUT	50
GND	GND
VCC	5V

Receptor Wireless de PS2:

Logra la conexión de un mando de Play Station 2 con el Arduino Mega, para así usarlo y poder dar órdenes de movimiento y otras funcionalidades al vehículo recolector de objetos. En cuanto a la conducción manual se tendrá de una forma fluida sin interrupciones, la conexión del receptor al Arduino Mega se realiza por los siguientes pines (Macho, s.f.a):

Tabla 5. Configuración de pines receptor PS2

PS2 Controller	Arduino Mega
data	22
command	24
vibration	No conectado
GND	GND
VCC	5V
attention	26
clock	28
unknown	No conectado
acknowledge	No conectado

4. Implementación del Hardware del prototipo

4.1 Estructura del vehículo

Con el hardware previamente mencionado, se implementó la estructura para el vehículo recolector de objetos. Lo que se ha ido realizando, dando como resultado el esquema del Arduino, es la colocación de las placas Arduino Mega, el Driver Motor Shield L293D, el módulo PCA9685, y a través de ellos conectar, los servomotores, motores DC, sensor ultrasónico, sensor infrarrojo y receptor del mando de PS2 para controlar al carro, en conjunto con las piezas que se requieren para el funcionamiento del vehículo recolector Arduino, que en este caso son el chasis, las ruedas, interruptores, porta pilas y pilas de Li-ion de 3.7 voltios cada una, protoboard, módulos reductores de voltaje, jumpers de conexión, contenedor para objetos y estructura del brazo robótico.

Se muestra a continuación imágenes de cómo queda armado el vehículo recolector de objetos Arduino:

Vista general del prototipo:

En la posterior figura presenciamos la estructura del vehículo, el chasis se compone de dos láminas de acrílico, lo que permite tener dos pisos de espacio para ubicar los componentes, además consta de 4 ruedas, brazo robótico y contenedor de objetos. El prototipo pesa aproximadamente 0.6Kg y tiene una altura total con el brazo robótico extendido hacia arriba de 30cm.

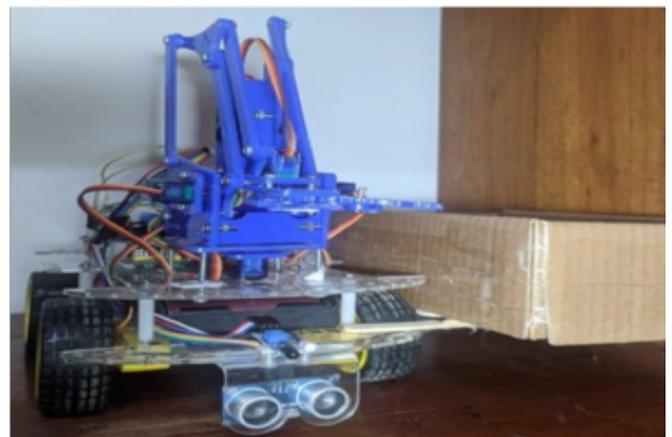
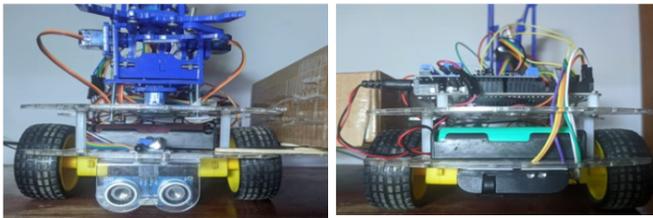


Figura 2. Vista general del vehículo

Vista frontal y trasera del prototipo:

En la parte frontal del vehículo podemos ver que está montado el sensor infrarrojo y el sensor ultrasónico, en el chasis del carro

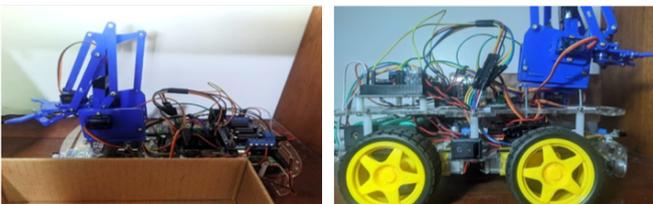
además de dos baterías 18650 para alimentar el brazo robótico (Figura 3.a). En la parte de atrás del vehículo, encontramos el receptor Wireless de PS2, para poder controlarlo remotamente, también un conjunto de 3 baterías 18650 para alimentar el Arduino y el Motor Shield (Figura 3.b).



a. Vista frontal del vehículo b. Vista trasera del vehículo
Figura 3. Vista frontal y trasera del prototipo

Vista lateral izquierda y derecha del prototipo:

A la izquierda, podemos observar el con-tenedor de los objetos, que puede adaptarse otros más grandes o pequeños, también una vista del brazo robótico en su posición de descanso y el switch off/on de los servos (Figura 4.a). A la derecha, podemos presenciar que el vehículo consta de dos pisos, en el superior tenemos montado el Arduino Mega, el motor shield, protoboard, módulo PCA9685 y brazo robótico. En el piso inferior ubicamos los 2 módulos reductores de voltaje, dos portapilas con sus respectivas baterías y un switch on/off para el Arduino y los motores (Figura 4.b).



a. Vista frontal del vehículo b. Vista trasera del vehículo
Figura 4. Vista lateral izquierda y derecha del prototipo

4.2 Especificaciones de energía y alimentación

Este vehículo es alimentado por dos fuentes de energía independientes:

La primera fuente: consta de un set de tres pilas 18650 Li-ion a 3.7V y 1800mAh, conectadas en serie para que el voltaje de las 3 pilas se sume, dando alrededor de 12.30V con la carga completa y 11.10V con la carga media. Este conjunto de baterías es conectado a un switch on/off, y luego conectado a un módulo Step Down, para reducir el voltaje de entrada y obtener un voltaje de salida de 7.4V, esto con el fin de no sobre calentar el Arduino Mega, ya que a partir de 7V, el excedente de voltaje lo convierte en calor. Luego por la misma salida del módulo se hizo una conexión en paralelo, obteniendo otro cable de la salida positiva

y otro cable de la salida negativa, para alimentar al Motor Shield L293D, el cual tendrá el jumper de configuración quitado, para que la energía que entre al Shield, no pase al Arduino y sea exclusivamente para los motores DC, eliminando así el efecto negativo del ruido de los motores hacia el Arduino. Cabe indicar que la conexión de los cables positivo y negativo deben ser ubicados correctamente en el Motor Shield, ya que este no tiene protección contra la polaridad inversa (Lady Ada, 2012).

A continuación, podemos ver un diagrama de las conexiones previamente detalladas:

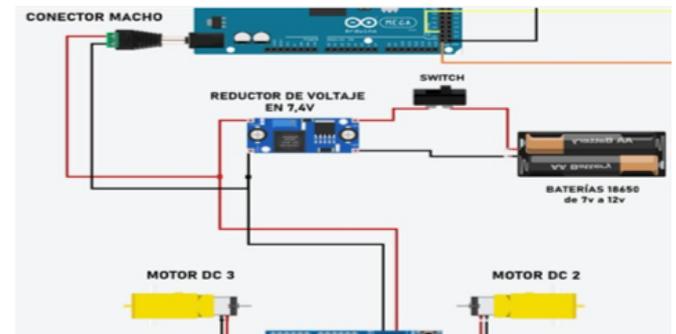


Figura 5. Conexiones de la fuente de energía del Arduino y Motor Shield

La segunda fuente: está compuesta por un set de dos pilas 18650 Li-ion a 3.7V y 2000mAh, conectadas en serie para que el voltaje de las 2 pilas se sume, dando alrededor de 8.20V con la carga completa y 7.4V con la carga media. Este conjunto de baterías es conectado a un switch on/off, y luego conectado a un módulo Step Down, para reducir el voltaje de entrada, y obtener un voltaje de salida de 5.05V, ya que esta es la cantidad adecuada de voltaje para alimentar los servomotores, ya que si se sobrepasa este voltaje, se podrían quemar, esta alimentación se la hace en las borneras del módulo PCA9685, para que la alimentación sea independiente al resto de componentes, este módulo es el encargado de distribuir los 5V a cada servomotor conectado. Además, en las salidas del módulo Step Down se hace una conexión en paralelo para suministrar al protoboard de 5V y así poder usar esta alimentación para los distintos sensores que la requieran.

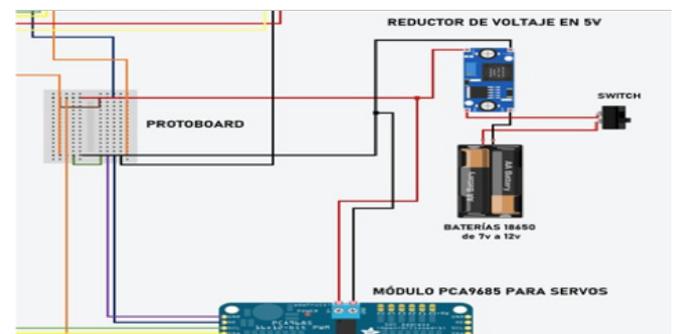


Figura 6. Conexiones de la fuente de energía para el módulo PCA9685 y el protoboard

4.3 Autonomía energética

A continuación, se analizará el consumo de los componentes y se aproximará de forma teórica el tiempo de funcionamiento constante del vehículo recolector de objetos.

Fuente de energía I: Tiene un voltaje promedio de 11.10V y una capacidad de corriente de 1800mAh. Alimenta los siguientes componentes:

Tabla 6. Tabla de consumo de corriente de la fuente de 1800mAh

Componentes	Cantidad	Consumo de mA por unidad	Consumo de mA total
Arduino Mega	1	96mA	96mA
Receptor PS2	1	15mA	15mA
Sensor IR	1	20mA	20mA
Motor Shield L293D	1	20mA	20mA
Motor DC	4	150mA	600mA
		Corriente total	751mA

Consideramos los valores de mA de los componentes estando en uso, por lo tanto, estos suman un total de consumo de corriente de 751mA, ahora para saber cuánto tiempo pueden estar funcionando teniendo una fuente de energía que nos proporciona 1800mAh, debemos realizar el siguiente cálculo:

Dividimos los mAh (miliamperios por hora) proporcionados por la fuente de alimentación sobre el mA (miliamperio) total que consumen todos los componentes (Macho, s.f.b).

Obtenemos el resultado en horas, para convertirlo a minutos, multiplicamos el resultado por 60.

$$2,397 * 60 = 143,82\text{min} \approx 144 \text{ minutos}$$

Por lo que, en un uso constante de estos componentes, las baterías durarían aproximadamente 2 horas con 40 minutos antes de descargarse. El vehículo podría estar en movimiento constante por ese tiempo.

Fuente de energía II: Tiene un voltaje promedio de 7.4V y una capacidad de corriente de 2000mAh. Alimenta los siguientes componentes:

Consideramos los valores de mA de los componentes estando en uso, por lo tanto, estos suman un total de consumo de corriente

Tabla 7. Tabla de consumo de corriente de la fuente de 2000mAh

Componentes	Cantidad	Consumo de mA por unidad	Consumo de mA total
Servomotor SG90	4	500mA	2000mA
Sensor Ultrasónico	1	15mA	15mA
Módulo PCA9685	1	10mA	10mA
		Corriente total	2026mA

de 2026mA, ahora para saber cuánto tiempo pueden estar funcionando teniendo una fuente de energía que nos proporciona 2000mAh, debemos realizar el siguiente cálculo:

Dividimos los mAh (miliamperios por hora) proporcionados por la fuente de alimentación sobre el mA (miliamperio) total que consumen todos los componentes "(Macho, s.f.b)".

Obtenemos el resultado en horas, para convertirlo a minutos, multiplicamos el resultado por 60.

$$0,987 * 60 = 59,23\text{min} \approx 59 \text{ minutos}$$

Por lo que, en un uso constante de estos componentes, las baterías durarían aproximadamente 2 horas con 40 minutos antes de descargarse. El vehículo podría estar en movimiento constante por ese tiempo.

Por lo que, en un uso constante de estos componentes, las baterías durarían aproximadamente 59 minutos antes de descargarse. Cabe indicar que, el brazo robótico solo llega a consumir 500mA (cada servomotor) cuando está en uso, por cada recolecta de objeto, los servomotores funcionan alrededor de 20 segundos, entonces podemos calcular la cantidad de objetos que puede recoger hasta que se agote la batería (convertimos los 59 min en segundos para el cálculo): $3540s/20s=177$, teniendo un total de 177 recolectas de objetos hasta acabar la batería de 2000mAh.

5. Diseño del Software y algoritmo del prototipo

El entorno de desarrollo para Arduino está constituido por un editor de texto para escribir el código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para las funciones comunes, y una serie de menús (Molina Cruz et al., 2019) como

se indica en la figura 7. Este software permite la conexión con el hardware de Arduino para cargar los programas y comunicarse con ellos. Ocuparemos la versión 1.8.16 del ARDUINO IDE.

Arduino utiliza para escribir la programación lo que denomina “sketch”(programa), los programas son escritos en el editor de texto.

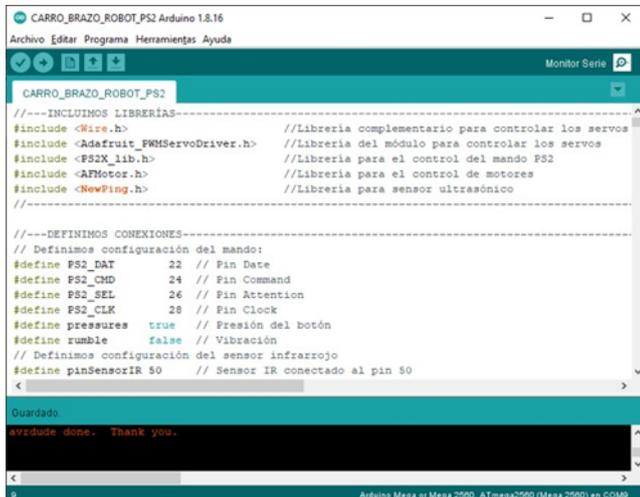


Figura 7. Arduino IDE v1.8.16

5.1 Programación de la placa Arduino Mega 2560

El programa que se ha desarrollado y almacenado en el Arduino Mega 2560 realiza las siguientes tareas:

Poner en movimiento el vehículo, controlar el avance, retroceso, giros a izquierda, giros a la derecha y detenerse, este control es de forma manual por medio del mando PS2.

Controlar el movimiento de las 4 partes del brazo robótico, las cuales son la base, hombro, codo y pinza, este control es de forma manual por medio del mando PS2.

Detectar distancia por medio del sensor ultrasónico, para así decidir como posicionarse respecto al objeto, en la opción de recolección de objetos automática.

Detectar si hay o no un objeto al frente del vehículo, en el ángulo correcto para el desplazamiento del brazo robótico, por medio del sensor infrarrojo.

Mueve el brazo robótico de forma automática cuando se requiere tomar un objeto y ubicarlo en el contenedor.

Controla la velocidad de los motores, para así ir más despacio cuando se posicione el carro en modo automático o ir más rápido cuando se use el modo manual.

Convertir los datos recibidos por los servomotores para tratarlos como ángulos y poder mover el brazo robótico en las posiciones requeridas.

Realiza la conexión y configuración con el receptor de PS2, para posteriormente poder conectar un mando controlador y enviar órdenes de forma remota.

6. Implementación del Software y algoritmo del prototipo

6.1 Descripción del código desarrollado en Arduino IDE

En este apartado se detallará el código desarrollado para el funcionamiento del vehículo recolector de objetos.

Librerías: Para el correcto funcionamiento de módulos y sensores se requiere la instalación de las siguientes librerías.

include <Wire.h>//Librería complementario para controlar los servos

include <AdafruitPWMServoDriver.h>//Librería del módulo para controlar los servos include <PS2Xlib.h>//Librería para el control del mando PS2

include <AFMotor.h>//Librería para el control de motores include <NewPing.h>//Librería para sensor ultrasónico

Definiciones: Definimos en qué pines se encuentran configurados los componentes, tales como el receptor PS2, sensor infrarrojo, sensor ultrasónico, también se define alguna configuración de estos.

// Definimos configuración del mando:

define PS2-DAT 22 // Pin Date define PS2-CMD 24 // Pin Command define PS2-SEL 26 // Pin Attention define PS2-CLK 28 // Pin Clock

define pressures true // Presión del botón define rumble false // Vibración

// Definimos configuración del sensor infrarrojo

define pinSensorIR 50 // Sensor IR conectado al pin 50

// Definimos configuración del sensor ultrasónico:

define TRIGGER-PIN 32 // Arduino pin tied to trigger pin on the ultrasonic sensor. define ECHO-PIN 34 // Arduino pin tied to echo pin on the ultrasonic sensor.

define MAX-DISTANCE 200 // Maximum distance we want to ping for (in centimeters).

Instancia de objetos: Creamos los objetos necesarios a utilizar, como el control PS2, los servos, cada motor DC y el sensor ultrasónico.

// Instanciamos un objeto de la clase PS2X para el control PS2 PS2X ps2x;

// Instanciamos un objeto servos, para el control de los servomotores

Adafruit-PWMServoDriver servos = Adafruit-PWMServoDriver();

// Inicializar motors pin

AF-DCMotor Motor1(1, MOTOR12-1KHZ); AF-DCMotor Motor2(2, MOTOR12-1KHZ); AF-DCMotor Motor3(3, MOTOR34-1KHZ); AF-DCMotor Motor4(4, MOTOR34-



```
1KHZ);
// Instanciamos objeto para sensor ultrasónico
NewPing sonar(TRIGGER-PIN, ECHO-PIN, MAX-DISTANCE);
```

Declaración de variables: Se declaran algunas variables a usar en el programa.

// Variables para el control de velocidad de los motores:

```
int velocidad = 200; // Definimos velocidad de las ruedas rango de 0-255
```

```
int velocidad-giro = 230; // Definimos velocidad de las ruedas rango de 0-255
```

// Variables para definir el rango de trabajo de los servos (duty) y controlarlos en grados: int pos0 = 145;

```
int pos180 = 472;
```

// Variables para configurar mando PS2, error validará si hay conexión o no, y vibrate si deseamos vibración:

```
int error = 0; byte vibrate = 0;
```

// Variables para definir las posiciones predeterminadas de los servos y salto int angulo1 = 106; // Empezamos en el centro base

```
int angulo2 = 90; // Empezamos en el centro hombro int angulo3 = 102; // Empezamos en el centro codo int angulo4 = 136; // Empezamos en 136 grados pinza
```

```
int salto = 4; // Los servos se moverán de 4 en 4 grados
```

// Variables para identificar las partes del brazo robótico respecto a sus servos const int base = 0; // Base, servo 0

```
const int hombro = 1; // Hombro, servo 1 const int codo = 2; // Codo, servo 2 const int pinza = 3; // Pinza, servo 3
```

// Variables para controlar las pausas y tiempo para realizar ciertas tareas, similar a delay int periodo = 50; // Controlamos a qué velocidad se moverá el brazo en recolección unsigned long TiempoAhora = 0; // Esta variable almacenará tiempo

// Variables para corregir el efecto rebote de los botones/pulsadores del mando PS2 byte press-r1 = 0;

// Variable para saber si se ha recogido un objeto o no bool estadoRecoger = 0;

Setup: Ahora, en el setup se realiza la configuración de algunos pines, se inicia el puerto serial a una velocidad de 5700 baudios para que el receptor PS2 funcione correctamente y configuramos el mismo.

```
void setup()
```

```
pinMode(pinSensorIR, INPUT); //Indicamos que el pin del sensor IR será de ENTRADA Serial.begin(57600); //Indicamos que la comunicación será a una velocidad de 57600 para que el mando PS2 funcione correctamente
```

```
delay(300); //Delay adicional para dar tiempo al módulo ps2 inalámbrico antes de configurarlo. error = ps2x.config-gamepad(PS2-CLK, PS2-CMD, PS2-SEL, PS2-DAT, pressures, rumble);
```

```
if (error == 0) else
```

```
Serial.println(Error, mando no encontrado"); servos.begin(); // Inicializamos los servos
```

```
servos.setPWMPFreq(50); //Definimos que los servos trabajarán a una frecuencia de 50Hz
```

Loop: Lo siguientes es el Loop(), donde se desarrolla la lógica de todo el funcionamiento del vehículo recolector de objetos, al ser extenso, solo se describirá la función que realiza el proceso de recolecta automática:

void comenzarAutomatico(): Esta función es la que desempeña todo el proceso de recolecta automática, del brazo robótico en conjunto con los movimientos del vehículo y el uso de sensores para posicionarse correctamente. La descripción del algoritmo, una vez llamada la función es la siguiente:

1. El estado del botón R1, pasa a apagado, esto controla que la pulsación del botón haya sido solo una, para no llamar a la función más de una vez por equivocación al mismo tiempo.
2. El estado de la variable estadoRecoger pasa a falso, por lo que recién se llama a la función y aún no se ha recolectado ningún objeto.
3. Mientras estadoRecoger ==0, es decir mientras no se haya recolectado ningún objeto, se realizan las siguientes instrucciones:
4. Obtenemos la distancia en centímetros, proporcionada por el sensor ultrasónico (distancia), leemos también el estado del sensor infrarrojo (estadoSensorIR).
5. Si la distancia de un objeto está en el rango de 9 cm a 10 cm, entonces:
 - a) Si el sensor infrarrojo ha detectado un objeto, entonces detén el vehículo, recoge el objeto por medio de la función recogerObjeto(), y actualiza el estado estadoRecoger ==1, indicando que un objeto ya ha sido recogido.
 - b) Si el sensor infrarrojo no ha detectado ningún objeto,



Tabla 8. Datos del número de iteraciones del algoritmo

Valor mínimo de iteraciones	Valor máximo de iteraciones	Valor promedio de iteraciones	Valor más repetitivo de iteraciones
2	6	3.22	2

Tabla 9. Datos del tiempo que toma recoger objetos

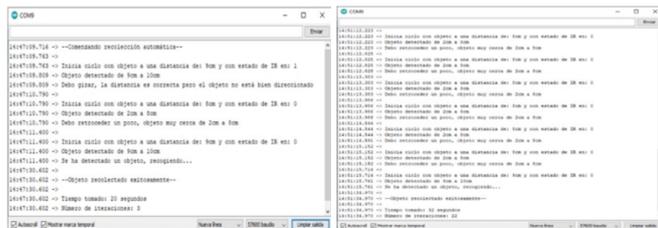
Valor mínimo de tiempo	Valor máximo de tiempo	Valor promedio de tiempo	Valor más repetitivo de tiempo
19s	24s	20.72s	20s

7.1.1. Observaciones y conclusiones:

Con los datos y observaciones se concluye que, si el objeto se encuentra de 2 cm a 8 cm, existe una probabilidad del 83 % de que el objeto sea recogido con éxito, además de tener un promedio de aproximadamente 3 iteraciones y demorar en promedio 21 segundos en recogerlo. El 17 % de probabilidad restante es de que el vehículo no logre posicionarse bien y retroceda mucho además de que exista algún problema con la pinza del brazo robótico. Cabe resaltar que en los casos de éxito el valor mínimo de pasos para recoger el objeto es de 2 iteraciones y el máximo de 6, y en cuestión de tiempo el mínimo fue de 19s y máximo de 24s.

7.2. Escenario 2: Recogiendo objetos que están en la distancia adecuada (9 cm a 10 cm)

Los datos fueron monitoreados a través del Monitor Serie del Arduino IDE y fueron recopilados en una hoja de cálculo, como se ve a continuación, ver Figura 10 (los datos completos en el anexo 2):



- a. Ver video de la prueba en el anexo 6
- b. Ver video de la prueba en el anexo 7

Figura 10. Visualización del Monitor Serie - Escenario 2

De las 60 pruebas, 55 fueron exitosas y 5 fallidas, los datos recopilados fueron los siguientes:

Tabla 10. Datos del número de iteraciones del algoritmo

Valor mínimo de iteraciones	Valor máximo de iteraciones	Valor promedio de iteraciones	Valor más repetitivo de iteraciones
1	26	2.47	1

Tabla 11. Datos del tiempo que toma recoger objetos

Valor mínimo de tiempo	Valor máximo de tiempo	Valor promedio de tiempo	Valor más repetitivo de tiempo
19s	34s	20.02s	19s

7.2.1. Observaciones y conclusiones:

Con los datos y observaciones se concluye que, si el objeto se encuentra de 9 cm a 10 cm, existe una probabilidad del 92 % de que el objeto sea recogido con éxito, además de tener un promedio de aproximadamente 2 iteraciones y demorar en promedio 20 segundos en recogerlo. El 8 % de probabilidad restante es de que el vehículo no logre posicionarse bien, falle en recolectar o se quede girando indefinidamente. Cabe resaltar que en los casos de éxito el valor mínimo de pasos para recoger el objeto es de 2 iteraciones y el máximo de 6, y en cuestión de tiempo el mínimo fue de 19s y máximo de 24s.

7.3. Escenario 3: Recogiendo objetos que están lejos (mayor a 11 cm)

Los datos fueron monitoreados a través del Monitor Serie del Arduino IDE y fueron recopilados en una hoja de cálculo, como se ve a continuación (los datos completos en el anexo 3):

De las 60 pruebas, 36 fueron exitosas y 24 fallidas, los datos recopilados fueron los siguientes:

7.3.1. Observaciones y conclusiones:

Con los datos y observaciones se concluye que, si el objeto se encuentra de 11 cm a 22 cm, no se tiene dificultad para recoger, pero si está aún más lejos, se dificulta. Considerando todas las pruebas, existe una probabilidad del 60 % de que el objeto sea recogido con éxito, además de tener un promedio de aproximadamente 8 iteraciones y demorar un máximo de 58





a. Ver video de la prueba en el anexo 8 b. Ver video de la prueba en el anexo 9

Figura 11. Visualización del Monitor Serie - Escenario 3

Tabla 12. Datos del número de iteraciones del algoritmo

Valor mínimo de tiempo	Valor máximo de tiempo	Valor promedio de tiempo	Valor más repetitivo de tiempo
20s	58s	38.18s	20s

Tabla 13. Datos del tiempo que toma recoger objetos

Valor mínimo de iteraciones	Valor máximo de iteraciones	Valor promedio de iteraciones	Valor más repetitivo de iteraciones
2	27	8.45	4

segundos en recogerlo. El 40 % de probabilidad restante es de que el vehículo no logre encontrar objetos, ya que hace cambios de trayectoria por las lecturas de distancia de otros elementos que tenga cerca, y se puede quedar girando en un solo lugar por algún tiempo. Como vemos, es muy probable que el objeto no sea recogido, no hay buen desempeño.

8. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de este desarrollo e implementación de vehículo autónomo recolector de objetos se respaldan con las pruebas técnicas ejecutadas. El prototipo, tal y como fue diseñado e implementado en software y hardware, logra tener la autonomía para desempeñar un trabajo diario, pero siempre y cuando no se lo use con constancia, en cuanto a la funcionalidad de recoger objetos de forma manual, va muy bien, el control de forma remota no es complicado y tiene un alcance de 12 metros. La funcionalidad de recolecta automática, tiene buen rendimiento con objetos que se encuentran cerca y comienza a tener menos probabilidad de éxito cuando están muy lejos. Analizando este resultado, conviene usar el vehículo manualmente hasta estar cerca de un objeto y luego usar la opción de recolecta automática. Cabe resaltar que se encontraron las siguientes limitaciones en el prototipo:

Al vehículo recolector de objetos se le dificulta recoger elementos que se encuentren muy lejos de él, va aproximadamente a partir de 90 cm.

Debido a la potencia de los servomotores, tiene limitado recoger objetos pesados y muy grandes, por lo que, un objeto con estas dimensiones puede funcionar bien: 6 cm de ancho en su base y 2 cm de ancho en la parte superior, con un alto de 7.5 cm.

Objetos que estén atrás del vehículo, no los recogerá, al menos que se gire el carro con el control manual.

Dicho esto, se podría modificar y actualizar los componentes que integran este prototipo, tales como los servomotores, se podrían mejorarlos para que el brazo pueda recoger objetos más pesados, así mismo adicionar más sensores de distancia e infrarrojo para mejorar el algoritmo de recolecta automática, y el prototipo eleve la probabilidad exitosa de recolecta en los objetos que se encuentren más lejos. Con estas agregaciones, también se debería aumentar el amperaje de las baterías, ya que los servomotores, consumen bastante corriente. De igual manera se pueden expandir funcionalidades como tener una cámara y así realizar tareas de exploración, transporte y recolección.

9. Conclusiones

El prototipo del vehículo recolector de objetos, fue implementado de tal forma que el hardware desempeñe bien su trabajo, gracias a su alimentación adecuada y las conexiones realizadas, pero cabe indicar que el prototipo puede ser mejorado con la incorporación de más sensores infrarrojos, para que pueda detectar de mejor forma los objetos y orientar el brazo robótico a la dirección donde el sensor esté detectando algo.

En cuanto al software, programado en el Arduino IDE, logra ser totalmente funcional para el control del vehículo y brazo robótico de forma manual remota por medio de un mando PS2 Wireless, y el algoritmo desarrollado para la recolecta automática de objetos, es buena a pesar de tener solo un sensor IR y un sensor ultrasónico, y funciona correctamente cuando el objeto se encuentra no mayor a 30cm, cuando la distancia es superior, el vehículo tiende a bajar su probabilidad de recoger con éxito un objeto, además de demorar más y tener más iteraciones (realizar más pasos).

Gracias al uso del Arduino Mega 2560, se pudieron realizar conexiones de módulos sin problemas de falta de pines, ya que también tiene montado un Motor Shield L293D. En cuanto a la autonomía energética, puede ser usado constantemente por casi 3 horas, a buena velocidad considerando el peso del vehículo de aproximadamente 0.6 Kg.

Por otra parte, esta construcción del prototipo, que tiene como particularidad ser versátil en su uso, por poder ser controlado remotamente de manera manual o automática, contribuirá como base para la creación de equipos autónomos recolectores de objetos, para distintas áreas de aplicación. De aquí pueden

- Casquete Quiñonez, F. X., & Moreira Maridueña, P. E. (2018). *Diseño de vehículo de exploración para el tendido de cables UTP basados en tecnología arduino y controlado por un dispositivo celular o tablet con sistemas operativo android* [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/26723>
- Circuit Best (23 de junio de 2021). *Arduino Bluetooth controlled car with Front Back Lights using Arduino UNO, L293D Motor Driver, HC-05*. Recuperado en diciembre de 2021 de <https://circuitbest.com/arduino-bluetooth-controlled-car-with-front-back-lights-using-arduino-uno-l293d-motor-driver-hc-05/>
- Earl, B. (16 de octubre de 2012). *Adafruit PCA9685 16-Channel Servo Driver. Adafruit Learning System*. Recuperado en diciembre de 2021 de <https://learn.adafruit.com/16-channel-pwm-servo-driver>
- ElecFreaks (2013). *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*. Recuperado en diciembre de 2021 de <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
- Lady Ada (27 de agosto de 2012). *Adafruit Motor Shield. Adafruit Learning System*. Recuperado en noviembre de 2021 de <https://learn.adafruit.com/adafruit-motor-shield>
- Macho, J. C. (s.f.a). *Controlando el Rover con un mando PS2*. Prometec. Recuperado en diciembre de 2021 de <https://www.prometec.net/controlador-ps2/>
- Macho, J. C. (s.f.b). *¿Cuánto consume Arduino?*. Prometec. Recuperado en diciembre de 2021 de <https://www.prometec.net/consumos-arduino/>

- Ministerio del Ambiente de Perú (2014). *Guía para muestreo de suelos* [Archivo PDF]. <https://www.guinanaco.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Molina Cruz, D. A., Cedeño Ferrin, J. A., Marcillo Parrales, K., Marcillo Parrales, A., Ortiz Hernandez, M., Mero Lino, E., & Merchán García, F. (2019). *Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza-aprendizaje de electrónica*. Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Navarro Cosme, T. (2016). *Desarrollo de un prototipo de vehículo autónomo semi-inteligente basado en Arduino* (Tesis de Grado, Universitat Politècnica de València). <https://riunet.upv.es/handle/10251/71526>
- Peña Uriarte, D. (2019). *Diseño e implementación de coche teledirigido mediante Arduino* [Tesis de Grado, Universidad del País Vasco]. https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/32243/TFG_PeñaUriarte.pdf
- Semiconductor Componentes Industries (s.f.). *LM2596 3.0 A, Step-Down Switching Regulator*. Recuperado en diciembre de 2021 de <https://www.onsemi.com/products/power-management/dc-dc-power-conversion/converters/LM2596>
- Tapia Ayala, C. H., & Manzano Yupa, H. M. (2013). *Evaluación de la plataforma Arduino e implementación de un sistema de control de posición horizontal* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5522/1/UPS-GT000511.pdf>
- Torrico Santos, V. (2016). *Diseño e implementación de un vehículo a escala controlado remotamente* [Tesis de Grado, Universidad Carlos III de Madrid]. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/26653>



Desarrollo de un prototipo de sistema ciber-físico para el control administrativo del suministro de bebidas y refrescos

Development of a Expert System and a Prototype of a Cyber-physical System for the Administrative Control of the Supply of Beverages and Soft Drinks

Autores

✉¹Castro Rodríguez Arturo A.

✉^{1,2*}Sanchez-Galan Javier E.

¹Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.

²Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT, Panamá, Panamá.

* Autor para correspondencia

Comó citar el artículo: Castro Rodríguez, A. A., & Sanchez-Galan, J. (2022). Desarrollo de un prototipo de sistema ciber-físico para el control administrativo del suministro de bebidas y refrescos. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 6(2), 91-97. <https://doi.org/10.33936/isrtic.v6i2.4777>

Enviado: 24/06/2022

Aceptado: 21/09/2022

Publicado: 26/09/2022

Resumen

Este proyecto se centra en demostrar la viabilidad de la implementación de nuevas tecnologías, principalmente herramientas de inteligencia artificial, para el control de suministro de bebidas de forma automatizada, pero también aplicable a diferentes tipos de productos alimenticios. Esto es posible ya que, en áreas de automatización, las herramientas de inteligencia artificial han propiciado cambios profundos en las industrias y el comercio. Esto debido fundamentalmente al avance de la tecnología y a que las empresas producen información masiva que marcan riesgos e incertidumbre a la hora de la toma de decisiones empresariales, por lo que es de suma importancia organizar dicha información de forma eficiente. Este proyecto básicamente acerca del de desarrollo de un sistema experto que calcule la cantidad de bebida y/o refresco que se necesita a la semana siguiente en un local de restaurante de comida rápida, que trabaja junto con un prototipo de máquina expendedora de bebida controlada por Arduino (aunque puede ser cualquier otro micro-controlador). En este documento se muestran aspectos para diseño, elaboración y desarrollo de aplicaciones e instrumentos que cumplan con este objetivo, además se describe el porqué del proyecto y como esto pretende aportar al sector al cual está enfocado. Al final se muestra una mejor manera de administrar el abastecimiento de bebidas en restaurantes de comida rápida y se concluye que la implementación de este proyecto en este tipo de negocios, puede generar ahorros en productos y puede contribuir a evitar en gran medida la contaminación del medio ambiente, todo enmarcado dentro de la industria 4.0.

Palabras clave: Sistema Experto, Industria 4.0, Sostenibilidad, Abastecimiento de Bebidas

Abstract

This project focuses on demonstrating the feasibility of implementing new technologies, mainly artificial intelligence tools, for automated beverage supply control, but also applicable to different types of food products. This is possible since in automation areas, artificial intelligence tools have brought about profound changes in industries and commerce. This is fundamentally due to the advancement of technology and the fact that companies produce massive information that marks risks and uncertainty when making business decisions, so it is of the utmost importance to organize said information efficiently. This project is basically about the development of an expert system that calculates the amount of drink and/or soft drink that is needed the following week in a fast food restaurant, which works together with a prototype of a computer-controlled drink vending machine. Arduino (although it can be any other micro-controller). This document shows aspects for the design, elaboration and development of applications and instruments that meet this objective, in addition to describing the reason for the project and how it intends to contribute to the sector to which it is focused. In the end, a better way to manage the supply of beverages in fast food restaurants is shown and it is concluded that the implementation of this project in this type of business can generate savings in products and can contribute to greatly avoiding environmental pollution. environment, all framed within industry 4.0.

Keywords: Expert System; Industry 4.0; Sustainability; Beverage Supply



1. Introducción

Se puede definir a la industria 4.0 o su sinónimo “cuarta revolución Industrial”, como la cuarta mega etapa técnico-económica de la humanidad. Esta cuarta etapa se dice que habría comenzado en años recientes y que su desarrollo estaría proyectado hacia la tercera década de este siglo. Hoy en día se señala a la inteligencia artificial como el elemento central de esta transformación, la cual está muy relacionada con la acumulación creciente de grandes cantidades de datos o lo que se conoce como “big data”. Además, esta ligada al uso de algoritmos para procesarlos, y la interconexión masiva de sistemas y dispositivos digitales, a través de la virtualización o digitalización de muchos procesos industriales [Huang et al., 2021].

La industria 4.0, se engendró gracias a la inteligencia emergente, disruptiva y tecnologías de la información. Estas nuevas tecnologías están permitiendo niveles cada vez más altos de eficiencia en la producción de todas las industrias. Por otra parte, se recalca que estas tecnologías también tienen el potencial de influir dramáticamente en el desarrollo sostenible, social y medio ambiental, todo esto a la vez de manera integral [Bai et al., 2020].

Producto de lo anterior mencionado se podría decir que esta cuarta etapa, correspondería a una nueva manera de organizar los medios de producción. El objetivo es que con ello se pueda poner en marcha un gran número de fábricas inteligentes, las cuales serían capaces de tener una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción en comparación con los ya existentes [Ghobakhloo, 2020].

Es por tanto que cualquier proyecto en la actualidad que busque adaptarse a los requerimientos y exigencias de la industria en general requiere de la implementación estas “tecnologías habilitadoras” [Martinelli et al., 2021]. Sobre todo a través del uso de inteligencia artificial y entre ellos el desarrollo de sistemas expertos e inteligentes [Peres et al., 2020].

Los sistemas expertos se pueden describir como programas de computadora que reproducen el proceso intelectual de un humano con nivel “experto” en un tema específico o campo particular. Estos sistemas permiten conservar valiosos conocimientos técnicos y llevarlos a formatos en los que serían más fácilmente reproducibles. Todo esto redundando en el aumento de la productividad de una labor, logrando ahorrar tiempo y dinero.

En este proyecto se usa el concepto informático de sistemas expertos para resolver el problema de desabastecimiento y/o acumulación de bebidas o refrescos en los depósitos de locales de comida rápida. Todo enmarcado en el contexto de la industria 4.0 arriba descrita.

En síntesis, este proyecto busca resolver el problema de llevar un registro logístico preciso del suministro de bebidas y refrescos, con lo cual se regula de manera meticulosa el abastecimiento de

cada local, mediante las respuestas de las preguntas a evaluar constantemente; ¿cuánta bebida se ha consumido en un día, a la semana, o en un mes? Y, por tanto, ¿Cuándo es hora de volver a pedir suministros a nuestros suplidores? La solución propuesta busca desarrollar e implementar un sistema experto en software, y también fabricar un prototipo físico o hardware que ayude al despacho inteligente de bebidas. En concreto se pretende desarrollar una aplicación en el lenguaje de programación Java, basada en un cuestionario que el usuario llena y le da una proyección de cuánto debería comprar. Se pretende con esto demostrar su utilidad y representar a pequeña escala un sistema de control completo.

2. Materiales y Métodos

2.1 Componentes Electrónicos

En primera instancia, en la Figura 1 se puede apreciar un diagrama general de los componentes electrónicos. Estos componentes permiten el funcionamiento del prototipo. A continuación se listan los componentes: Mini bomba de aire DC, Batería 9V, Resistencia 3k, Mini relay, Switch, botón de toque (push button), Placa base (proto-board), Tarjeta Arduino, Pantalla LCD I2C, LED, Cables, Cámara genérica USB, Módulo sensor de nivel de agua. Entre estos componentes se reconoce como el más importante al microcontrolador Arduino.

El microcontrolador Arduino es el cerebro del prototipo y quien hace que se logre la meta principal del sistema, que es, el restringir el expendio de la bebida cuando este ya haya sobrepasado la cantidad facturada a los clientes. Esta medición se hace medida en mililitros de producto.

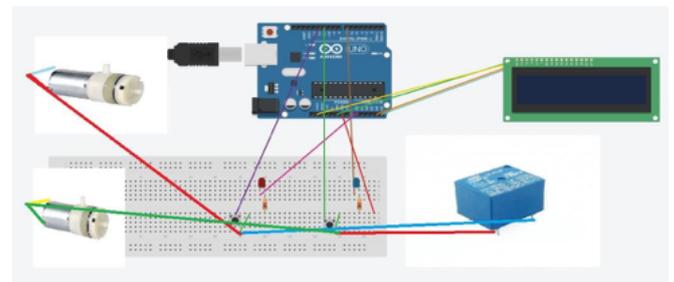


Figura 1. Esquema General del Circuito.

En la Figura 2A se aprecia la estructura externa donde trabaja el prototipo junto con todas sus medidas excepto la de los orificios dejados para entradas y salidas de los cables. La parte trasera del prototipo tiene un pequeño orificio cuadrado que mide 3cm de altura y 3cm de ancho, en la mitad de la superficie trasera, por donde salen los cables del Arduino y la cámara lectora de código “QR”, que se conectan a la computadora. Vale la pena destacar

que los dos de la parte superior son en donde van los LED o lámparas y los mismos miden 0.7 cm de diámetro, mientras que los de abajo son para los botones y miden 1.5 cm de diámetro. Además, en la Figura 2B se muestra de manera pictórica el prototipo de envase con código “QR” que se puede usar para controlar la cantidad de bebida dispensada.

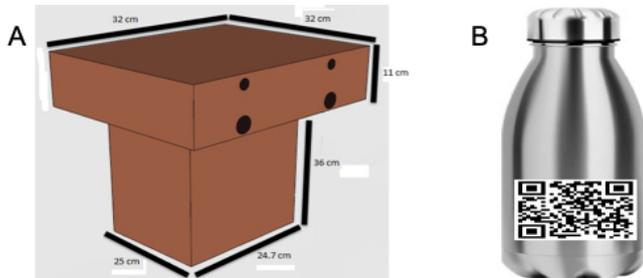


Figura 2. Estructura del prototipo..

2.2 Definición de Aspectos de Software y del Sistema Experto

En la Figura 3 se puede apreciar de forma general el funcionamiento y los procesos internos del sistema. Con este diagrama también se busca es mostrar y describir los pasos lógicos que toma el sistema experto para cumplir con su función de estimar la cantidad de producto con el cual se debe abastecer cada local. Esto según los datos almacenada en el sistema generado por la venta de cada producto.

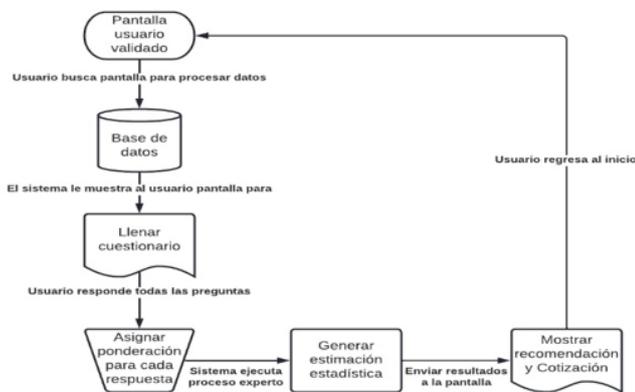


Figura 3. Descripción del funcionamiento del sistema propuesto

En la Figura 4 se muestran, mediante un diagrama UML, las opciones del usuario. Dentro de estas opciones se reconoce una ruta lógica de funcionamiento con los siguientes pasos: 1) El usuario ingresa su nombre y contraseña; 2) Si la verificación es correcta accede al menú de la aplicación donde puede seleccionar: Productos, Clientes, Proveedores, Cotizaciones, Estado; y 3) Si la verificación es incorrecta puede crear una nueva cuenta. Cabe destacar que el software en general se desarrolló 3 partes,

(pantallas con las que interactúa el usuario, base de datos y sistema experto).

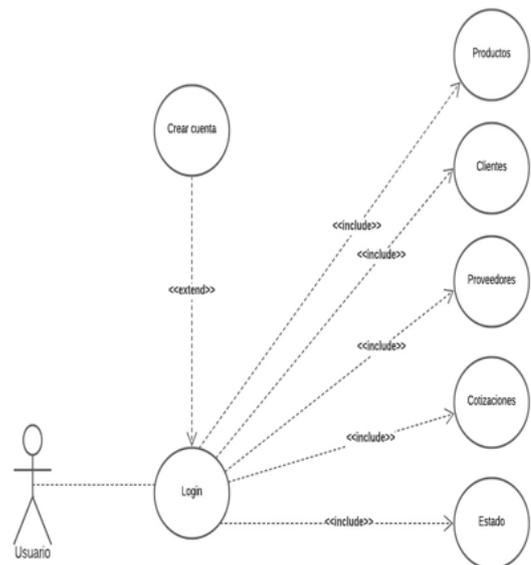


Figura 4. Diagrama UML de las posibles interacciones del usuario una vez ha pasado por el proceso de registro.

Por otra parte, en la Figura 5, se muestra un diagrama el cual representa el modelo de entidad del sistema de inicio de sesión. El diagrama entidad-relación del sistema de inicio de sesión muestran las tablas de la base de datos y las relaciones entre contraseña y usuarios. A continuación se mencionan las entidades del sistema de inicio de sesión y alado sus atributos:

- Login: Usuario, contraseña.
- Usuario: Numero usuario, Usuario, Nombre, Numero Colaborador.
- Nombre usuario: Numero usuario, Usuario, Nombre, Numero Colaborador, Contraseña.
- Contraseña: Tipo de dato, Numero en lista.

Por ultimo, para qué estos procesos arriba descritos fueran transparentes al usuario, se diseño una portada (“front-end”) amigable que se muestra a continuación en la Figura 6.

En la Figura 6A se muestra la pantalla principal que vera cualquier usuario que desee ingresar al sistema, las demás pantallas, 6B-6D, están específicamente desarrolladas de manera tal que el usuario pueda interactuar directamente con el “back-end”, ósea con la base de datos y el sistema experto, en el modo administrador.

En la Figura 7, se muestra un diseño de pantalla del Sistema experto. En específico se destaca la encuesta que se le presenta al administrador luego de la utilización del sistema de suministro de bebidas y refrescos. El único usuario que utiliza la plataforma en ese modo es el administrador encargado de la misma.

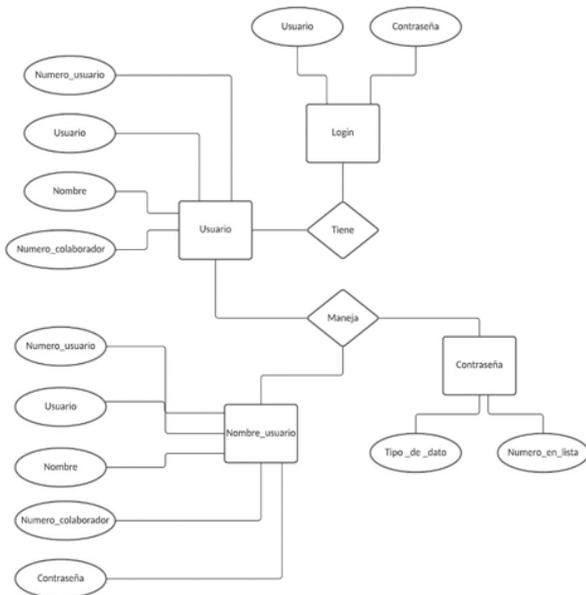


Figura 5. Diagrama que describe las entidades y acciones posibles dentro del sistema

Las pantallas se programaron de manera tal que cada una cumpliera una función específica. En cada pantalla se clasifica y separa cada conjunto de datos que conforman la información total relacionada al abastecimiento, eso incluye; validación de usuarios, información de proveedores, productos, clientes y el propio sistema experto. Esto se hizo de esa manera para ofrecerle al usuario una perspectiva clara y ordenada de lo que puede hacer con el sistema.

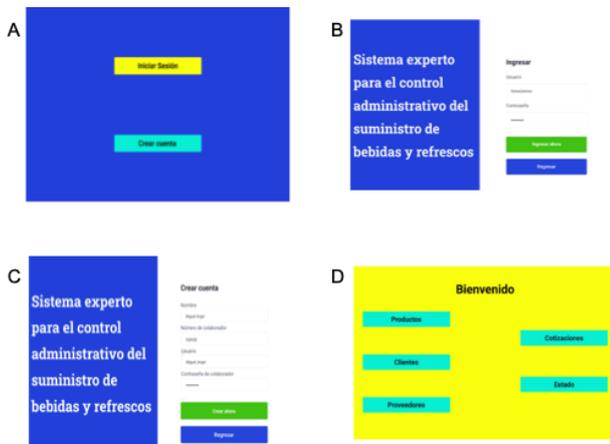


Figura 6. Diseño de la portada del front-end. A) Pantalla inicial, B) Pantalla para ingresar al sistema, C) Pantalla para crear una cuenta nueva, D) Pantalla con opciones disponibles en el sistema.

Los datos que se ingresan al sistema se guardan y extraen de dos (2) bases de datos diferentes. La más importante para este prototipo es la base de datos del usuario en SQL. Además de la base de datos, están los archivos (.txt) que guardan información que puede ser modificada con cada inicio de sesión, por ejemplo: proveedores, clientes o productos.

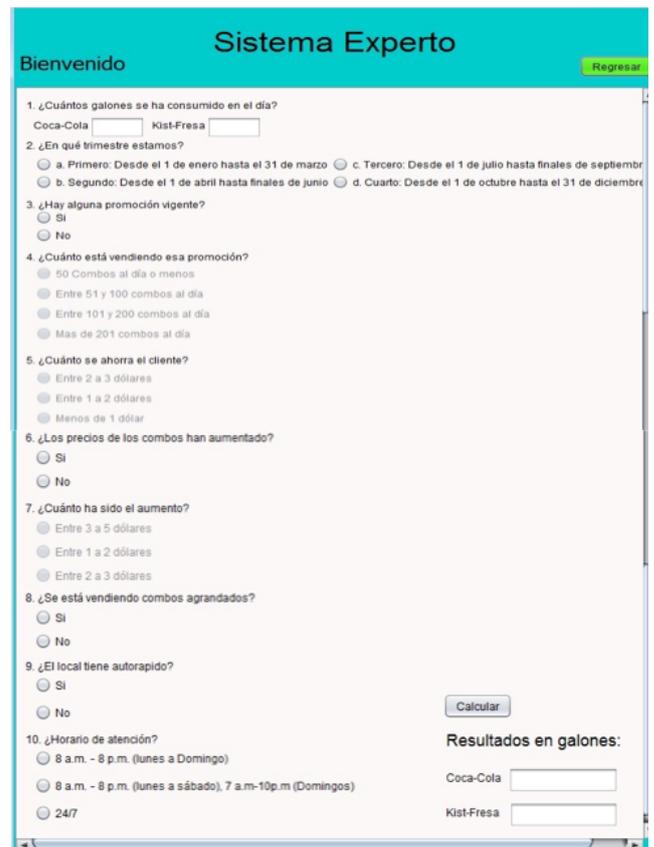


Figura 7. Pantalla del sistema experto en la opción Cotizaciones.

3. Resultados y Discusión

En la Figura 8 se muestra cómo interactúan todos los elementos electrónicos dentro del circuito. Estos elementos son exactamente los que fueron presentados anteriormente en el prototipo físico (Figuras 1 y 2) con excepción de las lámparas o diodos LED, los cuales pueden variar según se desee y aplique a las necesidades del local.

En las Figuras 9A y 9B se pudo apreciar cómo queda armado el prototipo físico con todos los elementos electrónicos que posee y de forma tal que están en el lugar que mejor se acoplan a la

estructura. En la Figura 9C, se muestran ejemplos de modelos de recipientes con código “QR”, necesarios para validación y expendio de los productos

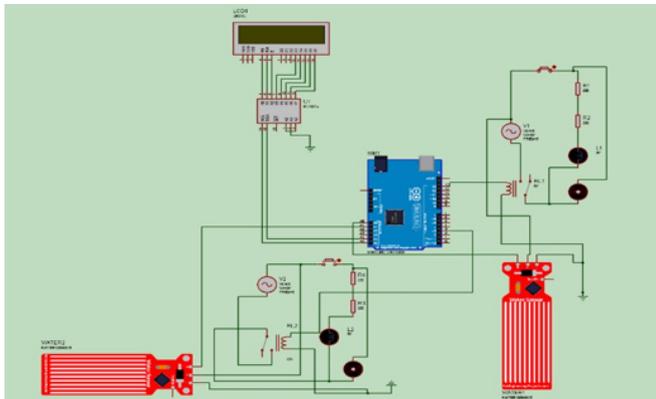


Figura 8. Diagrama del circuito



Figura 9. Estructura del prototipo

3.1 Base de datos

En la Figura 10 se presenta cómo se gestiona la base de datos desde un software especializado y que principalmente se utiliza para propósitos de acceso y registro de cuentas en el sistema. Por otra parte cabe mencionar que las demás bases de datos al ser de orden temporal se guardan en archivos de texto (.txt) que se crean y borran para que el funcionamiento sea más rápido.

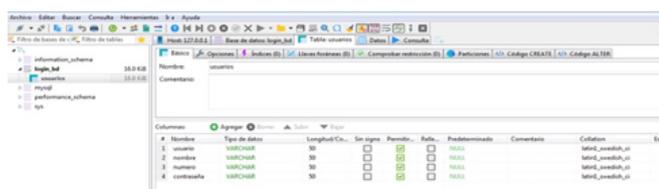


Figura 10. Estructuración de Base de Datos del Prototipo

3.2 Sistema Experto

Cada nodo se carga mediante una sumatoria de valores específicos, de tal manera que se le va añadiendo a dos variables específicas un valor que tenga concordancia con la cantidad de refresco que se están sirviendo los clientes regularmente. A manera de ejemplo, las dos variables en cuestión representan los productos (bebidas o refrescos) que vende un local regularmente. Digamos, refrescos de COLA y de KIST. Al final se reporta la suma de todos refrescos que se despachan en el local simulado.

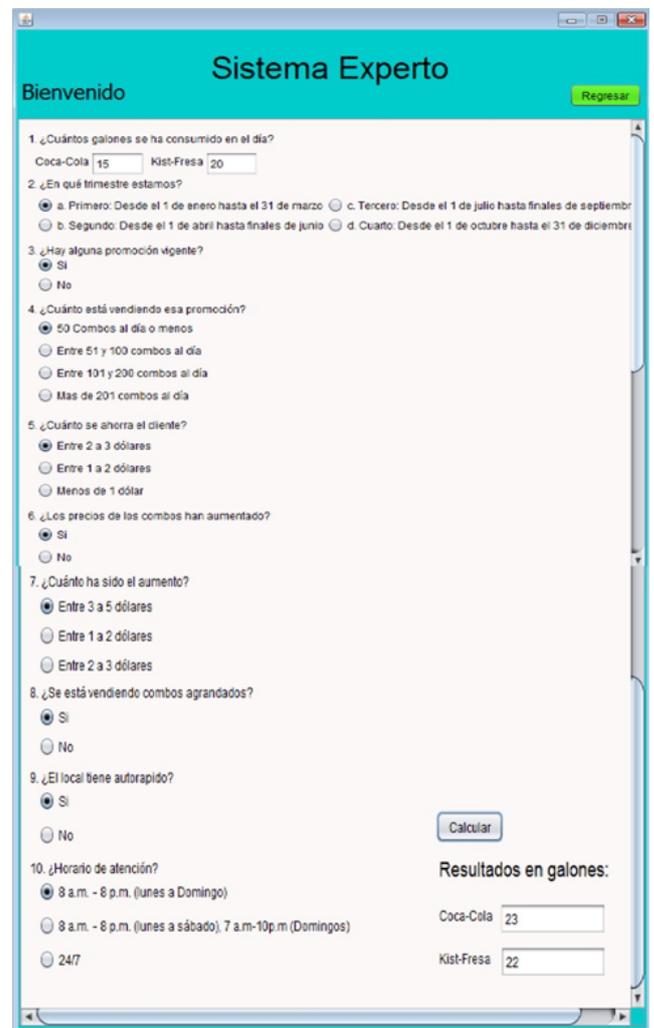


Figura 11. Pantalla del sistema experto en ejecución

Cabe destacar que este sistema experto fue desarrollado para una demostración general, por lo tanto no se retroalimenta de resultados anteriores. Para ello sería necesario desarrollar un proceso interno o vincular el sistema experto a un software estadístico que haga este tipo de análisis con funciones de regresiones, junto con expertos del área que establecieran contantemente parámetros acordes a la realidad del momento, para ajustar la configuración del proceso de predicciones del sistema experto. En la Figura 11 se muestra a manera de ilustración la pantalla del Sistema Experto cuando esta en ejecución.

En la Figura 12 se muestra el Diseño del front-end en ejecución, mostrando el proceso administrativo de creación de nueva cuenta, productos, clientes y estado.

Mientras que en la Figura 13 se muestra el Diseño del front-end en ejecución, en la mismo se visualiza el proceso administrativo de creación de proveedor y estado.

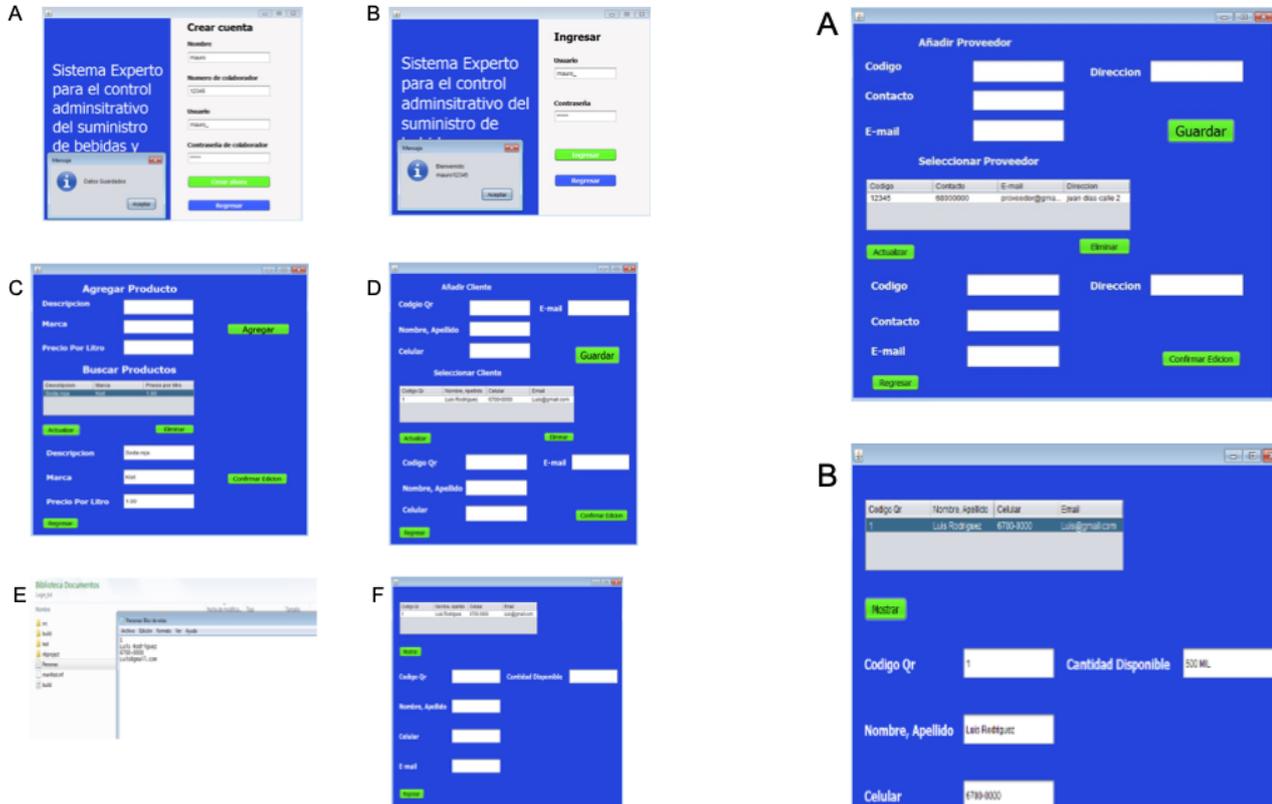


Figura 12. Pantalla del front-end en ejecución. A) Prueba creando cuenta nueva, B) Ingresando con cuenta nueva, C) Pantalla de productos, con información almacenada, D) Pantalla de clientes, con información almacenada, E) Información en formato texto (base de datos temporal), F) Pantalla de estado, con información almacenada.

4. Conclusiones

En este artículo se presentó una solución basada en un diseño de ingeniería y software para regular el abastecimiento y consumo de bebidas de refresco en los restaurantes y locales donde se tenga suministro de este tipo de productos. Cabe destacar que el prototipo desarrollado, demostró que se puede automatizar el proceso para despachar las bebidas de forma regulada, se logró registrar la información del producto a través de sensores y se simuló en el sistema experto una situación específica.

El presente artículo, al ser una aplicación práctica y de cara al usuario, da pie a mostrarse como caso de estudio y como referencia para cualquier proyecto similar dentro del contexto de la industria 4.0. El artículo describe las condiciones previas

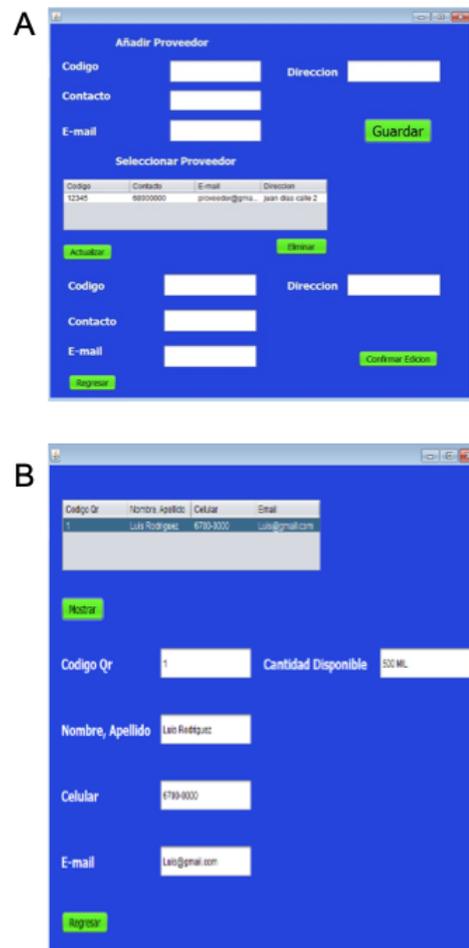


Figura 13. Pantalla del front-end en ejecución. A) Pantalla de proveedor, con información almacenada, B) Pantalla de Estado, con información almacenada y con un dato adicional, C) Pruebas de integración del software y hardware a través de lectura de código QR y reconocimiento del usuario específico

y los aspectos procedimentales que caracterizan el diseño de un banco de pruebas que para este caso resulta ser un “barman automático”, con la intención de demostrar y verificar los principios establecidos en el sistema conceptual industria 4.0.

Los resultados del proyecto muestran que en entornos comerciales se puede vincular software con hardware, logrando automatizar ventas a su vez que se registra y organiza la información por dichas ventas, permitiendo generar y analizar predicciones, de manera tal que el sistema genera beneficios tanto para clientes, como también para los administradores de las empresas y/o negocios de este tipo. Además, este proyecto refleja la utilidad en general de las nuevas tecnologías de la industria 4.0 en materia de automatización de procesos.

Esta solución puede ser implementada independiente-mente de dónde se encuentren el negocio, modernizando y automatizando el proceso de suministro, haciendo que despachen los productos luego de realizar una validación a los vasos solicitantes de los productos, mediante códigos “QR”, por lo cual no sería necesario desecharlos y más bien serían reutilizables.

El sistema ciber-físico desarrollado, cumple con 3 funciones específicas: 1) calcular de forma precisa el abastecimiento de bebidas en los locales, 2) evitar despilfarro de los productos, 3) registrar datos de producción de vasos necesarios para comercialización de los productos. Junto a estos tres existe un valor agregado el cual es, contribuir en mayor medida a disminuir la contaminación del medio ambiente por residuos de esta industria.

Por otra parte, cabe destacar que este proyecto puede ser utilizado como base para desarrollar iniciativas semejantes para el control administrativo del suministro de otro tipo de productos alimentarios. Específicamente como granos, los cuales también pueden ser servidos a los clientes por el mismo método, pero en otro tipo de recipientes, de manera tal que se podría reducir aún más la contaminación por recipientes plásticos en general que es una de las metas de la industria 4.0 en agricultura y ventas.

También es importante destacar que la información suministrada por este sistema puede ser relevante tanto para empresarios como para clientes de manera que ayuda a tomar mejores decisiones a ambas partes. Por ejemplo, los clientes podrían tener mejores datos con respecto de la cantidad de producto que consumen y esta información podrían verla desde sus dispositivos móviles o computadoras a través de aplicaciones diseñadas con ese propósito e incluso vincular todos sus recipientes a una misma cuenta para llevar un mejor control.

Este sistema está desarrollado pensando en que el usuario final sea el supervisor de cada local, de manera tal que sea el quien pueda examinar toda la información estadística del consumo de bebidas que el sistema recoja y que analice las recomendaciones que el propio sistema muestra para tomar acciones en cuanto a toda la logística de las bebidas, según los datos recogidos hasta

el momento de la consulta.

Por último, el proyecto también tiene un componente de sostenibilidad, ya que busca la optimización de recursos a través del despacho inteligente de bebidas. Además, ahorro de todo tipo de recipientes plásticos, de vidrio o que se usen para su consumo, ayudando a proteger el medio ambiente, uno de los beneficios postulados de la industria 4.0.

Agradecimientos

J.E.S-G. agradece el apoyo del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Panamá). Los autores agradecen el apoyo administrativo brindado por la Universidad Tecnológica de Panamá.

Referencias

- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., and Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *In-ternational journal of production economics*, 229,107776.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252,119869.
- Huang, Z., Shen, Y., Li, J., Fey, M., and Brecher, C. (2021). A survey on ai-driven digital twins in industry 4.0: Smart manufacturing and advanced robotics. *Sensors*, 21(19),6340.
- Martinelli, A., Mina, A., and Moggi, M. (2021). The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution. *Industrial and Corporate Change*, 30(1),161–188.
- Peres, R. S., Jia, X., Lee, J., Sun, K., Colombo, A. W., and Barata, J. (2020). Industrial artificial intelligence in industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. *IEEE Access*, 8,220121– 220139.





Estudio de usabilidad y accesibilidad de los sitios web de la Universidad Técnica de Manabí

Study of usability and accessibility of the websites of the Technical University of Manabí

Autores

✉ *Chila Reina Tania Gissella 

✉ Cobeña Macías Tatiana Elizabeth 

Universidad Técnica de Manabí,
Facultad de Ciencias Informáticas,
Portoviejo, Ecuador.

* Autor para correspondencia

Comó citar el artículo: Chila Reina, T. G. & Cobeña Macías, T. E. (2022). Estudio de usabilidad y accesibilidad de los sitios web de la Universidad Técnica de Manabí. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 6(2), 98-109 <https://doi.org/10.33936/isrtic.v6i2.5284>

Enviado: 02/11/2022
Aceptado: 22/11/2022
Publicado: 24/11/2022

Resumen

El estudio de usabilidad y accesibilidad de los sitios web de la Universidad Técnica de Manabí, consistió en la evaluación y análisis de los sitios y sistemas webs UTM, SGA, SPCA, E-VIRTUAL y ONLINE mediante las herramientas online TAW y FAE, siendo parte fundamental que todos los sitios cumplan con las normativas web. La metodología se apoyó en la recopilación del estado de arte sobre la usabilidad y accesibilidad web basado en un método de análisis cuantitativo en la recolección de la información aplicando la normativa WCAG 2.0 con un nivel de conformidad AA partiendo de los principios: Perceptible, Operable, Compresible y Robusto. En la sumatoria de ambas herramientas da como resultado que el Perceptible abarcó 127 errores, siendo en el que más fallas ocurrieron, seguido del operable con 51 problemas, en el compresible existieron 17 inconsistencias y por último el robusto habitado por 10 inconvenientes. Los resultados obtenidos con la herramienta TAW demuestran que dentro de los principios, pautas y criterios se encontraron 177 errores, mientras que en la herramienta FAE se reflejaron un total de 28 inconsistencias. La interpretación de los resultados se detalla en tablas y gráficos estadísticos, demostrando el tipo de problema existente en cada uno de ellos, asimismo dando una posible solución al problema suscitado. El aporte de esta investigación radicó en manifestar las diferentes fallas que conllevan al colapso de un sitio web y contribuir posibles soluciones en errores no visibles del mismo.

Palabras clave: Usabilidad; Accesibilidad; Sitios web; Herramientas.

Abstract

The study of usability and accessibility of the websites of the Technical University of Manabí consisted of the evaluation and analysis of the websites and web systems UTM, SGA, SPCA, E-VIRTUAL and ONLINE through the online tools TAW and FAE, being a fundamental part that all sites comply with web standards. The methodology was based on the compilation of the state of the art on web usability and accessibility based on a quantitative analysis method in the collection of information applying the WCAG 2.0 standard with an AA level of compliance based on the principles: Perceptible, Operable, Compressible and Robust. In the sum of both tools, the result was that the Perceptible included 127 errors, being the one with the most failures, followed by the Operable with 51 problems, the Compressible with 17 inconsistencies and finally the Robust with 10 problems. The results obtained with the TAW tool show that 177 errors were found within the principles, guidelines and criteria, while the FAE tool showed a total of 28 inconsistencies. The interpretation of the results is detailed in tables and statistical graphs, showing the type of problem existing in each of them, also giving a possible solution to the problem raised. The contribution of this research was to show the different failures that lead to the collapse of a web site and to contribute possible solutions to non-visible errors.

Keywords: Usability; Accessibility; Websites; Tools.



1. Introducción

La igualdad de acceso a las oportunidades es esencial en la actualidad, pero la falta de acceso a la Web significa que muchas personas tienen dificultades para acceder a Internet y, por lo tanto, a su contenido. La accesibilidad web en el contexto universitario, debe entenderse como aquella facilidad que tienen los usuarios para usar, percibir, entender, navegar e interactuar con la información y servicios web; en una publicación realizada por (Bosquez Barcenas, Del Pozo Durango, Fierro Saltos, & Pacheco Mendoza, 2019), destacan que: “Muchas de las tecnologías propias y desarrolladas por las Instituciones de Educación Superior (IES) no cumplen los estándares y pautas de accesibilidad y usabilidad, limitando el acceso a la información, comunicación y la calidad en los aprendizajes”, así mismo, en la ciudad de Quito los autores (Acosta & Luján Mora, 2017), manifiestan que para permitir el acceso a la Web a todas las personas, es importante implementar características de accesibilidad en los sitios web.

Las páginas de las instituciones educativas y otras organizaciones son desarrolladas sin tener en consideración las normas necesarias para ser usables y accesibles, ya que la creación de sitios web se ha visto limitada a perspectivas de individuos que realizan su modificación (Viiñanzaca Toledo, 2014). En la actualidad, de acuerdo a los antecedentes planteados por parte de la comunidad universitaria existe escasa evidencia de la usabilidad y accesibilidad que tienen los sitios web de las diferentes Universidades de la provincia de Manabí. Esta investigación consolida una revisión sistemática de la literatura de los casos de éxito, la cual busca realizar un análisis de accesibilidad para los usuarios que se encuentran registradas en bases de datos indexadas.

El objetivo del presente artículo es evaluar los sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí mediante herramientas online (TAW y FAE) comprobando el cumplimiento de las pautas de conformidad de la WCAG 2.0 y a su vez el análisis del estado del arte pretende examinar la información relevante de usabilidad y accesibilidad enfocadas en evaluaciones webs.

La investigación se encuentra estructurada de la siguiente forma: Sección 2 Materiales y Métodos donde se debate la información encontrada para la investigación, se definen preguntas, las mismas que son respondidas, y se detalla cómo se lleva a cabo la valoración de los datos, Sección 3 Resultados y Discusión, aquí se discuten los resultados obtenidos, Sección 4 Conclusiones y por último las Referencias.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materiales

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó un enfoque de Revisión Sistemática de la Literatura, originado por la

búsqueda del conocimiento de contextos acerca de la usabilidad y accesibilidad de los sitios web de universidades.

Este SLR siguió los siguientes pasos:

1. Las preguntas fueron establecidas y están mencionadas más adelante.
2. Se definieron los repositorios donde se encontró la información literaria.
3. Selección de artículos de mayor relevancia entre los años 2015-2021.
4. Información relevante fue analizada.

La primera instancia consistió en ajustar palabras claves para formular la cadena de búsqueda, se usaron varios operadores lógicos, se formaron las palabras relevantes o frases empleadas para crear el Query cuya funcionalidad es una exploración global mediante la herramienta PARSIFAL y estas fueron: sitios web, usabilidad, accesibilidad, universidades, los resultados obtenidos de la búsqueda de estudio sobre la usabilidad y accesibilidad de los sitios webs que fueron filtrados en la base de datos de la Ieee Xplore y Scopus hicieron un total en revistas (1814) y conferencias (7006); como criterio de inclusión se apoyó en artículos, revistas y publicaciones superiores al año 2015 y de exclusión no se tomaron en cuenta los siguientes, libros, cursos, tesis, blog, publicaciones inferiores al año 2015, así como también varios estudios relacionados de otra índole, siendo 13 las publicaciones seleccionadas, ya que hacían mayor referencia al tema tratado reforzando así esta investigación.

Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Qué tan accesibles son los sitios web de las instituciones de educación superior del Ecuador?

Muchas universidades de todo el país se están centrando ahora en utilizar la web como otro medio para transmitir información y conocimientos a las comunidades a las que sirven, incluidos los estudiantes. En el año 2019 (Cobeña, Zambrano Solorzano, Zambrano Pico, & Pinargote, 2019), manifiestan que para que un sitio web sea accesible es de gran importancia que los desarrolladores tomen en consideración tanto las normas como los estándares que la WC3 valida, y al momento de elaborar estos sitios web sean comprensibles y fáciles de usar para todas las personas. Por otra parte, en un estudio llevado a cabo por V. Bosquez, R. Del Pozo, W. Fierro, S. Pacheco, establecen que pese a la existencia de normativas de accesibilidad para el contenido web a nivel estatal, los resultados no son los esperados, pues casi todos los portales web de las universidades del Ecuador, con honrosas excepciones no cumplen las directrices de la WAI, y demuestran que ninguna de las páginas web son accesibles, por lo tanto, constituye un desafío inmediato para diseñadores, pedagogos, desarrolladores de entornos y sistemas



web profundizar en los requerimientos de accesibilidad y proveer mecanismos para el uso de tecnologías asistidas (Bosquez Barcenas, Del Pozo Durango, Fierro Saltos, & Pacheco Mendoza, 2019).

2. ¿Qué seguros y confiables son los sitios web de las Instituciones de Educación Superior?

Según (Ormaza Pincay, Briones Mendoza, & Saltos Catagua, 2017), afirman que sin duda, la usabilidad de un sitio es una de sus características que puede ofrecer una medida exacta de su capacidad de lograr requisitos imprescindibles de calidad, es por ello que (Acosta Vargas, Luján Mora, & Salvador Ullaur, 2016), señalan la evaluación de la usabilidad durante el desarrollo, puesta en línea y seguimiento de sitios Web reporta importantes beneficios y ahorros tanto económicos como en tiempo para obtener productos que resulten de mayor utilidad, tanto para los usuarios como para quienes desarrollan los sitios. Por su parte (Navarrete & Luján Mora, 2015), reconocen que la meta de la accesibilidad web es asegurar que la información o servicios entregados a través de sitios webs estén disponibles y puedan ser utilizados por la mayor audiencia posible.

3. ¿Cuál es el propósito de la usabilidad y accesibilidad de los sitios web de las universidades?

Los autores (Chamba Eras, Coronel Romero, & Labanda Jaramillo, 2016), señalan que la usabilidad de los sitios Web juega un papel central en el establecimiento de una comunicación saludable entre la universidad y sus grupos de interés, sin duda, esto permitirá contribuir a la gobernabilidad de la universidad de muchas maneras. Asimismo, reiteran que la accesibilidad sería entonces la capacidad de una página Web, o una aplicación, para facilitar a los usuarios el acceso a la misma y a sus contenidos. La usabilidad sería una forma de medir lo fácil, rápido y agradable que resulta utilizar dicha página Web o aplicación (Pincay Ponce, Caicedo Ávila, Herrera Tapia, Delgado Muentes, & Delgado Franco, 2020). Por otro lado, recalcan que los portales web de las IES son el espacio de comunicación directa con este grupo de atención prioritaria, pues es ahí donde se publica toda la información de relevancia cómo es la oferta académica.

4. ¿A qué se debe el imperdonable olvido de la accesibilidad y de la usabilidad?

La usabilidad tiene una correlación con la accesibilidad Web, mientras que la accesibilidad intenta vencer las discapacidades del usuario para acceder a la información (Chamba Eras, Coronel Romero, & Labanda Jaramillo, 2016). Como es conocido por todos existe una diversidad de normas y estándares en cuanto al diseño de páginas que se proponen facilitar un adecuado nivel de accesibilidad (Serrano Mascaraque, 2009). Sin embargo, esto no significa que los desarrolladores cumplan siempre y con tales normas. De igual manera resaltan que por eso desgraciadamente, el diseño y desarrollo del sitio web es conducido a menudo por la tecnología o por la estructura de organización u objetivos de negocio, más que por lo que el usuario necesita.

Usabilidad

Usabilidad, expresa a algo que se puede utilizar, en el ámbito

informático se refiere a la calidad del sitio para ser entendible, usable y explorable permitiendo a los usuarios obtener los diferentes temas de interés del usuario sin limitaciones (Cobeña Macías, 2018). Existen dos formas de realizar una evaluación de usabilidad web, la primera mediante la experiencia de usuarios y la segunda con un método de análisis sin usuarios realizado por expertos, implica evaluar los elementos de la interfaz contra un conjunto de principios llamados heurísticas. Para este caso, la evaluación de usabilidad de cada sitio y sistema web se generará con la prueba heurística, estableciendo una relación de los elementos a evaluar denominados criterios, los mismos que a su vez serán utilizados en la evaluación. La técnica del análisis heurístico consiste en realizar un proceso de navegación, consulta y búsqueda de contenidos unificando los criterios para poder evaluar diferentes aspectos de la guía, divididos en los siguientes apartados de la tabla 1.

La valoración heurística se realiza con el método Sirius, este “se caracteriza por permitir cuantificar y comparar la usabilidad de un sistema en el tiempo, comparar la usabilidad de diferentes sistemas” (Fernández, 2018), el cual está creado en formato Excel y fue propuesto por la Ing. Ma. Del Carmen Suárez, con este análisis se verificará si los criterios se cumplen por completo en los cinco sitios y sistemas enfocados de la Universidad Técnica de Manabí. Con el fin de obtener resultados concretos al momento de realizar el análisis de usabilidad web, siendo parte importante en este estudio, se tomó en cuenta ciertos aspectos fundamentales y esenciales para la valoración de los datos, los mismos que son detallados en la tabla 2 a continuación:

Accesibilidad

Hacer que las páginas web sean más fáciles de navegar y leer, para cada usuario que visita el sitio, independientemente de las discapacidades que experimenten, es el objetivo principal de la accesibilidad web. Es decir, prácticas inclusivas para eliminar las barreras de acceso a la web (Abid Ismail, 2022).

WCAG 2.0

La versión 2.0 del Web Content Accessibility Guidelines (WCAG 2.0) acogida en el 2012 por la norma ISO como estándar, establece un total de 12 pautas, no son normas estrictas, pero recomiendan lo que el usuario debe poder hacer en la web y qué tipo de información debe estar disponible; las pautas son de hecho una norma mundialmente reconocida para la creación de sitios web accesibles, las cuales están dirigidas a quienes generan contenidos en Internet, explicando cómo se deben diseñar para que sean accesible a todos (W3C, 2018). Está dividido en tres partes fundamentales: principios, pautas y criterios de conformidad y se perfeccionan con un conjunto de métodos para alcanzar el éxito en los diferentes criterios como se muestra en la tabla 3.

Niveles de conformidad

WCAG 2.0 se divide en tres niveles de conformidad (A-AA-AAA) puesto que los criterios de éxito se organizan en función del impacto que tienen en el diseño o la presentación visual de las páginas. Cuanto más alto es el nivel, más se restringe el diseño como se detalla en la tabla 4.



Tabla 1. Heurísticas y criterios de evaluación
Fuente: (Carreras, 2011)

Principios Heurísticos	Descripción
Aspecto general	Incluye aspectos como los objetivos del sitio, la identidad corporativa, la ubicación del sitio o una visión amplia de los contenidos y servicios que ofrece.
Identidad e información	Elementos relacionados con la información proporcionada, identidad de sitios y la autoría de contenidos.
Entendibilidad y facilidad en la interacción	Analiza si la página está escrita de forma que proporcione suficiente contenido para que los usuarios la consulten.
Rotulado	Investiga si las etiquetas de texto o íconos de un sitio son suficientes, lo que permite a los usuarios identificar correctamente sus diferentes elementos.
Estructura y Navegación	Se ocupa del tipo de organización de un sitio web y de la idoneidad de un sistema de navegación, estudiando las estructuras jerárquicas, de hipertexto o facetadas.
Diseño de página	Esta guía se centra en el diseño y las características adecuadas de los diferentes elementos de logotipo, navegación e información.
Búsqueda	Evalúa las características del sistema de búsqueda de un sitio web, si es de fácil acceso u ofrece opciones de búsqueda avanzada.
Elementos multimedia	Relacionados con la adecuación del contenido multimedia, incluyendo si son identificables, correctamente posicionados, relevantes o añaden valor al contenido de la información.
Ayuda	Evalúa si la ayuda está visible o proporciona ayuda contextual según el servicio o el contenido que utiliza el usuario.
Control y Retroalimentación	El proceso de tratar la interacción de un usuario con un sitio web a través de una interfaz, informando a este sobre el estado de una solicitud, el resultado de una opción o el grado de control del usuario sobre la interfaz.

Tabla 2. Datos que ofrecen una correcta valoración de la usabilidad web

Tiempo pasado en la página	Si la duración es corta, el usuario abandona el sitio después de unos segundos, puede ser que se esté dando una mala experiencia a los visitantes de la página. Esto puede deberse a que si el tiempo de carga es lento, cierran la pestaña antes de que la página sea completamente visible.
Porcentaje de rebote	Cuanto mayor sea la tasa de rebote, peor será la disponibilidad de la red. Este porcentaje representa a las personas que abandonaron el sitio sin navegar, ya sea porque no encontraron lo que se prometió o porque los usuarios no sabían cómo moverse por la web.
Páginas visitadas por sesión	Si un usuario que visita la página web no la navega, solo visita una página y no va más allá, lo que significa que no es fácil acceder a las diferentes páginas del sitio.
Contenido y menús estructurados	Es necesario construir una hegemonía dentro del contenido web, ya sea en menús o en diferentes partes de la web, para que los usuarios entiendan el orden y sepan moverse por la página.
Diseño simple y claro	Hay que tener claro cuál es el contenido básico a poner en la web, en lugar de saturarla de texto e imágenes, la combinación de texto, imágenes y vídeo ayuda a tener una idea más clara.
Dar el control de la red al usuario	El usuario siempre debe sentir que tiene el control y puede acceder a las páginas que desee, completar una compra o enviar un formulario. Para ello, los menús y botones deben acompañar a los usuarios a lo largo de su experiencia web sin alterar el diseño y orden de la página.
Hacer la web interactiva	Siempre hay que dar al usuario la posibilidad de interactuar y realizar diferentes acciones, desde mostrar el chat hasta hacer preguntas, poder ver galerías de imágenes o vídeos, etc.
Sitio web receptivo	El sitio web debe ser responsivo, es decir, se adapte a todos los dispositivos y la experiencia de navegación sea igual en todos los dispositivos.

Herramientas utilizadas para el análisis de los sitios y sistemas webs

Existen muchas herramientas que sirven para el análisis y evaluación de sitios y sistemas webs tanto gratuitos como pagados, para este trabajo se optó por dos herramientas virtuales de libre acceso, las cuales fueron TAW y FAE cumpliendo con las normas y pautas solicitadas para la valoración de los cinco sitios y sistemas webs utilizados en esta investigación.

Herramienta TAW

Es una herramienta online de análisis sobre una plataforma distribuida basada en tecnología de “Grid Computing”, con una

capacidad de análisis muy elevada. Está dirigida a la realización de observatorios, en los que el volumen de sitios web y páginas que se revisan puede ser muy alto. Esta herramienta integra el motor de análisis del TAW, además de otros analizadores de calidad web (TAW, 2021).

Herramienta FAE

Es una herramienta web de código abierto que analiza las páginas web para el cumplimiento de los requisitos de accesibilidad definidos por el World Wide Web Consortium (W3C) y para el uso adecuado de las características de accesibilidad definidas por el estándar HTML actual (Illinois, 2021).

2.2 Métodos

El método aplicado para la evaluación de los sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí se encuentran divididos en las siguientes fases que se muestran en la Figura 1.

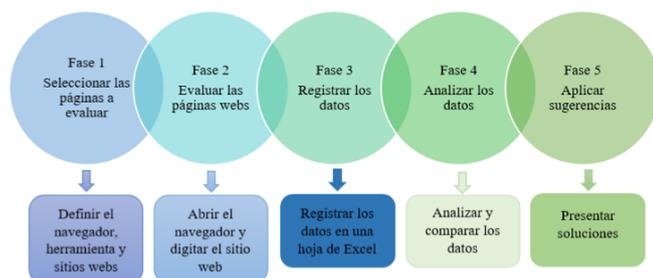


Figura 1. Fases de desarrollo

Elaborada por autores

3. Resultados y Discusión

Resultados de la evaluación heurística mediante el método Sirius

La suma de las distintas estimaciones obtenidas para cada apartado se identifica en la tabla 5, esto permitió un trabajo de valoración más detallado utilizando una escala de evaluación más amplia entre 0 y 10, su aplicación puede ser más subjetiva en el proceso de heurística. Para poder procesar completamente los datos y sacar conclusiones, las cifras obtenidas se ponderaron numéricamente; se mostró el resultado de la media ponderada, así como el porcentaje obtenido en función de la máxima puntuación posible para cada apartado de la evaluación. Los resúmenes

finales se incluyeron en el total por página, adjuntados los valores acumulativos y los cálculos porcentuales.

Resumen general de la prueba de heurística

Basándose en los resultados obtenidos en la tabla 5, se fabricó un compendio en la Figura 2 para mostrar los diferentes valores de inconsistencias que se obtuvieron en la prueba heurística de usabilidad, siendo así el sitio UTM el que ocupaba un 27, 67% seguido por el sitio y sistema ONLINE con 25,66%, en tercer lugar, el E-VIRTUAL con un 21%, dejando atrás al SGA con el 19,67% y el SPCA con 19,33%. Al visualizar los resultados del porcentaje de cada heurística, se logró asemejar que existe una proporción simétrica en las evaluaciones de cada una de ellas.

Análisis de los sitios y sistemas webs de investigación de la Universidad Técnica de Manabí con el empleo de las herramientas

Los siguientes análisis dan resultado a la valoración realizada en los sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí como son:

- www.utm.edu.ec (UTM)
- <https://app.utm.edu.ec/sga/> (SGA)
- spca.utm.edu.ec (SPCA)
- <https://evirtual.utm.edu.ec> (E-VIRTUAL)
- online.utm.edu.ec/login/index.php (ONLINE)

Evaluación de sitios y sistemas webs con las herramientas TAW y FAE

En estas herramientas se realizó el análisis para el nivel de conformidad AA, determinando cada principio de la WCAG 2.0 y observar el código de cada error, para el cual se han tomado en cuenta los sitios y sistemas webs mencionados, en la tabla 6 se muestra el número de errores de cada principio: perceptible(P), operable(O), comprensible(C) y robusto(R).

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos de la valoración de accesibilidad web mediante las herramientas TAW y FAE aplicadas en los cinco sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí, estos valores se presentan de manera gráfica en la Figura 3 arrojando los datos de errores de accesibilidad en cada estudio realizado. Comparando estas fallas de dichos sitios y sistemas, se dedujo que el principio Perceptible es el que más problemas de accesibilidad web se presentaron seguido por el principio Operable.

Interpretación de los resultados con la Herramientas TAW

Se realizó la evaluación con la herramienta TAW, siendo parte importante para la investigación de los cinco sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí; en la tabla 7 se presentan las fallas e inconsistencias de los siguientes criterios y pautas de la WCAG 2.0.

Como resultado de la evaluación se obtuvo que en dos criterios de conformidad de la WCAG 2.0 se exhibieron el mayor número de errores. En la Figura 4 se muestra un cuadro estadístico

Tabla 3. Principios, pautas y criterios de la WCAG 2.0
Fuente: (Benavidez & Benavidez, 2010b)

Principios, Pautas y Criterios de la WCAG 2.0			
Perceptible	Pauta 1.1 Textos alternativos <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1 Contenido no textual 		
	Pauta 1.2 Medios basados en el tiempo <ul style="list-style-type: none"> 1.2.1 Solo audio y solo vídeo (grabaciones) 1.2.2 Subtítulos (pregrabados) 1.2.3 Audio descripción o Medio Alternativo (Pregrabado) 1.2.4 Subtítulos (en directo) 1.2.5 Descripción auditiva (Pregrabada) 		
	Pauta 1.3 Adaptable <ul style="list-style-type: none"> 1.3.1 Información y relaciones 1.3.2 Secuencia con significado 1.3.3 Características sensoriales 		
	Pauta 1.4 Distinguible <ul style="list-style-type: none"> 1.4.1 Uso del color 1.4.2 Control del audio 1.4.3 Contraste (Mínimo) 1.4.4 Redimensionamiento del texto 1.4.5 Imágenes de texto 		
	Operable	Pauta 2.1 Accesible mediante el teclado <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 Teclado 2.1.2 Sin bloqueos de teclado 	
		Pauta 2.2 Tiempo suficiente <ul style="list-style-type: none"> 2.2.1 Tiempo ajustable 2.2.2 Pausar, detener, ocultar 	
		Pauta 2.3 Provocar ataques <ul style="list-style-type: none"> 2.3.1 Umbral de tres destellos o menos 	
		Pauta 2.4 Navegable <ul style="list-style-type: none"> 2.4.1 Evitar bloques 2.4.2 Páginas tituladas 2.4.3 Orden del foco 2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto) 2.4.5 Múltiples vías 2.4.6 Encabezados y etiquetas 2.4.7 Foco visible 	
		Comprensible	Pauta 3.1 Legible <ul style="list-style-type: none"> 3.1.1 Idioma de la página 3.1.2 Idioma de las partes
			Pauta 3.2 Predecible <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 Al recibir el foco 3.2.2 Al introducir datos 3.2.3 Navegación consistente 3.2.4 Identificación consistente
			Pauta 3.3 Introducción de datos asistida <ul style="list-style-type: none"> 3.3.1 Identificación de errores 3.3.2 Etiquetas o instrucciones 3.3.3 Sugerencias ante errores 3.3.4 Prevención de errores (legales, financieros, datos)
			Robusto

Tabla 4. Niveles de conformidad de la WCA 2.0
Fuente: (Benavidez & Benavidez, 2010a)

Nivel de conformidad	Descripción
Nivel A	Para lograr conformidad con el Nivel A (el mínimo), la página web satisface todos los Criterios de Conformidad del Nivel A, o proporciona una versión alternativa conforme
Nivel AA	Para lograr conformidad con el Nivel AA, la página web satisface todos los Criterios de Conformidad de los Niveles A y AA, o se proporciona una versión alternativa conforme al Nivel AA.
Nivel AAA	Para lograr conformidad con el Nivel AAA, la página web satisface todos los Criterios de Conformidad de los Niveles A, AA y AAA, o proporciona una versión alternativa conforme al Nivel AAA.

Tabla 5. Resultados agregados del análisis heurístico - Test Sirius
Elaborada por autores

C. Heurísticos \ Sitios Webs	UTM	SGA	SPCA	E-VIRTUAL	ONLINE
Aspectos generales	3,33	3	3	3,66	3
Identidad e información	4,67	2,33	2,67	3,33	3,33
Entendibilidad y facilidad	1,33	1,67	2	1,67	2
Rotulado	2	2	1,33	1,67	2,33
Estructura y navegación	5,67	3,33	4,33	3,33	5,67
Diseño de la página	2,33	2,33	2,33	2	2,67
Búsqueda	1,67	1,67	0	1,67	2,33
Elementos multimedia	3	1,67	1,67	1,67	1,33
Ayuda	1,67	0	0	0	0
Control y retroalimentación	2	1,67	2	2	3
Totales de Media	27,67%	19,67%	19,33%	21%	25,66%

revelando el número de problemas por cada criterio.

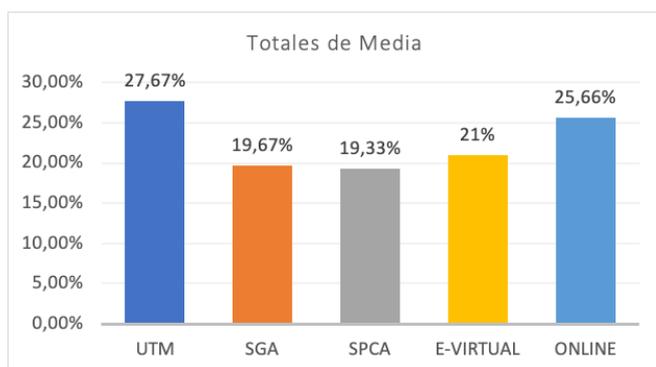


Figura 2. Promedios por heurística, considerando los resultados de las evaluaciones de usabilidad
Elaborada por autores

Interpretación de los resultados con la Herramienta FAE

Se ejecutó la prueba de accesibilidad web en los cinco sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí, donde se mostraron fallas e incidencias en ciertos criterios respecto a las pautas de la WCAG 2.0 tal como se aprecia en la tabla 8.

En efecto, se visualizó que existe mayor inconsistencia en tres

criterios de conformidad de la WCAG 2.0, detallándose en la Figura 5 manifestando e indicando el número de problemas que hubo en cada uno de ellos.

Resultados obtenidos de la evaluación con las herramientas TAW y FAE de los cinco sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí.

Detalle de la Tabla:

- U Hace referencia a UTM
- S Hace referencia a SGA
- SP Hace referencia a SPCA
- E Hace referencia a E-VIRTUAL
- Hace referencia a ONLINE

Análisis general de los errores obtenidos aplicando todas las herramientas

En función de los resultados obtenidos de la Tabla 9, se elaboró un resumen de manera gráfica que se refleja en la Figura 6, logrando comparar los datos arrojados por las herramientas aplicadas, dando el número de errores en cada uno de los criterios de la guía, de los sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí.

En la Figura 6, se observó las valoraciones obtenidas por las herramientas de los cinco sitios y sistemas webs considerados

Tabla 6. Resultado del análisis con las herramientas TAW y FAE
Elaborada por autores

No.	Sitios	TAW				FAE			
		P	O	C	R	P	O	C	R
1	UTM	108	44	2	1	2	3	4	2
2	SGA	5	0	3	2	2	1	0	0
3	SPCA	6	0	3	3	0	1	3	0
4	E-VIRTUAL	0	0	0	0	2	1	1	1
5	ONLINE	0	0	0	0	2	1	1	1
Total de error por principio		119	44	8	6	8	7	9	4

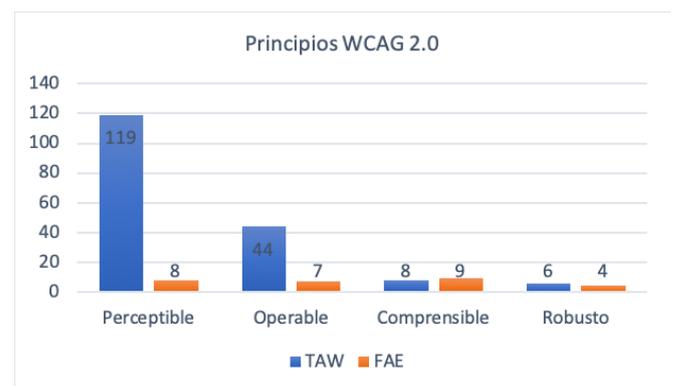
Tabla 7. Resultados de errores clasificados por criterios de usabilidad herramienta TAW
Elaborada por autores

No.	Error en criterio de conformidad	Error en el principio	Error en la pauta	Páginas donde hubo error	Total de errores encontrados
1	Contenido no textual	Perceptible	Textos alternativos	3	6
2	Información y relaciones	Perceptible	Adaptable	3	103
3	Propósitos de enlaces	Operable	Navegable	1	44
4	Idioma de la página	Comprensible	Legible	2	2
5	Al introducir datos	Comprensible	Predecible	1	1
6	Etiquetas o instrucciones	Comprensible	Introducción de datos asistida	3	5
7	Nombre, función, valor	Robusto	Compatible	3	6

para el estudio, se puede determinar que los resultados que arrojó la herramienta TAW fueron los más significativos reflejando la mayor cantidad de errores a diferencia de la herramienta FAE, sin embargo, en la investigación se tomó en cuenta los resultados de la evaluación de ambas herramientas con relación a los criterios de las normas de accesibilidad WCAG 2.0.

Recomendación para el mejoramiento de los sitios web de investigación a partir de los análisis arrojados por las herramientas

A partir de la tabla 9 y Figura 6, es posible observar los problemas reflejados en los cinco sitios y sistemas webs evaluados, en donde se analizó cada criterio con los respectivos errores encontrados, la cual, de los 39 criterios que hay dentro de las 12 pautas que pertenecen a los 4 principios de las normas de la WCAG 2.0, se excluyeron los criterios que las herramientas no detectaron falencias, quedando así, los 13 criterios que poseen inconsistencias en los cinco sitios web estudiados; en la tabla 10, se propone las soluciones que garantizan la calidad y accesibilidad

**Figura 3.** Resultados de evaluación por principios de la WCAG 2.0

Elaborada por autores

web basados en las recomendaciones de la WCAG 2.0, aplicados a los criterios que mostraron errores en sus resultados, los cuales se mencionan en la Tabla 10.

4. Conclusiones

Se desarrolló correctamente el modelo de gestión de la información del estado del arte a través del proceso de investigación y análisis con el Query realizado para la búsqueda se filtraron los artículos más relevantes, arrojando distintos materiales de investigación los cuales manifestaron que la realización de una evaluación de los sitios web sirve para determinar qué tipo de errores se pueden encontrar y cómo dar una posible solución a estos casos.

Partiendo de la investigación realizada basándose en la usabilidad y accesibilidad web cumpliendo con las normas y estándares,

se consiguió determinar las herramientas (TAW y FAE) que hicieron posible la evaluación de los sitios y sistemas webs, de acuerdo a los resultados obtenidos se deduce que es necesario aplicar la norma WCAG 2.0 la cual consiste en medir principios, pautas y criterios de accesibilidad y usabilidad de un sitio web.

Después de evaluar los sitios y sistemas webs de la Universidad Técnica de Manabí como elemento significativo, se logró observar los errores existentes en cada uno de ellos, cumpliendo así con el objetivo propuesto en esta investigación, se realizó una propuesta teniendo en cuenta el cumplimiento de los criterios de la WCAG 2.0 de mejora de la usabilidad y accesibilidad de los sitios web.



Figura 4. Cuadro estadístico de fallas de criterios WCAG 2.0
 Elaborada por autores



Figura 5. Cuadro estadístico de fallas de criterios WCAG 2.0
 Elaborada por autores

Tabla 8. Resultados de errores clasificados por criterios de usabilidad herramienta FAE
 Elaborada por autores

No.	Error en criterio de conformidad	Error en el principio	Error en la pauta	Páginas donde hubo error	Total de errores encontrados
1	Contenido no textual	Perceptible	Textos alternativos	1	1
2	Información y relaciones	Perceptible	Adaptable	4	6
3	Redimensionamiento del texto	Perceptible	Distinguible	1	1
4	Evitar bloques	Operable	Navegable	1	1
5	Páginas titulas	Operable	Navegable	2	2
6	Propósitos de enlaces	Operable	Navegable	1	3
7	Múltiples vías	Operable	Navegable	1	1
8	Idioma de la página	Comprensible	Legible	1	1
9	Al recibir el foco	Comprensible	Predecible	1	1
10	Navegación consistente	Comprensible	Predecible	2	3
11	Etiquetas o instrucciones	Comprensible	Introducción de datos asistida	2	4
12	Nombre, función, valor	Robusto	Compatible	3	4

Tabla 9. Evaluación de sitios web de investigación con las herramientas
Elaborada por autores

PAUTAS WCAG 2.0	ERRORES DE ACCESIBILIDAD WEB									
	TAW					FAE				
	U	S	SP	E	O	U	S	SP	E	O
Principio 1: Perceptible										
Pauta 1.1 Textos alternativos						Problemas				
1.1.1 Contenido no textual	1	2	3	-	-	-	1	-	-	-
Pauta 1.3 Adaptable										
1.3.1 Información y relaciones	107	3	3	-	-	1	1	-	2	2
Pauta 1.4 Distinguible										
1.4.4 Redimensionamiento del texto	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Principio 2: Operable										
Pauta 2.4 Navegable										
2.4.1 Evitar bloques	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
2.4.2 Páginas tituladas	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto)	44	-	-	-	-	3	-	-	-	-
2.4.5 Múltiples vías	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Principio 3: Comprensible										
Pauta 3.1 Legible										
3.1.1 Idioma de la página	-	1	1	-	-	-	-	1	-	-
Pauta 3.2 Predecible										
3.2.1 Al recibir el foco	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
3.2.2 Al introducir datos	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2.3 Navegación consistente	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1
Pauta 3.3 Introducción de datos asistida										
3.3.2 Etiquetas o instrucciones	1	2	2	-	-	3	-	-	1	-
Principio 4: Robusto										
Pauta 4.1 Compatible										
4.1.2 Nombre, función, valor	1	2	3	-	-	2	-	-	1	1
Total de errores	155	10	12	0	0	11	3	4	5	5

El estudio de usabilidad y accesibilidad enfocado en los sitios web de la Universidad Técnica de Manabí, a través de las herramientas aplicadas, se pudo establecer la necesidad de emplear comandos y atributos en los elementos textuales de los objetos, tablas, imágenes y formularios, mejorando el contraste de colores, las estructuras de las páginas web, posibles colapsos y futuros problemas de conectividad, entre otros.

Agradecimientos

A Dios, a mis padres por estar siempre a mi lado apoyándome en cada paso que doy alentándome para seguir adelante y también a los docentes de la Facultad de Ciencias Informáticas de la Universidad Técnica de Manabí que hicieron posible mi

aprendizaje en todo en el desarrollo de la carrera.

Referencias

- Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., & Salvador-Ullauri, L. (2016). Evaluación de la accesibilidad de las páginas web de las universidades ecuatorianas. *Revista Congreso de Ciencia y Tecnología, 11*, 181-187
- Acosta, T., & Luján Mora, S. (2017). Análisis de la accesibilidad de los sitios web de las universidades ecuatorianas de excelencia. *Enfoque UTE, 8*(1), pp. 46 - 61. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.133>



Tabla 10. Propuesta de mejora para los sitios web de investigación de la Universidad Técnica de Manabí
Elaborada por autores

No.	Criterio de la WCAG 2.0	Solución
Perceptible		
1	1.1.1 Contenido no textual	Se debe establecer la propiedad “name” para un objeto no textual, además se puede utilizar el atributo “alt” en elementos “img”.
2	1.3.1 Información y relaciones	Usar elementos semánticos para marcar la estructura, asimismo establecer la propiedad “label” para componentes de formulario.
3	1.4.4 Redimensionamiento del texto	Usar medidas que sean relativas con otras mediciones en el contenido, dando uso de “%” para definir el tamaño de la fuente.
Operable		
4	2.4.1 Evitar bloques	Usar el elemento “frame elements” para agrupar bloques repetitivos o un menú expandible o plegable para evitar un bloque con contenido.
5	2.4.2 Páginas tituladas	Asociar un título usando el elemento “title”.
6	2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto)	Proporcionar texto en los enlaces que describan el propósito del enlace.
7	2.4.5 Múltiples vías	Utilizar una función de búsqueda para ayudar a los usuarios a encontrar contenidos.
Comprensible		
8	3.1.1 Idioma de la página	Usar atributos de idioma en el elemento HTML o especificarlo por defecto en la cabecera HTTP.
9	3.2.1 Al recibir el foco	Usar “activate” en vez de “focus” como desencadenante de cambios en el contexto.
10	3.2.2 Al introducir datos	Describir lo que sucederá antes de hacer un cambio en un control de formulario que provocará un cambio en el contexto.
11	3.2.3 Navegación consistente	Presentar los componentes repetidos en el mismo orden relativo cada vez que aparecen
12	3.3.2 Etiquetas o instrucciones	Usar instrucciones textuales al comienzo de un formulario o un conjunto de campos que describan los datos que se deben introducir e indicar los controles obligatorios.
Robusto		
13	4.1.2 Nombre, función, valor	Usar el elemento “label” para asociar etiquetas con los controles de formulario y el atributo “title” para identificar los controles de formulario cuando no se pueda usar el elemento “label”.

Benavidez, C., & Benavidez, S. (2010a). *Comprender la Conformidad*. Comprender las WCAG 2.0. Recuperado el 30 de octubre de 2022 de <http://www.sidar.org/traduccion/wcag20/es/comprender-wcag20/conformance.html>

Benavidez, C., & Benavidez, S. (2010b). *Comprender las WCAG 2.0*. Recuperado el 30 de octubre de 2022 de <http://www.sidar.org/traduccion/wcag20/es/comprender-wcag20/Overview.html>

Bosquez-Barcenas, V. A., Durango, R. D. P., Fierro-Saltos, W. R., & Pacheco-Mendoza, S. R. (2019). Análisis de accesibilidad web en las universidades ecuatorianas para atender las necesidades de estudiantes con discapacidad. *Revista de Investigación Enlace Universitario*, 18(1), 129-144.

Carreras, O. (2011). Sirius. *Nuevo sistema para la evaluación de la usabilidad web*. Recuperado el 30 de octubre de 2022 de <https://olgacarreras.blogspot.com/2011/07/sirius-nueva-sistema-para-la-evaluacion.html>



Contribución de los autores

Autor	Contribución
Tania Gissella Chila Reina	Redacción – borrador original del artículo, conceptualización, Metodología, Resultados y Análisis formal
Cobeña Macias Tatiana Elizabeth	Supervisión - Revisión y edición del artículo.



Figura 6. Resumen general de resultados de análisis en los sitios web con Herramientas de Accesibilidad
Elaborada por autores

of college websites. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 34(3), 901-911.

Chamba-Eras, L., Coronel-Romero, E., & Labanda-Jaramillo, M. (2016). Usabilidad Web: situación actual de los portales Web de las Universidades de Ecuador. *Sexta Conferencia de Directores de Tecnología de Información, TICAL 2016*, 557-569.

Cobeña-Macias, T. (2018). *Usabilidad y accesibilidad en sitios web de publicaciones científicas en Universidades Manabitas* [Tesis de Máster, Universidad Internacional de la Rioja].

Cobeña, T., Zambrano Solorzano, T., Zambrano Pico, F., & Pinargote Ortega, M. (2019). Análisis de normas de accesibilidad web en el sitio web de la Facultad de Informática de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí. *Informática Y Sistemas: Revista De Tecnologías De La Informática Y Las Comunicaciones*, 3(1), 23–31. <https://doi.org/10.33936/isrtic.v3i1.1590>

Fernández, P. (2018). *Usabilidad Web. Teoría y uso*. Editorial RA-MA

Ismail, A., & Kuppusamy, K. S. (2022). Web accessibility investigation and identification of major issues of higher education websites with statistical measures: A case study

Navarrete, R., & Luján, S. (2014). Accesibilidad web en las Universidades del Ecuador. Análisis preliminar. *Revista Politécnica*, 33(1). https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/94

Ormaza Pincay, M. D. L. A., Briones Mendoza, G., Saltos Catagua, M., & Moreira Ponce, E. (2017). INCIDENCIA DE LA USABILIDAD DE LA INTRANET EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, SEDE MANABÍ. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuSo)*, 2(1), 51-63. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v2i1.497>

Ponce, J. P., Ávila, V. C., Herrera-Tapia, J., Muentes, W. D., & Franco, P. D. (2020). Usabilidad en sitios web oficiales de las universidades del Ecuador. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E29), 106-119.

Serrano Mascaraque, E. (2009). Accesibilidad vs usabilidad web: evaluación y correlación. *Investigación bibliotecológica*, 23(48), 61-103.

Test de Accesibilidad Web [TAW] (2021). TAW. <https://www.tawdis.net/>

University of Illinois at Urbana-Champaign [Illinois] (2021). *Functional Accessibility Evaluator (FAE)*. Accessible IT Group. Recuperado el 29 de octubre de 2022 de <https://accessibleit.disability.illinois.edu/tools/fae>

Viñanzaca Toledo, R. F. (2014). *Propuesta para la implementación de buenas prácticas de usabilidad y accesibilidad web para el portal y AVAC de la Universidad Politécnica Salesiana* [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7068>

W3C. (2018). *Web Accessibility Initiative (WAI)*. W3C. Recuperado el 29 de octubre de 2022 de <https://www.w3.org/WAI/>





Investigación Exploratoria de Robots Agrícolas

Exploratory Research of Agricultural Robots

Autores

- ✉ *Zambrano Caicedo Andres Fernando
- ✉ Briones Giler Karen Ivonne
- ✉ Pinargote Bravo Victor Joel
- ✉ Alfonso Tomás Loor Vera

Carrera de Computación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.

* Autor para correspondencia

Como citar el artículo: Zambrano Caicedo, A.F., Briones Giler, K.I., Pinargote Bravo, V.J., & Loor Vera, A.T. (2022). Investigación Exploratoria de Robots Agrícolas. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 6(2), 110-116. DOI: <https://doi.org/10.33936/isrtic.v6i2.5286>

Enviado: 03/11/2022
Aceptado: 17/12/2022
Publicado: 20/12/2022

Resumen

El presente artículo plantea una propuesta de los conceptos teóricos básicos para el funcionamiento de un prototipo de un robot agrícola inteligente capaz de sembrar en pendientes menores a 45° aplicando las nuevas tecnologías de la Industria 4.0 como lo son la inteligencia artificial, la agricultura de precisión, los robots (agentes inteligentes) y los sensores, realizando una investigación exploratoria para realizar una primera aproximación al objeto de estudio, partiendo de una revisión bibliográfica que brinda una perspectiva más amplia del tema a investigar para elaborar un árbol de problema para así esquematizar los componentes de Hardware y Software necesarios para el prototipo. Una vez que ha sido aplicada la metodología escogida se obtiene como resultado el árbol de problema que muestra las causas y efectos del problema, una matriz REAS que describe los componentes de hardware del prototipo, una lista inicial de algoritmos necesarios para el entrenamiento y posterior funcionamiento del robot, y un modelo en 3D del robot realizado en SketchUp.

Palabras clave: Industria 4.0; robots; agricultura de precisión; inteligencia artificial.

Abstract

This article presents a proposal of the basic theoretical concepts for the operation of a prototype of an intelligent agricultural robot capable of planting on slopes less than 45° applying the new technologies of Industry 4.0 such as artificial intelligence, precision agriculture, robots (intelligent agents) and sensors, conducting an exploratory research to make a first approach to the object of study, starting from a literature review that provides a broader perspective of the subject to investigate to develop a problem tree to outline the hardware and software components needed for the prototype. Once the chosen methodology has been applied, the result is a problem tree that shows the causes and effects of the problem, a REAS matrix that describes the hardware components of the prototype, an initial list of algorithms necessary for the training and subsequent operation of the robot, and a 3D model of the robot made in SketchUp.

Keywords: Industry 4.0; robots; precision agriculture; artificial intelligence.



1. Introducción

El mundo necesita encontrar soluciones a los problemas que hoy le afectan: cambio climático, provisión de alimentos, agua y energía, problemas demográficos, pobreza, entre otros. El descubrimiento y desarrollo de la agricultura permitió un crecimiento demográfico exponencial, por lo que se han desarrollado nuevas técnicas cada vez más eficientes para asegurar la provisión de alimentos. Desde mediados del siglo XVII con la revolución industrial hubo un rápido y masivo aumento de la producción de los alimentos por el amplio mejoramiento de la tecnología.

Según la FAO en su informe del estado de la agricultura y la alimentación 2021 “La pandemia de la enfermedad COVID-19 puso de manifiesto las vulnerabilidades de los sistemas agroalimentarios y dio lugar a una mayor inseguridad alimentaria y malnutrición a nivel mundial. Es necesario adoptar medidas para lograr que los sistemas agroalimentarios sean más resilientes, eficientes, sostenibles e inclusivos” (FAO, 2021).

A nivel mundial, el sector agrícola es el que demanda la mayor cantidad de agua dulce para el desarrollo de sus actividades, lo cual muestra la necesidad inmediata de analizar la demanda hídrica asociada al desarrollo de los cultivos, inclusive los requerimientos de agua de los productos utilizados para favorecer esta actividad económica, y de esta manera formular estrategias que conduzcan hacia el uso óptimo de dicho recurso (Ramírez Rios et al., 2022).

La agricultura cumple un papel fundamental en la mayoría de los países en vías de desarrollo. En el Ecuador es importante por: 1) Representa el 9% del PIB. 2) Concentra una de las mayores participaciones en el empleo de la población económicamente activa (Fiallo Iturralde, 2017).

Los ecosistemas forestales son un componente crítico de la biodiversidad mundial, ya que muchos bosques son más biodiversos que otros ecosistemas. La superficie cubierta por bosques es, por tanto, uno de los indicadores del Objetivo de Desarrollo Sostenible 15 “Vida de ecosistemas terrestres” (FAO & PNUMA, 2020).

Las innovaciones y tecnologías digitales pueden ser parte de la solución a la provisión alimentaria y a la protección de los recursos hídricos. La denominada “cuarta revolución industrial” (Industria 4.0) está causando una rápida transformación en varios sectores debido a innovaciones digitales revolucionarias tales como la tecnología de la cadena de bloques, el Internet de las cosas y la inteligencia artificial. En el sector de la agricultura y la alimentación, la difusión de las tecnologías móviles, los servicios de teledetección y el procesamiento distribuido ya están mejorando el acceso de los pequeños productores a la información, los insumos, los mercados, la financiación y

la capacitación. Los avances digitales están creando nuevas oportunidades para integrar a los pequeños agricultores en un sistema agroalimentario de base digital (Trendov, Varas, & Zeng, 2019).

La digitalización modificará todos los eslabones de la cadena alimentaria, funcionará en tiempo real, de forma interconectada y las decisiones se tomarán en base a datos, mismos que serán obtenidos como producto de la digitalización.

Muchos países del mundo, se estén realizando esfuerzos a nivel de política gubernamental estratégica para difundir las tecnologías y los beneficios que la incorporación de la industria 4.0 y la manufactura inteligente traería a las empresas, especialmente PyMEs, al igual que para su implementación, y como una estrategia nacional para desarrollar ventajas competitivas. (Ynzunza Cortés et al., 2017)

Conocer el nivel de adopción de los agricultores de las nuevas técnicas y tecnologías es de suma importancia para las empresas privadas y los organismos públicos. La adopción de tecnología por parte de los productores es muy variable, dependiendo del grado de instrucción, de la experiencia previa, de la localidad, del sistema de producción en que esté involucrado, del costo que tiene la innovación, su complejidad de aplicación, e inclusive puede estar condicionada por cuestiones culturales, políticas y religiosas. (Vicini, 2000)

Las Industrias y Agricultura Mundial están en proceso de Robotización. Aumentan los Robots agrícolas, los tractores autónomos (sin conductor), con techo solar y crecen los robots agrícolas de cosechas. Se ha encontrado robots cosechadores con 24 manos. La Revolución de la Maquinaria autónoma es dirigida por Inteligencia Artificial. Se ha encontrado tractores autónomos. Los tractores autónomos para plantar y cosechar se aplican más a cultivos extensivos, como el maíz, el trigo, el arroz y el algodón. Los robots Agrícolas son más usados en la recolección de frutas. Se les ha encontrado en los viveros cosechando fresas y manzanas. (Baca & Tito, 2022)

Inteligencia Artificial (IA), es el área de investigación de la cual nacen diferentes desarrollos entre los que se encuentran los agentes inteligentes. El concepto de IA, se refiere al diseño de sistemas informáticos inteligentes, es decir, que poseen las características comúnmente asociadas a la inteligencia humana: comprensión del lenguaje natural, capacidad de solución de problemas y de aprendizaje, razonamiento lógico, entre otros. (Villareal, 2003)

En inteligencia artificial, un agente inteligente (IA) es una entidad autónoma que observa a través de sensores y actúa sobre un entorno utilizando actuadores (es decir, es un agente) y dirige su actividad hacia el logro de objetivos (es decir, es racional). Los agentes inteligentes también pueden aprender o usar el



conocimiento para lograr sus objetivos. (Coloma Garofalo et al., 2020).

El Rendimiento, el Entorno, los Actuadores y los Sensores (REAS) deben especificarse para guiar el diseño de agentes (Benítez, 2017). La matriz REAS es un lenguaje universal para describir a los agentes inteligentes, que son cualquier cosa que puede percibir su entorno mediante sensores y actuar sobre el mediante actuadores y con un rendimiento esperado.

2. Materiales y Métodos

La presente es una investigación exploratoria, el problema analizado es la automatización de un sembrío en áreas que poseen pendientes menores a 45°, que es la relación que existe entre el desnivel y la distancia en horizontal que debemos recorrer. Se expresa normalmente en % o en grados (Ibañez Asensio et al., 2011).

Para cumplir con el objetivo planteado, se parte de la metodología que se estructura de la siguiente manera: 1) Revisión Bibliográfica (Gálvez Toro, 2002), que consiste en obtener información publicada sobre cómo ha sido abordada la dificultad por otros autores; 2) Construcción de un árbol de problemas (Martínez & Fernández, 2008), con la finalidad de establecer la cuestión central, además de sus causas y efectos, esta es una técnica participativa que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema, causas y efectos de una manera estructurada que basado en una consulta bibliográfica previa, ayuda a generar un modelo ordenado de relaciones causales que explican el problema y; 3) Metodología de Desarrollo de Hardware Libre (Camargo Bareño, 2011), donde se establecieron componentes de hardware y software, para el diseño de un prototipo. En este paso se plantean los componentes de Hardware necesarios para dar una solución posible al problema planteado, siguiendo la metodología REAS (rendimiento, entorno, actuadores, sensores), dado que se va a dar una solución mediante el uso de un agente inteligente. De la misma forma se plantean los componentes de software para conseguir el funcionamiento deseado mediante la definición de algoritmos necesarios para el funcionamiento del agente que se representará de manera virtual utilizando la aplicación de SketchUp (Chopra, 2007).

3. Resultados y Discusión

3.1 Revisión Bibliográfica

La revolución agrícola 4.0, también conocida como agricultura 4.0, es un nuevo dispositivo para llevar a cabo las estrategias tradicionales de la empresa agrícola con la ayuda de la tecnología progresiva que incluye la robótica agrícola, la computación en la nube y el internet de las cosas, entre otros. Esta tecnología se caracteriza por el uso de la inteligencia artificial y la automatización de la recopilación de información aplicable para la toma de decisiones, el seguimiento regular de los cultivos y otras técnicas agrícolas tradicionales (Astudillo, 2022).

Agricultura de precisión

La agricultura de precisión (AP) parte de un concepto novedoso que busca optimizar el manejo de la producción agrícola teniendo en cuenta la variabilidad del agroecosistema. De esta manera se forman estrategias para usar los insumos necesarios en la cantidad requerida, en el sitio adecuado y en el momento oportuno como se le conoce en Europa y USA, su desarrollo se basa en tecnologías electrónicas, de telecomunicación y de informática el equipo agrícola especialmente adaptado para la aplicación diferenciada de insumos según las necesidades del cultivo o del suelo. En países tropicales, dada la heterogeneidad de sus agroecosistemas, el concepto de manejo de la variabilidad adquiere plena vigencia, pero se requieren adaptaciones tecnológicas de apropiadas al medio (Leiva, 2003).

Robots Agrícolas

Se espera que unos 10 años, circularán en la agricultura tractores y maquinaria agrícola sin conductores (Tractores Autónomos). Los “Bots” (Robots) ya son aceptados en las industrias y en particular la industria automotriz. Se está hablando de agricultura inteligente e invernaderos inteligentes. Se ha comenzado con drones de regadío, drones de fumigación y drones de siembra. Se presume que la experiencia de comunicación entre los Robots en la Industria se traslade más rápido a la agricultura (Baca & Tito, 2022).

La robotización de la agricultura avanza en los países desarrollados que poseen 90% de la población urbana. En la mayoría de los países desarrollados la mano de obra en el campo no sobrepasa el 5 –10% de la población (Baca & Tito, 2022).

Innovación

Las tecnologías usadas en esta área son las siguientes: Visión artificial, Machine Learning y análisis de datos. Las aplicaciones de la visión artificial en la agricultura van desde asociar propiedades fisiológicas enzimáticas con un perfil RGB, detección temprana de enfermedades, detección de malas hierbas para su eliminación mediante aspersión selectiva o mecánica mediante robots o máquinas automatizadas, detección de frutos para los robots cosechadores, para el autoguiado de tractores y máquinas agrícolas autopropulsadas, etcétera.

Se trata de monitorizar en tiempo real el estado de un cultivo y el manejo que el agricultor tiene sobre el mismo, medir a través de sensores los KPIs claves, procesar los datos en conjunción con los obtenidos de estaciones meteorológicas y ofrecer las conclusiones gracias a un sistema de Ayuda a la Toma de Decisión o (DSS) (Astudillo, 2022).

Sensores

El término sensor hace referencia a cualquier dispositivo que al recibir un impulso o magnitud física convierte a la misma en una señal de voltaje (analógica), esta señal puede ser compartida, procesada en un dispositivo u ordenador. Dichos sensores nos permiten determinar con precisión periódica: la posición de una máquina, la velocidad de desplazamiento, medir la temperatura de un lugar, la condición de sus mecanismos, la fertilidad del suelo, el nivel de vegetación del cultivo entre otros (Rambauth Ibarra, 2022).



3.2. Construcción de un árbol de problemas

Se procedió con la elaboración del árbol de problemas (Figura 1).

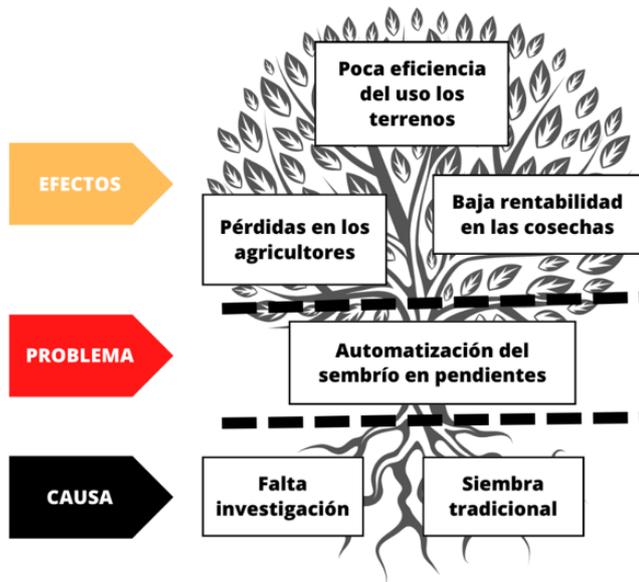


Figura 1. Árbol de problemas.

El uso de esta técnica facilita la identificación de las causas del problema a tratar y de la misma forma los efectos que se producen. Al separar el problema en partes ayuda a mejorar el análisis facilitando la realización de otros componentes de la investigación.

Es una técnica participativa que ayuda a desarrollar ideas creativas para identificar el problema y organizar la información recolectada, generando un modelo de relaciones causales que lo explican. Esta técnica facilita la identificación y organización de las causas y consecuencias de un problema. Por tanto, es complementaria, y no sustituye, a la información de base. El tronco del árbol es el problema central, las raíces son las causas y la copa los efectos. La lógica es que cada problema es consecuencia de los que aparecen debajo de él y, a su vez, es causante de los que están encima, reflejando la interrelación entre causas y efectos (Martínez & Fernández, 2008).

Como resultado de la búsqueda bibliográfica obtuvimos que las nuevas tecnologías ya se aplican en la agricultura, desde tractores autónomos hasta recolectores de fruta automáticos que detectan el estado de la fruta y la cosechan sin apenas tocarla (Fernández, 2019). Sin embargo, la falta de investigación e inversión en la siembra de pendientes ocasiona que las nuevas tecnologías no lleguen a este sector de la agricultura, dando como resultado una baja rentabilidad en las cosechas y pérdidas para los pequeños agricultores.

3.3. Hardware y Software

Una vez definido el problema con sus causas y efectos se procede a plantear una propuesta de tipo computacional, que consiste en la creación de un sistema autónomo, para realizar este proceso, utilizamos la primera fase de la metodología de Hardware Libre que consiste en el diseño. Para esto, se elaboró la matriz REAS dado que es un lenguaje universal para describir a los agentes inteligentes, que son cualquier cosa que puede percibir su entorno mediante sensores y actuar sobre el mediante actuadores en un entorno y con un rendimiento esperado, de ahí vienen las siglas REAS. La elaboración de la matriz tiene dos componentes principales:

1. Componente de Hardware.

Describir los componentes de hardware del agente inteligente mediante una matriz REAS brinda la ventaja de poder visualizar de manera ordenada las características que debe cumplir el agente (Tabla 1). Planteando un rendimiento objetivo y un entorno en el que se va a desenvolver. También permitiendo un análisis a los sensores que percibirán y recopilarán información que luego se procesará para ejecutar la acción deseada con los actuadores.

Tabla 1. Matriz REAS

Tipo Agente	Rendimiento (Meta)	Entorno (Ambiente)	Actuadores (Acciones)	Sensores (Percepciones)
Robot Sembrador Inteligente	Rápido.	Suelo	Piernas robóticas.	Sensor de proximidad.
	Eficaz.	Terrenos de cultivos.	Visualizar el terreno.	Velocímetro.
	Seguro	Semillas	Batería	Niveles de los parámetros del motor.
	Confortable	Hidrogel	Panel solar.	Velodyne puck vlp-16.
	Optimiza el uso del agua.		Compuertas o válvulas (punta sembradora).	Cámara HD RGB
			GPS	Medidor de distancia
		GPS	Sensor giróscopo.	
		Bluetooth	GPS	Bluetooth
			Bluetooth	Placa de procesamiento.

2. Componente de Software:

En esta sección se plantean:

- Algoritmos de aprendizaje por refuerzo para enseñar al prototipo a desplazarse por la zona, la información se obtendrá mediante una combinación de diferentes fuentes, como lo son sensor LIDAR y de proximidad, giroscopio.
- Sistemas de navegación basados en recolección de nube de puntos provenientes de los sensores LIDAR Velodyne puck vlp-16, proximidad, giroscopio y GPS.
- Algoritmos de clasificación basados en aprendizaje profundo y visión artificial, cuya información se obtendrá de las cámaras RGB y sensor LIDAR, con el objetivo de identificar las características idóneas del suelo para poder sembrar.
- Sistema de comunicación vía Bluetooth hacia una aplicación móvil donde se registrará la actividad continua del agente.

Con la información recopilada por los sensores esta se podrá procesar para conseguir las metas deseadas y planteadas en la matriz REAS. El agente debe cumplir con una funcionalidad básica que es caminar o desplazarse por un entorno, objetivo conseguido mediante los algoritmos de aprendizaje por refuerzo que tiene su origen en la psicología del aprendizaje animal, en la teoría del aprendizaje por prueba y error. Consiste en llevar a cabo una interacción con el entorno, sin necesidad de conocimientos previos o resultados conocidos, salvo el objetivo final del problema y una señal de refuerzo, positiva o negativa, imitando así el aprendizaje humano. (Lascorz Lozano, 2018)

El agente contará con un sistema de navegación basado en la nube de puntos que proviene del sensor LIDAR descrito en la matriz REAS y mediante algoritmos de clasificación podrá determinar las áreas idóneas para realizar la siembra respectiva además de la comunicación hacia una app móvil para el monitoreo del estado del robot durante el proceso de siembra.

Utilizando la aplicación de SketchUp se realizó el modelado 3D del robot donde son visibles los siguientes actuadores: las patas robóticas, los paneles solares y la punta sembradora (Figura 2).

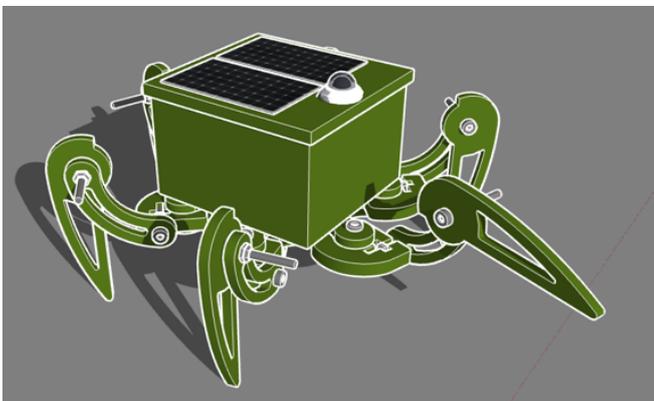


Figura 2. Modelado 3D del Robot

Los sensores descritos en la matriz REAS como el sensor LIDAR Velodyne puck vlp-16, el cual permitirá que el robot sea capaz de “ver”, el sensor escanea el terreno con láser y crea un modelo topográfico de los alrededores que posteriormente el robot podrá procesar y en conjunto con los otros sensores (proximidad, giroscopio, GPS) le permitirá el navegar autónomamente al robot.



Figura 3. Ejemplo de la imagen generada por un sensor LIDAR

4. Conclusiones

La automatización de la siembra en pendientes es un problema muy poco investigado y desarrollado, pese a que las nuevas tecnologías ya se aplican en la agricultura aún no han llegado a este sector específico que sigue trabajando de manera tradicional, dado que se podrían aprovechar mucho mejor los recursos y abaratar costes para los agricultores, uniendo las nuevas tecnologías a la agricultura para asegurar la soberanía alimentaria para los años venideros.

Las tecnologías actuales brindan un mejor panorama para que la agricultura sea mucho más eficiente y autónoma permitiendo así que se pueda asegurar la soberanía alimentaria para los años futuros. Gracias a la Inteligencia artificial, los Sensores, la Agricultura de precisión y los Robots (agentes inteligentes) el porvenir que le depara a la agricultura es prometedor, por eso mediante este trabajo planteando una propuesta muy temprana de ciertos conceptos que deberá tener un robot autónomo capaz de sembrar pendientes se espera generar interés en seguir desarrollando esta propuesta.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López y la Carrera de Computación de la misma.

Contribución de los autores

Autor	Contribución
Zambrano Caicedo Andres Fernando	Conceptualización, Metodología, Redacción
Briones Giler Karen Ivonne	Conceptualización, Metodología, Redacción
Pinargote Bravo Victor Joel	Supervisión, Revisión del artículo.
Alfonso Tomás Loor Vera	Supervisión, Revisión del artículo.

Referencias bibliográficas

- Astudillo Troya, W. G. (2022). *Agricultura 4.0 tecnologías empleadas en labores agrotécnicas* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13190>
- Baca, V. G., & Tito, R. Z. (2022). Robotización en la Industria y la Agricultura. *Iberoamerican Business Journal*, 6(1), 28-46.
- Benítez, E. (2017). *Inteligencia Artificial* [Archivo PDF]. <https://www.uv.mx/personal/edbenitez/files/2010/09/CursoIA10-I-2.pdf>
- Camargo Bareño, C. (2011). *Metodología para la transferencia tecnológica en la industria electrónica basada en software libre y hardware copyleft*. XVII Workshop de Iberchip, Bogotá, Colombia.
- Chopra, A. (2007). *Google SketchUp for Dummies*. John Wiley & Sons.
- Coloma Garofalo, J. A., Vargas Salazar, J. A., Sanaguano Guevara, C. A., & Rochina Chisag, Á. G. (2020). Inteligencia artificial, sistemas inteligentes, agentes inteligentes. *RECIMUNDO*, 4(2), 16-30. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(2\).mayo.2020.16-30](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(2).mayo.2020.16-30)
- FAO & PNUMA. (2020). Ramirez Rios, L. F., Becerra Moreno, D., & Mora Bejarano, C. H. (2022). Huella hídrica verde y azul de la producción de caña de azúcar orgánica en la zona centro del Valle del Cauca. *Ingeniería Y Competitividad*, 24(02), 13. <https://doi.org/10.25100/iyv.24i02.11264> <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- FAO. (2021). *El Estado Mundial de la Agricultura Y la Alimentación 2021: Lograr Que Los Sistemas Agroalimentarios Sean Más Resistentes a Las Perturbaciones Y Tensiones*. Roma: <https://doi.org/10.4060/cb4476es>
- Fernández, M. (8 de Julio de 2019). *El robot español que cosecha las fresas de California sin tocarlas*. El Español. https://www.elespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/innovadores/20190708/robot-espanol-cosecha-fresas-california-sin-tocarlas/411460078_0.html
- Fiallo Iturralde, J. I. (2017). *Importancia del sector agrícola en una economía dolarizada* [Tesis de Grado, Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6807>
- Gálvez Toro, A. (2002). Revisión bibliográfica: usos y utilidades. *Matronas prof.* 3(10). 25-31.
- Ibañez Asensio, S., Gisbert Blanquer, J. M., & Moreno Ramón, H. (2011). *La pendiente del terreno*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10776/La%20pendiente%20del%20terreno.pdf>
- Lascorz Lozano, L. L. (2018). *Aprendizaje por Refuerzo Elementos básicos y algoritmos* [Tesis de Grado, Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/77772>
- Leiva, F. R. (2003). La agricultura de precisión: una producción más sostenible y competitiva con visión futurista. *VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos*. 997-1006.
- Martínez, R., & Fernández, A. (2008). *Árbol de problema y áreas de intervención*. Cepal.
- Rambauth Ibarra, G. E. (2022). Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 34-38. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.04>
- Ramirez Rios, L. F., Becerra Moreno, D., & Mora Bejarano, C. H. (2022). Huella hídrica verde y azul de la producción de caña de azúcar orgánica en la zona centro del Valle del



- Cauca. *Ingeniería Y Competitividad*, 24(02), 13. <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i02.11264>
- Trendov, N., Varas, S., & Zeng, M. (2019). *TECNOLOGÍAS DIGITALES EN LA AGRICULTURA Y LAS ZONAS RURALES DOCUMENTO DE ORIENTACIÓN*. FAO. <https://www.fao.org/3/ca4887es/ca4887es.pdf>
- Vicini, L. (2000). Adopción de tecnología agrícola. *Horizonte Agroalimentario*, 10-13.
- Villarreal, G. (2003). Agentes inteligentes en educación. *Eduotec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (16). a035. <https://doi.org/10.21556/edutec.2003.16.540>
- Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, (54),. <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/94454631006.pdf>
- Zúniga, D., & Mendoza, R. (2021). *Gestión y manejo del agua en la agricultura*. Red COMAL- IICA. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/19866/CDHN22038298e.pdf>

