



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
Instituto Tecnológico de La Paz



## Robótica y Computación, una Nueva Perspectiva



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**

Coordinadores de la Edición  
Iliana Castro Liera  
Mario Cortés Larrinaga



ISBN: 978-607-99446-2-9



9 786079 944629

Esta página fue dejada en blanco intencionalmente.



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
Instituto Tecnológico de La Paz

## Robótica y Computación, una Nueva Perspectiva

D. R. ©INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PAZ  
Blvd. Forjadores de B.C.S. No. 4720  
Col. 8 de octubre  
C.P. 23080  
La Paz Baja California Sur, México

Primera edición septiembre de 2022  
ISBN: 978-607-99446-2-9



Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, archivada o transmitida, en cualquier sistema –electrónico, mecánico, de fotorreproducción, de almacenamiento en memoria o cualquier otro– sin hacerse acreedor a las sanciones establecidas en las leyes, salvo con el permiso escrito del titular de los derechos de la obra.

Diseño de la portada: Iliana Castro Liera

Esta página fue dejada en blanco intencionalmente.



### **Coordinadora General**

M.S.C. Iliana Castro Liera - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz

### **Coordinador del Programa Técnico**

Dr. Jesús Alberto Sandoval Galarza - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz

### **Comité Revisor**

Dr. Alejandro Israel Barranco Gutiérrez - Tecnológico Nacional de México / I. T. de Celaya  
Dr. Alejandro Enrique Dzul López - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Laguna  
Dr. Víctor Adrián Santibáñez Dávila - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Laguna  
Dr. Francisco Sergio Sellschopp Sánchez - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Laguna  
Dr. Rodrigo Loera Palomo - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Laguna  
Dr. Pedro Guevara López - Instituto Politécnico Nacional  
Dr. Luis H. García Islas - Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Dr. Miguel Angel Trujano Cabrera - Universidad Politécnica del Valle de México  
Dr. Elias Ruíz Hernández - Tecnológico Nacional de México / I. T. S. Oriente del Edo. de Hidalgo  
Dra. Reyna de Jesús Romero Geraldo - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
Dra. Jaqueline Ivonne Bernal Franco - Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente  
Dr. Jesús Alberto Sandoval Galarza - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
M.S.C. Iliana Castro Liera - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
Dr. Saúl Martínez Díaz - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
Dr. Israel Marcos Santillán Méndez - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
Dr. Marco Antonio Castro Liera - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
M.S.C. José Luis Gómez Torres - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
M.S.C. Joel Artemio Morales Viscaya - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
M.S.C. César Higuera Verdugo - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
M.S.C. Ana Luz Rodríguez Sarabia - Tecnológico Nacional de México / I.T. de La Paz  
M.S.C. Sofía Margarita Manríquez Orduño - Tecnológico Nacional de México / I.T. de La Paz  
M.C. Francisco Nieto Navarro - Tecnológico Nacional de México / I.T. de La Paz  
M.S.C. Isaac Villa Medina - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
M.S.C. Juan Antonio Martínez Chavelas - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
M.C. Juan Pablo Morales Álvarez - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz  
M.C. Carlos Hurtado Sánchez - Universidad Autónoma de Nuevo León  
M.C. José de Jesús Carmona Suárez - Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica  
Ing. Eduardo Rodríguez Rayo - Tecnológico Nacional de México / I. T. de Acapulco  
Ing. Karla Gallardo Ruiz - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz

### **Coordinadores de la edición**

M.S.C. Iliana Castro Liera - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz

Dr. Mario Cortés Larrinaga - Tecnológico Nacional de México / I. T. de La Paz

# Índice general

Portada . . . . .	I
Comités . . . . .	V
Índice . . . . .	VI
Prototipo de sistema web para la adquisición-procesamiento de datos geomagnéticos	1
Detección de reductores de velocidad señalizados aplicando filtros de Fourier y aprendizaje automático . . . . .	8
Importancia de la estimación de pose en la detección de emociones . . . . .	14
Sistema de Información del Sistema Eléctrico de Potencia (SISEP MOVIL) . . . .	19
Estimación del nivel de glucosa mediante fotoplestimografía aplicando el Infrarrojo cercano . . . . .	27
Accionamiento eléctrico para un motor de inducción para alta eficiencia con estimación de la velocidad . . . . .	33
RPBI-VideoArm: Robot clasificador de Agentes RPBI . . . . .	39
Diseño de sistema Web de conciliaciones de CFE . . . . .	45
Modelo de Datos para Gestionar Presupuestos Sanitarios de Acuicultura . . . . .	51
Propuesta de Sistema Web para Gestionar Cursos de Inglés . . . . .	61
Diseño de un sistema de visión estéreo para su implementación en un FPGA . . .	70
Sobre actuadores modernos para robots avanzados . . . . .	75
Sobre actuadores modernos para robots avanzados . . . . .	80
Desarrollo de sistema web para la Gestión de avalúos inmobiliarios . . . . .	85
Prototipo del sistema web “control de información de ingenierías” . . . . .	95
Desarrollo del sistema de información web del programa federal “tú decides: opciones para educación superior (rol administrador) . . . . .	102
Simulador de Crecimiento Bacteriano Basado en un Sistema Multi-agente y Desarrollado como una Aplicación Web . . . . .	109
Cobertura de radioenlace LoRa para aplicaciones IoT . . . . .	115
Sistema Web “Tú decides” (systd-módulo aspirantes) . . . . .	119
Aplicación móvil para realizar solicitudes de crédito usando servicios web . . . . .	126
Sistema de monitoreo y control de datos para aplicaciones en IoT-MQTT . . . . .	132
Propuesta de desarrollo de un sistema web inmobiliario . . . . .	136
Aplicación móvil que implementa la realidad virtual para las fobias . . . . .	146
Desarrollo de una página web accesible dirigida a personas con daltonismo para la empresa privada S.S.T incorporada a los estándares W3C-WAI . . . . .	153
Control Cinemático del brazo de un humanoide dibujante . . . . .	158
Desarrollo de un sistema de identificación biométrico móvil para la toma de asistencias de los profesores de la Universidad Americana de Acapulco . . . . .	163

Plataforma web para la gestión de usuarios y anuncios publicitarios del sistema de red WiFi Marketing aplicando algoritmo de contenidos . . . . .	170
Modelado de un sistema web para pruebas de caja negra . . . . .	176
Modelado de un Sistema Web de Administración Académica del Posgrado . . . . .	183
Propuesta de Gestor de Proyecto SCRUM(GePro) . . . . .	191
Sistema web de gestión académica “tú decides” - módulo enlace . . . . .	197
Proyecto de planta solar interconectada a la red eléctrica en Baja California Sur .	203

# Prototipo de sistema web para la adquisición- procesamiento de datos geomagnéticos

Ing. Juan Antonio Murillo Vargas  
Departamento de posgrado e  
investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, Guerrero  
0000-0003-3318-788X

Dr. Eduardo de la Cruz Gámez  
Departamento de posgrado e  
investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco Guerrero  
0000-0002-7921-3783

Dr. Mario Hernández Hernández  
Docente de la carrera de  
Ingeniería en Sistemas  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Chilpancingo  
Chilpancingo Guerrero  
0000-0001-8330-4779

M.T.I. Francisco Javier Gutiérrez  
Mata  
Departamento de posgrado e  
investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco Guerrero  
0000-0002-1753-5701

Dr. Antonio Alfonso Rodríguez  
Rosales  
Optica Aplicada  
Centro de Investigación  
Científica y Tecnológica de  
Guerrero, A.C.  
Acapulco Guerrero  
0000-0002-2889-075X

**Resumen**—El siguiente artículo se origina como parte de una colaboración entre la Maestría en Sistemas Computacionales con apoyo CONACYT impartida en el Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco y el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Guerrero, A.C. (CICTEG) cuyo objetivo es el diseño de un prototipo de un sistema Web para la adquisición-procesamiento de datos Geomagnéticos recibidos por nanosatélites tipo CubeSat para la misión TEPEU con fines científicos. Se desarrollará por medio del lenguaje de programación Python con sus librerías correspondientes implementando para el desarrollo Web el patrón MVC (Modelo-Vista-Controlador) y el *framework* Django. En este documento se plasma el objetivo, los requerimientos del sistema, el algoritmo general, diagramas de modelo de negocio y casos de uso por medio de UML y el diseño de las vistas de la interfaz Web a través de los esquemas de negocio (*Wireframes*).

**Palabras Clave**—Prototipo, Web, Aprendizaje Automático, MVC

## I. INTRODUCCIÓN

Como parte de una colaboración del Centro de Investigación Científica y Tecnológica de Guerrero, A.C. (CICTEG) en convenio con el Instituto Tecnológico de Acapulco (ITA), que a su vez cuenta con una participación dentro de la misión espacial TEPEU con fines científicos, parte del proyecto TEPEU, y que algunos de estos están en fase de pruebas con la NASA para evaluar que estén dentro de su norma y, poderlos colocar este año en la órbita de la ionósfera. Por consecuencia de esta problemática el convenio de colaboración CICTEG-ITA desarrollará el prototipo de sistema propuesto con el propósito de recabar datos de los diferentes sensores que monitorearán la Magnetósfera (capa de la ionósfera donde se refleja el campo magnético terrestre que protege a la tierra de la radiación del sol), estos parámetros básicamente se refieren a las variables del

entorno (radiación, electromagnetismo, etc.), dicha información será enviada por medio de ondas de radiofrecuencia a estaciones terrenas, y será difundida a la comunidad científica para ser procesada para su estudio por científicos de diferentes disciplinas. El objetivo de esta misión es estudiar la correlación del campo magnético presente en la ionósfera (de manera específica localizada en la capa de la Magnetosfera, ya que actualmente se sabe muy poco sobre ella y se le considera de suma importancia para el planeta ya que sin esta no existiría la vida tal como se conoce) con el terrestre y su posible relación con la actividad sísmica de la costa del pacífico, en particular de la brecha de Guerrero (zona en la cual convergen dos placas de gran importancia sísmica la placa de Cocos y la Norteamericana, donde la energía se ha acumulado en más de 100 años) y de acuerdo con investigaciones realizadas existe la posibilidad de que los científicos pudieran establecer algún tipo de precursores sísmicos.

Si bien en la actualidad ya existen diferentes organismos del sector público y/o privado dentro del país que se dedican al estudio del Clima Espacial, esta información es limitada ya que dependen de otras instituciones provenientes del extranjero para la adquisición de la información, en ocasiones debido a errores de inconsistencias de datos estos no suelen ser favorables para el estudio y se descartan perdiendo parámetros importantes, el proceso de adquisición no es en tiempo real puesto que se debe esperar 24 horas para obtener las base de datos del día anterior, su procesado suele ser del tipo tradicional y no contar con técnicas de Inteligencia Artificial que puedan ayudar a la predicción de patrones de suma importancia, por estos motivos se tiene la tarea de desarrollar un innovador prototipo de sistema Web de adquisición-procesamiento de datos; para esto se deberá descargar información de distintas fuentes (estaciones terrenas, servicios Web, etc.), posteriormente con el lenguaje de

programación Python en conjunto con la librería de manipulación de datos conocida como Pandas se realizara un Preprocesamiento de la información, esto con la finalidad para evitar inconsistencias en nuestros datos; en nuestra propuesta se aplicarán algoritmos de Aprendizaje Supervisado, cuya función es la de implementar algoritmos con el propósito de poder deducir una función a partir de datos recabados durante el entrenamiento que darán como resultado un valor ya sea tipo numérico o de etiqueta. Se usará la técnica SVM (Máquina de Vectores de Soporte), la elección de esta técnica es debido a su uso en la previsión meteorológica obteniendo información basándose en diversos patrones de comportamiento, generando mapas de predicción automática. Tomando como base de estudio el artículo con nombre Atmospheric Temperature Prediction using Support Vector Machines[1] donde los autores desarrollaron una aplicación para la predicción del clima en base a series temporales, utilizando SVM alimentando el entrenamiento con datos referentes al clima (temperatura, humedad, presión etc.) por un número determinado de días, obteniendo buenos resultados, se llegó a la conclusión que este algoritmo será de gran utilidad. Finalmente generando nuestro entrenamiento se debe implementar una interfaz Web donde los expertos en el tema, puedan visualizar dicha información, de manera interactiva y gráfica; esta deberá ser visible en cualquier navegador con acceso a internet.

Para su desarrollo se usará la metodología de Modelo Incremental, usando el lenguaje de programación Python con sus respectivas librerías de Preprocesamiento (Pandas, numpy), Aprendizaje Automático (Keras, Scikit-Learn, TensorFlow) con su Framework Backend Django.

Impacto: al obtener una interacción exitosa de los Nanosatélites con el sistema procesamiento de datos, a fin de que la comunidad científica pueda instrumentar modelos matemáticos que a futuro pudieran servir como posibles precursores sísmicos.

Beneficio: Con la instrumentación/implantación de estos nuevos precursores sísmicos que se pretende que se complementen con los actuales y sean mucho más confiables, y, con ello alertar previo a un evento de fuerte magnitud sísmica, y con esto tomar medidas preventivas que pudieran evitar la posible pérdida de vidas humanas.

## II. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un prototipo de un sistema Web de adquisición-procesamiento GESDA (GEOMAGNÉTICOS DATOS AUTOMATIZADOS) de Nanosatélites tipo CubeSat para la misión TEPEU.

### III. METODOLOGÍA, HERRAMIENTAS, ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING Y DESARROLLO WEB

#### A. Metodología

El modelo propuesto se desarrollará por medio de la metodología incremental, este combina elementos del modelo en cascada con la filosofía interactiva de construcción de prototipos. Se basa en la filosofía de construir incrementando las funcionalidades del programa.[2]

#### Ventajas:

- Mediante este modelo se genera software operativo de forma rápida y en etapas tempranas del ciclo de vida del software.
- Es un modelo más flexible, por lo que se reduce el costo en el cambio de alcance y requisitos.
- Es más fácil probar y depurar en una iteración más pequeña.
- Es más fácil gestionar riesgos.
- Cada iteración es un hito gestionado fácilmente

#### Desventajas:

- Cada fase de una iteración es rígida y no se superponen con otras.
- Pueden surgir problemas referidos a la arquitectura del sistema porque no todos los requisitos se han reunido, ya que se supone que todos ellos se han definido al inicio.

#### B. Herramientas para el desarrollo

Python: es un lenguaje de alto nivel de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en la legibilidad de su código, se utiliza para desarrollar aplicaciones de todo tipo, actualmente este lenguaje está ganando terreno para desarrollar algoritmos de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático. [3]

Django: Es un framework para el diseño de aplicaciones Web desarrollado por Python, que respeta el patrón de diseño conocido como MVC (Modelo-Vista-Controlador). Liberado al público bajo la licencia de código abierto en Julio del 2005.[4] Su objetivo es crear sitios Web complejos.

Draw IO: Es un software grafico de acceso gratuito desarrollado en JavaScript y HTML.

Su función es el diseño de diagramas de distintos tipos de los que destacan diagramas de modelado (UML), diagramas de flujo, diagramas de diseño de interfaces Web (wireframes), diagramas de clases entre otros. Su uso es de gran importancia para el desarrollo de Ingeniería de Software.

Draw.io tiene la facilidad de vincularse con servidores como Dropbox, Google Drive, entre otros para guardar los archivos creados, así como poder guardar los diagramas realizados en formato PNG O JPG. [5]

#### C. Algoritmos de Machine Learning

Los algoritmos de aprendizaje automático son fragmentos de código que ayudan a los usuarios a explorar y analizar conjuntos de datos complejos y a buscar significado en ellos.

Un algoritmo de Machine Learning se define como un conjunto de instrucciones que sigue una computadora para llegar a un propósito específico.

En un modelo de aprendizaje automático, el objetivo es establecer o detectar patrones que los usuarios puedan usar para hacer predicciones o clasificar información.

- **Máquina de vectores de soporte (SVM):** Estos métodos están propiamente relacionados con problemas de clasificación y regresión. Dado un conjunto de ejemplos de entrenamiento (de muestras) podemos etiquetar las clases y entrenar una SVM para construir un modelo que prediga la clase de una nueva muestra. Intuitivamente, una SVM es un modelo que representa a los puntos de muestra en el espacio, separando las clases a 2 espacios lo más amplios posibles mediante un hiperplano de separación definido como el vector entre los 2 puntos, de las 2 clases, más cercanos al que se llama vector soporte. [6]

#### D. Aplicaciones Web

Se le conoce como aplicación Web a aquellas herramientas por las cuales se puede acceder a por medio de un servidor Web a través de internet o una red intranet.

Estas aplicaciones han desarrollado una gran popularidad debido a la practicidad y ligeros recursos al ser visualizadas por medio de un navegador, siendo este usado como un cliente. Además una de sus múltiples ventajas es la actualización constante de dichas aplicaciones sin distribuir o instalar Software de manera local dentro de las computadoras.

Una aplicación Web contiene elementos que permiten una comunicación activa entre clientes y la información, permitiendo que el usuario acceda a los datos de modo interactivo, debido a que la página responde a cada acción que se realiza, entre estas destacan rellenar formularios, enviar correos, acceder a base de datos entre otros. [7]

Algunas ventajas de las aplicaciones Web son las siguientes:

- **Ahorro de tiempo:** Capacidad de realizar tareas sin descargar ni instalar programas.
- **Consumo de bajos recursos:** Debido a que la aplicación no se encuentra instalada en nuestra computadora, esta no consume tanta memoria debido a que esta se encuentra en la red.
- **Multiplataforma:** Se puede usar desde cualquier sistema operativo, solamente teniendo un navegador.
- **Compatibilidad:** se puede acceder a ellas con cualquier navegador.
- **Portabilidad:** La aplicación es independiente de la computadora donde se utilice porque accede a través de una página web solamente se necesita acceso a internet.
- **Virus:** Son menos propensos a la adquisición de virus o programas maliciosos debido a que en este caso no se instala ningún tipo de software en la computadora.

Sin embargo también estas aplicaciones tienen algunos inconvenientes entre los que destacan:

- **Errores del servidor:** En algunas ocasiones puede que el servidor este saturado o inactivo por tal motivo no podemos acceder a la aplicación Web.
- **Funcionalidad:** Algunas funcionalidades pueden desaparecer de un momento a otro, esto es debido a que el desarrollador puede optar por eliminarlas sin previo aviso.

#### E. El modelo MVC (Modelo-Vista-Controlador)

El MVC es un estilo de arquitectura de software orientado al desarrollo Web principalmente (aunque también se usa para aplicaciones de escritorio) donde separa los datos, interfaz de usuario y la lógica de control en tres componentes distintos.[8]

- **Modelo:** Accede a la capa de los datos, define las reglas de funcionalidad del sistema, y lleva las vistas de las notificaciones del sistema.
- **Vista:** Recibe los datos, del modelo y los usuarios, tiene registro del controlador, y tiene la función de interactuar con los registros.
- **Controlador:** Recibe eventos de entrada, además de contener reglas definidas para evitar errores en la inserción de datos.

## IV. DESARROLLO

El proceso de diseño del prototipo se puede representar por medio de diagramas y modelos gráficos para su mejor comprensión.

#### A. Definiendo los requerimientos del sistema

Con la finalidad de lograr un mejor entendimiento acerca del funcionamiento del sistema se tiene como objetivo definir los requerimientos estos se clasifican en requerimientos funcionales y no funcionales.

- **Funcionales:** Se definen como las funciones que debe realizar el sistema, tales como entradas, salidas, excepciones etc.
- **No funcionales:** Como su nombre lo indica no tienen relación con las funciones del sistema, en su lugar integran propiedades tales como almacenamiento, seguridad, rendimiento entre otras. Estos son definidos en su mayoría por la empresa u organización a la que se va a desarrollar, ya que en la mayor parte tienen políticas, arquitecturas o metodologías propias en base a cual desarrollar.

#### Requerimientos funcionales

- El usuario podrá elegir los parámetros generales o específicos que requiera para hacer su estudio.
- El usuario visualizará la información en tiempo real.
- El sistema contará con una opción para poder descargar el histórico de los datos con fechas anteriores.

- El usuario tendrá la facilidad de descargar reportes de la evaluación de la información.

Requerimientos no funcionales:

Requerimientos de producto:

- El sistema estará disponible en tiempo real 24/7
- Deberá ser multiplataforma.
- Debido al manejo de grandes cantidades de datos el sistema tendrá que contener gran capacidad de almacenamiento.
- Debido a que en ocasiones los datos que se descargan vienen con parámetros desconocidos o incorrectos se deben aplicar técnicas de preprocesado para descartar dichos errores.

Requerimientos de organización:

- El sistema solo deberá ser visualizado por los usuarios designados para la misión TEPEU, por lo tanto solo un grupo de científicos y/o analistas de información podrá acceder a todas las funciones del sistema y deberán solicitar permisos con anticipación para poder permitir su acceso.

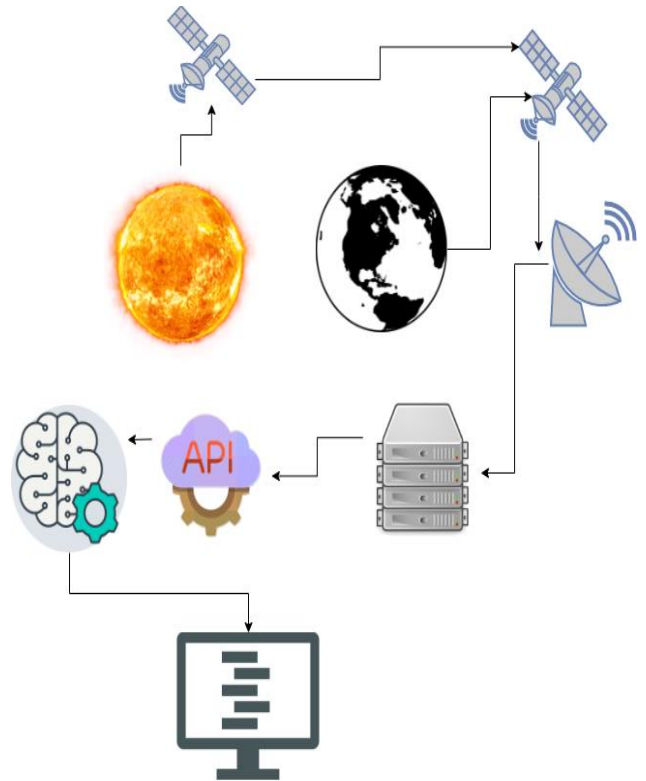


Figura 1: Algoritmo de funcionamiento

### B. Diseñando el algoritmo del prototipo

Se describe el funcionamiento esperado del prototipo del sistema de adquisición y procesamiento de datos.

Para la elaboración de los diagramas de modelado se usó la herramienta draw.io

1. Recopilar información de fuentes de datos referentes al Clima Espacial (Estaciones terrenas, Centros de Investigación, etc.)
2. Integrar los parámetros obtenidos de las fuentes de información con el propósito de integrar un solo Dataset.
3. Procesar la información aplicando filtros para la eliminación de inconsistencias y/o ruido en los valores de los parámetros.
4. Aplicar el entrenamiento con nuestro modelo de Aprendizaje Automático designado (SVM).
5. Creación de una API para la exportación de nuestro entrenamiento.
6. Creación de la interfaz WEB para la visualización del entrenamiento obtenido por medio de la API.

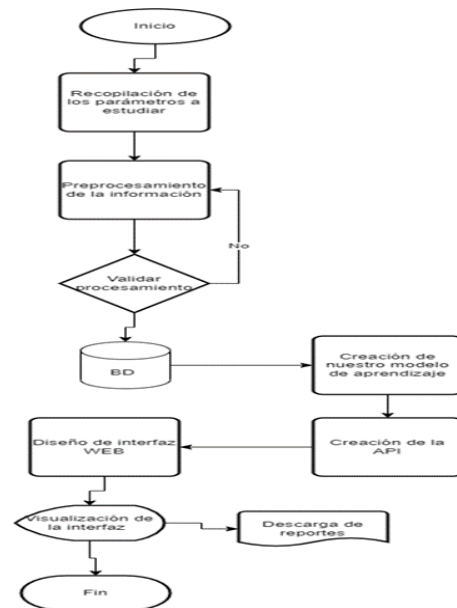


Figura 2: Algoritmo por diagrama de flujo

En la siguiente figura (“véase figura 1”) se detalla el funcionamiento esperado del prototipo y en la figura 2 se muestra el algoritmo diseñado por medio de un diagrama de flujo

C. Diseñando el modelo de negocio

En la figura 3 se observa el diseño del modelado de proceso de negocio.

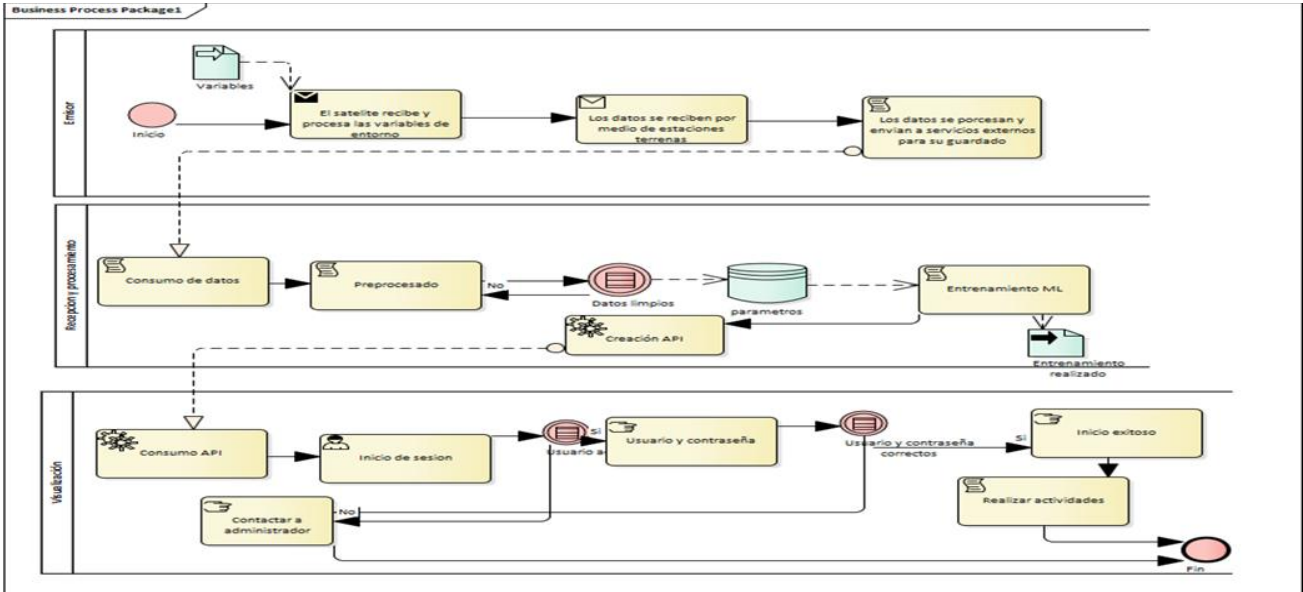


Figura 3: Modelado de proceso de negocio

Cada carril dentro del diagrama indica cada una de las fases del modelo de negocio, a continuación se explican las tareas correspondientes dentro de cada carril:

a) Carril Emisor:

- El satélite recibe, procesa y envía los datos de las variables del entorno del ambiente.
- Los datos son recibidos por medios de estaciones terrenas donde son procesados decodificados.
- La información es guardada en una base de datos por servicios externos (servidores, servicios de nube etc.)

b) Carril de recepción y procesamiento de datos

- La información proveniente de los servicios de alojamiento es recibida.
- El prototipo realiza el Preprocesamiento de la información para evitar inconsistencias en los datos.
- Se guardan los parámetros en una base de datos para la fase de entrenamiento.
- Se diseña el entrenamiento aplicando técnicas de Machine Learning.
- Se crea la API para ser consumida por la aplicación Web.

c) Carril visualización

- La API es consumida por la aplicación Web
- El usuario final tiene que primero iniciar sesión en caso de que exista algún error debe contactarse con los administradores.
- Si el inicio de sesión es exitoso el usuario puede realizar las actividades que se mencionan en los requerimientos

D. Diagramas de casos de uso

Para modelar el comportamiento sistema con los usuarios finales, se implementó un diagrama de casos de uso donde se detalla de forma gráfica las interacciones de los usuarios con las funcionalidades del sistema.

En la siguiente figura (“véase figura 4”) se observa el diagrama de casos de uso, se definen las funciones que puede realizar el sistema.

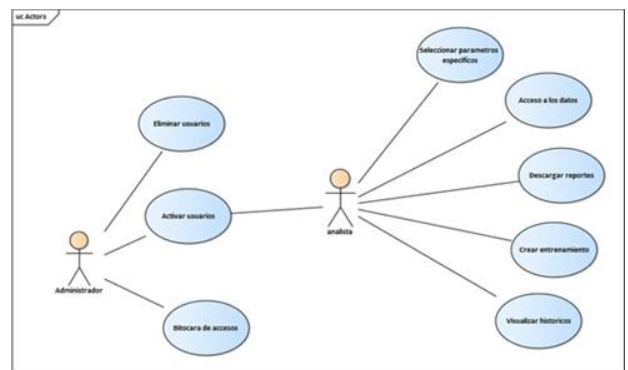


Figura 4: Diagrama de casos de uso



Dentro del anterior diagrama tenemos dos actores que interactúan en el mismo sistema, esto tiene como finalidad garantizar la seguridad del mismo y el filtrado de información con propósitos ajenos al estudio los roles que se presentan son de tipo administrad

- El rol de **Administrador** tendrá la función de poder crear nuevos usuarios de tipo analista, por lo que se deberá enviar una invitación a interactuar con el sistema, en caso de que un analista este temporalmente fuera del estudio, el administrador podrá desactivar su usuario para evitar que ingrese al sistema dentro de su ausencia y en cuanto se reincorpore al estudio este podrá ser activado de nuevo, por último en caso que el analista ya no sea parte de la investigación este deberá ser dado de baja permanente.
- Por su parte el rol de **Analista** podrá visualizar en tiempo real la información, crear su entrenamiento en base a datos específicos o totales, ver fechas parciales o totales de la información recabada así como descargar reportes para su estudio.

E. Diseñando el esquema de negocio (Wireframes)

La utilidad de los wireframes son de ayudar a comprender el esquema visual de una página web a realizar, son de gran ayuda para el desarrollo de una aplicación Web ya que se puede diseñar de manera gráfica las vistas que con el fin de mostrar una mejor precepción del sistema.

Con ayuda del programa BalsamiQ se diseñaron las vistas principales del prototipo las cuales son:

1. Login/Inicio de sesión
2. Panel de administración
3. Vista general
4. Herramientas de entrenamiento/visualización

En la siguiente figura (“véase figura 5”) se observa la vista de inicio de sesión del prototipo.

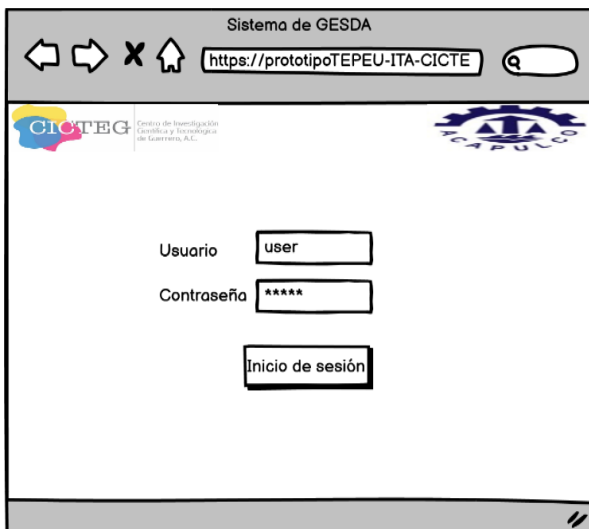


Figura 5: Vista de inicio de sesión

En esta vista se observan los parámetros a iniciar que consiste en nombre de usuario y contraseña, como se mencionó en el modelo de negocios si algún parámetro llegase a faltar se tiene que contactar al administrador de sistemas.

Si el inicio de sesión resulta exitoso se deberá mostrar la vista principal (“véase figura 6”), dentro de este apartado se podrá observar el total de datos procesados e información estadística de los mismos, además de una serie de opciones presentes en la barra de menú.

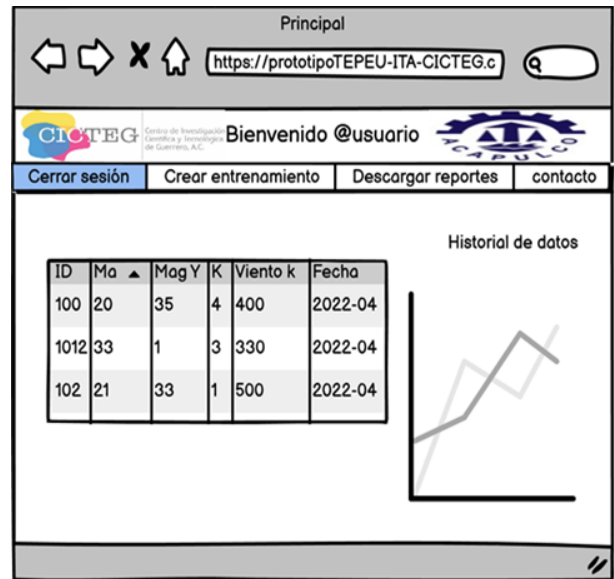


Figura 6: Vista principal

Para el caso de los usuarios de rol administrador (“véase figura 7”), se podrá tener un control de los usuarios analistas, (crear usuarios nuevos, editar, activar/desactivar o eliminar) de así como poder consultar fecha y hora de acceso.

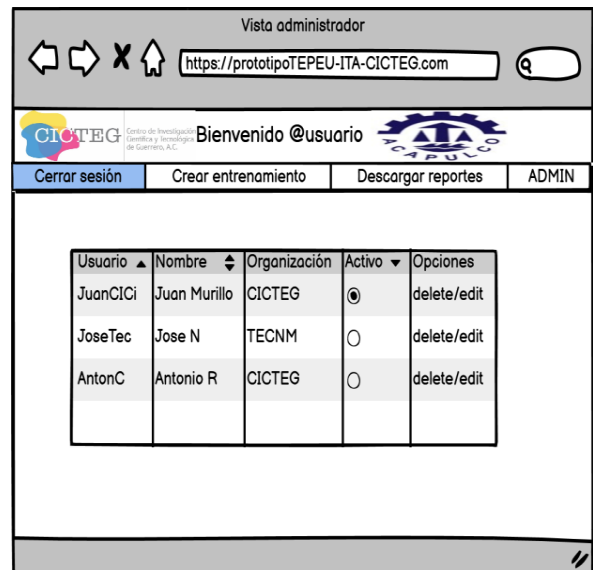


Figura 7: Vista usuario administrador

En siguiente figura, (“véase figura 8”) el usuario analista podrá crear el entrenamiento en base a los parámetros presentes, historial de fechas etc.

Figura 8: Vista de entrenamiento

## V. CONCLUSIONES

A raíz de este diseño se obtuvo un mejor entendimiento acerca del funcionamiento del prototipo, no se descarta que durante el proceso de codificación existan nuevos requerimientos o casos de uso que se tienen que volver a definir, sin embargo esto se realiza en base al desarrollo implementando el término del modelo incremental.

Se pretende evaluar otros algoritmos de Aprendizaje Automático, en caso de que exista la posibilidad de que otro nos arroje mejores resultados se optara por implementarlo.

Como trabajo futuro se comenzará con la etapa de adquisición y preprocesado de datos para evaluar las técnicas de Aprendizaje y optar por la más adecuada para nuestro estudio.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Pérez, A. (6 de 11 de 2021). OBS Business School. Obtenido de Características y fases del modelo incremental. : <https://www.obsbusiness.school/blog/caracteristicas-y-fases-del-modelo-incremental#:~:text=El%20modelo%20incremental>.
- [2] M.Shashi, Y. a. (2099). Atmospheric Temperature Prediction using Support Vector Machines. INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER THEORY AND ENGINEERING, 1, 200.
- [3] colaboradores de Wikipedia. (2022g, marzo 30). Python. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 30 de marzo de 2022, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Python>
- [4] colaboradores de Wikipedia. (2022c, febrero 11). Django (framework). Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 24 de mayo de 2022, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Django\\_\(framework\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Django_(framework))
- [5] JGraph, A. (05 de 05 de 2006). jgraph.com. Obtenido de jgraph.com: <https://app.diagrams.net/>
- [6] Pressman, R. S. (2022). Ingeniería de Software un enfoque práctico (Vol. 7). CDMX: MCGRAW HILL EDUCATION.
- [7] Simulinkde, M. &. (01 de 09 de 2020). MATLAB & Simulink. Obtenido de Support Vector Machine (SVM): [https://la.mathworks.com/discovery/support-vector-machine.html#:~:text=Support%20vector%20machine%20\(SVM\)%20es,reconocimiento%20de%20im%C3%A1genes%20y%20voz](https://la.mathworks.com/discovery/support-vector-machine.html#:~:text=Support%20vector%20machine%20(SVM)%20es,reconocimiento%20de%20im%C3%A1genes%20y%20voz)
- [8] Universidad de Alicante. (s.f.). Modelo vista controlador (MVC). Servicio de Informática ASP.NET MVC 3

# Detección de reductores de velocidad señalizados aplicando filtros de Fourier y aprendizaje automático

Ana L. Ballinas-Hernández  
 Facultad de Ciencias de la  
 Computación  
 Benemérita Universidad  
 Autónoma de Puebla  
 Puebla, México  
 analuisa.ballinas@correo.buap.mx

x

Aldrin Barreto-Flores  
 Facultad de Ciencias de la  
 Electrónica  
 Benemérita Universidad  
 Autónoma de Puebla  
 Puebla, México  
 abfver@gmail.com

Ivan Olmos-Pineda  
 Facultad de Ciencias de la  
 Computación  
 Benemérita Universidad  
 Autónoma de Puebla  
 Puebla, México  
 ivan.olmos@correo.buap.mx

J. Arturo Olvera-López  
 Facultad de Ciencias de la  
 Computación  
 Benemérita Universidad  
 Autónoma de Puebla  
 Puebla, México  
 jose.olvera@correo.buap.mx

J. Alejandro Rangel-Huerta  
 Facultad de Ciencias de la  
 Computación  
 Benemérita Universidad  
 Autónoma de Puebla  
 Puebla, México  
 jose.rangel@correo.buap.mx

M. Claudia Denicia-Carral  
 Complejo Regional Centro Sede  
 San José Chiapa  
 Benemérita Universidad  
 Autónoma de Puebla  
 Puebla, México  
 claudia.denicia@correo.buap.mx

**Resumen**— La detección de reductores de velocidad es una tarea importante para lograr una conducción autónoma segura. En este trabajo se presenta una metodología para detectar reductores de velocidad señalizados en tiempo real aplicando aprendizaje supervisado para el reconocimiento de patrones cruce cebra. Para ello, se recolecta un conjunto de imágenes de calles con y sin reductores de velocidad señalizados y se aplican técnicas de procesamiento digital de imágenes para segmentar la región de interés correspondiente a los señalamientos. Posteriormente, se aplican filtros de Fourier circulares pasa banda en el espacio de frecuencias para resaltar los contornos de patrones de señalamiento. Se entrena modelo de clasificación aplicando máquinas de vectores de soporte donde se extraen características basadas en histogramas de patrones locales binarios. Al evaluar el desempeño del modelo se obtiene una exactitud del 84% y un *recall* del 87%. A futuro, se busca extraer otros descriptores de características que contribuyan a la mejora de la exactitud del modelo.

**Palabras clave**— Detección de reductores de velocidad señalizados, segmentación de señalamientos, filtros de Fourier, máquinas de vectores de soporte.

## I. INTRODUCCIÓN

Los vehículos autónomos han comenzado a circular en algunos países con infraestructura vial adecuada. Diversos aspectos del entorno vial han sido abordados, incluso se han desarrollado trabajos donde se analizan irregularidades en las superficies de las calles.

La detección de irregularidades en las superficies de las calles es una tarea crucial para la navegación confiable de vehículos autónomos. La identificación temprana de reductores de velocidad (RV) ayuda a evitar daños o accidentes en los vehículos que pongan en riesgo la seguridad y confort de los pasajeros. El reconocimiento de patrones es un método empleado para la detección de RV cuando su señalamiento está marcado sobre el piso.

En este trabajo se presenta una metodología para la detección de reductores de velocidad considerando únicamente aquellos que tienen una señalización cruce cebra (ver ejemplo de RV en Fig. 1). Para ello, se aplican técnicas de procesamiento digital de imágenes y filtros de Fourier para segmentar la región de interés. Además, se entrena un modelo de clasificación de imágenes binario con y sin reductores de velocidad aplicando algoritmos del aprendizaje supervisado.



Fig. 1. Calle con reductor de velocidad señalizado [1].

## II. PRELIMINARES

La detección de reductores de velocidad ha sido un tema ampliamente estudiado desde hace varios años. Para ello, se han aplicado diversas técnicas y las principales se listan a continuación: procesamiento digital de imágenes, visión estéreo, sensores de *smartphone*, *crowdsourcing*, sensores LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging), además, algunas de estas técnicas aplican aprendizaje automático para la detección.

Para reconocer los patrones de señalamientos en el piso, se han aplicado técnicas basadas en el procesamiento de imágenes tales como el método de umbralización Otsu y operadores morfológicos para la segmentación de RV donde se ha obtenido una exactitud del 90% [2] y de 85% [3]. También se han combinado filtros gaussianos y componentes conectados para la detección de RV y se ha obtenido una exactitud promedio del 90% [4].

Adicionalmente, se han combinado técnicas de procesamiento de imágenes y se ha empleado un modelo de red neuronal convolucional para la detección de RV señalizados obteniendo una exactitud del 98.54% el cual no funciona en imágenes de escenarios a escala real [5].

A pesar de que el modelo funciona correctamente, se consideran imágenes en escala miniatura y no funciona para escenas a escala real [6]. Por otro lado, se ha aplicado el detector de bordes Canny y la transformada Hough para detectar RV sin señalamientos el cual funciona solo para calles con material de asfalto con una exactitud promedio del 95% [7].

Otra técnica menos empleada en la detección de RV es la visión estéreo, en [8] se presenta una metodología general para la detección de RV sin señalamientos aplicando visión estéreo, la cual es independiente del material de la calle debido a que la detección se realiza por las elevaciones en las superficies 3D de las calles. Otro trabajo relacionado es la investigación de Varma en el cual se combina un modelo de aprendizaje profundo con visión estéreo para la detección de RV e incluso se calcula la distancia a estos obstáculos [1]; la tasa de detección reportada es del 94%, que a pesar de que es alta, se emplean cámaras ZED que son de alcance corto. Algunos algoritmos de visión estéreo han sido empleados para analizar superficies de calles y detectar obstáculos sobre el piso [9], [10]. La principal desventaja de la visión estéreo es el alto costo computacional al procesar los datos, además de que presentan niveles altos de error en la detección cuando los obstáculos se encuentran a grandes distancias.

En otros trabajos relacionados se han desarrollado aplicaciones móviles que lanzan alertas al detectar irregularidades en las calles que capturan vibraciones mediante el análisis de señales de aceleración en las superficies. Para ello, se emplean acelerómetros y sensores ultrasónicos que permiten detectar baches y reductores de velocidad almacenando sus coordenadas geográficas [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Los sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y diversas técnicas de procesamiento de señales se han empleado para conocer en tiempo real las ubicaciones de estos obstáculos en las calles [12], [14].

Además, se han desarrollado algoritmos de extracción de datos obtenidos por sensores de *smartphone* que aplican algoritmos de minería de datos para detectar anomalías en las superficies mediante el reconocimiento de patrones [17], [18]. Se ha aplicado la técnica de *crowdsourcing* para recuperar la ubicación de los RV obtenida por sensores y por los usuarios conectados a una red almacenada en una nube [19], [20], [21]. La limitante de estos sensores es el alto error de precisión, los largos retardos que generan y que pueden sobrecargar la red a la que están conectados.

Adicionalmente, se han empleado sensores LIDAR para la navegación de autos autónomos debido a que es posible obtener datos precisos del contenido de una escena por la gran cantidad de información que se obtiene. En la investigación realizada por Fernández se presenta un método que combina el uso de sensores LIDAR y procesamiento de imágenes para detectar RV identificando el señalamiento cruce cebra el cual funciona en tiempo real, donde se reporta una tasa de detección del 94% cuando el auto viaja a una velocidad estándar [20]. A pesar de la alta precisión de estos sensores, existen algunas limitantes como: un alto costo de adquisición, no existen protocolos internacionales para su uso, requieren un alto poder de cómputo y las señales de varios sensores pueden superponerse generando errores.

La Tabla 1 muestra un resumen de algunos trabajos relacionados con la detección de RV con señalamientos donde se presentan las técnicas y sensores empleados, así como los resultados numéricos reportados.

Las técnicas existentes para la detección de reductores de velocidad han logrado resultados con precisión alta, sin embargo, presentan algunas limitantes debido a que están sujetas al error ocasionado por los sensores empleados.

### III. METODOLOGÍA

La metodología propuesta para la detección de reductores de velocidad es mostrada en la Fig. 2.

TABLA 1. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

Referencia	Enfoques	Sensores	Técnicas empleadas	Exactitud
[6]			Transformada Hough, LBP y MVS	100%
[2]	Procesamiento de imágenes	Cámaras	Umbralización Otsu y operadores morfológicos	90%
[3]			Operadores morfológicos	85%
[4]			Filtro gaussiano y componentes conectados	90%
[21]	<i>Crowdsourcing</i> y aprendizaje automático	<i>Smartphone</i>	Clasificación con árboles de decisión	98%
[1]	Visión estéreo	Cámara estéreo ZED	Aprendizaje profundo y visión estéreo	97.4%
[22]	Técnicas híbridas	Sensores LIDAR y cámaras	Visión computacional	94%
[19]		Acelerómetros	Minería de datos	87%
[17]	Sensores <i>smartphone</i>	Acelerómetros y GPS	Procesamiento de señales, aplicaciones móviles	No reportada

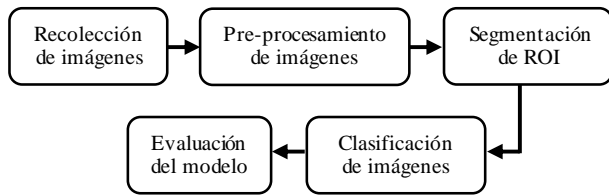


Fig. 2. Metodología propuesta.

A continuación, se describe cada fase del proceso de detección de reductores de velocidad señalizados:

1. *Recolección de imágenes*: la primera fase consiste en recolectar un conjunto de 750 imágenes de calles con y sin reductores de velocidad señalizados a partir de un repositorio público.
2. *Pre-procesamiento de imágenes*: se aplican técnicas de procesamiento digital de imágenes para mejorar su calidad y preparar las imágenes para posteriormente entrenar un modelo de clasificación de imágenes.
3. *Segmentación de ROI*: se realiza una binarización de imágenes Otsu y se aplican operadores morfológicos para segmentar la región de interés, donde el área negra corresponde a la calle y el área blanca son los señalamientos. Además, se aplica un filtro de Fourier circular pasa banda a las imágenes segmentadas para resaltar los bordes de los señalamientos.
4. *Detección de RV*: a partir de las imágenes segmentadas, se divide el 80% de imágenes para entrenamiento y el resto para pruebas. A partir del conjunto de entrenamiento, se extraen características basadas en patrones binarios locales y se etiquetan los datos de acuerdo con la clase a la que pertenecen: RV y NO RV, es decir, imagen con reductor de velocidad e imagen sin reductor se entrena un modelo de clasificación binaria donde se aplica el algoritmo de máquinas de vectores de soporte (MVS) considerando un kernel de tipo lineal.
5. *Evaluación del modelo*: finalmente, el modelo entrenado es evaluado para medir su desempeño mediante el cálculo de métricas y de curvas ROC (Característica Operativa del Receptor).

Para la codificación de la metodología propuesta se aplica el Algoritmo 1 que recibe un conjunto de imágenes  $I = \{I_1, \dots, I_n\}$  y genera como salida un vector  $C = \{C_1, \dots, C_n\}$  con la clase predicha para cada imagen al aplicar el modelo de clasificación. El Algoritmo 1 recorre el conjunto de imágenes de calles con y sin reductores de velocidad, las cuáles se encuentran en el espacio de color RGB.

Algoritmo 1: Detección de RV señalizados.

```

Input: conjunto  $I = \{I_1, \dots, I_n\}$ 
Output: conjunto  $C = \{C_1, \dots, C_n\}$ 
1 for cada imagen  $I_i$  do
2    $P_i \leftarrow \text{preprocesamiento}(I_i)$ 
3    $S_i \leftarrow \text{segmentacionSeñalamientos}(P_i)$ 
4    $\text{detRV}_i \leftarrow \text{clasificacionRV}(S_i)$ 
5   if  $\text{detRV}_i == \text{verdadero}$  then
6      $C_i \leftarrow \text{'RV'}$ 
    
```

```

7   else
8      $C_i \leftarrow \text{'NO RV'}$ 
9   end
10 end
11 print('Métricas de evaluación: ',  $M_i$ )
12
13 Def preprocesamiento( $I_i$ ):
14    $R_i \leftarrow \text{redimensionar}(I_i)$ 
15    $G_i \leftarrow \text{escalaGris}(R_i)$ 
16    $F_i \leftarrow \text{filtroGausiano}(G_i)$ 
17    $P_i \leftarrow \text{CLAHE}(F_i)$ 
18 return  $P_i$ 
19
20 Def segmentacionROI( $P_i$ ):
21    $U_i \leftarrow \text{umbralizacionOtsu}(P_i)$ 
22    $A_i \leftarrow \text{apertura}(U_i)$ 
23    $D_i \leftarrow \text{cerradura}(A_i)$ 
24    $S_i \leftarrow \text{filtrosFourier}(G_i)$ 
25 return  $S_i$ 
26
27 Def clasificacionRV( $S_i$ ):
28    $\text{Car}_i = \{\text{Car}_1, \dots, \text{Car}_m\} \leftarrow \text{extraccionCaracteristicas}(S_i)$ 
29    $\text{predRV}_i \leftarrow \text{probarMCRVEntrenado}(\text{Car}_i)$ 
30    $M_i = \{\text{recuerdo}_i, \text{precision}_i, \text{exactitud}_i\} \leftarrow \text{evaluarMCRVE}()$ 
31 return  $\text{predRV}_i, M_i$ 
    
```

Para cada imagen del conjunto, el algoritmo realiza las siguientes funciones:

1) *preprocesamiento( $I_i$ )*: esta función recibe como entrada cada imagen a color  $I_i$  y genera como salida la imagen preprocesada  $P_i$ . Las imágenes son redimensionadas para reducir y estandarizar su tamaño. Posteriormente, se convierte la imagen a escala de grises mediante el cálculo del promedio de los 3 canales de color. Se aplica un filtro gaussiano para suavizar la imagen y eliminar el ruido. Finalmente, la imagen es dividida en bloques de  $4 \times 4$  y se aplica una equalización del histograma adaptativo limitado por contraste (CLAHE) a cada bloque.

2) *segmentacionROI( $P_i$ )*: esta función recibe como entrada una imagen preprocesada  $P_i$  y genera como salida una imagen segmentada  $S_i$ . La primera tarea es aplicar una umbralización Otsu de dos niveles donde la imagen es binarizada de acuerdo con valor del umbral el cual se calcula de forma que la dispersión de cada segmento sea lo más pequeña posible, pero al mismo tiempo que la dispersión sea la más alta entre diferentes segmentos. De esta forma, se separan los señalamientos del RV en color blanco de la calle en color negro. Posteriormente, se aplica el operador morfológico de apertura seguido del operador de cerradura para mejorar los contornos de los señalamientos. Finalmente, la imagen es convertida al espacio de frecuencias aplicando la transformada rápida de Fourier (FFT), donde se aplica un filtro circular pasa banda y se aplica la transformada inversa de Fourier para regresar al espacio de la imagen original [22]. El objetivo de la aplicación del filtro de Fourier es resaltar los bordes de los señalamientos para separar aún más la región de estos y de la calle.

3) *clasificacionRV( $S_i$ )*: esta función recibe una imagen segmentada  $S_i$  y como salida se regresa la predicción del modelo de clasificación y métricas de evaluación. A partir de las imágenes segmentadas, se extraen características basadas en el cálculo de histogramas normalizados de patrones binarios

locales (LBP) para generar un vector características que es empleado para clasificar imágenes. Para ello, se selecciona aleatoriamente el 80% del total de imágenes para entrenamiento y el 20% para pruebas. Las imágenes usadas para el entrenamiento se etiquetan de acuerdo con la clase a la que pertenecen: 'RV' o 'NO RV' y se para generar el modelo predictivo se emplea el algoritmo de máquinas de vectores de soporte. Para evaluar el desempeño del modelo se calculan las métricas: precisión, recall y exactitud, además del cálculo de curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos sobre la detección de reductores de velocidad mediante el reconocimiento de patrones cruce cebra. Para ello, se utiliza un conjunto de 750 imágenes de calles con y sin RV señalizados obtenidas de un repositorio público [1]. El Algoritmo 1 es implementado en el lenguaje Python el cual es usado para la clasificación de imágenes. La Fig. 3 muestra dos ejemplos de imágenes de calles con y sin reductor de velocidad señalizado.



Fig. 3. Imágenes de calles originales.

Se realiza el pre-procesamiento de imágenes para lo cual son redimensionadas a un tamaño de 600 x 400px, son convertidas a escala de grises y suavizadas mediante la aplicación de un filtro gaussiano con un  $kernel=4x4$ . El resultado del pre-procesamiento de imágenes puede visualizarse en la Fig. 4.



Fig. 4. Pre-procesamiento de imágenes.

Posteriormente, se aplican algunas técnicas para segmentar los señalamientos de las imágenes donde se aplica una umbralización Otsu para la binarización de la imagen, operadores morfológicos de apertura-cerradura con un  $kernel=3x3$ . La Fig. 5 presenta los resultados de la segmentación de la ROI donde los señalamientos corresponden a las regiones blancas y la región negra corresponde a la calle. Adicionalmente, se aplica un filtro circular de Fourier con un  $radio=30$  para resaltar los bordes de los señalamientos.



Fig. 5. Resultado de la segmentación de señalamientos de RV.

Una vez que las imágenes son segmentadas se divide el 80% del total para entrenamiento y el 20% para pruebas. A partir de las imágenes empleadas para el entrenamiento, se realiza la extracción de características basadas en histogramas LBP, se etiquetan las imágenes según la clase a la que corresponda (RV o NO RV) y se entrena el modelo predictivo aplicando máquinas de vectores de soporte (MVS) mediante un método de separación lineal entre clases. La Fig. 6 muestra dos resultados de la clasificación de imágenes con y sin reductores de velocidad señalizados a partir del modelo entrenado.

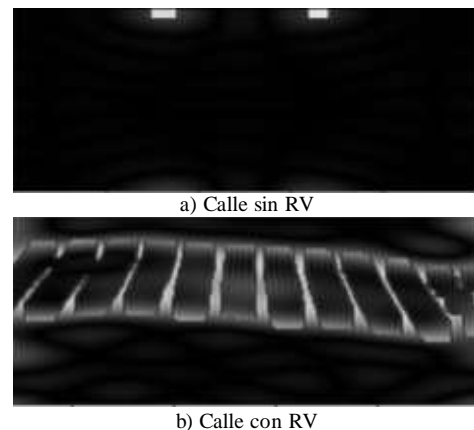


Fig. 6. Resultados de la clasificación de imágenes de calles.



Para la evaluación del desempeño del modelo se calculan algunas métricas, donde, se obtiene una precisión del 82%, un *recall* del 87% y una exactitud del 84% a partir del conjunto de imágenes de pruebas (ver Tabla 1).

TABLA 2: EVALUACIÓN DEL MODELO DE DETECCIÓN DE RV SEÑALIZADOS

Modelo	Total de instancias	Métricas	Valor
MVS	750 imágenes con y sin RV	Precisión <i>Recall</i> Exactitud	82% 87% 84%

Además, se calcula la curva ROC asociada al modelo predictivo que calcula la proporción de verdaderos positivos frente a la razón de los falsos positivos, donde el área bajo la curva es del 82% (ver Fig. 7).

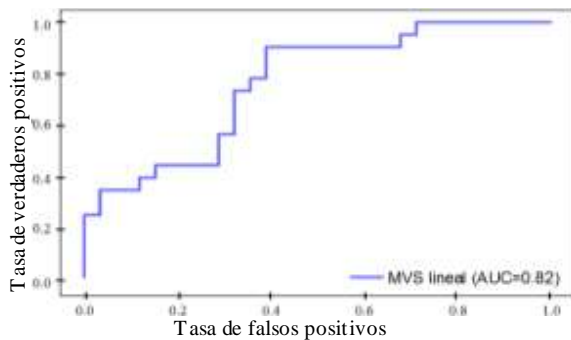


Fig. 7. Curva ROC del modelo predictivo de detección de RV.

Para la ejecución de experimentos del algoritmo propuesto se utiliza un equipo de cómputo de gama media con procesador AMD A10-8700P *Radeon* R6 1.8 GHz, 8 GB de RAM y sistema operativo Windows 10. El tiempo promedio total de ejecución del algoritmo es de 0.32 segundos el cual podría reducirse si se emplean equipos de gama alta con GPU (*graphics processing unit*). La Tabla 3 muestra los tiempos de ejecución promedio de cada tarea de la metodología propuesta. El tiempo promedio total que un auto requiere para detenerse al detectar un reductor de velocidad sin ocasionar daños, según las reglas de tránsito, si viaja a una velocidad de 60 km/h es de 4.79s el cual es superior al tiempo de ejecución del algoritmo.

TABLA 3. TIEMPO PROMEDIO DE EJECUCIÓN POR CADA IMAGEN

Tareas para la detección de RV	Tiempo promedio de ejecución (segundos)
Procesamiento de imágenes	0.07
Filtros de Fourier	0.05
Extracción de características LBP	0.14
Clasificación RV	0.06

La metodología propuesta para la detección de reductores de velocidad por reconocimiento de patrones de sus señalamientos muestra resultados aceptables, con respecto al tiempo total de procesamiento de 0.32s y a la precisión obtenida del 82%, a

partir de un conjunto de imágenes de calles. Esta funcionalidad puede ayudar a los vehículos autónomos a detectar RV de forma temprana con la restricción de que los señalamientos cruce cebra estén marcados sobre el piso y funciona en ambientes de carreteras o calles con material de asfalto.

## V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se propone una metodología para la detección de reductores de velocidad por el reconocimiento de patrones de sus señalamientos que puede ser empleada para mantener la seguridad y el confort en la navegación autónoma. Se aplican técnicas de procesamiento de imágenes para mejorar la calidad y para segmentar la región de los señalamientos.

Además, se aplica el algoritmo de máquinas de vectores de soporte para el entrenamiento del modelo de clasificación de imágenes y se obtiene una precisión del 82%, un *recall* del 87% y una exactitud del 84%, además, el área bajo la curva ROC obtenida es de 82%. Estos resultados indican que la metodología es aceptable bajo la restricción de que los RV presenten señalamientos bien marcados. La aplicación de filtros de Fourier es de utilidad para la detección de RV debido a que al resaltar los contornos de los señalamientos se definen más claramente los patrones lo que ayuda al clasificador. A diferencia de algunos trabajos relacionados, la metodología propuesta en esta investigación funciona para imágenes de calles a escala real en ambientes tanto urbanos como semiurbanos y como el tiempo promedio total de detección de RV es de 0.32 s, el cual puede ser reducido significativamente usando equipos con GPUs, el algoritmo es capaz de dar respuesta en tiempo real. El algoritmo propuesto mejora a las técnicas existentes debido a que el tiempo de procesamiento es corto y a que, a diferencia de algunas técnicas, se consideran entornos de tráfico a escala real. Como trabajo a futuro se propone considerar otras condiciones del ambiente, tales como, diferente iluminación en las escenas, zonas semiurbanas y otros materiales para las calles. Además, se probarán otros descriptores de características a partir de las imágenes para contribuir a la mejora en la precisión del modelo.

## REFERENCES

- [1] M. S. K. P. Varma, "Speed Hump/Bump Dataset", Mendeley Data, vol. 1, 2018.
- [2] C. N. K. Babu, W. D. Priya, T. Srihari, y R. Nandakumar, "Speed-bump detection using Otsu's algorithm and morphological operation", *Inter. J. on Emerg. Tech.*, vol. 11(3), pp. 989-994, 2020.
- [3] W. Devapriya, C. N. K. Babu y T. Srihari, "Advance driver assistance system speed bump detection", In 2015 IEEE int. confer. on comput. Intell. and comput. res. (ICCC), IEEE, pp. 1-6, 2015.
- [4] W. Devapriya, C. N. K. Babu y T. Srihari, "Real time speed bump detection using gaussian filtering and connected component approach", *Circuits & Syst.*, vol. 7, pp. 2168-2175, 2016.
- [5] D. K Dewangan y S. P. Sahu, "Deep learning-based speed bump detection model for intelligent vehicle system using raspberry pi", *IEEE Sens. J.*, vol. 21(3), pp. 3570-3578, 2020.
- [6] M. Irhebhude, O. Adeyemi y A. Kolawole, "Speed breakers, road marking detection and recognition using image processing techniques", *Eur. J of Appl. Scien.*, vol. 7(5), pp. 30-42, 2019.
- [7] N. Babu., W. D. Priya y T. Srihari, "Real-time detection of unmarked speed bump for indian roads", *Eur. J. of Molec. & Clin. Med.*, vol. 7(5), pp. 1745-1752, 2021.
- [8] A. L. Ballinas-Hernández, I. O. Pineda y J. A. Olvera-López, "Speed Bump Detection on Roads using Artificial Vision", *Res. in Comput. Scien.*, vol. 148(9), pp. 71-82, 2019.

- [9] A. Broggi, E. Cardarelli, S. Cattani y M. Sabbatelli, "Terrain mapping for off-road autonomous ground vehicles using rational b-spline surfaces and stereo vision", In *Intell. Veh. Symp. (IV) IEEE*, pp. 648–653, 2013.
- [10] F. Oniga, S. Nedevschi, "Curb detection for driving assistance systems: A cubic spline-based approach", In *Intell. Veh. Symp. (IV) IEEE*, pp. 945–950, 2011.
- [11] B. Al-Shargabi, M. Hassan y T. Al-Rousan, "A novel approach for the detection of road speed bumps using accelerometer sensor", *Tech. educ. Manag. Infor.*, vol. 9(2), pp. 469–476, 2020.
- [12] H. B. Salau, A. J. Onumany, A. M. Aibinu, E. N. Onwuka, J. J. Dukiya y H. Ohize, "A survey of accelerometer-based techniques for road anomalies detection and characterization", *Int. J. of Eng. Scien. and Appl.*, vol. 3(1), pp. 8–20, 2019.
- [13] M. S. Sujitha, N. Ramesh y S. K. Kotamraju, "Automatic speed controlling of vehicle and detection and notification of potholes and humps", *J. of Eng. and Appl. Scien.*, vol. 100(9), pp. 1921–1924, 2016.
- [14] G. Singh, D. Bansal, S. Sofat, N. Aggarwal, "Smart patrolling: An efficient road surface monitoring using smartphone sensors and crowdsourcing", *Perv. and Mob. Comp.*, vol. 40, pp. 71–88, 2017.
- [15] P. Harikrishnan, y V.P. Gopi, "Vehicle vibration signal processing for road surface monitoring", *IEEE Sens. J.*, vol. 17(16), pp. 5192–5197, 2017.
- [16] E. Edwan, N. Sarsour, y M. Alatrash, "Mobile application for bumps detection and warning utilizing smartphone sensors", *Int. Conf. on Prom. Elect. Tech.*, IEEE, pp. 50–54, 2019.
- [17] N. Silva, J. Soares, V. Shah, M. Y. Santos, H. Rodríguez, "Anomaly detection in roads with a data mining approach", *Proc. Comput. scien.*, vol. 121, pp. 415–422, 2017.
- [18] V. M. Souza, "Asphalt pavement classification using smartphone accelerometer and complexity invariant distance", *Eng. Appl. of Art. Intell.*, vol. 74, pp. 198–211, 2018.
- [19] M. Y. Alam, A. Nandi, A. Kumar, S. Saha, M. Saha, S. Nandi y S. Chakraborty, "Crowdsourcing from the true crowd: Device, vehicle, road-surface and driving independent road profiling from smartphone sensors", *Perv. and Mob. Comp.*, vol. 61, pp. 101103, 2020.
- [20] C. Fernández, M. Gavilán, D. F. Llorca, I. Parra, R. Quintero, A. G. Lorente, L. Vlacic y M. Sotelo, "Free space and speed humps detection using Lidar and vision for urban autonomous navigation", In *Intell. Veh. Symp. (IV), IEEE*, pp. 698–703, 2012.
- [21] Y. Chen, M. Zhou, Z. Zheng y M. Huo, "Toward practical crowdsourcing-based road anomaly detection with scale-invariant feature", *IEEE Acc.*, pp. 67666–6767, 2019.
- [22] C. Gasquet y P. Witomski, "Fourier analysis and applications: filtering numerical computation wavelet", Springer, New York, 2014.



# Importancia de la estimación de pose en la detección de emociones

M. Mojica-Martínez  
Posgrado  
Tecnológico Nacional de  
México/IT de Acapulco  
Acapulco, Gro. México  
0000-0002-9580-5842

M. Martínez-Arroyo  
Posgrado  
Tecnológico Nacional de  
México/IT de Acapulco  
Acapulco, Gro. México  
0000-0002-5685-1731

J. Hernández-Hernández  
Posgrado  
Tecnológico Nacional de  
México/IT de Chilpancingo  
Chilpancingo, Gro. México  
0000-0003-0231-2019

**Abstract—** La estimación de pose en el campo de visión artificial ha permitido localizar la posición de un objeto empleando una imagen digital, las coordenadas 2D, 3D del objeto a identificar y de los parámetros del propio dispositivo fotográfico denominados intrínsecos. En este caso se identifica un rostro y se hace una evaluación de las características del mismo para encontrar los marcadores faciales en boca, nariz, pómulos y cejas, a continuación, los puntos relacionados en los planos 2D (puntos en la imagen digital) y 3D (puntos en el mundo real) para cada punto facial son procesados y así ubicar la perspectiva de la cara respecto al dispositivo digital para solo tomar en cuenta la posición frontal de la cara en la aplicación en modelo usado para la percepción de emociones. Por lo que aplicar la estimación de pose en el flujo para la detección y reconocimiento de emociones permitirá solo analizar rostros que observen de frente a la cámara.

**Palabras Clave:** Estimación, Pose, Emociones, Rostro

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la visión artificial actualmente ha permitido crear múltiples aplicaciones en la detección de objetos como lo son seres vivos (gatos, perros, humanos, etc.) e inanimados (pelotas, sillas, mesas, etc.).

Este campo de la inteligencia artificial cuenta con diversas técnicas en el tratamiento de imágenes en particular para este artículo se presentan dos: (a) la Estimación de Pose y (b) la Detección de Reconocimiento de Emociones; así pues, el objetivo de este trabajo es presentar la importancia de la estimación de pose durante proceso que se sigue en la detección de reconocimiento de emociones.

La Estimación de Pose se define como el proceso para determinar espacio que ocupa un objeto en un plano de dos dimensiones llamado 2D[8] y de acuerdo con la guía de estimación de pose para una persona u objeto en una imagen, se define como el problema de determinar la posición y orientación de la cámara dada un objeto[11].

En la actualidad la estimación de pose se aplica principalmente en las siguientes áreas:

- Actividad y movimiento humano.
- Experiencias en la realidad aumentada.

- Juegos y animación.
- Robótica.

En la detección de reconocimiento de emociones usa diversos métodos de inteligencia artificial[4]como:

- Reconocimiento facial. Se caracteriza principalmente por el uso la detección del rostro de una persona usando una cámara digital como fuente de la imagen.
- Reconocimiento voz. Se basa en el análisis del sonido producido por un humano cuando habla y es captado por dispositivo de entrada conocido como micrófono.
- Bio sensores son instrumentos capaces de detectar diversas señales que generan el cuerpo de un ser humano como latidos del corazón o ritmo cardíaco, sudoración, ondas cerebrales principalmente entre otras.

Este artículo propone combinar las metodologías de reconocimiento facial y la determinación de pose para objetos, en este caso la posición de la cabeza con respecto a la cámara se obtienen mejores imágenes de la cara para la detección de emociones faciales por lo que para ello se propone el uso de la estimación de pose.

### A. Antecedentes

Los modelos que se usan la detección de reconocimiento de emociones omiten el uso de la detección de la estimación de pose durante su ejecución y en muchos casos hacen la combinación de metodologías, un ejemplo de ello[4] es presentado por (Hassouneh, Mutawa and Murugappan, 2020) el cual usa dos métodos para la detección de emociones: el primero usa marcadores faciales y el segundo en biosensores que procesan las señales del cerebro captadas por un electroencefalograma.

Estas estas metodologías se combinan en la aplicación de dos tipos de redes neuronales:

- Para Marcadores faciales, se base en redes neuronales convoluciones (CNN) [1], es decir, redes que se conectan o enredan mediante capas de forma jerárquica,

la cual es usada en la clasificación y segmentación de imágenes.

- Y para el procesamiento de señales se usa la de red neuronal recurrente (RNN)[6] que permite analizar datos que son medidos en un determinado momento y ordenados en forma cronológica de ahí el nombre de series temporales y usa la multiplicación de vectores en sus operaciones matemáticas.

El tipo de RNN usado en el trabajo de (Hassouneh, Mutawa and Murugappan, 2020) es el LSTM o memoria a corto plazo, la cual es empleada para aprender de experiencias importantes que han pasado hace mucho tiempo [6]. La Estimación de Pose se define como el proceso para determinar espacio que ocupa un objeto en un plano de dos dimensiones llamado 2D[8] y de acuerdo con la guía de estimación de pose para una persona u objeto en una imagen

Así que para obtener la detección y el reconocimiento de emoción lo hace a través de un promedio de cada uno de los resultados de las dos redes neuronales utilizadas. Como se mencione anteriormente el modelo presentando por (Hassouneh, Mutawa and Murugappan, 2020) carece de estimación de pose, ese decir, se desconoce la posición relativa de cabeza del individuo respecto a la cámara, razón por la que este trabajo de investigación tiene su origen.

## II. METODOLOGÍA

Se toma como base el trabajo denominado desarrollo de un sistema de reconocimiento de emociones en tiempo real basado en máquinas de aprendizaje y redes[5] y se evita el uso del biosensor del electroencefalograma.

Y se propone agregar la técnica estimación de pose durante el proceso de detección y reconocimiento de emociones; por lo que plantea la siguiente metodología en el siguiente pseudocódigo:

- Adquirir de la imagen.
- Detectar el rostro: Usando el HOG (histograma de gradientes orientados es un descriptor de característica) o HAAR (enfoque basado en imágenes positivas y negativas).
- Obtener los marcadores faciales mediante una solución geométrica:
  - Extraer de características de las áreas claves como ojos, cejas, boca, mentón, pómulos y nariz.
  - Calcular el Modelo 3D de los atributos de los marcadores faciales.
  - Computar el Modelo 2D para los rasgos de los puntos faciales.
- Se determina la posición de la cara con los parámetros obtenidos en el paso anterior. Con las siguientes posiciones “Mirando de Frente”, “Mirando Izquierda”,

“Mirando Derecha” , “Mirando Abajo” y “Mirando Arriba” como consecuencia del análisis.

- Si la posición es “Mirando de frente” se procesa la imagen en el modelo de predicción de emociones.

- Emoción detectada.

### A. Adquisición de la imagen

Se hace uso de una cámara digital para la captura de cada una de las imágenes para su análisis y posteriormente se prepara la misma de acuerdo con los siguientes pasos que se encuentra la documentación OpenCV [3]:

- Filtro Gaussiano permite mejorar la imagen removiendo el ruido que se presenta en ella también se denomina suavizado de imagen.
- Redimensión de imagen consiste en cambiar el tamaño a (640, 580) pixeles.
- Cambio de espacio de color de BGR a RGB; ya que por defecto el framework de OpenCV utiliza las imágenes con los canales de color BRG de 24 bits por estándar 8 bits para blue(azul), red (Rojo) y green(verde).

### B. Detección del rostro

Se procede con la detección de un rostro en la imagen; con opción de usar dos técnicas:

- Histograma de Gradientes Orientado o HOG es una de las técnicas más utilizadas en la detección de objeto el cual se enfoca en la estructura del objeto, extrae la magnitud de los bordes y su orientación [2].
- HAAR es una de las técnicas más populares de en la detección de objetos y se basa en tres tipos de filtros digitales para detectar orillas, líneas y diagonales conocidos como descriptores los cuales usan ejemplos positivos y negativos para llevar a cabo la clasificación y encontrar el objeto deseado en la imagen [12].

### C. Extracción de marcadores faciales

Con el rostro ya detectado en la imagen se continua con el marcado y la extracción de las áreas de interés en este caso son: ojos, cejas, boca, nariz, pómulos y mentón.

En este punto en concreto se centra en una solución geométrica de la cara en 468 marcadores faciales en 3D sin la necesidad de usar un sensor de profundidad [7].

En la figura 1 se muestran los resultados de la obtención de marcadores faciales.

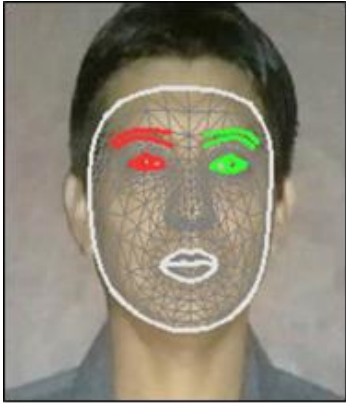


Figura 1: Marcadores Faciales modelo 3D.

Para finalizar este paso se guardan las áreas de interés en un vector y se nombran como se muestra en la figura 2 en once marcadores faciales de utilidad para detección y reconocimiento de emociones los puntos son los siguientes: ceja derecha 1 (ebr1), ceja derecha 2 (ebr2), ceja izquierda 1 (ebl1), ceja izquierda 2 (ebl2), pómulo derecho (chlow1), pómulo izquierdo (chlow2), labio superior (lips1), labio inferior (lips2) labio derecho (lips3), labio izquierdo (lips4) y nariz (n).

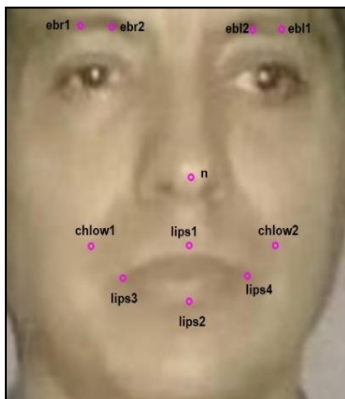


Figura 2: Extracción de áreas de interés modelo 2D.

#### D. Obtención de modelo 3D y 2D

El modelo 3D se caracteriza por contar tres coordenadas las cuales son puntos  $X$  para un sitio en lo ancho,  $Y$  representa la altura en otro punto de referencia y  $Z$  la profundidad las cuales fueron almacenadas en el paso anterior y se obtuvieron mediante solución geométrica.

Para calcular el modelo 2D se requiere:

- El tamaño de la imagen en píxeles representados por el alto y ancho de la imagen.
- Los puntos  $X$  e  $Y$  del modelo 3D.

- En modelo 2D se define solo por dos coordenadas a diferencia del anterior para  $X$  aplica las ecuaciones (1) y (2).

$$X2D = AnchoPixle \times X3D \quad (1)$$

y para  $Y$  se aplica

$$Y2D = AltoPíxeles \times Y3D \quad (2)$$

#### E. Determinación de la posición del rostro

En la estimación de pose es importante conocer los movimientos de un objeto 3D del cual solo tiene dos tipos de movimientos [9]:

- Traducción en los puntos  $(X, Y, Z)$  y cuando se mueve a nueva localización  $(X', Y', Z')$  el movimiento se representa por un vector  $t$  que calcula de la diferencia del punto actual al origen  $(X'-X, Y'-Y, Z'-Z')$
- Rotación también se mueve en los ejes  $(X, Y, Z)$  y se representan por ángulos de Euler, matriz de  $3 \times 3$  y ángulos simples.

La estimación de pose se refiere al problema de Perspectiva de  $N$  puntos cuyo objetivo es encontrar la pose de un objeto cuando la cámara se encuentra calibrada dado se conocen la localización de los puntos 3D de la imagen y las coordenadas de proyección de esta en 2D[9].

Es decir, se requieren los datos 3D, 2D del rostro ya procesados tal como se observa nuevamente en las figuras 1 y 2 respectivamente para el cálculo de la estimación de la pose de la cara y adicionalmente los parámetros intrínsecos de la cámara, las cuales son propiedades internas que posee equipo fotográfico como son la distancia focal, el centro óptico en la imagen y su distorsión radial. Para ello se aplica el algoritmo de estimación de pose, el cual se explica en el siguiente punto.

### III. ALGORITMO DE ESTIMACIÓN DE POSE

Los pasos del algoritmo son los siguientes de acuerdo con [9]:

- Localizar los puntos 3D. Son las coordenadas 3D de varias características facial obtenidas por la solución geométrica[7] de (Kartynnik, Ablavatski, Grishchenko and Grundmann, 2019).
- Obtener parámetros de la cámara. Se asume que la cámara esta calibrada, paso donde se conocen la distancia focal, el centro óptico en la imagen y su distorsión radial (parámetros intrínsecos).
- Calcular las coordenadas de la imagen 2D. Son resultado del producto de las dimensiones de la foto con las coordenadas 3D de la solución geométrica del paso 1.

En la figura 3 se observa los sistemas de coordenadas donde  $o$  es el centro de la cámara y en la fotografía está como  $c$  llamado como imagen en el plano. El objetivo es encontrar la ecuación que gobierna la proyección de  $p$  del punto  $P$  3D en dicho plano.

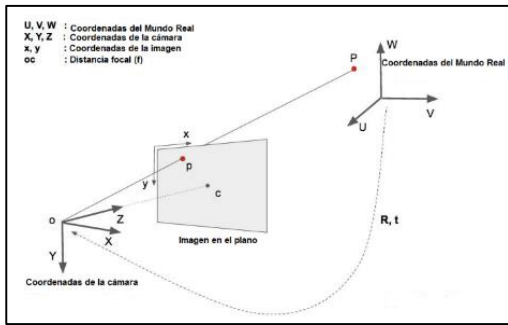


Figura 3: Sistema de coordenadas para la estimación de pose.

Dado que se conoce un punto 3D para las coordenadas del mundo real (U, V, W); si se conoce la rotación  $R$  (matriz de 3 X 3) y la translación  $t$  (vector 3 X 1) de las coordenadas del mundo real con respecto a las coordenadas de la cámara se puede calcular la localización de (X, Y, Z) del punto  $P$  en el sistema de coordenadas de la cámara usando la siguiente ecuación (3):

$$p = K [R | t] P \quad (3)$$

Donde  $p = [X, Y, 1]^T$  es la posición 2D en la proyección del punto  $p_c$  y  $P = [U, V, W, 1]$  es la posición 3D de un punto.

$K$  es la matriz intrínseca de 3X3 de la cámara donde  $f_x$  (ancho) y  $f_y$  (alto) son representadas por el tamaño de la imagen en pixeles y los puntos  $c_x$  con  $c_y$  son las coordenadas del centro de la imagen.

$R$  es la matriz de rotación de 3X3.

$t$  esta la matriz de traslación de 3X1.

$[R | t]$  es la combinación de la matriz de proyección de 3X4 y se despliega en una simple multiplicación de matrices de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} & t_x \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} & t_y \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} & t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ V \\ W \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

La aplicación del algoritmo anterior y en particular el uso de la ecuación 3 se obtienen los ángulos de (x, y); por lo que se obtiene los siguientes resultados:

- Sí  $y$  es menor a -10 la posición es “Mirando a la derecha” o sí  $y$  es mayor a 10 el resultado es “Mirando a la izquierda”.

- Sí  $x$  es menor -10 valor “Mirando abajo” o sí  $x$  es mayor a 10 el resultado es “Mirando arriba”.
- En caso contrario que no se cumpla las dos condiciones anteriores se obtiene “Mirando al frente”; tal como se muestra en la figura 4.



Figura 4: Imagen procesada en la estimación de pose

#### IV. IMPORTANCIA DE LA ESTIMACIÓN DE POSE EN DETECCIÓN DE EMOCIONES

La estimación de pose en el proceso de precepción de emociones tiene su importancia en dos aspectos relevantes:

- Optimización en la aplicación del modelo de emociones, es decir, que solo se analizan las imágenes cuyo rostro están en una posición frontal a la cámara.
- Identificación de problemas para enfocarse, si la persona no está mirando a la cámara de frente significara que se tiene un distractor.

#### V. APLICACIONES

Los principales usos en la detección de emociones son en las siguientes áreas [10]:

- Recursos humanos. Permite evaluar sus impresiones del candidato de acuerdo una serie de preguntas por el entrevistador con el fin de conocer sus reacciones.
- Seguridad. Con el fin medir niveles de seguridad y percibir actos de violencia.
- Servicios al cliente. Útil para determinar la satisfacción del cliente que compra un bien o servicio.
- Industria de los videojuegos. Es aplicado para obtener impresiones en su uso.
- Sector salud. Para estudiar el comportamiento del ser humano.
- Educación. Con el fin de contar con herramienta de apoyo para definir el perfil emocional de un estudiante.

VI. RESULTADOS

De un total de 10 sujetos de prueba 8 hombres y 2 mujeres se capturaron 45 imágenes en promedio para cada emoción de cada participante y descartando imágenes no aptas se crea un dataset con 2984 registros los detalles se presentan en la Tabla 1

Tabla 1: Dataset (total de registros)

Emoción	Registros
0. Feliz	492
1. Enojo	498
2. Miedo	500
3. Neutral	500
4. Tristeza	496
5. Sorpresa	498

Del conjunto de datos el 80% se usa para entrenar el modelo y el 20% para hacer pruebas de los cuales se obtiene la matriz de confusión representada en la figura 5, donde claramente se observan las predicciones en base al conjunto de pruebas entre 0 a 100% precisión en el mapa de calor:

- Tanto la etiqueta feliz, tristeza y sorpresa tienen 99,80 y 92 verdaderos positivos respectivamente; lo que significa con buena precisión de 100%.
- Para enojo si se encontraron falsos positivos 4 son confundidos con un neutro y 2 con tristeza con una precisión de 97%.
- En miedo hay 109 verdaderos positivos con una precisión del 100%.
- Neutral tiene 1 falso negativo en enojo con un 99% de precisión.

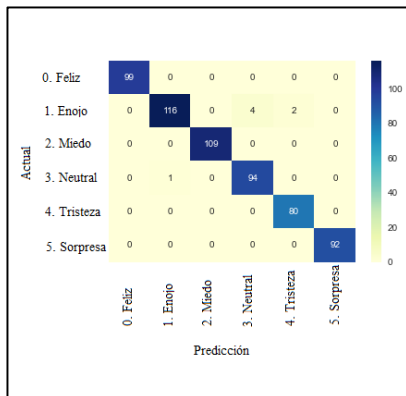


Figura 5: Matriz de confusión, donde 0 a 100% representa la precisión del algoritmo (SVM).

Dichos resultados se obtienen al evaluar el algoritmo de máquina de soporte vectorial (SVM) con una precisión total del 98% de para seis clases (enojo, miedo, feliz, neutro, tristeza y sorpresa).

VII. CONCLUSIONES

Al incrustar la estimación de pose durante el proceso para la detección de emociones se deduce que determinar la orientación de la cabeza de una persona permite obtener imágenes con una vista frontal a la cámara con el objetivo de tener solo procesar solo rostros “Mirando al frente”.

La metodología reconocimiento facial mediante marcadores en el rostro solo procesa imágenes frontales con el fin de optimizar las predicciones y así mismo permite identificar si la persona se está enfocando durante la sesión; en otras palabras, detectar si el sujeto tiene distracciones y que emoción produce.

Así pues, se realizó el experimento en este trabajo de investigación con el algoritmo de máquinas de soporte vectorial con un 98% de precisión de acuerdo con los resultados prometedores, pero se evalúa aplicar otros algoritmos para trabajos futuros.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Posgrado en Sistemas Computacionales de Tecnológico Nacional de México – Campus Acapulco (TecNM/IT de Acapulco) por proporcionarme su apoyo y la beca otorgada para poder realizar la investigación de este artículo y seguir desarrollando este trabajo durante mi estancia en el posgrado.

REFERENCIAS

- [1] D. Cireşan, U. Meier, J. Masci, L.M Gambardella y J. Schmidhuber, (2012). Flexible, High Performance Convolutional.
- [2] N. Dalal y B. Triggs, (2010). Histograms of oriented gradients for human detection.
- [3] Documentation of opencv (2022) recuperado: <https://docs.opencv.org/>.
- [4] A. Saxena, (2020). Emotion Recognition and Detection Methods: A Comprehensive Survey.
- [5] A. Hassouneh, A. Mutawa y M. Murugappan, (2020). Development of a real-time emotion recognition system using facial expressions and EEG based on machine learning and deep neural network methods.
- [6] S. Hochreiter y J. Schmidhuber, (1997). "Long short-term memory". neural computation.
- [7] Y. Kartynnik, A. Ablavatski, I. Grishchenko y M. Grundmann, (2019). Real-time facial surface geometry from monocular video on mobile GPUs.
- [8] Q. M. López (2016) “Estimación de la pose humana 2D en imágenes estéreo”. Tesis Doctoral UCO.
- [9] S. Mallick, (26 de September de 2016). Head pose estimation using OpenCV and Dlib. Recuperado: <https://learnopencv.com/head-pose-estimation-using-opencv-and-dlib/>.
- [10] Emotion analytics market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2022 - 2027) (2022) recuperado: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/emotion-analytics-market>
- [11] Pose estimation guide (2021) recuperado: <https://www.fritz.ai/pose-estimation/>.
- [12] P. Viola y M. Jones (2015). Robust real-time face detection.

# Sistema de Información del Sistema Eléctrico de Potencia (SISEP MOVIL)

1<sup>st</sup> José Rafael Plancarte Oliva  
División de Estudios de Posgrado  
e Investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, México  
mm20320013@acapulco.tecnm.mx

2<sup>nd</sup> Eduardo de la Cruz Gámez  
División de Estudios de Posgrado  
e Investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, México  
eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx

3<sup>rd</sup> Francisco J. Gutiérrez Mata  
División de Estudios de Posgrado  
e Investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, México  
francisco.gm@acapulco.tecnm.mx

4<sup>th</sup> Rafael Hernández Reyna  
División de Estudios de Posgrado  
e Investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, México  
rafael.hr@acapulco.tecnm.mx

5<sup>th</sup> Eduardo Viveros Capote  
Zona de Operación de  
Transmisión Guerrero Morelos  
CFE Transmisión  
Acapulco, México  
eduardo.viveros@dt.cfe.mx

6<sup>th</sup> Jorge Ortiz García  
Zona de Operación de  
Transmisión Guerrero Morelos  
CFE Transmisión  
Acapulco, México  
jorge.ortizga@dt.cfe.mx

**Resumen— El presente trabajo tiene como finalidad proponer el desarrollar un Sistema de Información Móvil que permita a los ingenieros responsables de la Zona de Operación de Transmisión Guerrero Morelos (ZOTGM) la utilización de información en tiempo real del Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) perteneciente a los estados de Guerrero y Morelos, desde cualquier parte, sin tener que estar físicamente presentes en las instalaciones.**

**Palabras claves— Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), sistema de información, adquisición de datos, seguridad informática.**

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad proponer el desarrollo de un Sistema de Información Móvil que permita a los ingenieros responsables de la Zona de Operación de Transmisión Guerrero Morelos (ZOTGM) la utilización de información en tiempo real del Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) perteneciente a los estados de Guerrero y Morelos, desde cualquier parte, sin tener que estar físicamente presentes en las instalaciones.

Con la propuesta de este trabajo se busca reducir los tiempos de reacción ante los imprevistos ocurridos, lo cual permitirá reducir los gastos de combustibles de los vehículos utilitarios así como los tiempos de traslado a la sala de operación [1].

## II. CONTEXTO TECNOLÓGICO

### A. Tecnología Móvil

Las tecnologías móviles ofrecen a las empresas diferentes oportunidades para lograr la innovación y realizar la transformación digital. El desarrollo de aplicaciones móviles está cambiando las iniciativas de aplicaciones móviles independientes por soluciones más integradas. Estas aplicaciones aprovechan múltiples tecnologías que ofrecen beneficios empresariales adicionales, mejorando el desarrollo y la implementación, y ofrecer mayor flexibilidad. Por eso la tecnología móvil forma parte del panorama más amplio del desarrollo de aplicaciones móviles [2].

En cuanto a la arquitectura, un sistema móvil generalmente se basa en una aplicación cliente que se conecta a un servidor de aplicaciones que se encuentra en Internet [3].

### B. Sistemas Operativos para dispositivos móviles

Partiendo de la definición de sistema operativo: Capa compleja entre el hardware y el usuario, concebible también como una máquina virtual, que facilita al usuario o al programador las herramientas e interfaces adecuadas para realizar sus tareas informáticas, abstrayéndole de los complicados procesos necesarios para llevarlas a cabo.

### C. Android

Google es uno de los desarrolladores capaz de convertirse en una referencia. Android es un sistema operativo móvil basado en Linux y Java que ha sido liberado bajo la licencia Apache.

El sistema busca, un modelo estandarizado de programación que simplifique las labores de creación de



aplicaciones móviles y normalice las herramientas en el campo de la telefonía móvil. Se busca que los programadores sólo tengan que desarrollar sus creaciones una única vez y así ésta sea compatible con diferentes terminales [4].

#### D. Sistema de información

Un sistema de información es un conjunto de datos que interactúan entre sí con un fin común.

En informática, los sistemas de información ayudan a administrar, recolectar, recuperar, procesar, almacenar y distribuir información relevante para los procesos fundamentales y las particularidades de cada organización.

La importancia de un sistema de información radica en la eficiencia en la correlación de una gran cantidad de datos ingresados a través de procesos diseñados para cada área con el objetivo de producir información válida para la posterior toma de decisiones [5].

#### E. API Rest

El acrónimo REST significa representational state transfer (transferencia de estado representacional), y el gramaticalmente problemático RESTful se usa como adjetivo para describir un servicio web que satisface los principios de REST. La descripción formal de REST es complicada y está impregnada de formalidad informática, pero lo básico es que REST es una conexión sin estado entre un cliente y un servidor, representada en la figura 1. La definición formal de REST también especifica que el servicio se puede almacenar en caché y que los servicios se pueden colocar en capas (es decir, cuando se usa una API REST, puede haber otras API REST debajo de ella). Desde un punto de vista práctico, las limitaciones de HTTP realmente dificultan la creación de una API que no sea RESTful; uno tendría que hacer todo lo posible para establecer el estado, por ejemplo. Así que nuestro trabajo es mayormente complicado para nosotros [6].

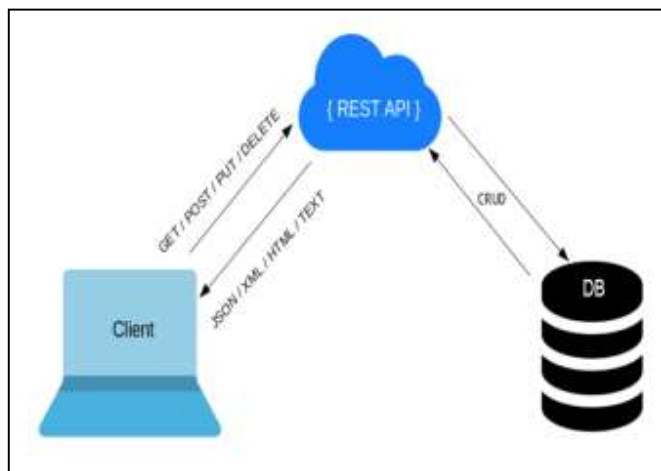


Fig. 1. Esquema general de una API Rest.

#### F. Seguridad Informática

La Seguridad Informática (SI) es el área que se enfoca en “la protección de la infraestructura computacional y todo lo

relacionado con esta, especialmente, la información contenida o circulante” [7].

La SI llega a ser un área de vital importancia dentro de la Ingeniería de Software (IS), ya que trata de minimizar los riesgos asociados al acceso y utilización de determinado sistema de forma no autorizada y en general malintencionada.

Para afrontar el establecimiento de un sistema de seguridad es necesario conocer:

Cuáles son los elementos que componen el sistema: esta información se obtiene mediante entrevistas con los responsables o directivos de la organización, para lo que previamente hay que realizar un estudio de los riesgos que puedan presentar.

Cuáles son los peligros que afectan al sistema, accidentalmente o provocados: estos datos se deducen de los aportados tanto por la organización como por el estudio y prueba del propio sistema [9].

Cuáles son las medidas que deberían adoptarse para conocer, prevenir, impedir, reducir y controlar los riesgos potenciales, definiendo los servicios y mecanismos necesarios para minimizarlos:

La Seguridad Informática consta de 5 principales fundamentos [8, 9]:

- Integridad.
- Confidencialidad.
- Disponibilidad.
- No repudio.
- Autenticación o Autenticidad.

#### G. Seguridad en Base de Datos

La seguridad en una base de datos contiene las mismas dificultades a las que se enfrenta la información, esta es el garantizar la integridad, la disponibilidad y la confidencialidad. Un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) debe suministrar mecanismos que ayuden en esta tarea [10].

Algunos de los mecanismos que ayudan en la seguridad de datos son los siguientes:

##### 1) Control de Acceso

El administrador de la base de datos (DBA) es el responsable superior de declarar las reglas dentro del SGBD. Este es el responsable de conceder o eliminar privilegios, crear o excluir usuarios, y atribuir de un nivel de seguridad a los usuarios del sistema, de acuerdo con la política de la empresa.

##### 2) Control de Inferencias

Es un mecanismo de seguridad para base de datos estadísticas que trabaja protegiendo informaciones estadísticas de un individuo o de un grupo.

La base de datos puede contener informaciones confidenciales sobre individuos. Los usuarios tienen permiso sólo para recuperar informaciones estadísticas sobre poblaciones y no para recuperar datos individuales.

### 3) *Control de Flujo*

Es un mecanismo que previene que las informaciones fluyan por canales secretos y violen la política de seguridad al alcanzar usuarios no autorizados. Este regula la distribución o flujo de información entre objetos accesibles.

Los controles de flujo tienen la finalidad de verificar si las informaciones contenidas en algunos objetos de menor protección.

### 4) *Criptografía de Datos*

Es una medida de control final, utilizada para proteger datos sigilosos que se transmiten por medio de algún tipo de red de comunicación.

Esta también se puede usar para ofrecer protección adicional para que partes confidenciales de una base de datos no sean accedidas por usuarios no autorizados. Para eso, los datos están codificados a través de la utilización de algún algoritmo de codificación.

La criptografía permite disfrazar el mensaje para que, aún con el desvío de la transmisión, el mensaje no sea revelado.

### 5) *Usuarios*

Comprende a los usuarios y al esquema de la base de datos donde cada base de datos tiene una lista de nombres de usuario. Para acceder a una base de datos, un usuario debe usar una aplicación de este tipo e intentar una conexión con un nombre de usuario válido.

Cada nombre tiene una contraseña asociada para evitar el uso sin autorización. Deben estar implementados diferentes perfiles de usuario para diferentes tareas en la base de datos, con el enfoque de que cada aplicación/usuario tiene su necesidad de acceso.

### 6) *Dominio de seguridad*

Donde cada usuario tiene el dominio de seguridad, un conjunto de propiedades que determinan cosas como acciones (privilegios y roles) disponibles para el usuario; cotiza los tablespaces (espacio disponible en el disco) del usuario; limita los recursos de sistema del usuario. Las tablas (tablespaces) del sistema, como system, deben estar protegidas de accesos de usuarios diferentes de los usuarios del sistema.

### 7) *Autoridad*

Las autoridades suministran un método para agrupar privilegios y controlar el nivel de acceso de los administradores y operadores de la base de datos en relación al mantenimiento y operaciones permitidas. Las especificaciones de la base de datos están almacenadas en catálogos de la propia base de datos.

Las autoridades del sistema están asociadas a miembros de grupos y están almacenados en el archivo de configuración administrativa de la base de datos. Este archivo define las concesiones de acceso y lo que podrá ser ejecutado de acuerdo con cada grupo.

### 8) *Privilegios*

Los privilegios son únicos dados a cada usuario o grupo estos definen permisos para los tipos de autorización. Con los privilegios es posible autorizar al usuario a modificar o

alcanzar un determinado recurso de la base de datos. Los privilegios también son almacenados en catálogos de la propia base de datos, visto que los grupos autoridad ya tienen grupos predefinidos de privilegio conceden implícitamente privilegios a sus miembros.

#### a) *Discrecionales*

El SGBD debe ofrecer acceso selectivo para cada relación de la base de datos basándose en cuentas específicas. Las operaciones también pueden ser controladas; deben tener una cuenta no necesariamente habilitada del poseedor de todas las funcionalidades ofrecidas por el SGBD.

Informalmente existen dos niveles para la atribución de privilegios para el uso del sistema de base de datos:

- El nivel de cuenta: En ese nivel, el DBA establece los privilegios específicos que cada cuenta tiene, independientemente de las relaciones en la base de datos.
- El nivel de relación (o tabla): En ese nivel, el DBA puede controlar el privilegio para acceder a cada relación o vista individual en la base de datos.

#### b) *Revocación*

En algunos casos, interesa conceder un privilegio temporal a un usuario. Por eso, es necesario un mecanismo para la revocación de privilegios.

En SQL el modo REVOKE se introducen con el intento de cancelar privilegios.

### 9) *Controles de acceso*

#### a) *Obligatorio y seguridad para multi-nivel*

En este método, el usuario no tiene un término medio, o tiene o no tiene privilegios, siendo utilizado normalmente en BD que clasifican datos de usuarios, dónde es necesario un nivel de seguridad más alto. Normalmente se utilizan en sistemas gubernamentales, militares o de inteligencia, así como industriales y corporativas.

Las clases de seguridad típicas son altamente sigilosas (top secret, TS), secreta (secret, S), confidenciales (confidential, C) y no clasificada (unclassified, U), en el que TS es el nivel más alto y U el más bajo. De una forma general, los mecanismos de control de acceso obligatorio imponen seguridad multinivel, ya que exigen la clasificación de usuarios y de valores de datos en clases de seguridad e imponen las reglas que prohíben el flujo de información a partir de los niveles de seguridad más altos hacia los más bajos.

#### b) *Basado en roles*

Es un enfoque para restringir el acceso a usuarios autorizados y una alternativa a los sistemas de controles de acceso del tipo MAC y DAC.

La idea central del RBAC es que los permisos de acceso están asociados a roles, y estos roles están asociados a usuarios. Los roles son creados de acuerdo con diferentes cargos en una organización, y los usuarios están asociados a roles de acuerdo a su responsabilidades y cualificaciones. Se pueden designar



varios individuos a un mismo rol. Los privilegios de seguridad comunes a un rol se conceden al nombre de este, y cualquier individuo designado para ese rol automáticamente tendrá esos privilegios concedidos.

El uso del modelo RBAC es un objeto altamente deseado para seleccionar los principales requisitos de seguridad de las aplicaciones basadas en web.

*c) Utilizando Triggers.*

Con la utilización de los Triggers es posible crear mecanismos de seguridad más complejos que pueden ser disparados cada vez que se llama una acción. Si el comando ejecutado por el usuario no es validado por los Triggers, salta un error en el cuerpo del propio Trigger para impedir que la tabla sea modificada indebidamente.

*d) Utilizando Views.*

Las views constituyen otro método de control de acceso, normalmente son utilizadas para restringir el acceso directo a los datos. Con la view es posible permitir el acceso de un usuario concediendo privilegios, ocultar líneas y columnas de informaciones confidenciales o restringir a los residentes en la tabla original de las indicaciones del SQL. Los privilegios y concesiones están definidos solamente en la view, y no afectan a la tabla base, estando el acceso de los usuarios delimitado por la view, la cual se genera creando un subconjunto de datos en la tabla referenciada. La opción With Verification provee mayor seguridad porque no permite al usuario modificar las líneas de la tabla sin tener los privilegios de lectura dentro de la view [10].

### III. ANTECEDENTES

Considerada como la primera Zona de Operación de Transmisión (antes Sub-área de Control) en el territorio Nacional, la Zona de Operación de Transmisión Guerrero Morelos se ubica en la ciudad de Acapulco, Guerrero. Fue creada a partir de la interconexión del Sistema Colotlipa-Acapulco en Mayo de 1973 al Sistema Interconectado Nacional.

Se tiene conocimiento que la Zona de Operación de Transmisión surge en el tablero de la subestación “El Quemado” ubicada en el poblado con el mismo nombre, junto al operador de la misma. Las primeras relatorías de los que se tiene referencia datan de Abril de 1974.

Se hace oficial su existencia el 20 de Septiembre de 1976 a través del convenio CFE-SUTERM No. 127-76, en donde se constituye de manera oficial el Despacho Nacional de Carga, así como los Despachos de Carga Occidental, Peninsular, Noroeste, Noreste, Norte, Mexicali y el Despacho de Carga Acapulco (hoy Zona de Operación de Transmisión Guerrero Morelos) [11].

La Zona de Operación ejerce su ámbito de influencia sobre las redes de 230 y 115 Kv's en una extensión geográfica de 53,550 Km<sup>2</sup> que corresponden con los estados de Guerrero y Morelos y una pequeña parte del estado de Oaxaca.

Mantiene relaciones de carácter técnico administrativo con la División de distribución Centro Sur; La Gerencia Regional

de Transmisión Central, las Gerencias Regionales: Hidroeléctrica Ixtapantongo y Termoeléctrica Central, la Residencia de Obras Zona Centro Sur.

### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) no cuenta con un sistema como el propuesto a desarrollar, actualmente la información está limitada a ciertos equipos de cómputo dentro de la intranet, la información es comunicada por correo electrónico solo al ingeniero solicitante, esto es ineficaz porque la información debe ser difundida a todo personal involucrado, este mecanismo ocasiona pérdida de recursos humanos, materiales y económicos, provocando tiempos de reacción deficientes al realizar el restablecimiento de la red eléctrica, esto afecta directamente a los usuarios finales de la CFE.

La actualización de la información solo puede ser visualizada dentro del lugar de trabajo en la sala de operación, la cual cuenta con una red local pero sin conexión externa, esto no permite que se monitoree y visualice la información fuera de dicha sala, con la introducción de la propuesta del Sistema de Información Móvil y su aplicación, se contempla mejorar el desempeño del servicio del Sistema Eléctrico de Potencia (SEP).

Por otra parte, la propuesta del Sistema de Información Móvil podrá mostrar en tiempo real los indicadores técnicos de los elementos en servicio y el estado en que se encuentran, de esta forma el operador tomará decisiones oportunas ante los eventos que se puedan presentar.

### V. OBJETIVOS

#### A. Objetivo General

Desarrollar de un Sistema de Información Móvil para consulta de información de las condiciones del Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) en tiempo real para la Zona de Operación de Transmisión Guerrero Morelos (ZOTGM) perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad.

#### B. Objetivos específicos

- Desarrollar un Sistema de Información Móvil para la visualización de eventos del sistema SCADA que auxilie a los ingenieros de la Zona de Operación de Transmisión Guerrero Morelos en la operación en tiempo real del Sistema Eléctrico de Potencia a su cargo.
- Crear una aplicación de software con el que se comunique con la intranet a través del consumo de una API REST.
- Realizar una funcionalidad que mantenga actualizada y blindada la información del servidor externo para que siempre esté disponible para satisfacer los requerimientos del ingeniero en campo.

VI. METODOLOGÍA

Un modelo de proceso de software es una representación simplificada de este proceso. Un modelo de actividad del proceso muestra las actividades y su secuencia, pero quizá sin presentar los roles de las personas que intervienen en esas actividades.

En este caso se pretende utilizar el modelo de cascada (waterfall), el cual toma las actividades fundamentales del proceso de especificación, desarrollo, validación y evolución, para después representarlos como fases separadas del proceso, representadas en la Fig. 2, tal como especificación de requerimientos, diseño de software, implementación, pruebas, etcétera.

A. *Análisis y definición de requerimientos*

Los servicios, las restricciones y las metas del sistema se establecen mediante consulta a los usuarios del sistema. Luego, se definen con detalle y sirven como una especificación del sistema.

B. *Diseño del sistema y del software*

El proceso de diseño de sistemas asigna los requerimientos, para sistemas de hardware o de software, al establecer una arquitectura de sistema global. El diseño del software implica identificar y describir las abstracciones fundamentales del sistema de software y sus relaciones.

C. *Implementación y prueba de unidad*

Durante esta etapa, el diseño de software se realiza como un conjunto de programas o unidades del programa. La prueba de unidad consiste en verificar que cada unidad cumpla con su especificación.

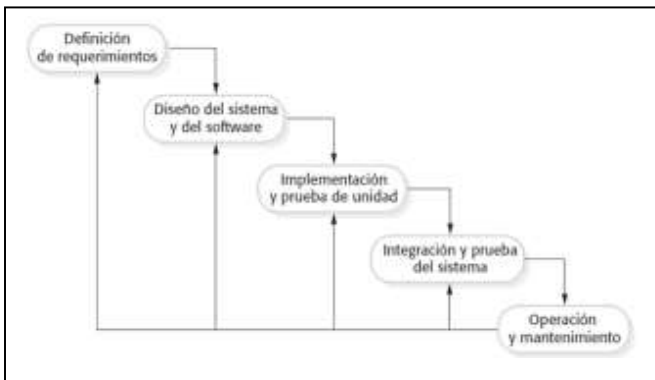


Fig. 2. El modelo de cascada.

D. *Integración y prueba de sistema*

Las unidades del programa o los programas individuales se integran y prueban como un sistema completo para asegurarse de que se cumplan los requerimientos de software. Después de probarlo, se libera el sistema de software al cliente.

E. *Operación y mantenimiento*

Por lo general (aunque no necesariamente), ésta es la fase más larga del ciclo de vida, donde el sistema se instala y se pone en práctica. El mantenimiento incluye corregir los errores que no se detectaron en etapas anteriores del ciclo de vida, mejorar la implementación de las unidades del sistema e incrementar los servicios del sistema conforme se descubren nuevos requerimientos

Esta metodología ha sido elegida porque nos lleva paso a paso durante el desarrollo de nuestro software, estableciendo en primera instancia los requisitos de los usuarios, que en este caso son los ingenieros encargados de la Zona de Operación de Transmisión [12].

VII. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

A. *Requerimientos de usuario*

La falta de un sistema de visualización remota de la información en tiempo real que brinde de manera segura y confiable la información necesaria para una adecuada toma de decisiones en situaciones de eventos en la Sistema Eléctrico de Potencia para el personal de la Zona de Operación de Transmisión

B. *Requerimientos del sistema*

1. Acceso a información actualizada generada en tiempo real por el sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) y transmitida a las instalaciones de la ZOT.

2. La actualización de la información se podrá ver fuera del lugar de trabajo en la sala de operación que tiene una red local pero no una conexión externa.

3. Permitir el seguimiento y visualización de información fuera de la sala de operación.

4. Un Sistema de Información Móvil y una aplicación que tiene como objetivo mejorar el desempeño del servicio del Sistema Eléctrico de Potencia (SEP).

VIII. PROPUESTA SOLUCIÓN

Con el propósito de presentar una propuesta de solución se revisó en conjunto con el personal del Centro de Control todos los requerimientos y necesidades sobre el problema a resolver, en este caso para implementar un Sistema de Información Móvil que permita visualizar los datos del sistema SCADA en tiempo real de manera remota para agilizar la toma de decisiones de los ingenieros operadores.

En la ZOTGM podemos identificar dos redes internas, la red en tiempo real (TR) y la red corporativa, conectadas a un firewall, algunos equipos de la red corporativa se encuentran en la zona desmilitarizada, por tal motivo tiene permisos especiales para obtener información de la red en tiempo real, esta arquitectura se representa en la Figura 3.

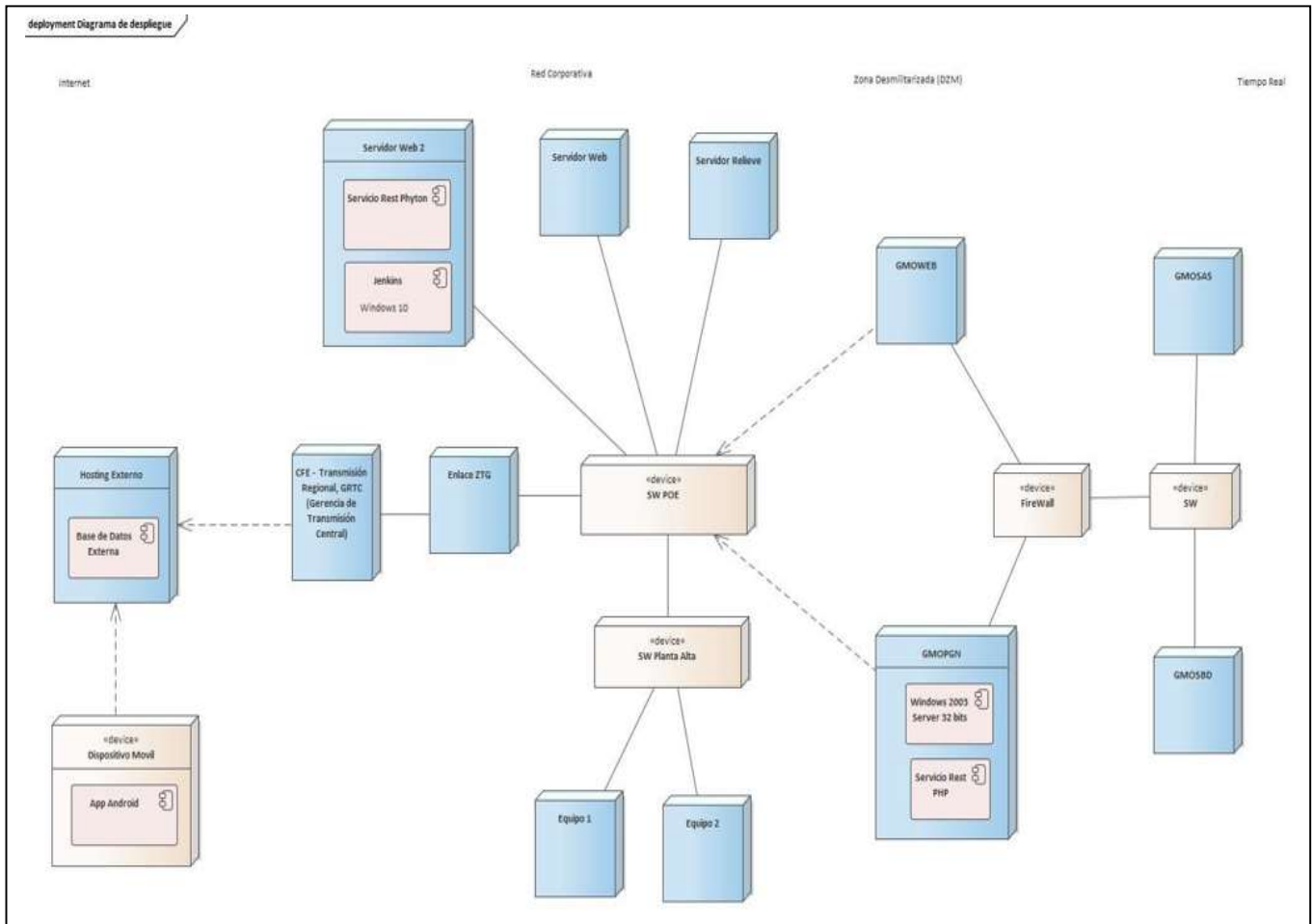


Fig. 3. Arquitectura final de la red.

La solución propuesta se basa en una herramienta informática que se pueda utilizar accediendo a un servidor web, ya que son programas diseñados para ser ejecutados en teléfonos, tabletas y otros dispositivos móviles, que permiten al usuario realizar actividades profesionales, acceder a servicios, mantenerse informado, entre otro universo de posibilidades.

La estructura lógica del desarrollo incluye para el backend, el uso de servicios REST utilizando PHP y ejecutándose en algún servidor de la red corporativa que cuente con permisos de acceso, el cual obtendrá información del sistema de adquisición de datos albergado en la red en tiempo real y con un script que ejecute un calendarizador para actualizar la información en un servidor externo, este servidor externo albergará un segundo servicio REST para actualizar la base de datos, la función de este segundo servicio será de recibir la información de la red de la ZOTGM y enviar la información a una aplicación móvil, se incluirá una base de datos.

En el frontend se propone desarrollar una aplicación móvil utilizando Android Studio, la aplicación se conectará al servidor externo para poder visualizar las consultas realizadas por el usuario. La aplicación tendrá un inicio de sesión donde se tendrá que introducir un usuario y contraseña, ver Figura 4

### A. Seguridad

Se garantiza la confiabilidad de la información ya que se envía encriptada a la base de datos ubicada en el servidor web externo, esta información se desencripta en la aplicación, solamente va a estar disponible para aquellas personas autorizadas a accederla

Para poder lograr la disponibilidad de la información se utiliza un calendarizador con el que se logra mantener actualizada y disponible la base de datos de consulta.

Para realizar una licencia y solicitud el usuario tiene que acceder a la aplicación desde su cuenta lo cual permite la identificación del autor, a su vez, para las licencias y solicitudes autorizadas o no autorizadas también se registra el usuario que las autorizo o denegó.

La creación de cuentas de usuario se realiza mediante el usuario administrador, que recopila cierta información para poder realizar la creación de cuentas de usuario con contraseña, con la cual se tiene la función de autenticar el acceso de los usuarios.

### B. Elementos de la interfaz

Se propone que en primera instancia se encuentre el nombre de la aplicación, con el color verde que caracteriza a la Comisión Federal de Electricidad.

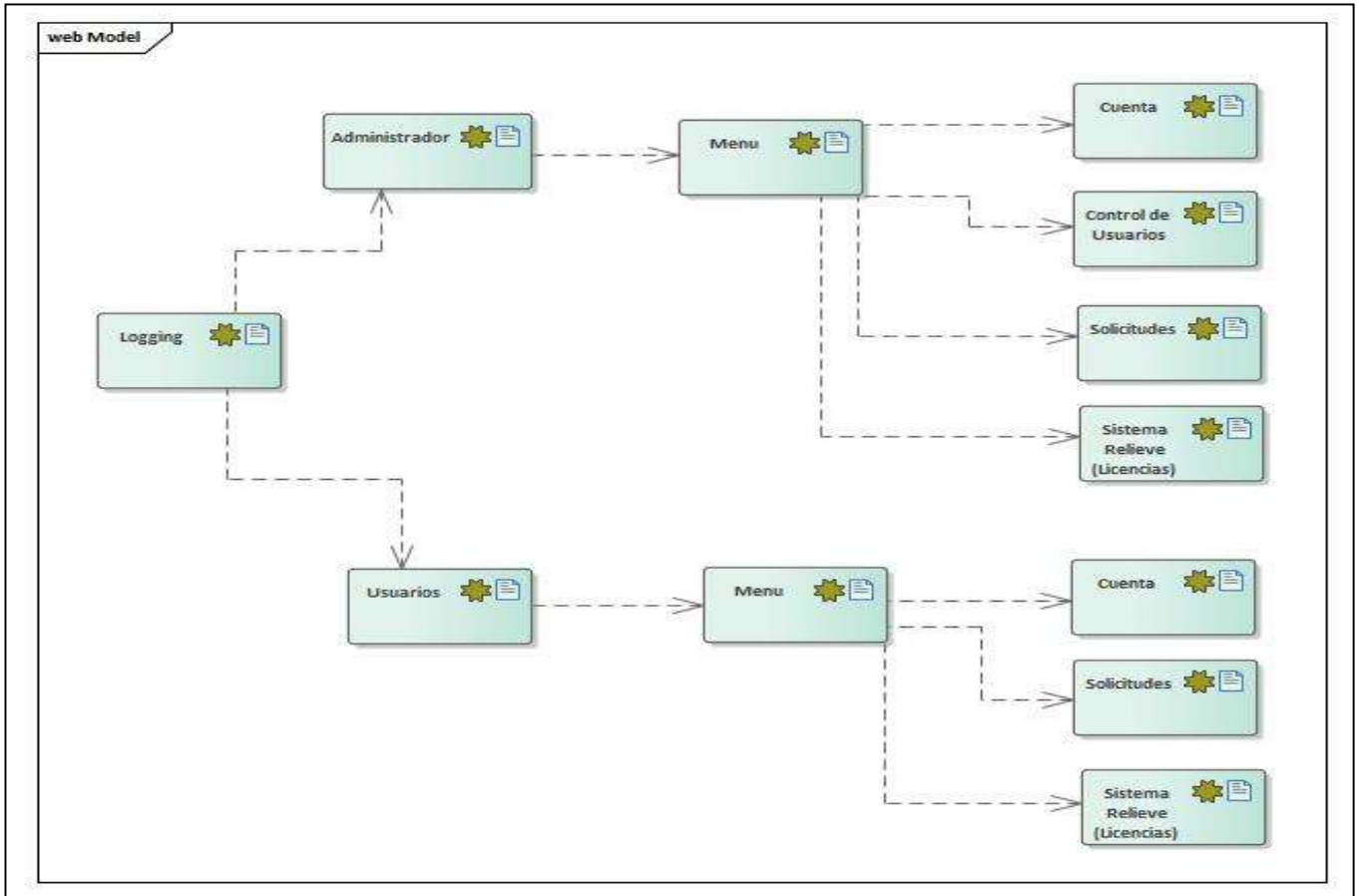


Fig. 4. Diseño navegacional.

En seguida se observaría que se encuentra un área para ingresar el usuario, el cual aún no se decide si será el nombre del trabajador, matricula, número de plaza o contrato.

Como tercer elemento se encontraría el área para ingresar la clave de acceso o contraseña

El cuarto elemento será un botón de inicio de sesión, el cual validará si los datos de usuario y contraseña son correctos o no, si son correctos dará acceso a la visualización de la información, de lo contrario negará el acceso.

Dentro de esta pantalla principal también encontraremos el logotipo de CFE, el cual nos redireccionará a la página oficial de la Comisión Federal de Electricidad.

Y por último en la parte inferior de la pantalla se encontrarían las redes sociales oficiales de la CFE, ver figura 5



Fig. 5. Propuesta de inicio de sesión.

## IX. CONCLUSIONES

El artículo propone el desarrollo de una herramienta informática de implementación móvil que sea de gran utilidad para el sector energético en Zona de Operación de Transmisión Guerrero Morelos, empleando un método de visualización remoto del sistema SCADA.

La herramienta mencionada en este trabajo se encuentra en un estatus de propuesta, es por este motivo que aún no se han obtenido resultados, por lo cual no se conoce el nivel de efectividad y practicidad que se pueda obtener.

Los beneficios establecidos no son solo en los aspectos técnicos, sino que se contribuye plenamente a las ventajas económicas en términos de reducción de costos operativos y de actualización.

En el futuro se tiene la intención de continuar con el desarrollo del sistema propuesto y realizar estudios sobre la seguridad, vulnerabilidades y rendimiento del sistema.

## REFERENCIAS

- [1] Plancarte, J. R., De la Cruz, E., Gutiérrez, F. J., Hernández, R., Viveros, E., & Ortiz, J. Análisis para el desarrollo de un Sistema de Información del Sistema Eléctrico de Potencia de una Zona de Operación de Transmisión utilizando tecnologías web (SISEPW). Acapulco, Guerrero, México, 2021.
- [2] Hidalgo, T. B., De la Cruz, E., De Jesús, A. D. Sistema de información para la gestión de incidencias de la esc. Prim. Urb. Fed. Vesp. "Plan de Ayutla", Acapulco, Guerrero, México, 2020.
- [3] Reza B'Far. Mobile Computing Principles. Cambridge University Press. 2005.
- [4] Baz, A., Ferreira, I., Álvarez, M., García, R. Dispositivos Móviles. Ingeniería de Telecomunicaciones. 2013.
- [5] Chen, C. Significado de Sistema de información. Significados. 2019.
- [6] Brown, E. Web Development with Node and Express (2 ed.) : Van Duuren Media. Culemborg, Países Bajos, 2019.
- [7] CDI Centro de Delitos Informáticos. 2017.
- [8] Garfinkel, S. Seguridad y Comercio en la Web: McGraw Hill/Interamericana de España, 1999.
- [9] Aguilera, P. Seguridad informática. México, 2010.
- [10] Gallardo, G. Seguridad en Base de Datos y Aplicaciones Web, 2015.
- [11] CFE Comisión Federal de Electricidad. Reglas de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional. México. 2005.
- [12] Sommerville, I. Software Engineering (Ninth Edition). Pearson Education. 2011.

# Estimación del nivel de glucosa mediante fotopletismografía aplicando el Infrarrojo cercano

Carlos Edgar Vázquez López<sup>1</sup>, Diana Gamboa, Eduardo Covarrubias Macías  
Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana  
Tijuana, Baja California

<sup>1</sup>Autor de correspondencia: carlos.vazquez@tectijuana.edu.mx  
Email: {diana.gamboa ,eduardo.covarrubias193}@tectijuana.edu.mx

**Resumen**—Este artículo tiene como objetivo estudiar el impacto del método de fotopletismografía mediante la técnica reflectiva aplicando sensores en el rango de infrarrojo. Por lo que en este trabajo de investigación se propone implementar la técnica reflectiva no invasiva de fotopletismografía utilizando los IRLED: LTE-302 y COM-09349; para comparar el óptimo funcionamiento de los fotodiodos VEMD-8080 y FDS-100, para estimar un nivel de glucosa mediante la conversión de fotones IR a voltaje. Posteriormente, con los resultados obtenidos se implementará la etapa de procesamiento de datos para establecer un modelo lineal, el cual relacione un nivel de voltaje con una concentración de glucosa obtenida de un glucómetro invasivo en base a un protocolo. Finalmente, se desarrollará una interfaz gráfica para visualizar los datos obtenidos de manera ordenada e informativa. Este trabajo de investigación busca contribuir en el área de Soft Computing del congreso; así como el desarrollar un dispositivo electrónico capaz de estimar niveles de glucosa de manera no invasiva.

Palabras claves— fotopletismografía, fotodiodo, soft computing.

## I. INTRODUCCIÓN

La diabetes es una amenaza para la salud mundial que no respeta el estado socioeconómico ni las fronteras entre países [1], ya que es una enfermedad crónica que ocurre cuando el páncreas no puede producir insulina, o cuando el organismo no puede utilizar la insulina que produce. La prevalencia de la diabetes a nivel mundial se incrementa por una compleja interacción de factores socioeconómicos, demográficos, ambientales y genéticos. En México [2,3], de acuerdo con los datos de mortalidad en 2020, se reportaron 1 086 743 fallecimientos, de los cuales 14% (151 019) correspondieron a defunciones por diabetes mellitus. De estas, 52% (78 922) ocurrieron en hombres y 48% (72 094) en mujeres. La importancia del monitoreo oportuno de los niveles de glucosa mediante instrumentos no invasivos [4], impacta en mejorar la calidad de vida de las personas que padecen esta enfermedad y por ende es de gran interés la investigación constante en el tema. Recientemente, en [5] se ha reportado el desarrollo de la técnica de fotopletismografía, en la cual se concluye sobre la importancia de los diodos emisores de luz en el rango del infrarrojo cercano (IR LED) para la estimación de glucosa. En un trabajo de investigación [6], se evidencia los niveles para personas en un rango de no diabéticas, prediabéticas y

diabéticas, es importante destacar que el azúcar en la sangre se mide en miligramos por decilitro (mg/dL). Existen cuatro categorías para determinar el nivel de azúcar en la sangre, siendo estos: bajo, normal, alto y muy alto. El nivel bajo de azúcar en la sangre se le asocia a una lectura inferior a 60 mg/dL. La lectura normal de azúcar en la sangre se encuentra entre 80 y 200 mg/dL. La lectura de 200 a 400 mg/dL implica una alerta significativa; por lo que tener una lectura por encima de 400 mg/dL implica que el paciente tiene un nivel de glucosa muy alto.

Una de las principales ventajas de implementar métodos de medición no invasivos conlleva a una reducción significativa asociada al umbral del dolor y al estrés/trauma rutinario del pinchado con una lanceta. Los métodos no invasivos de monitorización de la glucosa conllevan a minimizar las dificultades implicadas en la medición de la glucosa y, por tanto, reducen el costo de la asistencia sanitaria [7,8]

El presente artículo se organiza de la siguiente manera. En la segunda sección se presentan los materiales y el diagrama electrónico, en la tercera sección se muestra en análisis de los resultados obtenidos asociados a la estimación de glucosa, así mismo se evidencian los resultados mediante simulaciones numéricas y en la sección cuarta se muestran las conclusiones de este proyecto.

## II. METODOLOGÍA Y MATERIALES

El circuito electrónico para estimar glucosa, consiste de dos diodos emisores de luz infrarroja y un fotodiodo. En los capilares de los dedos existe un cambio constante del flujo sanguíneo, el mismo que produce variaciones en la intensidad de la luz reflejada, la cual será detectada por el fotodiodo.

La detección en los fotodiodos puede verse afectada por diversos factores. Ya que existen desajustes en el índice de refracción de diferentes componentes del tejido como las membranas celulares, también a factores como el estado de la piel como el envejecimiento e hidratación, el grosor o el color. Como se muestra en la Figura 1, para evaluar la técnica fotopletismográfica que estimara el nivel de glucosa por reflexión de IR se analizan las combinaciones mostradas en la Figura 1, en este trabajo de investigación se opta por aplicar la técnica fotopletismográfica reflectiva, utilizando el IR LED LTE-302, IR LED COM-09349, Fotodiodo FDS-100 y Fotodiodo VEMD-8080.



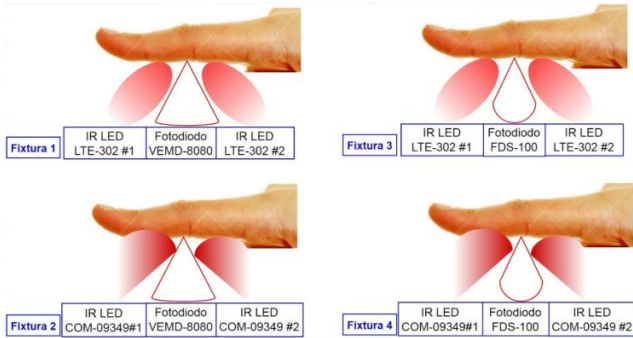


Fig. 1. Técnica fotoplestismográfica reflectiva a utilizar con dos IRLED y un Fotodiodo por fixtura, en total se implementaron cuatro fixturas.

La Figura 2 muestra el diagrama a bloques que describe de manera general las etapas del proyecto. Para generar la señal fotoplestismográfica se utilizaron dos IR LED infrarrojos y dos tipos de fotodiodos, el VEMD-8080 que es de montaje superficial; y el FDS-100 con empaquetado TO-5 de tres terminales. Estos componentes se seleccionaron porque trabajan en el rango espectral deseado, el NIR, y se complementan entre sí, es decir, los fotodiodos son más sensibles a la longitud de onda que emiten los IR LEDs. El fotodiodo VEMD-8080 es sensible un 90% a los 940 nm. El FDS-100 tiene su pico de sensibilidad alrededor de los 950 nm.

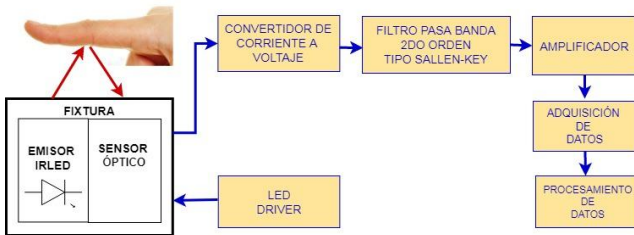


Fig. 2. Diagrama a bloques del sistema no invasivo.

Se identifica que hay una relación directa entre la cantidad de fotones reflejados y la corriente inversa producida por el fotodiodo, por lo cual se diseñó un convertidor de corriente a voltaje con un amplificador operacional LM324 configurado en modo fotovoltáico el cual se ilustra. El voltaje obtenido se acopla a un filtro pasa banda activa de 2do orden tipo Sallen-Key con frecuencias de corte desde 0.5 Hz para eliminar la componente directa hasta 5 Hz para tomar el rango que abarque solo la frecuencia cardiaca. Posteriormente se amplifica y la señal se ingresa a una tarjeta de adquisición de datos, finalmente, se realiza el procesamiento de estos datos en un programa desarrollado para mostrar el valor estimado de glucosa (mg/dl), como se muestra en la Figura 3.

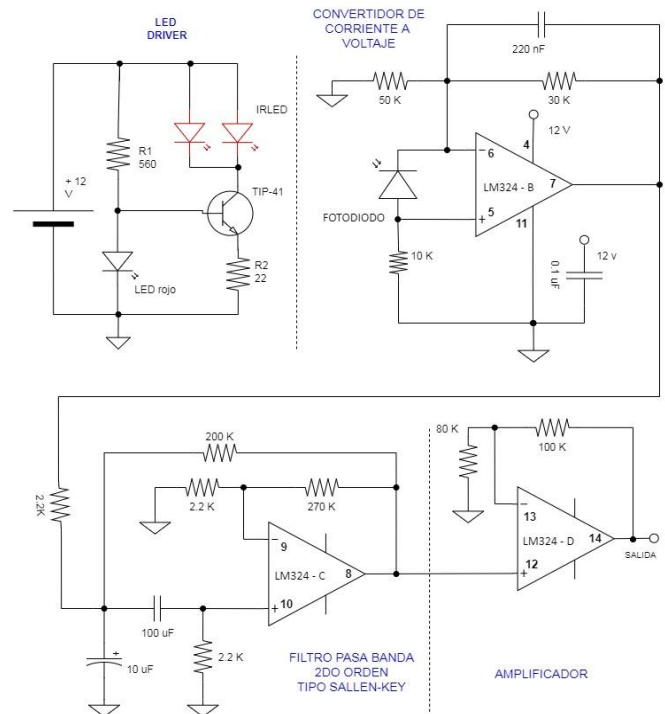


Fig. 3. Diagrama a eléctrico del sistema fotoplestismográfico.

Con estos componentes, se construyeron cuatro fixturas mostradas en la Figura 4, con el objetivo de comparar las señales obtenidas e identificar el Fotodiodo que evidencie un mejor resultado de las señales obtenidas. Cada una de las fixturas posee una cubierta de vidrio para evitar factores externos que pudieran perjudicar en el censado de los datos y para indicar la posición correcta del dedo índice. La fixtura 1 se define como la combinación VEMD-8080 y IR LED LTE-302, la fixtura 2 se define como la relación entre VEMD-8080 y COM-09349; la fixtura 3 se define como la combinación entre el Fotodiodo FDS-100 y el IR LED LTE-302, mientras que la fixtura 4 es la combinación entre el Fotodiodo FDS-100 con IR LED COM-09349.

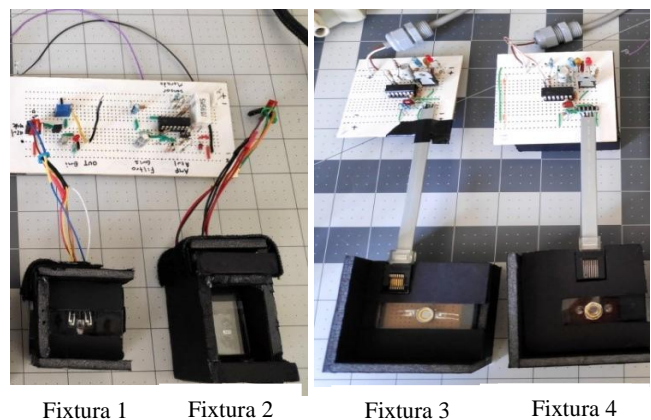


Fig. 4. Fixturas construidas

Así mismo, se utilizó un glucómetro medidor de glucosa OneTouch® Select Plus Flex™, como se muestra en el inciso a) de la Figura 5; para posteriormente establecer una relación estimativa de voltaje con el valor directo de glucosa en el organismo. Además, se considera de un oxímetro de pulso de la marca Home Care como se evidencia en el inciso b) y un monitor de presión arterial digital de brazo de la marca Neutek BP-103H mostrado en el inciso c); para determinar la existencia de una influencia crítica en los niveles de glucosa.

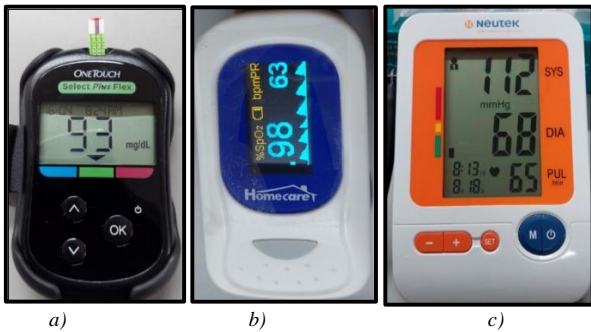


Fig. 5. Instrumentos comerciales utilizados en un usuario con autopercepción de sano. En el inciso a) se muestra el registro del glucómetro OneTouch® Select Plus Flex™, en el inciso b) se muestra los datos de oximetría del dispositivo Home Care, mientras que el inciso c) se observa el instrumento de medición de presión Neutek BP-103H.

En relación con los datos obtenidos, estos fueron adquiridos mediante la participación voluntaria de tres usuarios que se identifican como sanos y durante cuatro días se midieron los niveles de glucosa de manera invasiva en ayudas respetando 12 horas de no ingesta y durmiendo 8 horas, como se muestra en la Figura 6.

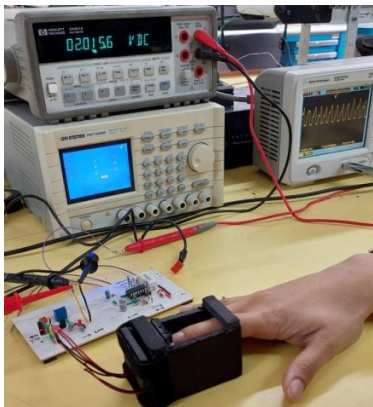
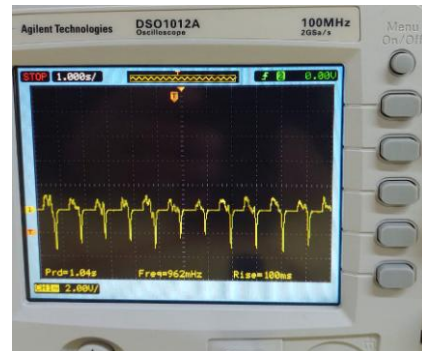


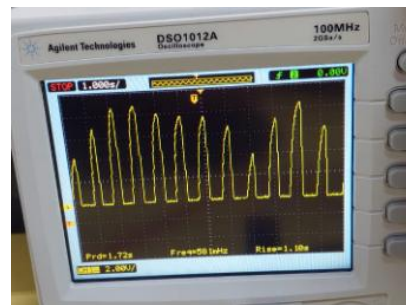
Fig. 6. Estimación de niveles de Glucosa utilizando la Fixtura 2.

Después de las pruebas invasivas con el glucómetro, cada usuario, registró el nivel de voltaje obtenido de cada una de las Fixturas; asociando la concentración de glucosa obtenida por el glucómetro OneTouch® Select Plus Flex™ con el nivel de voltaje medido con el multímetro digital Hewlett Packard 34401A, como se muestra en la Tabla 1. En la Figura 7, se aprecia la forma de onda en el osciloscopio, en el inciso a) se muestra la señal con acoplamiento de CA para verificar que la salida del circuito indicado en la Figura 3 proporciona la señal

equivalente a un ECG y en el inciso b) se aprecia la forma de onda que suministra la salida del circuito de la Figura 3 que es el equivalente al nivel de glucosa en la sangre en un nivel de voltaje de corriente directa. El instrumento que se utilizó fue el osciloscopio Agilent Technologies DSO1012. Que presenta la opción de guardar la serie de voltajes adquiridos en formato de Excel.



a)



b)

Fig. 7. Visualización de los niveles de voltaje en el osciloscopio Agilent Technologies DSO1012. En el inciso a) se muestra la señal con acoplamiento CA del osciloscopio y en el inciso b) se aprecia la misma señal pero ahora en acoplamiento CD del osciloscopio.

### III. DESARROLLO Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

Con los voltajes medidos con el osciloscopio acoplado en CD (Voltaje de corriente Directa), se generó el archivo con las mediciones adquiridas con el osciloscopio y se procedió a generar la ecuación cuadrática que estimara el nivel de glucosa con su correspondiente nivel de voltaje; por esta razón se midió el voltaje con el multímetro y se comparó con el que presenta la interfaz visual desarrollada.

En la Tabla 1 se muestra los valores obtenidos durante las mediciones, en esta tabla la segunda columna titulada “Us” representa cada uno de los tres usuarios, la columna “Oxg” indica el porcentaje de oxigenación en sangre. Y las columnas nombradas de F1 a F4 representan los resultados obtenidos por cada una de las fixturas en CD. La letra “D” representa el día, “Presión” hace referencia a la sys/día, “Glucosa” es el indicativo al nivel de azúcar en la sangre y se mide en mg/dL. “Oxg” es el referente a oxímetro y se registra en porcentaje  $S_pO_2$ .



TABLA I. PARÁMETROS RELACIONADOS A LA SALUD Y VOLTAJES MEDIDOS UTILIZANDO EL MULTÍMETRO DIGITAL HEWLETT PACKARD 34401A.

D	Us	Presión	Oxg	Glucosa	F1	F2	F3	F4
1	1	116/79	98	85	1.414	1.9697	2.027	2.178
	2	138/83	97	109	1.338	1.7618	1.797	2.119
	3	113/70	99	82	1.451	2.0255	2.257	2.495
2	1	112/68	98	90	1.375	2.0156	1.862	2.097
	2	138/78	97	93	1.3	1.8509	1.905	2.175
	3	127/69	99	74	1.434	1.9907	2.195	2.531
3	1	120/67	97	81	1.369	1.9457	1.736	2.066
	2	138/74	97	92	1.318	1.6136	1.737	1.906
	3	116/74	99	94	1.479	2.0832	2.296	2.595
4	1	119/82	98	80	1.211	1.6723	1.749	2.025
	2	137/79	97	101	1.183	1.5138	1.835	2.249
	3	107/71	98	76	1.539	2.1736	1.414	2.712

En el inciso a) de la Figura 8, se presentan las gráficas generadas con los datos suministrados por el osciloscopio digital configurado en acoplamiento CA en el día tercero por la Fixtura 1; así como en el inciso b) se muestran la señal obtenida en el osciloscopio digital configurado en acoplamiento CD.

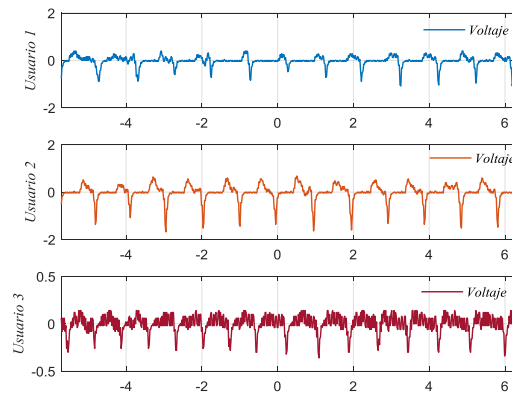
En la Tabla II, se presenta el resultado del análisis de las mediciones realizadas con el osciloscopio para cada fixtura. Se desarrollaron cuatro ecuaciones cuadráticas que corresponden a cada fixtura, las cuales se aprecian en la Figura 4. Es importante destacar que los infrarrojos utilizados se encuentran en el rango de los 940nm y la concentración de glucosa (mg/dL) se identifica por la variable (Y). El valor de  $R^2$  implica el coeficiente de determinación de la ecuacion cuadratica definida con los datos experimentales obtenidos con el osciloscopio y el nivel de glucosa indicado en Tabla I.

TABLA II. ECUACIONES CUADRÁTICAS OBTENIDAS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE REGRESIÓN.

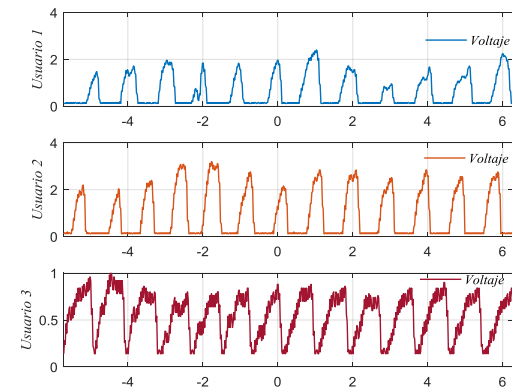
Fixtura	Ecuación cuadrática	$R^2$
1	$Y = -29.8v^2 + 10.6v + 130$	0.99
2	$Y = -18.7v^2 + 31.5v + 96.2$	0.811
3	$Y = 28.3v^2 - 156v + 285$	0.604
4	$Y = 39.5v^2 - 223v + 391$	0.561

Con las ecuaciones cuadráticas en la Tabla II de cada fixtura, se inició con el desarrollo de una interfaz visual para validar los resultados obtenidos. Se utilizo la tarjeta de adquisición de datos de NI USB-6211. En el inciso a) de la Figura 9, se muestra la primera sección del diagrama que se encarga de adquirir la señal que produce la salida del circuito de la figura 3, durante 15 segundos. Dos bloques DAQ assistant reciben los datos y se presentan en la pantalla de la interfaz visual

para comprobar que presentan la misma forma de onda que se visualiza en el osciloscopio, de esta forma comprobamos que los datos a procesar son correctos. Con esta certeza se procede a utilizar la ecuación cuadrática y calcular el voltaje con su correspondiente estimación de glucosa. Mientras que en el inciso b) se encuentra la sección del diagrama que se encarga de almacenar como archivo.xlsx las señales adquiridas durante los 15 segundos. Se especifica una ruta donde se guardará y se elige un nombre. Se registra la fecha y hora y se agregan al nombre del archivo.bg

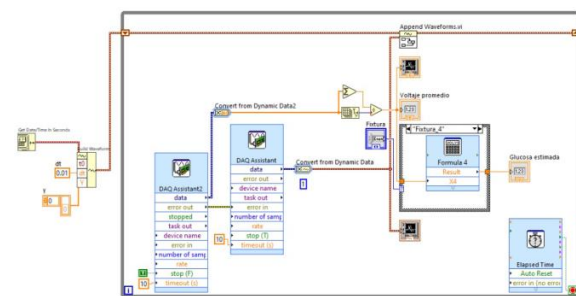


a)

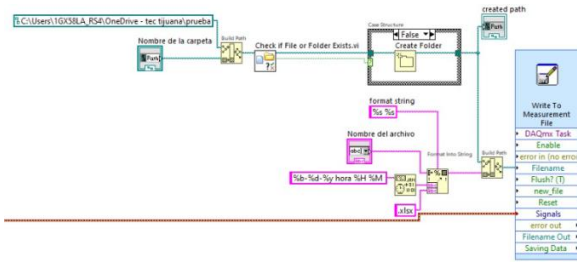


b)

Fig. 8. Datos estimativos de voltaje utilizando una plataforma especializado de código abierto de matemáticas. En el inciso a) se visualiza la forma de onda generada con los datos obtenidos del osciloscopio con acoplamiento en CA y en el inciso b) se aprecia las mismas senales pero ahora en el acoplamiento CD del osciscopio.



a)



b)

Fig. 9. Sección encargada de muestrear y graficar los datos. En el inciso a) se muestra la etapa de adquisición de datos y el procesamiento de datos a corde a la fixtura y su ecuacion cuadratica correspondiente; en el inciso b) se muestra el proceso para almacenar los datos y creacion de una base de datos de cada fixtura la cual se este utilizando para pruebas experimentales.

La Figura 10 presenta la interfaz visual desarrollada con LabVIEW. Aquí el usuario selecciona las iniciales de su nombre y la fixtura en la cual se medirá. Al correr el programa se visualizan dos gráficas. La correspondiente al nivel de voltaje que se está adquiriendo y la señal de referencia que se comparara con la obtenida del osciloscopio.

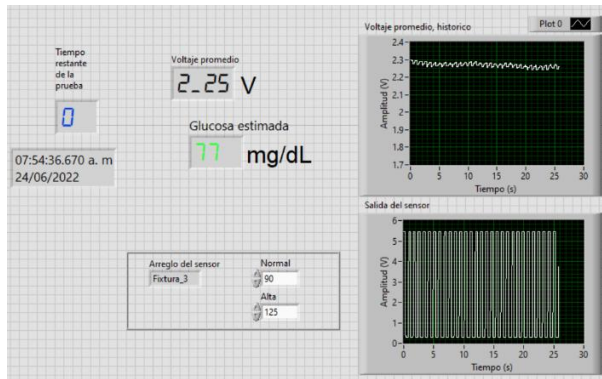


Fig. 10. Interfaz visual del programa desarrollado.

Cabe resaltar que estas son herramientas para realizar el análisis de los datos de cada usuario y cada fixtura de manera automática, con la finalidad de realizar los ajustes necesarios a las ecuaciones desarrolladas para tener una mejor estimación de glucosa y determinar que fixtura es la que presenta mejores resultados.

IV. CONCLUSIONES

- Las ventajas de los componentes utilizados fue su compatibilidad en el rango espectral, es decir, los sensores tienen un pico de sensibilidad muy cercano a la longitud de onda que emiten los LEDs infrarrojos.
- La implementación de los infrarrojos IR LED LTE-302 e IR LED COM-09349 mediante su ecuación cuadrática indicada en la Tabla II; utilizando el esquema de la Figura 1, evidencia que el fotodiodo VEMD-8080 promete ser una opción adecuada para continuar desarrollando la investigación,

pero ahora con personas con un cuadro diabético controlado y en etapa 1.

- Valores de oxigenación y presión arterial no interfieren en los resultados. Respecto a la oxigenación todos los usuarios presentaron un nivel mayor a 97%. Por lo que no hay probabilidad de que este parámetro haya modificado los resultados porque se encontraban en las mismas condiciones.
- Respecto a las características físicas de la piel como el grosor, color, textura, hidratación, entre otras; hacen falta futuras pruebas en mayor cantidad de usuarios.
- La tarjeta DAQ NI USB-6211, es una excelente herramienta que permitirá que se almacene una mayor cantidad de datos en cada registro dactilar para posteriormente establecer una nueva ecuación cuadrática que se ajusten a los resultados obtenidos en comparación con el glucómetro invasivo; primeramente, en personas sanas.

A. Recomendaciones

Como trabajo a futuro se utilizarán las ecuaciones para tomar muestras en un mayor número de usuarios y durante más días. Tanto en pruebas aleatorias, o por protocolo como son medir después de ingerir alimentos para validar su acercamiento. Se recomienda la impresión 3D para un diseño de fixturas más robustas.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló durante el año sabático del C. Carlos Edgar Vázquez López en el programa de investigación científica, tecnológica o educativa bajo la modalidad: A.1. Proyecto de investigación científica: “Caracterización y procesamiento de señales infrarrojas para el desarrollo de un glucómetro no invasivo”, con la autorización No AS-2-124/201 registrado en el TecNM.

REFERENCIAS

- [1] I.V. Kononenko, O.M. Smimova, A.Y. Mayorov y M.V. Shestakova, “Classification of diabetes. World Health Organization 2019. What’s new?”. *Diabetes mellitus*, vol. 23, no. 4, pp. 329-339, 2020.
- [2] Y.G. Román Sánchez, H. Montes de Oca Vargas y J.A. Soberón Mora, “Mortalidad y proyecciones por causas de muerte en el Estado de México, 1980-2050”. *Papeles de población*, vol. 26, no. 105, pp. 155-182, 2020.
- [3] M. Romero-Martínez, T. Shamah-Levy, E. Vielma-Orozco, O. Heredia-Hernández, J. Mojica-Cuevas, L. Cuevas-Nasu y J. Rivera-Dommarco, “Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: metodología y perspectivas”. *Salud Pública de México*, vol. 61, pp. 917-923, 2021.
- [4] H. W. Loh, S. Xu, O. Faust, C.P. Ooi, P.D. Barua, S. Chakraborty, R. Tan, F. Molinari y U.R. Acharya, “Application of Photoplethysmography signals for Healthcare systems: An in-depth review”. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 106677, 2022.
- [5] E. Susana, K. Ramli, H. Murfi y N.H. Apriantoro, “Non-Invasive Classification of Blood Glucose Level for Early Detection Diabetes Based on Photoplethysmography Signal”. *Information*, vol. 13, no. 2, pp. 59, 2022.
- [6] K.K. Aldossari, M.M. Shubair, S.H. Al-Ghamdi, A.A. Alduraywish, A. A. Almeshari, A. A. Alrashheed, R. Aldahash, K. Angawi, A. Gaissi, H.A. Alhumud y A. El-Metwally, “Psychological Wellbeing of Diabetic Individuals, Prediabetics, and Non-diabetics: A Population-Based Study in Saudi Arabia”. *Frontiers in Psychology*, vol. 13, 2022.

- [7] E. Sorbellini, M. Ruco y F. Rinaldi, "Photodynamic and photobiological effects of light-emitting diode (LED) therapy in dermatological disease: an update". *Lasers in medical science*, vol. 33, no. 7, pp. 1431-1439. 2018.
- [8] J.Allen, "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement". *Physiological measurement*, vol. 28, no. 3, R1.2007

# Accionamiento eléctrico para un motor de inducción para alta eficiencia con estimación de la velocidad

1<sup>st</sup> Saul Rodriguez Baez  
Maestría en ingeniería  
electrónica, opción  
instrumentación electrónica  
BUAP  
Puebla, México  
[saul\\_rodriguezba@alumno.buap.mx](mailto:saul_rodriguezba@alumno.buap.mx)

2<sup>nd</sup> Dr. Gerardo Mino Aguilar  
Maestría en ingeniería  
electrónica, opción  
instrumentación electrónica  
BUAP  
Puebla, México  
[gerardo.mino@correo.buap.mx](mailto:gerardo.mino@correo.buap.mx)

3<sup>rd</sup> Dr. Germán A. Muñoz H.  
Maestría en ingeniería  
electrónica, opción  
instrumentación electrónica  
BUAP  
Puebla, México  
[germanardul.munoz@correo.buap.mx](mailto:germanardul.munoz@correo.buap.mx)

4<sup>th</sup> Dr. Alejandro Paredes C.  
Motion Control and Industrial  
Application  
Universidad Politécnica de  
catalunya  
line 4: Barcelona, España  
[alejandro.paredes@upc.edu](mailto:alejandro.paredes@upc.edu)

**Abstract**— The main aim of this paper is to control the speed by changing the torque at different times during the operation of a squirrel cage induction motor, using direct vector control, which consists of an independent control of the magnetic flux of the stator and the electromagnetic torque of the rotor. In this work we also implemented a simulated electric drive, Matlab-Simulink, using the theory of field-oriented control, FOC, in the particular case of direct vector control, where the stator currents and the rotor induced currents are separated to control them independently and maintaining a constant speed even with changes in the torque.

**Keywords**— Sensorless, Control, Vector, Simulink

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las máquinas eléctricas rotativas son la parte fundamental en la industria, usando la energía eléctrica como fuente de alimentación, convirtiéndola en energía mecánica mediante motores eléctricos de corriente alterna (CA) o de corriente continua (CD), entre los tipos de motores de CA se encuentran los denominados motores de inducción y en particular con rotor tipo jaula de ardilla M.I.T.J.A. Hoy en día, los motores de inducción trifásicos son muy utilizados en los procesos industriales debido a su robustez (relación peso/potencia), larga vida, facilidad de operación, bajo costo y menos piezas comparado con otros [5]. Por otro lado, todas las aplicaciones industriales requieren de variaciones de velocidad y un control preciso del motor, para que el resultado sea eficiente y ágil, logrando así el resultado esperado del proceso.

En particular el presente trabajo se basa en el control vectorial directo sin sensor de velocidad, que es una técnica que se centra en el principio de funcionamiento del motor de corriente directa (CD) combinada con la robustez del M.I.T.J.A, dando como resultado un buen desempeño en el trabajo del motor y bajo costo en el control de velocidad, dado que la velocidad de rotor del M.I.T.J.A se puede calcular usando un modelo dinámico [3].

Los motores de inducción tipo jaula de ardilla también son conocidos como máquinas eléctricas asíncronas, denominadas

así debido a que su velocidad de giro  $N$  es diferente a la velocidad de sincronismo  $N_s$ . Al circular una corriente por un cable se genera un campo magnético, siguiendo este principio al aplicar una corriente alterna trifásica a los devanados del estator se genera un campo magnético giratorio que se le conoce como velocidad de sincronismo  $N_s$ , este a su vez induce una corriente eléctrica a las espiras del rotor (de ahí el nombre de motor de inducción) generando un par mecánico que hace que gire el rotor a una velocidad  $N$ , ligeramente menor a la velocidad de sincronismo  $N_s$ .

$N$  = velocidad del rotor  
 $N_s$  = velocidad de sincronismo  
 $N < N_s$

De aquí se obtiene

$$S = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 \quad (1)$$

$S$  = Deslizamiento.

Es común representar el deslizamiento en porcentaje a la velocidad de sincronismo y siempre se encuentra entre el 2 y el 5%.

En este tipo de motores se pueden aplicar distintas técnicas de control, en particular se utilizará el control vectorial directo por campo orientado, esta técnica consiste en un control independiente del flujo magnético del estator y del par electromagnético del rotor, este proceso se hace minimizando el modelo no lineal del motor de inducción a un modelo ortogonal de dos ejes “d-q” que permite modelar al motor de inducción como un motor de (CD) de excitación independiente. El sistema trifásico se transforma a un sistema bifásico usando vectores espaciales y el sistema  $\alpha$  y  $\beta$  transformarlo a un sistema de ejes d, q, logrando controlar el flujo magnético mediante la regulación de la componente de corriente del eje d, mientras que el par electromagnético es controlado mediante la regulación de corriente asociada al eje q de cuadratura [5].

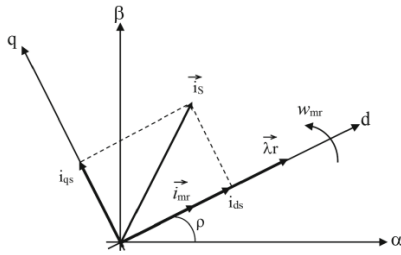


Fig. 1. Las figuras a doble columna deben respetar márgenes y estilo.

Para lograr el control vectorial directo se debe modelar el motor en ejes del flujo magnético del rotor haciendo un cambio de variable no lineal, al hacer el modelado de la máquina eléctrica asíncrona da como resultado un sistema de ecuaciones no lineales dependientes del tiempo, entonces se deben transformar estas en ecuaciones lineales independientes del tiempo, ya transformado el sistema en lineal e independiente del tiempo se puede controlar aplicando técnicas de control lineal clásico para buscar que realice una linealización entrada-estado. Este tipo de control solo incluye en las ecuaciones de linealización los términos no lineales dependientes del tiempo de las ecuaciones de estado de las variables eléctricas del motor y se considera la velocidad del rotor como un parámetro. Para generar un desacoplo del par mecánico y del flujo electromagnético es necesario mantener al flujo constante ya que la ecuación del par mecánico es una relación no lineal entre el flujo y la corriente del par del motor de inducción tipo jaula de ardilla [2].

En este escrito se lleva a cabo el desarrollo del modelo del motor de inducción tipo jaula de ardilla MITJA, implementando el control vectorial directo en el software Simulink de Matlab, obteniendo resultados de cambio de velocidad y de torque, manteniendo el comportamiento del motor de una forma óptima reflejándose en las gráficas obtenidas de los parámetros como corrientes, voltajes, flujo, velocidad y torque.

## II. MODELADO DEL MOTOR

El motor de inducción es una máquina eléctrica que recibe esta energía para transformarla en energía mecánica, para operarla en estado estacionario es muy fácil, sin embargo, su principio de funcionamiento es complejo, para tener un control preciso de ella se necesita modelarla, lo cual no es tan sencillo como operarla en estado estacionario.

Se puede considerar que la parte más compleja en el diseño de un accionamiento es definir el modelo del motor de inducción. Ya que además de incluir los parámetros clásicos en el sistema de ecuaciones y de definir las variables de control, en este se deben considerar algunos fenómenos que modifican el comportamiento de la máquina a medida que las condiciones de operación van cambiando. También es necesario considerar las pérdidas que se producen por fenómenos eléctricos, mecánicos y en ocasiones las producidas por la conmutación de

los dispositivos de potencia. A continuación, se presenta el sistema de ecuaciones que definen el modelo ideal de un motor de inducción. Se considera para el análisis en un sistema de referencia (d-q) orientado con el vector de flujo del rotor  $\Psi_r$  del sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \frac{d\Psi_r}{dt} &= \frac{-\Psi_r}{T_r} + \frac{i_d L_m}{T_r} \\ \frac{di_d}{dt} &= \frac{i_d}{T_s} + \frac{u_d}{L_s} + \frac{[\omega_0 L_s i_q + \frac{K_r \Psi_r}{T_r}]}{L_s} \\ \frac{di_q}{dt} &= \frac{-i_q}{T_s} + \frac{u_q}{L_s} + \frac{[\omega_0 L_s i_d + K_r \Psi_r Z_p \omega]}{L_s} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{m_e - m_H}{J}$$

Donde:

- $T_r$  es la constante de tiempo del rotor
- $i_d$  es la corriente de estator en el eje d
- $L_m$  es la inductancia de magnetización o inductancia mutua
- $T_s$  la constante de tiempo en el estator
- $u_d$  la tensión de estator en el eje d
- $K_r$  la constante definida por el cociente de  $L_m$  entre  $L_r$
- $i_q$  la corriente de estator en el eje q
- $L_s$  la inductancia total en el estator
- $u_q$  la tensión de estator en el eje q
- $\omega$  la velocidad actual del rotor
- $\omega_0$  la velocidad angular fundamental
- $m_e$  el par electromagnético
- $J$  la inercia del motor
- $m_H$  el par de carga
- $Z_p$  el número de pares de polos.

Para representar el flujo total:

$$\vec{\Psi} = \Psi_a \Psi_b e^{j2\pi/3} \Psi_c e^{-j2\pi/3} \quad (3)$$

$$\Psi_a = \Psi_m \text{sen}(\omega t) \quad (4)$$

$$\Psi_b = \Psi_m \text{sen}(\omega t + 2\pi/3)$$

$$\Psi_c = \Psi_m \text{sen}(\omega t - 2\pi/3)$$

En la figura 2 se ilustra el circuito equivalente por fase del motor de inducción, donde  $U_s$   $I_s$   $I_r$  son los vectores de tensión en el estator, la corriente en el estator y la corriente en el rotor respectivamente,  $f$  es la frecuencia de la tensión del estator.

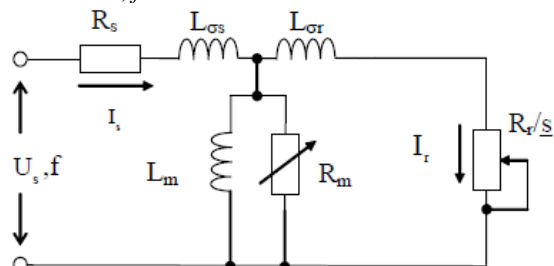


Fig. 2. Modelo por fase de un motor de inducción [4].



### A. Transformada de Clarke

También se le conoce como transformación  $\alpha$ - $\beta$  a (5) que representa al vector de flujo  $\vec{\Psi}$  en coordenadas polares esto quiere decir que  $\vec{\Psi}$  está compuesto por una parte real y una parte imaginaria. Normalmente  $\alpha$  se encuentra ubicado en el eje real y  $\beta$  en el eje imaginario, basándose en esto el flujo se representa como:

$$\vec{\Psi} = \Psi_\alpha + j\Psi_\beta \quad (5)$$

La transformación de Clarke consiste en transformar un sistema trifásico a-b-c balanceado a un sistema bifásico ortogonal  $\alpha$ - $\beta$  estacionario, al sistema trifásico balanceado se le llama así ya que sus tres fases están desfasadas 120 grados en el tiempo y su amplitud es la misma una respecto a la otra, por otro lado, el sistema ortogonal  $\alpha$ - $\beta$  se compone por una parte real y una parte imaginaria desfasadas 90 grados en el tiempo.

Usando (2) y (3) con ecuaciones lineales y trigonometría el cambio de coordenadas de los sistemas se puede expresar de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} \Psi_\alpha \\ \Psi_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & \sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Psi_a \\ \Psi_b \\ \Psi_c \end{bmatrix} \quad (6)$$

Y para hacer la transformación inversa se representa de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} \Psi_a \\ \Psi_b \\ \Psi_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2/3 & 0 \\ -1/3 & 1/\sqrt{3} \\ -1/3 & -1/\sqrt{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Psi_\alpha \\ \Psi_\beta \end{bmatrix} \quad (7)$$

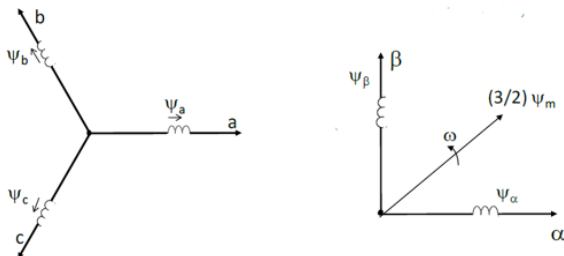


Fig. 3. Eje de referencia a-b-c y eje de referencia  $\alpha$ - $\beta$  [4].

En la figura anterior se puede observar que  $\alpha$  se encuentra en fase con la señal a debido a que  $i_\alpha = i_a - (1/2)(i_b + i_c) = (3/2)i_a$ .

### B. Transformada de Park

La transformada de Park consiste en tomar las señales trifásicas a-b-c ya convertidas por la transformada de Clarke en Alpha y beta que son dos señales bifásicas ortogonales, pero aun senoidales para convertirlas en dos señales directas d-q, el proceso se hace con trigonometría y en un marco de referencia giratorio.

Este proceso matemático se hace por una razón la cual es que el control vectorial se trata de esto, controlar una máquina

de inducción de corriente alterna como si fuera una máquina de corriente directa, ya que se puede controlar el flujo y el torque de manera desacoplada. Haciendo una analogía, el flujo se controla como si fuera la corriente de campo de la máquina de corriente continua y el torque se controla como si fuera la corriente de armadura. Sin embargo, en el marco de referencia  $\alpha$ - $\beta$  las ecuaciones no son útiles para usar en el control vectorial debido a que son señales senoidales con frecuencias distintas como se menciona previamente.

Por otro lado, para transformar estas ecuaciones en el marco de referencia  $\alpha$ - $\beta$  a ecuaciones con señales en corriente directa d-q se necesita transportarlas a un sistema con marco de referencia giratorio a la velocidad síncrona  $\omega_e$ , por esta razón los vectores de la máquina de inducción tipo jaula de ardilla en estado estacionario se pueden representar de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \vec{\Psi}_r &= \frac{3}{2} \Psi_{rm} e^{j(\omega t + \theta_1)} \\ \vec{i}_s &= \frac{3}{2} i_{sm} e^{j(\omega t + \theta_2)} \end{aligned} \quad (8)$$

Teniendo en cuenta que  $\theta_1$  y  $\theta_2$  son dos ángulos de fase cualesquiera, donde solo se usan para hacer general a (7), en la cual se nota que ambas ecuaciones están rotando a una velocidad síncrona en estado estacionario, en este caso para usar un observador se necesita localizarlo en el sistema de referencia d-q para que desde esta referencia se note que los vectores de corriente y flujo están detenidos (cuando en realidad están girando a la misma velocidad), lo que hace que la señal sea una corriente continua.

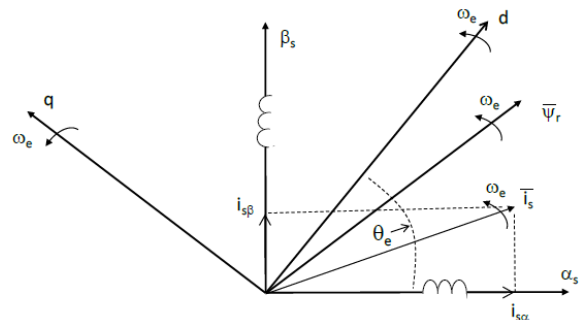


Fig. 4. ejes giratorios en el plano d-q [4].

En la figura anterior se muestran los ejes rotóricos d-q y solo se muestran los ejes  $\alpha$ - $\beta$ , las corrientes de estator se transfieren a coordenadas d-q usando ecuaciones trigonométricas.

$$\begin{aligned} i_{sd} &= i_{s\alpha} \cos(\theta_e) + i_{s\beta} \sin(\theta_e) \\ i_{sq} &= -i_{s\alpha} \sin(\theta_e) + i_{s\beta} \cos(\theta_e) \end{aligned} \quad (9)$$

como se dijo previamente las corrientes  $i_{sd}$  y  $i_{sq}$  son continuas en estado estacionario. Además, se usan de forma inversa para mandar las señales al inversor, para ambos casos se usa la siguiente expresión:

$$\begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_e) & \sin \theta_e \\ -\sin \theta_e & \cos \theta_e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} \quad (10)$$

También se puede hacer directamente de a-b-c a d-q para evitar un paso de transformación, usando (5):

$$\begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_e) & \sin \theta_e \\ -\sin \theta_e & \cos \theta_e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & \sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} \quad (11)$$

De igual forma se puede hacer la transformación inversa del sistema d-q a  $\alpha$ - $\beta$  y se expresa de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} i_{s\alpha} \\ i_{s\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_e) & -\sin \theta_e \\ \sin \theta_e & \cos \theta_e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Todo esto con el objetivo de controlar las señales, para posteriormente alimentar al inversor para el accionamiento de los transistores I.G.B.T y obtener la alimentación para el motor de inducción.

### III. DESARROLLO Y RESULTADOS

Se desarrolló un modelo en Simulink de Matlab, el cual consta de diferentes etapas para controlar a la máquina de inducción con control vectorial como principal objetivo, analizando sus pérdidas y agregando una etapa de optimización de la eficiencia tal como se presenta en la figura 5.

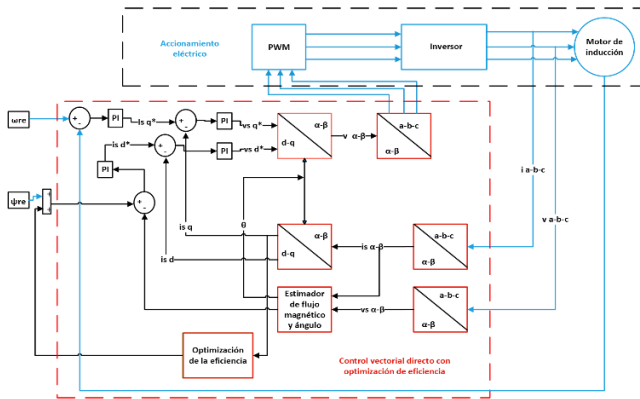


Fig. 5. Modelo del control en Simulink

La figura 5 muestra el diagrama de bloques del sistema completo para posteriormente simularlo en Simulink y realizar pruebas para corroborar el funcionamiento del control vectorial al motor de inducción tipo jaula de ardilla.

La simulación consta de probar una velocidad con cambio en el torque, lo que significa hacer cambios de carga en determinado tiempo, esta prueba se realizó con el lazo de optimización de eficiencia y también sin el lazo.

Las siguientes imágenes muestran el comportamiento de algunos parámetros en el motor, con el lazo de optimización de eficiencia.

En la figura 6 y 7 se observan los cambios del voltaje en el estator, debido a que se hace un cambio en el torque, se nota como empieza con el pico de voltaje para que los milisegundos se estabilicen en 240 VCA.

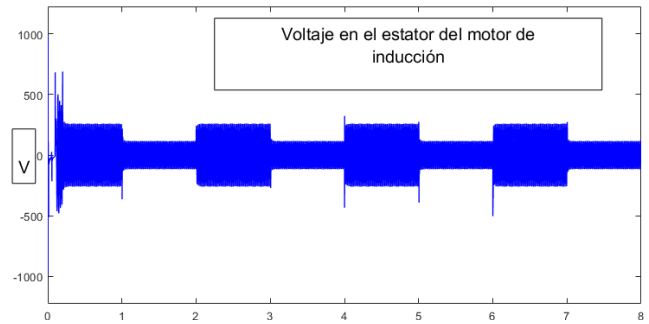


Fig. 6. Voltaje en el estator.

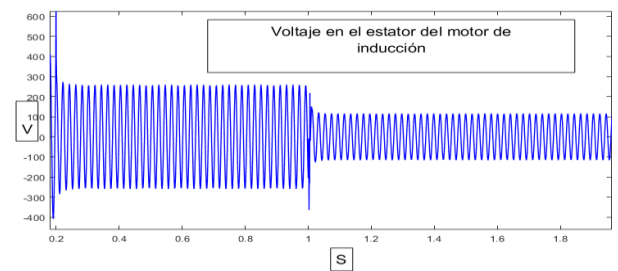


Fig. 7. Ampliación de la figura 6.

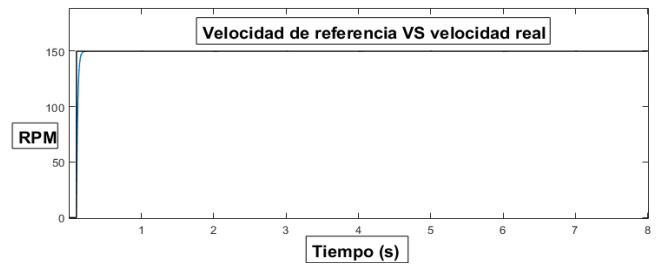


Fig. 8. Velocidad real VS velocidad de referencia.

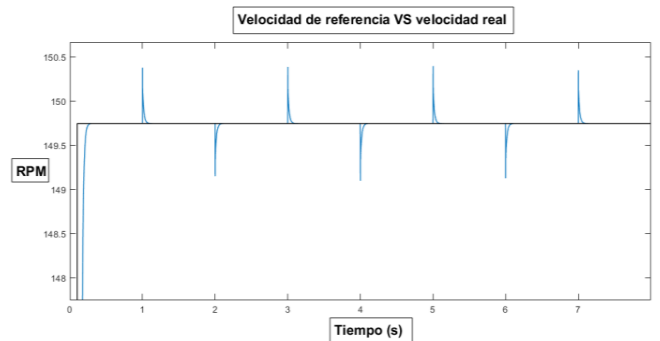


Fig. 9. Ampliación de la fig. 8.

En las figuras anteriores 8 y 9 se grafican las velocidades de referencia en color negro y la real en color azul, se observa que hay un control en la velocidad, y hay pequeñas variaciones ya sea de subida o de bajada en las RPM, esto ya que al aumentar o disminuir el torque las velocidad tiende a aumentar o disminuir, sin embargo, se controla de manera casi instantanea.

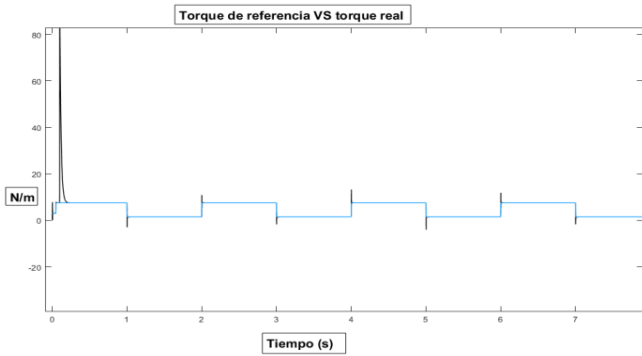


Fig. 10. Torque de referencia VS torque real.

La figura 10 muestra el comportamiento del torque aplicado en una referencia y en color negro el torque que el motor de induccion genera, se nota como lo sigue no obstante, existen picos en el torque que se corrigen de inmediato, y asi sucede en toda la simulación.

Por último se grafica la corriente en el estator en la figura 11, como es notable varia conforme a los cambios de torque, manteniendo la misma velocidad, esto indica que se hace eficiente el consumo energético ya que cuando la carga disminuye la corriente tiende a bajar.

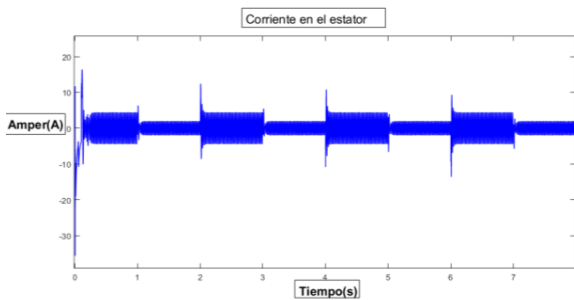


Fig. 11. Corriente en el estator (A).

Por otro lado se hace una comparación ahora sin el lazo de optimización de eficiencia, las siguientes figuras evidencian el comportamiento del control.

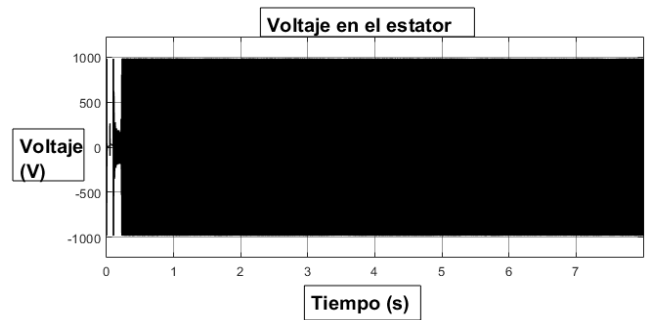


Fig. 12. Voltaje en el estator sin optimización de eficiencia (V).

Como se puede notar en la figura 12 el voltaje se incrementa de manera considerable que en primera no es correcto un aumento de voltaje tan grande porque el motor se dañaría, y viendolo de manera de consumo energético es ineficiente ya que la potencia aumenta mucho para mantener una velocidad constante a los mismos cambios de torque, esto se complementa con la siguiente figura 13, que de igual forma se nota el incremento de la corriente.

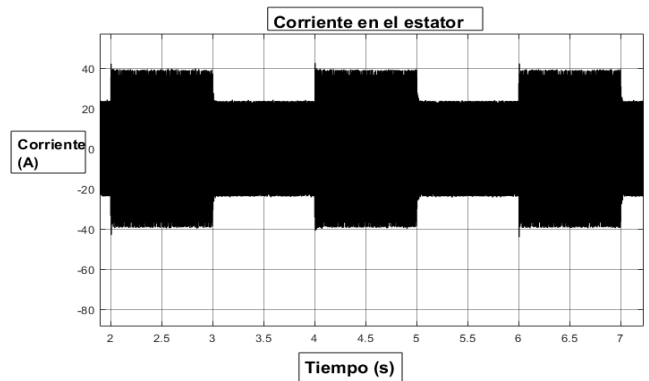


Fig. 13. Corriente en el estator (A).

Si bien en la figura 14 la velocidad real sigue a la de referencia, se nota que existe inestabilidad y no se mantiene constante, sin embargo, existe un control. De misma manera en la figura 15 se observa como el torque sigue al de referencia, pero con oscilaciones por lo cual hace un control de menor calidad al control con optimización de eficiencia.

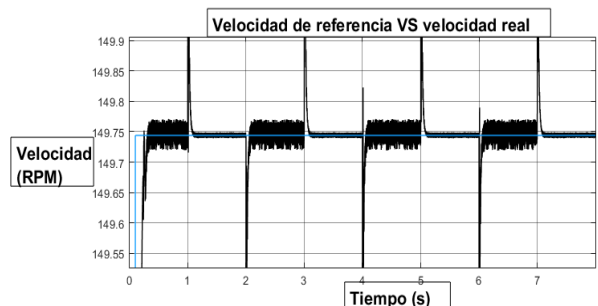


Fig. 14. Velocidad real VS velocidad de referencia sin optimización de eficiencia.



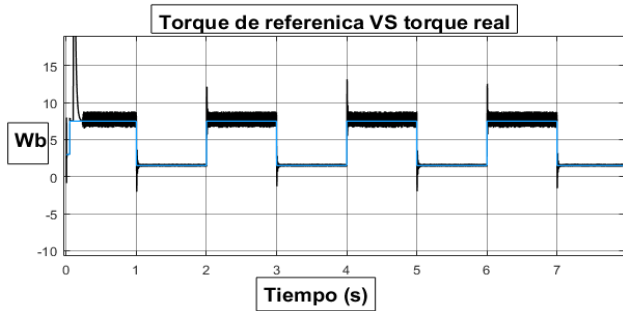


Fig. 15. Torque real VS torque de referencia.

#### IV. CONCLUSIONES

Haciendo referencia a la comparación de ambas simulaciones con y sin optimización de eficiencia se concluye que es evidente la mejora que existe en un control optimizado, además, si agregamos la posibilidad de utilizar motores de alta eficiencia o eficiencia premium, el accionamiento en general daría un mejor resultado y un menor consumo de energía eléctrica, lo resultaría un ahorro económico en cualquier aplicación en que se utilice.

Por otro lado, también se puede concluir que, al hacer un control con optimización de eficiencia, las corrientes son

menores, lo que hace que el cobre conductor se dañe menos y su vida útil se alargue.

Como trabajo futuro se tiene planeado llevar a cabo esta simulación en una bancada con un motor de inducción e ir cambiando el torque con un motor de imanes permanentes acoplado en las flechas, el control se pretende que sea desarrollado en la dSPACE.

#### REFERENCES

- [1] Alzate, G. A.. Control vectorial de la máquina de inducción.43rd ed. Universidad Tecnológica de Pereira: Scientia et Technica Año XVp. 6, 2009.
- [2] Arnanz, R. F., García, J. Métodos de control de motores de inducción: síntesis de la situación actual”, Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial no.13, pp.381–392, 2016.
- [3] Bimal, K. B. Neural network applications in power electronics and motor drives an introduction and perspective. IEEE transactions on industrial electronics, volume 54, No. 1, 2007.
- [4] Cárdenas, R. D. Control Vectorial de Máquinas de Inducción Jaula de Ardilla, Departamento de Ingeniería Eléctrica,Universidad de Chile, pp. 128, 2016.
- [5] Gallo, N.M.,Díaz, R.j., González, C.J. Speed estimation of an induction motor with sensorless vector control at low-speed range using neural networks. CCIS 1052. Pamplona, Colombia, pp. 276-284, 2021.

# RPBI-VideoArm: Robot clasificador de Agentes RPBI

Antonio A. Benítez Arévalo  
Departamento de Ingeniería  
Biomédica  
Instituto Tecnológico Superior de  
Pátzcuaro  
Pátzcuaro, Michoacán  
ab6581273@gmail.com

Jesús García García  
Departamento de Ingeniería  
Biomédica  
Instituto Tecnológico Superior de  
Pátzcuaro  
Pátzcuaro, Michoacán  
jesgarxia99@gmail.com

Guillermo R. Peñaloza Mendoza  
Departamento de Ingeniería  
Biomédica  
Instituto Tecnológico Superior de  
Pátzcuaro  
Pátzcuaro, Michoacán  
grey@itspa.edu.mx

Mario S. Castro Zenil  
Departamento de Ingeniería  
Biomédica  
Instituto Tecnológico Superior de  
Pátzcuaro  
Pátzcuaro, Michoacán  
mcastro@itspa.edu.mx

**Resumen**—El presente trabajo muestra la construcción y acondicionamiento de un robot manipulador prototipo, cuya finalidad es el manejo de Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos (RPBI). El robot manipulador cuenta con 3 grados de libertad para su movimiento y un elemento final de agarre reemplazable para adaptarse a las diferentes necesidades. La programación del robot manipulador se realiza con una tarjeta de desarrollo Arduino, la cual toma, mediante comunicación serial, la información detectada por la cámara y secciona el espacio de trabajo en regiones para el desplazamiento del robot mediante la actuación de servomotores. Haciendo uso de las librerías openCV en Python se programan comandos de voz para las instrucciones de entrada y visión artificial para detectar elementos a través de su color, lo que permite su clasificación aplicando la normativa de clasificación y especificaciones de manejo de RPBI, que emplea etiquetado de color rojo, amarillo y verde.

**Keywords**— Robot, RPBI, Visión, Artificial, Clasificación

## I. INTRODUCCIÓN

Todos aquellos residuos producidos durante los servicios de atención médica que estén contaminados con algún tipo de fluido del cuerpo o que hayan tenido contacto directo con el cuerpo humano son denominados residuos peligrosos biológico infecciosos (RPBI); dichos residuos representan un riesgo potencial para los trabajadores si no les das un debido manejo y/o tratamiento.

En la actualidad, debido a la contingencia ocasionada por la pandemia del COVID-19, los desechos RPBI incrementaron rápidamente. Según datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático se estima que para los primeros 6 meses de la pandemia, aproximadamente hasta julio de 2020, habría un incremento del 3.3 al 16.5% en la cantidad de RPBI, esto debido a los recursos necesarios para prevenir la propagación del COVID-19 por la contingencia [1].

Debido a esto, en el presente trabajo se muestra el desarrollo de un prototipo de brazo robótico de 3 grados de libertad capaz de manipular los residuos peligrosos biológico infecciosos por medio de la asistencia de una cámara web que proporciona una visión artificial básica, la cual detecta objetos en base a su color y determina la posición sobre el espacio de trabajo del robot, una vez detectado el objeto se realiza una rutina para depositar los

objetos en los contenedores correspondientes de acuerdo a las posiciones de referencia.

## II. ESTADO DEL ARTE

Actualmente, dentro del mundo de la automatización industrial, la robótica ha sido pilar para el desarrollo de múltiples actividades. Debido a sus características el robot antropomórfico o robot manipulador es el modelo más versátil en múltiples aplicaciones, esto por sus tres principales articulaciones de tipo rotacional. Se llama antropomórfico por que simula los movimientos de un brazo humano [2]. Este robot posee gran accesibilidad y maniobrabilidad en su espacio de trabajo, un ejemplo del mismo se aprecia en la Figura 1.

En el área médica, la robótica se encuentra involucrada ampliamente, ejemplo de esto son los robots de cirugía. Sin embargo, un área desatendida es el manejo de RPBI. Debido a la naturaleza de sus características infecto-contagiosas, estos residuos representan un riesgo para la salud, por lo tanto, su manejo y control adecuado representa un problema a solucionar [3]. En esta área, el personal de salud recolecta, manualmente, los RPBI de cada área del hospital y los deposita en contenedores especiales, de esta forma se evitan accidentes de trabajo, ya que un error puede liberar un patógeno de alto contagio.

Por lo tanto, este tipo de residuos deben de ser identificados de manera correcta para poder separarlos y envasarlos, de acuerdo a sus características físicas y biológicas, inmediatamente después de su generación, es decir, en el mismo lugar donde se originan, posteriormente se deben clasificar en contenedores especiales.

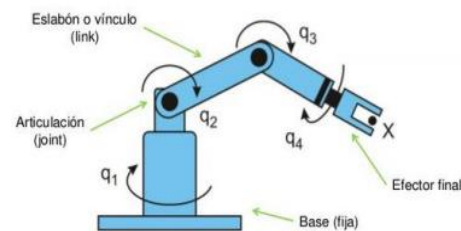


Fig. 1.- Estructura básica de un robot manipulador.

A. Clasificación de residuos peligrosos biológico infecciosos

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental-salud ambiental-residuos peligrosos biológico infecciosos-clasificación y especificación de manejo, podemos clasificar estos residuos de acuerdo a cinco categorías [4].

- Sangre y sus componentes sólo en su forma líquida.
- Cultivos y cepas de agentes Biológico-Infecciosos.
- Patológicos.
- Residuos no anatómicos.
- Objetos punzocortantes.

Estas cinco categorías las podemos encontrar en hospitales de 1er nivel hasta 3er nivel, así como en clínicas de atención general. Adicionalmente, en base a la normativa se debe de destinar un área específica para el almacenamiento temporal de los residuos biológico infecciosos y deben ser almacenados en contenedores metálicos con tapa etiquetados con el símbolo de universal de riesgo biológico y la leyenda “RESIDUOS PELIGROSOS BIOLOGICO INFECCIOSO”. En la Figura 2 se muestra la clasificación de los RPBI, el tipo de envase y color a usar en la misma.

B. Clasificación de residuos peligrosos biológico infecciosos

Los residuos RPBI de los hospitales son manejados a través de envases de colores, por lo cual, en primera instancia se emplean estos colores para su clasificación en las diferentes etapas de manejo dentro del hospital. En la literatura podemos encontrar, diferentes trabajos de investigación y proyectos que tienen la finalidad de clasificar objetos a través de su color.

- Un ejemplo es el proyecto realizado por Yakeline Vélez Monsalve en 2016 titulado “Brazo seleccionador de residuos: infecciosos-orgánicos”, el cual consta de un brazo robótico construido con el kit LEGO EV3 y que utiliza una banda transportadora para poder clasificar los residuos [5].
- En [6] se presenta un sistema teleoperado para la manipulación de residuos de riesgo biológico, se apoya en un brazo robótico para el contacto directo, que posee sensores para la recolección, en este el operador desempeña su labor de manera segura y eficaz.
- En el trabajo de Rosas Arias et al., se presenta un robot manipulador de 4 grados de libertad con el objetivo de clasificar objetos de diferentes colores utilizando técnicas de filtrado RGB mediante la programación de una cámara para detectar objetos [7]

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

A lo largo de aproximadamente dos años la humanidad se ha visto afectada a causa de la pandemia por COVID-19, este virus ha cobrado la vida de personas y como sabemos los que se encuentran en mayor riesgo son los trabajadores de la salud que están en primera línea atendiendo a los pacientes que lo necesitan. Esto provoca estar en contacto directo con los residuos peligrosos biológico infecciosos que se van generando

en las salas de curación o en la misma área COVID de los complejos hospitalarios

A. Planteamiento del Problema

En primera instancia los RPBI, son obtenidos por el médico o enfermera de piso en una clínica u hospital, los cuales los separan de acuerdo a su naturaleza (clasificación de la norma NOM-087) en contenedores diferentes; posteriormente un trabajador encargado de los RPBI los transporta a los contenedores principales del medio hospitalario, estos contenedores fungen como un resguardo temporal, mientras los prestadores de servicio externo de manejo integral de residuos que se encargan del procesado final de los mismos.

Por lo que es indispensable tomar medidas sanitarias que garanticen el correcto manejo y eliminación de los residuos para mantener mínimos riesgos de contagio para los profesionales de la salud y la población en general por estar expuesta a los RPBI..

B. Solución Propuesta

Tomando en cuenta los riesgos que conlleva un mal manejo de RPBI, se propone la implementación de un robot poliarticulado que se encargue de la clasificación de los RPBI mediante la identificación del color, este tendrá la función de tomar los RPBI generados por el médico de piso y resguardarlo en los contenedores temporales de almacenaje hasta que llegue el servicio externo de manejo integral. Las características son:

- Construcción de un robot de 3 grados de libertad mediante tecnología 3D.
- Implementar una cámara para la detección de objetos mediante su color.
- Detección de la posición relativa del objeto detectado y movimiento del robot hacia su posición para la recolección.

¿Cómo deberán ser envasados los RPBI?				
CLASIFICACIÓN	Estado Físico	Envasado	Tipo de envase	Color
Sangre	Líquido	Recipientes Herméticos		rojo
Cultivos y cepas de agentes infecciosos	Sólidos	Bolsas de polietileno		rojo
Patológicos	Sólidos Líquidos	Bolsas de polietileno Recipientes herméticos		amarillo
Residuos no anatómicos	Sólidos Líquidos	Bolsas de polietileno Recipientes herméticos		rojo
Objetos punzocortantes	Sólidos	Recipientes rígidos de polipropileno		rojo

Fig. 2.- Categorías y tipos de envasados de los RPBI.

IV. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

A. Construcción del Prototipo

El prototipo del robot manipulador se realizó mediante tecnología 3D, para obtener el mejor diseño posible se realizó una investigación documental sobre los diferentes tipos de robots manipuladores empleados en el manejo de objetos [2, 3, 7, 8].

Al analizar los diferentes robots manipuladores se consideró un robot de 3 grados de libertad con un elemento final tipo garra que pueda ser reemplazado por un electroimán, esto justificado por la necesidad de tomar bolsas de plástico así como contenedores rígidos con broches metálicos donde se almacenan RPBI, además se observó que el principal problema en los robot manipuladores es el peso de carga sobre el elemento final, entre mayor carga se quiera sujetar, se requieren motores más grandes, lo que a su vez incrementa el peso del robot, por lo cual, se consideró implementar en la base del robot todos los motores de movimiento, mientras que la transmisión empleada es mediante un accionamiento tipo biela-manivela que permite manipular los eslabones a distancia.

Diseño 3D del Robot Manipulador

Para el diseño de los elementos de construcción del robot manipulador se utilizó el Software Fusion 360 de la compañía Autodesk, el diseño tomado como base para el tamaño del robot manipulador fue el robot ABB IRB 1100 implementado una escala 1 a 3, lo que permite una extensión máxima próxima a 27 cm.

En la Figura 3, se presenta el ensamble final del diseño del robot manipulador, mientras que en la Figura 4 se presenta la muestra de un solo eslabón. Con el robot ensamblado se logró verificar que no existieran interacciones dañinas en los movimientos que pudieran afectar el funcionamiento del mismo.

Impresión del diseño 3D

Una vez elegido el tipo de robot y realizado el diseño del mismo, se procedió a implementar mediante su impresión utilizando el software CURA Ultimaker y una impresora Artillery SideWinder X1 con un filamento de PLA a un 20% de relleno, este proceso puede ser observado en la Figura 5. Su tiempo de impresión total fue aproximadamente de 34 horas, gastando un aproximado de 150 gramos de material.

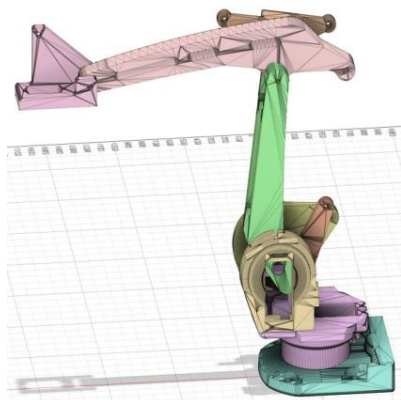


Fig. 3.- Ensamble final de los elementos 3D diseñados.

Armado del brazo robótico

Para finalizar, se ensambla físicamente el robot, ver Figura 6, el diseño cuenta con espacios para la colocación de los servomotores en la base del mismo, estos servomotores al trabajar con un sistema de biela-manivela para el movimiento de los eslabones no pueden rotar de manera libre en el rango estándar de movimiento que ofrecen los servomotores (0 – 180°), por lo que, el rango de movimientos viene dado de la siguiente manera:

- Primer GDL (Base): 0 – 180°
- Segundo GDL (Brazo): 100 – 0°
- Tercer GDL (Antebrazo): 0 – 40°

B. Programación de la visión artificial

Para la implementación de la detección de color se utiliza una cámara web de la marca Hisemy modelo ML2-MX-0095 que cuenta con las siguientes características: sensor de imagen de alta definición de 5 millones de píxeles, enfoque automático, calidad de cámara web 2K HD, capacidades de disparo de alta velocidad. Además, se realizó la instalación de Python y las librerías OpenCv y numpy además de la librería pyserial para comunicar Python con Arduino. El código de programación para la detección del color, se realiza mediante el lenguaje Python, en el cual se emplea el espacio de color HSV (Hue, Saturation, Value), que significa matiz, saturación y brillo, de la librería de visión artificial de OpenCV.

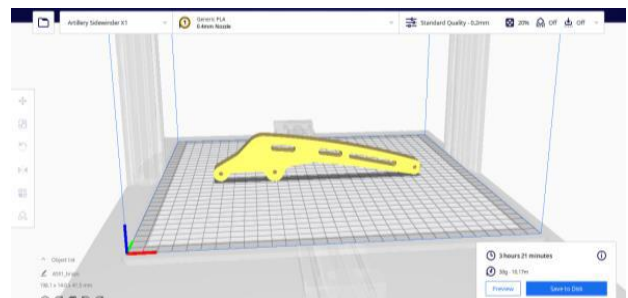


Fig. 4.- Eslabón individual del robot manipulador.



Fig. 5.- Impresión del robot manipulador.

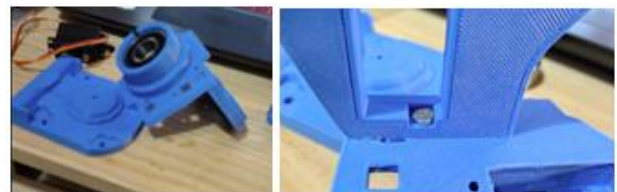


Fig. 6.- Proceso de ensamble del robot manipulador.



Para el procesamiento de imágenes y la detección de los objetos de acuerdo a su color, se siguió el algoritmo mostrado en bloques en la Figura 7, para iniciar se comenzó por importar las librerías ya mencionadas, para posteriormente inicializar el puerto serie y crear una variable para este con la velocidad requerida, en este caso se utilizó a 9600 baudios.

- Utilizando el comando cv2.VideoCapture de OpenCV se obtuvo la imagen de la cámara.
- A través de la librería numpy se crearon dos variables para segmentar el color de acuerdo a los valores de referencia de la escala HSV.
- Dentro de un ciclo se almacenan las capturas obtenidas a través del comando cap.read(), estas se reflejan con el comando cv2.flip(frame, 1) para obtener una perspectiva directa del movimiento.
- Con el comando cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR\_BGR2HSV) se convierte el espacio de BGR a HSV, esto se visualiza en la Figura 8.

Una vez realizado lo anterior, se crea una máscara con las variables de la segmentación del color, para poder obtener los contornos de esta y poder dibujarlos en el objeto detectado. Posteriormente se identifica el centroide del objeto detectado para poder calcular las coordenadas en X y Y.

Dependiendo de la imagen que se obtenga en la cámara se podrá segmentar la variable de indicación de movimiento que se enviará al puerto serie para trabajar con Arduino, para el caso de una cámara que da una imagen de 1280x720 se segmentó como se muestra en la Figura 9. Una vez teniendo segmentada la imagen de la cámara se pueden enviar los datos a Arduino mediante el monitor serial.

C. Programación de los comandos de voz

Para los comandos de voz fue necesaria la instalación de la librería speech\_recognition la cual fue de utilidad para programar el reconocimiento de voz haciendo uso de los servicios de Google.

El código mostrado en la Figura 10 manda llamar las funciones para el reconocimiento de cada color de manera muy simple y de acuerdo a lo indicado en los comandos de voz establecidos, en este caso rojo, amarillo y verde

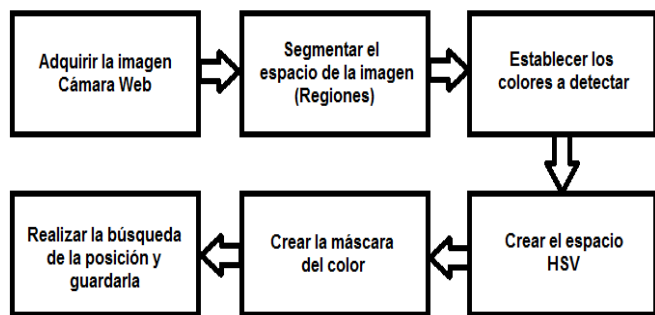


Fig. 7.- Diagrama de bloques del procesamiento de la imagen.

```

CamCodeEdu.py - D:\Proyecto Multimedia 2022\Robotica\CodigoPythonRobot\CamCodeEdu.py (2.7.18)
File Edit Format Run Options Window Help

import cv2
import time
import cv2
import numpy as np
import serial

def rojo():
    COM = 'COM1'
    BAUD = 9600
    ser = serial.Serial(COM, BAUD)

    cap = cv2.VideoCapture(0)

    rojoBajo = np.array([0, 100, 20], np.uint8)
    rojoAlto = np.array([0, 255, 255], np.uint8)

    while True:
        ret, frame = cap.read()
        if not ret:
            break
        frame = cv2.flip(frame, 1)
        frameHSV = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
        mascara = cv2.inRange(frameHSV, rojoBajo, rojoAlto)
        contornos = cv2.findContours(mascara, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
        cv2.drawContours(frame, contornos, -1, (255, 0, 0), 4)

        for c in contornos:
            area = cv2.contourArea(c)
            if area > 4000:
                M = cv2.moments(c)
                if M["m00"] != 0:
                    M["m00"] = 1
                    x = (M["m10"] / M["m00"])
                    y = (M["m01"] / M["m00"])
                    cv2.circle(frame, (x, y), 7, (0, 0, 255), -1)
                    font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
                    cv2.putText(frame, str(int(x * 10, y)), (x + 10, y), font, 1.2, (0, 0, 255), 2, cv2.LINE_AA)
                    nuevoContorno = cv2.convexHull(c)
                    cv2.drawContours(frame, [nuevoContorno], 0, (255, 0, 0), 3)
  
```

Fig. 8.- Código empleado para la identificación del color rojo.

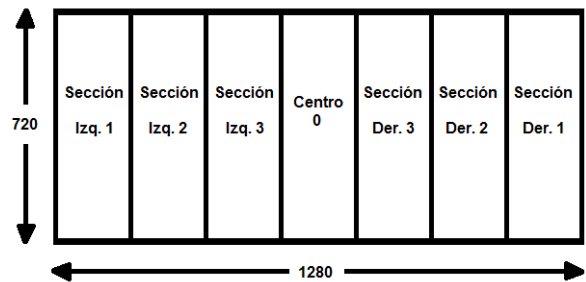


Fig. 9.- Segmentación de la imagen.

D. Programación de los movimientos del robot

Para los movimientos del brazo robótico se programaron los 3 servomotores en el IDE Arduino haciendo uso de una tarjeta Arduino Uno para el control de estos. El movimiento del servomotor de la base se programó de acuerdo a los datos obtenidos de la cámara los cuales fueron enviados de Python a Arduino por monitor serial teniendo en cuenta los datos de la Tabla 1, la cual muestra en que ángulos se debe realizar el desplazamiento para posicionar el brazo en la dirección del objeto.

Tomando como base los datos de la Tabla 1 el código de programación empleado para que el robot se posicione en dirección del objeto y haga la rutina de movimiento para su clasificación, en esta etapa la imagen se secciona solamente en 7 posiciones, las cuales son referenciadas como tres posiciones a la izquierda, 3 a la derecha y el centro. La lógica empleada para el movimiento de los servomotores, se muestra en la Figura 11, en cada uno de los movimientos solo se cambian los

grados de rotación de los motores dependiendo la posición de referencia en la que se encuentre el objeto.

Además, se creó una función llamada “HOME” la cual es la posición inicial de nuestro robot y a la cual regresa después de haber concluido la rutina de movimiento, dicha función se muestra en la Figura 12.

```

VozPyrthon.py - D:\Proyecto Multimedia 2022\Robotzito\CodigosPythonRobot\VozPyrthon.py (2.7.18)
File Edit Format Run Options Window Help
import CamCodeRed
import CamCodeGreen
import CamCodeYellow
import speech_recognition as sr

def vozR():
    r = sr.Recognizer()

    with sr.Microphone() as source:
        print("Dime que buscar...")
        audio = r.listen(source)

    try:
        text = r.recognize_google(audio, language='es-ES')
        print("Buscando: {}".format(text))
        if text == 'rojo':
            CamCodeRed.rojo()
        elif text == 'amarillo':
            CamCodeYellow.amarillo()
        elif text == 'verde':
            CamCodeGreen.verde()
    except:
        print("Repite que buscar")
        vozR()
    
```

Fig. 10.- Código empleado para el reconocimiento de voz.

TABLA I. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS RECIBIDOS

Ángulo	Dato recibido
0	izq1
30	izq2
60	izq3
90	centro
120	der3
150	der2
180	der1

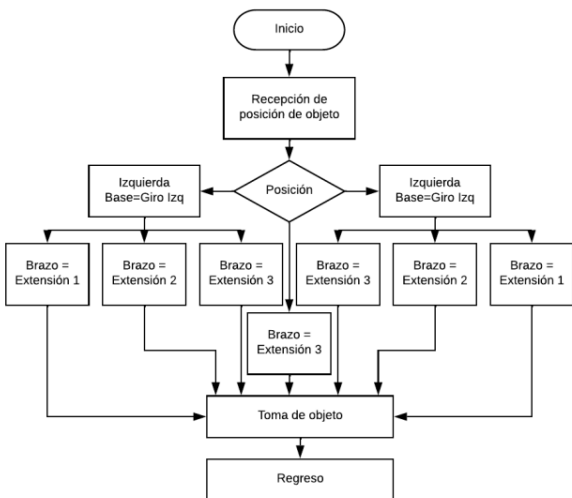


Fig. 11.- Algoritmo empleado para el movimiento de los servomotores del robot.

E. Implementación de la electrónica

La implementación de la electrónica permite llevar a cabo los movimientos, para esto se implementan servomotores TowerPro MG995 que son económicos, pero con alto torque de trabajo de hasta 11Kg-cm. Como elemento final, se implementa una garra y un electroimán de bajo consumo de energía, todo ello controlado y programado a través de la tarjeta de desarrollo Arduino.

Debido a que se trabaja con la tarjeta de desarrollo Arduino, la corriente que este otorga no es suficientes para operar todos los dispositivos electrónicos que requiere el robot. Para ello se diseñó un circuito bajo el esquema mostrado en la Figura 13, este permite ser alimentado con 9V y alimentar a la tarjeta Arduino, a los 3 servomotores implementados para las articulaciones y al electroimán.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. Construcción del Prototipo

Una vez ensamblado del prototipo se tuvieron que reimprimir algunas piezas debido a que este no fijaba de manera correcta a causa de aplicar bastante fuerza al momento de ensamblar, hecho esto el prototipo armado completamente se muestra en la Figura 14.

```

void HOME() {
    servoBase.write(90);
    servol.write(50);
    servo2.write(50);
}
    
```

Fig. 12.- Código empleado para la función HOME.

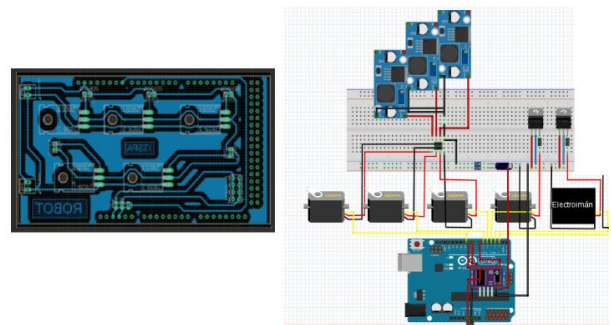


Fig. 13.- Diagrama de montaje electrónico.



Fig. 14.- Brazo robótico armado

**B. Programación de la visión artificial y el reconocimiento de voz**

El reconocimiento de voz presentó problemas debido a los ruidos dentro del laboratorio de trabajo y la baja calidad del micrófono incorporado al PC, esto se solucionó conectando un micrófono externo con eliminación de ruido ambiente. Cabe mencionar que la velocidad de respuesta dependerá en gran medida de la conexión a internet debido a que se emplean los servicios de Google para el reconocimiento de voz, en la Figura 15 se muestran los resultados del funcionamiento.

En el caso de la visión artificial se presentaron algunos detalles con la identificación de los colores debido a la iluminación del espacio de trabajo, esto se solucionó acotando los rangos de la escala HSV para cada color obteniendo así una buena identificación de los objetos. En las Figuras 16 y 17 se puede observar el funcionamiento de la visión artificial y el reconocimiento de voz trabajando en conjunto.

**C. Programación de los movimientos del robot**

Una vez programados los movimientos del robot se realizaron una serie de pruebas para verificar que este hiciera los movimientos en la dirección adecuada e intentara tomar el objeto lo cual funcionó sin problemas. En la Figura 18 se muestra el robot en una prueba con el color verde, en la cual se puede observar que intenta tomar el objeto detectado.

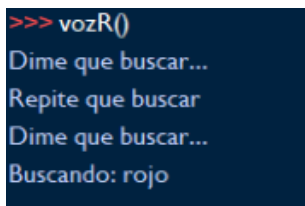


Fig. 15.- Funcionamiento de los comandos de voz.

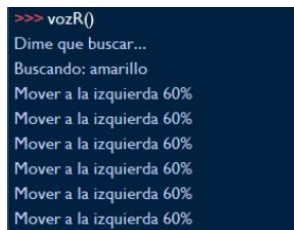


Fig. 16.- Resultado de la búsqueda del color amarillo con el comando de voz.



Fig. 17.- Resultado de la búsqueda del color amarillo con la visión artificial.

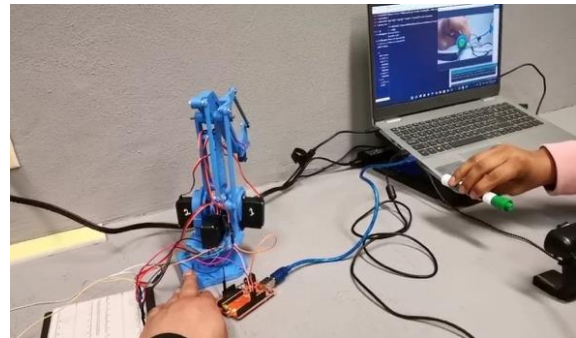


Fig. 18.- Movimiento del robot de acuerdo a la posición del objeto.

**VI. CONCLUSIONES**

El trabajo presenta un prototipo a escala, actualmente cuenta con limitaciones tecnológicas para su implementación, sin embargo, bajo esta metodología, la implementación de un robot manipulador de mayor capacidad para el manejo de RPBI y su clasificación es viable.

Los resultados que se han obtenido son buenos, sin embargo, hay que resaltar que la programación de la visión artificial está hecha solo con un fondo negro, por lo que, en lugares claros o con mucha luz esta tiene deficiencias, además de que solo se puede detectar un color a la vez.

Así pues, los comandos de voz funcionan de manera correcta, sin embargo, debido a la utilización de los servicios de Google esta puede volverse un tanto lenta dependiendo del ruido de la zona de trabajo y la calidad de la conexión a internet

**REFERENCIAS**

- [1] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: Panorama de la generación y manejo de residuos sólidos y médicos durante la emergencia sanitaria por COVID-19. (2020)
- [2] Barrientos, A., Peñín, L. F., Balaguer, C., Aracil, R.: Fundamentos de Robótica. McGraw-Hill (2007)
- [3] Morelos, R., Ramírez, M., Sánchez, G., Chavarín, C. y Meléndez, E. (2014). El trabajador de la salud y el riesgo de enfermedades infecciosas adquiridas. Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM, 57(4), 34-42.
- [4] Norma Oficial Mexicana (2003). NOM-087-ECOL-SSA1-2002. Obtenida del sitio <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/087ecolssa.html>
- [5] Vélez, Y. (28 de 05 de 2018). EssaysClub. Obtenido de PROYECTO: Brazo seleccionador de residuos: infecciosos-orgánicos: <https://es.essays.club/Otras/Tecnología/PROYECTO-Brazo-seleccionador-de-residuos-infecciosos-orgánicos-117198.htm>
- [6] Astete Rupay, J., Gallo Torres, D., Torres Hinostrero, A., Peña Romero, A., Sarmiento Cornejo, M.: Sistema Teleoperado Aplicado a la Manipulación de Residuos Hospitalarios con Riesgo Biológico. Revista Ingenium vol. 1 (2), junio-diciembre 2016, ISSN en línea 2519-1403
- [7] Rosas Arias, L., Vallejo Meraz, J., Pérez Bailón, W., Rojas Cid, J. D.: Robot clasificador de objetos de color utilizando técnicas de filtrado RGB. Revista de Prototipos Tecnológicos ISSN-2444-4995 Vol.3 No.10 50-59 (2017)
- [8] Kuka Robotics México. Obtenido en línea del enlace <https://www.kuka.com/es-mx/productos-servicios/sistemas-de-robot/robot-industrial/kr-4-agilus>.

# Diseño de sistema Web de conciliaciones de CFE

Ing. Víctor Manuel Ávila Márquez  
Estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales programa PNPC.  
Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco.  
Acapulco, Guerrero. México.  
MM21320002@acapulco.tecnm.mx.

DR. Eduardo De La Cruz Gámez  
Docente de Maestría en Sistemas Computacionales.  
Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco.  
Acapulco, Guerrero. México.  
eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx.

DRA. Alma Delia de Jesús Islao  
Docente de Maestría en Sistemas Computacionales.  
Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco.  
Acapulco, Guerrero. México.  
alma.di@acapulco.tecnm.mx.

DR. Francisco Javier Gutiérrez Mata  
Docente de Maestría en Sistemas Computacionales  
Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco.  
Acapulco, Guerrero. México.  
francisco.gm@acapulco.tecnm.mx.

MC. Jorge Ortiz García  
Desarrollador de Software en Comisión Federal de Electricidad: Ciudad de México.  
Ciudad de México, México.  
México.  
jogv19@gmail.com.

**Resumen**— En este artículo se presenta el trabajo interdisciplinario de la Maestría Profesionalizante en Sistemas Computacionales con apoyo del CONACYT, impartida en el Tecnológico Nacional de México campus Acapulco. El objetivo de estudio en este diseño, es analizar las conciliaciones de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) Transmisión Guerrero Morelos. Además, de mostrar la planificación de un sistema web (SYSCONSC) el cual se desarrollará con el *Framework Web de Python: Django*. Se pretende gestionar los procesos de registro, generado y visualización de datos por medio de gráficas estadísticas. Esto para tener una organización de los eventos (fallas en la red eléctrica), de modo que, los planes de acción para reducir la recurrencia de estos sean más acertados.

**Palabras clave**— Sistema, python, CFE, conciliaciones, gestión.

## I. INTRODUCCIÓN

La gestión de tareas con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) favorece a las organizaciones a tener buenos resultados en productividad, ventas, minimización de costos, etc. De modo que, los empleados dediquen menos tiempo a tareas que les exijan mucho más del disponible para realizar otras actividades de mayor prioridad.

En la actualidad, existen alternativas tecnológicas para gestionar procesos en las empresas. Por ejemplo, sistemas de hotelería, contabilidad, gestión de personal, calidad, etc. La ventaja de ello es que se puede cubrir necesidades generales, pero, ¿qué hay de otros subprocesos específicos en los que no existe software comercial para ellos? Las empresas, por lo general mantienen tales procesos de forma manual y eso repercute en la productividad de las actividades organizacionales.

Tal es el caso de la Zona de Operación de Transmisión (ZOT) Guerrero Morelos que es la encargada de gestionar altos niveles de carga eléctrica; es decir, provee dicha energía a lo largo de carreteras, sub-estaciones, como también fábricas. Uno de los procesos obligatorios de CFE son las “Conciliaciones”, las cuales son formatos que contienen información específica de las fallas ocurridas en la red eléctrica.

Sin embargo, realizar dicha actividad se convierte en una tarea que requiere tiempo en concluirse, porque cuando se abre una conciliación se tiene que escribir a mano cada uno de los registros, firmarlo y enviarlo al superintendente de la otra división (CFE Distribución) para que firme de conformidad y tal conciliación se guarde físicamente o se mantenga en la bandeja de correo de los superintendentes.

Posteriormente, cuando la gerencia nacional requiere de las conciliaciones, se les envía las que han sido concluidas y verificadas, esto para que la toma de decisiones sea más acertada. Si se requiere de alguna cantidad económica para erradicar eventos (fallas de la red eléctrica), los superintendentes emiten a la gerencia nacional una solicitud junto con las conciliaciones concernientes.

Con el diseño de este sistema, se tendrán en claro sus funciones, comunicaciones con otros sistemas, además de quienes interactuarán con ciertos módulos dentro del sistema.

## II. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Desarrollar un Sistema *Web* de Conciliaciones (SYSCONSC) usando los recursos de las buenas prácticas de la ingeniería de software para crear, modificar, visualizar, guardar y generar documentos de conciliaciones de eventos de la red eléctrica para la superintendencia de la ZOT Guerrero Morelos.



### III. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describirán, las herramientas principales utilizadas para el análisis y desarrollo de la aplicación:

#### A. Enterprise Architect (EA)

EA es una herramienta *Computer Aided Software Engineering (CASE)* en la cual como su nombre indica, se puede gestionar el desarrollo de software en todo su ciclo de vida. Lo anterior lo logra gracias a que se encuentra basado en el Lenguaje Unificado de Modelado (UML). Sin embargo, la razón de que sea una herramienta compleja y robusta para el ciclo de vida del software provoca que sea complejo utilizarla, por ende, se requiere practicar sobre su funcionalidad y entender muy bien su documentación.

Es una herramienta con la cual se puede hacer modelado UML, como también se puede analizar y diseñar proyectos complejos. De modo que, ofrece una gran trazabilidad en la planeación de sistemas, además de facilitar la gestión de todas las fases del desarrollo de software.

Actualmente, la industria lo usa para el modelado de procesos de negocios, ya que no necesariamente puede ser usado en proyectos asociados con las TIC, teniendo como beneficio el cumplimiento de tareas con fechas específicas.

Con esta herramienta se crearon esquemas para mostrar los procesos realizados por el sistema, así como, los actores que interactuarán en el mismo.

#### B. MySQL

Es un sistema gestor de bases de datos (SGBD) relacional de doble licencia, por un lado es de código abierto pero también cuenta con una versión de paga gestionada por la compañía Oracle. Cuenta con herramientas lo suficientemente potentes para gestionar datos almacenados y que aporta una gran ayuda para el desarrollo de proyectos haciendo uso de este SGBD.

- **Arquitectura Cliente – Servidor:** Su funcionamiento está basado en una comunicación diferenciada paralela entre los clientes y los servidores. Por ejemplo, cada cliente puede hacer consultas a través de formularios de registro para realizar cambios en los datos mediante desde el cliente hasta el servidor.
- **Compatibilidad con SQL (*Structured Query Language*):** SQL es un lenguaje estandarizado en la industria de la gestión de datos. Al ser MySQL un estándar del ya en un principio, no hay problema para migrar de SGBD entre ellos.
- **Vistas:** A partir de la versión 5.0 de MySQL se ofrece esta compatibilidad para la personalización de vistas, cabe destacar que otros SGBD ya contaban con esta funcionalidad. Esta es de suma importancia cuando las bases de datos son de gran tamaño y volumen de información.
- **Procedimientos almacenados:** MySQL tiene la capacidad de no procesar tablas de forma directa, sino por medio de procedimientos almacenados. De modo que incrementa

la eficacia de la implementación de los datos del sistema a implementar.

- **Desencadenantes:** MySQL tiene la facilidad de automatizar cierto tipo de tareas dentro de la base datos. En el momento que ocurre un evento otro puede ocurrir y puede actualizar, insertar o borrar registros según lo que se le establezca a tal desencadenante.
- **Transacciones:** Cuando ocurre alguna operación sobre la base de datos verifica todos los procedimientos o cambios que sucedan sobre los registros involucrados. Se hace el cambio completo o no se hace ninguno definitivamente. Esto es de suma importancia ya que MySQL mantiene la integridad de los datos en caso de fallas externas.

En la ZOT Guerrero Morelos cuentan con sistemas que usan MySQL como SGBD, por lo cual la interacción del sistema que se implementará con los otros sistemas no tendrá restricciones en la petición y otorgamiento de datos por incompatibilidades.

#### C. Python

Es un lenguaje de programación de código abierto y de alto nivel con el cual se pueden desarrollar programas computacionales en diferentes tipos de entornos, como: Web, escritorio, aplicaciones móviles e incluso software de sistemas embebidos.

Es popular entre los desarrolladores en el campo de ciencia de datos ya que es muy potente en el análisis de datos, además, se pueden implementar algoritmos o cálculos matemáticos de manera más sencilla por la gran cantidad de paquetes creados por la comunidad de desarrolladores activos que tiene.

Este lenguaje tiene consigo diferentes tipos de *Frameworks* para facilitar el desarrollo de software. Específicamente, SYSCONSC será desarrollado con *Django* el cual tiene en sí una gran cantidad de herramientas que facilitan la creación y gestión de aplicaciones de entorno Web.

#### D. Bootstrap

Es un conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones Web. Tiene consigo una variedad de plantillas con las cuales implementar sitios Web, además de componentes visuales, tales como: botones, campos de texto, menús, animaciones de carga, etc.

Tiene compatibilidad con la mayoría de navegadores de internet, además de que puede adaptarse completamente con *Frameworks* para el desarrollo Web. En este caso, se usará *Django* para la creación del sistema, entonces, *Bootstrap* puede implementarse sin inconvenientes en SYSCONSC para darle un diseño agradable y los usuarios interactúen de manera agradable con el entorno del sistema.

#### E. DBEaver

Es una herramienta de código abierto para la gestión de bases de datos de diferentes tipos: comerciales o de paga. Contiene funcionalidades para la interacción y visualización amigable con las bases de datos como también sus modelos.

SYSCONSC tiene ciertas incompatibilidades con algunos SGBD para generar modelos entidad – relación, sin embargo,

esta herramienta es compatible con el *Framework Web* de *Python* que es *Django*. Con ello se puede visualizar los cambios de la base de datos visualmente y de la información contenida en ella.

IV. DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO

Se usó la herramienta EA para el desarrollo de los esquemas UML de modelado de negocios y casos de uso, con los cuales, se describen las actividades que se proponen realizar en el sistema SYSSCONSC.

A. Modelado de negocio

En esta sección se describen los procesos de negocio realizados en el sistema SYSSCONSC dividiéndolo en tres partes involucradas: CFE Transmisión Guerrero Morelos, CFE Distribución Guerrero y Gerencia Nacional. Será dividido de tal manera que la información pueda ser generada, accedida, validada por sus procesos correspondientes. (ver Figura 1).

- Documento de conciliación: al crear una conciliación y guardarla en la base de datos debe ser generada por el usuario que la registró en un formato el cual CFE mantiene estandarizado.

Después, en el entorno operacional de CFE Distribución Guerrero se llevan a cabo tres actividades: Consulta de la conciliación, Validar conciliación y Generar estadísticas de eventos de la red eléctrica.

- Consulta de conciliación: se recibe el formato de conciliación mediante el sistema SYSSCONSC o correo electrónico (el que sea de preferencia del superintendente).
- Validar conciliación: después de recibir el formato, el superintendente de CFE Distribución debe cotejarlo de modo que no existan errores en los registros de la conciliación.

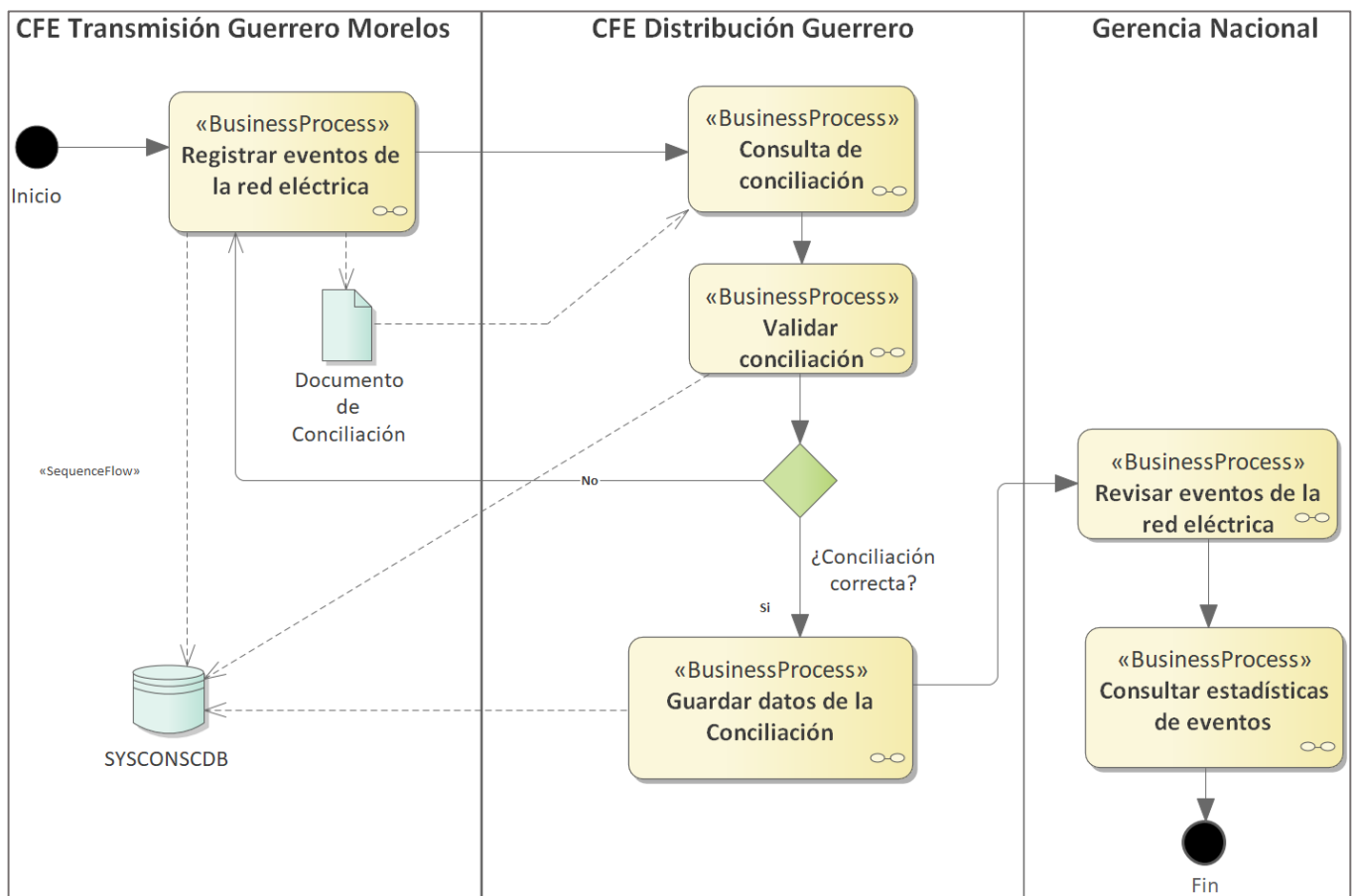


Figura 1. Diagrama de modelado de negocio.

En el diagrama de modelado de negocio mostrado en la Figura 1 se observan los procesos de las tareas principales de SYSSCONSC en el entorno operacional de CFE:

- Registrar eventos de la red eléctrica: es la primera tarea que se debe de realizar. Las conciliaciones son registradas en la sección de CFE Transmisión Guerrero Morelos ya que será quien aloje SYSSCONSC en sus servidores, además de su base de datos correspondiente.

En caso de existir alguna inconsistencia en tal formato, debe devolverse al registro de eventos de la red eléctrica junto con las observaciones, de manera que la información coincida con la que tienen ambas empresas: CFE Transmisión y CFE Distribución.

- Guardar datos de la conciliación: posteriormente, la conciliación, junto con la información de: los eventos, superintendentes, clientes afectados, etc. Deben

guardarse para generar estadísticas de las afectaciones prioritarias o las más recurrentes.

Posteriormente, la Gerencia Nacional podrá hacer dos consultas importantes para ellos.

- Revisar eventos de la red eléctrica: la Gerencia Nacional podrá consultar el estado de las conciliaciones, además de consultar los datos de los eventos y los formatos oficiales generados.
- Consultar estadísticas de eventos: además de la revisión de los datos de las conciliaciones, también podrán generar estadísticas y reportes de las mismas, de modo que, las peticiones de recursos de la ZOT Guerrero Morelos a la Gerencia Nacional sean justificados con ello.

**B. Casos de uso**

En los siguientes esquemas (Véase Fig. 2 y 3) se muestran los procesos que serán realizados por los diferentes tipos de usuarios que interactuarán con el sistema, de modo que, exista un manejo adecuado del sistema.

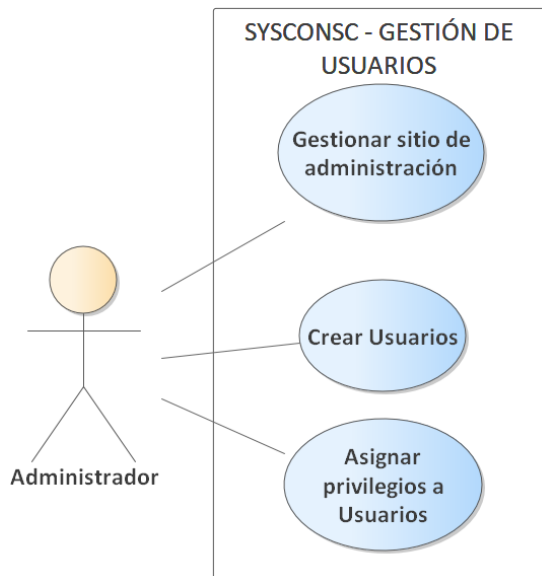


Figura 3. Caso de uso de: gestión de usuarios.

En la Figura 2, se observa el caso de uso del actor que corresponde al responsable de la administración de SYSCONSC. Las tareas principales que tiene son:

- Gestionar sitio de administración: es de suma importancia para el control total de SYSCONSC, de modo que el administrador podrá gestionar los datos registrados, así como también, visualizar las interacciones que ha tenido cada usuario sobre cierta información; creación, edición y eliminación de registros. Como parte de la gestión de las operaciones realizadas sobre las conciliaciones y documentos generados, de modo que, no exista información basura que pueda afectar las estadísticas generadas por los eventos registrados por los superintendentes, los cuales serán los

únicos además del administrador los que podrán ingresar y modificar información de la base de datos.

- Crear Usuarios: la creación de usuarios podrá hacerse desde el sitio de administración, esto porque no se podrán registrar en SYSCONSC mediante interfaces de registro de usuarios, sino que el administrador será el único que podrá dar de alta, modificar o eliminar información del personal concerniente a las conciliaciones.
- Asignar privilegios a Usuarios: los usuarios podrán identificarse por el tipo de rol que cumplirán, los cuales serán: Superintendente e Invitado. En el cual el primero podrá acceder a las interfaces para la manipulación de la información de las conciliaciones, por otro lado, el “Invitado” solo visualizará información de los eventos y las estadísticas.

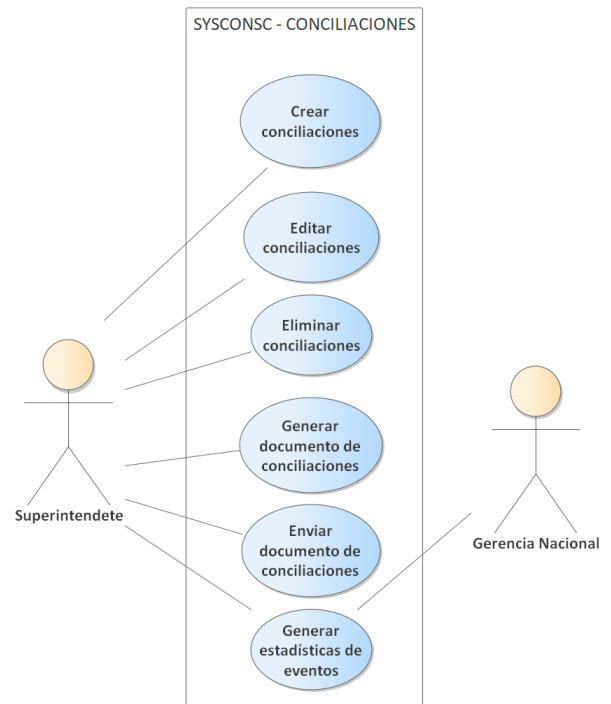


Figura 2. Caso de uso de: conciliaciones.

En la Figura 3, se muestran los actores correspondientes a los Superintendentes (CFE Transmisión y CFE Distribución) y los usuarios de la Gerencia Nacional. Las tareas principales son las de mayor impacto en SYSCONSC, ya que gestionan y visualizan la información de las conciliaciones, además de generar el formato de conciliación, estadísticas y el envío de dicho documento al otro Superintendente.

El apartado de conciliaciones estará conformado por los siguientes módulos:

- Módulo de Administrador: en este módulo solo tendrán acceso usuarios con altos privilegios, se tiene una visualización completa de los registros del sistema, además, se pueden otorgar o denegar permisos a otros tipos de usuarios que tendrán interacción con SYSCONSC.

- Módulo de Registro de Conciliaciones: es el módulo principal del sistema, es donde se abrirán las conciliaciones, además de agregar eventos en ello. Una vez concluido el proceso, se podrá generar el documento de conciliación.
- Módulo de visualización y manipulación de Conciliaciones: este es un módulo en el cual se podrá editar o eliminar conciliaciones, dependiendo de las necesidades del usuario. Además, usuarios con privilegios mínimos podrán acceder a este apartado para solamente ver las conciliaciones creadas.
- Módulo de revisión de eventos: en este módulo se verán apartados estadísticos de los eventos ocurridos en la red eléctrica, con opciones para filtrarlos por rangos de fechas o por tipo de evento.
- Módulo de envío de conciliaciones: este módulo es el encargado de mostrar un formulario para enviar los documentos de conciliación vía correo electrónico al superintendente de otra división, o bien, a la gerencia nacional si así lo consideran pertinente.
- Módulo para generar y visualizar estadísticas de eventos en la red eléctrica: Será solo para visualización de estadísticas de fallas que se presentan, buscando evitar su recurrencia, logrando así, tomar acciones de forma más acertada en la asignación de recursos económicos para el mantenimiento de las líneas eléctricas con vulnerabilidades.

C. Diagrama de contexto

El diagrama de contexto (ver Figura 4) muestra las interacciones que tienen usuarios y sistemas externos con SYSCONSC.

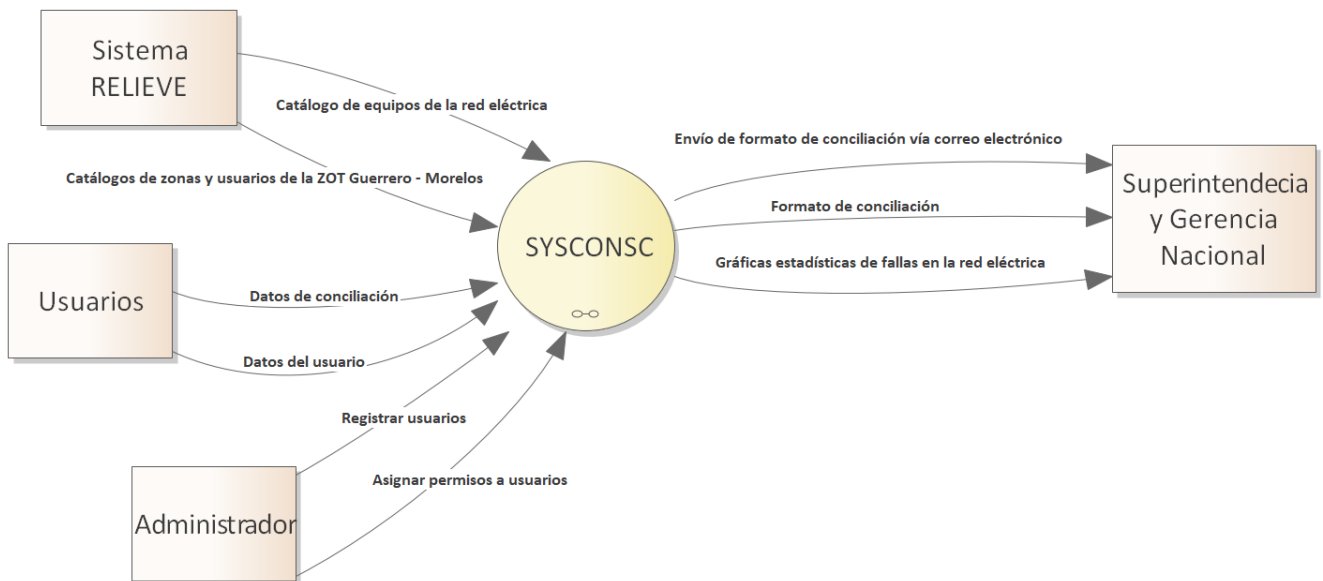


Figura 4. Diagrama de contexto de SYSCONSC.

Como se muestra en la Figura 4 el sistema que tendrá interacción con éste es RELIEVE, el cual muestra valores de los equipos, su localización y estados (activo o inactivo).

- Catálogo de equipos de la red eléctrica: son los equipos que pertenecen a la zona de operación correspondiente del superintendente en sesión.
- Colonias, zonas y usuarios conectados a la red eléctrica: los equipos están relacionados a cierta cantidad de usuarios (clientes que reciben el servicio de energía eléctrica). Tal información es de suma importancia en las conciliaciones.

Los usuarios son los superintendentes o cualquier otro que requiera visualizar las conciliaciones creadas a lo largo del tiempo.

- Datos de conciliación: es el contenido de las conciliaciones que incluyen todas las actividades de los eventos suscitados en los equipos de la red eléctrica.
- Datos del usuario: es la información del usuario que creó, modificó o eliminó alguna conciliación.

El administrador es un usuario que contará con los privilegios más altos del sistema y el cual gestionará que todo se encuentre en orden:

- Registro de usuarios: creará usuarios para que puedan acceder al sistema.
- Asignar permisos a usuarios: gestiona los permisos que tendrán ciertos usuarios para interactuar con el sistema, de modo que se mantenga protegida la información de manipulaciones no deseadas.

Las salidas del sistema serán para el área de Superintendencia de CFE Transmisión y CFE Distribución de Guerrero Morelos:

- Envío de formatos de conciliación vía correo electrónico:

para mantener el flujo de información de manera correcta, las conciliaciones concluidas podrán ser enviadas al superintendente receptor.

- Formato de conciliación: es el documento que contiene todos los eventos suscitados en la conciliación correspondiente y el cual será almacenado en la base de datos de SYSSCONSC.
- Gráficas y estadísticas de eventos de la red eléctrica: SYSSCONSC contará con apartados para visualizar estadísticas de las fallas en la red eléctrica. De modo que se genere un documento de ello y se tomen medidas de seguridad para evitar los fallos más comunes.

#### V. CONCLUSIONES

Se describe el análisis del sistema de gestión de conciliaciones, además de las técnicas de ingeniería del software con las cuales se esquematizaron las funcionalidades, como también necesidades primordiales del sistema. Con ello se esclarecerán diferentes alternativas que facilitarán el desarrollo y codificación del mismo.

Cuando se pase a la fase de desarrollo se contará con material suficiente para comparar si los esquemas realizados describen lo codificado, por ende, la obtención de resultados en la mejora del proceso en las conciliaciones no puede ser medible sino hasta la implementación de este sistema.

Así mismo, el entendimiento de las tareas que se realizan en la operación de las conciliaciones, ha aportado suficiente información para la creación de los esquemas mostrados a lo largo del diseño de SYSSCONSC.

#### REFERENCIAS

- [1] Hernández Morales, C. O., Nieto González, J. P., Carrum Siller, E. G. (2014). Detección y diagnóstico de fallas en sistemas eléctricos de potencia (SEP) combinando lógica difusa, métricas y una red neuronal probabilística. *Research in Computing Science* 72, 47 – 49.
- [2] Loaiza Sojos, E. L., Molina Ríos, J. R., Loja Mora, M. N. & Zea Ordoñez, M. P. (2016). Evaluación de los *Frameworks* en el Desarrollo de Aplicaciones *Web* con Python.
- [3] Oracle. (2014). *Manual de referencia de MySQL 5.0*. Obtenido de MySQL Community: <https://downloads.mysql.com/docs/refman-5.0-es.pdf>
- [4] Sánchez Zapata, A. A. (2020). Diseño de una aplicación *web* para control de expedientes médicos del Hospital General Progreso CAAPS. *Robótica y Computación. Nuevos Avances* 7, 263–269.
- [5] Sommerville, I. (2001). *Ingeniería de Software*. Pearson.
- [6] Systems, S. (09 de Febrero de 2019). *Enterprise Architect*. Obtenido de Sparx Systems: <https://sparxsystems.com/products/ea/>.
- [7] Roger, S. P. (2002). *Ingeniería de Software: Un enfoque práctico*. McGraw Hill.

# Modelo de Datos para Gestionar Presupuestos Sanitarios de Acuicultura

1<sup>st</sup> Karina De La Cruz Silva  
Estudiante de la Maestría en  
Sistemas Computacionales  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, Guerrero, México  
mm21320006@acapulco.tecnm.mx  
Nacionalidad Mexicana

2<sup>nd</sup> José Francisco Gazga Portillo  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, Guerrero, México  
jose\_gp@acapulco.tecnm.mx  
Nacionalidad Mexicana

3<sup>rd</sup> Alma Delia De Jesús Islao  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, Guerrero, México  
alma.di@acapulco.tecnm.mx  
Nacionalidad Mexicana

4<sup>th</sup> Francisco Javier Gutiérrez Mata  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, Guerrero, México  
francisco.gm@acapulco.tecnm.mx  
Nacionalidad Mexicana

**Resumen**—El presente artículo muestra el diseño correspondiente al modelo de datos para automatizar la operación del presupuesto anual asignado a los proyectos de sanidad e inocuidad acuícola del Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Guerrero, (COSAEG, A.C.). El artículo se divide principalmente en tres fases, en la primera fase, se describen los requerimientos del sistema, en la segunda fase, se presenta el diseño del modelo conceptual; a partir de la tercera fase, se lleva a cabo el diseño lógico de la base de datos, estableciendo la transformación del modelo conceptual al esquema del modelo de datos relacional, en el cual se determinan las tablas, atributos y su relación. El modelo de datos resultante representa el primer entregable para el desarrollo de un sistema web denominado SIMEFF, sistema cuyo objetivo es gestionar los presupuestos en materia de sanidad e inocuidad acuícola, por lo que este primer trabajo representa la plataforma de almacenamiento de datos para el sistema en desarrollo.

**Keywords**— *Modelo de datos, sistema web, presupuestos, sanidad acuícola.*

## I. INTRODUCCIÓN

El presente artículo representa los resultados de la primera etapa de una serie de actividades encaminadas al desarrollo de un sistema web denominado SIMEFF, que gestione el presupuesto subsidiado para la operación de los proyectos anuales destinados a la sanidad e inocuidad acuícola del COSAEG, A.C., en el estado de Guerrero, México.

El término presupuesto se define como un plan de tipo financiero utilizado para estimar y controlar las operaciones futuras [7]. Al realizar un presupuesto se desarrolla un plan en el cual se establece qué es lo que se quiere realizar en un futuro con el recurso económico con que el organismo cuenta durante un periodo determinado, en este caso, de un año [1]. El proceso para la elaboración de presupuestos implica recolectar las necesidades que la empresa u organismo tiene y estimar el costo de estas. En el ámbito gubernamental, la elaboración de presupuestos para la operación de sus actividades no son la excepción.

Existen programas de apoyo gubernamentales al cual se les asigna un presupuesto para impulsar actividades que producen un bien económico para el desarrollo del país, como son las actividades agroalimentarias, en específico la labor que realizan

los productores acuícolas. Particularmente, en el estado de Guerrero, se otorga cada año el apoyo económico para proyectos que impulsan acciones en favor de la sanidad e inocuidad acuícola, a través del COSAEG, A.C, organismo auxiliar encargado de esta labor en la entidad. Actualmente operan como mínimo 5 proyectos anuales, los cuales pueden incrementarse en función del presupuesto disponible.

### A. Problemática

Dado el apoyo económico establecido por el gobierno del Estado, el COSAEG, A.C. enfrenta la necesidad de gestionar y dar seguimiento al presupuesto asignado para cada proyecto. Dicha gestión, se realiza utilizando algunos métodos convencionales que actualmente se pueden considerar rudimentarios, como son: las hojas de cálculo y los cálculos financieros de forma manual. Estas herramientas no permiten el procesamiento y verificación de los tipos de datos a almacenar, así como la actualización, el manejo y el acceso seguro, inmediato y confiable a la información, siendo estas sólo algunas de las desventajas de utilizar hojas de cálculo para este tipo de proceso. Debido a la problemática que se plantea, se presenta el modelo de datos para crear una base de datos que se aplicará en el desarrollo del sistema tipo web SIMEFF, el cual aporta las utilidades que darán solución a los problemas mencionados, estas utilidades son: generar un formato homogéneo de la información, evitar la captura manual de datos constantemente, compartir la información de tal manera que se encuentre disponible para todas las partes involucradas. Por otro lado, los datos almacenados en una base de datos centralizada hacen posible que la información sea perdurable, accesible desde cualquier lugar, además de que la información este actualizada, ordenada, no redundante y por ende los datos se mantienen íntegros y seguros.

### B. Propuesta de modelo de datos

Derivado de la problemática expuesta, y con el fin de satisfacer los requerimientos de las partes interesadas para la elaboración y gestión de los proyectos que maneja el organismo, se presenta el modelado de datos de este proceso, el cual implica diseñar conceptualmente las estructuras de almacenamiento para la descripción de los datos, identificar las relaciones entre ellos, su semántica y las restricciones de consistencia. Para finalmente culminar con el modelo relacional a implementar [9].

Con el propósito de crear el modelo conceptual, se utiliza el Lenguaje de Modelado Unificado (UML, por sus siglas en inglés) [3], para generar el diagrama de casos de uso, el diagrama de clases, el diagrama de modelo de negocio. Además del diagrama entidad-relación, para finalmente transformar el modelo conceptual al esquema del modelo de datos a implementar.

Aunado a lo anterior, en el presente trabajo se muestra el diseño lógico de la base de datos, el cual se divide en tres fases, la primera fase se muestra en el apartado III, donde se describe la especificación de los requerimientos, la segunda fase se muestra en el apartado IV, donde se presenta el diseño conceptual en el cual se realiza la descripción de las tablas y atributos. Continuando en el apartado V, donde se muestra el diseño lógico del modelo de datos a implementar.

II. OBJETIVO

El objetivo principal de la presente propuesta es el diseño del Modelo de Datos para la gestión de presupuestos asignados a los proyectos anuales de sanidad e inocuidad acuícola que ejecuta el COSAEG, A.C.

III. ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

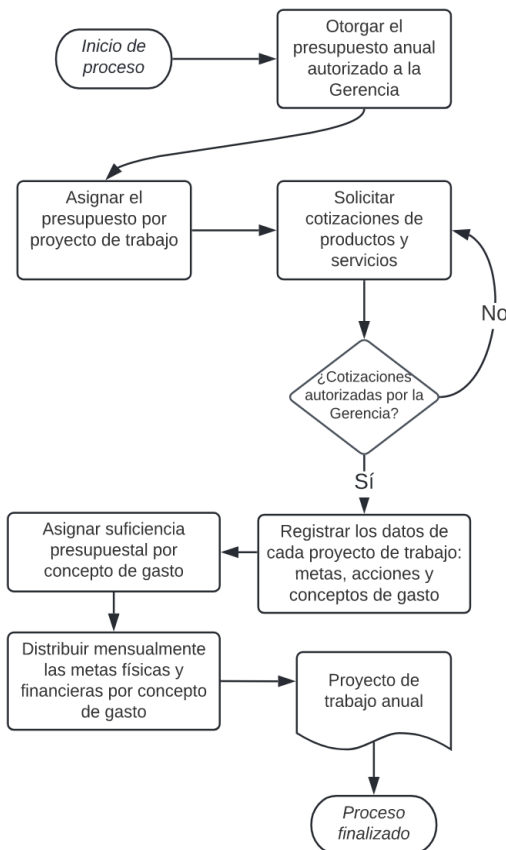


Figura 1: Diagrama de flujo del procedimiento general para la gestión de proyectos de trabajo.

La especificación de los requerimientos permite describir lo que el sistema debe de hacer: el servicio que ofrece y las

restricciones en su operación [10]. Los requerimientos se definen de acuerdo con las necesidades del organismo y de las demás partes interesadas, tomando en consideración la información que es requisito para la elaboración de los proyectos anuales, los cuales son: datos sobre el proyecto de trabajo, datos sobre el presupuesto, las acciones y la especificación de los conceptos de gasto de los proyectos, las metas físicas y financieras de forma desagregada y el documento final del proyecto.

El diagrama de flujo de la Figura 1, describe de manera abstracta el procedimiento que el organismo realiza para gestionar los proyectos de trabajo, por lo que, la especificación de requerimientos del sistema se desprende del mismo.

El proceso de ingeniería de requisitos debe considerarse como el comienzo de las cosas que se saben sobre el propósito del proyecto y terminando con un conjunto de requisitos [4].

A menudo los requerimientos del sistema de software se clasifican como requerimientos funcionales y requerimientos no funcionales [10].

Para el diseño de la base de datos los requerimientos funcionales son esenciales para establecer el modelo conceptual propuesto.

Estos forman parte de la primera fase para desarrollar la funcionalidad de SIMEFF, y automatizar el proceso de registro de los presupuestos anuales.

A continuación, se describen los requerimientos funcionales del sistema, con base al procedimiento general que el COSAEG, A.C. ejecuta para el desarrollo de sus actividades:

A. Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales para un sistema refieren lo que el sistema debe hacer. Los requerimientos funcionales más específicos del sistema detallan las funciones del sistema, sus entradas y salidas, sus excepciones, etcétera [10].

A continuación, se describen los requerimientos funcionales:

- RF1: El sistema contará con una base de datos donde almacene los datos concernientes a los proyectos de trabajo, los cuales son: datos del presupuesto, del proyecto, de acciones y conceptos de gasto, así como de las metas físicas y financieras de cada uno de estos.
- RF2: Para la elaboración de los proyectos sólo la gerencia, coordinación de campo, coordinación administrativa, y profesionales administrativos podrán tener acceso al sistema. Los usuarios se crearán de acuerdo con el perfil contratado, estos son: gerente, coordinador administrativo, profesionales administrativos y coordinador de campo. Para el acceso al sistema se solicitará un usuario y contraseña previamente registrado por el administrador del sistema.
- RF3: Las tareas que se realizarán en el sistema por tipo de usuario, serán las siguientes: el usuario gerente tendrá asignadas las tareas de capturar el presupuesto, los datos del proyecto, asignar el presupuesto por proyecto de trabajo, asignar las acciones y conceptos de gastos, además de asignarle el presupuesto a cada uno de estos.



El usuario de coordinador administrativo tendrá asignada la tarea de capturar el desagregado por mes del presupuesto de cada uno de los proyectos de trabajo. El usuario de coordinador de campo tendrá la función de capturar el desagregado de las metas físicas de los proyectos de trabajo. Y los profesionales administrativos tendrán tarea de capturar el desagregado mensual de los proyectos de trabajo.

- RF4: Los valores de las metas financieras serán registrados con dos decimales.
- RF5: Los valores de las metas físicas serán registrados con valores de tipo entero.
- RF6: Se deberá especificar el tipo de aportación presupuestal para cada uno de los presupuestos y proyectos de trabajo. Los tipos de aportación son: federal, estatal y productores.
- RF7: A través del sistema se realizará el registro, actualización y consulta de los datos de los presupuestos registrados. Los datos son: año de ejecución, nombre del programa nacional, nombre del componente, nombre del subcomponente y el desglose del presupuesto o meta financiera anual por tipo de aportación (federal, estatal, productores) y la suma total.
- RF8: El sistema contará con el registro, actualización y consulta de los datos de los proyectos de trabajo. Los datos son: nombre del proyecto, meta física anual, meta financiera anual por tipo de aportación y descripción del proyecto de trabajo, además de que no se podrá eliminar el registro una vez terminado y autorizado.
- RF9: Registrar, actualizar y consultar los datos concernientes a las acciones y conceptos de gastos especificados, los cuales serán administrados mediante un catálogo de datos.
- RF10: A través del sistema se realizará la asignación del presupuesto por acción y concepto de gasto del proyecto de trabajo. Por cada acción se debe respetar el porcentaje de asignación que establezca el organismo, es decir, del 100% del presupuesto anual asignado al proyecto, este se distribuirá por cada acción que contengan los proyectos.
- RF11: Registro, actualización y consulta de las metas físicas y financieras por concepto de gasto de forma desagregada y mensual de cada uno de los proyectos de trabajo. Se debe considerar un desagregado mensual global por proyecto de trabajo, es decir, un desagregado mensual que englobe el presupuesto por tipo de aportación de cada concepto de gasto especificado.
- RF12: Cada desagregado mensual debe considerarse desde el mes de enero al mes de diciembre del ejercicio que corresponde a cada proyecto.
- RF13: Generar un formato general que contenga todos los datos referentes a los proyectos de trabajo, es decir, que contenga los siguientes datos: componente, subcomponente, nombre del proyecto, tipo de aportación, acciones, conceptos de gasto, unidad de

medida, importe unitario, cantidad, meta financiera anual, así como el desagregado mensual de cada uno de estos conceptos con sus respectivas metas físicas y financieras anuales y mensuales.

La especificación de requerimientos funcionales se complementa con la especificación de los requerimientos no funcionales.

#### B. *Requerimientos no funcionales*

Los requerimientos no funcionales no tienen relación directa con los servicios específicos que integra el sistema para sus usuarios. Los requerimientos no funcionales, como el rendimiento, la seguridad o la disponibilidad, especifican o restringen por lo general características del sistema como un todo [10].

Tomando en cuenta la anterior definición, y para dar continuidad con los requerimientos del sistema a desarrollar, los requerimientos no funcionales son los siguientes:

- RNF1: El registro del usuario al sistema, se deberá realizar previa autorización de la gerencia.
- RNF2: El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
- RNF3: El sistema estará disponible todo el año, a excepción de los días que se realice mantenimiento, el cual será sólo durante un periodo de tiempo.
- RNF4: El tiempo para visualizar actualizaciones a la información deberá ser no mayor a 5 segundos.
- RNF5: Para el alojamiento del sistema web se contratará un proveedor que otorgue el servicio correspondiente.
- RNF6: Solo el usuario con el rol de administrador tendrá acceso al servidor para hacer cambios al sistema.
- RNF7: El sistema gestor de base de datos deberá administrar bases de datos de tipo relacional.
- RNF8: El sistema se podrá utilizar con los navegadores web Chrome, Firefox e Internet Explorer.

Con lo anterior se concluye la especificación de los requerimientos del sistema, los cuales determinan el desarrollo del siguiente apartado, en el cual se muestra el trabajo realizado en la segunda fase, que consiste en el diseño del modelo conceptual

#### IV. DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL

De acuerdo con Silberschatz et al.[9], un modelo de datos ofrece un marco conceptual, el cual especifica los requisitos de datos de los usuarios de la base de datos de forma sistemática, así también, especifica una estructura para la creación de la base de datos, la cual satisface los requisitos. Así mismo, el modelo de datos está conformado por una serie de conceptos, los cuales describen los datos, relaciones y restricciones [5]. En este caso, el diseño del modelo conceptual satisface los requisitos de datos, y proporciona la descripción de estos, sus restricciones y relaciones para el proceso de elaboración de los proyectos de trabajo.



El diseño conceptual muestra una visión de manera general detallada de la empresa. Donde los requisitos se traducen en un esquema conceptual de la base de datos [9]. En este sentido, los requerimientos para la elaboración de proyectos se especificaron en el apartado anterior, por lo tanto, el proceso de diseño conceptual implica las decisiones sobre qué atributos se desean capturar en la base de datos y cómo agruparlos para formar las diferentes tablas, de tal manera que se pueda confirmar que todos los requisitos de datos se satisfacen realmente y no entran en conflicto entre sí al momento de asociarse.

Por lo anterior, se eligió para el diseño de la base de datos y el desarrollo del marco conceptual, el modelo de datos relacional. Donde el modelo relacional emplea un conjunto de tablas para mostrar tanto los datos como las relaciones entre ellos.

Una base de datos relacional consiste en un conjunto de tablas, y a cada una de estas se le asigna un nombre exclusivo. Cada fila de la tabla representa una relación entre un conjunto de valores.

Cada tabla puede ser tratada como un conjunto de entidades, y cada fila es una entidad [9]. En este orden de ideas, el modelo relacional permite definir las tablas y sus valores.

Para el diseño del modelo conceptual, se utilizaron herramientas de modelado UML, como son: Enterprise Architect y la herramienta Bizagi Modeler, para el modelado de procesos. En este caso, se realizó el diagrama de casos de uso para visualizar la relación que existe entre el personal del organismo y las funciones principales que estos desarrollan para la elaboración de proyectos de trabajo, donde se identifican los casos de uso que determinan las entidades y atributos para el diseño a implementar de la base de datos.

A. Diagrama de casos de uso

En la Figura 2, se muestra el diagrama de casos de uso para la elaboración de los proyectos de trabajo, en donde ACT1 hace referencia al actor 1 que corresponde al gerente, ACT2 hace referencia al actor 2 que corresponde al coordinador administrativo, el ACT3 hace referencia al actor 3 que corresponde al coordinador de campo y el ACT4 hace referencia al actor 4 que corresponde al personal administrativo. La abreviatura CUS hace referencia al caso de uso, a este se añade un número que sirve de referencia a cada caso de uso que se muestra en el diagrama, en el cual, se muestra que los CUS2, CUS3, CUS4 y CUS5 tienen una relación de tipo incluye con el CUS1, debido a que, si el CUS1 no se lleva a cabo, no es posible que se presenten los otros casos de uso. En tanto el gerente no registre los datos del presupuesto y de los proyectos de trabajo, los valores de entrada serían nulos, por lo que el registro de los datos sería incoherente con respecto al presupuesto. El CUS6 determina actualizar y consultar los proyectos de trabajo durante y después de haberse elaborado. Siendo este, el CUS6 al cual todos los actores involucrados se encuentran relacionados. Todos los casos de uso tienen una relación de tipo incluye con el CUS7, el cual hace referencia al login de usuario, sólo si el usuario ingresa al sistema introduciendo sus datos de usuario y contraseña, se podrá realizar cada tarea que se describe en el caso de uso.

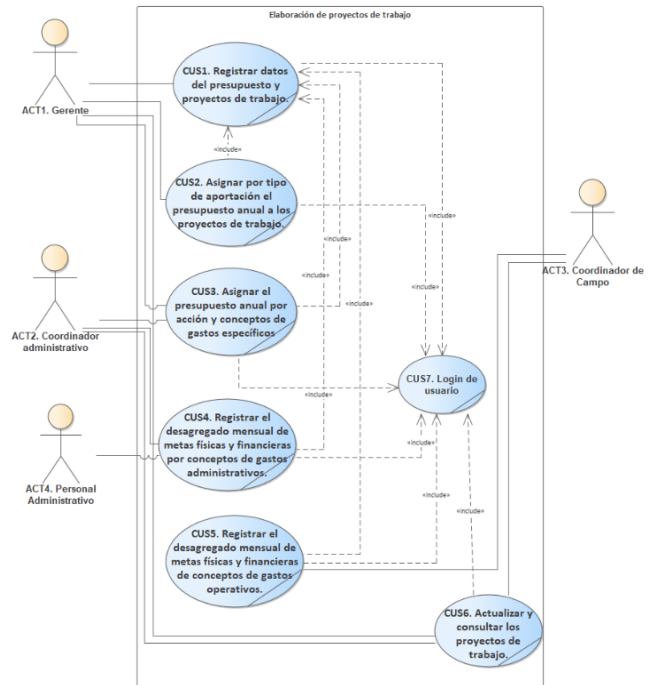


Figura 2: Diagrama de casos de uso para la elaboración de proyectos trabajo.

Cada uno de los casos de uso que se muestran en el diagrama de la Figura 2, se relacionan con los requerimientos funcionales del sistema descritos en el apartado 3.1. Por consiguiente, la relación requerimientos-casos de uso se puede describir de la siguiente manera:

La relación CUS1 {RF1, RF7, RF8}, indica que el RF1, RF7 y RF8 se cumplen en el CUS1. El CUS2 {RF6}, el CUS3 {RF9, RF10}, el CUS4 {RF4, RF5, RF11, RF12}, el CUS5 {RF4, RF5, RF11, RF12}, el CUS6 {RF13}, y el CUS7 {RF2, RF3}. Para el caso del RNF4, se cumple de forma no específica en los casos de uso mencionados, es decir, se cumple de forma general para las funciones del sistema.

B. Diagrama de clases

El diagrama de clases permite visualizar de manera estática la estructura de un sistema, en este caso, para el registro de la información de los proyectos de trabajo, se muestra la Tabla 1, en la cual se muestran las clases principales, sus atributos y métodos.

De acuerdo con Sommerville [10], el diagrama de clases muestra las clases de objetos de un sistema y sus relaciones. Y según Silberschatz et al. [9], las tablas son, esencialmente, relaciones. De aquí se desprende que el modelo sea relacional.

Por lo que, para realizar el diagrama de clases, primero se definen las clases, sus atributos y sus métodos, a fin de obtener la representación de la estructura del sistema que automatizará el proceso para la gestión de los proyectos de trabajo.

Las clases descritas, ver Tabla 1, satisfacen los requerimientos funcionales descritos en el apartado 3.1, de esta forma, la relación requerimientos-clases se puede describir de la siguiente forma:

La clase Presupuestos {RF1, RF6, RF7}, donde el RF1, RF6 y el RF7 se satisfacen en la clase Presupuestos, la clase Proyectos {RF1, RF6, RF8}, la clase asignaAcciones {RF4, RF5, RF10}, la clase Conceptos {RF9}, la clase Acciones {RF10}, la clase Desagregados {RF4, RF5, RF11, RF12}, y la clase vw\_proyecto {RF13}.

A continuación, se describen las clases principales, sus atributos y métodos:

TABLE I. CLASES, ATRIBUTOS Y MÉTODOS

Clases, Atributos y Métodos		
Clases	Atributos	Métodos
Presupuestos	id, año, componente, subcomponente, aportacionF, aportacionE, aportacionP	crearPresup (), actualizarPresup (), calculoTotal (), mostrar (), eliminarPresup ()
Proyectos	id, nombre, descripcion	crear Proy (), actualizarProy (), eliminarProy (), mostrar ()
Conceptos	id, nombre, unidadMedida	altaConcepto (), actualizarConcep (), eliminarConcep (), mostrar ()
Acciones	id, nombre	altaAccion (), actualizarAcc (), eliminarAcc (), mostrar ()
Desagregados	id, mes, metaFis, metaFin	crearDesag (), actualizarDesag (), eliminarDesag (), limitePresup (), calculoMetaFin ()
AsignaAcciones	id, porcentaje, concepto, metaFis, importeUnit, metaFin	asignaciones (), actualizarAsigAcc() eliminarAsigAcc (), calculoAccion (), limitePresup (), calculoMetaFin ()

En el diagrama de clases, ver Figura 3, se muestran las clases, los atributos y métodos descritos en la Tabla 1, y se presentan las relaciones que hay entre estas. Un presupuesto está asignado a uno o más proyectos y un proyecto tiene un solo presupuesto, cada proyecto consta de conceptos de gastos específicos, acciones y desagregados de metas. Se incluye la clase vw\_proyecto, la cual representa la vista del proyecto de trabajo.

C. Modelo de procesos

El propósito del modelo de procesos, ver Figura 4, es apreciar con facilidad las interrelaciones existentes entre las tareas involucradas en la elaboración de los proyectos de trabajo, así como determinar los puntos en que se enlazan unas tareas con otras e identificar las tareas que tienen asignadas cada uno de los involucrados en el proceso.

El Modelo de procesos ayuda a determinar si en un momento dado se requieren agregar nuevos requerimientos al sistema, así como a detectar, en qué parte del flujo del proceso se puede anexar el nuevo requerimiento, y así, extender la funcionalidad del sistema.



Figura 3: Diagrama de clases para la elaboración de proyectos trabajo.

Cada tarea, que se representa en el diagrama, afecta a la base de datos, con excepción de las tareas no automatizadas, identificada con el símbolo de una mano en el diagrama, estas no forman parte de la funcionalidad del sistema, por lo que ayuda a determinar con una visión clara el modelo conceptual para el diseño de la base de datos.

En el modelo de procesos, se muestra el flujo de las tareas realizadas por área responsable encargada de realizar cada una de estas, las cuales se describen a continuación:

- Registrar datos del presupuesto y los proyectos de trabajo: este proceso se realiza desde el área de la gerencia, quienes se encargan de registrar los datos del presupuesto y de los proyectos de trabajo. En este proceso se obtiene un presupuesto anual de acuerdo con el componente y subcomponente asignado, esta actividad. Los requerimientos RF1, RF7 y el RF8 se cumplen en esta tarea, debido a que se almacenan los datos de los presupuestos y proyectos de trabajo, así como la especificación del tipo de presupuesto
- Asignar presupuesto a los proyectos de trabajo: desde el área gerencial se realiza la asignación del presupuesto definido para ejecutarse durante el año natural del ejercicio de cada uno de los proyectos de trabajo a ejecutar. Esta tarea satisface los requerimientos RF1, RF7 y el RF9.
- Asignar acciones y conceptos de gastos específicos por proyecto: a gerencia asigna a cada uno de los proyectos las acciones a realizar y estas a su vez definen los conceptos de gastos específicos a realizar durante el año

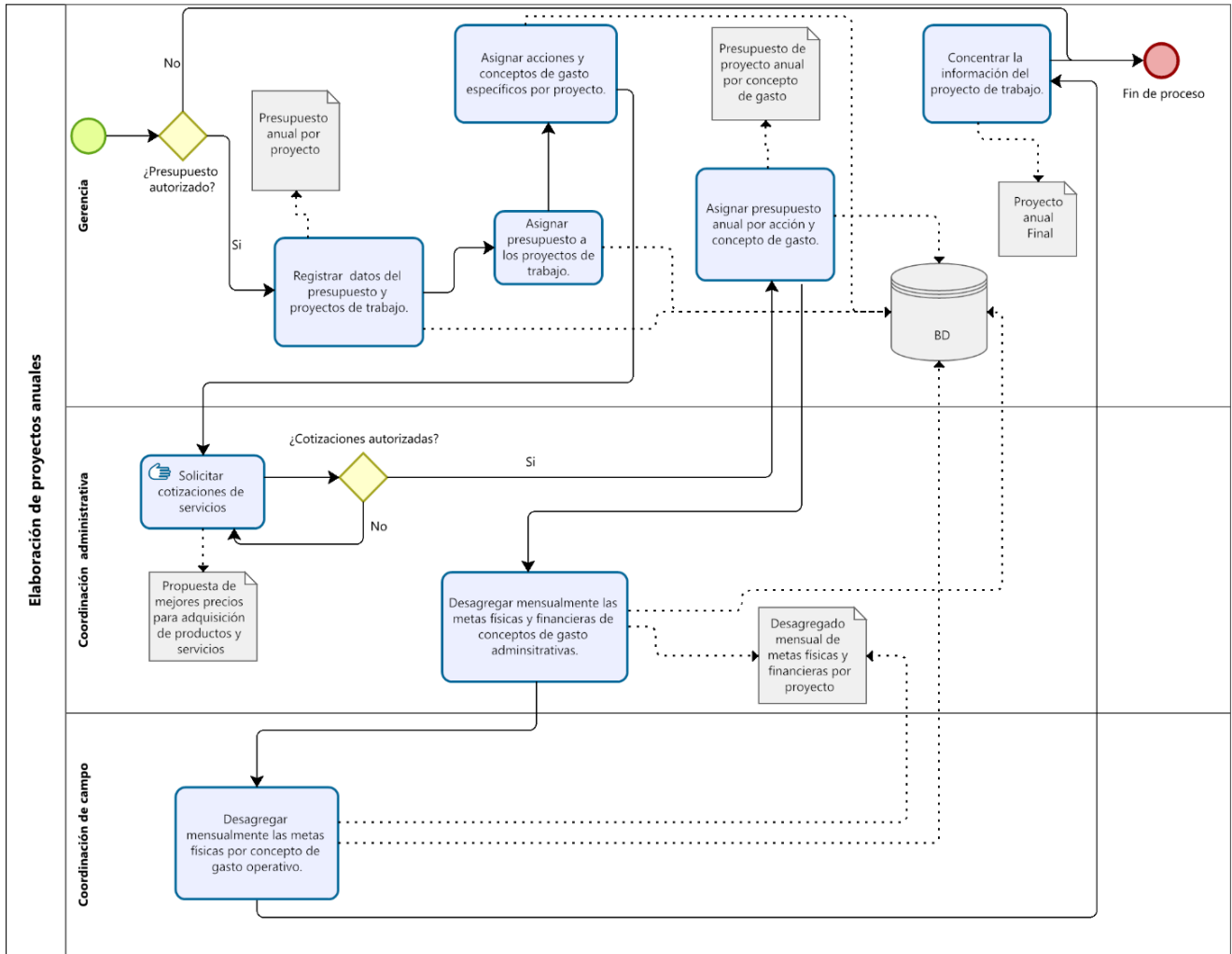


Figura 4: Modelo de procesos.

de ejecución del proyecto, sin embargo, aunque la coordinación administrativa colabora con la gerencia entregando las cotizaciones para asignar el presupuesto por concepto de gasto, la tarea se coloca en el área de la gerencia ya que es responsabilidad de esta. Esta tarea cumple con el RF10.

- Asignar presupuesto anual por acción y concepto de gasto: es el proceso que consiste en asignar por acción y concepto de gasto específico, un presupuesto anual, es decir, una meta financiera anual y una meta financiera física anual. En esta tarea se involucra principalmente al gerente del organismo. Esta tarea cumple con los requerimientos RF5, RF6 y RF11.
- Solicitar cotizaciones de productos y servicios: este proceso, no es parte de los procesos que se van a automatizar, en el diagrama se muestra que es una tarea manual, es decir, es una tarea que se encuentra fuera de las funciones del sistema. Esta tarea contribuye a dar cumplimiento al RF9 y RF13.
- Desagregar mensualmente las metas físicas y financieras por concepto de gasto administrativo: es el proceso de

distribuir el presupuesto anual asignado a cada uno de los conceptos de gasto administrativas de manera mensual. El personal encargado solicita la autorización de las cotizaciones para realizar el desagregado mensual. Esta tarea cumple con los requerimientos RF5, RF6, RF12 y RF13.

- Desagregar mensualmente las metas físicas por concepto de gasto operativo: es el proceso de distribuir las metas físicas anuales de los conceptos de gasto operativos de forma mensual. La coordinación de campo de cada proyecto se encarga de realizar esta tarea, por ser quienes ejecutan principalmente estos conceptos de gastos. Esta tarea cumple con los requerimientos RF5, RF6, RF12 y RF13.
- Concentrar la información del proyecto de trabajo: este proceso se realizará de forma automática para el sistema, obteniendo como producto el proyecto de trabajo final. Esta tarea cumple con el requerimiento RF14.

Cada una de las tareas anteriormente descritas, muestran la relación con la base de datos que se propone, indicando un efecto sobre esta al realizar cada uno de las tareas descritas, con

excepción de la solicitud de cotizaciones, que como se puede observar en la Figura 3, es una tarea manual (icono de mano) por parte de la coordinación administrativa, por lo que no hay una afectación de manera directa en la base de datos, sino de manera indirecta al trasladar la información obtenida de las cotizaciones al presupuesto por concepto de gasto.

*D. Tablas y atributos*

Una tabla representa un conjunto de relaciones, es decir, cada una de las filas de la tabla muestra una relación entre un conjunto de valores. Siguiendo la terminología del modelo relacional que plantea Silberschatz et al. [9], las cabeceras de las tablas hacen referencia a los atributos. Así mismo, para cada atributo de la tabla, hay un conjunto de valores que son permitidos, denominado dominio. Se muestran los nombres de las tablas y los atributos de cada una de estas, ver Tabla 2, con el propósito de establecer el dominio de cada atributo y las relaciones de estos.

Las tablas son esencialmente, relaciones, que, en términos matemáticos, una relación se define como un subconjunto del producto cartesiano de la lista de dominios [9].

Por tanto, la relación r (tabla) Presupuestos se define por los dominios D (atributos): nombre del componente (D1), nombre del subcomponente (D2), año (D3), aportación federal (D4), aportación estatal (D5), aportación productores (D6) y total (D7). La relación Presupuesto es un subconjunto de:

$$D1 \times D2 \times D3 \times D4 \times D5 \times D6 \quad (1)$$

El subconjunto (1), por tanto, representa el producto cartesiano o producto cruz de los 6 dominios que determinan la relación Presupuestos. Sin embargo, aunque matemáticamente se determina de esta forma, para la creación de la base de datos, no se toma en cuenta el total del producto cartesiano, sino sólo un subconjunto de datos del producto cruz.

TABLE II. TABLAS Y ATRIBUTOS

Tablas y Atributos	
Atributos	Métodos
Presupuestos	nombre del componente, nombre del subcomponente, año, aportación federal, aportación estatal, aportación de productores, total.
Proyectos	nombre del proyecto, descripción
Conceptos	nombre del concepto, unidad de medida.
Acciones	nombre de la acción.
Desagregados	mes, conceptos, acciones, presupuesto, proyectos, meta mensual física, meta mensual financiera.

Así mismo, el dominio de los valores del atributo nombre del componente de la tabla Presupuestos, estará formado por el subconjunto de los nombres de los componentes, este será su dominio.

Cada dominio representa un subconjunto de valores determinados por el tipo de dominio.

V. DISEÑO LÓGICO DEL MODELO DE DATOS A IMPLEMENTAR

En este apartado se muestra el esquema relacional de la base de datos a implementar, resultado de la fase de diseño lógico. En

la fase de diseño lógico se traduce el esquema conceptual de alto nivel al modelo de datos a implementar del sistema de bases de datos que se va a usar. El modelo de aplicación de los datos suele ser el modelo relacional, y este paso consiste en traducir el esquema conceptual definido mediante el modelo entidad-relación en un esquema de relación [9].

El esquema entidad-relación representa tres conceptos básicos: los conjuntos de entidades, los conjuntos de relaciones y los atributos.

Tomando como referencia lo que dice Silberschatz et al. [9], para traducir el modelo conceptual al esquema entidad-relación, se tomó en cuenta lo siguiente:

- Cada clase representa una tabla. Como se describe en el apartado 4 subtítulo D, Tablas y atributos.
- Un conjunto de entidades del mismo tipo comparte propiedades o atributos.
- Cada entidad se representa mediante un conjunto de atributos.
- Cada entidad incluye un valor para cada uno de sus atributos.
- Un conjunto de relaciones del mismo tipo, tienen relaciones que se pueden transformar en nuevas tablas.
- Cada atributo contiene un conjunto de valores permitidos, denominados dominio o conjunto de valores de ese atributo.
- Un esquema entidad-relación puede definir ciertas restricciones, a partir de las cuales el contenido de la base de datos debe adaptarse.
- La clave primaria se considera como la clave candidata, o bien, como un elemento primario o principal para identificar las entidades pertenecientes a un conjunto de entidades.
- La correspondencia de cardinalidades, o razón de cardinalidad, denota el número de entidades a las que otra entidad se puede asociar mediante un conjunto de relaciones utilizando principalmente claves. Las claves y, en general, las dependencias funcionales son restricciones de la base de datos que exigen que las relaciones cumplan determinadas propiedades. Las relaciones que cumplen todas esas restricciones son legales.

A. Normalización

La normalización se lleva a cabo de manera formal como parte del modelado de datos. Se realiza sobre las relaciones generadas a partir del modelo entidad-relación.

La normalización de las tablas se realiza aplicando la tercera forma normal (3FN) para eliminar las dependencias funcionales transitivas, además de evitar en mayor medida la redundancia de datos y realizar cambios en el diseño lógico de manera más

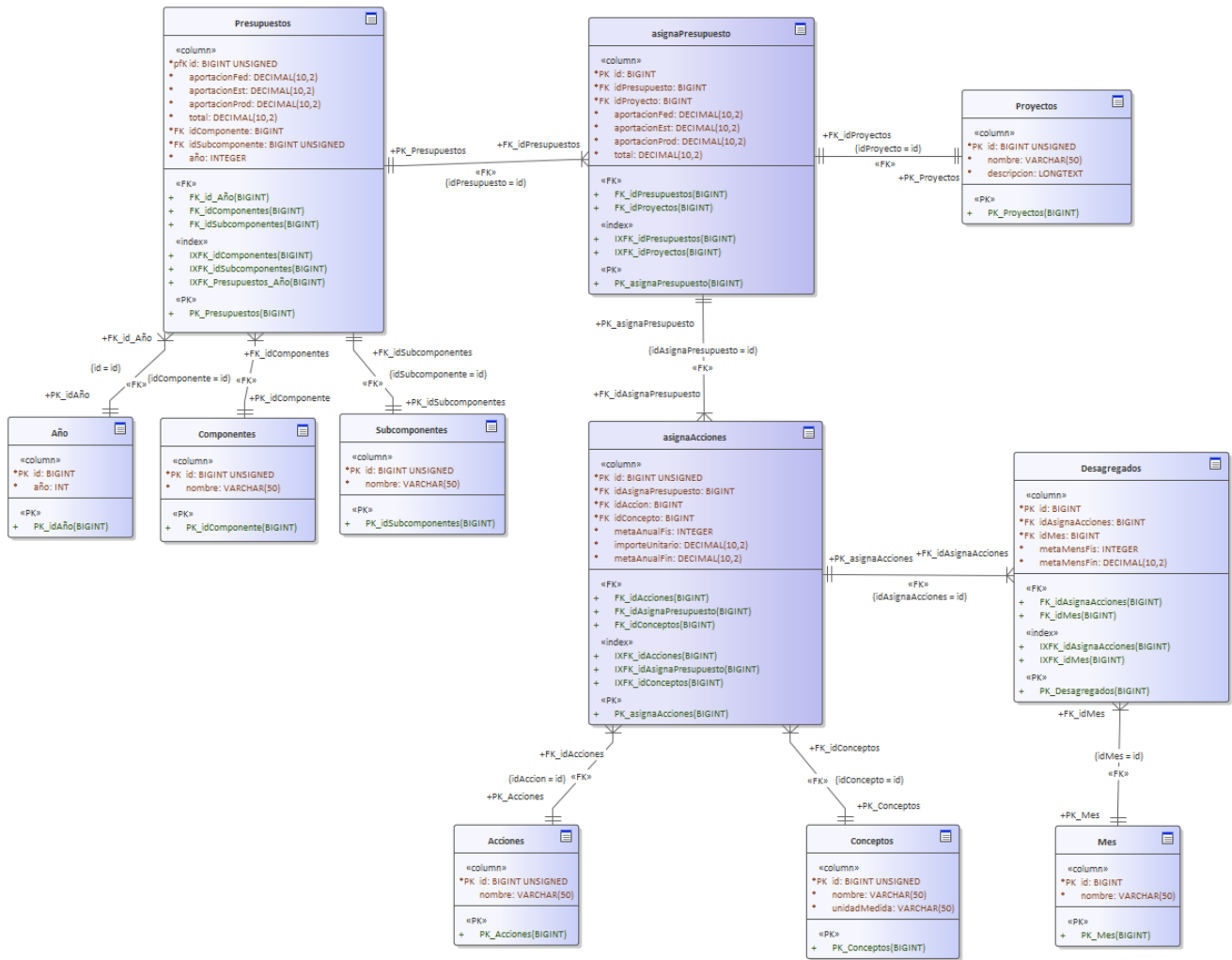


Figura 5: Diagrama entidad-relación para el proceso de seguimiento de proyectos de trabajo en sanidad e inocuidad acuícola.

sencilla. De esta forma los datos se mantienen íntegros ante cualquier modificación [2].

**B. Diagrama entidad-relación**

El diagrama entidad-relación se define a partir de identificar correctamente las entidades, las relaciones entre estas no deben necesitar mucha más normalización. Sin embargo, la normalización detecta aquellas dependencias funcionales entre los atributos de alguna entidad.

El diseño conceptual se establece para la creación del diagrama entidad-relación que ofrece una representación gráfica del sistema, que, aunque el modelo de datos sea relacional, el diagrama entidad-relación permite determinar el esquema de relación.

El diagrama obtenido, ver Figura 5, en el cual se presentan los atributos de cada una de las entidades, y que, es resultado de la normalización de las tablas.

Como resultado de la tercera fase, ver Tabla 3, se muestran los nombres de las tablas, los nombres de los atributos, así como

las claves primarias, PK (primary key) y foráneas, FK (foreign key), los cuales determinan las relaciones de las entidades.

TABLE III. RELACIONES DEL ESQUEMA

Relaciones del Esquema
<i>Relaciones</i>
Componentes (id (PK), nombre) Subcomponentes (id (PK), nombre) Presupuestos (id (PK), idComponente (FK), idSubcomponente (FK), aportacionFed, aportacionEst, aportacionProd, total, año) Proyectos (id (PK), nombre, descripción) Conceptos (id (PK), nombre, unidadMedida) Acciones (id (PK), nombre) Meses (id (PK), nombre) asignaPresupuesto (id (PK), idPresupuesto (FK), idProyecto (FK), aportacionFed, aportacionEst, aportacionProd, total) asignaAcciones (id (PK), idAsignaPresupuesto (FK), idAccion (FK), idConcepto (FK), metaAnualFis, importeUnitario, metaAnualFin) Desagregados (id (PK), idAsignaAcciones (FK), idMes (FK), metaMensFis, metaMensFin)



Con respecto a las tablas definidas en la Tabla 2, si se comparan con los datos de la Tabla 3, se añaden tablas formadas por las relaciones establecidas entre estas, como la tabla asignaAcciones, asignaPresupuesto, y tablas que se crearon al realizar la normalización para evitar la redundancia de datos, como el caso de las tablas Componentes, Subcomponentes y Meses.

Como resultado de la tercera fase, ver Tabla 3, se muestran los nombres de las tablas, los nombres de los atributos, así como las claves primarias, PK (primary key) y foráneas, FK (foreign key), los cuales determinan las relaciones de las entidades.

Con respecto a las tablas definidas en la Tabla 2, si se comparan con los datos de la Tabla 3, se añaden tablas formadas por las relaciones establecidas entre estas, como la tabla asignaAcciones, asignaPresupuesto, y tablas que se crearon al realizar la normalización para evitar la redundancia de datos, como el caso de las tablas Componentes, Subcomponentes y Meses.

De acuerdo con Silberschatz et al. [9], el modelo de datos relacional se basa en un conjunto de tablas, en donde el usuario del sistema de bases de datos puede consultar estas tablas, insertar tuplas nuevas, borrar tuplas y actualizar o modificar las tuplas, estas operaciones se pueden realizar utilizando algún lenguaje de alto nivel que permita expresar estas operaciones.

C. Tablas y tuplas

Componentes		Subcomponentes	
id	nombre	id	nombre
1	Sanidad	1	Sanidad acuicola
2	Vigilancia	2	Vigilancia acuicola
3	Inocuidad	3	Inocuidad acuicola
		4	Emergentes

Figura 6: Ejemplo de las tablas Subcomponentes y Componentes.

En la Figura 6, se muestra el ejemplo de las tuplas de las tablas Componentes y Subcomponentes, en las cuales se registra a que tipo de proyectos se puede asignar el presupuesto.

En la Figura 7, se muestra la relación Presupuestos con las tablas Componentes y Subcomponentes, donde se colocan datos de ejemplo para representar la relación entre estas. El atributo total se encuentra entre líneas punteadas por ser un atributo derivado, es decir, se deriva de la suma de los atributos aportaciónFed, aportaciónEst y aportaciónProd.

Presupuesto							
id	año	Componente	Subcomponente	aportacionFed	aportacionEst	aportacionProd	total
1	2022	Sanidad	Sanidad acuicola	\$10,000.00	\$50,000.00	\$0.00	\$60,000.00
2	2022	Vigilancia	Vigilancia acuicola	\$20,000.00	\$10,000.00	\$5,000.00	\$35,000.00
3	2022	Inocuidad	Inocuidad acuicola	\$300,000.00	\$0.00	\$0.00	\$300,000.00
4	2022	Sanidad	Emergentes	\$10,000.00	\$2,000.00	\$2,000.00	\$14,000.00

Figura 7: Ejemplo de la relación de Presupuestos con Subcomponentes y Componentes.

En la Figura 8, se muestra la relación Proyectos, donde se ejemplifica las tuplas para esta relación.

Una de las relaciones más importantes es asignaAcciones, ver Figura 9, con las tablas Proyectos y Presupuestos, asignando

Proyectos		
id	nombre	descripción
1	Peces	Fomento al cultivo de peces
2	Crustáceos	Fomento al cultivo de crustáceos
3	Moluscos	Fomento a la sanidad en moluscos
4	Inocuidad Acuicola en Peces y Crustáceos	Acciones en materia de inocuidad acuicola
5	Vigilancia Epidemiológica	Vigilancia epidemiológica de especies
6	Programa Emergente por Desastres Naturales	Acciones en favor de acuicultores afectados por el huracan "Paulina"

Figura 8: Ejemplo de la relación de Proyectos.

asignaPresupuesto						
id	idPresupuesto	proyecto	aportacionFed	aportacionEst	aportacionProd	total
1	1	Peces	\$5,000.00	\$20,000.00	\$0.00	\$25,000.00
2	1	Crustáceos	\$3,500.00	\$30,000.00	\$0.00	\$33,500.00
3	1	Moluscos	\$1,500.00	\$0.00	\$5,000.00	\$6,500.00

Figura 9: Ejemplo de la relación de asignaPresupuesto.

de esta forma a cada proyecto un presupuesto anual. El atributo proyecto, se relaciona con esta tabla mediante el idProyecto.

El conjunto de las tablas obtenidas, constituyen el modelo de datos relacional, a partir de estas, se realizarán las operaciones de insertar, actualizar, mostrar o eliminar las tuplas, utilizando un lenguaje que permita realizar estas operaciones y un sistema gestor de base de datos de tipo relacional.

Por lo anterior, el modelo de datos obtenido se implementará en trabajos futuros para el desarrollo del sistema SIMEFF, en el SGBD MySQL, que es un sistema de administración relacional de bases de datos de tipo InnoDB [6].

VI. ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

**COSAEG, A.C.:** Comité de Sanidad Acuicola del Estado de Guerrero.

**SIMEFF:** Sistema de Gestión de Metas Físicas y Financieras.

**SGBD:** Sistema Gestor de Base de Datos.

VII. CONCLUSIONES

Cada una de las fases descritas en el presente trabajo, se desarrollaron a fin de obtener un diseño lógico de la base de datos a implementar, partiendo de la especificación de requerimientos, diseño del modelo conceptual, posteriormente se aplica el proceso de normalización en las tablas y se identifican las relaciones entre estas para crear el diagrama entidad-relación, y con ello finalmente, realizar la transformación al esquema del modelo de datos relacional a implementar.

El modelo de datos realizado constituye la primera entrega al organismo, como parte del trabajo para el desarrollo del sistema web SIMEFF, conformando así, el repositorio de datos del sistema.

Así mismo, con esta primera entrega se cumple con las etapas iniciales de la metodología de desarrollo del sistema, además, se cumple con el diseño del modelo, que constituye uno de los componentes de la arquitectura de software MVC (Modelo-Vista-Controlador), la cual se está implementando para desarrollo del sistema web SIMEFF.

El modelo de datos propuesto tiene un impacto tecnológico en el organismo, implementando un mecanismo que proporciona homogeneidad, consistencia e integración de la información. Aporta un trabajo que brinda certidumbre y calidad para beneficio del sector acuícola en el estado de Guerrero.

### REFERENCIAS

- [1] Baron, L. C. (2019). Sistema de monitoreo y seguimiento presupuestal para el Programa Paz y Región de la Universidad de Ibagué. <https://repositorio.unibague.edu.co/handle/20.500.12313/1951>.
- [2] Besembel, I. (2006). Modelo de datos del sistema automatizado de registros médicos: SIREM. *Ciencia e Ingeniería* 27, 59-66.
- [3] Casas Roma, J., & Conesa i Coralt, J. (2013). Diseño conceptual de base de datos UML. Editorial UOC., Barcelona, España.
- [4] Leach, R. J. (2016). *Introduction to Software Engineering*. Washington, DC, USA: CRC Press.
- [5] Millán, M. E. (2012). *Fundamentos de bases de datos*. Universidad del Valle Programa Editorial., Cali, Colombia.
- [6] Oracle Corporation and/or its affiliates. (2022). *Introduction to InnoDB*. <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/innodb-introduction.html>
- [7] Polo García, B. (2017). *Manual de Presupuestos Teórico y Práctico*. Nueva Legislación SAS., Bogotá, Colombia.
- [8] Sarmiento Calvo, M. (2020). Sistema de presupuestos web. <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/106327/6/msarmientocaTFM0120memoria.pdf>
- [9] Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2006). *Fundamentos de bases de datos*. Quinta Edición. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U., Aravaca, Madrid.
- [10] Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de software*. Pearson Education, Inc., México.



# Propuesta de Sistema Web para Gestionar Cursos de Inglés

Ing. Marcos Brayan  
Hernández Mejía.  
Estudiantes de la  
Maestría en Sistemas  
Computacionales.  
*Tecnológico Nacional  
de México / IT  
Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero,  
México  
MM21320012@acapul  
co.tecnm.mx

M.T.I. Juan Miguel  
Hernández Bravo.  
Docente de la Maestría  
en Sistemas  
Computacionales.  
*Tecnológico Nacional  
de México / IT  
Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero,  
México.  
juan.hb@acapulco.tecn  
m.mx

Dr. Mercedes  
Hernández de la Cruz.  
Docente de la Maestría  
en Sistemas  
Computacionales.  
*Tecnológico Nacional  
de México / IT  
Chilpancingo.*  
Chilpancingo,  
Guerrero, México.  
mercedes.hd@chilpanci  
ngo.tecnm.mx

M.T.I. Jorge Carranza  
Gómez.  
Docente de la Maestría  
en Sistemas  
Computacionales.  
*Tecnológico Nacional  
de México / IT  
Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero,  
México  
Jorge.cg@acapulco.Tec  
nm.mx

**Resumen**— El departamento de lenguas extranjeras trata de dar solución al problema de la gestión de los cursos de inglés debido a que no cuenta con un sistema para su administración, por lo cual se propone desarrollar un sistema web para agilizar el proceso de registro y administración de las actividades. El sistema contará con el registro de cada alumno y de esta manera llevar un control sobre los cursos. Además de poder registrar, tendrá contemplado la creación de grupos y se facilitará su administración, contará con un apartado del docente para poder subir las calificaciones del grupo que se le asignó. Este sistema pretende facilitar la mayor parte administrativa del departamento. Se pretende utilizar el framework Django para implementar la arquitectura MVT, Bootstrap para el diseño front-End y PostgreSQL para la base de datos, así como la metodología Scrum, considerada una de las más utilizadas en el desarrollo de software debido a la gestión de proyectos es capaz de mantener varias fases de desarrollo.

**Palabras Clave**— Control escolar, Django, MVT, Python.

## I. INTRODUCCIÓN

Este artículo se expone el trabajo interdisciplinario realizado en la maestría en sistemas computacionales (MSC) en apoyo del consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT), impartida en el Tecnológico Nacional de México (TecNM) campus Acapulco.

Los tecnológicos son instituciones públicas de educación superior, su papel es servir a la sociedad de acuerdo a las necesidades que ella tiene y que se detectan directamente a través de los organismos del Estado.

El origen de este sistema educativo se remonta al año 1948, cuando eran inaplazables, a las entidades federativas, las oportunidades de acceder a la educación tecnológica superior,

ahí encontramos la razón fundamental de su creación: elevar las posibilidades de educación que por cuestiones económicas o sociales no podían viajar a la ciudad capital a estudiar alguna profesión.

La historia de los Tecnológicos nos indica que éstos han funcionado siempre en forma coordinada; primero lo hicieron dentro de los lineamientos del Instituto Politécnico Nacional, después, dentro del marco de la SEP, cuando pasaron a depender de ésta.

El Instituto Tecnológico de Acapulco contó con una población inicial de: 51 alumnos de nivel superior y 483 alumnos de nivel medio superior (técnicos), atendidos por una planta laboral de 47 empleados entre docentes y administrativos.

Actualmente el Instituto tecnológico de Acapulco cuenta con una población de 4,164 alumnos de licenciatura y 47 de maestría, atendidos por una planta laboral de 308 trabajadores, entre docentes y personas de apoyo y asistencia a la educación (Acapulco, 2021).

### 1.1. Planteamiento del problema.

Uno de los requisitos para poder titularse en la mayoría de las instituciones educativas nivel superior es haber concluido o acreditado un curso de inglés y obtener el nivel B1 de acuerdo a, en el tecnológico de acapulco no es la excepción. Al momento de que los alumnos concluyen con sus estudios académicos prosiguen con el proceso de titulación pero algunos no pueden hacerlo debido a que no cuentan con sus cursos de inglés o una constancia que indique que tiene conocimiento de esa segunda lengua como parte de uno de los requisitos, varios alumnos pasan por este tipo de problemas y acuden al centro de

lenguas extranjeras para resolver su situación, el departamento trata de dar solución al problema pero también atienden a los alumnos internos que van al corriente con sus cursos, a los que concluyeron con sus niveles y requieren su comprobante de haber concluido o alumnos externos de otros tecnológicos que vienen por cursos o exámenes globales.

La institución cuenta con un registro ante el Tecnológico Nacional de México, esto hace que los alumnos que concluyan con los cinco niveles de inglés ya pueden liberar ese requisito para poder titularse, es por eso que alumnos de otras instituciones acuden hacer los cursos en este tecnológico. Esto hace que la demanda de alumnos al momento de inscribirse o reinscribirse al curso crezca y aumente el trabajo de registro, control y seguimiento de cada uno, todo este proceso de registro lo hacen de manera manual apoyándose de hojas de cálculo en Excel capturando información como:

- Si ya realizaron su pago
- ¿Qué nivel está cursando?
- Calificaciones de cada grupo
- Si se ha generado su constancia al terminar y aprobar el curso
- Sus listas de cada grupo.

Aún con el apoyo de esta herramienta la persona encargada también hace registros manualmente a lápiz y papel y en ocasiones han extraviado información. Actualmente debido a la pandemia este tipo de registro se ha complicado tanto a que todo el trámite lo hacen en línea.

1.2. *Objetivo General.*

Diseñar un sistema web para agilizar el proceso de registro y administración de las actividades de los cursos de inglés.

1.3. *Objetivos Específicos.*

- Diseñar un sistema que optimice los procesos realizados e incremente la productividad en el departamento de centro de lenguas extranjeras.
- Facilitar el proceso de inscripción a los alumnos de la institución educativa.
- Reducir la duplicidad de información del expediente de los alumnos.
- Evitar pérdida y confusión de información al registrar un estudiante al curso de inglés.

2. **Marco Conceptual.**

2.1. *Enterprise Architect.*

Enterprise Architect es una herramienta gráfica multiusuario diseñada para ayudar a construir sistemas robustos y fáciles de mantener. Enterprise Architect ayuda a rastrear especificaciones de alto nivel para modelos de análisis, diseño, implementación, prueba y mantenimiento utilizando UML,

SysML, BPMN y otros estándares abiertos. (sparxsystems, 2022)

Con la ayuda de esta herramienta se crearán los diagramas UML que se mostrarán más adelante, gracias a estos diagramas tenemos un conocimiento más amplio del sistema y así identificar el comportamiento de cada usuario.

2.2. *Adobe XD.*

Adobe XD es una herramienta de edición de gráficos que funciona para crear interfaces de páginas web y de aplicaciones. Permite al diseñador enfocarse en la experiencia del usuario al navegar, con un rango mínimo de error y en el menor tiempo posible. (Molera, 2019)

Esta herramienta es utilizada para del desarrollar los prototipos del sistema web como se muestra en la figura12, de esta manera tendrán una experiencia visual del sistema.

2.3. *Metodología Scrum.*

Scrum es una metodología de desarrollo ágil utilizada en el desarrollo de Software basada en un proceso iterativo e incremental. Scrum es un marco ágil adaptable, rápido, flexible y eficaz que está diseñado para ofrecer valor al cliente durante todo el desarrollo del proyecto. El objetivo principal de Scrum es satisfacer la necesidad del cliente a través de un entorno de transparencia en la comunicación, responsabilidad colectiva y progreso continuo. El desarrollo parte de una idea general de lo que hay que construir, elaborando una lista de características ordenadas por prioridad (product backlog) que el propietario del producto quiere obtener. (digite, 2022)

Para el desarrollo del sistema utilizaremos esta metodología para poder lograr una buena construcción del sistema web eficiente, que pueda cumplir cada uno de los requerimientos planteados. El objetivo de utilizar esta metodología es aumentar la calidad del software que se producirá en todas sus fases de desarrollo como se muestra en la figura 1.

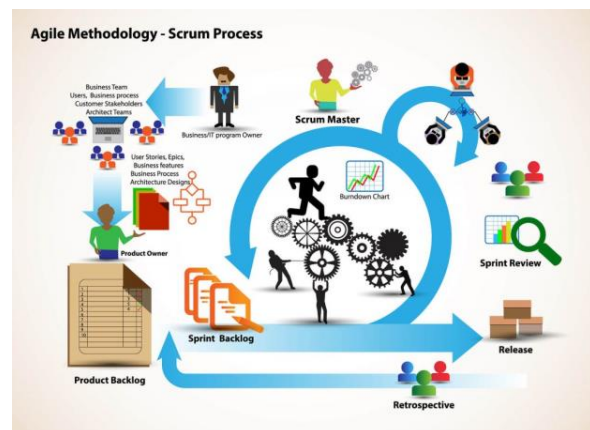


Figura 1. Metodología Scrum. (digite, 2022)

### 3. Diseño de la herramienta a desarrollar

#### 3.1. Modelo de procesos de negocio

Para realizar el desarrollo de los diagramas UML, se utilizó la herramienta Enterprise Architect y el cual se especificará cada uno de los procesos. En la figura 2 se puede observar el esquema general del sistema, los procedimientos que realiza el departamento de Coordinación de lenguas extranjeras. Se puede apreciar cinco carriles, los cuales se explicarán a continuación.

1. Primeramente, se comienza con la planeación de los cursos que impartirán en el semestre.
2. Una vez que se tiene toda la planeación de los cursos que se impartirá en el semestre, proceden a ir al departamento de comunicación y difusión para postular los cursos de inglés que se planearon.
3. Cuando los cursos de inglés están publicados, el estudiante procede a visualizar las convocatorias que se ofertaron.
4. Cuando el estudiante decide a que curso desea inscribirse procede a realizar el pago de este.
5. Una vez realizado el pago accede al sistema web para iniciar el proceso de los cursos de inglés.
6. Dentro del sistema el estudiante procederá a subir su comprobante de pago en formato pdf e información que se le solicite.
7. El estudiante se dirige al departamento de financieros a entregar en físico el recibo de pago, el cual este departamento verificará si ya lo hizo correctamente.
8. De esta manera el administrador comienza a realizar los grupos dentro del sistema.
9. Cuando los grupos están creados el estudiante procede a seleccionar a que grupo entrará.
10. El docente al entrar al sistema podrá observar qué grupo tiene en ese periodo de clase.
11. Al concluir el curso, el docente podrá acceder al sistema y asignar la calificación que le corresponde.
12. El alumno podrá ingresar al sistema y ver la calificación de ese curso.
13. Al final el sistema dará una notificación para pasar al departamento de coordinación de lenguas extranjeras por el certificado del curso que concluyó.

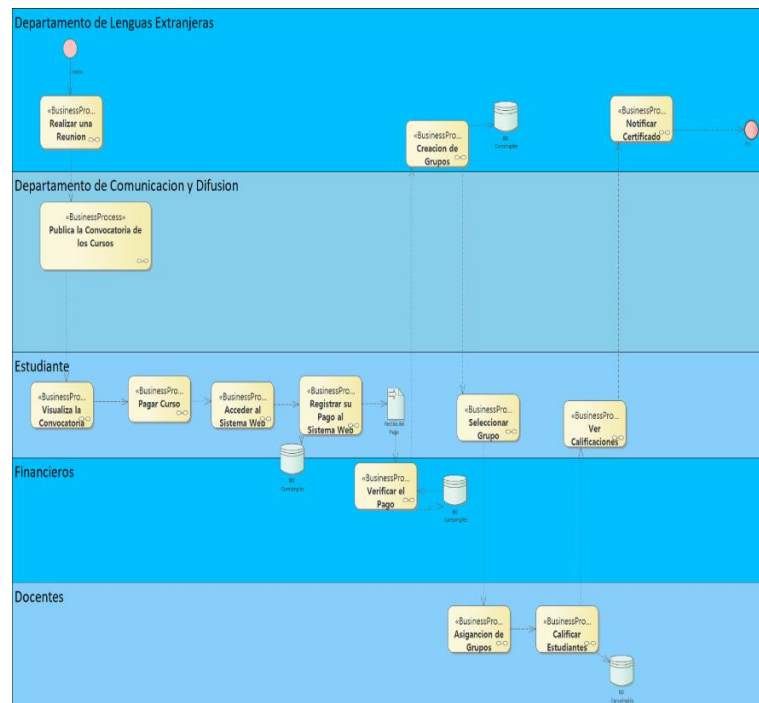


figura 2. Modelo de Procesos de Negocios.

#### 3.2. Diagrama de Casos de Uso

A medida que se reúnen los requerimientos, comienza a materializarse la visión general de funciones y características del sistema. Sin embargo, es difícil avanzar hacia actividades más técnicas de la ingeniería de software hasta no entender cómo emplearán los usuarios finales dichas funciones y características. Para lograr esto, los desarrolladores y usuarios crean un conjunto de escenarios que identifican la naturaleza de los usos para el sistema que se va a construir. Los escenarios, que a menudo se llaman casos de uso, proporcionan la descripción de la manera en la que se utilizará el sistema. (Roger S. Pressman, 2010)

Nuevamente con la ayuda de la herramienta Enterprise Architect se crearon los siguientes casos de uso del sistema con la intención de explicar las acciones y actores principales, en la figura 3 se muestra la interacción que hace un estudiante y el administrador.

Como se mencionó anteriormente, este diagrama de casos de uso mostrará la interacción que tendrá el estudiante con el sistema web, uno como estudiante podrá registrarse, ver y editar sus datos, de igual manera el administrador tendrá acceso a la información del estudiante y contar con la eliminación del estudiante como se muestra en la figura 3.

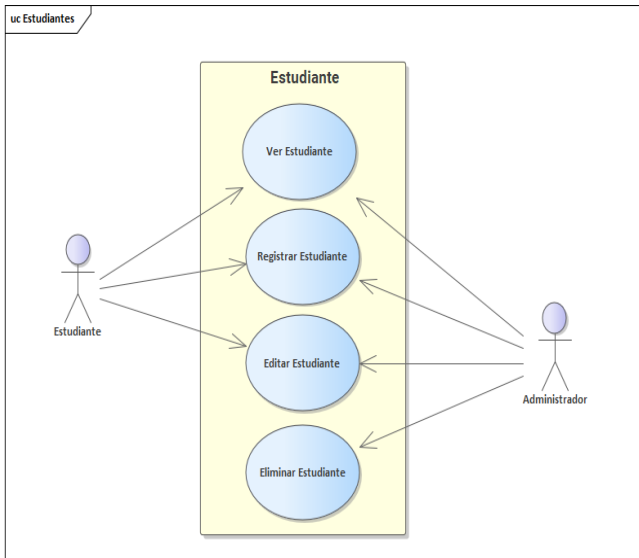


Figura 3. Diagrama de Caso de Uso Estudiante.

En la figura 4 se puede observar las funciones que contará el sistema con el administrador al momento de administrar un grupo, el administrador podrá ver, registrar, editar y eliminar los grupos.

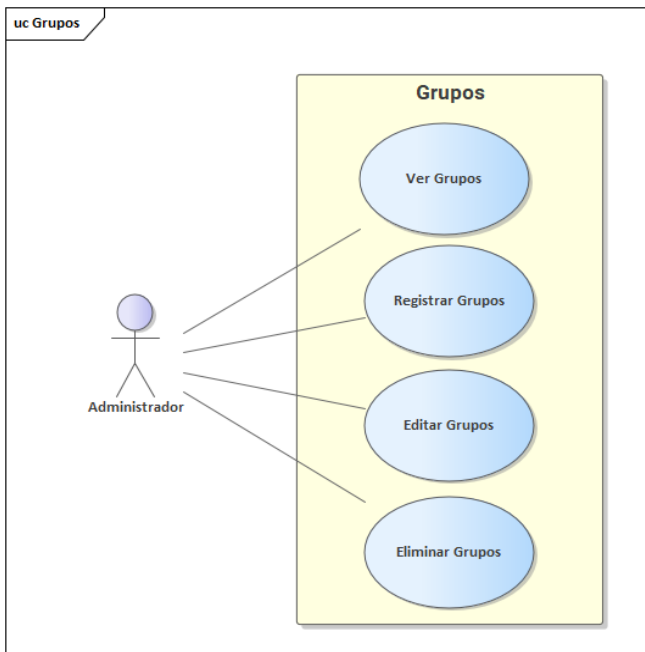
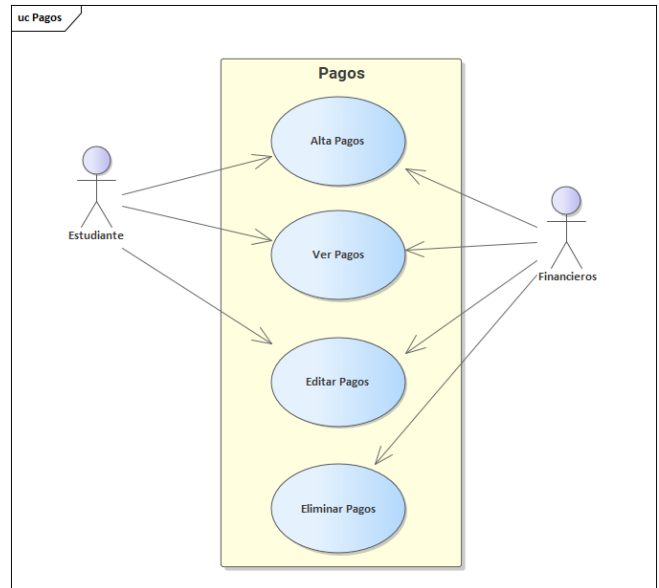


Figura 4. Diagrama de Caso de Uso Administrador.

El estudiante contará con un perfil dentro del sistema el cual solo podrá dar de alta sus datos y podrá editar ciertos datos



como se visualiza en la figura 5.

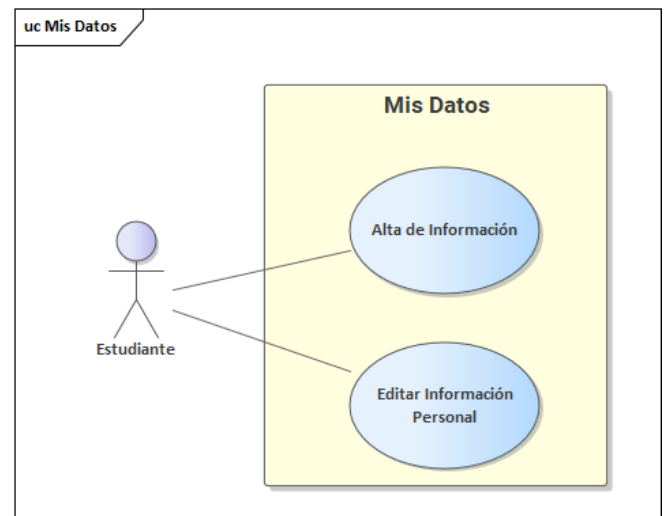


Figura 5. Diagrama de Caso de Uso Perfil Estudiante.

En la figura 6 se puede observar como el estudiante y el encargado de financieros tienen acceso a ciertos datos. El estudiante podrá dar de alta, ver y editar pago mas no podrá eliminarlo, mientras que el de financieros podrá hacer todo.

Figura 6. Diagrama de Caso de Uso Pago de curso.

### Diagrama de Clases.

Para tener una idea de cómo se comportará el sistema se elaboró un diagrama de clase el cual especifica las clases que componen el sistema y la relaciones que contiene, podrá observarlo en la figura 7.

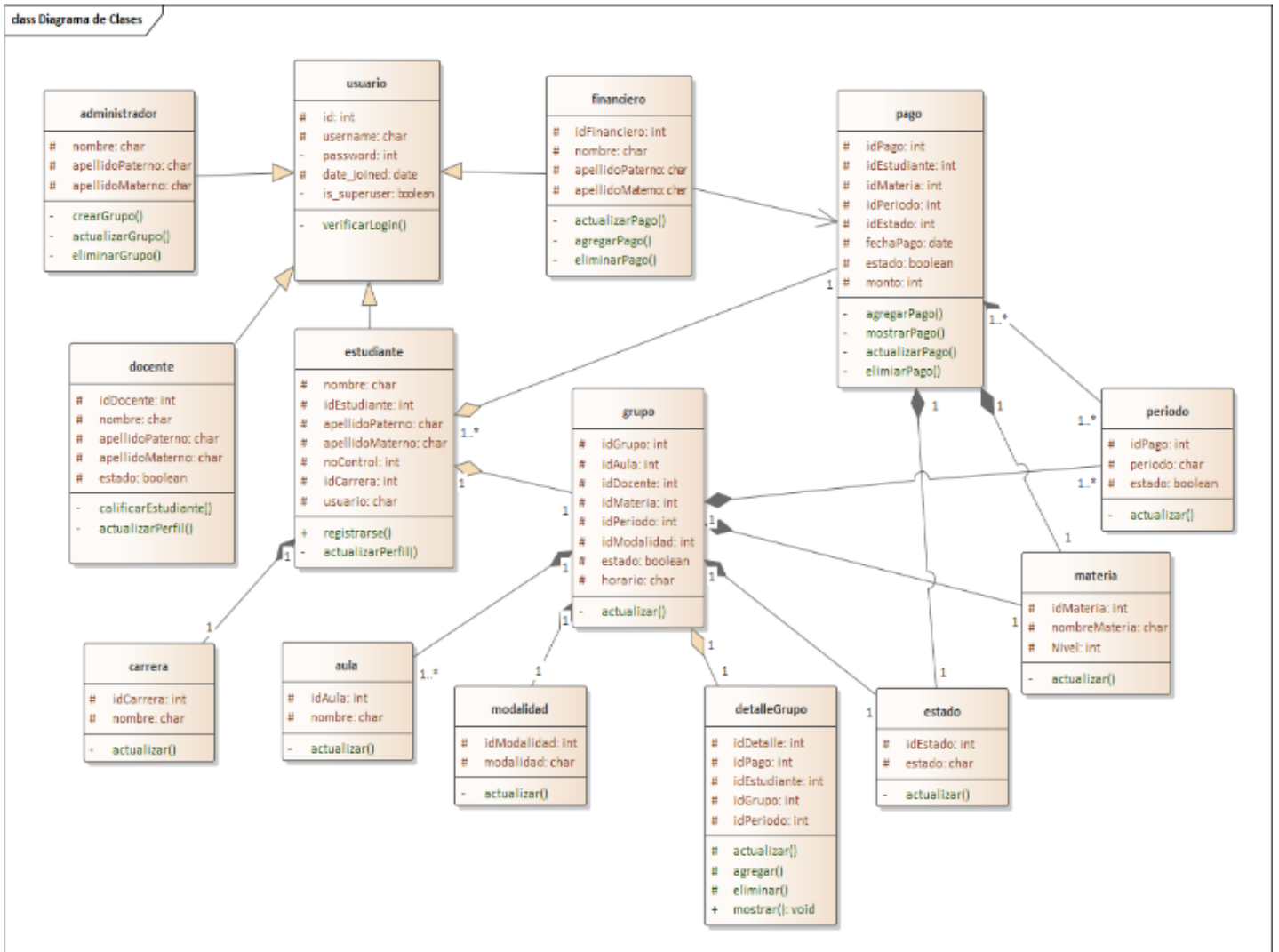


Figura 7. Diagrama de Clases.

### 3.3. Diagrama de Despliegue.

Los diagramas de despliegue UML muestran cómo los componentes de software se despliegan físicamente en los procesadores; es decir, el diagrama de despliegue muestra el hardware y el software en el sistema, así como el middleware usado para conectar los diferentes componentes en el sistema. En esencia, los diagramas de despliegue se pueden considerar como una forma de definir y documentar el entorno objetivo. (Sommerville, 2011)

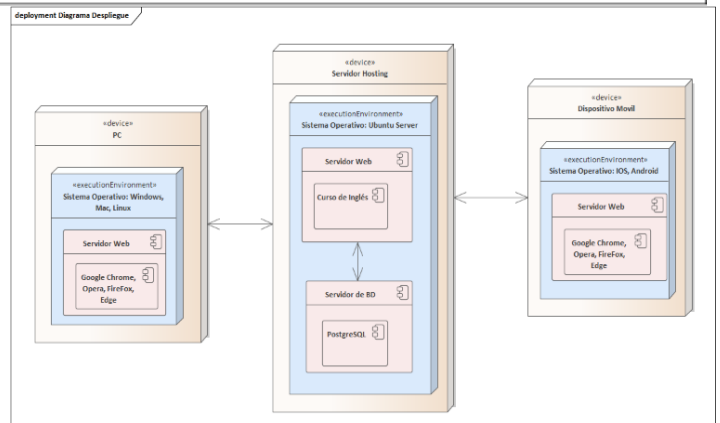


Figura 8. Diagrama de Despliegue.

A continuación, se muestra el diagrama de despliegue (figura 8) respecto a la propuesta del sistema que se desarrollará, especificando el despliegue del software y hardware que se utilizará dentro del sistema.

### 3.4. Diagrama de Secuencia.

El Diagrama de Secuencia indica la forma en la que los eventos provocan transiciones de un objeto a otro. Una vez identificados los objetos por medio del análisis del caso de uso,

el diagrama de secuencia es una versión taquigráfica del caso de uso. (Roger S. Pressman, 2010).

Si observa la figura 9 se muestra un diagrama de secuencia el cual explica cómo se hace la creación de grupo.

1. El administrador ingresa al login.
2. Al ingresar al login hace la autenticación con el usuario y la contraseña.
3. Si la autenticación es correcta dejará entrar al sistema y de esta manera procederá a la creación de los grupos, de lo contrario le mostrará un error y no dejará acceder al sistema.
4. Una vez dentro del sistema solicitará: docente, aula, materia, período y una modalidad para hacer la creación del grupo.
5. Una vez que se solicitó todos los requisitos para la creación del grupo se guarda en la base de datos.
6. Al final el administrador podrá tener la visualización de los grupos que se hayan creado.

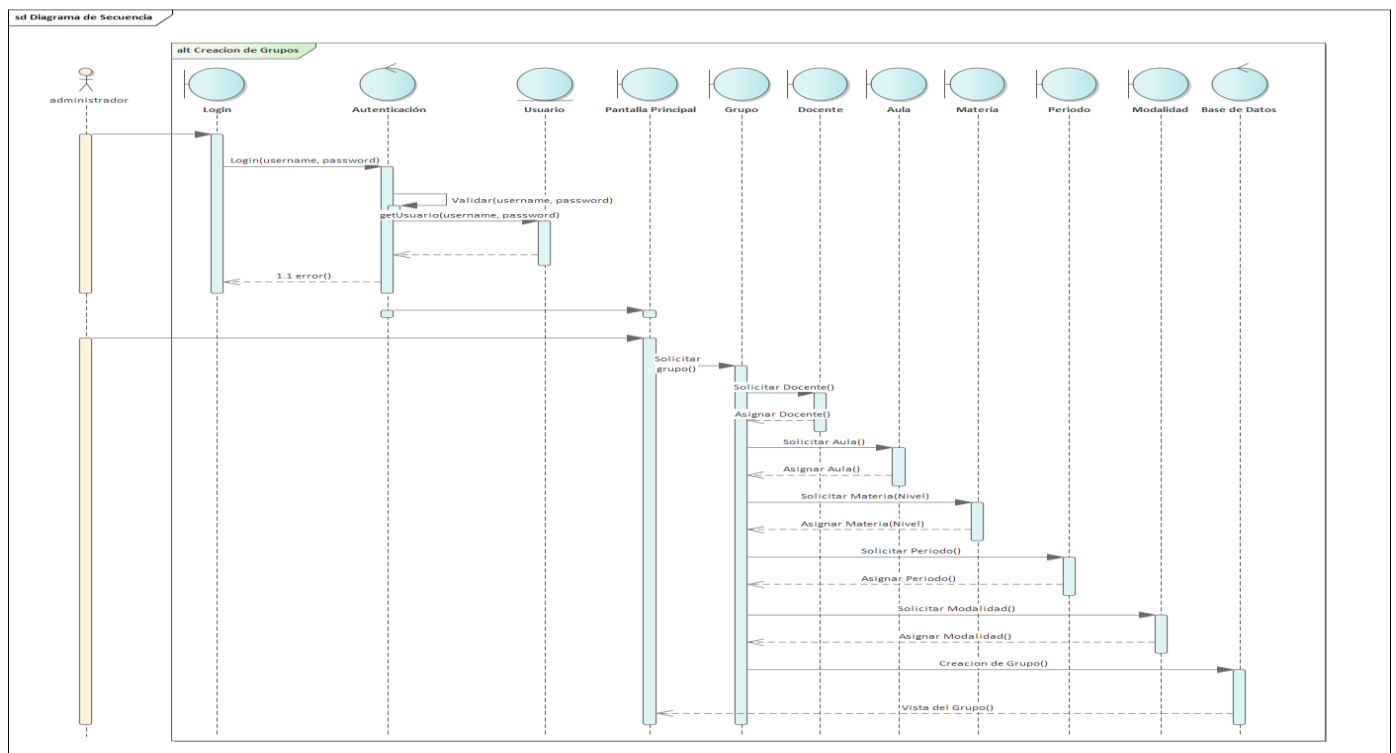
3.5 Diagrama de Navegación.

A continuación se mostrar en la figura 10 el diagrama de navegación, el cual describe las rutas de acceso al objetivo de cada usuario dentro del sistema web, en este caso se explicará el del administrador.

La creación de este diagrama de navegación es una oportunidad para ver detalladamente cualquier contenido existente que pueda tener y de esta manera comprender el contexto en el que se creó el sistema.

3.6 Prototipo del Sistema.

Con la finalidad de que el usuario tenga un panorama más amplio del sistema web se consideró la creación de prototipos. Con la ayuda de la herramienta Adobe XD se elaboraron estos prototipos, iniciando con el login como se muestra en la figura 11. Se puede observar que en este prototipo se tiene la función de iniciar sesión y ya es un usuario registrado, de lo contrario tenemos la opción de registrarse.



7. Figura 9. Diagrama de Secuencia (Creación de Grupos).



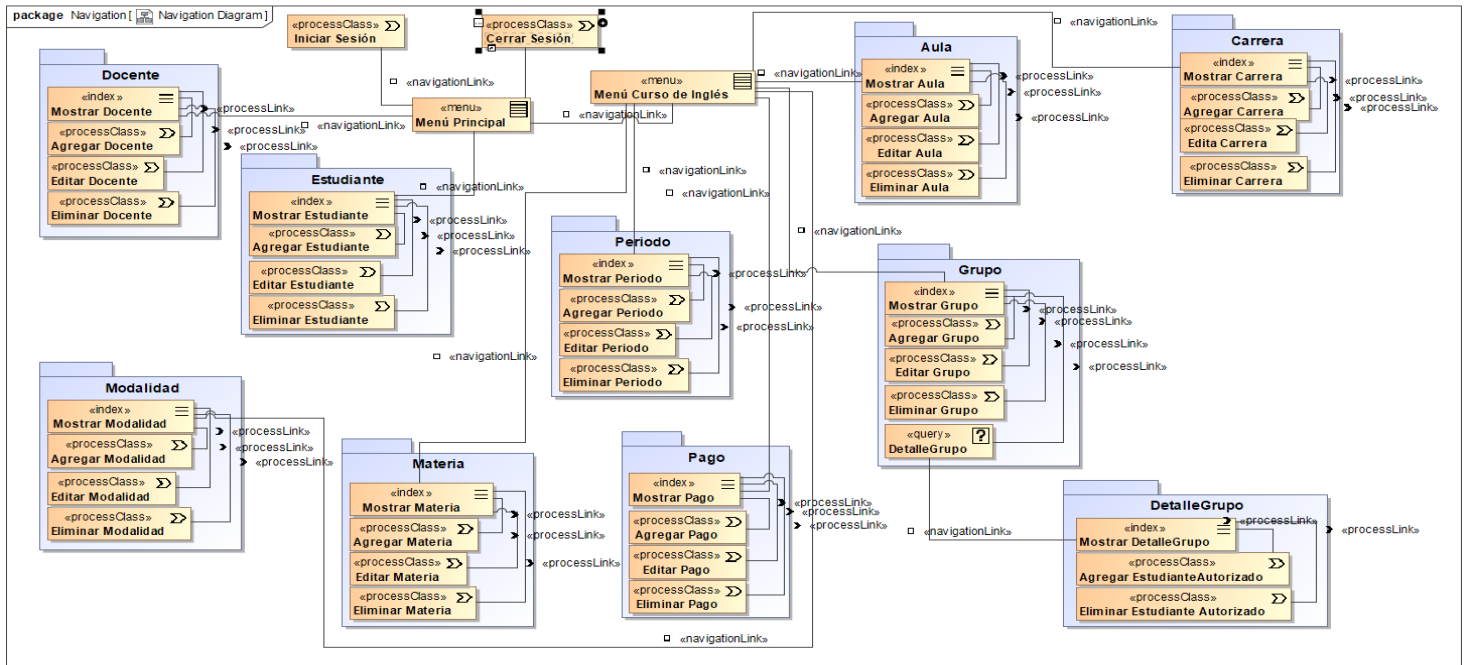


Figura 10. Diagrama de Navegación.

esta función, de esta manera el usuario permanecerá en la misma página y no lo redireccionará a otra.



Figura 11. Prototipo del sistema web (login).

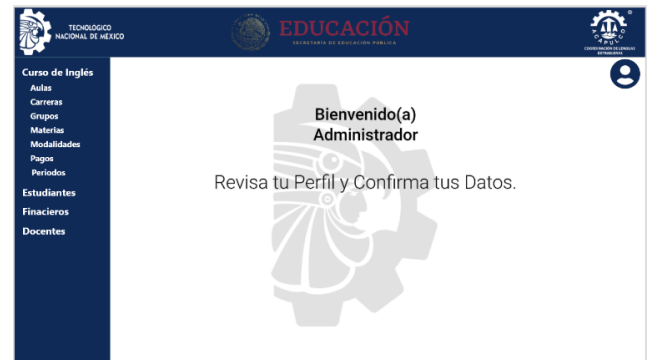


Figura 12. Prototipo del sistema web (Pantalla Principal).

Continuando con la figura 12, se puede observar la pantalla principal del administrador, del lado lateral izquierdo cuenta con un pequeño menú el cual contiene los cursos de inglés, el estudiante, financieros y el docente.

Al acceder a la opción de grupos, se mostrará los grupos creados con su respectiva información como es el periodo, materia, docente, aula, modalidad y un horario como se muestra en la figura 13. También se tiene un apartado de opciones (agregar, ver, modificar y eliminar) el cual se desplegará una ventana modal.

Se puede observar en la figura 14, la ventana modal que se abre al momento de accionar el botón de agregar, para que el sistema sea más amigable con el usuario se optó por agregar



Figura 13. Prototipo del sistema web (Grupos).

Para poder crear un grupo el administrador deberá seleccionar cada uno de los campos que le solicite, el periodo en el cual



será creado el grupo, la materia que se impartirá en ese grupo, el docente, aula, modalidad, estas opciones tendrán las opciones de elegirlo, mientras que el horario se lo tendrá que asignar manualmente.

Figura 14. Prototipo del sistema web (Agregar Grupo).

También se abrirá una ventana modal al momento que se desee editar el grupo como se muestra en la figura 15, cuando se abra la ventana modal nos aparecerá los datos del grupo el cual solo el administrador podrá realizar los cambios que él considere necesario.

Figura 15. Prototipo del sistema web (Editar Grupo).

Al seleccionar la opción de eliminar se abrirá una ventana modal advirtiéndole si realmente desea eliminar ese grupo (figura 16), esta función se creó con la finalidad de evitar una tragedia al eliminar un grupo por equivocación, de esta manera se tendrá que confirmar la eliminación de ese grupo.

Figura 16. Prototipo del sistema web (Eliminar Grupo).

Al ingresar a la opción de ver, se puede acceder a la información de ese grupo, se visualizará a todos los alumnos que están inscritos dentro de ese grupo como se muestra en la figura 17.

Estudiante	Calificación	Opciones
Marcos Sanchez Flores 14320106 IBQ	100	[Editar] [Eliminar]
Brayan Hernández Mejía 14320105 ISC	100	[Editar] [Eliminar]
Victor Avila Marquez 14320112 ARQ	100	[Editar] [Eliminar]
Joel Carrillo Luna 14321245 IGE	100	[Editar] [Eliminar]
Juan Murillo 14320013 LA	100	[Editar] [Eliminar]

Figura 17. Prototipo del sistema web (Detalle del Grupo).

Contará con un botón de agregar el cual, al seleccionar, se abrirá una venta modal para poder agregar un alumno al grupo, pedirá la información como el nombre de estudiante y su folio de pago (figura 18).

Figura 18. Prototipo del sistema web (Grupos).

De igual manera se tienen las opciones de editar y eliminar al estudiante del grupo como se nos presentó en la figura 15 y 16. Todo lo anterior con la finalidad de que el administrador tenga una buena administración de los grupos.

#### 4 Conclusión.

La propuesta de diseño y modelado que se presentó en este artículo corresponde la base para el desarrollo de un sistema administrativo sobre los cursos de inglés. El sistema web se encuentra en fase de desarrollo por lo que solo se mostró el módulo del administrador, aún faltan por desarrollar los demás módulos, puede que haya algunas modificaciones, pero la idea base para el sistema web es la que se mostró en este artículo.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, al CONACYT y a los docentes mencionados en el artículo, por la oportunidad y el apoyo para desarrollar el trabajo interdisciplinario en la Maestría en Sistemas Computacionales.

#### Referencias

- digite. (2022). *digite*. Obtenido de digite:  
<https://www.digite.com/es/agile/que-es-scrum/>
- Molera, L. M. (2019). *hubspot*. Obtenido de hubspot:  
<https://blog.hubspot.es/website/para-que-sirve-adobe-xd>
- Roger S. Pressman, P. (2010). *Ingeniería del software UN ENFOQUE PRÁCTICO*. New York, NY 10020.: The McGraw-Hill Companies.
- Sommerville, I. (2011). *INGENIERÍA DE SOFTWARE*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- sparxsystems. (s.f.). *sparxsystems*. Obtenido de sparxsystems:  
<https://sparxsystems.com/products/ea/>

# Diseño de un sistema de visión estéreo para su implementación en un FPGA

M. Castro\*

m21310002@lapaz.tecnm.mx

I. Santillan\*

israel.sm@lapaz.tecnm.mx

J. Mendiola-Santibañez†

mendijor@uaq.mx

J. Luna-Taylor\*

jorge.lt@lapaz.tecnm.mx

S. Martínez-Díaz\*

saul.md@lapaz.tecnm.mx

\*Tecnológico Nacional de México Campus La Paz, La Paz, México

†Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, México

**Abstract**—In the present paper is presented the design of a stereo vision system for a FPGA (Field Programmable Gate Array) implementation. There is used a Soc device, Xilinx Zynq-7000. The strategy is to split the design in two main parts, the first part target is the shape recognition for a specific interest point in an image; for this part the algorithms designed is intended to be implemented in the processing system part of the Zynq device. The second part covers the digital architecture design of the search algorithms to be implemented in the programmable logic part of the Zynq device. Also, the whole design implementation pursues the best use of the available hardware.

**Index Terms**—stereo vision, FPGA, disparity maps.

## I. Introducción

La visión estéreo es un punto importante dentro del campo de la visión artificial, recibiendo la atención de múltiples investigadores los cuales hicieron aportes que permite hacer su empleo en diferentes áreas como navegación robótica, sistemas de vigilancia, reconstrucción 3D o entretenimiento. En las investigaciones realizadas por [1] se hace una descripción del modelo de visión estéreo basado en la vista humana desde un punto fisiológico, y en trabajos posteriores se han estudiado y mejorado esta metodología, incluso permitiendo implementar algunos en sistemas en tiempo real. Por el otro lado tenemos que las matrices de puertas lógicas programables en campo, (FPGA, de field-programmable gates array en inglés) son circuitos integrados y re programables que ofrecen la posibilidad de ejecutar diferentes tipos de algoritmos y permitiendo su empleo en sistemas autónomos. Con esto se ha buscado diseñar una arquitectura de visión estéreo dentro de un FPGA, sin embargo, el problema de buscar la correspondencia de los píxeles de una imagen en la otra

es una tarea demandante. Disponiendo un hardware tan limitado en el dispositivo FPGA, es necesario replantear la manera en la que se implementan los algoritmos y aprovechar las capacidades que ofrece el FPGA. Además, por su alta demanda computacional, estos algoritmos son especiales para aprovechar el paralelismo [2]. En la investigación de [3] se menciona que la implementación en hardware dedicado puede ser hasta 200 veces más rápido que una implementación por software.

Los algoritmos de visión estero se pueden dividir principalmente en dos [4], [3]. Por un lado tenemos los algoritmos locales. Estos funcionan haciendo empleo de una ventana y se busca aplicar una función de correlación. Estos algoritmos son más rápidos y son ampliamente usado para su empleo en hardware, pero también son sensibles al ruido y oclusión, por lo que los resultados finales no pueden ser muy precisos y en algunos casos tiene que pasar por una fase de procesamiento para ajustar los resultados. Por el otro lado tenemos los algoritmos globales, el cual usa la imagen entera para hacer el análisis valiéndose de programación dinámica. Estos algoritmos son muy precisos en sus resultados y evitando los problemas que pueden acarrear los algoritmos locales, pero son mucho más demandantes a nivel computacional y requieren equipos de cómputo más sofisticados, dificultando su implementación en hardware. En investigaciones más modernas se busca hacer una implementación semi global, tomando características de ambos métodos, como se puede ver en [5], [6], [7].

Los trabajos revisados para realizar esta investigación están los siguientes. En el trabajo de [8] hizo una implementación en un sistema VSLI usando una arquitectura basada en trellis, obteniendo como resultados una tasa de 30 cuadros por segundo usando imágenes

de  $320 \times 240$  píxeles y 128 niveles de disparidad. [9] obtiene el coste de correlación empleando la función SAD (suma de diferencias absolutas), además de implementar la calibración de las cámaras dentro, obteniendo un rendimiento de 20 cuadros por segundo empleando imágenes VGA ( $640 \times 480$  píxeles) u 80 cuadros por segundo empleando imágenes de  $320 \times 240$  píxeles. [10] emplea cuatro FPGAs Altera Stratix S80 conectados mediante buses para su comunicación entre si, obteniendo como resultados 30 cuadros por segundo con una resolución de  $640 \times 480$  px y 128 niveles de disparidad. [11] obtuvo los mapas de disparidad a 245 cuadros con 80 niveles y uso imágenes de  $640 \times 480$  píxeles, se implementó en un Altera Stratix II. [5] hace una implementación semi global, realizando una segmentación usando k-means y emplea la transformada de Census para hacer la estimación de los costes de emparejado.

En este trabajo se presenta la investigación realizada para lo que se propone para el proyecto. En la primera parte se aborda una introducción en lo que consiste el método para hacer la obtención de la correspondencia, en el segundo punto se hace la especificación de la metodología investigada, y por último se dan las conclusiones acerca de cómo se pueden mejorar algunos puntos para un futuro desarrollo.

## II. Introducción a la visión estéreo

La visión estéreo es el procedimiento que se busca obtener la coordenada  $z$  de un determinado objeto dentro de una imagen con coordenadas  $x, y$ . A este procedimiento se le llama correlación y hace empleo de dos cámaras separadas horizontalmente (línea base) para crear un desplazamiento entre las imágenes obtenidas por las cámaras. Este modelado crea una triangulación del objeto con respecto a los centros ópticos de las cámaras, y es conocido como geometría epipolar (Figura 1).

Este procedimiento se realiza obteniendo la correspondencia de los píxeles de una imagen con respecto a la imagen. Los algoritmos locales hacen empleo de una ventana que va escaneando la imagen y se aplica una función para calcular los costes de correspondencia, la función más empleada para estimar estos costes es suma de diferencias absolutas (sum of absolute differences o SAD) como se puede observar en (1) [12].

$$SAD(x, y, d) = \sum_{x, y \in W} |I_i(x, y) - I_r(x - d, y)| \quad (1)$$

Donde  $I_i(x, y)$  y  $I_r(x - d, y)$  corresponden a los píxeles de las imágenes izquierda y derecha respectivamente, y  $W$  es la ventana de escaneo. Estos valores se almacenan en una lista, y posteriormente se obtiene el argumento del mínimo (2):

$$d(x, y) = \operatorname{argmin} SAD(x, y, d) \quad (2)$$

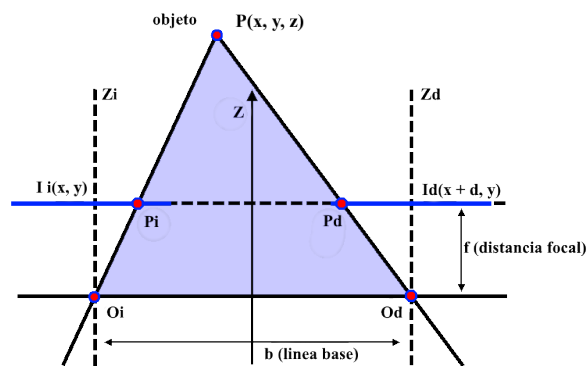


Figura 1. Representación de la geometría epipolar.

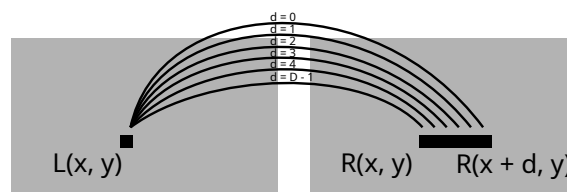


Figura 2. Procedimiento para buscar la correspondencia en ambas imágenes.

Donde  $d(x, y)$  corresponde al nuevo valor de gris del mapa de profundidades.

El proceso de buscar la correspondencia comúnmente es realizado de izquierda a derecha, en el que se recorre una ventana buscando estos costes haciendo empleo de una función de correlación (Figura 2). Estos algoritmos son rápidos y sencillos de implementar, sin embargo, también son sensibles a errores y pueden afectar al resultado final. En [13], [6] se menciona que los errores más comunes son: el ruido, zonas sin texturas o el problema de apertura, profundidad discontinua y la oclusión. Para resolver estos problemas se propone hacer un rectificado y calibración para eliminar distorsión provocada por las lentes de las cámaras y hacer que ambas imágenes capturadas estén alineadas sobre una misma línea base, o también se puede aplicar un filtro de procesamiento al mapa de disparidad resultante.

## III. Implementación de los algoritmos

La arquitectura del sistema está dividida fundamentalmente en dos partes: por un lado, se tiene que hacer el reconocimiento de una pelota por medio de la forma, este objeto es el que se busca para hacerle el seguimiento. Esta parte se estableció como la menos demandante, y su implementación puede realizarse dentro de los microcontroladores. Por el otro lado se tiene que obtener los mapas de disparidad, los cuales

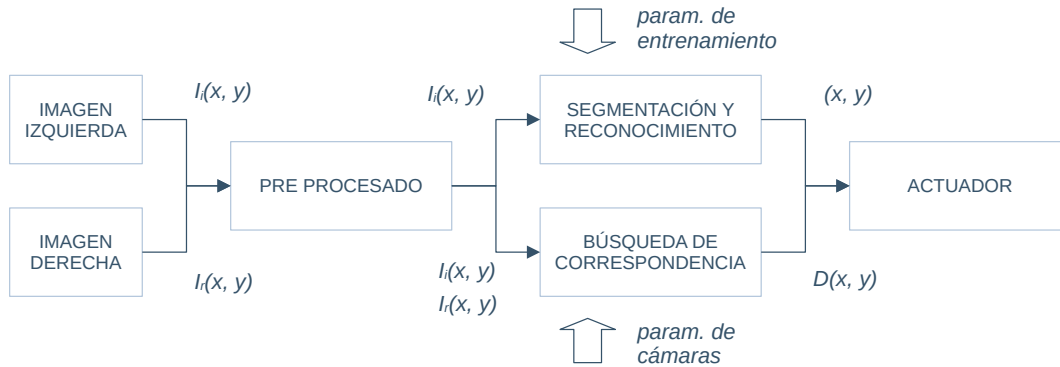


Figura 3. Diagrama general en el que se muestra la arquitectura propuesta.

van a emplearse para estimar la distancia del objeto con respecto a la posición actual, y tomar una decisión concordante con el caso. Esta parte se estableció como la más demandante, y su implementación va a ser a nivel de hardware dentro del FPGA empleando el lenguaje de configuración VHDL para aprovechar lo más que se pueda el hardware. El sistema general se puede observar en la Figura 3.

#### A. Conexión de las cámaras

Las cámaras que se están empleando son dos OV2640, cada una son configuradas modificando sus registros haciendo empleo del lenguaje descriptor de hardware, además de que por este medio es posible realizar la interfaz con el dispositivos FPGA para hacer las capturas. Las imágenes capturadas se almacenan directamente en la DDR3 del FPGA debido a que cada imagen es de 16 bits de profundidad (el espacio de color es RGB565) [14], y las imágenes son de  $320 \times 240$  pixeles, así que esto da un tamaño total de 1,228,800 bits, por lo que en los bloques de memoria del FPGA no cabe (el total de memoria que dispone el FPGA es de 270 KB). Sin embargo, para hacer la correlación, es suficiente con que las imágenes estén en escala de grises, mientras que para realizar el proceso de reconocimiento la imagen (solo se emplea la izquierda), esta tiene que estar a color. Con todo esto se concluye que las imágenes capturadas se van a almacenar directamente en la DDR3, y los filtros de preprocesado que están en el microcontrolador pueda emplearlas directamente.

#### B. Preprocesado

En el microcontrolador están implementados los algoritmos de preprocesado debido a que no son muy demandantes a nivel computacional. El preprocesado en esta aplicación va a consistir de dos maneras: la primera consiste en aplicar un filtro de reducción de ruido, mientras que la otra consiste en convertir en escala de grises. Como para hacer el reconocimiento se necesita

que la imagen izquierda esté a color, y con intención de reducir un poco el procesamiento, la conversión a escala de grises se va a hacer primero en la imagen derecha y luego se va a hacer el filtrado de ruido, mientras que en la imagen derecha se va a aplicar un filtro de reducción de ruido y se va a almacenar una copia en la DDR3 para el reconocimiento, mientras que se va a convertir a escala de grises y se va a almacenar junto con la imagen derecha en los bloques de memoria del FPGA.

El filtro de reducción de ruido que se va a emplear es una matriz cuadrada de  $5 \times 5$  tal y como se representa a continuación:

$$K = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 \\ \dots & & & \vdots \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

#### C. Reconocimiento de la forma

El objetivo es hacer el reconocimiento de un objeto esférico ignorando todos los demás que estén en la escena. Para facilitar la extracción del objeto, se hace una separación por medio del color, extrayendo un color determinado de la imagen izquierda e ignorando el resto. Esta forma básica hará posible la estimación de la profundidad mediante las cámaras, y al no ser el objetivo hacer el reconocimiento de toda la escena, la metodología de esta parte es muy sencilla. El procedimiento consiste en los siguientes pasos:

1) Umbralizado. Como se busca hacer el reconocimiento de un solo objeto, es más fácil si el objeto buscado es de un solo color, mientras que los demás elementos que forman parte de la escena se eliminan mediante la selección de color. Es necesario que la imagen de entrada sea RGB, esta es convertida a espacio de color HSV, y con dos vectores usados como mascarar que definen los niveles mínimos y máximos del color verde. El resultado es una imagen binaria en la que los 1's son los que

estuvieron dentro del rango, y los colores 0'ros son los que estuvieron fuera.

2) Morfología matemática. Es muy posible que la imagen resultante tenga partículas no deseadas, y la forma que se busca reconocer esté deformada o rota. La morfología matemática permite trabajar con la forma del objeto, así que es posible hacer una reconstrucción de la forma y eliminar partículas pequeñas aplicando una apertura (erosión seguida de una dilatación) empleando máscaras de  $5 \times 5$ .

3) Segmentación. Con el fin de asegurar el reconocimiento, es necesario separar los elementos de la imagen resultante en múltiples imágenes por separado. Hacer uso del algoritmo de connected components [15] resulta en una imagen segmentada en la que cada elemento dentro de la imagen está separada por una etiqueta diferente.

4) Reconocimiento mediante momentos invariantes. Es posible hacer el reconocimiento de una forma básica usando los momentos invariantes de Hu [16]. Su implementación es sencilla y es suficiente para esta aplicación. El algoritmo establecido para hacer el reconocimiento es k-vecinos. El entrenamiento es posible hacerlo fuera del sistema principal y las muestras empleadas son un conjunto de tomas de una misma forma circular y varios círculos dibujados a propósito.

#### D. Rectificación y obtención de la disparidad

La descripción general del sistema se puede apreciar en la Figura 4. En la parte de preprocesado se obtuvieron dos versiones en escala de grises de las imágenes originales y estas están representadas como  $I_i(x, y)$  y  $I_r(x, y)$ , estas imágenes son las que se emplean para hacer la correlación. Las imágenes  $I_i(x, y)$  y  $I_r(x, y)$  son almacenadas dentro de los bloques de memoria del FPGA. Este tiene capacidad de 270 KB [17] y cada una de las imágenes está estimada en 75 KB aproximadamente, además el mapa de disparidad final es similar a una imagen en escala de grises en profundidad de bits (8 bits de profundidad por pixel) y es de la misma resolución de las imágenes originales a escala de grises, por lo que también se estima que su tamaño también es 75 KB, llegando a la conclusión de que es posible almacenar las tres imágenes dentro de los bloques de memoria durante el proceso.

La función de correlación establecida es SAD implementado dentro del FPGA con el lenguaje descriptor de hardware VHDL. El algoritmo va recorriendo la imagen empleando una ventana de  $7 \times 7$  y se va calculando los costos usando SAD, además es necesario aplicar la función de costo en la imagen derecha por cada nivel uno de los 64 niveles de disparidad, incrementando la complejidad algorítmica. Como el único buffer que se va generando son los costes estimados por SAD, es posible aplicar programación paralela a cada uno de los 64 niveles

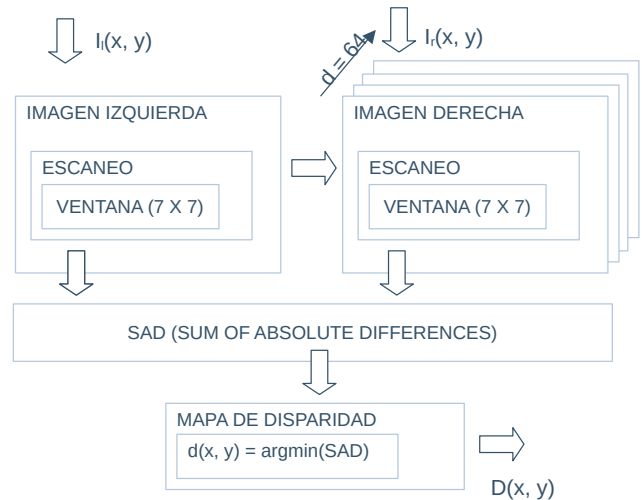


Figura 4. Proceso de obtención del mapa de disparidad.

de disparidad, y al final obtener el mínimo.

#### IV. Conclusiones

Se busca que el objetivo del proyecto sea la implementación en el FPGA. Los algoritmos que se seleccionaron para ejecutar el procedimiento son muy sencillos, sin embargo, no se ha medido en su totalidad las capacidades del FPGA disponible, por lo que algunos procedimientos puedan llegar a cambiar. En metodologías más modernas se busca emplear tanto métodos locales como globales, sin embargo, no ha sido posible hacer una prueba exhaustiva de las capacidades máximas de esta FPGA, por lo que hacer una implementación de un sistema más sofisticado queda para una investigación posterior.

#### Referencias

- [1] D. Marr, T. Poggio, Ellen C. Hildreth, and W. Eric L. Grimson. A computational theory of human stereo vision. From the Retina to the Neocortex, pages 263 – 295, 1991.
- [2] Ratheesh Kalarot and John Morris. Comparison of fpga and gpu implementations of real-time stereo vision. 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - Workshops, pages 0 – 0, 2010.
- [3] Seunghun Jin, Junguk Cho, Xuan Dai Pham, Kyoung Mu Lee, Sung-Kee Park, Munsang Kim, and Jae Wook Jeon. Fpga design and implementation of a real-time stereo vision system. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 20:15 – 26, 2010.
- [4] Luigi Di-Stefano, Massimiliano Marchionni, and Stefano Mattocia. A fast area-based stereo matching algorithm. Image and Vision Computing, 22:983 – 1005, 2004.
- [5] Eunsang Ko and Yo-Sung Ho. Disparity map estimation using semi-global matching based on image segmentation. 2016 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA), pages 1 – 4, 2016.
- [6] Christian Banz, Sebastian Hesselbarth, Holger Flatt, Holger Blume, and Peter Pirsch. Real-time stereo vision system using semi-global matching disparity estimation. architecture and fpga-implementation. 2010 International Conference on Embedded Computer Systems: Architectures, Modeling and Simulation, pages 0 – 0, 2010.

- [7] Wenqiang Wang, Jing Yan, Ningyi Xu, Yu Wang, and Feng-Hsiung Hsu. Real-time high-quality stereo vision system in fpga. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 25:1696 – 1708, 2015.
- [8] Sungchan Park and Hong Jeong. Real-time stereo vision fpga chip with low error rate. *2007 International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (MUE'07)*, pages 751 – 756, 2007.
- [9] M. Hariyama, H. Sasaki, and M. Kameyama. Architecture of a stereo matching vlsi processor based on hierarchically parallel memory access. *The 2004 47th Midwest Symposium on Circuits and Systems*, pages 245 – 247, 2004.
- [10] D. K. Masrani and W. J. MacLean. A real-time large disparity range stereo-system using fpgas. *Fourth IEEE International Conference on Computer Vision Systems (ICVS'06)*, pages 13 – 13, 2006.
- [11] Christos Georgoulas, Leonidas Kotoulas, Georgios Ch. Sirakoulis, Ioannis Andreadis, and Antonios Gasteratos. Real-time disparity map computation module. *Microprocessors and Microsystems*, 32:159 – 170, 2008.
- [12] Nalpantidis Lazaros, Georgios Christou Sirakoulis, and Antonios Gasteratos. Review of stereo vision algorithms: from software to hardware. *International Journal of Optomechatronics*, 2:435 – 462, 2008.
- [13] Jian Sun, Nan-Ning Zheng, and Heung-Yeung Shum. Stereo matching using belief propagation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 25:787 – 800, 2003.
- [14] OmniVision-Technologies. OV2640 color CMOS UXGA (2.0 MegaPixel) CAMERACHIP sensor with OmniPixel2 technology advaced information preliminary datasheet. *OmniVision Technologies*, 02 2007.
- [15] Lifeng He, Yuyan Chao, Kenji Suzuki, and Kesheng Wu. Fast connected-component labeling. *Pattern Recognition*, 42:1977 – 1987, 2009.
- [16] Ming-Kuei Hu. Visual pattern recognition by moment invariants. *IRE Transactions on Information Theory*, 8:179 – 187, 1982.
- [17] Xilinx. Zynq-7000 SoC data sheet: overview. Xilinx, 07 2018.



# Sobre actuadores modernos para robots avanzados

B. Sánchez-García, E. Bugarin, A. Y. Aguilar-Bustos  
 Departamento de Robótica y Control  
 Tecnológico Nacional de México/ IT de Ensenada  
 Ensenada, Baja California, México  
 {al14760608, ebugarin, aaguilar}@ite.edu.mx

**Resumen**— Los actuadores son los denominados transductores de salida encargados de transferirle energía a los robots para lograr su movimiento. Es de notarse que los actuadores tradicionales han cumplido su función de manera satisfactoria y suficiente cuando de robots industriales se trata. Sin embargo, hoy en día existe una demanda de aplicaciones más sofisticadas encomendadas a los robots; como, por ejemplo, aplicaciones relacionadas con la exploración en ambientes adversos (minas, interplanetaria, etc.), con la transportación de materiales peligrosos, con la asistencia médica, etc. Estos tipos de robots sofisticados son estudiados por la Robótica Avanzada y su campo de innovación es bastante amplio. De hecho, uno de los grandes problemas a resolverse es la rigidez con la que actualmente los actuadores o los sistemas de actuación son diseñados. Esta rigidez provoca que incluso los robots industriales sean catalogados todavía como inseguros para el ser humano. Este problema no sólo impacta en la interacción humano-robot sino también en el mismo desempeño general del robot. Las aplicaciones con robots avanzados generalmente demandan velocidades pequeñas en sus articulaciones y una capacidad de absorción de impactos adecuada, como por ejemplo para lograr una caminata apropiada en robots con patas (sobre todo en terrenos irregulares). Lo anterior justifica de mejor forma la realización de propuestas de nuevos actuadores (o sistemas de actuación) que cumplan con estos requerimientos. De esta manera, este artículo abordará un breve estudio del estado del arte de los actuadores utilizados tanto en la Robótica Industrial como en la Robótica Avanzada, tratando los actuadores tradicionales y revisando algunos tipos de actuadores que se han desarrollado en los últimos años. Finalmente, se concluye con la descripción de dos soluciones integrales de sistemas de actuación que recientemente se están utilizando para diseñar con mejores desempeños los robots avanzados de la actualidad.

**Palabras clave**— robots avanzados, actuadores, métricas para actuadores, sistemas de actuación

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años se han desarrollado nuevas tecnologías que han impulsado un gran auge en el campo de la Robótica. Una clasificación de la Robótica que permite valorar tal situación contempla dos áreas: la Robótica Industrial, la cual se centra en el desarrollo y aplicación de robots (principalmente manipuladores robóticos) en tareas industriales hoy en día muy sofisticadas y logradas a grandes velocidades, pero con una autonomía limitada y en espacios altamente estructurados; y la Robótica Avanzada, la cual se encarga del estudio y diseño de robots para aplicaciones de exploración interplanetaria, rehabilitación médica, tareas de servicio y muchas otras donde precisamente la autonomía y los ambientes no estructurados

juegan un papel relevante. De esta manera, actualmente en la Robótica Avanzada es preciso atender ciertas problemáticas que se presentan en sus aplicaciones; como la rigidez notoria en la gran mayoría de los robots, la eficiencia energética y los grandes pares o fuerzas requeridas en sus movimientos a bajas velocidades. Por tanto, es necesario desarrollar nuevos sistemas que resuelvan estas problemáticas desde el diseño mismo de sus propios actuadores (o sistemas de actuación).

De esta forma, este artículo presenta un estudio sobre actuadores modernos para robots avanzados. La Sección 2 describe un análisis de la definición de actuador. En la Sección 3 se detallan las características genéricas de un actuador y ciertos indicadores especiales. En la Sección 4 se presenta una clasificación y su análisis relacionado con los actuadores tradicionales. La Sección 5 explica algunos actuadores emergentes. Y finalmente se describen dos soluciones integrales encontradas en la literatura que atienden las problemáticas mencionadas en los robots avanzados.

## II. DEFINICIONES

### A. Definición genérica

En ingeniería es muy común utilizar el término actuador o accionador para referirse al dispositivo que se encarga de ejecutar la “acción” en un sistema. Sin embargo, tener una definición genérica de actuador no es tan sencillo debido a que la mayoría de definiciones tienden a particularizar al actuador dependiendo del área de aplicación. Por ejemplo, [1] define al actuador como un elemento funcional que conecta la parte del procesamiento de información de un sistema de control electrónico con un proceso técnico o no técnico. El problema de esta definición es claramente su particularización a sistemas de control electrónico cuando en realidad un actuador no necesariamente está ligado a ellos; considérese el caso típico de un sistema meramente neumático.

También hay definiciones genéricas que al parecer sobrelimitan el alcance de un actuador. La definición de [2] es una de ellas: dispositivo o mecanismo capaz de realizar una acción o efecto físico. Por ejemplo, un termistor ante cambios en la temperatura del medio ambiente donde está expuesto tiene la acción o efecto físico de cambiar su resistencia interna; lo anterior no necesariamente cae dentro de lo que en ingeniería se contempla como función de un actuador.

Para definir al actuador es conveniente acudir al concepto de transductor. Se domina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente, pero de otra forma física distinta [3]. Es

por tanto un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Los transductores pueden clasificarse en: transductores de entrada y transductores de salida. El transductor de entrada es usado para designar al sensor (obtención de información) y el transductor de salida para designar al actuador (convertidor de energía).

Por tanto, la definición genérica de actuador que se adopta en este documento es: transductor de salida utilizado para generar una acción o efecto en un sistema.

### B. Definición para robots

De acuerdo con la definición genérica dada en la subsección anterior, un actuador para robots entonces es el transductor de salida encargado de generar el movimiento articular de un robot. Es decir, los actuadores son los que suministran de manera primaria la fuerza motriz a los robots.

De esta manera, se distinguirá un sistema de actuación como aquel que se compone de 3 elementos (ver Figura 1): los dispositivos de potencia encargados de, a partir de una señal de demanda o consigna de baja potencia, transferir la energía necesaria utilizando una fuente de alimentación externa; el propio actuador; y el transmisor de movimiento que tiene la función de realizar conversiones generalmente de movimientos lineales a rotacionales (o viceversa) y de incrementar la fuerza o par en la variable de actuación final.

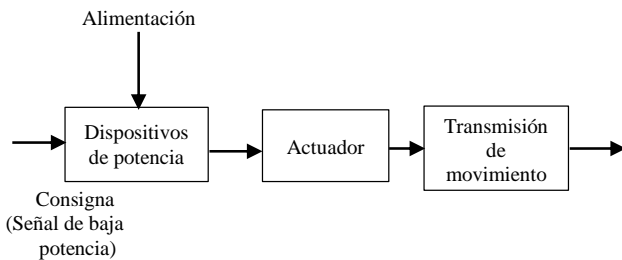


Fig. 1. Sistema de actuación.

## III. CARACTERÍSTICAS

Las características generales de los actuadores para robots son ampliamente conocidas y tienen que ver con sus dimensiones, pares o fuerzas que pueden suministrar, velocidades, potencia, carrera (actuación lineal), resolución de movimiento, consumo de energía, ciclo de trabajo, ancho de banda de operación, entre otros. Sin embargo, es necesario destacar ciertos indicadores relevantes para los actuadores en la Robótica Avanzada, los cuales serán descritos a continuación.

### A. Densidad de potencia

La densidad de potencia es la cantidad de potencia entregada por masa del actuador y es un factor clave para la problemática de eficiencia energética ya mencionada. Por ejemplo, la densidad de potencia de un actuador electromagnético (7 kW/kg) excede la del músculo biológico (0.3 kW/kg); sin embargo, esta alta potencia sólo está disponible a grandes velocidades [4]. Lo que se contrapone con la otra problemática para robots avanzados de necesitar grandes pares o fuerzas pero en sus movimientos a bajas velocidades.

### B. Densidad de par

La densidad de par es la cantidad de par o fuerza por masa del actuador. Esta cantidad, en un sistema de actuación, puede ser incrementada agregando una alta relación de engranes; sin embargo, esto incrementaría no convenientemente su impedancia pasiva, inercia reflejada, fricción, histéresis, etc. En [4] se compara la métrica de densidad de potencia de un motor electromagnético contra la densidad de par del mismo motor, dando como resultado que la métrica de densidad de par es una métrica mucho más apropiada si lo que se requiere es un alto par a bajas velocidades.

### C. Reversibilidad

La reversibilidad es la capacidad de un sistema de actuación para transmitir potencia proveniente del exterior a través de su variable de actuación hacia el propio sistema de actuación [5]. Es decir, la reversibilidad es una propiedad de un sistema de actuación que describe si el movimiento puede ser fácilmente invertido [6]. De esta manera, esta característica de reversibilidad en sistemas de actuación tiene que ver con las problemáticas de rigidez y eficiencia energética en robots avanzados.

### D. Impedancia de un actuador

La mayoría de robots usan típicamente actuadores con controladores en modo posición, lo que los convierte en sistemas de alta impedancia (rígidos). En entornos humanos desconocidos y no estructurados, la actuación controlada en modo par o fuerza es más conveniente pues el sistema puede operar a bajas impedancias (no rígido y conforme) y mejorar de esta manera la seguridad. La actuación en modo par o fuerza significa que los actuadores generan fuerzas o pares para aplicarse a la carga, en tanto que en modo posición las consignas son de posición sin importar las fuerzas y pares aplicados [7].

Las técnicas de control para un sistema de actuación con engranes pueden reducir la impedancia de la actuación a bajas frecuencias, pero no pueden completamente remover el alto momento de inercia provisto por los engranes. A frecuencias más altas, por encima del ancho de banda de control, la impedancia mecánica del actuador resulta ser alta.

## IV. CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ACTUADORES TRADICIONALES

De acuerdo con el dominio discreto o continuo de la variable de salida de un actuador, éstos se pueden clasificar en dos tipos: actuadores de accionamiento incremental y actuadores de accionamiento continuo. Los motores paso a paso, que son accionados en pasos angulares fijos, representan la clase de actuadores de accionamiento incremental. Por otro lado, los actuadores de accionamiento continuo son la mayoría de actuadores usados en aplicaciones de sistemas de control; por ejemplo, motores de corriente directa, motores de inducción, motores hidráulicos y neumáticos, etc.

Basados en el tipo de suministro de energía (alimentación), los actuadores son clasificados en hidráulicos, neumáticos y electromagnéticos. Esta es una clasificación bastante estudiada y a continuación se expondrá una breve descripción de ella.

A. Actuadores electromagnéticos

Su clasificación se muestra en la Figura 2.

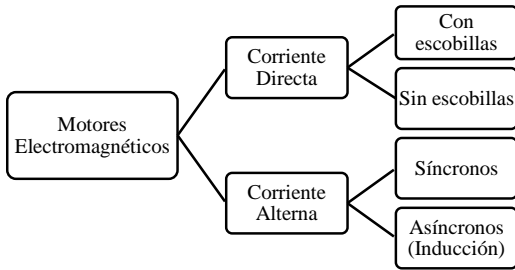


Fig. 2. Clasificación de los motores electromagnéticos.

El principio de funcionamiento de todos los motores electromagnéticos es básicamente el mismo. Todos operan por la atracción y repulsión entre conductores portadores de corriente o entre conductores portadores de corriente e imanes permanentes. Actualmente no hay un cambio significativo en la forma de generar movimiento en los motores electromagnéticos; sin embargo, se generan variantes de acuerdo con la configuración entre el rotor y el estator.

La densidad de par de un motor electromagnético está limitada por las densidades de flujo magnético en su entrehierro que pueden ser sostenidas por un determinado periodo de tiempo [8]. El par logrado depende del ciclo de trabajo especificado: un par mucho mayor es desarrollado por cortas duraciones y no por largas duraciones o periodos continuos.

A pesar de la variedad de diseños de actuadores electromagnéticos, hoy en día, la mayoría de estos actuadores suministran pares o fuerzas relativamente pequeñas, aunque tienen una alta densidad de potencia, pero solamente a altas velocidades. Para obtener un mayor par o fuerza, los sistemas de actuación usualmente utilizan transmisiones de movimiento con engranes o bandas. Desafortunadamente, esta estrategia agrega características no deseables como fricción, juego mecánico, flexibilidad, mayor inercia reflejada, etc., lo que hace difícil tener un buen control de su movimiento. Adicionalmente, debido a las altas relaciones en las transmisiones de movimiento necesarias para obtener grandes pares o fuerzas, la reversibilidad del sistema de actuación también se ve afectada. Por lo que, para el tema de eficiencia energética, se complica obtener algún tipo de generación de energía que pudiera aprovecharse ante impactos. Para lograr mayores pares o fuerzas sin el uso de esta estrategia, los actuadores tienen que ser grandes; por tanto, el alto par o fuerza viene a expensas de la alta masa del actuador.

B. Actuadores hidráulicos y neumáticos

Los actuadores hidráulicos convierten la energía suministrada por un fluido líquido presurizado en un movimiento lineal o rotacional; mientras que los actuadores neumáticos lo realizan mediante energía suministrada por flujo de aire presurizado. La Figura 3 presenta una clasificación de estos actuadores en base al tipo de movimiento generado.

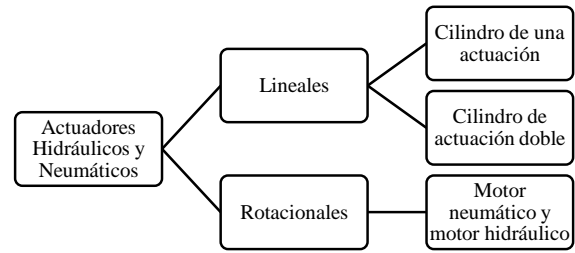


Fig. 3. Clasificación de actuadores hidráulicos y neumáticos.

Los cilindros se encargan del movimiento lineal mientras que los motores de paletas del movimiento rotacional. Los actuadores hidráulicos y neumáticos transforman la potencia del fluido en potencia mecánica; de manera que necesitan de una fuente de energía para presurizar el fluido. Entonces, los sistemas de actuación neumáticos operan de manera similar a los hidráulicos. Comparten la mayoría de sus componentes. La diferencia más importante es que el fluido de trabajo es aire (alta compresibilidad) para los neumáticos mientras que el fluido de trabajo para los hidráulicos es aceite prácticamente incompresible. También, los neumáticos pueden tomar el aire de la atmósfera mientras que en los hidráulicos se requiere de un depósito para almacenar los aceites. La fuente de aire generalmente viene de un compresor mientras que el aceite presurizado es suministrado por bombas especializadas.

Las aplicaciones de los sistemas de actuación neumáticos en el área industrial han cumplido sus demandas satisfactoriamente debido a que son sistemas bastante simples y generan altas fuerza o pares (además de ser baratos); sin embargo, su impacto en la Robótica Avanzada es diferente debido a la complejidad de su control de posición. A pesar de esto, se han desarrollado algunos estudios y mejoramientos de estos sistemas de actuación. En [9], se destaca la posibilidad de lograr brazos robóticos con mucha semejanza a los músculos humanos, debido principalmente a la buena densidad de potencia que tienen a distintas velocidades. Técnicas como el control adaptable mejoran en gran medida los robots con actuadores neumáticos.

La densidad de par y densidad de potencia de los sistemas de actuación hidráulicos superan enormemente a su contraparte electromagnética y son más adecuados, que los actuadores neumáticos y electromagnéticos, en grandes robots y maquinaria pesada de uso industrial generalmente. Incluso, en los sistemas hidráulicos, se podría incrementar la densidad de par y la densidad de potencia aumentando el suministro de presión; sin embargo, esto ocasiona problemas como fugas (una de las principales desventajas de estos sistemas). La densidad de potencia podría ser también incrementada por el uso de servoválvulas con una mayor relación de flujo, aunque la respuesta en frecuencia sufre. La característica clave de los sistemas hidráulicos es una mayor densidad de potencia comparado con los sistemas neumáticos y los sistemas electromagnéticos; además son apropiados para el trabajo en ambientes difíciles, así como robustos.

V. ACTUADORES EMERGENTES

Debido al avance tecnológico durante los últimos años han aparecido nuevos actuadores o prototipos de actuadores que

podemos nombrar como actuadores emergentes. Algunos ejemplos son los actuadores piezoeléctricos, los actuadores basados en hidrogeles y actuadores con aleaciones de memoria de forma.

#### A. Actuadores piezoeléctricos

Ciertos cristales, como el cuarzo, presentan una relación entre la fuerza mecánica que se les aplica y su carga eléctrica. Cuando los iones de su red cristalina son elásticamente cambiados, relativo a otro, debido a una fuerza externa, una polarización eléctrica puede ser detectada por medio de electrodos metálicos sobre la superficie. Este es el llamado efecto piezoeléctrico. El efecto es reversible y es entonces llamado efecto piezoeléctrico inverso. Si, por ejemplo, un voltaje eléctrico es aplicado a un cristal piezoeléctrico en forma de disco, el grosor del cristal cambia debido al efecto piezoeléctrico inverso [1]. Es esta propiedad la que se utiliza en los actuadores piezoeléctricos.

El movimiento está acompañado por una fuerza, y esta fuerza puede ser utilizada para la actuación; sin embargo, es necesario un alto voltaje. Aunque algunos actuadores piezoeléctricos pueden operar a bajo voltaje, el alto voltaje es lo más típico en actuadores piezoeléctricos; lo que limita su uso [2].

En general, los actuadores piezoeléctricos están ganando mucha atención debido a sus propiedades novedosas como respuesta rápida, estructura compacta, alta precisión y exactitud, etc. Principalmente se utilizan como microactuadores para producir desplazamientos pequeños a altas velocidades. En los últimos años, estos actuadores han expandido su área de aplicación. Las propiedades mejoradas han llevado a diferentes tipos de diseños que pueden lograr grandes desplazamientos con voltajes razonables, aunque mantengan una rigidez comparativamente grande [10].

#### B. Actuadores basados en hidrogeles

Los hidrogeles son conexiones de polímeros reticulados que tienen la habilidad de absorber y retener cantidades de agua o fluidos biológicos, y que poseen numerosas características en común con los tejidos biológicos. Estos materiales tienen poros que permiten entrar grandes cantidades de agua; sin embargo, las cadenas de polímeros están unidas previniendo la completa disolución del material. Algunos hidrogeles (considerados superabsorbentes) pueden absorber arriba de 1000 veces su peso seco por masa de agua.

La conformación diseñada de los hidrogeles se puede utilizar para promover un movimiento predefinido desde una forma inicial hasta una forma final. Si bien se pueden lograr varias geometrías las más comunes son las varillas y hojas.

Por otro lado, estos actuadores no son capaces de producir grandes fuerzas y su tiempo de respuesta es una característica que continua como un desafío a ser mejorado en futuros estudios científicos [10].

#### C. Actuadores con aleaciones de memoria de forma

El efecto memoria de forma para ciertas aleaciones implica un retorno a su estado no deformado cuando la aleación es

calentada. El efecto memoria de forma es causada por una transición de fase de martensita a austenita, lo que ocurre progresivamente sobre una banda de temperaturas [8].

Los actuadores de aleaciones de memoria de forma, como la aleación NiTi, requieren cierto procedimiento de entrenamiento para ser capaces de memorizar la forma “entrenada”, incluso después de enfriarse por sí mismo. Los actuadores de alambre de NiTi recto eran usados para hacer la mayoría de actuadores controlados eléctricamente, también los resortes compactos en forma de hélice eran ampliamente usados en la producción de diferentes actuadores calentados por medio de variaciones de temperatura atmosférica [10].

Los cilindros de memoria de forma son una aplicación de este tipo de material que pueden remplazar a actuadores tradicionales, también son llamados de trabajo pasado. Estos cilindros combinan aleaciones de cobre con propiedades únicas como el efecto memoria de forma, amortiguación y superelasticidad [1].

## VI. ALGUNAS SOLUCIONES INTEGRALES

En la búsqueda de solucionar las problemáticas actuales para los robots avanzados ya mencionadas han surgido ciertas estrategias que la comunidad de la Robótica ha realizado. A continuación, se detallan 2 de ellas.

#### A. Sistemas de actuación obedientes o conformes

Los sistemas de actuación obedientes o conformes pueden clasificarse en dos tipos: los pasivos y los activos [11]. Los pasivos generalmente se componen de un elemento elástico como, por ejemplo, un resorte; mientras que los activos imitan el comportamiento de un elemento elástico por medio de técnicas de control. Este último tiene la desventaja de que la energía no se almacena en el sistema de actuación y, debido al ancho de banda limitado de un controlador, los choques pueden no ser absorbidos. Ahora, una de las ventajas del sistema de actuación conforme activo es que el controlador puede hacer la obediencia en línea con alguna ley de adaptación. Estos sistemas de actuación tienen una variante conocida como sistema de actuación de impedancia variable (VIA, por sus siglas en inglés) o sistemas de actuación de rigidez variable. Básicamente, su función es modular la rigidez de su variable de actuación para lograr interactuar con fuerzas externas. Los sistemas de actuación conformes han tomado popularidad en los últimos años, siendo los VIA los de mayor impacto.

Para detallar un VIA primero es conveniente definir lo que es un sistema de actuación rígido. Un sistema de actuación rígido es un dispositivo capaz de moverse a una posición específica o seguir una trayectoria predefinida, la cual una vez alcanzada mantendrá esa posición, sin importar las fuerzas externas. Un VIA, por el contrario, desvía su posición de equilibrio, dependiendo de las fuerzas externas y las propiedades mecánicas del actuador [12].

De manera que para operar estos dispositivos se necesita modular la rigidez del actuador, ya sea de forma pasiva o activa. Principalmente, la variable de actuación en contacto con fuerzas externas se controla en modo par, aunque también hay trabajos donde se controla en modo velocidad, como en [7]. Todo esto es abordado por el área de control obediente o

conforme. Ahora bien, mientras la rigidez y obediencia se refieren a la relación estática fuerza-desplazamiento, la impedancia se refiere a las relaciones dinámicas entre la fuerza y la velocidad [6].

Otro sistema de actuación conforme que ha tomado popularidad en los últimos años es el llamado actuador elástico en serie (SEA, por sus siglas en inglés), el cual utiliza un elemento elástico físico como un resorte para modular la rigidez.

La elasticidad en serie puede devolverle a un sistema de actuación muchas de las cualidades que pierde cuando se utilizan engranes o bandas. La cantidad adecuada de elasticidad puede substancialmente incrementar la tolerancia a choques mientras se mantenga un ancho de banda de movimiento pequeño y adecuado. La elasticidad en serie también convierte el problema de control de fuerza en un problema de control de posición, mejorando en gran medida la precisión de la fuerza. En un actuador elástico en serie, la fuerza de salida es proporcional a la diferencia de posición a lo largo de la elasticidad en serie multiplicada por su constante de resorte. Entonces, la elasticidad en serie genera la necesidad de deformación elástica si la fuerza es modulada [13].

#### B. Diseño de un sistema integral de actuación para la locomoción de robots con patas

Uno de los mayores desafíos en robots con patas son los requerimientos de grandes fuerzas o pares a bajas velocidades, la eficiencia energética y la rigidez conforme. La rigidez conforme toma importancia debido a la interacción con las fuerzas de reacción con el suelo. Una mayor relación en la etapa de transmisión de movimiento mejora la densidad de par en un sistema de actuación, pero también incrementa la impedancia pasiva que limita el ancho de banda y compromete la reversibilidad de la transmisión. La búsqueda crítica en la locomoción de robots con patas parece ser la elección entre sistemas de actuación con altas densidades de par y con bajas impedancias.

En [4] se presentó un diseño de un sistema integral de actuación para la locomoción de robots con patas. El diseño se centró en el control propioceptivo de fuerzas, para ello se diseñó y se construyó un actuador electromagnético aumentando el radio del entrehierro del actuador, reduciendo el grosor del actuador y aumentando su diámetro; tomando en consideración la métrica de densidad de par por encima de la densidad de potencia. También se agregó una transmisión de movimiento con una baja relación de engranes, afectando de forma mínima la reversibilidad de dicha transmisión. Estos sistemas de actuación fueron usados en un robot cuadrúpedo logrando una baja inercia de las patas colocando estos sistemas de actuación en los hombros del cuadrúpedo. Este modelo posteriormente se mejoró utilizando el control de impedancia variable agregando un nuevo factor llamado factor de

mitigación al impacto, lo que permitió mejorar el control de las fuerzas de contacto con el suelo.

## VII. CONCLUSIONES

Tomando en consideración las problemáticas actuales de los robots avanzados, se ha presentado un estudio sobre actuadores modernos y ciertas soluciones integrales existentes en la actualidad. Se ha detallado la definición de actuador y se ha realizado un breve estudio del estado del arte sobre actuadores. Este estudio permite visualizar que los actuadores tradicionales cumplen con los requerimientos de la Robótica Industrial, pero que existe la necesidad de soluciones novedosas para las variadas, sofisticadas y diversas aplicaciones de la Robótica Avanzada. También, es posible confirmar que actualmente todavía los motores electromagnéticos parecen ser la solución más viable para los robots avanzados.

## REFERENCIAS

- [1] Janocha, H., (2004). Actuators. Springer. Germany.
- [2] Ida, N., (2020). Sensors, actuators and their interfaces. The Institution of Engineering and Technology, United Kingdom.
- [3] Pallas, R., (2008). Sensores y acondicionamientos de señal. Alfaomega. Marcombo.
- [4] Seok, S., Wang A., Otten D., Kim S., (2012). Actuator design for high force proprioceptive control in fast legged. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 7-12, 2012. Vilamoura, Algarve, Portugal, pp. 1970-1975.
- [5] Du, Q., Zhang T., Yang G., Chen C., Wang W., Zhang C., (2021). A review of powered backdrivability of robot actuators for human-robot interaction. 16th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). 1-4 Aug. 2021. Chengdu, China, pp 1115-1120.
- [6] Calanca, A., Muradore R., Fiorini P., (2016). A review of algorithms for compliant control. Transactions on Mechatronics, 21(2): 613-624.
- [7] Wyeth, G., (2006). Control issues for velocity sourced series elastic actuators. Australian Conference on Robotics and Automation.
- [8] Hollerbach, J. M., Hunter I. W., Ballantyne J., (1992). A comparative analysis of actuator technologies for robotics. O. Khatib, J.J. Craig, Eds. The robotics review 2. MIT Press, Cambridge, MA, United States, pp. 299-342.
- [9] Caldwell, D. G., Medrano-Cerda G. A., Goodwin M., (1995). Control of pneumatic muscle actuators. Control Systems, 15(1): 40-48.
- [10] Inammudin, Boddula R., Asiri A. M., (2020). Actuators. Scrivener Publishing, United States.
- [11] Ham, R. V., Sugar T. G., Vanderborcht V., Hollander K. W., Lefeber D., (2009). Compliant actuator designs. Robotics & Automation Magazine, 16(3): 81-94.
- [12] Vanderborcht, B., Schaeffer A. A., Bicchi A., Burdet E., Caldwell D. G., Carloni R. et al., (2013). Variable impedance actuators: a review. Robotics and Autonomous Systems, 61(12):1601-1614.
- [13] Pratt, G. A., Willianson M. M., (1995). Series elastic actuators. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Human Robot Interaction and Cooperative Robots. 5-9 Aug. 1995. Pittsburgh, PA, USA, pp 399-406.
- [14] Bishop, R., (2008). Mechatronics systems, sensors and actuators. CRC Press Taylor & Francis Group, USA.
- [15] De Silva, C. W., (2016). Sensors and actuators. CRC Press Taylor & Francis Group, USA.
- [16] Hoon Kim, S., (2017). Electric motor control. ELSEVIER. United Kingdom.

# Sobre actuadores modernos para robots avanzados

B. Sánchez-García, E. Bugarin, A. Y. Aguilar-Bustos  
 Departamento de Robótica y Control  
 Tecnológico Nacional de México/ IT de Ensenada  
 Ensenada, Baja California, México  
 {al14760608, ebugarin, aaguilar}@ite.edu.mx

**Resumen**— Los actuadores son los denominados transductores de salida encargados de transferirle energía a los robots para lograr su movimiento. Es de notarse que los actuadores tradicionales han cumplido su función de manera satisfactoria y suficiente cuando de robots industriales se trata. Sin embargo, hoy en día existe una demanda de aplicaciones más sofisticadas encomendadas a los robots; como, por ejemplo, aplicaciones relacionadas con la exploración en ambientes adversos (minas, interplanetaria, etc.), con la transportación de materiales peligrosos, con la asistencia médica, etc. Estos tipos de robots sofisticados son estudiados por la Robótica Avanzada y su campo de innovación es bastante amplio. De hecho, uno de los grandes problemas a resolverse es la rigidez con la que actualmente los actuadores o los sistemas de actuación son diseñados. Esta rigidez provoca que incluso los robots industriales sean catalogados todavía como inseguros para el ser humano. Este problema no sólo impacta en la interacción humano-robot sino también en el mismo desempeño general del robot. Las aplicaciones con robots avanzados generalmente demandan velocidades pequeñas en sus articulaciones y una capacidad de absorción de impactos adecuada, como por ejemplo para lograr una caminata apropiada en robots con patas (sobre todo en terrenos irregulares). Lo anterior justifica de mejor forma la realización de propuestas de nuevos actuadores (o sistemas de actuación) que cumplan con estos requerimientos. De esta manera, este artículo abordará un breve estudio del estado del arte de los actuadores utilizados tanto en la Robótica Industrial como en la Robótica Avanzada, tratando los actuadores tradicionales y revisando algunos tipos de actuadores que se han desarrollado en los últimos años. Finalmente, se concluye con la descripción de dos soluciones integrales de sistemas de actuación que recientemente se están utilizando para diseñar con mejores desempeños los robots avanzados de la actualidad.

**Palabras clave**— robots avanzados, actuadores, métricas para actuadores, sistemas de actuación

## I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años se han desarrollado nuevas tecnologías que han impulsado un gran auge en el campo de la Robótica. Una clasificación de la Robótica que permite valorar tal situación contempla dos áreas: la Robótica Industrial, la cual se centra en el desarrollo y aplicación de robots (principalmente manipuladores robóticos) en tareas industriales hoy en día muy sofisticadas y logradas a grandes velocidades, pero con una autonomía limitada y en espacios altamente estructurados; y la Robótica Avanzada, la cual se encarga del estudio y diseño de robots para aplicaciones de exploración interplanetaria, rehabilitación médica, tareas de servicio y muchas otras donde precisamente la autonomía y los ambientes no estructurados

juegan un papel relevante. De esta manera, actualmente en la Robótica Avanzada es preciso atender ciertas problemáticas que se presentan en sus aplicaciones; como la rigidez notoria en la gran mayoría de los robots, la eficiencia energética y los grandes pares o fuerzas requeridas en sus movimientos a bajas velocidades. Por tanto, es necesario desarrollar nuevos sistemas que resuelvan estas problemáticas desde el diseño mismo de sus propios actuadores (o sistemas de actuación).

De esta forma, este artículo presenta un estudio sobre actuadores modernos para robots avanzados. La Sección 2 describe un análisis de la definición de actuador. En la Sección 3 se detallan las características genéricas de un actuador y ciertos indicadores especiales. En la Sección 4 se presenta una clasificación y su análisis relacionado con los actuadores tradicionales. La Sección 5 explica algunos actuadores emergentes. Y finalmente se describen dos soluciones integrales encontradas en la literatura que atienden las problemáticas mencionadas en los robots avanzados.

## II. DEFINICIONES

### A. Definición genérica

En ingeniería es muy común utilizar el término actuador o accionador para referirse al dispositivo que se encarga de ejecutar la “acción” en un sistema. Sin embargo, tener una definición genérica de actuador no es tan sencillo debido a que la mayoría de definiciones tienden a particularizar al actuador dependiendo del área de aplicación. Por ejemplo, [1] define al actuador como un elemento funcional que conecta la parte del procesamiento de información de un sistema de control electrónico con un proceso técnico o no técnico. El problema de esta definición es claramente su particularización a sistemas de control electrónico cuando en realidad un actuador no necesariamente está ligado a ellos; considérese el caso típico de un sistema meramente neumático.

También hay definiciones genéricas que al parecer sobrelimitan el alcance de un actuador. La definición de [2] es una de ellas: dispositivo o mecanismo capaz de realizar una acción o efecto físico. Por ejemplo, un termistor ante cambios en la temperatura del medio ambiente donde está expuesto tiene la acción o efecto físico de cambiar su resistencia interna; lo anterior no necesariamente cae dentro de lo que en ingeniería se contempla como función de un actuador.

Para definir al actuador es conveniente acudir al concepto de transductor. Se domina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente, pero de otra forma física distinta [3]. Es



por tanto un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Los transductores pueden clasificarse en: transductores de entrada y transductores de salida. El transductor de entrada es usado para designar al sensor (obtención de información) y el transductor de salida para designar al actuador (convertidor de energía).

Por tanto, la definición genérica de actuador que se adopta en este documento es: transductor de salida utilizado para generar una acción o efecto en un sistema.

### B. Definición para robots

De acuerdo con la definición genérica dada en la subsección anterior, un actuador para robots entonces es el transductor de salida encargado de generar el movimiento articular de un robot. Es decir, los actuadores son los que suministran de manera primaria la fuerza motriz a los robots.

De esta manera, se distinguirá un sistema de actuación como aquel que se compone de 3 elementos (ver Figura 1): los dispositivos de potencia encargados de, a partir de una señal de demanda o consigna de baja potencia, transferir la energía necesaria utilizando una fuente de alimentación externa; el propio actuador; y el transmisor de movimiento que tiene la función de realizar conversiones generalmente de movimientos lineales a rotacionales (o viceversa) y de incrementar la fuerza o par en la variable de actuación final.

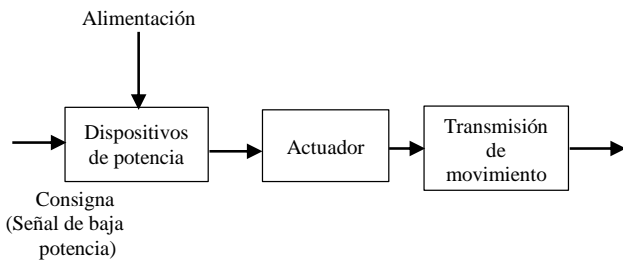


Fig. 1. Sistema de actuación.

## III. CARACTERÍSTICAS

Las características generales de los actuadores para robots son ampliamente conocidas y tienen que ver con sus dimensiones, pares o fuerzas que pueden suministrar, velocidades, potencia, carrera (actuación lineal), resolución de movimiento, consumo de energía, ciclo de trabajo, ancho de banda de operación, entre otros. Sin embargo, es necesario destacar ciertos indicadores relevantes para los actuadores en la Robótica Avanzada, los cuales serán descritos a continuación.

### A. Densidad de potencia

La densidad de potencia es la cantidad de potencia entregada por masa del actuador y es un factor clave para la problemática de eficiencia energética ya mencionada. Por ejemplo, la densidad de potencia de un actuador electromagnético (7 kW/kg) excede la del músculo biológico (0.3 kW/kg); sin embargo, esta alta potencia sólo está disponible a grandes velocidades [4]. Lo que se contrapone con la otra problemática para robots avanzados de necesitar grandes pares o fuerzas pero en sus movimientos a bajas velocidades.

### B. Densidad de par

La densidad de par es la cantidad de par o fuerza por masa del actuador. Esta cantidad, en un sistema de actuación, puede ser incrementada agregando una alta relación de engranes; sin embargo, esto incrementaría no convenientemente su impedancia pasiva, inercia reflejada, fricción, histéresis, etc. En [4] se compara la métrica de densidad de potencia de un motor electromagnético contra la densidad de par del mismo motor, dando como resultado que la métrica de densidad de par es una métrica mucho más apropiada si lo que se requiere es un alto par a bajas velocidades.

### C. Reversibilidad

La reversibilidad es la capacidad de un sistema de actuación para transmitir potencia proveniente del exterior a través de su variable de actuación hacia el propio sistema de actuación [5]. Es decir, la reversibilidad es una propiedad de un sistema de actuación que describe si el movimiento puede ser fácilmente invertido [6]. De esta manera, esta característica de reversibilidad en sistemas de actuación tiene que ver con las problemáticas de rigidez y eficiencia energética en robots avanzados.

### D. Impedancia de un actuador

La mayoría de robots usan típicamente actuadores con controladores en modo posición, lo que los convierte en sistemas de alta impedancia (rígidos). En entornos humanos desconocidos y no estructurados, la actuación controlada en modo par o fuerza es más conveniente pues el sistema puede operar a bajas impedancias (no rígido y conforme) y mejorar de esta manera la seguridad. La actuación en modo par o fuerza significa que los actuadores generan fuerzas o pares para aplicarse a la carga, en tanto que en modo posición las consignas son de posición sin importar las fuerzas y pares aplicados [7].

Las técnicas de control para un sistema de actuación con engranes pueden reducir la impedancia de la actuación a bajas frecuencias, pero no pueden completamente remover el alto momento de inercia provisto por los engranes. A frecuencias más altas, por encima del ancho de banda de control, la impedancia mecánica del actuador resulta ser alta.

## IV. CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ACTUADORES TRADICIONALES

De acuerdo con el dominio discreto o continuo de la variable de salida de un actuador, éstos se pueden clasificar en dos tipos: actuadores de accionamiento incremental y actuadores de accionamiento continuo. Los motores paso a paso, que son accionados en pasos angulares fijos, representan la clase de actuadores de accionamiento incremental. Por otro lado, los actuadores de accionamiento continuo son la mayoría de actuadores usados en aplicaciones de sistemas de control; por ejemplo, motores de corriente directa, motores de inducción, motores hidráulicos y neumáticos, etc.

Basados en el tipo de suministro de energía (alimentación), los actuadores son clasificados en hidráulicos, neumáticos y electromagnéticos. Esta es una clasificación bastante estudiada y a continuación se expondrá una breve descripción de ella.

A. Actuadores electromagnéticos

Su clasificación se muestra en la Figura 2.

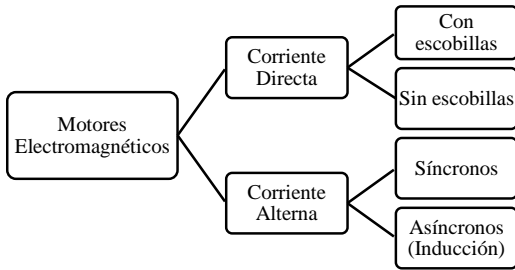


Fig. 2. Clasificación de los motores electromagnéticos.

El principio de funcionamiento de todos los motores electromagnéticos es básicamente el mismo. Todos operan por la atracción y repulsión entre conductores portadores de corriente o entre conductores portadores de corriente e imanes permanentes. Actualmente no hay un cambio significativo en la forma de generar movimiento en los motores electromagnéticos; sin embargo, se generan variantes de acuerdo con la configuración entre el rotor y el estator.

La densidad de par de un motor electromagnético está limitada por las densidades de flujo magnético en su entrehierro que pueden ser sostenidas por un determinado periodo de tiempo [8]. El par logrado depende del ciclo de trabajo especificado: un par mucho mayor es desarrollado por cortas duraciones y no por largas duraciones o periodos continuos.

A pesar de la variedad de diseños de actuadores electromagnéticos, hoy en día, la mayoría de estos actuadores suministran pares o fuerzas relativamente pequeñas, aunque tienen una alta densidad de potencia, pero solamente a altas velocidades. Para obtener un mayor par o fuerza, los sistemas de actuación usualmente utilizan transmisiones de movimiento con engranes o bandas. Desafortunadamente, esta estrategia agrega características no deseables como fricción, juego mecánico, flexibilidad, mayor inercia reflejada, etc., lo que hace difícil tener un buen control de su movimiento. Adicionalmente, debido a las altas relaciones en las transmisiones de movimiento necesarias para obtener grandes pares o fuerzas, la reversibilidad del sistema de actuación también se ve afectada. Por lo que, para el tema de eficiencia energética, se complica obtener algún tipo de generación de energía que pudiera aprovecharse ante impactos. Para lograr mayores pares o fuerzas sin el uso de esta estrategia, los actuadores tienen que ser grandes; por tanto, el alto par o fuerza viene a expensas de la alta masa del actuador.

B. Actuadores hidráulicos y neumáticos

Los actuadores hidráulicos convierten la energía suministrada por un fluido líquido presurizado en un movimiento lineal o rotacional; mientras que los actuadores neumáticos lo realizan mediante energía suministrada por flujo de aire presurizado. La Figura 3 presenta una clasificación de estos actuadores en base al tipo de movimiento generado.

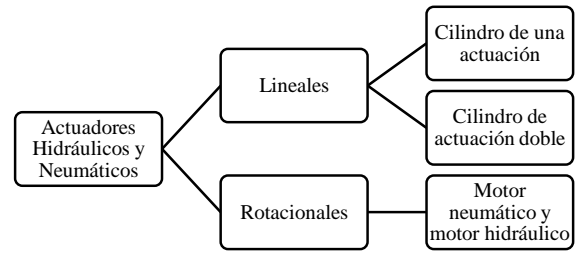


Fig. 3. Clasificación de actuadores hidráulicos y neumáticos.

Los cilindros se encargan del movimiento lineal mientras que los motores de paletas del movimiento rotacional. Los actuadores hidráulicos y neumáticos transforman la potencia del fluido en potencia mecánica; de manera que necesitan de una fuente de energía para presurizar el fluido. Entonces, los sistemas de actuación neumáticos operan de manera similar a los hidráulicos. Comparten la mayoría de sus componentes. La diferencia más importante es que el fluido de trabajo es aire (alta compresibilidad) para los neumáticos mientras que el fluido de trabajo para los hidráulicos es aceite prácticamente incompresible. También, los neumáticos pueden tomar el aire de la atmósfera mientras que en los hidráulicos se requiere de un depósito para almacenar los aceites. La fuente de aire generalmente viene de un compresor mientras que el aceite presurizado es suministrado por bombas especializadas.

Las aplicaciones de los sistemas de actuación neumáticos en el área industrial han cumplido sus demandas satisfactoriamente debido a que son sistemas bastante simples y generan altas fuerza o pares (además de ser baratos); sin embargo, su impacto en la Robótica Avanzada es diferente debido a la complejidad de su control de posición. A pesar de esto, se han desarrollado algunos estudios y mejoramientos de estos sistemas de actuación. En [9], se destaca la posibilidad de lograr brazos robóticos con mucha semejanza a los músculos humanos, debido principalmente a la buena densidad de potencia que tienen a distintas velocidades. Técnicas como el control adaptable mejoran en gran medida los robots con actuadores neumáticos.

La densidad de par y densidad de potencia de los sistemas de actuación hidráulicos superan enormemente a su contraparte electromagnética y son más adecuados, que los actuadores neumáticos y electromagnéticos, en grandes robots y maquinaria pesada de uso industrial generalmente. Incluso, en los sistemas hidráulicos, se podría incrementar la densidad de par y la densidad de potencia aumentando el suministro de presión; sin embargo, esto ocasiona problemas como fugas (una de las principales desventajas de estos sistemas). La densidad de potencia podría ser también incrementada por el uso de servoválvulas con una mayor relación de flujo, aunque la respuesta en frecuencia sufre. La característica clave de los sistemas hidráulicos es una mayor densidad de potencia comparado con los sistemas neumáticos y los sistemas electromagnéticos; además son apropiados para el trabajo en ambientes difíciles, así como robustos.

V. ACTUADORES EMERGENTES

Debido al avance tecnológico durante los últimos años han aparecido nuevos actuadores o prototipos de actuadores que

podemos nombrar como actuadores emergentes. Algunos ejemplos son los actuadores piezoeléctricos, los actuadores basados en hidrogeles y actuadores con aleaciones de memoria de forma.

#### A. Actuadores piezoeléctricos

Ciertos cristales, como el cuarzo, presentan una relación entre la fuerza mecánica que se les aplica y su carga eléctrica. Cuando los iones de su red cristalina son elásticamente cambiados, relativo a otro, debido a una fuerza externa, una polarización eléctrica puede ser detectada por medio de electrodos metálicos sobre la superficie. Este es el llamado efecto piezoeléctrico. El efecto es reversible y es entonces llamado efecto piezoeléctrico inverso. Si, por ejemplo, un voltaje eléctrico es aplicado a un cristal piezoeléctrico en forma de disco, el grosor del cristal cambia debido al efecto piezoeléctrico inverso [1]. Es esta propiedad la que se utiliza en los actuadores piezoeléctricos.

El movimiento está acompañado por una fuerza, y esta fuerza puede ser utilizada para la actuación; sin embargo, es necesario un alto voltaje. Aunque algunos actuadores piezoeléctricos pueden operar a bajo voltaje, el alto voltaje es lo más típico en actuadores piezoeléctricos; lo que limita su uso [2].

En general, los actuadores piezoeléctricos están ganando mucha atención debido a sus propiedades novedosas como respuesta rápida, estructura compacta, alta precisión y exactitud, etc. Principalmente se utilizan como microactuadores para producir desplazamientos pequeños a altas velocidades. En los últimos años, estos actuadores han expandido su área de aplicación. Las propiedades mejoradas han llevado a diferentes tipos de diseños que pueden lograr grandes desplazamientos con voltajes razonables, aunque mantengan una rigidez comparativamente grande [10].

#### B. Actuadores basados en hidrogeles

Los hidrogeles son conexiones de polímeros reticulados que tienen la habilidad de absorber y retener cantidades de agua o fluidos biológicos, y que poseen numerosas características en común con los tejidos biológicos. Estos materiales tienen poros que permiten entrar grandes cantidades de agua; sin embargo, las cadenas de polímeros están unidas previniendo la completa disolución del material. Algunos hidrogeles (considerados superabsorbentes) pueden absorber arriba de 1000 veces su peso seco por masa de agua.

La conformación diseñada de los hidrogeles se puede utilizar para promover un movimiento predefinido desde una forma inicial hasta una forma final. Si bien se pueden lograr varias geometrías las más comunes son las varillas y hojas.

Por otro lado, estos actuadores no son capaces de producir grandes fuerzas y su tiempo de respuesta es una característica que continua como un desafío a ser mejorado en futuros estudios científicos [10].

#### C. Actuadores con aleaciones de memoria de forma

El efecto memoria de forma para ciertas aleaciones implica un retorno a su estado no deformado cuando la aleación es

calentada. El efecto memoria de forma es causada por una transición de fase de martensita a austenita, lo que ocurre progresivamente sobre una banda de temperaturas [8].

Los actuadores de aleaciones de memoria de forma, como la aleación NiTi, requieren cierto procedimiento de entrenamiento para ser capaces de memorizar la forma “entrenada”, incluso después de enfriarse por sí mismo. Los actuadores de alambre de NiTi recto eran usados para hacer la mayoría de actuadores controlados eléctricamente, también los resortes compactos en forma de hélice eran ampliamente usados en la producción de diferentes actuadores calentados por medio de variaciones de temperatura atmosférica [10].

Los cilindros de memoria de forma son una aplicación de este tipo de material que pueden remplazar a actuadores tradicionales, también son llamados de trabajo pasado. Estos cilindros combinan aleaciones de cobre con propiedades únicas como el efecto memoria de forma, amortiguación y superelasticidad [1].

## VI. ALGUNAS SOLUCIONES INTEGRALES

En la búsqueda de solucionar las problemáticas actuales para los robots avanzados ya mencionadas han surgido ciertas estrategias que la comunidad de la Robótica ha realizado. A continuación, se detallan 2 de ellas.

#### A. Sistemas de actuación obedientes o conformes

Los sistemas de actuación obedientes o conformes pueden clasificarse en dos tipos: los pasivos y los activos [11]. Los pasivos generalmente se componen de un elemento elástico como, por ejemplo, un resorte; mientras que los activos imitan el comportamiento de un elemento elástico por medio de técnicas de control. Este último tiene la desventaja de que la energía no se almacena en el sistema de actuación y, debido al ancho de banda limitado de un controlador, los choques pueden no ser absorbidos. Ahora, una de las ventajas del sistema de actuación conforme activo es que el controlador puede hacer la obediencia en línea con alguna ley de adaptación. Estos sistemas de actuación tienen una variante conocida como sistema de actuación de impedancia variable (VIA, por sus siglas en inglés) o sistemas de actuación de rigidez variable. Básicamente, su función es modular la rigidez de su variable de actuación para lograr interactuar con fuerzas externas. Los sistemas de actuación conformes han tomado popularidad en los últimos años, siendo los VIA los de mayor impacto.

Para detallar un VIA primero es conveniente definir lo que es un sistema de actuación rígido. Un sistema de actuación rígido es un dispositivo capaz de moverse a una posición específica o seguir una trayectoria predefinida, la cual una vez alcanzada mantendrá esa posición, sin importar las fuerzas externas. Un VIA, por el contrario, desvía su posición de equilibrio, dependiendo de las fuerzas externas y las propiedades mecánicas del actuador [12].

De manera que para operar estos dispositivos se necesita modular la rigidez del actuador, ya sea de forma pasiva o activa. Principalmente, la variable de actuación en contacto con fuerzas externas se controla en modo par, aunque también hay trabajos donde se controla en modo velocidad, como en [7]. Todo esto es abordado por el área de control obediente o

conforme. Ahora bien, mientras la rigidez y obediencia se refieren a la relación estática fuerza-desplazamiento, la impedancia se refiere a las relaciones dinámicas entre la fuerza y la velocidad [6].

Otro sistema de actuación conforme que ha tomado popularidad en los últimos años es el llamado actuador elástico en serie (SEA, por sus siglas en inglés), el cual utiliza un elemento elástico físico como un resorte para modular la rigidez.

La elasticidad en serie puede devolverle a un sistema de actuación muchas de las cualidades que pierde cuando se utilizan engranes o bandas. La cantidad adecuada de elasticidad puede substancialmente incrementar la tolerancia a choques mientras se mantenga un ancho de banda de movimiento pequeño y adecuado. La elasticidad en serie también convierte el problema de control de fuerza en un problema de control de posición, mejorando en gran medida la precisión de la fuerza. En un actuador elástico en serie, la fuerza de salida es proporcional a la diferencia de posición a lo largo de la elasticidad en serie multiplicada por su constante de resorte. Entonces, la elasticidad en serie genera la necesidad de deformación elástica si la fuerza es modulada [13].

#### B. Diseño de un sistema integral de actuación para la locomoción de robots con patas

Uno de los mayores desafíos en robots con patas son los requerimientos de grandes fuerzas o pares a bajas velocidades, la eficiencia energética y la rigidez conforme. La rigidez conforme toma importancia debido a la interacción con las fuerzas de reacción con el suelo. Una mayor relación en la etapa de transmisión de movimiento mejora la densidad de par en un sistema de actuación, pero también incrementa la impedancia pasiva que limita el ancho de banda y compromete la reversibilidad de la transmisión. La búsqueda crítica en la locomoción de robots con patas parece ser la elección entre sistemas de actuación con altas densidades de par y con bajas impedancias.

En [4] se presentó un diseño de un sistema integral de actuación para la locomoción de robots con patas. El diseño se centró en el control propioceptivo de fuerzas, para ello se diseñó y se construyó un actuador electromagnético aumentando el radio del entrehierro del actuador, reduciendo el grosor del actuador y aumentando su diámetro; tomando en consideración la métrica de densidad de par por encima de la densidad de potencia. También se agregó una transmisión de movimiento con una baja relación de engranes, afectando de forma mínima la reversibilidad de dicha transmisión. Estos sistemas de actuación fueron usados en un robot cuadrúpedo logrando una baja inercia de las patas colocando estos sistemas de actuación en los hombros del cuadrúpedo. Este modelo posteriormente se mejoró utilizando el control de impedancia variable agregando un nuevo factor llamado factor de

mitigación al impacto, lo que permitió mejorar el control de las fuerzas de contacto con el suelo.

## VII. CONCLUSIONES

Tomando en consideración las problemáticas actuales de los robots avanzados, se ha presentado un estudio sobre actuadores modernos y ciertas soluciones integrales existentes en la actualidad. Se ha detallado la definición de actuador y se ha realizado un breve estudio del estado del arte sobre actuadores. Este estudio permite visualizar que los actuadores tradicionales cumplen con los requerimientos de la Robótica Industrial, pero que existe la necesidad de soluciones novedosas para las variadas, sofisticadas y diversas aplicaciones de la Robótica Avanzada. También, es posible confirmar que actualmente todavía los motores electromagnéticos parecen ser la solución más viable para los robots avanzados.

## REFERENCIAS

- [1] Janocha, H., (2004). Actuators. Springer. Germany.
- [2] Ida, N., (2020). Sensors, actuators and their interfaces. The Institution of Engineering and Technology, United Kingdom.
- [3] Pallas, R., (2008). Sensores y acondicionamientos de señal. Alfaomega. Marcombo.
- [4] Seok, S., Wang A., Otten D., Kim S., (2012). Actuator design for high force proprioceptive control in fast legged. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 7-12, 2012. Vilamoura, Algarve, Portugal, pp. 1970-1975.
- [5] Du, Q., Zhang T., Yang G., Chen C., Wang W., Zhang C., (2021). A review of powered backdrivability of robot actuators for human-robot interaction. 16th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA). 1-4 Aug. 2021. Chengdu, China, pp 1115-1120.
- [6] Calanca, A., Muradore R., Fiorini P., (2016). A review of algorithms for compliant control. Transactions on Mechatronics, 21(2): 613-624.
- [7] Wyeth, G., (2006). Control issues for velocity sourced series elastic actuators. Australian Conference on Robotics and Automation.
- [8] Hollerbach, J. M., Hunter I. W., Ballantyne J., (1992). A comparative analysis of actuator technologies for robotics. O. Khatib, J.J. Craig, Eds. The robotics review 2. MIT Press, Cambridge, MA, United States, pp. 299-342.
- [9] Caldwell, D. G., Medrano-Cerda G. A., Goodwin M., (1995). Control of pneumatic muscle actuators. Control Systems, 15(1): 40-48.
- [10] Inammudin, Boddula R., Asiri A. M., (2020). Actuators. Scrivener Publishing, United States.
- [11] Ham, R. V., Sugar T. G., Vanderborcht V., Hollander K. W., Lefeber D., (2009). Compliant actuator designs. Robotics & Automation Magazine, 16(3): 81-94.
- [12] Vanderborcht, B., Schaeffer A. A., Bicchi A., Burdet E., Caldwell D. G., Carloni R. et al., (2013). Variable impedance actuators: a review. Robotics and Autonomous Systems, 61(12):1601-1614.
- [13] Pratt, G. A., Willianson M. M., (1995). Series elastic actuators. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Human Robot Interaction and Cooperative Robots. 5-9 Aug. 1995. Pittsburgh, PA, USA, pp 399-406.
- [14] Bishop, R., (2008). Mechatronics systems, sensors and actuators. CRC Press Taylor & Francis Group, USA.
- [15] De Silva, C. W., (2016). Sensors and actuators. CRC Press Taylor & Francis Group, USA.
- [16] Hoon Kim, S., (2017). Electric motor control. ELSEVIER. United Kingdom.

# Desarrollo de sistema web para la Gestión de avalúos inmobiliarios

Ing. Veronica Castillo Arias.  
Estudiantes de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ IT Acapulco.  
Acapulco, Guerrero, México  
MM2132005@acapulco.tecnm.  
mx

M.T.I. Rafael Hernández Reyna.  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ IT Acapulco.  
Acapulco, Guerrero, México.  
rafael.hr@acapulco.tecnm.mx

Dr. Eduardo de la Cruz Gámez.  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ IT Acapulco.  
Acapulco, Guerrero, México.  
eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx

M.T.I. Jorge Carranza Gómez.  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ IT Acapulco.  
Acapulco, Guerrero, México  
Jorge.cg@acapulco.Tecnm.mx

**Resumen**— El artículo tiene como finalidad presentar el desarrollo del análisis y diseño de un sistema web destinado a controlar los procesos a realizar en la generación de avalúos inmobiliarios de la empresa “Oak Valuación Inmobiliaria”. Se mencionan las técnicas empleadas para la recolección de requerimientos, los diagramas UML para comprender el funcionamiento y estructura del sistema Web, así como los prototipos de vistas. Actualmente la empresa trabaja de forma manual, llevan el registro de la carga de avalúos que tienen pendientes de generar en una hoja de papel, manejan información importante como lo es la documentación y las fotografías de cada inmueble, en donde todos los empleados pueden tener acceso a dicha información, esto genera un problema debido a que se suelen extraviar los archivos en los dispositivos de almacenamiento. Ante las circunstancias mencionadas, la empresa consideró la implementación de un sistema que ayude a unificar todos esos procesos en un solo sitio y bajo control.

**Palabras claves**— *Valuación, Avalúos, Simplificado, UML, PDF.*

## I. INTRODUCCIÓN

El uso de herramientas tecnológicas que ayuden en la gestión de procesos de una empresa cada vez es más común.

Dichas herramientas ayudan a la optimización y mejora de los procesos de producción, organización, ventas, capacitación, entre otros, reduciendo el trabajo manual, disminución de errores, aumento de la productividad de cada miembro de la empresa y sobre todo el tener una comunicación clara y precisa, de manera que les da una ventaja competitiva para un buen posicionamiento en el mercado. [1]

El termino valuación inmobiliaria se entiende como la actividad profesional de realizar una estimación del valor comercial del inmueble a través de un dictamen técnico imparcial mediante características de uso y análisis del mercado, donde se toman en cuenta las condiciones físicas y urbanas del inmueble. [2]

La empresa “Oak Valuación Inmobiliaria” es responsable de valorar inmuebles destinados a la compra-venta, trabaja con

distintas empresas inmobiliarias, bancos y propietarios de inmuebles. En la empresa desarrollan diferentes actividades, entre ellos la realización de avalúos hipotecarios, bancarios y fiscales, los cuales deben pasar por diferentes procesos para poder certificarlos. Para desarrollar los avalúos hipotecarios y bancarios, la empresa trabaja simultáneamente con una empresa externa llamada Centro Moderno de Valuación, CMV, ellos trabajan con un sistema web llamado Sax en donde se capturan los avalúos para certificarlos. También, en el desarrollo de avalúos fiscales, trabajan simultáneamente con la Coordinación General de Catastro de la secretaria de Finanzas y Administración del estado de Guerrero, los cuales también cuentan con un sistema web para certificar los avalúos. En ambas empresas externas se realizan los mismos pasos para certificar los avalúos.

Actualmente la empresa realiza sus trabajos de forma manual, el realizar sus procesos de esta forma se ha notado que no es del todo eficiente, ya que se ha tenido pérdida de información en cuanto a la documentación de los inmuebles o las fotografías tomadas, así como no llevar un control del listado de avalúos que tienen por desarrollar y los que ya están en proceso de certificación. El listado de avalúos se realiza manualmente en una hoja de papel y es enviada mediante la aplicación WhatsApp® al grupo de trabajo, así como la documentación oficial del inmueble se entrega en PDF o impresa en papel. También, las fotografías tomadas a cada inmueble se deben guardar en la computadora del personal correspondiente. Este tipo de actividades han generado retrasos de tiempo en el desarrollo de los avalúos ya que no permite que se tenga la información organizada en un solo sitio y totalmente actualizada en el momento oportuno, así como llevar un registro de cada proceso realizado en cada avalúo.

Con el desarrollo de esta herramienta se pretende resolver el control en la gestión de los procesos de avalúos de forma ágil, donde se permita verificar el proceso en el que se encuentran los avalúos en cualquier momento, así como aplicar seguridad en el manejo de la documentación y fotografías.

II. OBJETIVOS

A. General

Desarrollar un Sistema Web para gestionar los procesos de avalúos inmobiliarios de la empresa “Oak Valuación Inmobiliaria”, así como controlar el acceso a la documentación y fotografías de los inmuebles con el uso de roles de usuarios.

B. Específicos

- Realizar análisis de requerimientos funcionales para detallar las características operacionales del sistema web.
- Establecer un modelo de base de datos usando el gestor de base de datos MySQL, diseñado de tal forma que permita gestionar los datos almacenados.
- Desarrollar una interfaz gráfica amigable e intuitiva.
- Respalda la documentación y fotografías de los avalúos en un servicio de almacenamiento en la nube de tal forma que se pueda administrar su uso por medio de roles de usuarios.

III. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describen las herramientas utilizadas para el desarrollo del análisis y diseño del sistema Web.

A. Enterprise Architect

Herramienta que ayuda en el análisis, diseño y modelado de sistemas de software, basada en UML. Dicha herramienta puede cubrir el desarrollo de sistemas desde los requerimientos, análisis, modelos de diseño, pruebas y mantenimiento. [3]

Se utilizó esta herramienta para crear los diagramas UML, que se muestran más adelante, para comprender más a fondo el funcionamiento del sistema, así como la identificación de los usuarios que tendrán acceso al sistema.

B. Adobe XD

Adobe Experience Design es una herramienta de diseño digital basada en vectores que ayuda en la creación de prototipos, maquetas y diseños complejos. Esta herramienta ayuda a comunicar la visión del diseño del sistema al equipo de trabajo y al cliente. [4]

Un prototipo es un ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa. [5]

Esta herramienta fue utilizada para el desarrollo de los prototipos del sistema web a desarrollar, dando una vista gráficamente de como estará diseñado el sistema.

C. Metodología

El modelo en cascada es un modelo lineal dirigido por un plan en donde cada fase no debe comenzar si no hasta que se termina la fase previa y cada una de sus fases se debe documentar. [6]

Su nombre se debe a que cada fase se dispersa en cascada sobre la siguiente, como se puede observar en la Fig. 1.

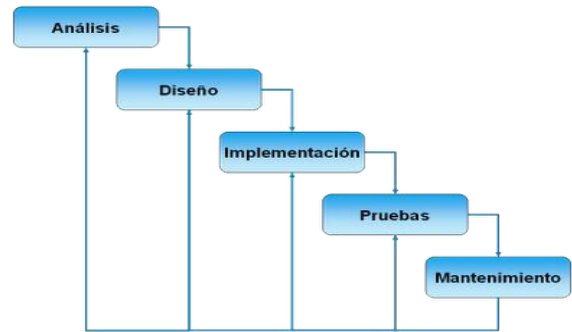


Fig. 1: Modelo en cascada (Somerville, 2011).

Scrum es un metodo ágil de gestión de proyectos que ofrece un marco de trabajo de referencia para la administración del proyecto. [7]

Se centra de un conjunto de sprints que son iteraciones o ciclos de desarrollo cortos en los que se diseña y desarrolla un incremento del sistema, estos sprints contienen historias de usuarios (requerimientos), ver Fig. 2. SCRUM puede usarse como base para gestión de proyectos ágiles, y puede trabajar en conjunto con otras metodologías. [8]

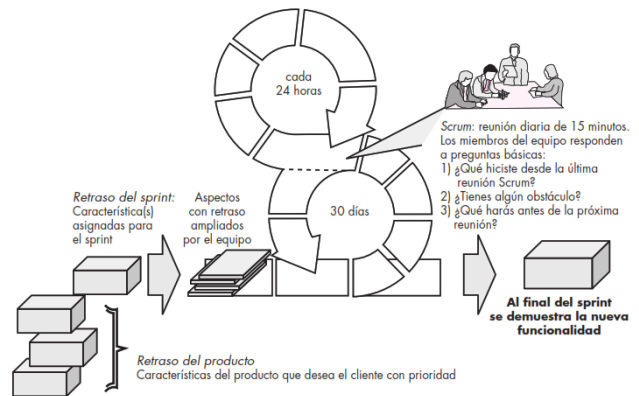


Fig. 2: Modelo Scrum (Pressman, 2010).

La gestión híbrida de proyectos consiste en tomar dos o más metodologías diferentes y combinarlas para crear un método completamente nuevo. [9]

Se toma la decisión de utilizar el modelo en cascada como metodología de desarrollo de software para la planificación y desarrollo del análisis y diseño del sistema Web, debido a que permite tener una idea general de todo el proyecto con la realización de prototipos en comparación de un metodo ágil, que, aunque se tenga oportunidades para reevaluar y ajustar los errores encontrados en la ejecución de los sprint, la planificación de estos no permite tener un nivel de detalle del sistema completo.

Por lo que se pretende usar el modelo en cascada para las fases de análisis y diseño del sistema y utilizar en la fase de implementación un metodo ágil como el modelo Scrum en donde se ordenará el Product Backlog con los sprint y las historias de usuario por medio de la recolección de requerimientos anteriormente realizada. En cuanto a los



prototipos realizados, se utilizarán como base en la ejecución de los sprints, con la finalidad de orientar y adaptarse en el diseño presentado.

La combinación de estos dos métodos permitirá realizar un análisis detallado de los requerimientos, la realización de un prototipo completo del sistema, así como de tener interacción con el cliente en la presentación de los prototipos y en cada fase final de los sprints para inspeccionar y sugerir adaptaciones al sistema.

#### IV. ANÁLISIS DEL PROYECTO

##### A. Tipo de investigación

La ingeniería de requerimientos comprende las actividades de obtención, análisis, especificación y validación de requisitos. Asimismo, establece una actividad de gestión de requerimientos para manejar los cambios, mantenimiento y rastreabilidad de los requerimientos. [10]

La Investigación de campo propositiva tiene como finalidad realizar un diagnóstico sobre un fenómeno estudiado. Su principal objetivo es proponer una o más soluciones para un determinado problema. [11]

El tipo de investigación usada para la recolección de requerimientos es una investigación de campo propositiva, este tipo de investigación ayudó en la realización del análisis sobre el proceso de avalúos y determinar los requerimientos del sistema que la empresa necesita. Para realizar dicha investigación se utilizaron técnicas para la recolección de requerimientos funcionales y no funcionales del sistema Web.

##### B. Técnicas empleadas para la recolección de requerimientos

Los requerimientos son descripciones de lo que el sistema debe hacer, el servicio que ofrece y las restricciones en su operación, estos requerimientos reflejan las necesidades del cliente por un sistema que atienda ciertos propósitos. [12]

Las técnicas empleadas para la obtención de requerimientos fueron entrevista, observación, estudio de documentación y desarrollo de prototipos, los cuales nos ayudaron a conseguir requerimientos funcionales y no funcionales de sistema Web que a continuación se mencionan.

- Entrevista cerrada y abierta: La entrevista cerrada es donde los participantes responden a un conjunto de preguntas preestablecidas. La entrevista abierta, es cuando no se tiene una agenda predefinida, se explora un rango de conflicto con los participantes del sistema y como resultado se obtiene una mejor comprensión de sus necesidades. [13] Se realizó una entrevista cerrada al personal de la empresa para poder iniciar con la recolección de requerimientos en base a su opinión. Por otra parte, se realizó una entrevista abierta en donde se asistió un día cualquiera para observar los problemas que surgen en alguno de los procesos que realizan.
- Observación: Consiste en visualizar un fenómeno y obtener todos los datos posibles para posteriormente poder analizarlos. [14] Dicho esto, se observaron todos los procesos que se realizan para el desarrollo de avalúos.

- Estudio de documentación: Consiste en estudiar varios tipos de documentación como manuales, reportes, trabajos de sistemas existentes o archivos que la empresa utiliza para realizar sus operaciones. En este caso se analizaron los formatos que utiliza la empresa, como lo son la solicitud de folio, el listado de documentación para cada avalúo, el formato del listado de bancos para el pago de comisiones, también, consultar artículos y repositorios de tesis que tengan relación con la investigación y el proyecto a desarrollar, con el fin de analizar los métodos empleados para mejorar o cambiarlos por otros.

- Desarrollo de prototipos: Consiste en versiones reducidas o conjuntos de pantallas del sistema solicitado. Se desarrollaron prototipos para que la empresa pueda visualizar los requerimientos obtenidos en las diferentes técnicas aplicadas y así poder determinar si el prototipo cumple con los requerimientos.

##### C. Documentos y actores que formaron parte de la investigación

La recolección y visualización de los siguientes documentos ayudaron para realizar el análisis de los datos que formaran parte de las entidades de la base de datos. Cabe mencionar que se siguieron procedimientos para la confidencialidad de dicha información.

- Solicitud de folios
- Listado de avalúos para desarrollar
- Formato del listado de avalúos para pago de comisiones
- Archivos de simplificados
- Listado de documentación

Los siguientes actores que intervinieron en la investigación, ayudaron a determinar los roles de usuarios y permisos que tendrán para el manejo del sistema web.

- Jefe de avalúos
- Administrativo
- Valuadores
- Capturistas

V. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA A DESARROLLAR

A. *El Modelo de procesos de negocio*

El lenguaje Unificado de Modelado, por sus siglas en inglés UML, fue creado para forjar un lenguaje de modelado visual común, semántica y sintácticamente bueno para la arquitectura, el diseño y la implementación de sistemas de software complejos, tanto en estructura como en comportamiento. [15]

En el desarrollo de los diagramas UML, se utilizó la herramienta Enterprise Architect. A continuación, se mostrará cada diagrama realizado y su descripción.

Se realizó el diagrama de modelo de proceso de negocio, ver Fig. 3, en donde se muestra el esquema general y los procedimientos que realiza la empresa, se puede apreciar cuatro carriles, los cuales dividen las áreas y el personal involucrado para la obtención de un avalúo certificado.

Dentro de la estructura organizacional y de las actividades habituales de la empresa, el sistema intervendrá en los procesos 3, 5, 7, 10, 11 y 15. A continuación, se explica brevemente en que consiste cada uno de los procesos y se especifica que se pretende realizar en los procesos que interviene el sistema:

1) *Solicitar una visita*: El cliente solicita una visita al inmueble para la inspección.

2) *Entregar documentación del inmueble*: El cliente debe entregar documentos del inmueble, del propietario y del solicitante para poder verificar la existencia del inmueble, así como corroborar si el crédito hipotecario del cliente se encuentra vigente

3) *Verificar documentación y generar simplificado*: En este proceso la gerencia se encarga de verificar la documentación, así como de revisar si el crédito hipotecario del cliente tiene vigencia, después de esto, se realiza el simplificado. El simplificado es la unión de todos los documentos en un solo archivo PDF.

4) *Coordinar la visita*: La gerencia de la empresa debe coordinarse con el cliente para realizar una visita al inmueble que requiere inspección.

5) *Generar solicitud de folio y solicitar un folio*: El administrador debe de crear un registro del avalúo, ingresando los datos solicitados en el formulario y generar la solicitud de folio. Después debe envía la solicitud a la empresa externa Centro Moderno de Valuación, CMV. El administrador también puede subir el simplificado al registro del avalúo correspondiente, si el simplificado está completo debe cambiar el estado del simplificado a completo. No puede cargar el simplificado en el sistema si no hay un registro del avalúo.

6) *Generar y enviar folio*: La empresa CMV genera el folio del sistema que manejan para la certificación de avalúos y envían el folio por medio de correo electrónico.

7) *Asignar la visita*: Después de recibir el folio, se asigna la visita al empleado valuador. El administrador debe ingresar el folio externo que recibió de CMV en el registro del avalúo correspondiente, así como cambiar el estado de la visita a asignada.

8) *Realizar la visita*: El empleado valuador asiste a la visita para inspeccionar el inmueble.

9) *Descargar fotografías y videos*: El empleado valuador debe entregar el dispositivo móvil donde almacenaron las fotografías de la visita realizada al administrador para cargarlas al sistema. Si las fotografías están completas, el administrador debe cambiar el estado de las fotografías a completo.

10) *Asignar captura*: Después de tener la documentación y las fotografías completas, el administrador debe asignar las capturas de avalúos a los empleados correspondientes.

11) *Capturar y enviar avalúo a CMV*: El empleado debe capturar los datos necesarios en la plataforma de certificación de avalúos, todos estos datos los obtiene del simplificado que se armó anteriormente. Después se envía a revisión a la empresa CMV por medio de la misma plataforma y confirmando desde un email. En este punto el empleado debe cambiar el estado de la captura a revisión para que el administrador pueda observar el estado en el que se encuentra el avalúo.

12) *Revisar avalúo y enviar visto bueno*: CMV revisará el avalúo, en caso de enviar correcciones, el empleado debe corregir los errores y volver a enviar a revisión. Si el avalúo no tiene errores y se considera aceptable, CMV enviará un PDF por email como señal de visto bueno.

13) *Verificar datos y enviar aprobación*: El empleado que tiene asignada la captura, debe verificar algunos datos para corroborar si no fueron alterados. El empleado debe enviar por email la aprobación del visto bueno para proseguir con la certificación.

14) *Certificar y enviar avalúo*: CMV certifica el avalúo y envía el PDF certificado por email.

15) *Concluye proceso del avalúo*: El empleado debe cambiar el estado de la captura como concluido.

16) *Enviar avalúo certificado al cliente*: La gerencia debe enviar el avalúo certificado al cliente por email.

17) *Recibe avalúo certificado*: El cliente recibe su avalúo.

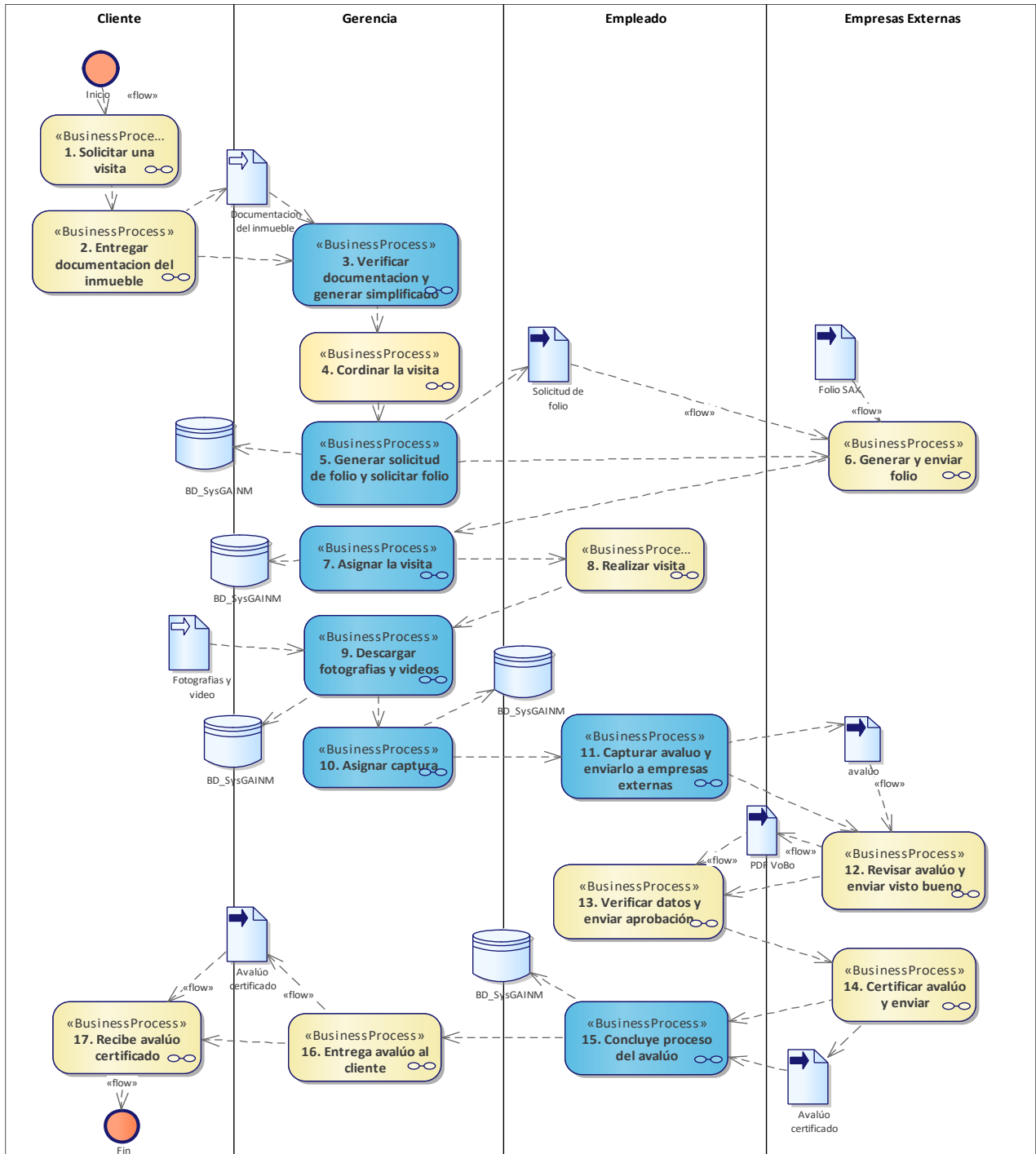


Fig. 3: Modelo de procesos de negocio

**B. Diagramas de casos de uso principales**

El personal que va a interactuar con el sistema son el administrador y empleado, donde dependiendo de su rol, tendrán acceso a distintos módulos y podrán realizar diversas acciones, esto con el objetivo de lograr administrar de forma correcta el sistema. Debido al límite de espacio que se tiene en el artículo y que se cuenta con varios diagramas de casos de uso, se muestran los diagramas de casos de uso principales del sistema Web.

Como se puede apreciar en la Fig. 4, en el diagrama de casos de uso del módulo avalúos solo el usuario administrador tiene permitido el acceso al módulo. Podrá crear, modificar, eliminar y consultar todos los avalúos, así como la generación del formato para la solicitud de folio.

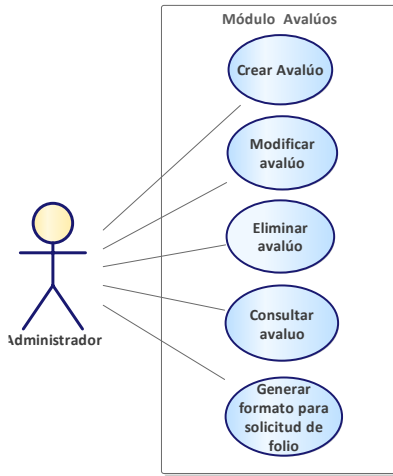


Fig. 4: Módulo avalúo.

Se observa en la Fig. 5, el diagrama de casos de uso del módulo asignación de visitas, en donde el empleado puede modificar y consultar las asignaciones de visita que tenga asignado su usuario.

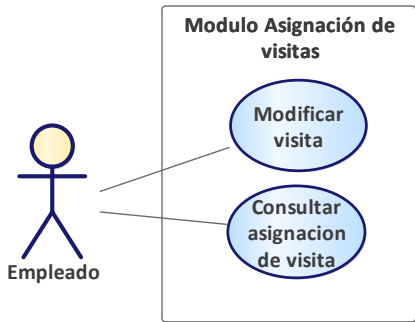


Fig. 5: Módulo asignación de visitas.

En la Fig. 6, se muestra el diagrama de caso de uso del módulo fotografías donde el usuario administrador puede cargar, modificar, eliminar, consultar y descargar las fotografías de todos los registros de avalúos. A diferencia del administrador, el empleado solo puede consultar y descargar las fotografías de los avalúos que tenga asignados a su usuario para capturar. Esto debido a la seguridad del manejo de la información que la empresa requiere implementar en el sistema.

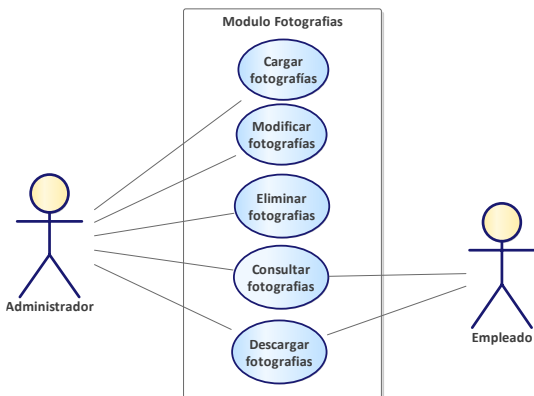


Fig. 6: Módulo fotografías.

En el siguiente diagrama de casos de uso del módulo simplificado, ver Fig. 7, el administrador puede cargar, modificar, eliminar, consultar y descargar el simplificado del inmueble. De igual forma como en el módulo de fotografías, el empleado solo puede consultar y descargar los simplificados de los avalúos que tenga asignados a su usuario para capturar.

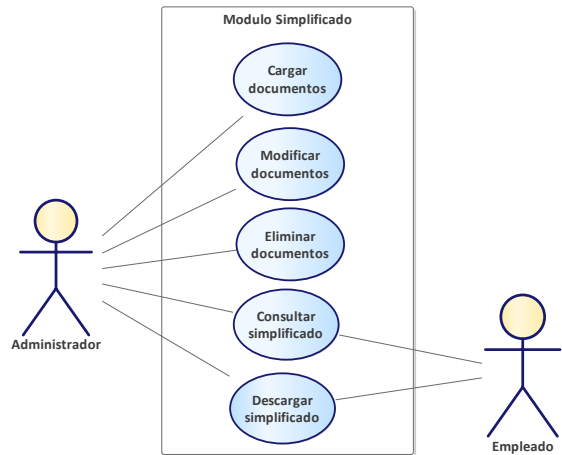


Fig. 7: Módulo simplificado.

Se observa en la Fig. 8, el diagrama de casos de uso del módulo asignar captura, en donde el administrador puede asignar los avalúos que tienen la documentación y las fotografías completas a los empleados correspondientes, así como modificar y consultar todas las asignaciones de captura.

En el caso del empleado, puede modificar ciertos datos de las asignaciones de captura y consultar las asignaciones, siempre y cuando se encuentren asignados a su usuario.

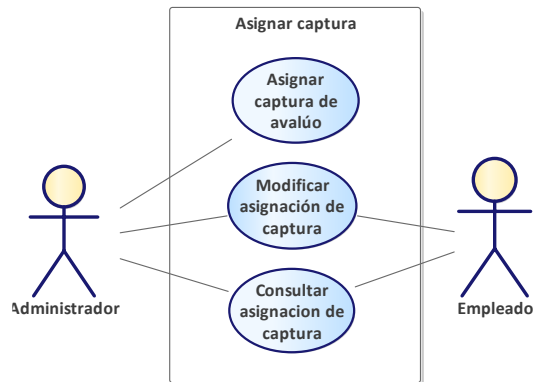


Fig. 8: Módulo asignar captura.

C. Diagrama de clases

Mediante el siguiente diagrama de clases, se muestra la estructura del sistema propuesto, identificando sus clases y métodos necesarios, ver Fig. 9.

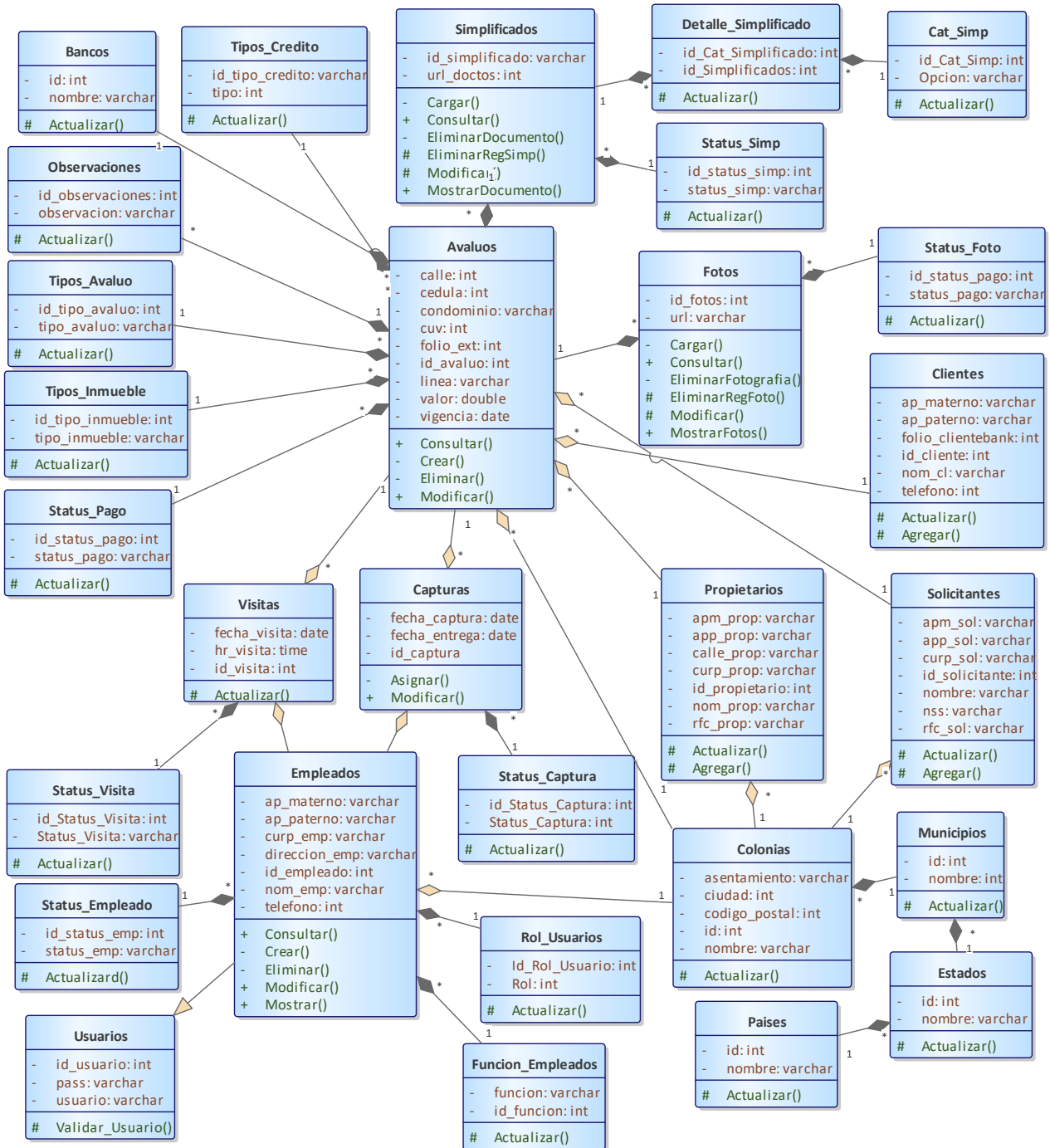


Fig. 9: Diagrama de clases.

D. Diagrama de despliegue

Como podemos observar en la Fig. 10, se presenta la propuesta de distribución de las partes internas que componen el sistema Web, mostrando la separación de los componentes de cada nodo y la comunicación que tendrán entre ellos.

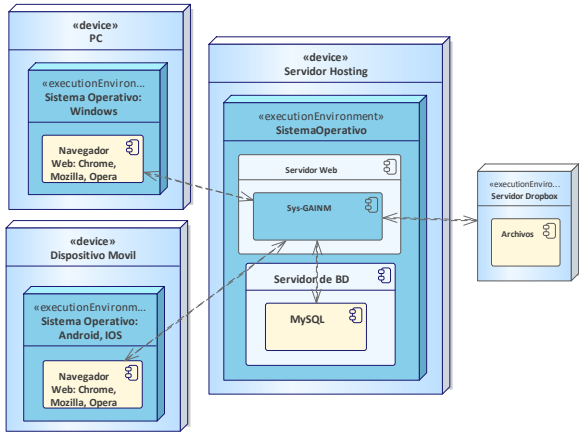


Fig. 10: Diagrama de despliegue

Descripción:

- PC: Computadora de escritorio donde se podrá acceder al sistema por medio de un navegador web como lo son Chrome, Mozilla y Opera.
- Dispositivo Móvil: Dispositivo portátil donde se podrá acceder al sistema por medio de un navegador web, al igual que en la PC, como lo es Chrome, Mozilla y Opera.
- Servidor de Hosting: En donde se alojará el contenido del sistema, el cual se divide en dos partes:
  - Servidor Web: Se encontrarán los componentes del sistema web, quien se encargará de administrar el acceso de este.
  - Servidor de BD: Donde se aloja el sistema gestor de base de datos MySQL, aquí se manipulará y administrará el acceso a los datos de la base de datos del sistema.
- Servidor de Dropbox: En donde se alojarán los archivos (imágenes y documentos) del inmueble.

E. Prototipos de vistas

Un prototipo es un modelo (representación, demostración o simulación) fácilmente ampliable y modificable de un sistema planificado. Un prototipo muestra información de ejemplo y permite cierta interacción con el usuario como la navegación entre vistas, las animaciones, entre otros. [16]

Como técnica de la investigación de campo propositiva, se diseñaron los prototipos de vista. Para su desarrollo se utilizó la herramienta Adobe XD, considerada una herramienta de diseño digital que está basada en vectores, fácil de utilizar, la cual ayuda a comunicar la visión del diseño del sistema al cliente.

Como uno de los requerimientos no funcionales del sistema a desarrollar es tener un sistema amigable y fácil de usar, se presentan los siguientes prototipos. Cabe mencionar que el cliente en la parte de análisis solicitó la paleta de colores que se utilizó en el desarrollo de los prototipos. Debido al límite de páginas en el artículo, se muestran solo los prototipos principales del sistema.

Para comenzar, en la Fig. 11 se muestra la vista de registro de avalúos del administrador, el usuario administrador podrá crear los registros de avalúos para poder gestionar sus procesos, así como poder generar la solicitud de folio, del lado izquierdo se puede observar el menú el cual consta de módulo de avalúos, fotografías, simplificado, catálogos, usuarios y reportes. Como se mencionó en los casos de uso, podrá modificar, eliminar, consultar y descargar.

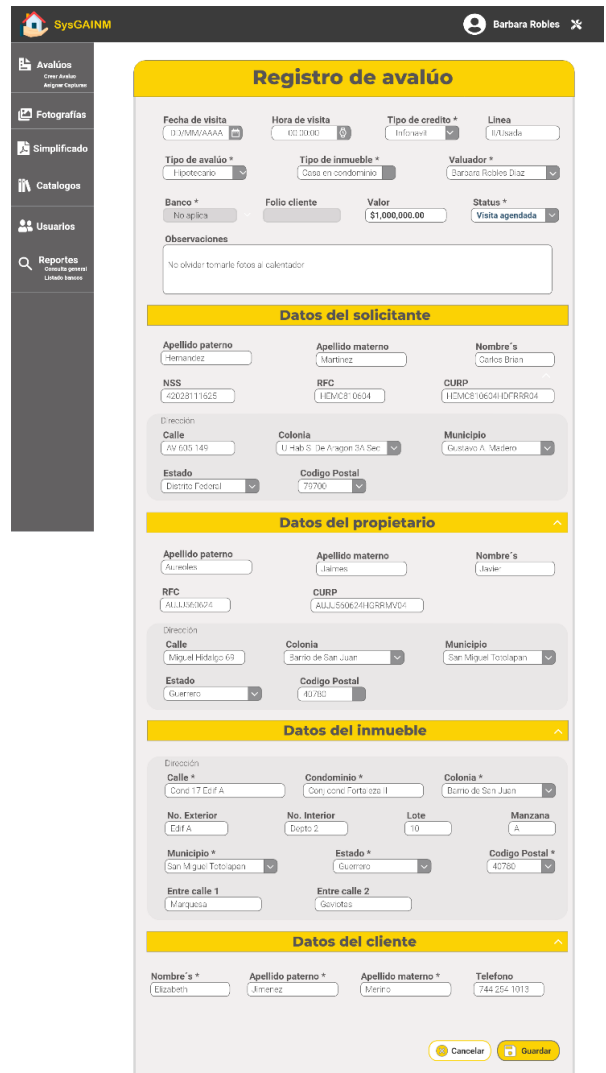


Fig. 11: Vista principal del sistema

Para el almacenamiento de las fotografías se contará con un módulo y formulario donde se podrán cargar las fotografías correspondientes de cada avalúo. Tanto las fotografías como los documentos se almacenarán en el servicio de alojamiento de archivos multiplataforma Dropbox, esto debido a que el cliente

solicitó que se almacenara la información en dicho servicio, ver Fig. 12. De igual forma, podrá modificar, eliminar y descargar las fotografías en diferentes vistas.



Fig. 12: Vista de carga de fotografías

En el manejo de la documentación, se contará con un módulo de simplificados en donde se podrán almacenar el simplificado, cabe mencionar que, por solicitud del cliente, la documentación también se almacena en Dropbox. Dispondrá de un formulario, en donde el usuario administrador tendrá que marcar las casillas de los documentos con los que cuenta el simplificado, esto con la finalidad de tener un registro de los documentos con los que cuenta el simplificado, ver Fig. 13. Podrá modificar, eliminar, descargar y consultar en diferentes vistas.



Fig. 13: Vista de carga de simplificado

Para cubrir el requerimiento de la asignación de captura de los avalúos, se contará con un submódulo llamado Asignación captura, dentro de este módulo se cuenta con una tabla de los avalúos que se encuentran en proceso de ser asignados o están asignados para capturar. Se contará con un formulario donde se podrá realizar la asignación del avalúo al empleado correspondiente, ver Fig. 14. También, podrá modificar la asignación, pero no eliminarla.

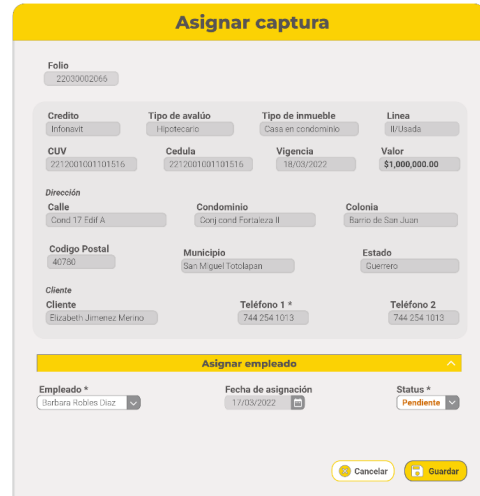


Fig. 14: Vista de asignación de capturas

A continuación, se mostrarán los prototipos de vistas principales del usuario empleado. La vista principal del empleado al iniciar sesión es el módulo asignaciones de visita, en donde se muestra las actividades de todos avalúos que tiene que visitar para realizar la inspección, ver Fig. 15. Este módulo contará con la opción de editar para cambiar el estado de la visita en cuanto termine esa actividad, así como la opción de visualizar la información de la visita para que el usuario empleado pueda verificar el día, hora, dirección y el contacto con el que realizará la visita.

Podemos observar que cuenta con un menu del lado izquierdo, el cual consta de módulo avalúos, fotografías, simplificado y configuración de su usuario. A diferencia del administrador, no tiene acceso a ciertos módulos, debido a la seguridad del manejo de la información.

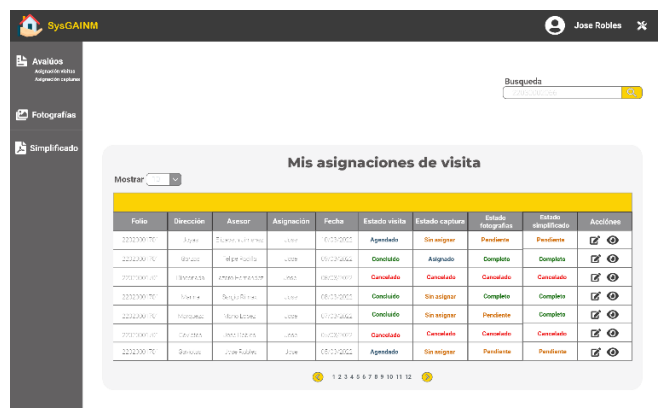


Fig. 15: Vista principal del usuario empleado



También contará con un módulo de asignaciones de captura, el cual al entrar muestra un listado de actividades de todos los avalúos que tiene asignados a su usuario para capturar, ver Fig. 16. Podrá modificar el estado de la captura y el valor final del inmueble cuando este se encuentre certificado, podrá consultar su información. Cada una de estas acciones lo envían a una nueva vista.



Fig. 16: Vista de modificar asignación de captura

El usuario empleado, contará con un módulo de fotografías, el cual mostrará el listado de las fotografías de los avalúos que tiene asignados para capturar y de los cuales puede descargar o visualizar las fotografías, al igual que el módulo de simplificado. Para poder cubrir el requerimiento de la seguridad en el manejo de la información, el empleado solo tiene acceso a las fotografías de los avalúos que tiene asignados, solo podrá ver y descargar las fotografías.

### VI. CONCLUSIÓN

Se describió el desarrollo de análisis y diseño para el sistema Web propuesto. Se realizó un estudio de campo de tipo propositiva, aplicando distintas técnicas que ayudaron para recolectar los requerimientos necesarios para el sistema.

Con el apoyo de la herramienta Enterprise Architect se crearon los diagramas UML que sirvieron para analizar y diseñar de qué manera se podría unificar todos los procesos de los avalúos en un solo sitio.

Con la recolección de los requerimientos y la herramienta Enterprise se logró diseñar un diagrama de clases con sus respectivas entidades y métodos, de tal forma que, al crear la base de datos, permita gestionar los datos almacenados.

En el diseño de los casos de uso se observó a fondo las interacciones que tendrán los usuarios con el sistema y se

determinó que tipo de roles de usuario se establecerán en cada uno, esto con el objetivo de controlar el acceso a la documentación y fotografías de los inmuebles.

En base al desarrollo de diagramas UML se crearon los prototipos de cada módulo utilizando la herramienta Adobe xD, los prototipos fueron diseñados con el fin de mostrar una interfaz gráfica amigable al cliente, el cual menciona que es de su agrado y se puede continuar con la siguiente fase de la metodología.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, al CONACYT y a los docentes mencionados en el artículo, por la oportunidad y el apoyo para desarrollar el trabajo interdisciplinario en la Maestría en Sistemas Computacionales.

### REFERENCIAS

- Castro, j. (2021). Corponet. Obtenido de: <https://blog.corponet.com/importancia-de-la-tecnologia-en-las-empresas-en-crecimiento>
- Salas Tafoya, J. (2014). La valuación inmobiliaria tradicional: un modelo para repensar. Paakat Revista de tecnología y sociedad, 6.
- Systems (2019). Enterprise Architect. Obtenido de: <https://sparxsystems.com/products/ea/>
- Adobe (2022). Adobe XD. Obtenido de <https://www.adobe.com/mx/products/xd.html>
- RAE (2021). Diccionario de la lengua española. Obtenido de: <https://dle.rae.es/prototipo>
- Sommerville, I. (2011). El Modelo en cascada. En Ingeniería de software (págs. 31-32). México: Pearson Educación
- Pressman, R. (2010). Scrum. En Ingeniería de software. (Pág. 70). México: Pearson Educación.
- Sommerville, I. (2011). Scrum. En Ingeniería de software (pág. 83). México: Pearson Educación.
- Boogaard (2021). ¿Qué es la gestión híbrida de proyectos?. Obtenido de: <https://www.wrike.com/es/blog/que-es-la-gestion-hibrida-de-proyectos/>
- Sommerville, I. (2011). Administración de un proyecto ágil. En Ingeniería de software (pág. 78). México: Pearson Educación.
- Masters, T. y. (2021). Tesis y Másters. Obtenido de Tesis y Másters: <https://tesisymasters.mx/investigacion-de-campo/>
- Sommerville, I. (2011). Ingeniería de requerimientos. En Ingeniería de software (pág. 84). México: Pearson Educación.
- Sommerville, I. (2011). Ingeniería de requerimientos. En Ingeniería de software (pág. 84). México: Pearson Educación.
- Masters, T. y. (2021). Tesis y Másters. Obtenido de Tesis y Másters: <https://tesisymasters.mx/investigacion-de-campo/>
- OMG (2017). Object Management Group. OMG Unified Modeling Language. (pags. 12-13). UML
- Walter, Maner.1997. Prototipado. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Obtenido de: <http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/maner/Prototipado.htm>

# Prototipo del sistema web “control de información de ingenierías”

Ing. Yesenia Valente Carrillo  
Maestría en Sistemas  
Computacionales  
Tecnológico Nacional de  
México/ IT Acapulco  
Acapulco de Juárez, México  
MM21320022@acapulco.tecnm.  
mx

M.T.I. Juan Miguel Hernández  
Bravo  
Maestría es Sistemas  
Computacionales  
Tecnológico Nacional de  
México/ IT Acapulco  
Acapulco de Juárez, México  
juan.hb@acapulco.tecnm.mx

M.T.I. Jorge Carranza Gómez  
Maestría es Sistemas  
Computacionales  
Tecnológico Nacional de  
México/ IT Acapulco  
Acapulco de Juárez, México  
jorge.cg@acapulco.tecnm.mx

Dr. José Antonio Montero  
Valverde  
Maestría es Sistemas  
Computacionales  
Tecnológico Nacional de  
México/ IT Acapulco  
Acapulco de Juárez, México  
jose.mv@acapulco.tecnm.mx

*Resumen--Este trabajo tiene como objetivo, proponer el diseño para el desarrollo de una aplicación web, la cual permitirá llevar el control y el seguimiento de la documentación a evaluar para el proceso de acreditación de los programas educativos de ingenierías del Instituto Tecnológico Nacional de México (TecNM) campus Acapulco mediante el marco de referencia 2018 del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. (CACEI), abarcando seis módulos: personal académico, estudiantes, valoración y mejora continua, plan de estudios, infraestructura y equipamiento, y soporte institucional. En el presente documento se exponen el diseño del prototipo del sistema y la interacción con los usuarios.*

**Palabras Clave—** Acreditación, CACEI, Ingenierías.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la educación superior en México ha tenido grandes transformaciones en el papel que representa como motor del desarrollo integral del ser humano; si bien esas transformaciones se presentaron a comienzos del siglo XX, dado que la importancia radica en generar valor de su función social, por los constantes cambios por los que pasa la sociedad están exigiendo mayor preparación en sus estudiantes de nivel superior, ya que este nivel es el encargado de formar individuos competentes, capaces de resolver los problemas que hay en la sociedad y para obtener esos resultados se necesitan que las instituciones educativas cuenten con buenos docentes e infraestructura, con la espera de que la educación superior tenga efecto directo en el desarrollo económico y social del país.

Es por ello por lo que las Instituciones de Educación Superior (IES) han puesto especial atención en el establecimiento de procedimientos de evaluación y certificación de las actividades sustantivas en concordancia con la calidad de la educación que se imparte, así como la importancia que representa el recurso humano como generador y guía de conocimientos para las nuevas generaciones (CACEI, 2022).

En este proceso de acreditación se necesitan de ayuda especializada en cuanto a recursos humanos como de organizaciones.

## II. ANTECEDENTES

La acreditación de un programa académico de nivel superior, es el reconocimiento público que una organización acreditadora otorga, en el sentido de que éste cumple con determinados criterios y parámetros de calidad requeridos para ofrecer una buena función social.

Los beneficios del plantel al contar con sus Programas Educativos acreditados, permiten a los estudiantes tengan la certidumbre de que lo que se aprende es pertinente y actualizado, a tener mayores conocimientos, por ende, ampliar las probabilidades de continuar con un posgrado, obtener becas, con lo cual se reduce el riesgo de abandonar la carrera, contribuir al desarrollo de la comunidad a través del servicio social y la participación en proyectos vinculados.

Los egresados se benefician formando parte del conglomerado de profesionistas mejor calificados, logran insertarse más rápidamente en el mercado laboral, amplía las probabilidades de desarrollar su propia empresa, garantizan que sus estudios sean reconocidos en el extranjero, contribuyen con sus aportaciones profesionales al desarrollo del país (CACEI, 2022).

A continuación, se mencionan una breve descripción de los organismos certificadores y la relación con las entidades educativas de nivel superior.

Dentro de las organizaciones nacionales que se encargan del proceso de acreditación se encuentra el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A.C.(COPAES) es encargado de brindar reconocimiento formal a las organizaciones que están aptas para realizar la acreditación de programas académicos.

Los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), son los encargados de realizar la evaluaciones diagnósticas y acreditación de las IES que lo soliciten.

El Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. (CACEI) es el primer organismo acreditador de programas de estudios de licenciatura en México y está reconocido por el

Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A. C., (Copaes). Es una asociación civil sin fines de lucro. Su objetivo primordial es, mediante la acreditación de los programas educativos en el área de las ingenierías, promover que las instituciones de educación superior (IES) ofrezcan educación de calidad a los estudiantes inscritos en programas de ingeniería. Algunos de los elementos que evalúan son el plan de estudios, docentes, alumnado, infraestructura escolar, equipamiento, planeación, gestión; bajo ciertos estándares de evaluación (CACEI, 2022).

El procedimiento de evaluación con fines de acreditación se realiza considerando tres etapas:

1. Autoevaluación: comprende desde que el programa educativo decide realizar su proceso de evaluación hasta la acreditación,
2. Evaluación Externa: abarca desde que se designa al Comité de Evaluación, hasta que se emite el dictamen definitivo
3. Seguimiento: tiene como propósito dar seguimiento a los compromisos de los programas educativos (PE) inicia con el plan de mejora hasta el reporte de cumplimiento de recomendaciones (CACEI, 2022). En la figura 1 se muestra el diagrama general del proceso de acreditación de CACEI.

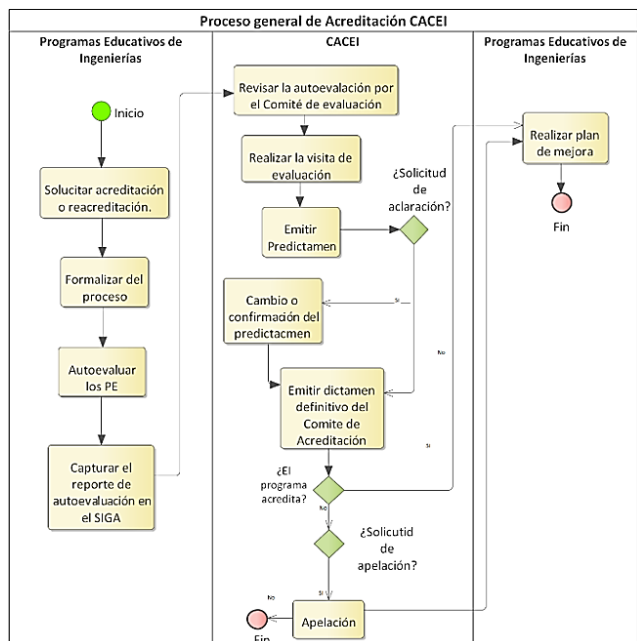


Fig. 1. Diagrama de modelo de negocio general del proceso de acreditación de CACEI.

En la etapa de autoevaluación del proceso de acreditación de CACEI, entra la participación de los IES destacado a nivel nacional el Tecnológico Nacional de México (TecNM) siendo una institución de educación superior tecnológica de vanguardia, con reconocimiento internacional por el destacado desempeño de sus egresados y por su capacidad innovadora en la generación y aplicación de conocimientos.

Los tecnológicos son instituciones públicas de educación superior, su papel es servir a la sociedad de acuerdo a las necesidades que ella tiene y que se detectan directamente a través de los organismos del Estado.

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, ubicado en el estado de Guerrero, ofrece siete carreras de las cuales 5 están acreditadas por diversos organismos acreditadores y un posgrado, cada oferta educativa del plantel tiene diversos procesos administrativos.

En la actualidad la institución, no lleva un control de la documentación de los programas educativos de ingenierías necesaria para la acreditación o reacreditación de sus carreras que busca garantizar la calidad requerida para ofrecer una buena función social. Esto provoca un atraso de la acreditación, ya que toda la documentación se entrega fuera de tiempo. En el diagrama de negocios podemos observar el proceso de autoevaluación en el instituto (Ver figura 2).

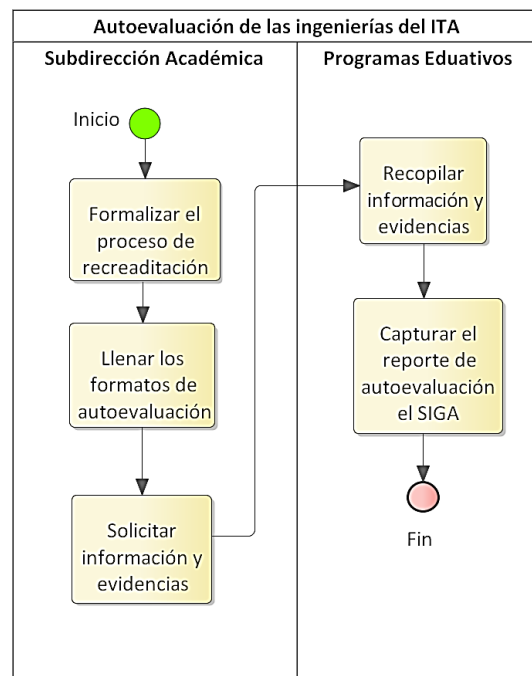


Fig. 2. Diagrama modelo de negocios general del proceso de autoevaluación del ITA.

El procedimiento de autoevaluación según CACEI, con el fin de la acreditación o reacreditación se realiza considerando las siguientes etapas:

1. Comienza el proceso de gestión para la autoevaluación de los PE.
2. Formalizar el proceso de reacreditación:
  - 2.1. Firmar el Convenio de Servicios profesionales.
  - 2.2. Pagar la cuota de acreditación.

2.3. Recibir de la clave para acceder a la plataforma de llenado de la autoevaluación, el Sistema Integral para Gestión de la Acreditación (SIGA).

3. Llenar los formatos de autoevaluación:

3.1. El programa educativo deberá analizar su información.

3.2. Presentar evidencias sobre treinta indicadores distribuidos en seis criterios.

4. Solicitar información y evidencias:

4.1 Para cada uno de los indicadores se indica su descripción, el estándar, preguntas de autoevaluación y evidencia requerida para sustentar su cumplimiento. Los seis criterios de análisis son:

- Personal docente,
- Estudiantes,
- Planes de estudios,
- Mejora continua,
- Infraestructura y equipamiento,
- Soporte institucional.

5 Recopilar información y evidencias para sustentar su cumplimiento de los criterios a evaluar de los programas educativos de ingenierías.

6 Capturar el reporte de autoevaluación el SIGA:

6.1 La institución registrará la autoevaluación en el sistema SIGA.

6.2 Entregar la evaluación al CACEI utilizando el SIGA.

7 Fin: Al subir el reporte de evaluación a la plataforma del SIGA, recibirá un correo electrónico de confirmación por parte de CACEI y procede la siguiente etapa de evaluación externa (CACEI, 2022).

Actualmente el instituto recopila toda la información necesaria de cada carrera, se hace de manera manual, se debe solicitar la información al personal docente - administrativo y organizarla, se realizan informes de los datos recopilados y en la búsqueda de dicha documentación se revela la situación de que los archivos están extraviados, esto provoca que la entrega de documentación pertinente al proceso de acreditación en el área de las ingenierías se demore.

#### IV. OBJETIVO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Por tal motivo se propone el diseño de un sistema web para el Instituto Tecnológico de Acapulco que permita llevar un control de la documentación necesaria y reducir el tiempo de las actividades de búsqueda - recolección de información para el programa de acreditación de carreras de ingenierías.

#### V. HERRAMIENTAS

Las herramientas a utilizar para este trabajo son las siguientes:

- Visual Studio Code

- Framework Django
- Lenguaje de programación Python
- Enterprise Architect
- Adobe XD Reader

#### VI. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del sistema, se utilizará la metodología Scrum la cuál es tendencia en la gestión de proyectos. Utilizando esta metodología para lograr la construcción de la aplicación web eficiente, que cumpla con los requerimientos planteados. El principal objetivo es aumentar la calidad del software que se va a producir en todas sus fases de desarrollo.

Algunas definiciones proporcionadas por autores reconocidos dicen lo siguiente:

• El método de Scrum es un método ágil que ofrece un marco de referencia para la administración del proyecto. Se centra alrededor de un conjunto de Sprints, que son periodos fijos cuando se desarrolla un incremento de sistema (Somerville, 2011).

• Scrum proviene de un juego que tiene lugar durante un partido de rugby, es un método de desarrollo ágil el cual es congruente con el manifiesto ágil, algunas de sus actividades son: requerimientos, análisis, diseño, evaluación y entrega (Pressman, 2010).

En la figura 3 se representa un diagrama del proceso de administración de Scrum (Agile Experience, 2022). Donde en la planeación del bosquejo, se establecen los objetivos generales del proyecto y el diseño de la arquitectura de software, le sigue una serie de ciclos sprint, un sprint de Scrum es una unidad de planeación en la que se valora el trabajo que se va a realizar, se seleccionan las particularidades por desarrollar y se implementa el software, donde cada ciclo desarrolla un incremento del sistema. Finalmente, la fase de cierre del proyecto concluye el proyecto, completa la documentación requerida, como los marcos de ayuda del sistema y los manuales del usuario, y valora las lecciones aprendidas en el proyecto (Somerville, 2011).

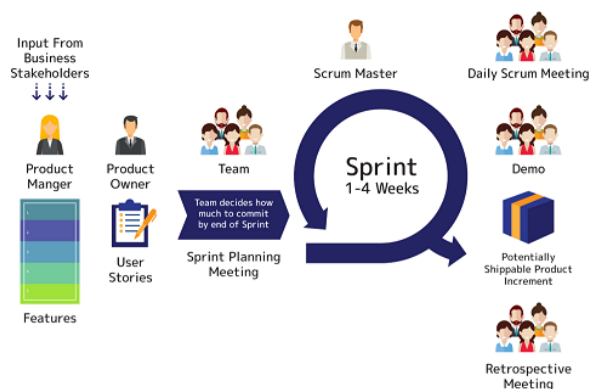


Fig. 3. El proceso de Scrum. Tomado de (Agile Experience, 2022)

VII. DIAGRAMAS DE CASO DE USO

Mediante los diagramas de caso de uso se representaron los requerimientos funcionales con la finalidad de identificar las acciones y actores principales.

La descripción de los actores es la siguiente:

- **Coordinador de PE:** El coordinador del PE tiene un rol importante en el instituto. Son los responsables con todo el proceso educativo de los estudiantes, desde el ingreso, hasta el egreso y la titulación correspondiente a la carrera.
- **Docentes:** Es un profesionalista especializado en algún área de la materia, que transmite y comparte ese conocimiento a su alumnado. El actor corresponde a los docentes del ITA.

Descripción de cada caso de uso:

- **Menú Coordinador PE:** las acciones que realizara el coordinador del PE serán consultar información acerca de los docentes que pertenecen al programa, consulta y eliminar documentos que los profesores hayan subido a la aplicación web (ver figura 4 y 5).
- **Menú Docente:** las acciones de los docentes serán subir, consultar y eliminar sus documentos; y tendrán que rellenar un formulario "Cedula 0". (ver figura 6 y 7)

En los siguientes diagramas podremos observar los casos de uso de nuestro sistema propuesto.

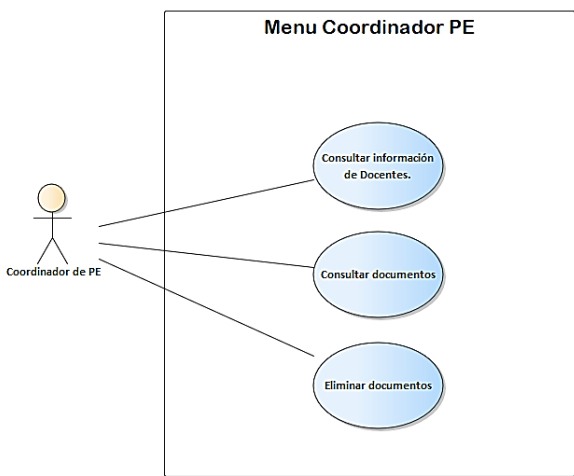


Fig. 4. Diagrama modelo de casos de uso del usuario Coordinador de PE.

Casos de Uso	Descripción
Consultar documentos	El usuario podrá consultar documentos. 1. Acceder a la página web. 2. Click en el módulo de Documentos. 3. Visualizar todos los documentos.
Consultar información de Docentes.	El usuario podrá eliminar información de Docentes. 1. Acceder a la página web. 2. Click en el módulo de Usuarios. 3. Visualizar todos los usuarios.
Eliminar documentos	El usuario podrá eliminar documentos. 1. Acceder a la página web. 2. Click en el módulo de Documentos. 3. Click en eliminar.

Fig. 5. Acciones del usuario Docente.

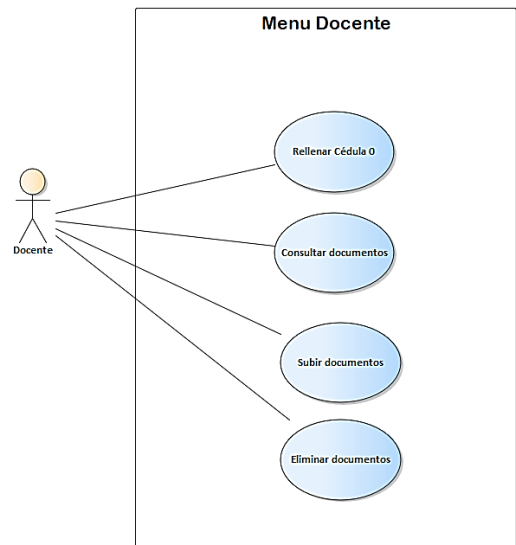


Fig. 6. Diagrama modelo de casos de uso del usuario Docente.

Casos de Uso	Descripción
Rellenar Cédula 0	El usuario debe dar de alta de sus datos personales y profesionales. Formulario Cedula 0. 1. Accede al sistema web. 2. Click en el módulo del indicador 1.1. 3. Click en cedula 0 4. Registrar datos. 5. Click en guardar.
Consultar documentos	El usuario podrá consultar documentos. 1. Acceder a la página web. 2. Click en el módulo de Documentos. 3. Visualizar todos los documentos.
Subir documentos	El usuario debe dar de alta de sus documentos. 1. Acceder a la página web. 2. Click en Evidencias. 3. Agregar documentos. 4. Click en guardar.
Eliminar documentos	El usuario podrá eliminar sus documentos. 1. Acceder a la página web. 2. Click en Evidencias. 3. Click icono de eliminar.

Fig. 7. Acciones de usuario Docente.

VIII. DIAGRAMA ENTIDAD ASOCIACIÓN

En el diagrama Entidad-Asociación se representa de manera general las diferentes entidades y relaciones (Figura 8) correspondiente a la base de datos, en la que se guardará la información que registre en cada módulo de la aplicación web.

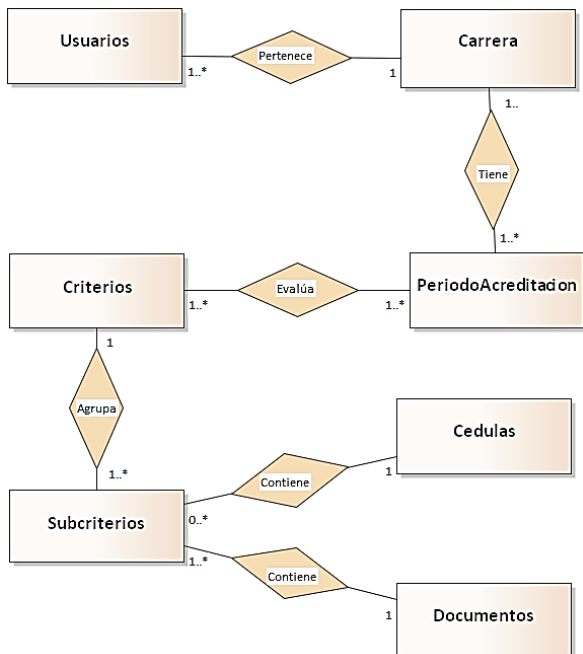


Fig. 8. Diagrama general de Entidad - Asociación.

IX. PROTIPOS DE DISEÑO

El diseño de la interfaz de usuario es importante porque se plasman los requerimientos del cliente y facilitará la programación ya que se entiende lo que se va a crear. A continuación, se proponen las vistas principales que tendrá el sistema:

9.1 Interfaz de acceso al sistema.

Mediante esta plantilla se pretende controlar el acceso de los usuarios al sistema y limitando las interacciones con el sistema según el rol que desempeñen dentro de la aplicación web.



Fig. 9. Interfaz de acceso al sistema.

9.2 Menú principal del coordinador del PE

Mediante este menú se muestran las opciones que visualizará el listado de criterios que pide CACEI autoevaluar.



Fig. 10. Interfaz del Coordinador del PE.

9.3 Modulo Personal académico

Es el primer módulo del menú del coordinador del PE. En la parte lateral de la pantalla se dispondrá un submenú con los subcriterios del indicador Personal académico, el formulario



Cedula 1.1.1 donde registrará información de la planta académica, también se visualizará un listado de docentes que participan en el programa educativo, además tendrá botones para búsqueda de los mismos y una sección de documentos.

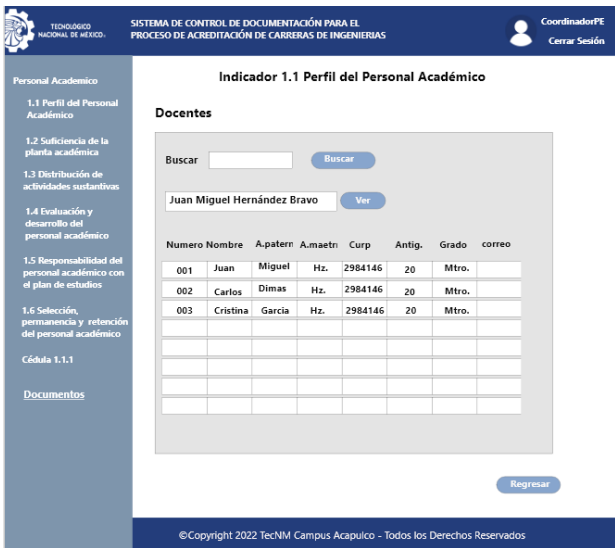


Fig. 11. Interfaz del primer módulo del Coordinador del PE

9.4 Modulo Personal académico-Documentos

En esta pantalla el usuario podrá consultar, buscar y eliminar los documentos que los docentes subirán a la aplicación web.



Fig. 12. Interfaz para visualizar evidencias del Coordinador del PE

9.5 Menú evidencias del indicador

Para los demás subcriterios del primer criterio y los demás indicadores se presentará una plantilla similar a que se muestra ver figura 13) en la cual mostrará los requisitos con la opción de subir las evidencias.

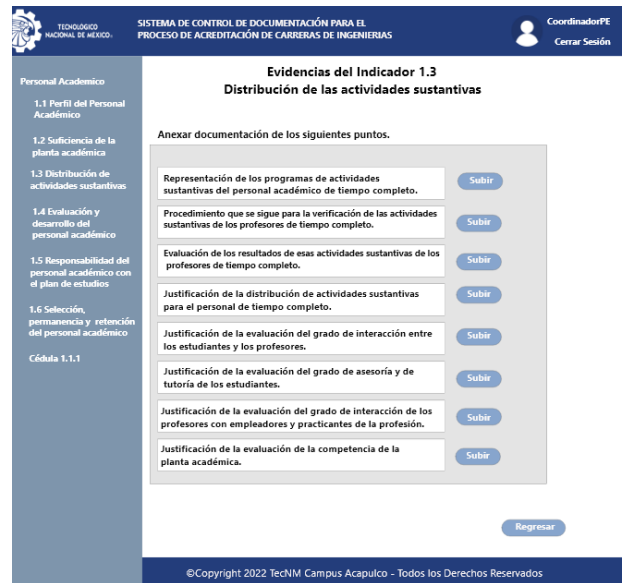


Fig. 13. Interfaz del indicador 1.3-anexa archivos.

9.6 Modulo Menú evidencias del indicador 1.3

En la pantalla mostrada en la Figura 14 el usuario anexa las evidencias que se le solicitan, una vez guardados podrá visualizarlos y en dado caso de que el archivo no sea el correcto podrá eliminarlo.

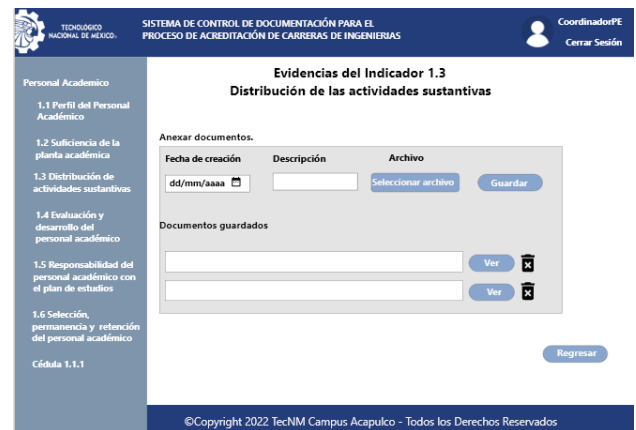


Fig. 14. Interfaz del indicador 1.3 del Coordinador del PE.

9.7 Menú principal del docente

Una vez que el usuario docente se haya autenticado la pantalla mostrada en la Figura 15 esta será la pantalla inicial en la aplicación. Tendrá las opciones de subir sus evidencias y debe rellenar el formulario Cedula 0.



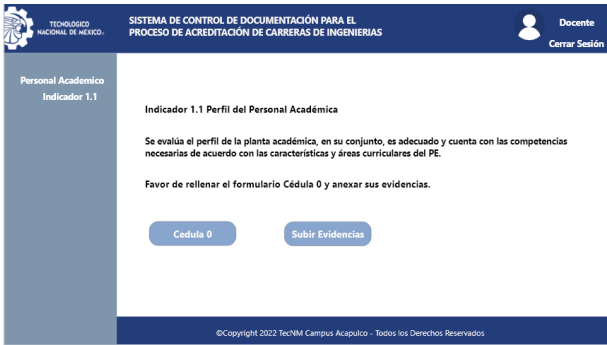


Fig. 15. Interfaz del Docente.

9.8 Menú principal del docente – Cédula 0

Cada usuario docente deberá registrar los pertinentes a sus características académicas y profesionales(figura 16).

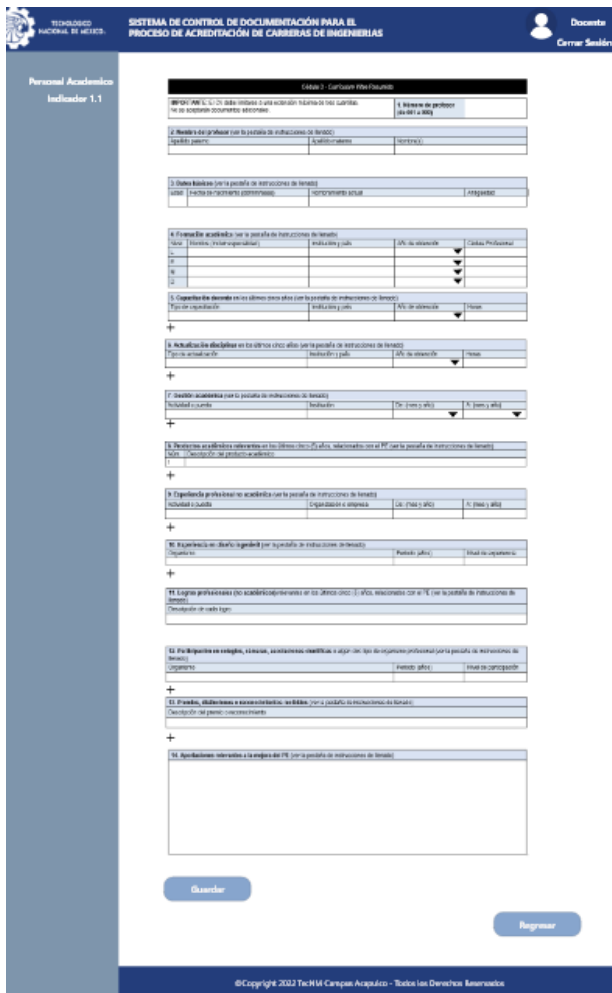


Fig. 16. Interfaz del formulario Cédula 0 del docente.

X. CONCLUSIONES

En el presente artículo se presentó solo una parte del modelado ya que la aplicación web para el control del proceso de acreditación de ingenierías cuenta con más módulos similares a los presentados, con diagramas de modelos de negocio y diseño, los cuales serán las bases que permitirán el desarrollo del sistema.

El programa se encuentra en fase de desarrollo y aún faltan por desarrollar los demás módulos, se pueden modificar, pero la idea base para el programa es la que se muestra en el modelado.

REFERENCES

- [1] Agile Experience, Obtenido de Scrum in LAND: <https://agile-experience.com/scrum-in-land/>, 2022.
- [2] CACEI, Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, Obtenido de Marco de Referencia 2018: <http://cacei.org.mx/nvfs/nvfs02/nvfs0210.php#>, 2022<sup>a</sup>.
- [3] CACEI, Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, Obtenido de ¿QUIENES SOMOS?: <http://cacei.org.mx/nvfs/nvfs01/nvfs0101.php>, 2022b.
- [4] CACEI, Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, Obtenido de Esquema general del proceso de acreditación del CACEI: descripción: <http://cacei.org.mx/nvfs/nvfs02/nvfs0203.php>, 2022c.
- [5] Pressman, R. S., Ingeniería del software. Un enfoque práctico. Mc Graw Hill, 2010.
- [6] Sommerville, I., Ingeniería de Software novena edición. México: Person Education, 2011.

# Desarrollo del sistema de información web del programa federal “tú decides: opciones para educación superior (rol administrador)”

Ing. Jesús Gómez Urbano  
Estudiante de la Maestría en  
Sistemas Computacionales en  
un Programa PNPC  
*Tecnológico Nacional de  
México/ IT de Acapulco*  
Acapulco, Guerrero, México.  
MM21320009@acapulco.tecn  
m.mx

M.T.I. Jorge Carranza Gómez  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales en  
un Programa PNPC  
*Tecnológico Nacional de  
México/ IT de Acapulco*  
Acapulco, Guerrero, México.  
Jorge.cg@acapulco.Tecnm.mx

Luis Ramos Baños  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales en  
un Programa PNPC  
*Tecnológico Nacional de  
México/ IT de Acapulco*  
Acapulco, Guerrero, México.  
luis.rb@acapulco.tecnm.mx

Rafael Hernández Reyna  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales en  
un Programa PNPC  
*Tecnológico Nacional de  
México/ IT de Acapulco*  
Acapulco, Guerrero, México.  
rafael.hr@acapulco.tecnm.mx

*Resumen— En este presente artículo, se plasma el trabajo interdisciplinario de la Maestría en Sistemas Computacionales con apoyo del CONACYT, impartida en el Instituto Tecnológico de Acapulco. Este escrito presenta el desarrollo analítico o maquetación de un sistema web (rol administrador), que en términos generales tiene como iniciativa tratar de mitigar la deserción escolar a nivel superior, mediante la Secretaría de Educación Pública (SEP) y a través del programa federal “Registro Nacional de Opciones para Educación Superior (RENOES)”. El cual busca vincular a los aspirantes que por diversas circunstancias no fueron aceptados en alguna institución de mayor demanda del país, tengan la posibilidad de continuar con su educación superior en algún otro plantel educativo. En cuanto al módulo administrativo a desarrollar las principales funciones son: publicación de convocatorias estudiantiles, actualización general de los datos de la institución, la aceptación o declinación de algún candidato estudiantil, etc.*

**Palabras clave – Deserción escolar, Sistema web, React, PHP.**

## I. INTRODUCCIÓN

El problema de la deserción escolar en México es relativamente alto, que de acuerdo con Herlinda Suárez una académica del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM indicó que los resultados de la Encuesta Nacional de la Juventud 2010 muestran que 76 por ciento de los jóvenes de 12 a 29 años les gustaría llegar a estudiar una licenciatura, sin embargo, sólo 23 por ciento de los jóvenes entre los 18 y 29 años tienen estudios en ese nivel. (Gracia Hernández, 2015) [1].

Algunas de las principales causas que influyen en este aspecto son: falta de recursos económicos, problemas personales, problemas de aprendizaje familiares, etc.

Otros factores que intervienen en la problemática planteada repercuten por parte de las autoridades mexicanas, desafortunadamente la matrícula universitaria en escuelas públicas es insuficiente y el costo de una universidad privada puede llegar a ser excesivamente costoso si no se cuenta con un

apoyo de algún tipo de beca monetaria, motivo por el cual varios jóvenes desisten de continuar con sus estudios.

La actual pandemia del COVID-19 provocada por el virus SARS-CoV-2. (Coronavirus) fue otro elemento que aumento la deserción escolar en niveles nunca vistos y provoco una crisis sin precedentes en la educación en México y en el resto del mundo. Esta emergencia sanitaria dio lugar al cierre masivo de todas las instituciones educativas, esto con el fin de evitar la propagación del virus y mitigar su impacto

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) presento en el 2020 los resultados de la Encuesta para la Medición del Impacto negativo COVID-19 en la Educación (ECOVID-ED). (“Identifican deficiencias en educación online”) De acuerdo con cifras del INEGI para el ciclo escolar 2019-2020 se inscribieron 33.6 millones de personas (representando el 62.0% de la población de 3 a 29 años). De esta población por motivos asociados a la COVID-19 no concluyeron 740 mil estudiantes, representando el 2.2 % de la población. Para el ciclo escolar 2020-2021 se inscribieron 32.9 millones de estudiantes (60.6% de la población de 3 a 29 años), pero por motivos relacionados a la pandemia 5.2 millones de estudiantes (9.6% del total de 3 a 9 años) no se inscribieron al presente ciclo escolar [2].

Entre los puntos negativos que tiene el incremento del abandono escolar, termina repercutiendo a la sociedad en general, por ejemplo: el aumento de personas que dependan monetariamente de la beneficencia y asistencia pública, lo que a su vez genera una menor contribución económica del país y con ello se conlleva al aumento de la vulnerabilidad social (desempleo y delincuencia). [3]

Actualmente una de las propuestas del gobierno federal para tratar de disminuir las cifras de abandono escolar que se vive en el país por medio de la Secretaría de Educación Pública (SEP), a través de la Subsecretaría de Educación Superior, lanzan en conjunto el programa denominado “Registro Nacional de Opciones para Educación Superior (RENOES)”. Este programa podrá ser consultado por medio de un portal electrónico web, su

propósito consiste vincular a los aspirantes que participaron en el concurso de selección de alguna de las Instituciones de Educación Superior Públicas de mayor demanda y que por diferentes motivos no fueron aceptados, para que con ello puedan continuar sus estudios académicos en alguna otra institución como su segunda opción a través de la orientación vocacional, laboral y de difusión de becas.

## II. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema web para la Secretaría de Educación Pública (SEP) referente al programa federal RENOES en el rol administrativo, que permita un control general de la institución, planteles y/o carreras que se ofrecen, así como la publicación de convocatorias estudiantiles, la aceptación o declinación de los aspirantes que solicitan ingreso a la institución educativa.

## III. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describen las principales herramientas que fueron utilizadas para la maquetación del software a desarrollar, los diagramas utilizados, así como los lenguajes de programación que se tienen contemplados a utilizar.

### A. Enterprise Architect

Es una herramienta *CASE* para el diseño y modelado de sistemas de software, con esta herramienta se puede cubrir todo el ciclo de vida de un proyecto. Se encuentra basada bajo el estándar del lenguaje de modelado unificado (*UML*) en su versión 2.5. Permite la realización de ingeniería inversa y/o ingeniería directa, soportando diferentes lenguajes de programación (*C#, Java, C++, SQL*) [4]. Con el uso de este software, se diseñaron los diferentes diagramas que se mencionan a continuación.

### B. Modelado de procesos de negocios

El modelado de proceso de negocios o mejor conocido por sus siglas en inglés *BPMN (Business Process Model and Notation)* se utiliza para la representación gráfica de los diferentes flujos de trabajo y sus relaciones entre estos que son realizados dentro de una organización o para el funcionamiento de un sistema [5].

### C. Diagrama de clases

Son uno de los diagramas más utilizados por los desarrolladores de software ya que están orientados a como se estructuran jerárquicamente las diversas clases en la programación orientada a objetos. En estos diagramas se definen las clases que compondrá el sistema, la relación entre ellas, los atributos que contendrán, así como los eventos que se utilizarán.

### D. Diagrama de casos de uso

Son una representación gráfica de los diferentes roles dentro de un sistema y como estos últimos interactúan con el sistema en sí.

### E. Diagramas de entidad relación

Estos diagramas facilitan el diseño y entendimiento de bases de datos complejas, se permiten dar una representación gráfica de todas las entidades que incorpora un sistema y como las entidades se relaciona con otras entidades.

### F. MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos relacionales “SGBD”, basado en *SQL*. Esta herramienta a ser de código abierto y con la capacidad de soportar diferentes conectividades para los principales lenguajes de programación de mayor renombre resulta de gran utilidad para la creación de la base de datos simples y/o complejas. Son una de las principales razones que se utilizara este SGBD para guardar la información referente al sistema web a desarrollar.

### G. PHP

Es un lenguaje de programación de código abierto, que se ejecuta del lado del servidor (*Backend*), es decir se aplica toda la programación en el servidor web que contiene la información que alimenta al sistema web. Este lenguaje permite la conectividad con *MySQL* por medio de scripts.

Se utilizará esta herramienta con el uso de una interfaz de programación de aplicación (*API*), a través de peticiones devolviendo información en formato *JSON*.

### H. JavaScript

Es un lenguaje de programación que se ejecuta del lado del cliente (*Frontend*), su propósito es proveer de una mayor interactividad entre el usuario y una página web, al ejecutarse del lado del navegador no es necesario el uso de algún compilador, si no es el mismo navegador el cual lee directamente el código sin necesidad de terceros. Para el desarrollo de la página web propuesta, se utilizará este lenguaje que estará del lado del cliente y con la incorporación del *framework React*, el cual realizarán peticiones al servidor por medio de *PHP*.

### I. React

*React* (también llamado *React.js* o *ReactJS*) es una *framework* de *Javascript* de código abierto Su objetivo es ser sencillo, declarativo y fácil de combinar. Es mantenido por Facebook y la comunidad de software libre. Se estima que en este proyecto existan más de mil desarrolladores libres. Actualmente este *framework* se encuentra dentro de las páginas principales de *Imgur, Bleacher Informe, Feedly, Airbnb, SeatGeek, Uber*, entre otras.

## IV. DISEÑO DEL SISTEMA WEB PROPUESTO

En esta sección, se visualizan los diferentes diagramas que se maquetaron con la ayuda de la herramienta del software de modelado *UML Enterprise Architect*.

**Modelado de procesos negocios:** Para el diagrama del modelado de proceso de negocios *BPMN*, se tiene una estructura de dos secciones principales: la primera hace énfasis al Administrador general comúnmente llamado

Superadministrador y la segunda sección al Administrador para cada institución educativa.

En la primera sección (Véase Fig. 1) se ilustra la forma en la que el Superadministrador puede subir usuarios al sistema esta tarea se realiza a través de un archivo con formato “.CSV” (valores separados por comas), el cual dicho documento es subido al sistema para su lectura, una vez cargado se lee fila por fila; si cada registro cumple con el formato correcto, la información se sube al sistema, de lo contrario se ignoran los registros corruptos y al finalizar se envía un correo electrónico que contendrá información de las credenciales de acceso de cada usuario que fue dado de alta en el sistema.

Continuando con las opciones que dispone el superadministrador, existe la posibilidad de editar y/o bloquear el a los usuarios previamente dados de alta.

Por último, este rol de usuario puede visualizar varios reportes de su interés, pudiendo ser representados en formato de tabla o en formato de gráficas, por mencionar algunos: histogramas, grafica de barras, grafica de pastel, etc.

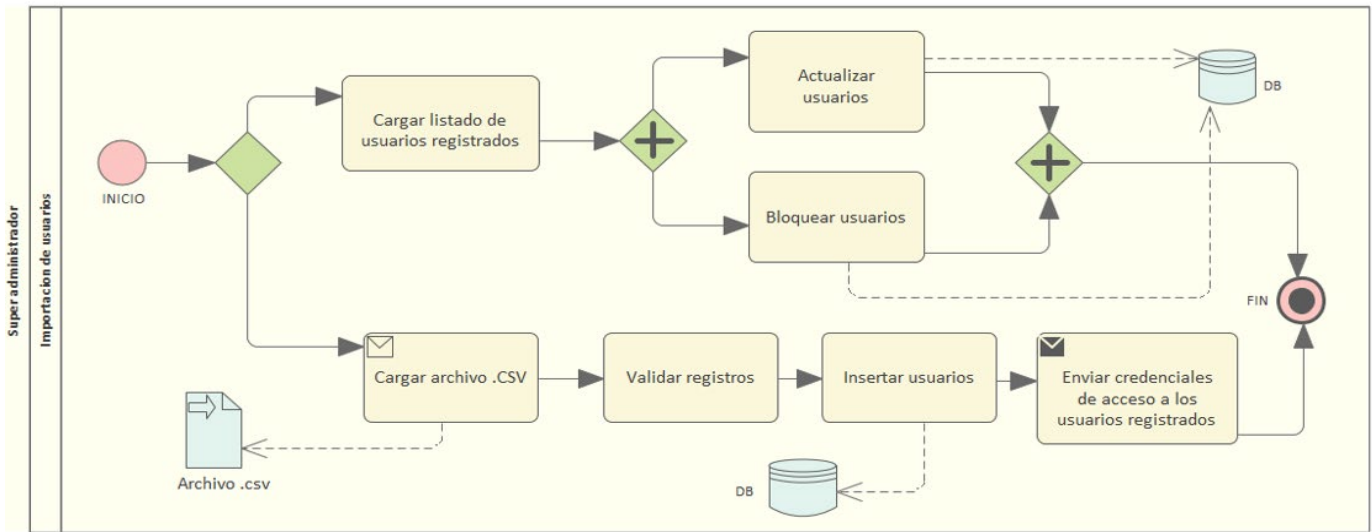


Figura 1: Modelado de negocios para el rol Superadministrador.

En la segunda sección del diagrama (Véase Fig. 2) se visualizan las tareas que realiza el administrador de cada institución educativa, se dividen en las siguientes secciones

**Institución:** Permite revisar y/o complementar datos básicos de la institución, con la posibilidad de actualizar el logo de la escuela.

**Planteles:** A partir de un plantel elegido, se permite revisar/completar datos de este. Además, se despliegan sus programas educativos registrados

**Carreras:** Listado simple completo de carreras de cada plantel, con la opción de poder editar datos de estos.

**Proceso de convocatoria:** En este módulo se permite subir convocatorias estudiantiles para inscripción, se contempla que estas convocatorias sean por institución general, por plantel educativo, o especificando una o más carreras.

**Aspirantes:** Listado de Aspirantes que han solicitado registro en la institución educativa, la finalidad de este módulo es dar el seguimiento correspondiente a cada candidato estudiantil.

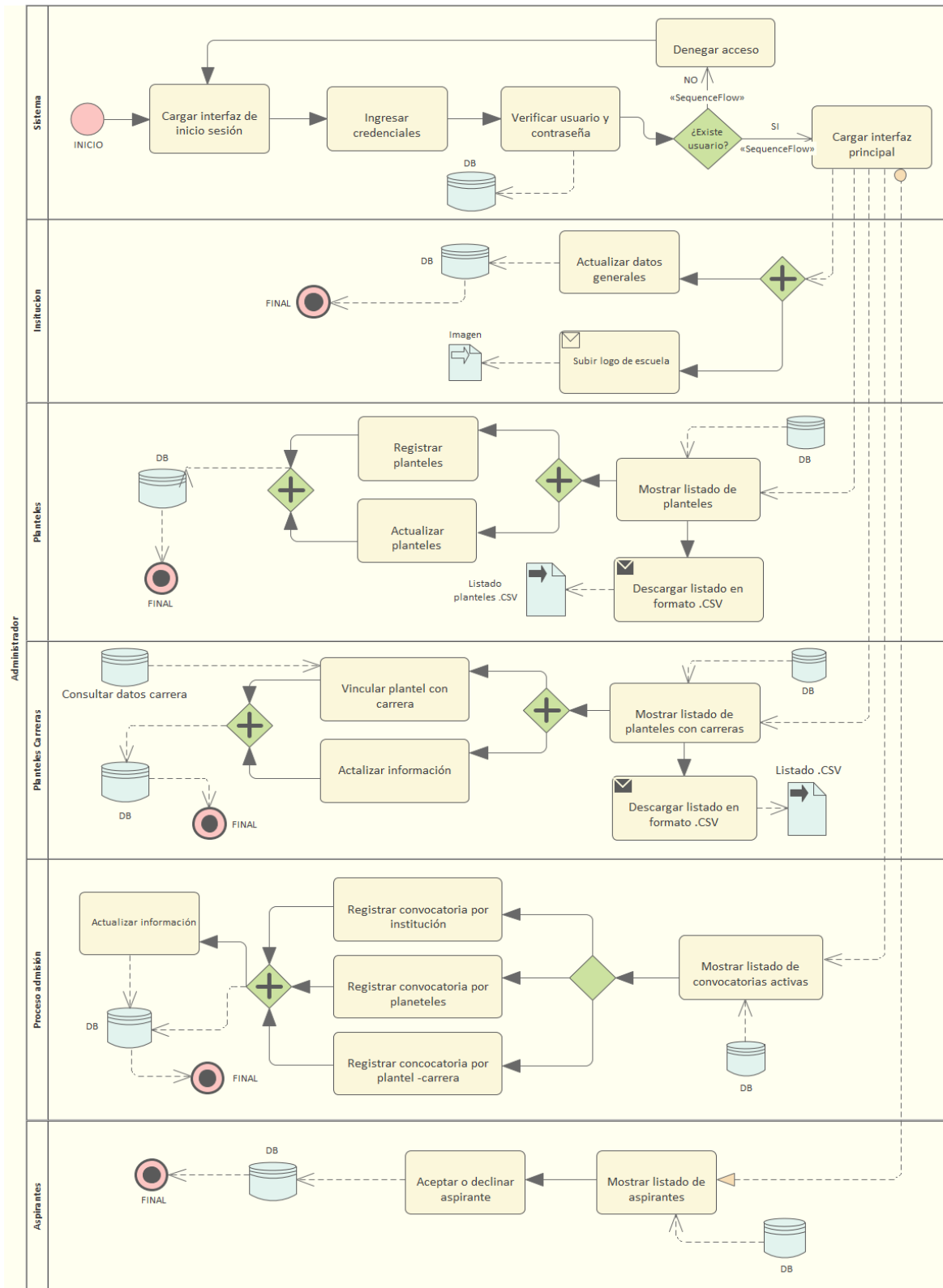


Figura 2: Modelado de negocios para el rol Superadministrador.

**Diagrama de clases:** Continuando con la maquetación, se presenta el diagrama de clases (Véase Fig. 3), en él se representa las principales clases importantes del software a desarrollar, incluyendo los atributos, procedimientos, eventos que contendrán. Este diagrama se representa con el lenguaje que se ejecutara del lado del servidor, es decir *PHP*.

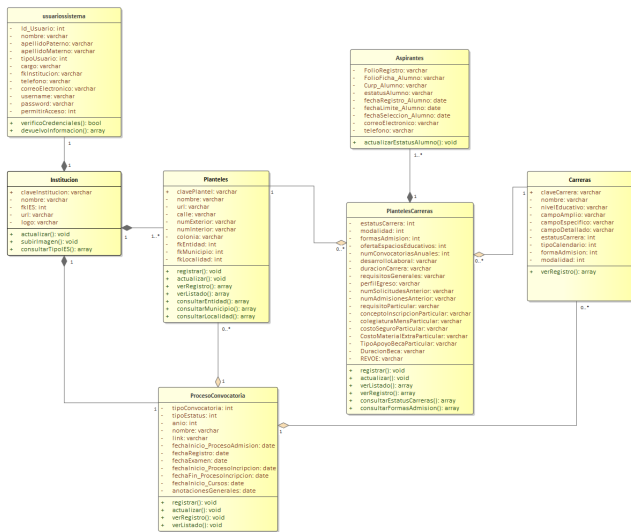


Figura 3: Diagrama de clases.

**Diagrama de casos de uso:** En estos diagramas observamos los casos de uso relacionados con las diferentes tareas que se ejecutan entre el sistema y los principales actores involucrados: superadministrador, administrador institucional y el sistema de base de datos.

En la figura 4, se visualiza la representación del caso de uso del actor superadministrador cuya tarea principal es el gestiona miento de credenciales de usuario al resto de administradores por cada institución educativa.

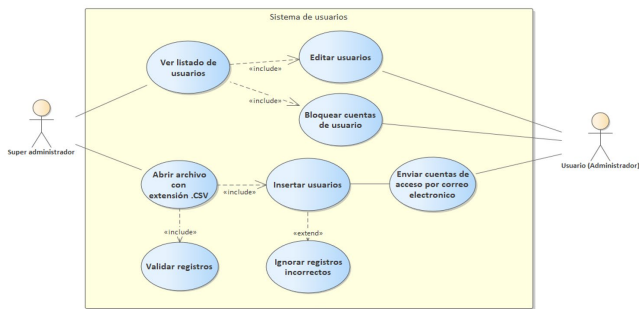


Figura 4: Caso de uso para el rol superadministrador.

Para la figura 5, se observan las tareas principales del administrador institucional con la interacción del sistema de base de datos, explicadas previamente en el modelado de negocios.

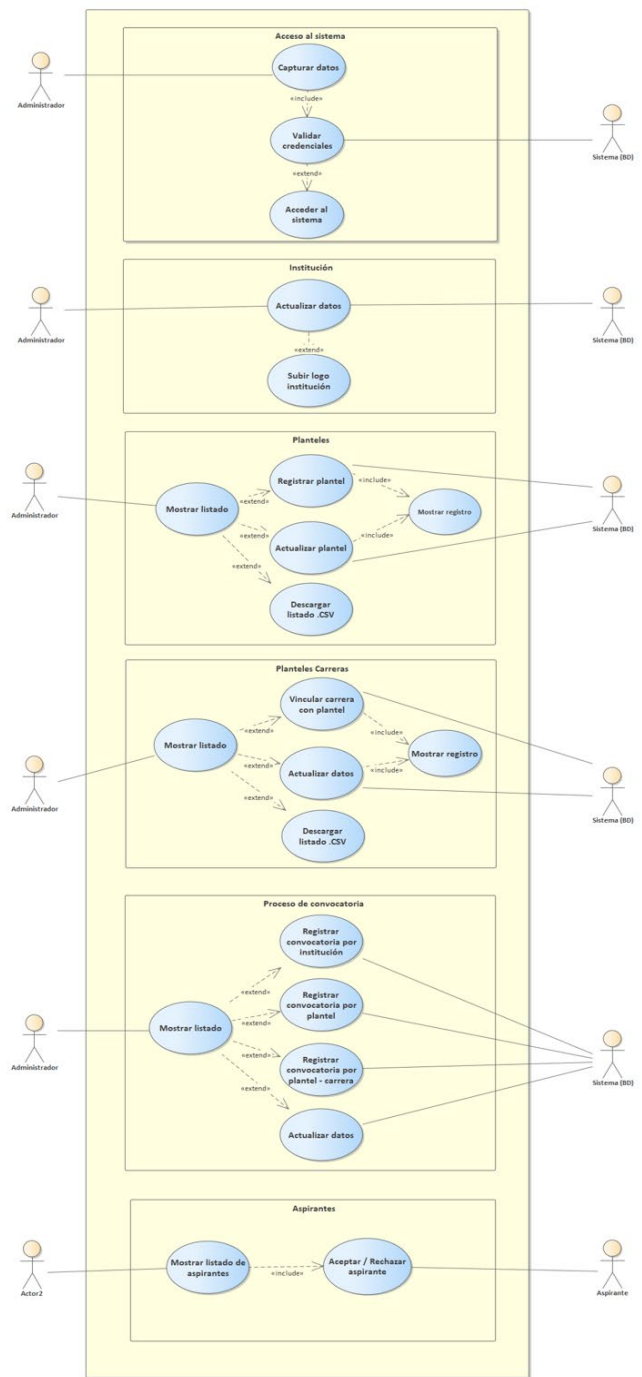


Figura 5: Caso de uso para el rol de administrador institucional.

**Diagrama entidad relación:** El sistema web RENOES tiene contemplado un diagrama entidad relación (Véase Fig. 6) en al menos en su tercera forma normal 3FN, esto para evitar redundancia de datos y con ello prevenir la saturación de información innecesaria hacia el servidor donde estará alojada la base de datos.

Además de las entidades principales, mencionadas en las secciones anteriores : Instituciones, Planteles, Planteles Carreras, Aspirantes y Proceso de admisión.

Se consideran otras entidades, que tienen la función de ser simples catálogos para que en conjunto complementen de información a las entidades principales.

Dentro de los catálogos se encuentran:

- 1) Un sección relacionada al domicilio de cada institución, dividida en : Entidad, Municipio y Localidad.
- 2) Un conjunto de tablas: Campo amplio, Campo Detallado y Campo Especifico que en conjunto tiene la función de servir como una categoría o el tipo de sector al cual una carrera pertenece, por mencionar algunos ejemplos: Educación, Salud, Tecnología, etc.

3) Para el módulo de Planteles-Carreras, tenemos los siguientes catálogos:

- a) Modalidad: La forma en la que la carrera es impartida, si es escolarizada, no-escolarizada, si los cursos son de forma virtual.
- b) Tipo calendario: Si la carrera será en periodos de años, semestres, bimestre, etc.
- c) Estatus Carrera: El estatus de la carrera que se encuentra en este momento: activa, inactiva, en liquidación.
- d) Formas de admisión: El medio en la que un aspirante puede ingresar a estudiar esta carrera: Por examen o por un curso de diagnóstico.

4) En el módulo de Institución, existen 3 catálogos importantes:

- a) Tipo IES (Instituciones de Educación Superior): La clasificación según el carácter académico: UPN, UNADM, U Tecno, etc.
- b) Sector: Si la institución es pública o privada.
- c) Subsector: Otra subclasificación de sector, en ella se establece si una institución es a nivel federal, estatal, federal transferido.

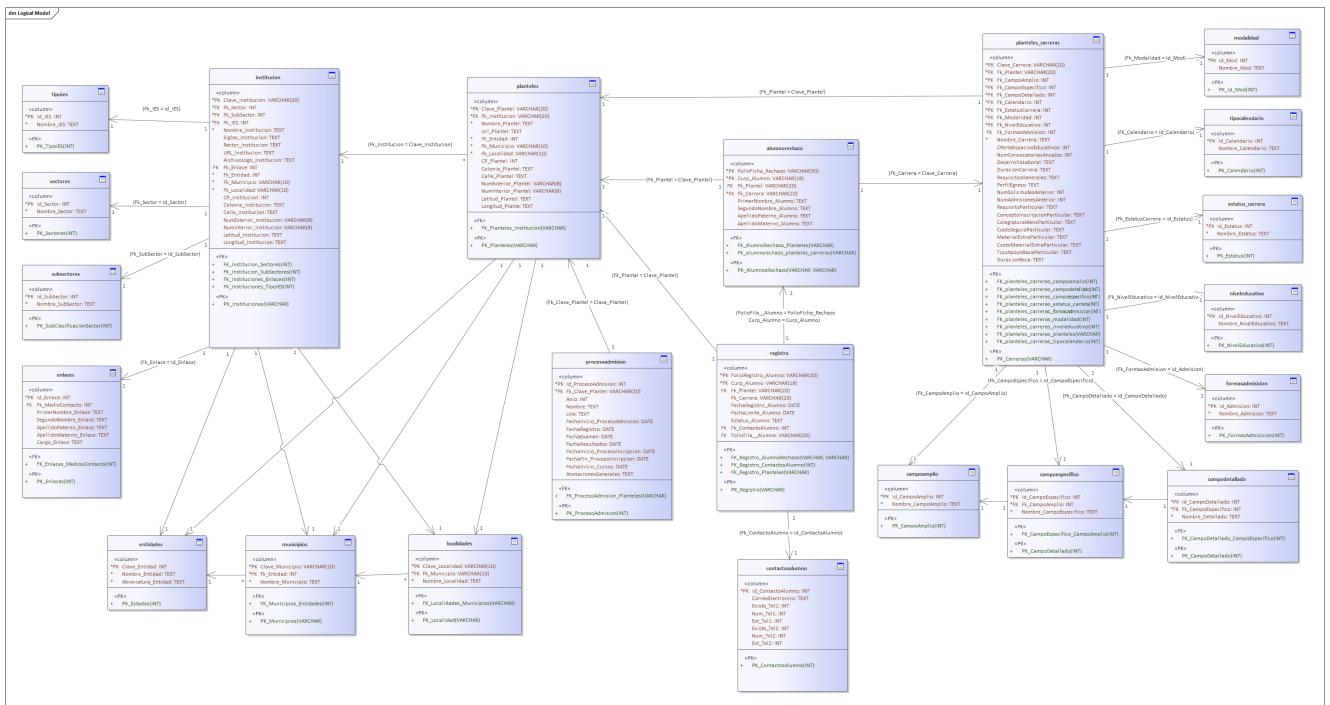


Figura 6: Diagrama Entidad – Relación.



#### V. CONCLUSIONES

En este artículo se representa el diseño y modelado del sistema web para la secretaria de educación pública referente al programa federal RENOES para el módulo administrador, utilizando el software *Enterprise Architect* regido por el estándar UML 2.5, con esta herramienta se crearon los diferentes diagramas que en conjunto fueron de ayudar para analizar detalladamente los diferentes procesos y flujos de trabajo que conlleva el módulo administrativo del sistema web planteado.

Teniendo las bases claramente detalladas, se procederá a la continuación del proyecto, el cual se refiere a la programación de cada uno de los diferentes submódulos que engloban al sistema web, utilizando los lenguajes de programación descritos en el marco teórico. La combinación de estas tecnologías supone que sea un sistema estable y fluido para dar una rápida respuesta a cualquier usuario que lo esté utilizando, sin importar el dispositivo donde lo esté visualizando.

#### REFERENCIAS

- [1] Gracia Hernández, M. (22 de Julio de 2015). Deserción universitaria en México. Milenio.
- [2] INEGI. (2021). INEGI Presenta resultados de la encuesta para la medición del impacto COVID-19 en la educación. México: INEGI Informa.
- [3] Informador.mx. (2 de agosto de 2018). Universidades rechazan a 420 mil al año. Informador.mx. Obtenido de <https://www.informador.mx/Universidades-rechazan-a-420-mil-al-ano-1201808020003.html>
- [4] Martínez, A. (2010). Enterprise Architect manual de usuario. Vasco: Eusko Jaurlaritzaren Informatika Elkarte.
- [5] White, S., & Derek Miers, P. (2009). Guia de Referencia y Modelado BPMN Comprendiendo y utilizando BPMN. Uruguay: Future Strategies Inc. Book Division.

# Simulador de Crecimiento Bacteriano Basado en un Sistema Multi-agente y Desarrollado como una Aplicación Web

Salvador Eugenio Ayala Raggi  
Facultad de Ciencias de la Electrónica  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Puebla, Puebla, México  
salvador.raggi@correo.buap.mx

Jesús Manuel Roa Escalante  
Facultad de Ciencias de la Electrónica  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Puebla, Puebla, México  
jesus.roae@alumno.buap.mx

Aldrin Barreto Flores  
Facultad de Ciencias de la Electrónica  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Puebla, Puebla, México  
aldrin.barreto@correo.buap.mx

Luis Efraín López García  
Facultad de Ciencias de la Electrónica  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Puebla, Puebla, México  
luis.lopezga@alumno.buap.mx

Lourdes Gabriela Soid Raggi  
Facultad de Ciencias  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México  
lgsoidraggi@gmail.com

José Francisco Portillo Robledo  
Facultad de Ciencias de la Electrónica  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
Puebla, Puebla, México  
francisco.portillo@correo.buap.mx

**Resumen**—El presente trabajo propone el desarrollo de un simulador web para el crecimiento de la bacteria *Escherichia coli* en un medio de cultivo, basado en el comportamiento de la bacteria en cuatro fases principales: fase de latencia, fase exponencial, fase estacionaria y fase de muerte. Utilizando el sistema multi-agente, fue posible simular cada bacteria dentro de un medio de cultivo, empleando cuatro comportamientos principales que son: moverse, dividirse, comer y morir. El crecimiento de bacterias en el simulador está relacionado con la temperatura y la composición del medio de cultivo, las cuales ingresa el usuario previamente en los parámetros de la simulación. Los resultados que brinda el simulador están orientados a visualizar el movimiento y crecimiento de las bacterias, además de graficar la población de bacterias con respecto al tiempo transcurrido, utilizando para esta tarea una sinergia entre el lenguaje Python, JavaScript, HTML y CSS para el diseño de la aplicación web.

**Index Terms**—simulador web, sistema multi-agente, python, html, javascript

## I. INTRODUCCIÓN

La bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*) es un microorganismo facultativo que predomina en la flora del intestino de los humanos, que generalmente permanece inofensiva en el intestino. Sin embargo, cuando el huésped está debilitado o inmunodeprimido, puede causar infección [1], produciendo enfermedades como diarrea, insuficiencia renal y muerte [2]. Hay varias formas en que los humanos pueden infectarse con *E. coli*, como tener contacto con animales portadores y beber o nadar en agua infectada. La bacteria *E. coli* puede crecer

en múltiples tipos de agua, siendo posible el crecimiento en este medio desde temperaturas de 8°C hasta los 46°C. El crecimiento de *E. coli* se vuelve más óptimo a los 37°C y se ralentiza cuando permanecen en ambientes con bajas temperaturas [2].

*E. coli* puede para controlar su movimiento y detectar las propiedades del medio de crecimiento, tienen funciones que les permiten comunicarse de manera inalámbrica, orientarse, detectar su ambiente y tomar decisiones para enfocar y optimizar la búsqueda de nutrientes, así como una temperatura óptima de desarrollo. Esta bacteria puede evitar ambientes alcalinos y ácidos, también sustancias que afectan su capacidad de moverse y replicarse. En [3], menciona que las poblaciones de *E. coli* pueden considerarse como un sistema multi-agente, ya que muestran un comportamiento inteligente al poder alejarse de las sustancias que afectan sus funciones y buscar alimento. De esta forma, se mueven intencionadamente en grupo haciendo una carrera sincronizada, buscando patrones de comportamiento en enjambre. El resultado de la búsqueda, la toma de decisiones y el movimiento se basan en la detección de un gradiente de nutrientes.

Cuando *E. coli* crece, se alarga y luego se divide mediante fisión binaria. Si se alimenta bien y se mantiene a 37°C, la bacteria *E. coli* se dividirá cada 20 minutos [4]. En [5], construyen un sistema de monitoreo para el crecimiento de *E. coli* capaz de mostrar la curva de crecimiento. Durante la primera fase, *E. coli* se adapta a las nuevas condiciones de

crecimiento y se denomina fase de latencia. En la segunda fase la población de *E. coli* muestra un crecimiento exponencial, en esta etapa la actividad de replicación del ADN está en su nivel más alto. Esta fase exponencial finaliza cuando se agotan los nutrientes del medio de cultivo y comienza la tercera fase estacionaria. Durante la fase estacionaria, la población de *E. coli* deja de replicarse debido a la falta de nutrientes y la acumulación de desechos metabólicos.

Se han generado modelos de crecimiento predictivo para *E. coli* con el fin de reforzar el control de calidad de los alimentos, dando lugar a una sinergia entre las áreas de microbiología, estadística, matemática e informática, de forma que los modelos de crecimiento microbiano se utilicen para optimizar el control de la inocuidad de los alimentos [6]. En [7], se revisan diferentes simuladores de crecimiento bacteriano, estos simuladores están orientados al comportamiento microbiano en alimentos, y se menciona que la base de datos más representativa es ComBase que consta de datos de inactivación y crecimiento microbiano. También existen herramientas como Sym'Previus, MicroHibro y Baseline, que brindan el análisis sobre la cinética del crecimiento bacteriano en vegetales y frutas, para comprender la tendencia general del comportamiento bacteriano frente a factores ambientales, lo cual es muy útil para procesadores de alimentos. Hablando de otro tipo de simuladores basados en sistemas multi-agente para otras áreas, en [8], realizan una aplicación web basada en agentes, que simula la presencia y movimiento de los ocupantes en edificios considerando diversidad espacial y temporal, generando un nuevo modelo estocástico para simular eventos de reuniones basados en datos de reuniones reales, logrando mejorar los algoritmos matemáticos para resolver el modelo de cadena de Markov homogéneo para movimiento aleatorio, lo que permite obtener un mejor rendimiento informático y simular cualquier número de espacios y ocupantes dentro del edificio.

En [9], utilizan un enfoque de evacuación probabilística para la planificación automática de rutas de salida durante un incendio, y llaman a su simulador Aamks, que entrega el valor de riesgo usando diferentes distribuciones de probabilidad y animaciones de evacuación. Aamks está enfocado para usarse en edificios, como oficinas, fábricas y centros comerciales, y no está diseñado para usarse en calles o estadios. En [10], realizan un simulador de peatones, con el que pueden controlar y mejorar los comportamientos detallados de los peatones y los cambios en las condiciones de los entornos, esto brinda una simulación de la dinámica de los peatones para satisfacer diferentes solicitudes. Agregan una nueva funcionalidad para controlar las condiciones de simulación mediante un script en lenguaje Ruby dentro de la simulación del simulador Crowd-Walk. El resultado de su aporte permite cambiar los entornos y comportamientos de los agentes durante la simulación, logrando realizar varias simulaciones de manera uniforme.

En este trabajo presentamos un simulador basado en un sistema multi-agente, que muestra el crecimiento de la bacteria *E. coli* en función del sustrato y la temperatura ajustada para el análisis, además simula el desplazamiento de cada agente

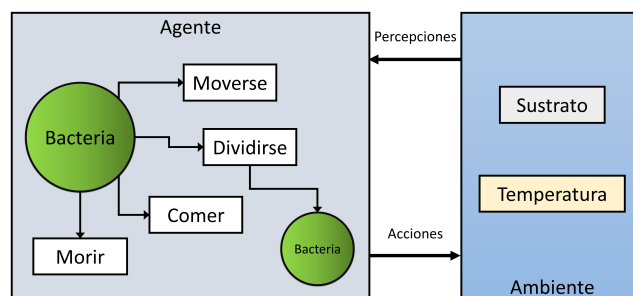


Figura 1. Esquema general del comportamiento de la bacteria vista como un agente y su interacción con el ambiente, el cual está conformado por una cantidad de sustrato y un valor de temperatura.

mediante un movimiento browniano. Utilizando herramientas de programación se desarrolló una página web, que utiliza una interfaz gráfica para inicializar los parámetros de estudio, dando opciones al usuario para tomar valores de temperatura para el ambiente y la cantidad de bacterias iniciales dentro de un medio de cultivo, para que al ejecutar el simulador muestre la curva de crecimiento en función del tiempo, así como la duplicación y el movimiento de las bacterias.

## II. DISEÑO DEL SIMULADOR

Principalmente se pretende que este simulador pueda ser utilizado a través de un sitio web, esto influye mucho en su desarrollo, es por eso que el diseño de este simulador se divide en dos secciones, la arquitectura y la etapa algorítmica.

El diseño arquitectónico del simulador se basa en el desarrollo de una aplicación web que se ejecutará en un servicio de alojamiento gratuito, esto genera algunas limitaciones, la más importante radica en la memoria volátil que proporciona el servidor, siendo de esta manera que las propiedades y la memoria tanto de los agentes como del simulador no se puede almacenar dentro del servidor, deben almacenarse en el lado del cliente. De esta forma, el simulador utilizará HTML, CSS, JavaScript y Python, este último como control del servidor. Mediante el uso de HTML se genera la estructura de la página, con JavaScript se manejan los elementos HTML para generar la simulación, mediante JavaScript mediante una solicitud POST se envían los datos al servidor, este los procesa y devuelve una respuesta.

Teniendo esto el simulador utilizará una metodología multi-agente, donde primero es necesario conceptualizar de una manera sencilla el comportamiento del agente. Con esto en mente en la figura 1 se muestra que la bacteria puede moverse, dividirse, comer y morir, y esta bacteria vive en un ambiente que proporciona un sustrato donde la bacteria se alimenta y por lo tanto hay un límite en la cantidad de bacterias, el ambiente también tiene una temperatura que modifica la tasa específica de crecimiento de la bacteria. El agente se crea utilizando el paradigma POO, por lo que todo el código se encapsulará en una estructura de objeto.

En la Tabla I se muestran las propiedades del agente, estas pueden ser accedidas por el simulador y otros agentes.

Cuadro I  
PROPIEDADES DEL AGENTE

Propiedades	Descripción	Tipo de dato
<b>Self.X</b>	Valor en la posición X	Entero
<b>Self.Y</b>	Valor en la posición Y	Entero
<b>Self.State</b>	Estado vivo	Booleano
<b>Self.StateDiv</b>	Bandera de duplicación	Booleano

Cuadro II  
MEMORIA DEL AGENTE

Memoria	Descripción	Tipo de dato
<b>Self.dupTick</b>	Tics necesarios para duplicarse	Entero
<b>Self.countTick</b>	Contador de tics	Entero
<b>Self.Food</b>	Contador de comida	Flotante

En la Tabla II se pueden observar los registros de memoria del agente, estos registros son privados, solo el agente tiene acceso a ellos.

En la figura 2 se describe el funcionamiento que tiene la interfaz para poder dibujar las bacterias y ejecutar la simulación. La ejecución de la simulación está controlada por el botón de inicio. Cuando se presiona este botón, se inicializan las bacterias. También se cuenta con un botón de parada, el cual controla si la simulación continúa ejecutándose o se detiene, cada bacteria en BACTERIA se evalúa si la bacteria real se divide, se agrega una nueva bacteria a la lista y se procede a evaluar la siguiente, cuando ya no queden bacterias por evaluar, se vuelven a dibujar las bacterias y se repite el procedimiento. La simulación está controlada por un temporizador, este temporizador puede ser configurado por el usuario en la interfaz, cada ejecución de este temporizador se llama tick.

Para evaluar la bacteria, primero es necesario verificar si

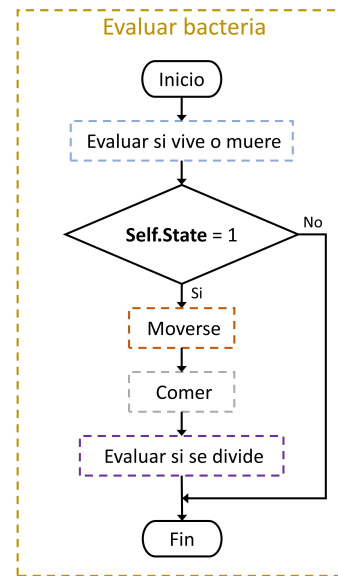


Figura 3. Diagrama de flujo correspondiente al proceso de evaluar bacteria.

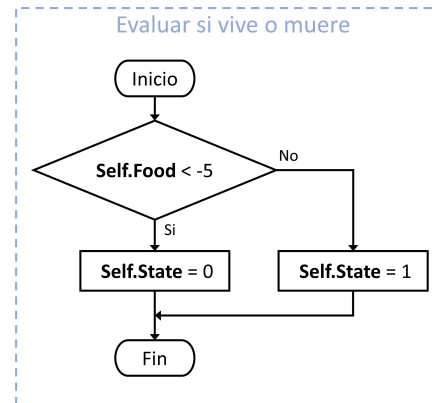


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso para evaluar si la bacteria puede vivir o debe morir en relación al sustrato.

vive o muere, si muere, no se toma ninguna acción y finaliza la evaluación. Por otro lado, si vive, la bacteria se mueve, se alimenta y evalúa si se divide o no. En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo de este proceso.

Para evaluar si vive o muere, se comprueba la cantidad de comida que tiene el agente en su memoria. Si esta cantidad es menor al parámetro establecido, se le asigna un falso a la propiedad **Self.State**, es decir que la bacteria se considera muerta, en caso contrario se le asigna un verdadero para marcarla como viva, en la figura 4 se muestra el diagrama de flujo para este proceso. En la figura 5 se encuentra el diagrama de flujo para el movimiento del agente, el cual se realiza creando un  $\Delta x$  y un  $\Delta y$  con un pequeño número aleatorio, estos se suman con la propiedad **X** y **Y** del agente, por lo que redibujar la bacteria genera un movimiento.

Existe el proceso por el cual se alimenta el agente, en el

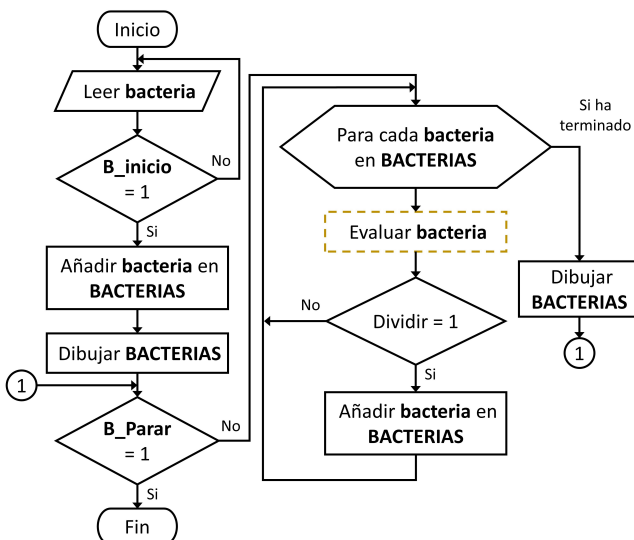


Figura 2. Diagrama de flujo que describe el funcionamiento general del simulador.

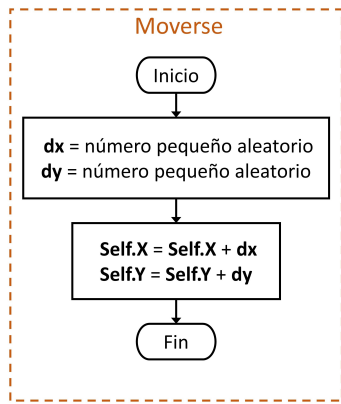


Figura 5. Diagrama de flujo para el proceso de movimiento aleatorio de los agentes.

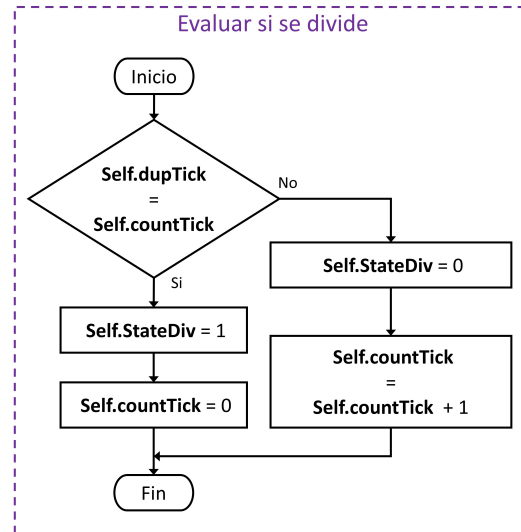


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de evaluación del agente antes de dividirse.

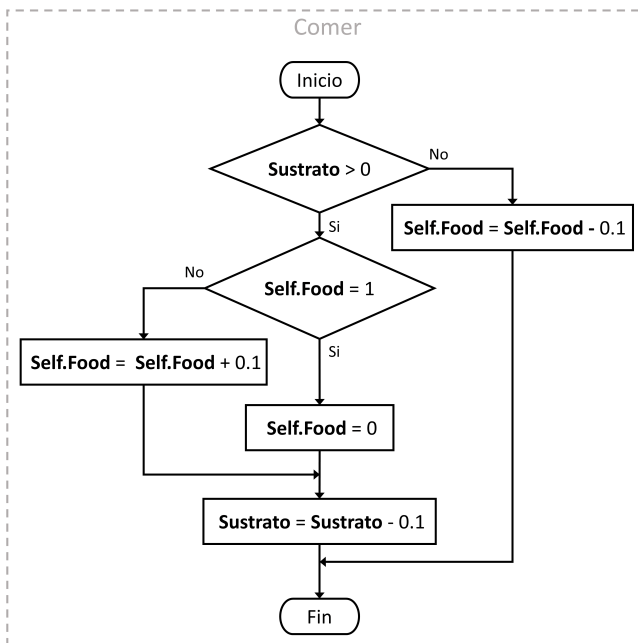


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de alimentación del agente.

cual se verifica si el valor de sustrato actual es mayor a cero, si no lo es, disminuye la cantidad de alimento del agente y finaliza el proceso. Si el valor del sustrato es mayor que cero, entonces se evalúa la cantidad de alimento del agente, si esta cantidad es igual a uno, entonces la cantidad mencionada se restablece a cero y el valor del sustrato disminuye. Si esta cantidad no es igual a uno, el valor del alimento aumenta y el valor del sustrato disminuye. En la figura 6 el diagrama correspondiente ilustra el proceso. Y por último, para realizar la división, se verifica si el contador de ticks es igual al número de ticks necesarios para la duplicación, si esto es cierto se activa la bandera de duplicación, en caso contrario permanece desactivada, en la figura 7 se muestra el diagrama correspondiente.

Influence of temperature on *E. coli* growth

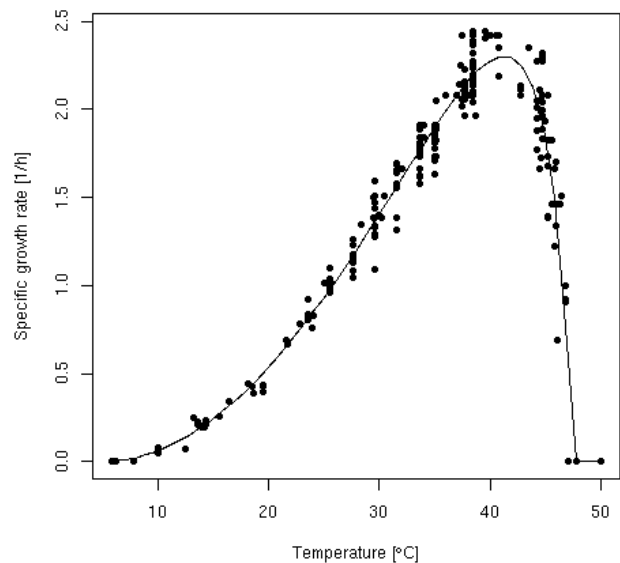


Figura 8. Gráfica de relación entre la temperatura y el factor específico de crecimiento para la bacteria de *E. coli* tomada de [11].

Finalmente, para asignar el número de ticks de reloj necesarias para la duplicación de la bacteria se utiliza la temperatura, con esto se calcula la velocidad específica de crecimiento siguiendo la curva presentada en la figura 8. En este se muestra la relación entre la velocidad específica de crecimiento respecto a una variación de temperatura [11], con esto se obtiene el tiempo de duplicación y se calcula el número de ticks considerando la resolución de simulación introducida por el usuario esta resolución en minutos.

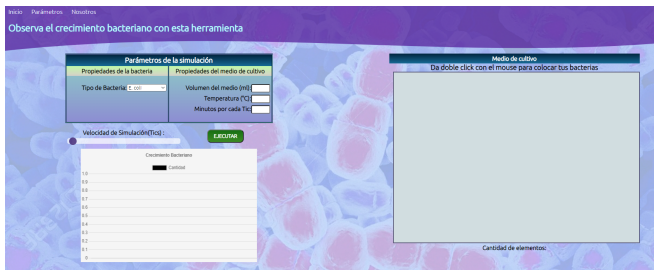


Figura 9. Interfaz gráfica del simulador de crecimiento para bacterias de *E. coli*.

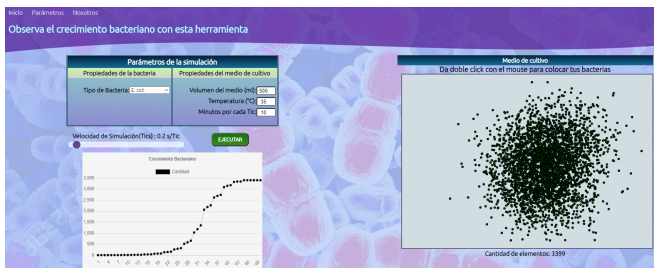


Figura 10. Ejecución de la simulación y visualización de los resultados dentro de la interfaz gráfica.

### III. RESULTADOS

La implementación del simulador fue construido a través de un sitio web, el *Frontend* se construyó usando **HTML**, **CSS**, **JavaScript**, el *Backend* usó **Python 3.9.7**. El proyecto completo se puede encontrar en GitHub a través del siguiente enlace: <https://github.com/Freyenn/SimuladorBacterias>. En la figura 9 se muestra la interfaz de la aplicación web, esta web está alojada en un servicio gratuito llamado *Heroku*, se puede acceder al simulador a través del siguiente enlace: <https://movbolitatest.herokuapp.com>

En la figura 10 se realiza una prueba del simulador, en esta prueba configuramos una temperatura de 35°C donde la población de bacterias crece a gran velocidad, en el lado derecho de la interfaz se puede ver la cantidad de bacterias en ese tiempo específico, en el lado inferior izquierdo hay un gráfico donde se muestra la cantidad total de bacterias por entidad.

Una vez implementado el simulador, se realizaron varias pruebas para verificar su funcionamiento. Se probó el simulador asignando la misma cantidad de sustrato, la misma resolución de simulación y se modificó la temperatura para validar el cambio en el factor de duplicación de las bacterias con respecto a los cambios de temperatura. De esto se obtuvieron los gráficos que se muestran en la figura 11, donde se pueden observar las fases de crecimiento de un cultivo, es decir, la fase de latencia, la fase exponencial, la fase estacionaria y la fase de muerte, la fase exponencial se muestra en los ticks del 55 al 118 aproximadamente, de modo que, la simulación del crecimiento de la bacteria *E.coli* presenta un comportamiento similar al visto en [12].

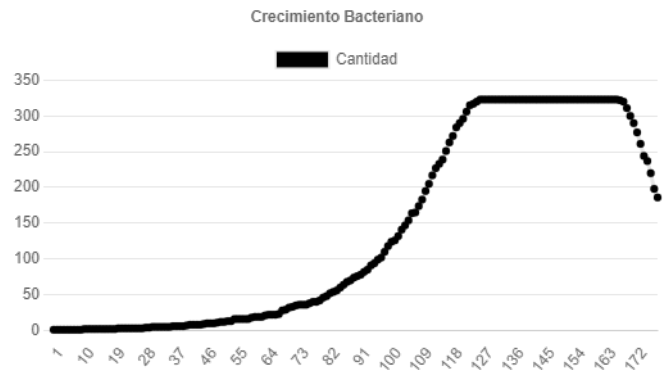


Figura 11. Resultados de las fase de crecimiento obtenidos del simulador web.

### IV. CONCLUSIONES

Durante el modelado de las propiedades de las bacterias se encontraron retos para generar relaciones matemáticas que pudieran representar su comportamiento ante variaciones de temperatura y volumen de medio de cultivo, así mismo, no se debe perder de vista que cada bacteria es gobernado por características únicas, dadas por su ADN.

Nuestra principal aportación es dotar al usuario de un simulador funcional, utilizando una página web para tener acceso abierto a cualquier interesado. El diseño de la interfaz de la página Web fue desarrollado para mostrar, de manera didáctica, las fases de crecimiento de la bacteria *E. coli* con respecto a la temperatura inicial y volumen de medio de cultivo, además, el usuario puede colocar cualquier cantidad de bacterias antes de iniciar la simulación, le brindará una animación comprensible sobre el comportamiento de las bacterias dentro de un medio de cultivo, logrando simular cada agente con un movimiento browniano, además de esto, la población de bacterias se muestra en un gráfico en cada tick del reloj de simulación. Al final de la simulación, cuando se agotan las propiedades nutricionales del medio de cultivo, los resultados gráficos muestran todas las fases de crecimiento que se asemejan al comportamiento real sujeto a condiciones de temperatura. A través de los resultados experimentales se puede observar que el simulador genera un comportamiento similar al comportamiento real de la bacteria *E. coli*.

A futuro se pretende desarrollar un mejor comportamiento de crecimiento de *E. coli*, incluyendo nuevos parámetros para la simulación, como el pH en el medio, el tipo de medio de cultivo, así como un movimiento de la bacteria controlado por la concentración de nutrientes en el medio de cultivo. También se pretende seguir añadiendo nuevas bacterias y la opción de utilizar una bacteria totalmente personalizada, a través de su comportamiento ante la humedad, el pH y la temperatura.

### AGRADECIMIENTOS

Luis Efraín López García y Jesús Manuel Roa Escalante agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado mediante una beca de maestría.

## REFERENCIAS

- [1] J. P. Nataro and J. B. Kaper, "Diarrheagenic escherichia coli," *Clinical microbiology reviews*, vol. 11, no. 1, pp. 142–201, 1998.
- [2] S. Z. Aziz, M. F. Jamlos, and M. A. Jamlos, "Escherichia coli detection in different types of water," in *2014 IEEE Symposium on Wireless Technology and Applications (ISWTA)*, 2014, pp. 125–129.
- [3] S. Lyshevski, "Modeling, simulation, control and optimization paradigms for e.coli bacteria," in *2003 Third IEEE Conference on Nanotechnology, 2003. IEEE-NANO 2003.*, vol. 2, 2003, pp. 690–693 vol. 2.
- [4] H. C. Berg, *E. coli in motion*. Springer-Verlag, 2004.
- [5] L. Yao, P. Lamarche, N. Tawil, R. Khan, A. M. Aliakbar, M. H. Hassan, V. P. Chodavarapu, and R. Mandeville, "Cmos conductometric system for growth monitoring and sensing of bacteria," *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, vol. 5, no. 3, pp. 223–230, 2011.
- [6] E. Mahdinia, S. Liu, A. Demirci, and V. M. Puri, *Microbial Growth Models*. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 357–398.
- [7] S. Koseki, "Ensuring fresh produce safety and quality by utilizing predictive growth models and predictive microbiology software tools," in *Quantitative Methods for Food Safety and Quality in the Vegetable Industry*, V. V. Pérez-Rodríguez F., Skandamis P., Ed. Cham: Springer, 2018, pp. 213–222.
- [8] Y. Chen, T. Hong, and X. Luo, "An agent-based stochastic occupancy simulator," *Building Simulation*, vol. 11, 05 2017.
- [9] A. Krasuski and K. Kreski, "A-evac: the evacuation simulator for stochastic environment," 08 2018.
- [10] I. Noda and T. Yamashita, "Pedestrian simulator with flexible framework to enhance detailed behavior and environmental change," *Artificial Life and Robotics*, vol. 22, 07 2017.
- [11] J. Lobry and D. Chessel, "Internal correspondence analysis of codon and amino-acid usage in thermophilic bacteria," *Journal of applied genetics*, vol. 44, pp. 235–61, 02 2003.
- [12] T. Quigley, "Monitoring the growth of e . coli with light scattering using the synergy tm 4 multi-mode microplate reader with hybrid technology," 2008.



# Cobertura de radioenlace LoRa para aplicaciones IoT

Luis Alberto Cantera Cantera,  
dept. de Control y  
Automatización  
Instituto Politécnico Nacional  
ESIME Zac.  
CDMX  
ID: 0000-0003-2828-6779

José Ricardo Cárdenas Valdez,  
IT de Tijuana,  
Tecnológico Nacional de México  
Tijuana, México  
<https://orcid.org/0000-0002-5437-8215>

José Cruz Núñez Pérez,  
Tecnologías de Imagen y  
Telecomunicaciones Modernas  
Instituto Politécnico Nacional  
CITEDI  
Tijuana, México  
<https://orcid.org/0000-0002-8912-8822>

Andrés Calvillo Téllez  
Tecnologías de Imagen y  
Telecomunicaciones Modernas  
Instituto Politécnico Nacional  
CITEDI  
Tijuana, México  
<https://orcid.org/0000-0003-3721-5630>

**Resumen**— En las ciudades inteligentes, los medidores, de agua, luz entre otros, requieren del empleo de conectividad inalámbrica, para adquirir lecturas de los servicios que brindan. Esto requiere de una infraestructura de radioenlaces que brinde y garantice el servicio de conectividad a internet. Por lo que es de suma importancia un desempeño eficiente del radioenlace, que garantice una buena calidad de la señal. La metodología utilizada evalúa el factor de Dispersión, la relación de Chirp a Símbolo, la sensibilidad del receptor, la tasa de transmisión el tiempo en aire, la sensibilidad y la relación a ruido. El presupuesto, garantiza que tanto la potencia de transmisión, como la sensibilidad del receptor, permiten obtener el rango máximo con una cobertura segura, operando en el segmento de espectro sin licencia de los 915 MHz. Considerando la atenuación que representa la propagación en el espacio libre, y cómo influyen en la afectación de las ondas, las condiciones físicas del trayecto, que producen reflexiones y refracciones de las ondas de radio. El grado de libramiento de la línea de vista del trayecto se consideró ante los obstáculos u obstrucciones del trayecto que influyen en el nivel de la señal de recepción y acortan el alcance. Para los valores del factor de dispersión se considera a los valores del factor de dispersión SF que determinan, el alcance de la señal emitida por el transmisor y el medio de propagación. Finalmente, la sensibilidad del elemento receptor se consideró al valor de la relación señal a ruido (SNR), el factor de la figura de ruido (NF) y el ancho de banda (BW).

**Palabras Clave** — IoT, LoRa, Radioenlace

## I. INTRODUCCIÓN

LoRa es una de las tecnologías clave y que favorece la expansión del Internet de las cosas (IoT). Los dispositivos en red IoT a menudo usan redes de alto rendimiento como WiFi o la red celular, pero LoRa ofrece la oportunidad de desarrollar una conectividad que se adapte mejor a los requisitos de los sistemas basados en sensores que pueden enviar paquetes de datos en tiempo real. La conectividad inalámbrica LoRa permite que los dispositivos IoT funcionen en ubicaciones remotas donde la energía que lo alimenta proviene regularmente de baterías que pueden durar hasta 10 años en el campo [1], [2].

La tendencia de las aplicaciones se está centrando en los sectores con implementaciones de minería, clima, acuicultura,

agricultura, redes hidroeléctricas, medición de servicios públicos entre otras [3], [4]. La figura 1 muestra el diagrama de bloques simplificado adaptable a los requerimientos de las variables de sensado, que requieran las distintas aplicaciones tales como: temperatura, humedad entre otros, así como los actuadores y el sistema que administra el gasto de consumo de la batería.

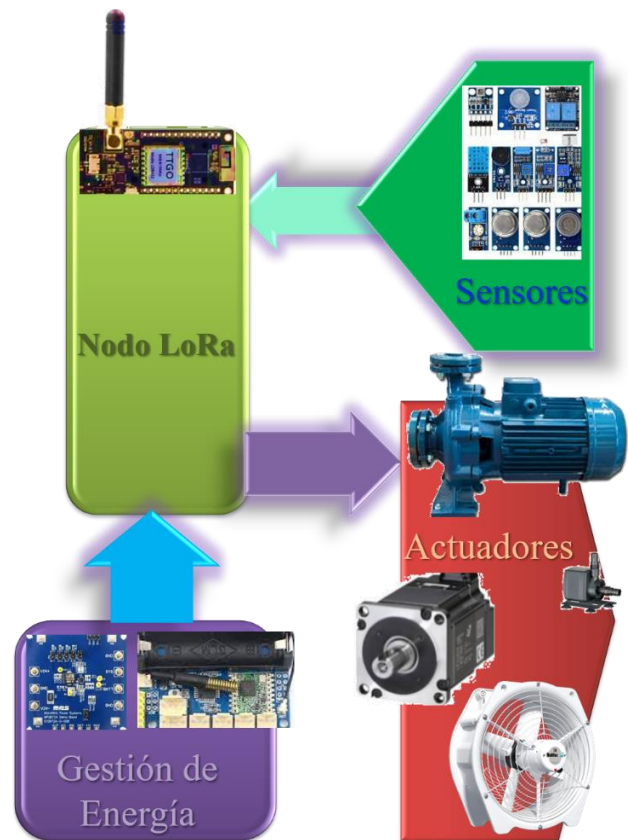


Fig. 1. Diagrama modular adaptable a las necesidades de aplicaciones de modulación LoRa con conectividad IoT (autoría propia).

LoRa es un estándar, nacido en Francia para su uso en redes inalámbricas de telemetría, hoy día es propietaria la empresa californiana Semtech, la cual está incorporada con LoRa Alliance [5]. Este protocolo de comunicaciones inalámbricas, es ampliamente utilizado por enjambres, de redes de sensores, de área amplia y por su naturaleza son de un consumo de baja potencia (LP-WAN). Se destaca por su capacidad para lograr largos alcances de conectividad inalámbrica, mientras presentan un consumo relativamente bajo de energía, lo que los convierte en una solución clave para la tecnología de Internet de las cosas [6]. Este protocolo de capa física, es capaz de alcanzar tasas de transmisión de datos, de hasta 253 kbps, utilizando la modulación CSS (Chirp Spread Spectrum por sus siglas en inglés). Con el tiempo, los conjuntos de datos LoRa patentados han reducido su tamaño y mejorado la duración de la batería y la potencia de transmisión [7], [8], [9]. Los dispositivos LoRa operan en el rango de frecuencia de los 915 MHz como la frecuencia central de la banda de los 33 centímetros de longitud de onda. Esta banda identificada como la banda de los 900 MHz, cubre desde los 902 MHz hasta los 928 MHz. Esta banda está designada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para usarse como una banda de frecuencia para propósitos referentes a la Industrial, Científica y Médica (ISM) y comúnmente se le conoce como banda no licenciada o dicho de otra manera sin licencia, lo que significa que puede usarse globalmente para redes LoRa con una restricción mínima [10], [11], [12].

## II. DESARROLLO

En esta sección se presentan los parámetros más importantes que definen las métricas de modulación LoRa como lo son la definición de la tasa de transmisión, posteriormente se identifica a la Sensibilidad del receptor, para determinar cuanta será la potencia de recepción ( $P_{RX}$ ), y con los valores obtenidos estimar el presupuesto de la cobertura del radioenlace LoRa.

### A. Parámetros del radioenlace LoRa

Las aplicaciones IoT transmiten datos en dos vías tanto de censado como de control. Las tasas de transmisión consideran las condiciones climáticas, la topografía del medio, las obstrucciones de la señal, los niveles de humedad en el ambiente, son factores a considerar para identificar el factor de dispersión la relación señal a ruido, el rango de cobertura, la tasa de transmisión, pérdidas por propagación en el espacio libre. Considerando que los sensores guardan una cobertura de largo alcance y de que funcionan solo con baterías, por lo que están sujetos a enviar pequeños paquetes de datos a través de largas distancias manteniendo el consume de energía al mínimo.

LoRa es un esquema de modulación de espectro disperso que utiliza pulsos modulados de frecuencia lineal de banda ancha cuya frecuencia aumenta o disminuye durante un cierto período de tiempo para codificar información. Las principales ventajas de este enfoque son: un aumento sustancial en la sensibilidad del receptor debido a la ganancia de procesamiento de la técnica de espectro ensanchado y una alta tolerancia a la desalineación de frecuencia entre el receptor y el transmisor. Para comprender mejor cómo implementar un diseño de radio utilizando el

formato de modulación LoRa, es necesario examinar brevemente los factores que influyen en la sensibilidad del receptor de radio.

En la figura 2 se muestran los parámetros del protocolo LoRa.

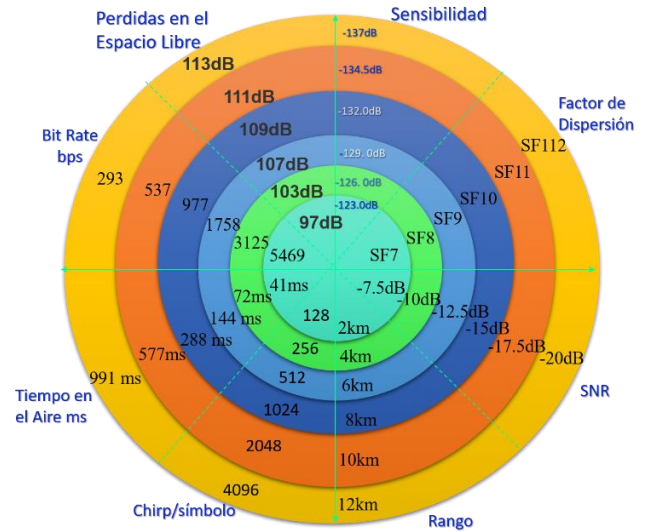


Fig. 2. Parámetros del radioenlace LoRa (autoría propia).

### B. Tasa de transmisión LoRa IoT

La modulación LoRa incorpora seis factores de dispersión (SF7 - SF12) así como tres diferentes anchos de banda (125 kHz, 250 kHz, 500 kHz) de propagación de la señal base. Para un ancho de banda disponible, a mayor factor de dispersión menor es la tasa de transmisión, lo que conduce a una disminución del tiempo de duración de la batería debido al incremento del tiempo de transmisión, por lo que el factor de dispersión (SF) y el ancho de banda (BW) permitirán estimar la tasa de bits definida por:

$$BitRate = SF \left( \frac{BW}{2SF} \right) \quad (1)$$

Donde:

SF = Factor de dispersión (7...12),

BW = Ancho de banda en Hertz,

En la figura 3 se presenta la cobertura de un enlace LoRa.

### C. Sensibilidad del Receptor LoRa

La sensibilidad del receptor LoRa está determinada por el piso del ruido generado por los componentes internos del receptor, en donde el nivel de señal más débil puede ser recuperado de tal forma que recupera íntegra la información contenida. Comúnmente se expresa en dBm entre mas negativo sea su valor el receptor tendrá mayor sensibilidad.

La relación del nivel de la potencia de la señal recibida, presente a la entrada del receptor y el nivel del ruido del receptor (SNR) representa la relación mínima entre la potencia

de la señal deseada y el ruido que se puede demodular, es decir, es la relación entre la señal de potencia recibida y el nivel de potencia del piso de ruido. El piso de ruido contiene a al ruido generado por todas aquellas fuentes que interfieren y contaminan y corrompen la señal transmitida y que al disminuir el valor producirá retransmisiones de los datos de origen.

$$S_{Rx} = -174 + 10\log_{10}(BW) + NF + SNR \quad (2)$$

Donde:

BW = ancho de banda en Hz,

NF = factor de ruido ultra bajó 06 dB en el amplificador de alta linealidad expresado en dB,

SNR = relación señal a ruido en dB.

El primer término se debe al ruido térmico normalizado a 1 Hz de ancho de banda y se vuelve significativo su valor cuando se incrementa la temperatura ambiente en el receptor. El segundo término, BW, es el ancho de banda del receptor. El tercer término NF es el factor de ruido del receptor y se fija para una determinada implementación. Finalmente, el cuarto término SNR representa la relación señal a ruido requerida por el esquema de modulación seleccionado previamente. Estos factores son conocidos por lo que para perfilar un determinado enlace hay que definir bien esta relación señal/ruido mediante la elección del ancho de banda.

En la figura 3 se observa la cobertura del radioenlace y los parámetros que definen la cobertura.

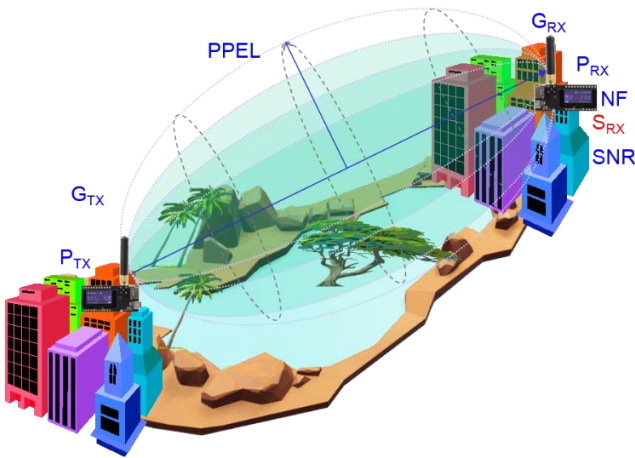


Fig. 3. Cobertura del radioenlace LoRa IoT (autoría propia).

#### D. Potencia de recepción ( $P_{Rx}$ ) LoRa IoT

Mediante una fórmula algebraica de logaritmos se puede estimar el valor de la intensidad de arribo de la señal denominada como potencia de recepción final ( $P_{Rx}$ ), que, al relacionarse con umbral de piso del receptor, denominado como sensibilidad del receptor (S) [14].

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} - L_{LTx} - L_{CTx} - PPEL + G_{Rx} - L_{LRx} - L_{CRx} \quad (3)$$

Indica hasta dónde la señal excedente puede recuperar el mensaje. Si se presentan condiciones y factores que provoquen, un incremento en el nivel del ruido, tal que supere el valor de la señal de recepción, se puede presentar la condición de desvanecimiento de la señal. Los receptores de LoRa presentan una sensibilidad de hasta -148 dBm, superior a la que presenta Wi-Fi. La fórmula (4) muestra el caso extremo de pérdida de trayecto sin incluir la ganancia de antena y otros tipos de atenuación en el espacio libre: Presupuesto del enlace = Máxima Sensibilidad Rx (dBm) - Máxima Potencia de Tx (dBm) (4)

Para estimar el umbral de recepción del enlace LoRa se emplean los valores que se presentan en la figura 1. Entre los que se tiene:

$$SF=12,$$

$$\text{Potencia de transmisión} = 14 \text{ dBm}$$

$$\text{Ancho de banda} = 125\text{KHz} = 10\log_{10}(125000) = 51 \text{ dBHz}$$

$$NF = 6 \text{ dB}$$

$$SNR = -20$$

Donde el presupuesto del radioenlace en (dBm)

$$PIRE = \text{Potencia Isotrópica Radiada Efectivamente (20dBm)}$$

$$G_{Rx}(\text{dB}) = \text{Ganancia de la Antena de Recepción (3dBm)}$$

$$L_t = \text{Pérdida de la línea de transmisión (dB)}$$

Umbral de recepción o sensibilidad del equipo receptor.

$$S = -174 + 51 + 6 - 20 = -137 \text{ dBm}$$

$$B_{(dB)} = PIRE_{(dB)} - S_{(dB)} + G_{Rx(dB)} - L_{t(dB)} \quad (4)$$

Donde:

B= Presupuesto del radioenlace (dBm)

PIRE = Potencia Isotrópica Radiada Efectivamente (20dBm)

GRx(dB) = Ganancia de la Antena de Recepción (3dBm)

Lt = Pérdida de la línea de transmisión (dB)

$$B = 20\text{dBm} - (-137 \text{ dBm}) + 3\text{dB} = 160\text{dB}$$

Se busca siempre que la potencia de recepción sea lo suficiente mente superior (ideal 10dB) que el valor de la sensibilidad del receptor. Dado que, si no supera el valor de la sensibilidad, el mensaje se perderá lo que implica que el enlace no supero las condiciones a las que fue sometido. Es por eso que debe existir un margen de garantía que debe superar los 10 dB.

### III. RESULTADOS

La tabla I presenta las posibilidades bajo las cuales se desarrolla el radioenlace. Donde se puede elegir que factor sería el que designara los parámetros de las demás variables, si se opta por el de mayor tasa de transmisión, o el de mayor alcance. A mayor tasa menor rango de cobertura. A Menor tasa de transmisión se presenta mayor cobertura. El tipo de selección determina el valor que adquieren los parámetros para determinar

el factor de dispersión, el chirp, la sensibilidad, el rango, tiempo de aire y tasa de transmisión, para ajustar a la aplicación.

TABLE I. PARÁMETROS DEL RADIOENLACE LoRa.

Factor de Disp.	Chirp/Sim.	Sens. dBm	SNR dB	D km	Tiempo en el aire ms	Bit rate bps
SF7	128	-123.0	-7.5	2	41	5469
SF8	256	-126.0	-10	4	72	3125
SF9	512	-129.0	-12.5	6	144	1758
SF10	1024	-132.0	-15	8	288	977
SF11	2048	-134.5	-17.5	10	577	537
SF12	4096	-137.0	-20	12	991	293

La selección se realizó para baja tasa de transmisión y largo alcance. Al calcular la cobertura con las ecuaciones de la 1 a la 4 y substituir los valores de la tabla I se obtiene el presupuesto de la tabla II.

TABLE II. PRESUPUESTO DE COBERTURA LoRa PARA IoT.

Parámetro	Variable	Valor	Unidad
Potencia del transmisor	PTX	17	dBm
Ganancia de la Antena de Transmisión	GT	3	dBi
Potencia Isotrópica Radiada Efectiva	PIRE	20	dBm
Distancia	D	300	m
Atenuación en el Espacio Libre	LFS	-115	dB
Ganancia Antena Recepción	GRX	3	dBi
Potencia de Recepción	PR	-42	dB
Umbral o Sensibilidad de Rx	S	-137	dBm
Margen de desvanecimiento	FM	20	dB
Margen de umbral	M	42	dB
Tasa de transmisión (Factor de Dispersión)	SF	12	991 ms

La figura 4 muestra el presupuesto del radioenlace donde se observa la franja verde el Margen de desvanecimiento.

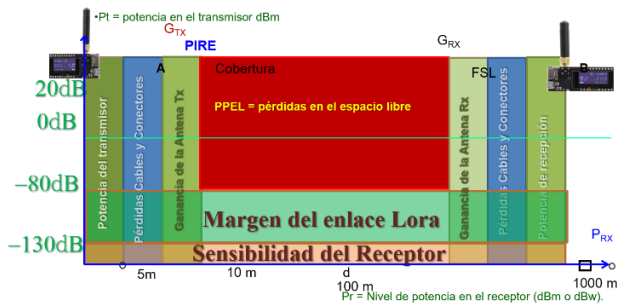


Fig. 4. Aportes de potencia transmitida, atenuaciones y ganancias de la Cobertura del radioenlace LoRa IoT (autoría propia).

IV. CONCLUSIONES

La conectividad inalámbrica a altas frecuencias permite alcanzar mayores tasas de transferencia de datos y disminuye el alcance, en el caso de LoRa a bajas frecuencias de comunicación se tienen menores tasas de transmisión y aumenta el rango de comunicación. La cobertura LoRa facilita la conectividad de aplicaciones en telemetría para comunicar los parámetros que

proporcionan los sensores de una casa inteligente una ciudad inteligente o aplicaciones en los sistemas productivos. La actividad de censado remoto de parámetros físicos ha evolucionado a tal forma que hoy día es una realidad la implementación de radioenlaces con tecnología LoRa aprovechando la utilización del segmento del espectro libre o nominado sin licencia, respetando las definiciones del pire a 20dB. Las especificaciones técnicas de los parámetros representan las siguientes bandas de frecuencia de operación, de la cantidad de potencia permitida del uso en espectro sin licencia (bandas ISM).

REFERENCIAS

- [1] Cecílio, J.; Ferreira, P.M.; Casimiro, A. Evaluation of LoRa Technology in Flooding Prevention Scenarios. *Sensors* 2020, 20, 4034. <https://doi.org/10.3390/s20144034>
- [2] Gil Calín, A. (2016). Desarrollo de un sistema de telemetría basado en la plataforma Intel Edison.
- [3] Embedded. (2017, 19 diciembre). Optimizing LoRa radio performance for embedded devices. Recuperado 15 de julio de 2022, <https://www.embedded.com/optimizing-lora-radio-performance-for-embedded-devices/>
- [4] Ugwuanyi, S., Paul, G., & Irvine, J. (2021). Survey of IoT for developing countries: performance analysis of LoRaWAN and cellular NB-IoT networks. *Electronics*, 10(18), 2224.
- [5] Slats, L. (2020, 8 enero). A Brief History of LoRa®: Three Inventors Share Their Personal Story at The Things Conference. Recuperado 15 de julio de 2022, de <https://blog.semtech.com/a-brief-history-of-lora-three-inventors-share-their-personal-story-at-the-things-conference>
- [6] Farhad, A., & Pyun, J. Y. (2022). HADR: A Hybrid Adaptive Data Rate in LoRaWAN for Internet of Things. *ICT Express*.
- [7] Xu, W., Kim, J. Y., Huang, W., Kanhere, S. S., Jha, S. K., & Hu, W. (2019). Measurement, characterization, and modeling of lora technology in multifloor buildings. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(1), 298-310
- [8] Lehong, C., Isong, B., Lugayizi, F., & Abu-Mahfouz, A. M. (2020, November). A survey of LoRaWAN adaptive data rate algorithms for possible optimization. In 2020 2nd International Multidisciplinary Information Technology and Engineering Conference (IMITEC) (pp. 1-9). IEEE.
- [9] Farhad, A., Kim, D. H., Subedi, S., & Pyun, J. Y. (2020). Enhanced lorawan adaptive data rate for mobile internet of things devices. *Sensors*, 20(22), 6466.
- [10] Kim, S., & Yoo, Y. (2018). Contention-aware adaptive data rate for throughput optimization in LoRaWAN. *Sensors*, 18(6), 1716.
- [11] Charles, L., Isong, B., Lugayizi, F., & Abu-Mahfouz, A. M. (2021, October). Empirical analysis of LoRaWAN-based adaptive data rate algorithms. In *IECON 2021-47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 1-7). IEEE.
- [12] Farhad, A., Kim, D. H., Yoon, J. S., & Pyun, J. Y. (2021, August). Feasibility Study of the LoRaWAN blind Adaptive Data Rate. In 2021 Twelfth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN) (pp. 67-69).
- [13] Abdelfadeel, K. Q., Cionca, V., & Pesch, D. (2018, June). Fair adaptive data rate allocation and power control in LoRaWAN. In 2018 IEEE 19th International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks"(WoWMoM) (pp. 14-15). IEEE.

K. Lin and T. Hao, "Experimental Link Quality Analysis for LoRa-Based Wireless Underground Sensor Networks," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 8, no. 8, pp. 6565-6577, 15 April15, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3044647.



# Sistema Web “Tú decides” (systd-módulo aspirantes)

Ing. Claudia Cecilia Bibiano

Cortes

*Estudiante de Maestría en  
Sistemas Computacionales  
programa PNPC*

*Tecnológico Nacional de México*

*Campus Acapulco. Acapulco,  
Acapulco, Guerrero. México.*

*MM21320003@acapulco.tecnm.  
mx*

DR. Eduardo De La Cruz Gámez  
*Docente de Maestría en Sistemas  
Computacionales.*

*Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco.*

*Acapulco, Guerrero. México.  
eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx.*

M.T.I. Jorge Carranza Gómez  
*Docente de Maestría en Sistemas  
Computacionales.*

*Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco.*

*Acapulco, Guerrero. México  
jorge.cg@acapulco.tecnm.mx.*

M.T.I. Rafael Hernández Reyna  
*Docente de Maestría en Sistemas  
Computacionales*

*Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco.*

*Acapulco, Guerrero. México  
rafael.rh@acapulco.tecnm.mx.*

**Resumen—** En este artículo se expone un proyecto a nivel nacional en apoyo a la Secretaría de Educación Pública (SEP), el cuál tiene por meta describir el proceso que siguen los alumnos que por algún motivo han sido rechazados de alguna Institución de nivel superior, pero que tienen la necesidad de buscar otras opciones de formación. Entonces nace la iniciativa de crear el Sistema Web “Tu Decides” (SysTD-Módulo Aspirantes), que tiene como fin contribuir a aspirantes de educación superior a encontrar novedosas propuestas de carreras e instituciones, para que no se queden sin estudios. Hace que, de promoción a la oferta educativa disponible a nivel superior, una nueva estrategia para que los aspirantes cuenten con herramientas para la elección de los programas de estudio de su preferencia, con este portal se generarán mayores posibilidades de ingreso a la educación, dando una segunda oportunidad de preparación al aspirante.

**Palabras clave—** *Módulo Aspirantes, Sistema Web, Institución.*

## I. INTRODUCCIÓN

En México, conforme los resultados del Censo de Población y Vivienda del año 2020 (INEGI, 2021), existen 126,041,024 habitantes, según la Subsecretaría de Educación Superior, 2021:

- Sólo 21.6% de cada 100 personas mayores de 15 años han tenido oportunidad de acceder a estudios de nivel superior.
- Únicamente cuatro de cada 10 jóvenes de entre 18 y 22 años están inscritos en alguna institución de educación superior.
- El grado promedio de escolaridad por entidad federativa es de 11.5% en la Ciudad de México, la media nacional estriba en 9.7% y la más baja es de Chiapas con el 7.8%.

“Las desigualdades estructurales del país se ven reflejadas en la educación superior de México, considerando que: sólo el 1.2% de los estudiantes de licenciatura en Instituciones de Educación Superior Públicas y particulares se reconocen como hablantes de lengua indígena, lo que significa que la inmensa mayoría de las y los jóvenes indígenas no tiene acceso a la educación superior” (Concheiro Bórquez, 2020).

Aunado a lo anterior, el sistema de educación superior en México se encuentra fragmentado y ha sido influido por los procesos de concentración de la riqueza. Además, la pandemia del año 2020 puso en evidencia el crecimiento de las desigualdades educativas en el marco de las territorialidades, configurando una geografía de la desigualdad. En México existen 5,716 escuelas de educación Superior, de las cuales 2,311 son públicas y 3,405 particulares. (DGPPyEE, 2020).

Para tal impacto, las políticas de educación superior están fundamentadas en el inicio de igualdad entre los aspirantes, que van a tener como fin reducir las brechas de cobertura educativa en medio de las zonas, y regiones de la nación, así como impulsar acciones institucionales para compensar las desigualdades y la inequidad en inicio y permanencia en los estudios por causas económicas, de género, origen étnico o discapacidad.

Por tanto, hace falta en el país un programa de promoción a la oferta educativa para los casos en los cuáles por algún motivo el alumno no puede ingresar cierta institución, por la falta de universidades cerca de donde el aspirante reside, o simplemente de aquellos aspirantes que en zonas metropolitanas hayan participado en procesos de ingreso y que, por razones de cupo no obtuvieron espacio en la opción seleccionada.

Aunado a lo anterior, el alumno que haya sido rechazado una primera vez en la universidad en la que se postuló, tendrá la oportunidad de ingresar al Sistema Web con la finalidad de

elegir una segunda opción que sea de su agrado y esté a su alcance, en base a ciertos criterios que te ofrecerá el Sistema, como son:

- Estado
- Municipio
- Nombre de Universidad
- Campo Específico
- Modalidad
- Sector

De tal manera el aspirante podrá hacer la elección de su preferencia para así continuar con el proceso de inscripción, siempre y cuando se apeguen a los requisitos y criterios que marque cada universidad.

### II. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Desarrollar e implementar el Sistema Web “Tu Decides” (SysTD- Módulo Aspirantes) a nivel nacional, el cual tiene como finalidad visualizar la disponibilidad, realizar la búsqueda y comparaciones entre la oferta académica, dependiendo de los criterios que el aspirante haya seleccionado, para posteriormente llevar a cabo el registro con el número de folio del examen de admisión que obtuvieron en la institución de educación superior en la que por algún motivo no ingresaron.

Este Módulo será desarrollado usando las prácticas de la ingeniería de software. Una de estas prácticas es la definición de requerimientos del módulo, análisis y desarrollo del modelo entidad-relación de la BD.

### III. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describen las herramientas principales que se utilizarán en el análisis y desarrollo del SysTD- Módulo Aspirantes.

#### A. Enterprise Architect (EA)

Es una plataforma visual para diseñar y construir sistemas y diagramas de software, para el modelado de procesos comerciales y para propósitos de modelado más generalizados. Se utiliza también en las compañías como una herramienta progresiva que cubre todos los aspectos del ciclo de desarrollo, proporcionando una trazabilidad completa desde la fase de diseño inicial hasta la implementación, el mantenimiento, las pruebas y el control de cambios [1]. Con apoyo de esta herramienta se van a desarrollar los diagramas de modelo de proceso de negocio, caso de uso, y prototipos con los que se podrá tener una comprensión más clara del funcionamiento y uso del SysTD- Módulo Aspirantes.

#### B. MySQL

MySQL es un sistema de gestión de base de datos (SGBD) de código abierto. El SGBD MySQL pertenece actualmente a Oracle. Funciona con un modelo cliente-servidor, eso quiere decir que los ordenadores que instalan y

ejecutan el software de gestión de base de datos se denominan clientes. Cada vez que necesitan acceder a los datos, los clientes se conectan al servidor del sistema de gestión de base de datos y le solicitan la información que necesitan.

Se desarrolló originalmente para tratar grandes bases de datos mucho más rápido que soluciones existentes y ha sido usado con éxito en entornos de producción de alto rendimiento durante varios años. MySQL Server ofrece hoy en día una gran cantidad de funciones. Su conectividad, velocidad, y seguridad hacen de MySQL Server altamente apropiado para acceder bases de datos en Internet [4].

Estas herramientas fueron elegidas principalmente ya que se busca desarrollar un Sistema Web que sea de bajo costo tanto para realizar la implementación como para el mantenimiento, además de que se busca un sistema que pueda ser desarrollado de manera rápida y efectiva. Por lo que se utilizan el lenguaje de programación React del lado del cliente, PHP del lado del servidor y una base de datos implementada en MySQL.

#### C. React

Es una librería de JavaScript y se enfoca en el desarrollo de las interfaces de las aplicaciones de los usuarios. Está basado en un paradigma llamado programación orientada a componentes en el que cada componente es una pieza con la que el usuario puede interactuar. Estas piezas se crean usando una sintaxis llamada JSX permitiendo escribir HTML (y opcionalmente CSS) dentro de objetos JavaScript. Estos componentes son reutilizables y se combinan para crear componentes mayores hasta configurar una web completa [2].

#### D. PHP

El PHP generalmente es definido como un lenguaje del lado del servidor. Esto significa que se aplica en la programación que tiene lugar en el servidor web responsable de ejecutar la aplicación o, más a menudo, en un sitio web. El código PHP se ejecuta en el servidor que, al leer los comandos, puede activar todos los elementos funcionales y la interfaz visual del sitio web [3].

### IV. DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO

#### A. Diagramas de caso de uso.

Cómo se puede observar en las figuras 1 y 2 se muestran los casos de uso de las principales actividades, estas serán las principales actividades que se tienen que llevar a cabo para el óptimo funcionamiento del módulo de Aspirantes.

En la Figura 1, se puede observar al actor que hace referencia al aspirante, el cuál deberá ingresar al SysTD- Módulo Aspirantes y realizar la búsqueda de la oferta académica disponible en ese momento. El aspirante tiene la opción académica que más se adecue a sus preferencias, éste deberá realizar la selección y posteriormente el SysTD- Módulo Aspirantes le permitirá ingresar los siguientes datos personales:

- Folio inicial que obtuvo al iniciar el proceso con la institución en donde fue rechazado.
- CURP

Entonces aparecerá el nombre completo del aspirante y el nombre de la institución en donde se realizó el examen de admisión.

Por último, deberá descargar el comprobante de registro con los datos del programa educativo elegido por el aspirante.

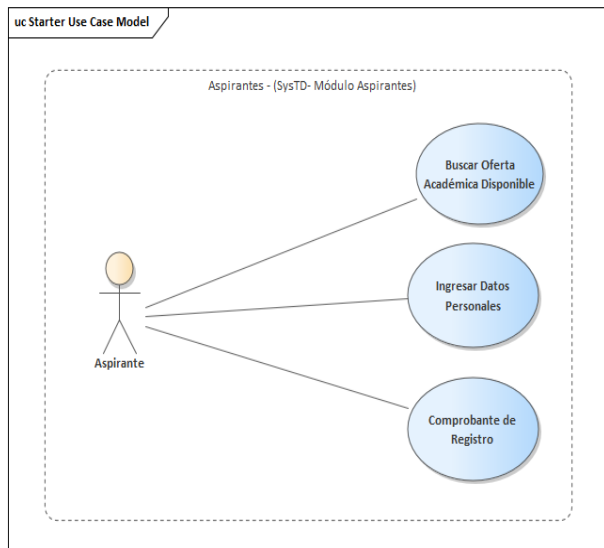


Figura 1: Caso de uso Aspirantes

En la Figura 2 están los actores que corresponden al aspirante y a la institución, en donde el aspirante tiene 5 días hábiles después de realizar el registro para ponerse en contacto con la Institución.

Cuando el aspirante acuda a realizar su inscripción, la institución tendrá que modificar el estatus del alumno desde el SysTD- Módulo Aspirantes, aplicando cualquiera de los siguientes rubros según aplique.

Inscrito

- En proceso de Admisión
- No admitido
- Baja

Por otra parte, la Institución le va a informar al aspirante sobre los requisitos y proceso de ingreso de acuerdo a su normatividad

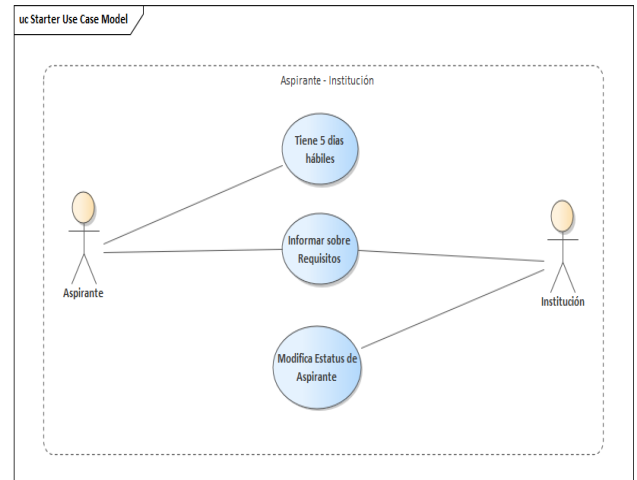


Figura 2: Caso de uso Aspirante-Institución

B. Modelo de procesos de negocio.

Se utiliza la herramienta Enterprise Architect para realizar el modelado de procesos de negocio y casos de uso. A continuación, se describen las actividades que se realizan en el desarrollo del SysTD- Módulo Aspirantes.

En el diagrama mostrado en la figura 3, se pueden observar los procesos que corresponden a las tareas principales del módulo de aspirantes, que describen a continuación paso a paso:

- Oferta Académica: Como paso uno, se deberá ingresar a la página principal del Sistema Web “Tu decides”, para posteriormente elegir la opción de “Oferta Académica”.
- Seleccionar Entidad/Carrera: En este paso se ingresa al motor de búsqueda del Sistema Web, esta búsqueda será en base a ciertos criterios como pueden ser la entidad, carrera, modalidad o campo específico, que son de interés para el alumno aspirante.
- Lista de Carreras: En este punto se desplegarán las carreras que cuentan con los criterios que se seleccionaron en la actividad anterior. Así el alumno aspirante podrá realizar una comparación entre el resultado arrojado por SysTD- Módulo Aspirantes.
- Dentro de toda la lista de carreras desplegadas habrá algunas que tendrán activo el botón de “Registrarme” y otros que no lo tendrán. Por lo tanto, las carreras que tengan activo este botón serán las disponibles a elegir para que el alumno aspirante pueda realizar su registro.



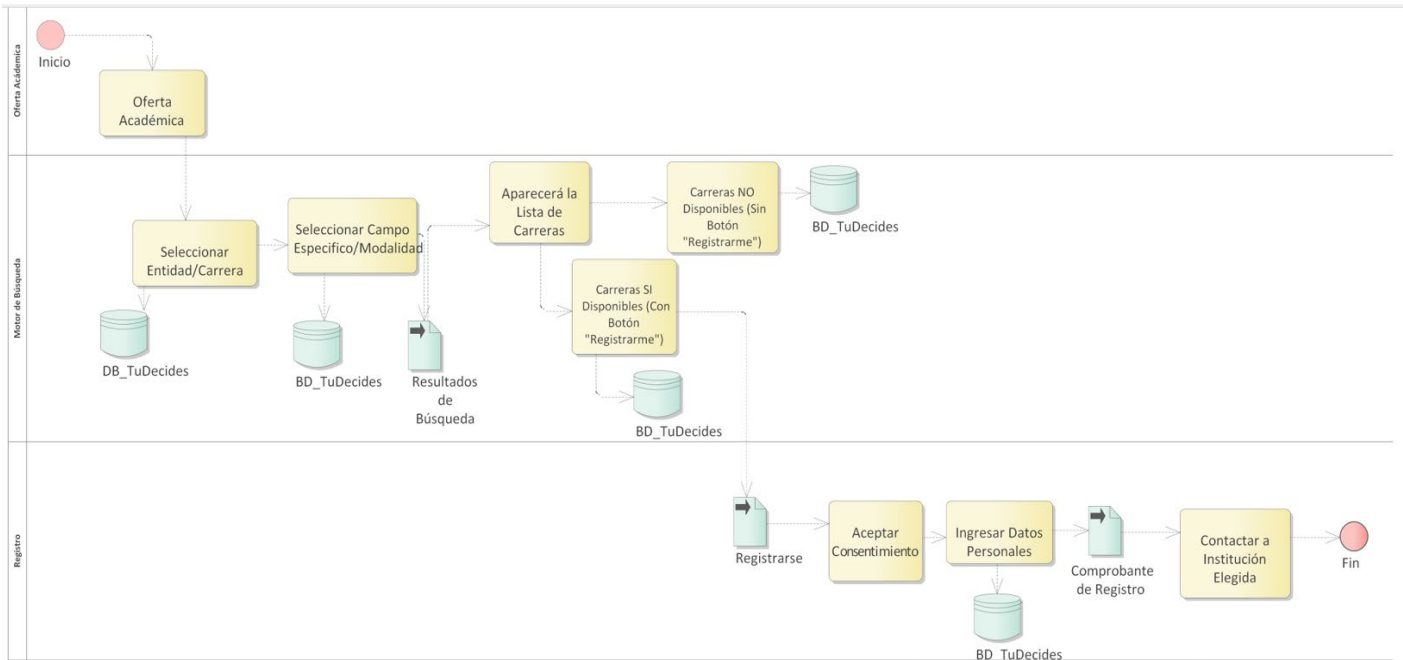


Figura 3: Modelo de procesos de negocio

**Aceptar Consentimiento:** Después de haber elegido la carrera que más se adapte a nuestro gusto, leer con detenimiento el aviso de privacidad y aceptarlo.

- Ingresar datos personales.

I. Como primer paso se debe ingresar el número de folio que te proporcionó la institución donde se realizó el examen de admisión.

II. Como segundo paso se debe ingresar el CURP del aspirante.

III. Enseguida de completar el paso A y B aparecerá el nombre completo del alumno aspirante, así como también el nombre de la institución en donde fue realizado el examen de admisión.

IV. Capturar el dígito verificador y oprime el botón continuar.

- **Comprobante de registro:** Aparecerá el comprobante de registro con los datos del programa educativo que se eligió, así como también se genera el nuevo folio asignado al aspirante para realizar su proceso de inscripción. Posteriormente oprimir el ícono de impresión para guardar el formato en pdf.
- **Institución Elegida:** Es recomendable contactar a la institución en un periodo no mayor a los 5 días hábiles para poder completar tu inscripción, de lo contrario tu folio asignado ya no será válido.

*C. Prototipo de vistas.*

El entorno de este módulo debe ser amigable con el usuario que va a utilizarlo, el aspirante debe de poder visualizar la oferta académica disponible y debe tener la capacidad de realizar la comparación entre varias de las instituciones o carreras de su interés, al momento de hacer la visualización.

En la figura 4 se muestra el prototipo donde se va a poder realizar la búsqueda por un filtro principal, que será el nombre de la universidad, o nombre de carrera. En este prototipo se muestran unas fichas en donde estará toda la información principal de las universidades que el aspirante haya elegido. La información va contener cada una de las fichas es el nombre de la universidad, el nombre de la carrera y el estado en donde se encuentra.



Figura 4: Vista motor de búsqueda

Al elegir alguna de las fichas del interés del aspirante se abrirá otra pestaña como se ilustra en la Figura 5. En esta nueva pestaña se podrá ver información adicional, como: las fechas principales de la convocatoria por ejemplo: la fecha de inicio de admisión, la fecha del examen de admisión, el periodo disponible para hacer el registro, fecha de inicio de cursos. Incluso se mostrarán los espacios disponibles para cada convocatoria.

De lado derecho se muestra la opción para poder inscribirse en el programado educativo de su elección.



Figura 5: Vista Inscripción

Cuando el aspirante selecciona la opción para inscribirse se abre otra pestaña. En la Figura 6 se muestra la nueva ventana el aspirante deberá llenar forzosamente dos campos. El primero será el número de folio que la institución le asignó antes de ser rechazado, el segundo dato a llenar será el CURP.

Al llenar estos campos automáticamente aparecerá en la pantalla un recuadro con la institución de donde el aspirante fue rechazado la primera ocasión, así como también su CURP.

El aspirante deberá oprimir el botón de continuar para seguir con el registro.

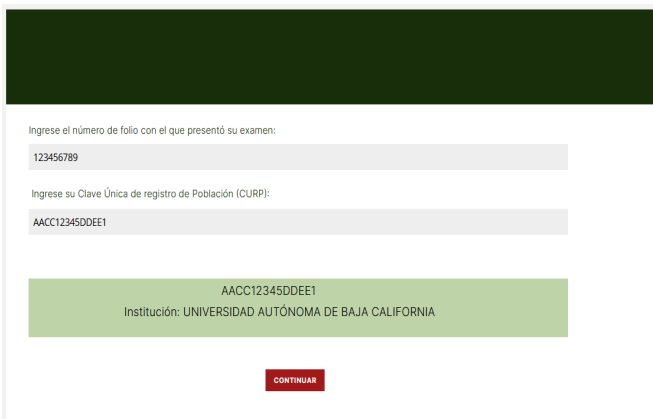


Figura 6: Vista ingresar datos personales

En la siguiente ventana, el aspirante ha completado su registro ante la institución de su preferencia. (Ver Figura 7).

El sistema le asignará un nuevo folio de registro, se deberá llevar ante la institución dentro de los primeros 5 días hábiles, a partir del día de registro.

Además esta ventana contendrá el nombre de la carrera que se eligió, la modalidad en la que ésta es impartida, el número de semestres que dura la carrera, el nombre de la institución de educación superior, el sector ya sea pública o privada, domicilio de la institución, la página web de cada institución, los requisitos en forma general para poder ingresar, se muestra también el número de cupos ofrecidos en el módulo de aspirantes, la forma de admisión de dicha institución y carrera, ya que puede suceder que no todas las instituciones cuenten con la misma forma de admisión.

En los datos que arroja el registro también se puede observar que tiene el link directamente de cada convocatoria, se pueden observar de igual manera dos fechas muy importantes: la fecha de inicio de la inscripción y la fecha fin de inscripción.

Por último el aspirante deberá seleccionar el botón de imprimir para que nos guarde un formato .pdf



Figura 7: Vista registro completado

#### D. Diagrama entidad - relación.

Este diagrama ilustra en general todas las entidades que conlleva el SysTD- Módulo Aspirantes, en este caso solo se está explicando el módulo de Aspirantes por lo cuál, a continuación, se detallarán las tablas más importantes relacionadas al diagrama entidad - relación del sistema que se muestra en la figura 8.

- **Institución:** Esta es una tabla/catálogo que cuenta con todas las instituciones de Educación Superior a nivel nacional.
- **Planteles:** En esta entidad se guardan los diferentes planteles que están asociados a una Institución.

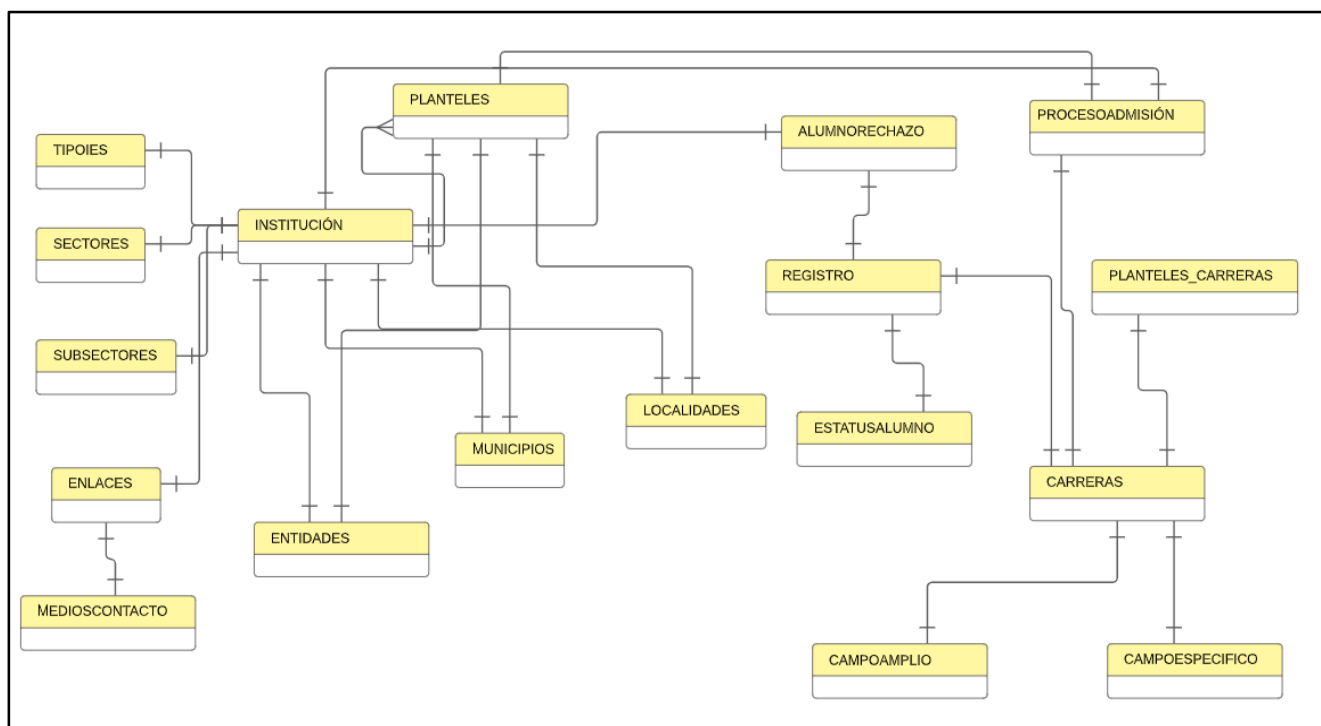


Figura 8: Diagrama-Entidad Relación

- Carreras: Este es un catálogo de todas las carreras disponibles que pueden tener los diferentes planteles.
- Campo Amplio: Este es un catálogo con las diferentes áreas de conocimiento disponibles.
- Modalidad: Este es un catálogo que contiene las diferentes modalidades en las que se ofrecen las carreras.
- Registro: En esta entidad se van guardar todos los datos que el aspirante anota para obtener su comprobante de registro.
- Planteles Carreras: Esta entidad contiene todos los planteles con cada una de sus carreras, además guarda algunos datos importantes de cada carrera, como son la duración de la misma, requisitos, perfil de egreso, número de convocatorias que ofrece anualmente.
- Proceso Admisión: Esta entidad contiene algunas fechas importantes propias de cada convocatoria, como son la fecha de inicio del proceso de admisión, fecha del examen, fecha de publicación de resultados, fecha fin del proceso de inscripción, la fecha de inicio de cursos.
- Formas de Admisión: Este es un catálogo que contiene las diferentes formas de admisión de cada institución puede ser por examen, por curso diagnóstico o propedeutico.
- Entidades: Catálogo en donde se guardan las 32 entidades del país.
- Municipios: Catálogo que cuenta con todos los municipios existentes en el país.

## V. CONCLUSIONES

En este artículo se detalla el flujo que permitirá realizar el registro de una nueva oportunidad educativa, así cómo la propuesta del diseño y modelado para el desarrollo del Sistema Web “Tu Decides” SysTD- Módulo Aspirantes.

Se describe a grandes rasgos las herramientas principales que ayudarán en el desarrollo del módulo. Se ilustran diferentes diagramas de inicio a fin, que son utilizados durante la etapa de análisis y requerimiento. Cada uno de estos diagramas serán las bases que darán estructura y permitirán la construcción del módulo de aspirantes.

Se describe el objetivo general en el cuál está basado el módulo de aspirantes para que pueda entender de forma clara y precisa los pasos a seguir si es que tiene como finalidad concluir con sus estudios de educación superior.

Como siguiente fase en el desarrollo de este proyecto será realizar la codificación del sistema y de la base de datos, así como la implementación del sistema en ambientes de desarrollo, y testing para comenzar con las pruebas del mismo, por último, todo el desarrollo se implementará en ambiente productivo.

## REFERENCIAS

- [1] ProAgile, J. (2022). ¿Que es Enterprise Architect?. 2000-2022, de React Sitio web: <https://www.proagile.com.ar/productos/enterprise-architect/>

- [2] Drauta . (27 Enero 2022). React obtenido de Drauta IT Sitio web: <https://www.drauta.com/que-es-react-y-para-que-sirve>.
- [3] PHP ( 9 Marzo 2020). PHP Obtenido de manual. Sitio web: <https://www.php.net/manual/es/intro-whatcando.php>.
- [4] Oracle. (2014). *Manual de referencia de MySQL 5.0*. Obtenido de MySQL Community: <https://downloads.mysql.com/docs/refman-5.0-es.pdf>

# Aplicación móvil para realizar solicitudes de crédito usando servicios web.

Ing. Ronald Osvaldo Leyva Salmerón  
*Estudiante de Maestría en Sistemas Computacionales programa PNPC.*  
*Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero. México.  
mm21320014@acapulco.tecnm.mx.

M.T.I. Jorge Carranza Gómez.  
*Docente de Maestría en Sistemas Computacionales.*  
*Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero. México.  
jorge.cg@acapulco.tecnm.mx.

DRA. Mercedes Hernández de la Cruz  
*Docente de Maestría en Sistemas Computacionales.*  
*Tecnológico Nacional de México Campus Chilpancingo.*  
Chilpancingo, Guerrero. México.  
mercedes.hd@chilpancingo.tecnm.mx.

DRA. Miriam Martínez Arroyo.  
*Docente de Maestría en Sistemas Computacionales*  
*Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero. México  
miriam.ma@acapulco.tecnm.mx

En el presente trabajo se muestra el modelado de la implementación de una aplicación móvil para la realización de solicitudes de crédito dentro de la empresa financiera “Préstamo Ideal”. Se utilizó la herramienta Enterprise Architect, con la cual se realizaron los diagramas de modelo de negocios, de despliegue, de caso de uso y de base de datos relacional, en estos se muestra el proceso que seguirán los usuarios al utilizar la aplicación móvil, así como su comunicación con otra área dentro de la empresa en este caso el área de crédito. La aplicación móvil será desarrollada en Android Studio y tendrá un Servicio Web desarrollado en el lenguaje C#, la base de datos a la cual se realizan las peticiones está alojada en SQL Server. El proceso actual para una solicitud de crédito dura hasta 72 horas en dar un veredicto de aprobación, con el uso de la aplicación móvil se espera que este proceso se reduzca a 24 horas.

**Palabras clave**— *Servicio web, base de datos, SOAP, Aplicaciones móviles.*

## I. INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones móviles o mobile app, juegan un papel muy importante en la vida cotidiana de las personas, según INEGI en México para 2020, 91.8% de los usuarios tiene un Smartphone (celular inteligente) (INEGI, 2021). Esto quiere decir que, el uso de aplicaciones móviles es práctico, portable y fácil de utilizar para los usuarios a comparación de tener que llevar siempre consigo una computadora o laptop para ingresar a alguna determinada aplicación.

Actualmente existen aplicaciones móviles de todo tipo: Entretenimiento, financieras, escolares, del sector de la salud, etc. Ampliando así la accesibilidad para que los usuarios puedan tener un gran número de aplicaciones en un solo dispositivo móvil. En este escrito se mencionan las aplicaciones móviles financieras, las cuales han tenido un gran auge en los últimos años, dado a la facilidad y beneficios que otorga a los usuarios, facilitando tareas que anteriormente conllevaban un

gran uso de recursos materiales y pérdida de tiempo al hacer todo de forma manual.

La empresa financiera denominada “Préstamo Ideal”, cuya actividad principal es la de otorgar créditos a personas que quieren comenzar un negocio propio desde 0, en su gran mayoría apoya a las mamás solteras que buscan una mejor calidad de vida y tener un sustento propio.

Para otorgar un crédito a una persona o grupo de personas, el proceso actual en “Préstamo Ideal”, se realiza de forma manual, es decir a través del llenado de formularios impresos para cada uno de los clientes que los promotores de crédito visiten, originando un proceso de otorgamiento largo y tedioso, además de que se gasta gran cantidad de recursos, como lo son el papel y los viáticos que se pagan a los promotores de crédito para ir y regresar a la sucursal después de hacer visitas a los clientes. Por tanto, este proceso lleva a la empresa a perder una gran cantidad de tiempo por cliente para poder dar un veredicto sobre si otorgar o no un crédito a una persona o grupo de personas que lo hayan solicitado, en caso de no ser aceptado todos los formularios impresos pasan a ser desechados, originando pérdidas en cuanto a recursos de la empresa y contaminación al medio ambiente.

## II. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Implementar una aplicación móvil y un Servicio Web en la empresa financiera “Préstamo Ideal”, para agilizar el proceso de levantamiento, revisión y aprobación de las solicitudes de crédito el cual es realizado por los promotores de crédito y el área de crédito.

## III. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describen las herramientas utilizadas para el modelado del desarrollo de la aplicación móvil.

### A. Enterprise Architect (EA).

Enterprise Architect es una herramienta de diseño y análisis UML intuitiva, flexible y potente para crear software sólido y fácil de mantener. Desde la recopilación de requisitos, pasando

por el análisis, el modelado, la implementación y las pruebas hasta el mantenimiento, Enterprise Architect es una herramienta de modelado UML rápida, rica en funciones y multiusuario que impulsa el éxito a largo plazo de un proyecto de software.

#### B. *SQL Server.*

Es el sistema de base de datos principal de Microsoft. Contiene una variedad de características y herramientas que se pueden utilizar para desarrollar y administrar bases de datos y soluciones de todo tipo basadas en ellas, proporciona acceso controlado y procesamiento rápido de transacciones para cumplir los requisitos de las aplicaciones de base de datos más exigentes (Pérez, 2011).

El sistema principal de la empresa “Préstamo Ideal” tiene alojada su base de datos en SQL Server, debido al gran número de transacciones que realizan diariamente, la aplicación móvil se conectará a esta base de datos consumiendo el servicio web cada vez que la aplicación móvil realice una petición.

#### C. *C#.*

Es un lenguaje orientado a objetos el cual Microsoft actualmente utiliza como lenguaje de programación principal, combina las mejores ideas de lenguajes como C, C++ y Java con las mejoras de productividad de .NET Framework y brinda una experiencia de codificación muy productiva tanto para los nuevos programadores como para los veteranos (Ferguson et al., 2003).

Este lenguaje se utilizará para la implementación del Servicio web, ya que comparado con otros lenguajes que soportan este tipo de desarrollo, C# maneja una sintaxis más sencilla, además de ser multiplataforma, dando así un tiempo de desarrollo más rápido a la hora de la programación de los métodos que contendrá la implementación.

#### D. *SOAP.*

SOAP (Simple Object Access Protocol) fue diseñado en 1998 por Dave Winer, Don Box, Bob Atkinson y Mohsen Al-Ghosein y se convirtió en estándar en 2003, siendo actualmente el W3C (World Wide Web Consortium) el organismo que gestiona su mantenimiento y desarrollo. El protocolo SOAP define un mecanismo de intercambio de mensajes en XML sobre HTTP para la comunicación entre procesos (Fernández, a).

El servicio web que se implementará en la empresa “Préstamo Ideal” utilizará el protocolo SOAP, dado que varios lenguajes tienen soporte nativo para SOAP, solamente se necesita una URL de servicio web y llamar a las funciones que contiene el servicio sin la necesidad de código específico.

#### E. *Servicio Web.*

Un servicio web (en inglés, Web Service o Web Services) es una tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones. Los servicios web son aplicaciones modulares atómicas que pueden ejecutarse a través de la red de Internet con el fin de realizar una tarea. Se pueden considerar a los servicios web como el paso natural dado desde las tecnologías precursoras de sistemas distribuidos (Fernández, b).

Se decide el desarrollo de un servicio web por la facilidad para que los promotores de crédito, mediante el uso de un dispositivo móvil con acceso a internet puedan realizar peticiones a la base de datos principal desde el punto geográfico en el que se encuentren.

### IV. MODELADO DE LA APLICACIÓN MÓVIL.

#### A. *Modelado de negocio.*

A continuación, en la Figura 1, se ilustra mediante el diagrama de modelado de negocio las actividades que conlleva el proceso de realización y otorgamiento de una solicitud de crédito en la empresa “Préstamo Ideal”.

- **Prospección de clientes:** el promotor de crédito acude a la vivienda de cada prospecto de cliente y en la aplicación móvil llena la información previa del tipo de crédito que solicitará el prospecto de cliente, en caso de ser aceptado en el sistema principal se acepta al prospecto y se vuelve un cliente.
- **Registrar solicitud de crédito:** el promotor una vez aprobado el cliente, en la aplicación móvil se llena la información para generar la carátula de crédito es decir para saber qué tipo de crédito será el solicitado y el monto que piden como crédito.
- **Registrar datos personales:** una vez completada la carátula de crédito, en la aplicación móvil se registran los datos personales del integrante o integrantes del grupo que solicita el crédito.
- **Modificar solicitud de crédito:** el promotor una vez completada una solicitud tiene un apartado en la aplicación móvil para ver las solicitudes que lleva realizadas, en caso de ser requerido puede modificar la información de estas.
- **Finalizar solicitud:** cuando los datos estén correctos, el promotor debe finalizar la solicitud de crédito en la aplicación móvil para que aparezca en el sistema principal y pase a ser analizada por el área de crédito, una vez hecho esto ya no podrá ser visualizada en la aplicación móvil.

Una vez finalizada la solicitud el área de crédito realiza el siguiente proceso para validar la información.

- **Verificar datos correctos:** el área de crédito verifica si la información es correcta, en caso de no serlo vuelve a mandar la solicitud para que pueda ser visualizada desde el dispositivo móvil y el promotor corrija los datos incorrectos.
- **Análisis de otorgamiento de crédito:** una vez los datos sean verificados y correctos, el área de crédito se encarga de analizar toda la información para poder dar

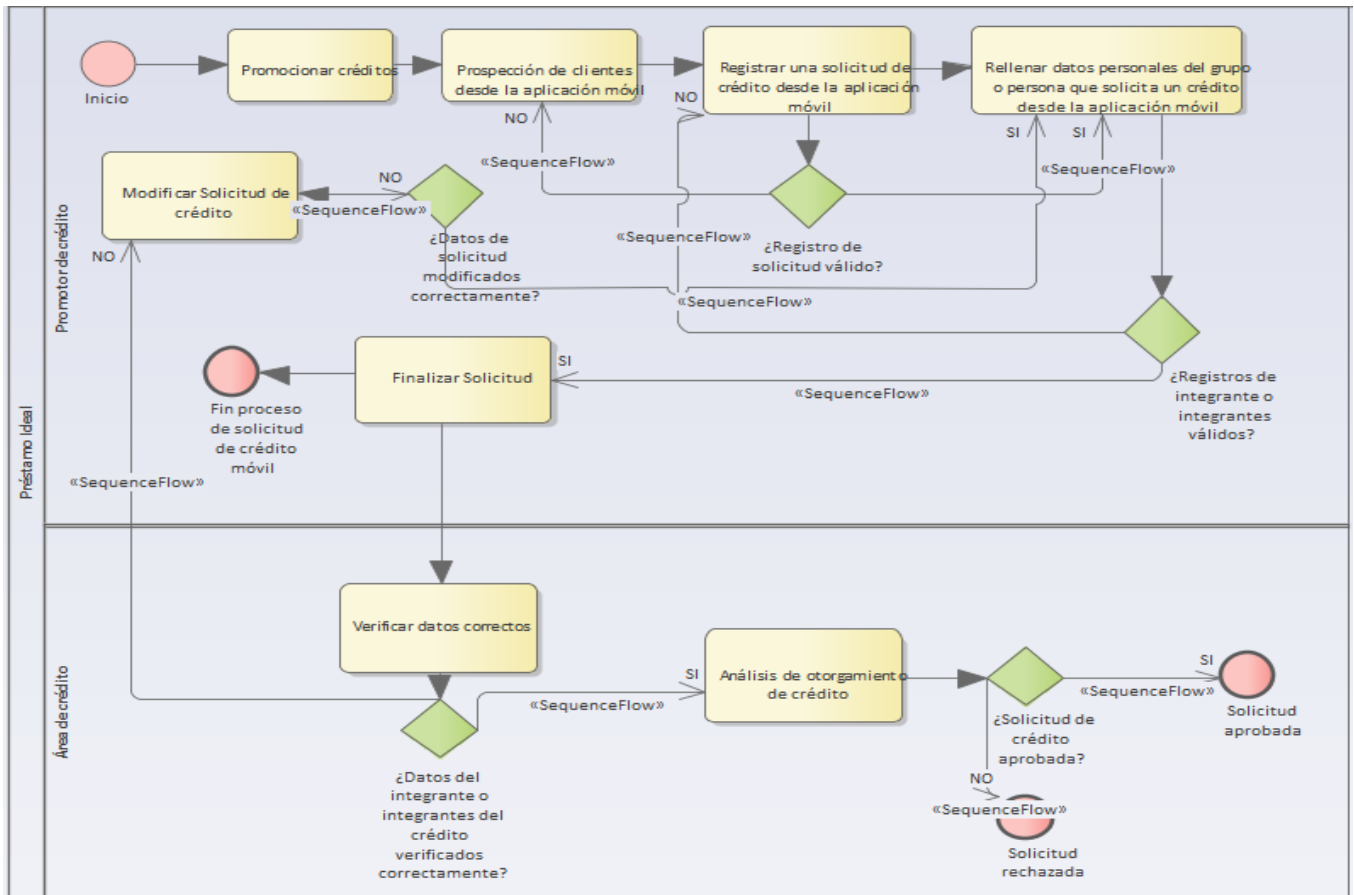


Figura 1 Modelo de negocio del proceso de realización y otorgamiento de una solicitud de crédito.

un veredicto de aprobación o rechazo de crédito, en caso de ser aprobada se otorga el crédito, en caso contrario la solicitud es rechazada.

**B. Diagrama de despliegue.**

En la Figura 2, se muestra el diagrama de despliegue que describe la arquitectura de ejecución que tendrá la aplicación móvil, a continuación, se describen las partes que lo conforman:

- **Nodo como contenedor:** Dentro de este nodo que funge como un dispositivo móvil, se contienen los componentes que representan algunas de las vistas principales que tiene la aplicación móvil.
- **Boundary o límite:** Se utiliza para limitar la parte que contiene al servidor donde se ejecuta el servicio web, la base de datos y el tipo de formato por el cual serán transmitidos los datos.
- **Nodo:** Es la parte que representa al servidor IIS, que es donde se ejecuta el servicio web.
- **Server:** Representa la base de datos que está contenida dentro de un servidor.

- **XmlDocument:** Representa el formato mediante el cual son transmitidos los datos desde el servicio web a la aplicación móvil, en este caso es XML.

**C. Diagrama de base de datos relacional.**

En la Figura 3, se muestra el diagrama relacional de base de datos, el cual contiene las entidades y las relaciones que conforman el modelo de la aplicación móvil a la hora de realizar una solicitud de crédito.

Las entidades que conforman el diagrama son las siguientes:

- **La entidad CAT\_PRODUCTO\_FINANCIERO,** representa el tipo de crédito que está solicitando el integrante o grupo de integrantes.
- **La entidad OP\_SOLICITUD,** representa el dónde se registran los datos de una nueva solicitud de crédito.
- **La entidad OP\_SOLICITUD\_GRUPO\_COMUNAL,** representa el grupo o integrante que está solicitando un crédito.



- **La entidad CAT\_TABLA\_PAGO**, representa el tipo de pago que realiza el grupo o integrante que solicita un crédito.
- **La entidad CAT\_TASA**, representa el tipo de tasa que se otorga al grupo integrante que solicita el crédito.
- **La entidad CAT\_SUCURSAL**, representa la sucursal desde la cual se está solicitando el crédito.
- **La entidad USUARIO**, representa el nombre del usuario que registra la solicitud, en este caso puede ser un usuario administrador o los promotores de crédito.

intervienen, estas actividades son: Verificar datos de la solicitud, Modificar la solicitud y Análisis de otorgamiento de crédito.

V. MÓDULOS DE LA APLICACIÓN MÓVIL

La aplicación móvil estará conformada por los siguientes módulos:

- **Inicio:** Muestra al usuario la pantalla de bienvenida con el logo de la empresa “Préstamo Ideal”.
- **Prospección de clientes:** este módulo permite al usuario registrar una solicitud para los prospectos de clientes que tenga cada promotor de crédito.

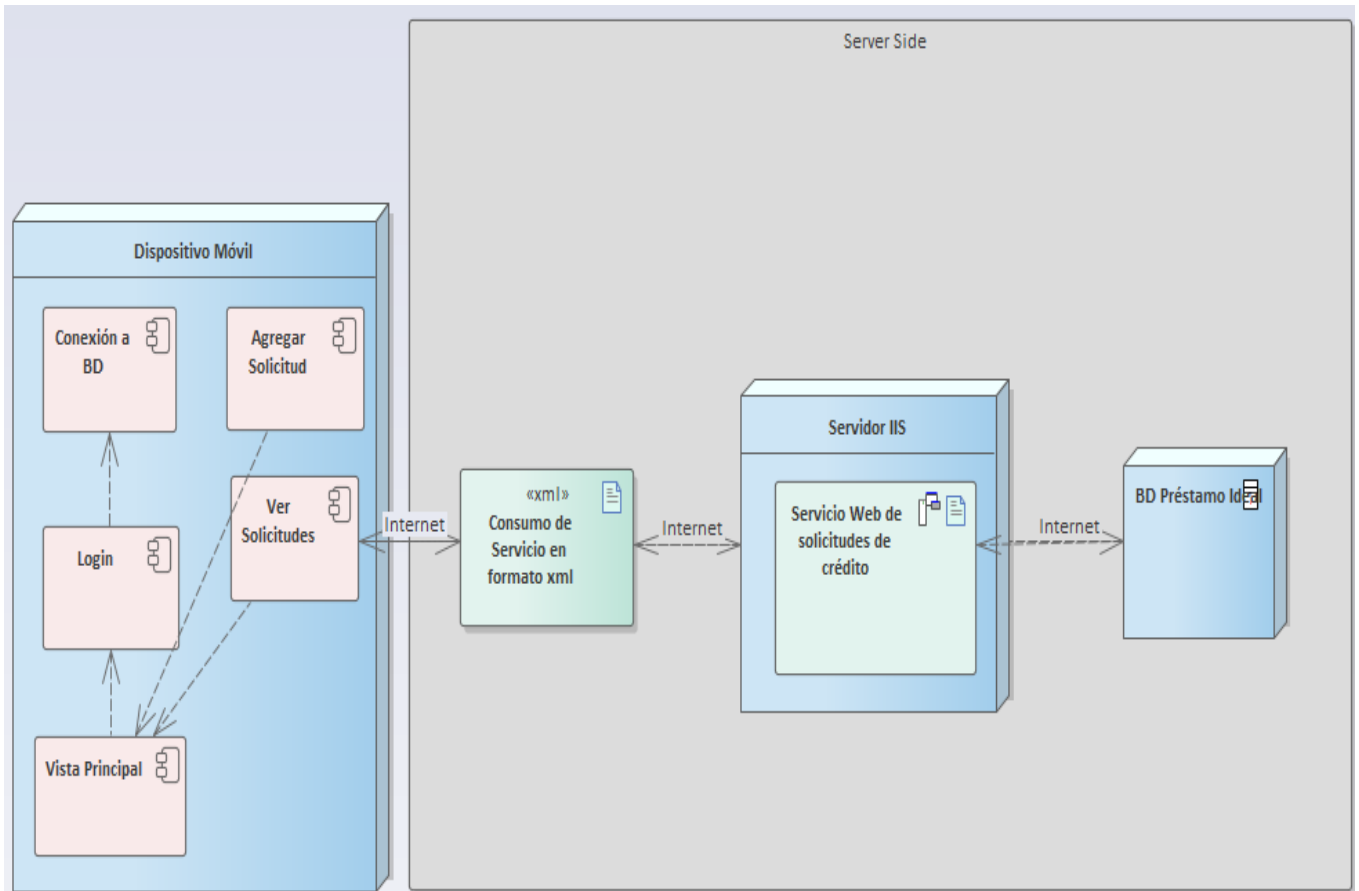


Figura 2 Diagrama de despliegue de la arquitectura de la aplicación móvil.

D. Diagramas de casos de uso.

En el diagrama de la Figura 4, se representan las actividades que el promotor de crédito puede realizar dentro de la aplicación móvil sin que el área de crédito intervenga, estas actividades son: Prospección de clientes, Registro de solicitud de crédito, Registrar la información del integrante o integrantes del grupo y finalizar la solicitud.

En el diagrama de la Figura 5, se representan las actividades en las cuales tanto el promotor como el área de crédito

- **Ver prospectos:** este módulo permite al usuario ver las solicitudes de prospección de clientes y hacer modificaciones sobre ellas.
- **Agregar solicitud:** este módulo permite al usuario registrar una nueva carátula de solicitud de crédito, la cual contiene la información para poder saber el tipo de crédito y el monto que pide el integrante o grupo de integrantes.

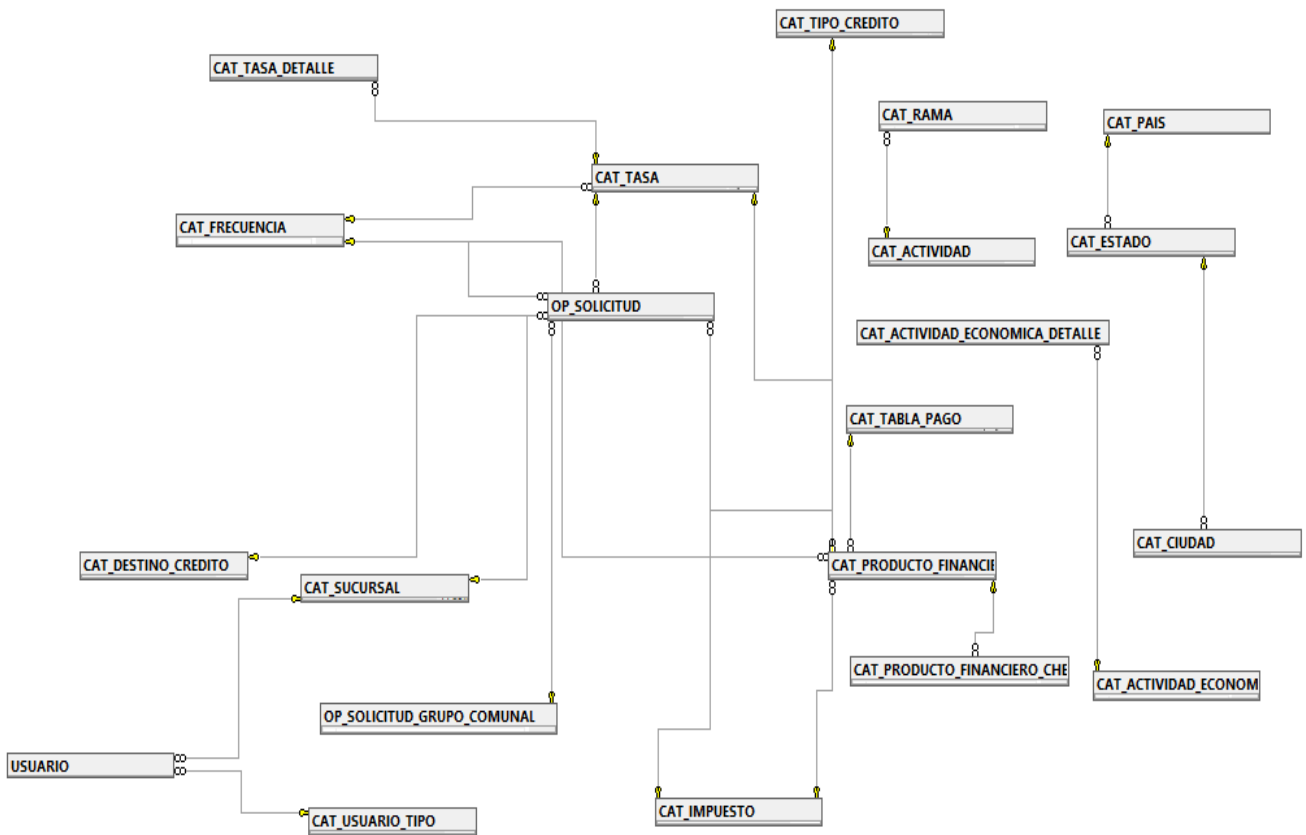


Figura 3 Diagrama de base de datos relacional.

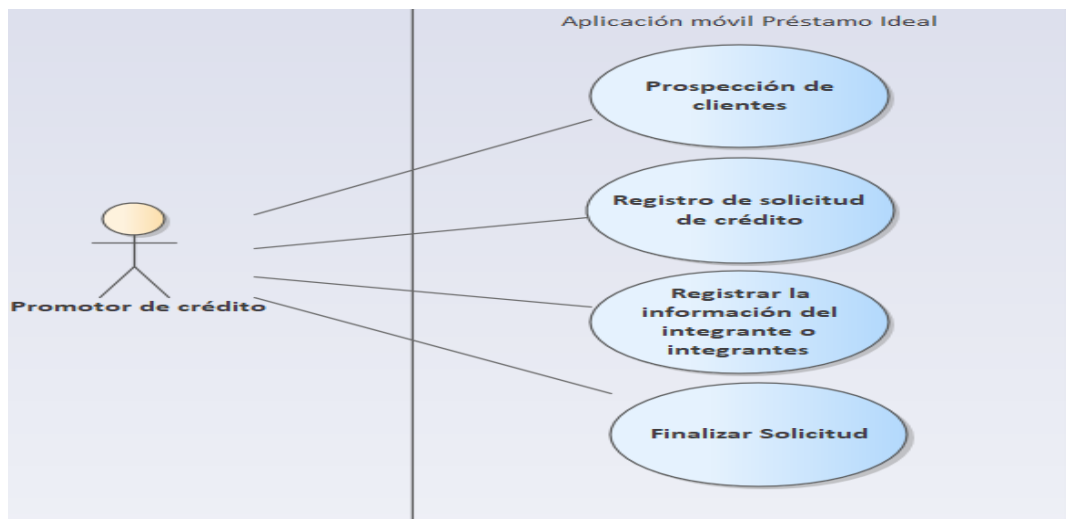


Figura 4 Diagrama de caso de uso de las actividades de la aplicación móvil "Préstamo Ideal", las cuales serán realizadas por el promotor de crédito.

- **Ver solicitudes:** este módulo permite al usuario ver las solicitudes de crédito registradas y en caso de ser necesario modificarlas.
- **Configuración:** este módulo permite al usuario cambiar su contraseña en caso de ser necesario o que se haya olvidado de ella.

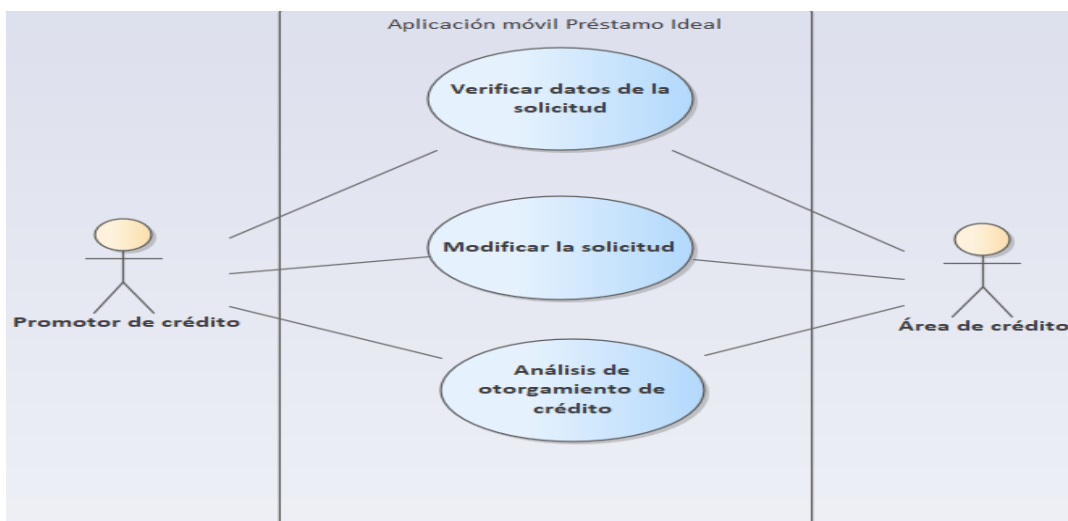


Figura 5 Diagrama de caso de uso de las actividades realizadas por el promotor de crédito en conjunto con la intervención del área de crédito en la empresa “Préstamo Ideal”.

## VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó, el modelado de una aplicación móvil que hace uso de un Servicio Web destinada a uso de los promotores, para realizar solicitudes de crédito dentro de la empresa “Préstamo Ideal”, los modelos y diagramas presentados son: Modelo de negocio, diagrama de despliegue, diagramas de caso de uso y diagrama de base de datos relacional.

Con base a la información presentada, se concluye lo siguiente:

- Con lo presentado en el modelo de negocio con la utilización de una aplicación móvil se puede agilizar el proceso de realización y aprobación de un crédito, debido a que se reducen los tiempos de traslado que tienen que hacer los promotores de crédito actualmente.
- Se reduce el uso excesivo de papel para el llenado de formularios de registro de solicitudes y clientes dado que con la utilización de la aplicación móvil todo estará guardado y disponible en un dispositivo móvil.

- Como se observa en los diagramas de casos de uso, se tiene una mejor comunicación entre el promotor de crédito y el área de crédito, que son las partes que intervienen en el proceso de realización y aprobación de un crédito, ya que conforme el promotor vaya registrando información, el área de crédito puede ir analizando sin necesidad de esperar a que el promotor llegue a la sucursal con los formatos de registro llenados de forma manual.
- El área de crédito puede dar una retroalimentación a los promotores para detectar y corregir los errores de una forma más eficaz o en su caso de dar información al promotor si el crédito ha sido aprobado o no.

## REFERENCIAS.

- Fernández, I. N., (2006a). Servicios web ligeros: alternativas al protocolo SOAP para la creación de servicios distribuidos. No publicado. 1 – 2.
- Fernández, I. N., (2006b). Servicios web ligeros: alternativas al protocolo SOAP para la creación de servicios distribuidos. No publicado. 1 – 2.
- Ferguson, J., Patterson, B., Beres, J., (2003). La biblia de C#. Anaya Multimedia, Madrid, España.
- Pérez, M. M., (2011). SQL Server R2 2008 Motor de Base de datos y administración. RC Libros, Madrid, España.
- INEGI (2021). Comunicado de Prensa Núm. 352/21.

# Sistema de monitoreo y control de datos para aplicaciones en IoT-MQTT

B. A. González-Vivas  
IT de Tijuana, Tecnológico  
Nacional de México  
Tijuana, México  
blanca.gonzalez18@tectijuana.edu  
u.mx

J. R. Cárdenas-Valdez  
IT de Tijuana, Tecnológico  
Nacional de México  
Tijuana, México  
jose.cardenas@tectijuana.edu.mx

A. H. Corral-Domínguez  
IT de Tijuana, Tecnológico  
Nacional de México  
Tijuana, México  
angel.corral@tectijuana.edu.mx

M. J. García-Ortega  
IT de Tijuana, Tecnológico  
Nacional de México  
Tijuana, México  
manuel.garcia@tectijuana.mx

A. Calvillo Téllez  
Instituto Politécnico Nacional  
CITEDI  
Tijuana, México  
calvillo@citedi.mx

**Resumen**— El Internet de las cosas (IoT) es un concepto que describe la interconexión digital de objetos y manejo de datos en la nube y relaciona la interconexión de dispositivos de forma inalámbrica, además incluye la investigación en el área de las comunicaciones inalámbricas. En este desarrollo tecnológico se lleva a cabo el diseño de una red IoT- Wi-Fi que permite el manejo de datos en la nube, monitoreo y control, tales como control remoto de luces, alarma de seguridad y aplicaciones de la domótica. La tecnología utilizada para la red IoT es Arduino Opla IoT y para los dispositivos de conexión Wi-Fi se utiliza el módulo de Arduino MKR 1010, el diseño está basado en el protocolo transporte de telemetría MQ (MQTT). El principal objetivo es proveer un estudio completo de arquitectura de IoT, enlazando las etapas de adquisición de datos, almacenamiento en la nube, análisis de datos y toma de decisiones. Se desarrolla una aplicación basada en código abierto para el manejo de datos que fueron almacenados en la nube mediante sensado domótico, los datos son extraídos de la nube y dan una retroalimentación en tiempo real, el sistema se basa en el método de pila TCP/IP y máquina a máquina (M2M).

**Keywords**— IoT, M2M, MQTT, Opla.

## I. INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos de las últimas décadas en la información aunado al crecimiento exponencial de usuarios require de una gran tasa de información y con amplios anchos de banda; el internet juega un papel importante en la transmisión y manejo de datos [1]. El Internet de las cosas (IoT) introduce conceptos de hiperconectividad para conexión remota y control de objetos [2]. Los sistemas de comunicación de alta velocidad se enfrentan a una rápida transformación, el reto de emigrar los sistemas de la 4G a la 5G para aplicaciones de IoT y crea la necesidad de desarrollar aplicaciones para manejo, control y operación de aplicaciones en la nube crea como necesidad el desarrollo de aplicaciones móviles que bajo protocolos de Internet tengan la regulación y control de datos en todo momento.

IoT tiene como objetivo operar dispositivos de forma autónoma sin intervención humana mediante comunicación máquina a máquina (M2M). La interconexión de objetos en es el propósito primordial del uso del internet [3]. IoT es una evolución de las aplicaciones móviles integradas y todo lo que esté conectado a internet para integrar mayor capacidad de comunicación y utilizar el análisis de datos para extraer información significativa [4]. Diversas aplicaciones relacionadas al IoT se han presentado en el estado del arte como forma de desarrollo de plataformas y sistemas de control. En [5-6] se hace una revisión de aplicaciones agroindustriales y ambientales que utilizan IoT, lo anterior motivado por la necesidad de identificar áreas de aplicación, tendencias, arquitecturas y desafíos abiertos en estos dos campos. En relación a aplicaciones pospandemia se tienen aplicaciones relacionado a COVID-19 para identificar los síntomas y brinda mejores tratamientos rápidamente. Es útil para el sistema de gestión de pacientes, médicos, cirujanos y hospitales [7]. En [8] se desarrolla una simulación para analizar aplicaciones basadas en IoT utilizando el modelo *MapReduce* en un entorno de computación en la nube con reducción de costo y tiempo de procesamiento.

El IoT es una integración de sistemas embebidos y tecnologías de la comunicación. Las tecnologías basadas en IoT juegan un papel crucial en la migración hacia la 5G e involucra de forma directa las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Para catalogar una red dentro el protocolo de MQTT, los dispositivos inteligentes en electrónica conectados a una red IoT toman todos los datos adquiridos, con esta información miden variables físicas y estos datos son integrados a protocolos de comunicación; el proceso de adquisición involucra consigo el manejo de datos en la nube para el proceso de análisis y pos-procesamiento, después se utilizan para el manejo de sensores y actuadores en aplicaciones reales.

IoT es una tendencia actual dentro de la tecnología y comunicación, por ello, es un hecho que el profundizar dentro de este tema y el desarrollo de aplicaciones para manejo de datos y control otorga una aportación en el área del desarrollo de

conectividad y desarrollo de las Telecomunicaciones. En este trabajo se presenta el diseño de un sistema basado en IoT-MQTT para monitoreo y control a través de una aplicación móvil, con registro de datos en la nube en tiempo real, que a partir de una red de sensores integrados a un sistema embebido, el sistema recopila datos para su análisis y mediante una interfaz desde un celular se realiza el control de actuadores.

Este trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera. En la Sección 2 se describe el desarrollo del sistema y de la aplicación domótica, en la Sección 3 se describen los resultados de la puesta en marcha de la aplicación, Finalmente, en la Sección 4 se describen las conclusiones obtenidas.

II. DESARROLLO DEL SISTEMA DE DOMÓTICA Y APLICACIÓN

MQTT sirve para manejar datos de publicación y suscripción. El *bróker* MQTT, es la parte responsable de la administración de los mensajes provenientes tanto de los dispositivos IoT, como de las aplicaciones Web. Estos mensajes se organizan bajo estructuras temáticas denominadas tópicos [9]. Cuando un dispositivo en la mayoría de los casos sensores o una aplicación Web envían información a través del tópico, otras aplicaciones o dispositivos podrán suscribirse a dichos tópicos. El protocolo MQTT tiene una de las ventajas más importantes para el desarrollo de proyectos IoT ya que requiere un ancho de banda mínimo y es importante en redes inalámbricas desde la tercera generación (3G), o conexiones con problemas de calidad, lo que en este caso aplicará en su totalidad ya que el tipo de proyectos están visualizados para el uso dentro de una instalación como oficina u hogar como se describe en la Fig. 1.

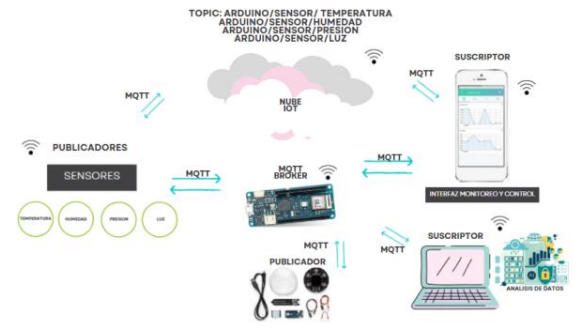


Fig. 1. Estructura básica del protocolo MQTT.

Se propone la integración de dispositivos basados en IoT-MQTT para monitoreo y control de actuadores. El desarrollo tecnológico logrado permite tener una base sólida de fácil acceso para generar proyectos que involucren este tema en particular con el diseño de una plataforma IoT. El diseño de control de actuadores y monitoreo de variables en tiempo real en la nube, genera una segunda etapa dos para el manejo de actuadores, como se observa en la Fig. 2.

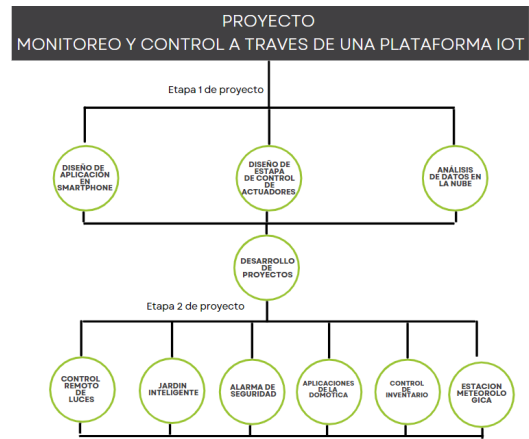


Fig. 2. Proceso del desarrollo de la aplicación IoT.

El sistema desarrollado deja la pauta para aportaciones en el campo del IoT, el propósito principal es que todos los objetos que se tengan para diferentes usos se conviertan en “Objetos inteligentes” dado la toma de decisiones que puede realizar a partir del almacenamiento de datos en la nube. La plataforma desarrollada es sensible para recabar información y análisis de datos implementando en el protocolo estándar MQTT de lazo cerrado, además del control de actuadores. Este proyecto sirve de base para aplicaciones relacionadas a la domótica y control de variables ambientales, como control remoto de luces, estación meteorológica personal, alarma de seguridad doméstica, jardín inteligente, en la Fig. 3 se observan diversos ejemplos, entre otras aplicaciones de domótica.



Fig. 3. Ejemplo del diseño de un jardín inteligente.

La primera aplicación desarrollada se basa en el control de relevadores internos del MKR IoT Carrier, el cual contiene dos relevadores para manejo de hasta 24 V, esto indica que no solo soporta la interacción con LEDs, sino con dispositivos de voltaje de corriente alterna (AC), como se observa en la Fig. 4.

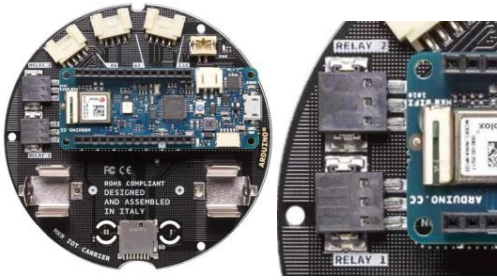


Fig. 4. Arduino OPLÀ IoT Kit con modulo, MKR Wi-Fi y control de relevadores.

A continuación, se eligió una tarjeta para asociarla con el “Thing” en la Fig. 5 se observa la etapa de configuración para seleccionar el dispositivo, además de la previa instalación del controlador de la tarjeta.

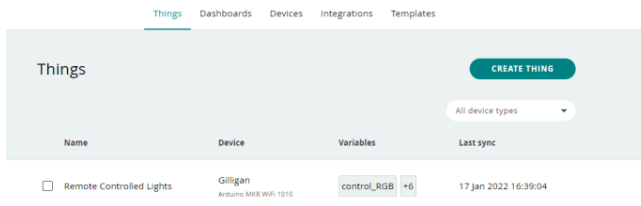


Fig. 5. Configuración de la tarjeta Arduino Opla IoT.

La siguiente etapa es la creación de las variables, en la Fig. 6 se observa la configuración de las variables para la activación de sensores y actuadores del sistema que pueden ser de lectura y/o escritura, y para esta aplicación de tipo booleano:

Nombre	Tipos de Datos	Función	Autorización
blink_RGB	booleano	Intermitente del RGBS	Leer y escribir
switch_RGB	booleano	Activa o desactiva los RGB	Leer y escribir
circle_RGB	booleano	Activa un loop de píxeles	Leer y escribir
control_RGB	Colorear HSB	Controla el valor RGB	Leer y escribir
blink_speed	int	Ajusta la velocidad de intermitencia de los RGB	Leer y escribir
relay_1	booleano	Activa / desactiva el relé 1	Leer y escribir
relay_2	booleano	Activa / desactiva el relé 2	Leer y escribir

Fig. 6. Configuración de las variables para la activación de los relevadores.

En este caso todas las variables se crearon como lectura y escritura para tomar los datos de la tabla y enviar datos hacia la tarjeta, como se describe en la Fig. 7, en donde en la etapa de “setup” se establece la variable que se pondrá bajo prueba mediante los sensores.

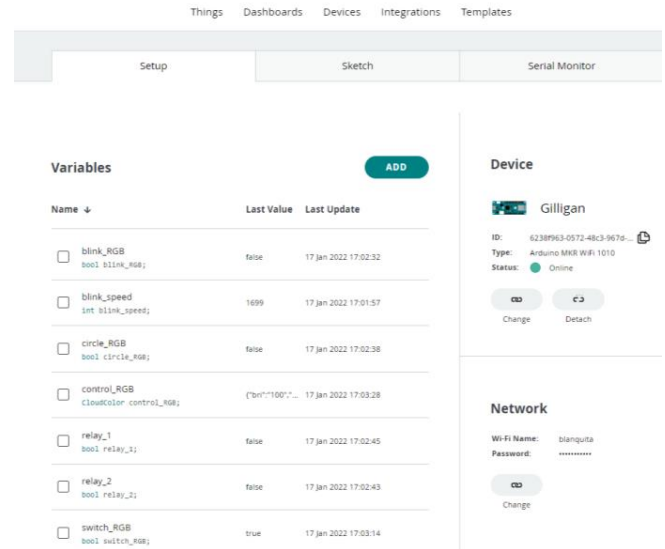


Fig. 7. Configuración de las variables y tipos de salida.

En la siguiente etapa se crean siete “widgets”, para relacionar las variables establecidas con el objeto bajo prueba, en este caso los sensores, en la Fig. 8 se observa la configuración desarrollada.

Variable	Widget
relay_1	Interruptor
relay_2	Interruptor
blink_RGB	Interruptor
circle_RGB	Interruptor
switch_RGB	Interruptor
control_RGB	Color
blink_speed	Slider

Fig. 8. Configuración de las variables contra los “Widget” a utilizar en la implementación.

Con esta herramienta se monitorea y controla en tiempo real las salidas establecidas en la configuración. Los datos son almacenados en la nube y se pueden controlar y monitorear mediante una aplicación móvil.

### III. RESULTADOS

Se diseño un panel de control en un teléfono móvil, para el control y monitoreo de las luces por medio de IoT, en la Fig. 9 se describe la plataforma desarrollada en Arduino que se descargará mediante el uso del internet.

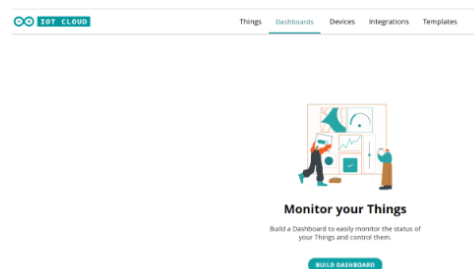


Fig. 9. Panel de control para el monitoreo en un teléfono móvil.

En el panel de control de la Fig. 10 se puede personalizar para los diversos sensores y actuadores con aplicaciones en domótica, control de temperatura y sensado, en este ejemplo se activan los relevadores de la tarjeta Arduino Opla IoT, mediante programación en Lenguaje C, se diseña un sistema de lazo cerrado para la toma de decisiones de forma automática en los actuadores, o control mediante variables continuas como sensado de temperatura por ejemplo.

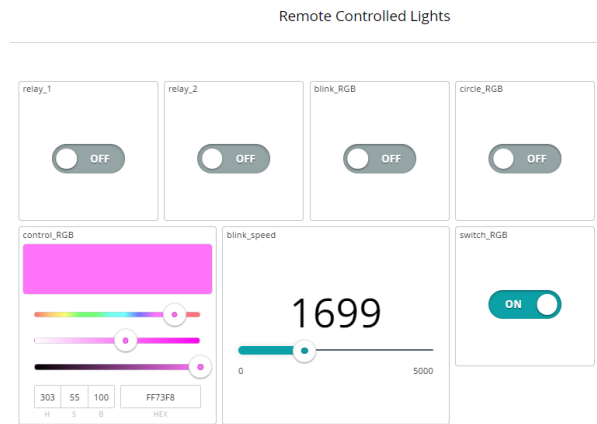


Fig. 10. Panel de control para el monitoreo en un teléfono móvil

#### IV. CONCLUSIONES

En este desarrollo tecnológico se implementó en un teléfono móvil un panel de control para sensado y monitoreo de variables, la tarjeta Arduino Opla IoT permite una gran gama de aplicaciones y el diseño de paneles de control. Los datos que se sensan en el sistema embebido se envían a la nube y se tiene acceso a los resultados de las variables bajo prueba. El sistema permite utilizar variables continuas y programación en lenguaje C en la plataforma Arduino IDE para la toma de decisiones de forma autónoma y realizar una mezcla de decisiones automáticas o manuales por el usuario. El sistema cumple con el protocolo MQTT durante el sensado, transmisión y activación de actuadores y permite el almacenamiento y extracción de datos en la nube.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al TECNM por el apoyo brindado en el proyecto de investigación financiado No. 14284.22-P. Además a PRODEP por el apoyo en el financiamiento al Cuerpo Académico ITTIJ-CA-9 en formación.

#### REFERENCES

- [1] N. Bălău, U. Utz. "Information sharing as strategic behaviour: the role of information display, social motivation and time pressure," *Behaviour & Information Technology*, vol. 36, no. 6, pp. 589-605, 2016
- [2] L. Tawalbeh, F. Muheidat, M. Tawalbeh, and M. Quwaider, "IoT Privacy and Security: Challenges and Solutions," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 12, p. 4102, Jun. 2020,
- [3] S. Balaji, K. Nathani, R. Santhakumar, "IoT Technology, Applications and Challenges: A Contemporary Survey," *Wireless Pers Commun*, vol. 108, pp. 363-388, 2019
- [4] N. Sharma, M. Shamkuwar, I. Singh, I. "The History, Present and Future with IoT. In: Balas, V., Solanki, V., Kumar, R., Khari, M. (eds) *Internet of Things and Big Data Analytics for Smart Generation*," *Intelligent Systems Reference Library*, vol. 154. Springer, Cham.
- [5] J. M. Talavera, L. E. Tobón, J. A. Gómez, M. A. Culman, J. M. Aranda, D. T. Parra, L. A. Quiroz, A. Hoyos, L. E. Garreta, "Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 142, pp.283-297, 2017.
- [6] A. Khanna, S. Kaur, *Internet of Things (IoT), "Applications and Challenges: A Comprehensive Review," Wireless Pers Commun*, vol. 114, pp. 1687-1762, 2020.
- [7] R. Singh, M. Javaid, A. Haleem, R. Suman. "Internet of things (IoT) applications to fight against COVID-19 pandemic," *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, vol. 14, no. 4, 2020.
- [8] X. Zeng, S. K. Garg, P. Strazdins, P. P. Jayaraman, D. G. Rajiv Ranjan, "IOTSim: A simulator for analysing IoT applications," vol. 72, pp. 93-107, 2017.
- [9] M. A. Camargo Vila, "IoT-Based Services Platform for the Monitoring and Control of a Photovoltaic (PV) Generation System Integrated With Vegetation," *SICEL*, vol. 9, 2017.



# Propuesta de desarrollo de un sistema web inmobiliario

Ing. Brayant Jahir López Jiménez  
Estudiante de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ *IT Acapulco*.  
Acapulco, Guerrero, México  
MM2032007@acapulco.tecnm.mx  
x

M.T.I. Juan Miguel Hernández  
Bravo  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ *IT Acapulco*.  
Acapulco, Guerrero, México.  
Juan.hb@acapulco.tecnm.mx

Dra. Alma Delia De Jesus Islao  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ *IT Acapulco*.  
Acapulco, Guerrero, México.  
alma.di@acapulco.tecnm.mx

Dra. Miriam Martínez Arroyo  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ *IT Acapulco*.  
Acapulco, Guerrero, México  
miriam.ma@acapulco.tecnm.mx

**Resumen**— En el presente artículo, es el producto de la ejecución de un proyecto interdisciplinario de la Maestría en Sistemas Computacionales con apoyo del CONACYT, en el Tecnológico Nacional de México, campus Acapulco. El propósito de este artículo es presentar una propuesta de diseño con notación UML (*Unified Modeling Language*) que permita el desarrollo de un sistema web combinado con las funciones de un CRM dedicado a la gestión inmobiliaria. El objetivo del sistema es contar con una herramienta para gestionar la información entre cada uno de los procesos, donde los clientes actuales y nuevos puedan interactuar con la empresa y encontrar todos los servicios e información. Adicionalmente, la idea es que el sistema para acapulco a su alcance y a sus empleados, permitiéndoles acceder, gestionar y crear información desde cualquier lugar donde se encuentren, facilitando la producción de la empresa todo esto basado en la metodología Kanban en combinación con el marco de trabajo Scrum.

**Palabras claves**— *Tecnologías web, sistema inmobiliario, automatización, marco Scrum, metodología Kanban.*

## I. INTRODUCCIÓN

El diseño de sistemas es un proceso que se utiliza para el desarrollo de modelos abstractos para un sistema, donde cada modelo satisface los requisitos previamente especificados, que podría llamarse como teoría de un sistema para desarrollar un nuevo producto. Generalmente el modelado de sistemas es una herramienta que permite presentar el sistema o la propuesta del mismo en notación gráfica basada en notaciones de El Lenguaje Unificado de Modelado (UML). Es un lenguaje de modelado visual de propósito general que se utiliza para especificar, visualizar, construir y documentar los artefactos de un sistema software. Captura decisiones y conocimiento sobre sistemas que deben ser construidos. Se usa para comprender, diseñar, ojear, configurar, mantener y controlar la información sobre tales sistemas. Está pensado para ser utilizado con todos.

Dichas los métodos de desarrollo, etapas del ciclo de vida, dominios de aplicación y medios. El lenguaje de modelado pretende unificar la experiencia pasada sobre las técnicas de modelado e incorporar las mejores prácticas de software actuales en una aproximación estándar. (Jacobson, Rumbaugh,

& Booch, 2007). Los modelos se usan durante el proceso de ingeniería de requerimientos para ayudar a derivar los requerimientos de un sistema, durante el proceso de diseño para describir el sistema a los ingenieros que implementan el sistema, y después de la implementación para documentar la estructura y la operación del sistema. (Sommerville, 2011). Una ventaja que ofrece UML es ayudar al usuario a entender la realidad de la tecnología y la posibilidad de que se reflexione antes de intervenir y gastar grandes cantidades en proyectos que no estén seguros en su desarrollo, reduciendo el coste y el tiempo empleado en la construcción de las piezas que constituirán el modelo. (Jacobson, Rumbaugh & Booch; 2007). UML permite la creación de diferentes tipos de modelado de sistemas para la representación de un sistema de los cuales son los diagramas de actividad, de caso de uso, de secuencia, de clase y de estado (Erickson & Siau, 2007). Para complementar a UML con el modelado de proceso de negocio se hace uso del Modelo y Notación de Procesos de Negocio (*BPMN, en inglés Business Process Model and Notation*) es una notación que permite el modelado de procesos de negocio, en un formato de flujo de trabajo. El BPMN se especifica como un lenguaje de propósito general, lo que significa que los conceptos de modelado son elementos genéricos en el contexto de los procesos de uso, sin ninguna característica de dominio, esto quiere decir que no está restringido a un sólo dominio (Braun & Schlieter, 2014).

Para complementar la propuesta es necesario contemplar la base de datos que es la encargada de almacenar los datos del negocio durante resto de su ciclo de vida una vez implementado el desarrollo del software. El diseñador de base de datos tiene la responsabilidad de diseñar un diagrama denominado Entidad-Relación (*ER, inglés Entity Relationship*) está basado en el proceso de negocio del usuario. El diagrama ER describe cualquier entidad u objeto relacionado con el sistema. Posteriormente, el diagrama ER se traduce al Modelo de Datos Conceptuales (*CDM*) y finalmente al Modelo de Datos Físicos (*PDM*) (Simanjuntak, 2015).

II. OBJETIVOS

A. General

- Diseñar un sistema web que permita administrar una la empresa inmobiliaria Acapulco a tu alcance, el cual permita al gerente de asesores monitorizar y apoyar de manera rápida y eficiente. En cuanto a los asesores inmobiliarios acelerando sus procesos permitiendo reducir sus tiempos que a su vez permite dar un mejor servicio al cliente.

B. Especificos

- Realizar un análisis detallado con la gerencia y empleados para la recolección de información de los problemas presentes en la empresa.
- Integrar un módulo de pagos de rentas.
- Integrar un módulo con Galería de los inmuebles con imágenes.
- Integrar un módulo de vista detallada de cada inmueble.
- Integrar un módulo de mensajes entre Cliente y asesor.
- Integrar un módulo de consulta en gráficos de los datos para su análisis (Venta/Renta).
- Integrar un diseño responsivo para cualquier dispositivo.
- Proporcionar herramienta de monitoreo de los estatus de inmuebles publicados y a quien pertenece.
- Integrar un módulo de información para tipos de créditos.
- Integrar herramienta de difusión a través de redes sociales.

III. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describen las herramientas utilizadas para el desarrollo del análisis y diseño del sistema Web.

A. Enterprise Architect

Herramienta grafica de diseño y modelado de sistemas de software, basada en UML. Dicha herramienta puede cubrir el desarrollo de sistemas desde los requerimientos, análisis, modelos de diseño, pruebas y mantenimiento. (OMG, 2017).

Se utilizó esta herramienta para crear los diagramas UML, para explicar más a fondo el funcionamiento del sistema, así como la identificación de los actores que tendrán acceso al sistema.

B. Metodología

Se considera la definición presentada por Acevedo, [Acevedo J.,2001] la cual establece que Kanban es “una técnica de gestión de producción basada en un sistema *pull* (halar) que se fundamentan en la autogestión de los procesos, eliminando la programación centralizada. Se produce y transporta lo que se demanda en los procesos consumidores, manteniendo en rotación sólo aquellas cantidades que garantizan la continuidad del consumo. Cuando se interrumpe el consumo se detiene la

producción. Es una herramienta para conseguir la producción Justo a tiempo –JIT–”.

Según Acevedo et al. [Acevedo J.,2001], con Kanban se reduce el sistema de información, ya que no se requiere elaborar el plan detallado para la subdivisión productiva o para cada

proceso. En su lugar, basta con informar a la línea de montaje final o proceso terminal[Acevedo J.,2001]. Esto puede expresarse como: “El proceso siguiente retira las piezas (trabajo) del proceso anterior”.

Los principios que se promueven en la metodología Kanban son [Mitra, D., 1990]:

- Calidad perfecta a la primera: Todo lo que se hace se debe intentar hacerlo bien, no rápido, ya que cuesta más tiempo hacer algo rápido y tener que arreglarlo después, que hacerlo bien desde el principio.
- Minimización del despilfarro: Hacer lo justo y necesario, sin entretenerse en otras tareas secundarias o innecesarias (principio *YAGNI*).
- Mejora continua: Ir mejorando continuamente los desarrollos, según los objetivos a lograr y alcanzar.
- Flexibilidad: Según los faltantes o pendientes se deciden las tareas a realizar. Las tareas entrantes se pueden priorizar y condicionar según las necesidades puntuales.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con proveedores.

La metodología Kanban está basada en un conjunto de seis reglas, las cuales se

presentan en la fig. 1. En el desarrollo de este tipo de técnicas, es muy común ver

adheridas tarjetas (o simplemente tarjetas de tareas) en un tablero o en una pared, las

cuales son conocidas como “Tareas Kanban”.

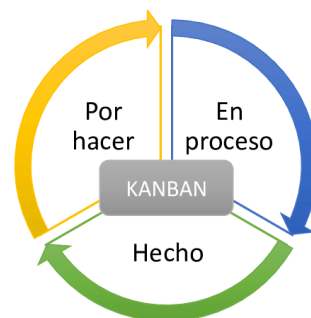


Fig. 1: Metodología Kanban

#### IV. ANÁLISIS DEL PROYECTO

##### A. Tipo de investigación

El lenguaje Unificado de Modelado, por sus siglas en inglés UML, fue creado para forjar un lenguaje de modelado visual común, semántica y sintácticamente bueno para la arquitectura, el diseño y la implementación de sistemas de software complejos, tanto en estructura como en comportamiento. (OMG, 2017).

Para la creación de los diagramas UML, se utilizó la herramienta de SPARX SYSTEMS llamada Enterprise Architect. A continuación, se mostrarán los diagramas elaborados con su propia descripción.

##### B. Ingeniería de requisitos

Los requerimientos es un documento de requerimientos de los requerimientos del usuario y del sistema, los requerimientos no funcionales son restricciones en su operación, estos requerimientos reflejan las necesidades del cliente por un sistema que atienda ciertos propósitos. (Sommerville, 2011).

Las técnicas empleadas para la obtención de requerimientos fueron un conjunto de técnicas para obtener la información correcta y necesaria, estas incluyen la entrevista, observación, y desarrollo de prototipos, los cuales nos ayudaron a conseguir requerimientos funcionales y no funcionales de sistema Web que veremos a continuación.

- Entrevista cerrada y abierta: La entrevista cerrada es donde los participantes responden a un conjunto de preguntas preestablecidas. La entrevista abierta, es cuando no se tiene una agenda predefinida, se explora un rango de conflicto con los participantes del sistema y como resultado se obtiene una mejor comprensión de sus necesidades. (Sommerville, 2011) Se realizó una entrevista cerrada al personal de la empresa para poder iniciar con la recolección de requerimientos en base a su opinión. En otro momento, se realizó una entrevista abierta en donde se asistió un día común para poder observar los problemas que surgen en sus procesos diarios.
- Observación: Consiste en visualizar un fenómeno y obtener todos los datos posibles para posteriormente poder analizarlos. (Masters, 2021) Dicho esto, se observaron todos los procesos que se realizan para el desarrollo de avalúos.
- Desarrollo de prototipos: Consiste hacer pantallas del sistema solicitado. Se desarrollaron prototipos para que la empresa pueda visualizar los requerimientos obtenidos en las diferentes procesos aplicados y así poder determinar si el prototipo cumple con los requerimientos.

##### C. Actores que formaron parte de la investigación

Los siguientes actores que intervinieron en la investigación, ayudaron a determinar los roles de usuarios y permisos que tendrán para el manejo del sistema web.

- Gerente de asesores
- Asesor Inmobiliario

- Usuario con registro
- Usuario sin registrar

#### V. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA A DESARROLLAR

##### A. El Modelo de procesos de negocio

El lenguaje Unificado de Modelado, por sus siglas en inglés UML, fue creado para forjar un lenguaje de modelado visual común, semántica y sintácticamente bueno para la arquitectura, el diseño y la implementación de sistemas de software complejos, tanto en estructura como en comportamiento. (OMG, 2017)

En el desarrollo de los diagramas UML, se utilizó la herramienta Enterprise Architect. A continuación, se mostrará cada diagrama realizado y su descripción.

Se realizó el diagrama de modelo de proceso de negocio, ver Fig. 3, en donde se muestra el esquema general y los procedimientos que realiza la empresa, se puede apreciar cuatro carriles, los cuales dividen las áreas y el personal involucrado para la obtención de un avalúo certificado.

Dentro de la estructura organizacional y de las actividades habituales de la empresa, el sistema intervendrá en los procesos 3, 5, 7, ,10, 11 y 15. A continuación, se explica brevemente en que consiste cada uno de los procesos y se especifica que se pretende realizar en los procesos que interviene el sistema:

Se realizó el diagrama de modelo de proceso de negocio, ver Fig. 2, en donde se muestra el esquema general y los procedimientos que realiza la empresa, se puede apreciar seis carriles, los cuales dividen las áreas y los actores involucrados para la obtención de una operación de renta.

Dentro de la estructura organizacional y de las actividades habituales de la empresa, el sistema intervendrá en los procesos que se encuentran resaltados en amarillo. A continuación, se explica brevemente en que consiste cada uno de los procesos, y se pretende realizar en los procesos que interviene el sistema:

- 1) Crear publicación de inmueble: El Asesor crea una publicación de inmueble que incluye título ,características ,descripción y fotografías.
- 2) Ver galería de inmuebles: Usuario registrado y no registrado podrán ver la galería de inmuebles.
- 3) Ver detalles inmuebles: El Usuario puede ver la publicación del inmueble que contiene título, precio, descripción, detalles técnicos y una opción de contacto con el asesor inmobiliario para resolver sus dudas (para usuarios registrados o sin registrar ). Sea compra o venta se generan dos opciones.
- 4) Comprar el inmueble: consiste en que el usuario aclara sus dudas con el asesor inmobiliario por medio de mensajes en la plataforma, o en caso de querer acordar un recorrido del inmueble, hasta que pueda tomar una decisión.

- 5) Rentar el inmueble: consiste en que el usuario aclara sus dudas con el asesor inmobiliario por medio de mensajes en la plataforma, o en caso de querer acordar un recorrido del inmueble, hasta que pueda tomar una decisión.
- 6) Verificar mensajes: función realizada por el asesor inmobiliario que le corresponde la publicación del inmueble se pone en contacto con el cliente para aclarar las dudas cíclicamente hasta que este tome una decisión.
- 7) Redirigir a Registro: el sistema redirige al usuario no registrado a crear una cuenta.
- 8) Seleccionar fechas de renta: para seleccionar fecha de renta el cliente debe colocar fecha de entrada y fecha de salida para conocer el cálculo que consiste en precio de día o mes por cantidad de días o meses.
- 9) Proceder a pago de renta: seleccionada la fecha se agrega a carrito para proceder a pagar una vez confirmado el subtotal (aplicar cupones de descuento en caso que se tenga uno) y revisar el total y fechas correctas, procede a pagar.
- 10) Pasarela de pago: El sistema es el encargado de enlaza con el sistema de pagos intermediario, requiriendo información del usuario, y método de pago, dando dos opciones:
- 11) Deposito o transferencia: el sistema por una parte genera el apartado del inmueble colocándolo con status de pago pendiente y el usuario procede a hacer transferencia o deposito con los datos brindados al realizar la renta.
- 12) Confirmación de pago en cuenta: el gerente de asesores es el encargado de llevar el control de la cuenta y cambios de status una vez confirmado el pago, en caso contrario de no realizarse el pago en tiempo y forma se procede a cambio de estatus cancelado para cambiar a disponible las fechas seleccionadas anteriormente.
- 13) Tarjeta: el sistema por sí mismo se encarga enlazar con el sistema de pagos.
- 14) Cobro de plataforma de pago: la plataforma *Stripe* se encarga de generar petición del cobro al banco a la tarjeta de débito o crédito.
- 15) Generar cobro de pago automático: el banco genera
- 16) Confirmación de transacción correo: una vez realizado el cobro y devuelve la respuesta a el sistema de pagos, en caso positivo hace llegar una confirmación de pago personalizada al correo electrónico del usuario
- 17) Cambia de status automático renta: el sistema cambia de status en automático de la renta y el status del pago.

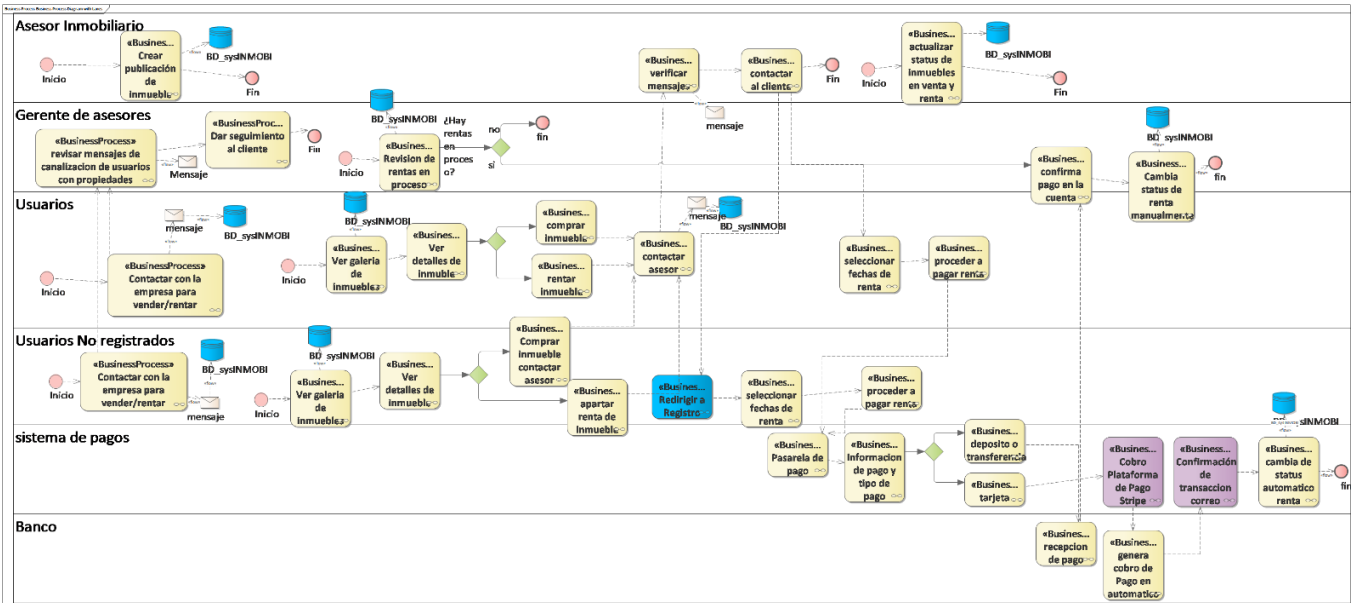


Fig. 2: Modelo de procesos de negocio

B. Diagramas de casos de uso principales

Los actores que interactuarán con el sistema son el gerente de asesores, asesor inmobiliario y usuario, donde dependiendo de su rol, tendrán acceso a distintos módulos y podrán realizar diversas acciones, esto con el objetivo de lograr administrar de forma correcta el sistema. Debido al límite de espacio que se tiene en el artículo y que se cuenta con varios diagramas de casos de uso, se muestran los diagramas de casos de uso principales del sistema Web.

En la figura 3 veremos, el diagrama de casos de uso del actor asesor inmobiliario, podrá editar información de su usuario, crear publicación de inmuebles, modificar sus propias publicaciones, consultar inmuebles, consultar mensajes de usuarios sobre sus inmuebles.

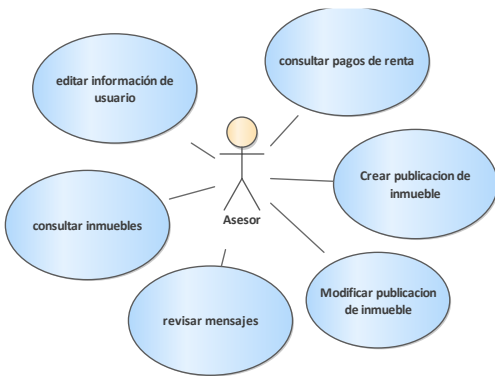


Fig. 3: Actor Asesor inmobiliario.

En la figura 4, el diagrama de casos de uso del actor gerente de asesores, en donde él puede gestionar página principal, gestión de mensajes, gestión de usuarios, gestión de inmuebles, gestión de pagos de renta, gestión de ofertas.

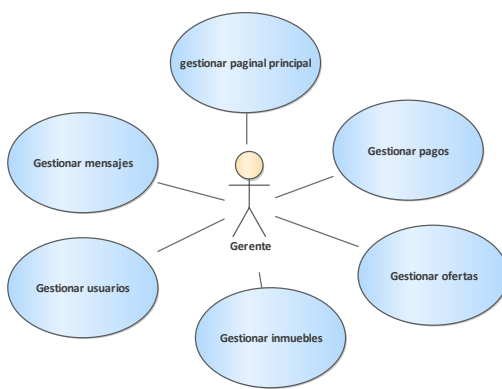


Fig. 4: Actor Gerente de asesores.

En la Fig. 6, se muestra el diagrama de caso de uso del módulo fotografías donde el usuario administrador puede cargar, modificar, eliminar, consultar y descargar las fotografías de todos los registros de avalúos. A diferencia del administrador, el empleado solo puede consultar y descargar las fotografías de los avalúos que tenga asignados a su usuario para capturar. Esto

debido a la seguridad del manejo de la información que la empresa requiere implementar en el sistema.

En la figura 5, el diagrama de casos de uso del actor Usuario, en donde él puede consultar historial de rentas, ver inmuebles, rentar, cancelar rentas, editar información de usuario, enviar mensajes a asesores.

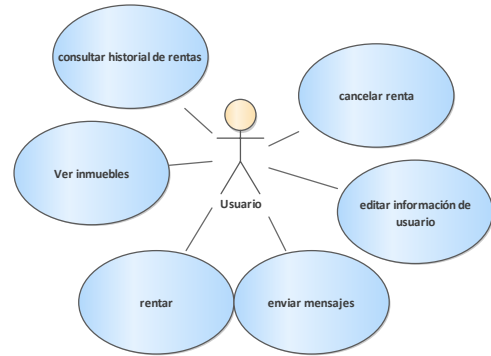


Fig. 5: Módulo fotografías.

C. Diagrama de clases

Mediante el siguiente diagrama de clases, se muestra la estructura del sistema propuesto, identificando sus clases y métodos necesarios, ver Fig. 6.

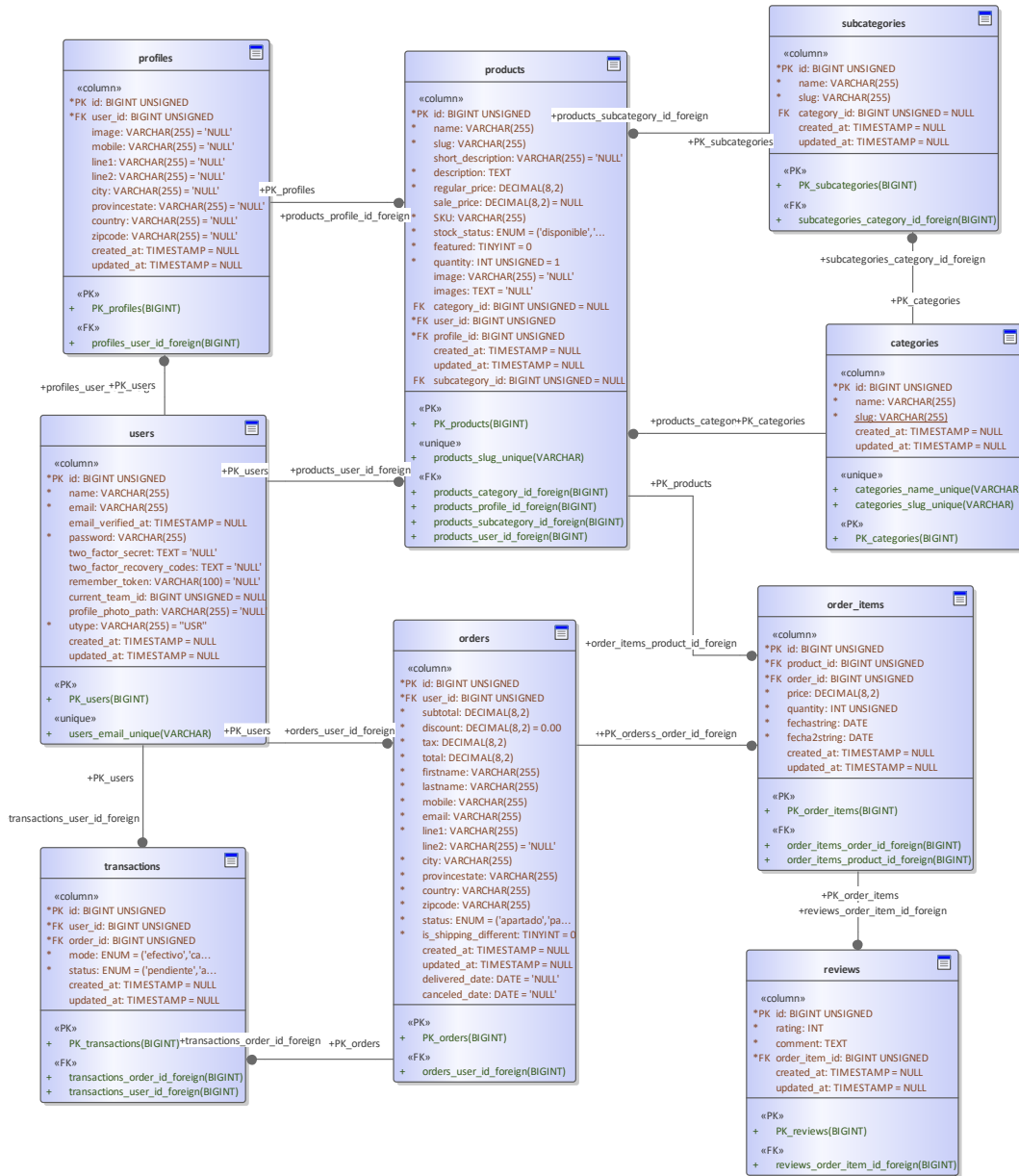


Fig. 6: Diagrama de clases.



D. Diagrama de clases

Como podemos observar en la Fig. 7, se presenta la propuesta de distribución de las partes internas que componen el sistema Web, plasmando la separación de los componentes de cada nodo y la comunicación que tendrán entre ellos.

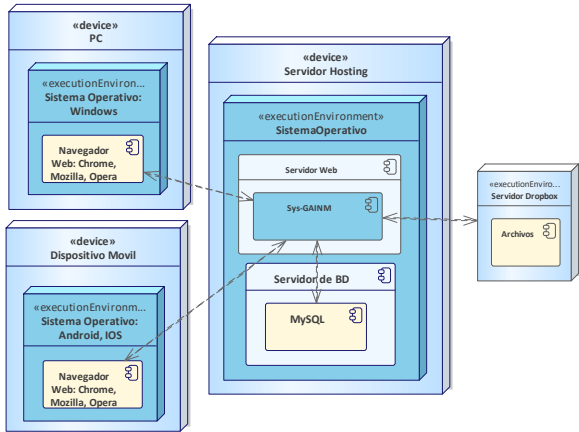


Fig. 7: Diagrama de despliegue

Descripción:

- PC: Es una computadora de escritorio o portátil donde podrá acceder al sistema por medio de un navegador web como lo son Chrome, Mozilla y Opera.
- Dispositivo Móvil: Es todo aquel dispositivo que cuente con un navegador web como celulares y tabletas, utilizando los navegadores tradicionales Chrome, Mozilla y Opera.
- Servidor de Hosting: Donde se alojará el sistema completo, el cual se divide en dos partes:
  - Servidor Web: Se encontrarán los componentes del sistema web, quien se encargará de administrar el acceso de este.
  - Servidor de BD: Donde se aloja el sistema gestor de base de datos MySQL, aquí se manipulará y administrará el acceso a los datos de la base de datos del sistema.

E. Prototipos de vistas

Un prototipo es un modelo (representación, demostración o simulación) fácilmente ampliable y modificable de un sistema planificado. Un prototipo muestra información de ejemplo y permite cierta interacción con el usuario como la navegación entre vistas, las animaciones, entre otros. (Walter, Maner. 1997)

Utilice Laravel, Bootstrap y CSS para la maquetación para mostrar una vista previa a partir de la planificación, sumado el análisis y retroalimentación con la empresa se logró crear el

diseño de algunas páginas principales donde se tomó en cuenta los requerimientos no funcionales del sistema como lo es tener un sistema amigable y fácil, cabe mencionar que solo se presentaran los prototipos aceptados por la empresa, que son parte principal del sistema, debido al límite de páginas en el artículo.

Para comenzar, en la Fig. 8 se muestra la vista de la pantalla principal, el cual consta de una barra de buscador, los inmuebles en oferta, los inmuebles recientemente creados, catálogo de inmuebles de sugerencia por tipo de categoría renta por día, renta por mes o venta.

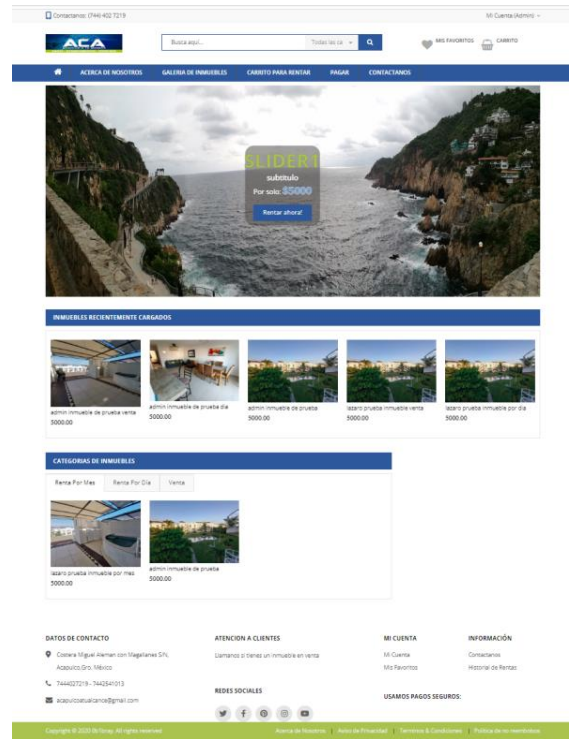


Fig. 8: Vista principal del sistema

En la Fig. 9, los usuarios podrán filtrar sus búsquedas a partir de precio, categorías tipo de inmueble en renta por día, renta por mes o venta y seleccionar una subcategoría donde será por tipo de inmueble ejemplo, departamento, casa habitación o casa en condominio, también podrá guardar en favoritos que se guarda en sesión, seleccionar el inmueble de su interés.

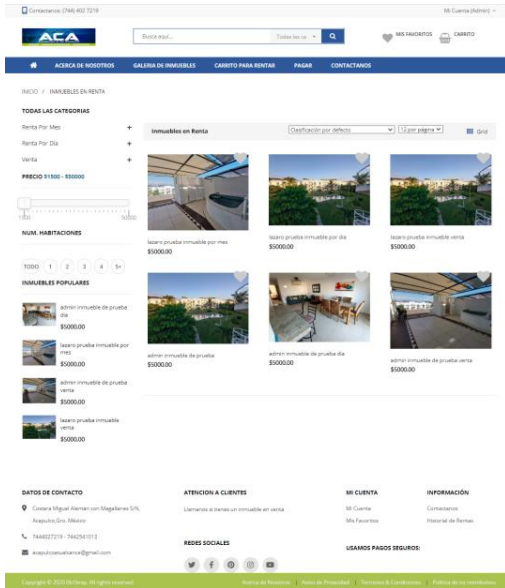


Fig. 9: Vista de Galería de inmuebles

Para poder realizar una renta por día en la sección de vista tendrá, título, calificaciones de usuarios, precio , calculo por fecha de entrada y salida, guardar la fecha seleccionada para pagar, los datos del asesor y poder contactar al asesor por mensajes hasta que resuelva sus dudas y acordar cita para mostrar el inmueble físicamente previa cita. Ver figura 13.

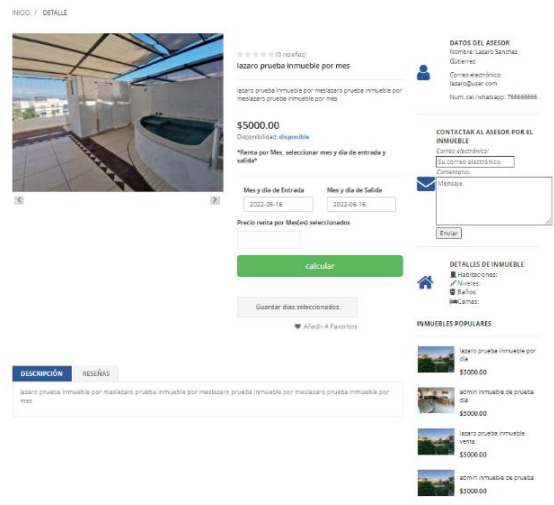


Fig. 11: Vista detalles inmueble en renta por mes

Para poder realizar una compra venta en la sección de vista tendrá, título, calificaciones de usuarios, precio , calculo por fecha de entrada y salida, los datos del asesor y poder contactar al asesor por mensajes hasta que resuelva sus dudas y acordar cita para mostrar el inmueble físicamente previa cita. Ver Fig. 12.

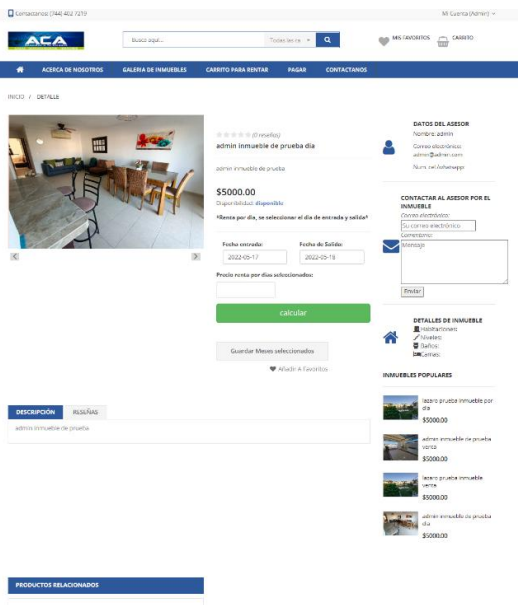


Fig. 10: Vista de detalle del inmueble en renta por día

Para poder realizar una renta por mes en la sección de vista tendrá, título, calificaciones de usuarios, precio , calculo por fecha de entrada y salida, guardar la fecha seleccionada para pagar, los datos del asesor y poder contactar al asesor por mensajes hasta que resuelva sus dudas y acordar cita para mostrar el inmueble físicamente previa cita. Ver Fig. 11.

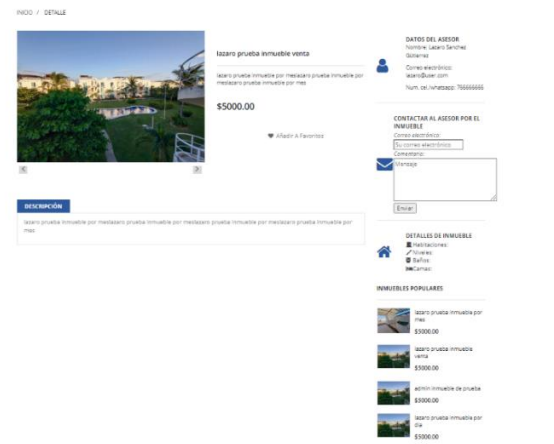


Fig. 12: Vista detalles inmueble en venta

Para realizar el proceso de pagar una renta, partiendo de la vista anterior agregado a carrito, observaremos el o los inmuebles a renta, dando el subtotal y total, función de agregar cupón en caso de contar uno activo, guardar para más tarde en caso de seleccionar varios inmuebles y por último pagar que dirige a la pasarela de pago donde requerirá los datos de pago y método. Ver Fig. 13.

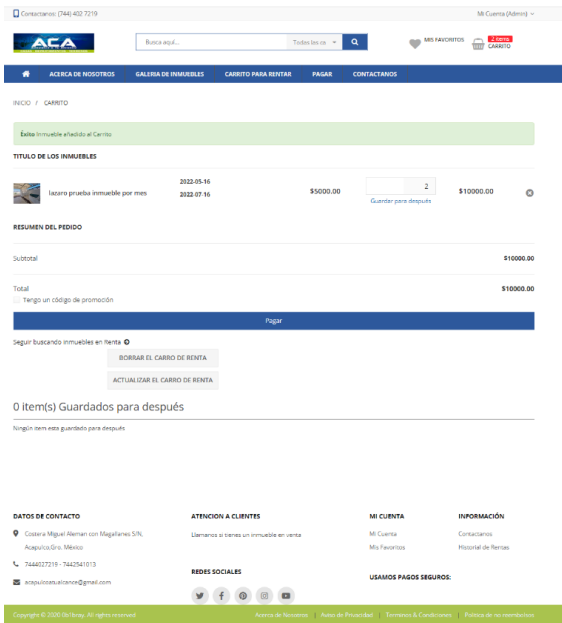


Figura 13: Vista Carrito para rentar.

## VI. CONCLUSIÓN

En el artículo se presentó la propuesta con los procesos donde se propone el desarrollo de una herramienta de implantación web que sea de utilidad para la inmobiliaria acapulco a tu alcance sustituyendo la manera tradicional para llevar el control de los inmuebles y a los clientes.

Utilizando diferentes materias como modelado conceptual, ingeniería de software, base de datos, programación web tenemos las bases para presentar el modelado de negocios que permite ver el desglose de operaciones e interacciones, con el caso de uso la interacción entre el equipo de desarrollo con la herramienta en el proceso de seguimiento también las clases que estarán presentes en el proyecto y las funcionalidades.

Este artículo es el reflejo de avance de la primera parte de un proyecto de tesis de maestría, donde el objetivo de este y los siguientes trabajos es mostrar el avance hasta la conclusión del sistema web. El cual se expondrá el desarrollo tomando como

base el primer artículo. Utilizando los diagramas presentados durante el desarrollo de software, implementando la arquitectura mostrada y la metodología de desarrollo de software.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, al CONACYT y a los docentes mencionados en el artículo, por la oportunidad y el apoyo para desarrollar el trabajo interdisciplinario en la Maestría en Sistemas Computacionales.

## REFERENCIAS

- [1] Acevedo J. y Urquiaga, A. y Gómez, M. “Gestión de la Cadena de suministro. Centro de estudio de Tecnología de Avanzada (CETA) y Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción (Logespro)”. Ciudad Habana. 2001.
- [2] Braun, R., & Schlieter, H. (2014). Requirements-based development of BPMN extensions: The case of clinical pathways. *IEEE Xplore*, 39-44.
- [3] Erickson, J., & Siau, K. (2007). Theoretical and practical complexity of modeling methods. *Communication of the acm*, 46-51.
- [4] Jacobson, I., Rumbaugh, J., & Booch, G. (2007). *El lenguaje unificado de modelado manual de referencia*. Madrid: pearson.
- [5] Mitra, D. y Mitrani, I. “Analysis of a Kanban discipline for cell coordination in production lines”. I, *Management Science* 36, 1548-1566. 1990.
- [6] OMG (2017). Object Management Group. *OMG Unified Modeling Language*. (pags. 12-13). UML.
- [7] Simanjuntak, H. (2015). Proposed framework for automatic grading system of ER diagram. *IEEE Xplore*, 141-146.
- [8] Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de software*. México: Pearson Educación.
- [9] Systems (2019). *Enterprise Architect*. Obtenido de: <https://sparxsystems.com/products/ea/>
- [10] Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de requerimientos*. En *Ingeniería de software* (pág. 84). México: Pearson Educación.
- [11] Sommerville, I. (2011). *Ingeniería de requerimientos*. En *Ingeniería de software* (pág. 84). México: Pearson Educación.
- [12] Masters, T. y. (2021). *Tesis y Máster*. Obtenido de *Tesis y Máster*: <https://tesisymasters.mx/investigacion-de-campo/>

# Aplicación móvil que implementa la realidad virtual para las fobias

Fernando Aleman Hernández  
Tecnologico Nacional de México  
/ Instituto Tecnológico de  
Acapulco

mm20320003@acapulco.tecnm.  
mc

Miriam Martínez Arroyo  
Tecnologico Nacional de México  
/ Instituto Tecnológico de  
Acapulco

miriam.ma@acapulco.tecnm.mx

Mario Hernández Hernández  
Tecnologico Nacional de México  
/ Instituto Tecnológico de  
Acapulco

mario.hh@chilpancingo.tecnm.m  
x

Eduardo De La Cruz Gámez  
Tecnologico Nacional de México  
/ Instituto Tecnológico de  
Acapulco

eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx

**Resumen**—En la actualidad el fenómeno de las fobias ha cobrado importancia por múltiples factores; entre ellos destacan, reconocer que la población que vive con esta condición no tiene la atención que necesita, evitar la discriminación y asistir en este tema es de gran importancia para poder ayudar a las personas. Las herramientas tecnológicas están avanzando día con día, por lo que el presente trabajo muestra la actualidad sobre el desarrollo de una aplicación de realidad virtual basado en Unity. La aplicación va dirigida a las personas que padecen una fobia específica debido a situaciones o entornos que para muchos pueden resultar normales, para ellos son los causantes de síntomas y trastornos desagradables, siendo el más conocido el trastorno de ansiedad. Por lo tanto, la Realidad Virtual permitirá al usuario interactuar con escenarios virtuales donde será expuesto a diferentes tipos dependiendo la fobia específica que tenga, en este caso se plantea iniciar con la fobia específica al covid-19: “Coronofobia”.

**Keywords**—Realidad virtual, fobia, Unity.

## I. INTRODUCCION

El miedo, una experiencia humana común, se considera una emoción básica con una función adaptativa que asegura la supervivencia de la especie frente a amenazas reales. Cuando el miedo surge en situaciones que no representan una amenaza real, deja de ser adaptativo y puede causar problemas en diversas áreas de adaptación de la personalidad, así como en las relaciones con el entorno. (Barlow & Farchione, 2015).

El criterio de que la persona debe reconocer que su miedo es excesivo o irracional ha sido puesto en entredicho. Este criterio fue pensado para distinguir las fobias de los miedos delirantes. Sin embargo, hay un número significativo de personas que cumplen el resto de los criterios para la fobia específica, pero que tienen poca conciencia de lo excesivo de sus miedos, aunque sus creencias no alcanzan el grado de delirio.

Se estima que a nivel mundial el 8% de la población presenta algún tipo de fobia y alrededor del 13% de las personas presentarán un tipo de fobia en algún momento de sus vidas; en México las padecen en promedio un 4% de los habitantes entre

18 y 65 años. Estas fobias generalmente comienzan en la niñez o adolescencia y permanecen hasta la vida adulta; existen muchos tipos de fobias como zoofobia (miedo a los animales), claustrofobia (miedo intenso e incontrolable a los lugares cerrados), acrofobia (miedo a las alturas), y agorafobia (temor a los lugares públicos), entre otras. En muchas ocasiones las personas con estas fobias pueden evadir las situaciones que les genera este miedo, lo que puede interferir con el trabajo y la vida social.

El tratamiento para este padecimiento puede incluir psicoterapia y en algunos casos el uso de ansiolíticos y antidepresivos con el fin de aliviar los síntomas (Secretaría de Salud, 2015).

Tiempo atrás, la Realidad Virtual era aún una promesa lejana de la ciencia ficción, hasta el día de hoy es una tecnología de utilidad para muchos negocios e industrias. Hay un considerable número de trabajos relacionados con las fobias y el uso de la realidad virtual, uno de ellos puede ser visto en (Ramírez, 2017). Este proyecto plantea ser una herramienta de ayuda en el tratamiento de la fobia a las alturas mediante la realidad virtual. Los autores hacen uso de Unity para realizar los escenarios virtuales.

El Departamento de Psiquiatría de la Universidad de Oxford (Reino Unido) ha estado implementando unos ejercicios que usan la realidad virtual como una herramienta terapéutica para tratar en sus pacientes desde fobias, delirio de persecución, paranoia, hasta efectos psicotrópico. Los expertos de Oxford se han beneficiado en la Realidad Virtual como una manera de atraer a los pacientes de forma controlada a situaciones comunes, que disparan su ansiedad o miedo, para poco a poco familiarizarlos con los escenarios que los provocan y ayudarles a desarrollar herramientas conductuales para manejarse dentro de ellas.

## II. MARCO TEORICO

### II-A. Fobia específica

La fobia específica o simple es un trastorno de ansiedad que se caracteriza por la presencia de un miedo intenso y persistente a objetos o situaciones bien delimitadas. No se trata únicamente de un miedo extremo, sino de un miedo irracional que es desencadenado por la presencia o anticipación de objetos o situaciones específicos. La exposición, real o posible, provoca una respuesta inmediata de ansiedad importante. Se considera que la mayoría de las fobias específicas derivan de miedos básicos propios de la evolución de la especie humana, como el miedo al daño físico o a los animales (R., 2022).

Una de las principales opciones de tratamiento es con un especialista, pero comúnmente son tratamientos con un gran costo y número de sesiones. Como se venía diciendo anteriormente las herramientas tecnológicas están avanzando muy rápidamente. Debemos aprovechar estos cambios para poder implementarlos en otros estudios y así llegar a mejores resultados.

### II-B. ¿Qué es la Realidad Virtual?

La realidad virtual se podría definir perfectamente con sus propias palabras. Virtual podría querer decir que es algo cercano y la realidad se refiere a lo que experimentamos como seres humanos.

Una buena definición, que sirva para distinguir el mito de la realidad puede ser la siguiente:

“La Realidad Virtual es una simulación de un ambiente tridimensional generada por computadoras, en el que el usuario es capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente” (Roehl, 1997).

Todo esto puede direccionar a la realidad virtual algo cercano a la realidad misma. Una definición más descriptiva sobre la realidad virtual es que es una tecnología informática que tiene como objetivo crear entornos y escenarios simulados. Situará a los usuarios en una experiencia diferente a las interfaces tradicionales. Los usuarios están adentrados y podrán interactuar en mundos tridimensionales más que ver una pantalla frente a ellos. A través de la estimulación de los sentidos, y de poder ver, oír, tocar y oler, el ordenador se transforma en una puerta de entrada a un mundo artificial.

### II-C. ¿Qué es la Realidad aumentada?

La Realidad Aumentada o realidad mixta es la interacción entre ambientes virtuales y el mundo real, donde la posibilidad que ambos se mezclen dentro de un dispositivo tecnológico como webcams, teléfonos inteligentes (Android o IOS), tabletas, entre otros más.

En pocas palabras, la realidad aumentada en el contexto físico insiere objetos virtuales y se los muestra al usuario utilizando la interfaz del ambiente real con la ayuda de la tecnología. Este recurso viene modificando la forma en que lidiamos con nuestras tareas e incluso, las que les ordenamos a las máquinas (Grapsas, 2019).

De ese modo, podemos afirmar que la Realidad Aumentada se caracteriza por:

- Mezclar el mundo físico y el virtual;
- Dar una interacción en tiempo real;
- Añadirse al entorno en que se insiere;
- Interactuar con todas las capacidades físicas del entorno (en tres dimensiones).

### II-D. La realidad virtual y las fobias

Una característica de la Realidad Virtual es el uso de un sentido de la realidad, en el que el cuerpo y la mente actúan e interactúan como si fuera una situación real, pero en este caso el paciente percibe que no es real, es un entorno informático; esto tiene la ventaja de que es más fácil afrontar situaciones difíciles a través de la realidad virtual, frente a las creadas en la vida real, se utilizan nuevos métodos de intervención, con entornos más pensados para el control, pero que permiten la fiabilidad de la experiencia cotidiana.

El uso de la realidad virtual en el diagnóstico estándar de los trastornos mentales puede ayudar a que sea un habilitador más valioso. Aunque las personas tienden a ser muy subjetivas en sus opiniones. Por otro lado, la memoria es notoria. Pero la realidad virtual permite realizar observaciones clínicas directas de los comportamientos de los pacientes, en diferentes situaciones, que pueden reproducirse según situaciones y contextos específicos, además de permitir dosis de diferentes dimensiones como y controlar su frecuencia e intensidad.

### II-E. Coronofobia

La fobia al coronavirus (Coronofobia) es un problema relativamente nuevo, ya que es una fobia relacionada con el Covid-19 que puede afectar más rápidamente a las personas con niveles de ansiedad altos o moderados. Contagiarse de un virus es un exceso de ansiedad. En consecuencia, las personas con este miedo extremo a menudo experimentan una serie de síntomas físicos desagradables desencadenados por pensamientos o información relacionada con la enfermedad. Esta fobia es realmente incapacitante porque está íntimamente relacionada con el deterioro funcional y el malestar psicológico, y por lo tanto tiene importantes implicaciones para la salud mental. " (Núñez, 2022).

### II-F. Unity

Unity es una plataforma de desarrollo de videojuegos. Usada para crear juegos 3D y 2D, desplegarlos a través de dispositivos móviles, escritorio, VR/AR, consolas o laweb. (Guerra, 2022).

II-G. Vuforia

Vuforia es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada y Realidad Mixta multiplataforma, con seguimiento robusto y rendimiento en una variedad de hardware (incluyendo dispositivos móviles y monitores de realidad mixta montados en la cabeza (HMD) como Microsoft HoloLens). La integración de Unity en Vuforia le permite crear aplicaciones y juegos de visión para Android e iOS utilizando un flujo de trabajo de creación de arrastrar y soltar (Unity, 2018).

III. METODOLOGIA

Para el desarrollo de la aplicación se planteó hacer uso de la metodología MEDEERV para el modelado de sistemas de realidad virtual para el aprendizaje en dispositivos móviles. Esta metodología se visualiza más a detalle en la Figura 1.

Etapas del Escenario Educativo: Diseño del Sistema Etapa de Instrucción: Análisis exhaustivo de las necesidades y objetivos educativos a cumplir, seguido del diseño e implementación de un mecanismo para alcanzar dichos objetivos, resultando en una formación eficaz, competente e interesante.

Fase de diseño funcional del mundo real: Interpretación modular de los objetivos deseados obtenidos del proceso de diseño instruccional. Esto determina todas las especificaciones de la aplicación.

Fase de ejecución: La realización de las especificaciones técnicas. Todas estas etapas están relacionadas con el mundo virtual.

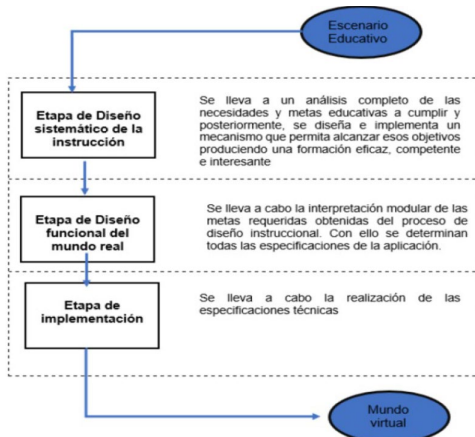


Fig. 1. Metodología Meederv.

III-A. Detalles de la Metodología MEDEERV

A continuación, se muestra y describen los detalles de esta metodología MEDEERV (Figura 2).

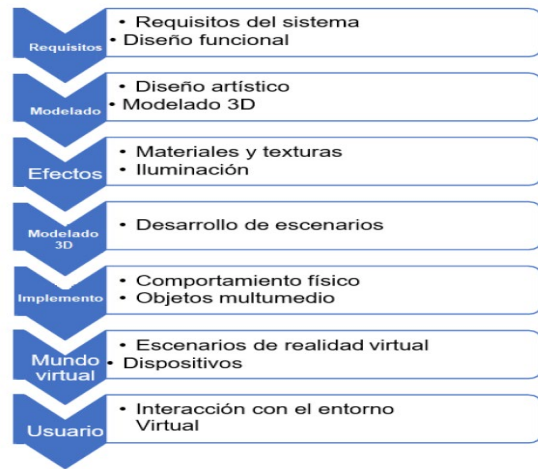


Fig. 2. Detalles de la metodología MEDEERV

III-B. Ciclo de vida Metodología MEDEERV

El ciclo de vida del desarrollo de un sistema de realidad virtual definido por la metodología MEDEERV incluye una serie de pasos que se enfocan en requerimientos derivados del diseño sistemático y del análisis de la funcionalidad del sistema. En la Figura 3, se pueden apreciar estas dos etapas representan los primeros pasos del ciclo de vida de la metodología, para continuar con la implementación.

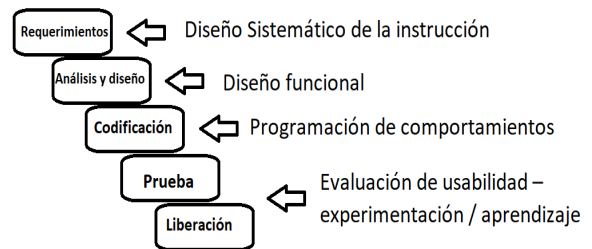


Fig. 3. Representación del ciclo de vida del Desarrollo de mundos virtuales con la metodología MEDEERV.

III-C. Requerimientos del sistema del Editor de Unity

El entorno que se utilizara es “Unity” debe configurarse con el SDK y JDK que se descargó, como segundo paso, player settings se debe configurar para que el proyecto se pueda compilar y generar un APK. Esta sección enumera los requisitos mínimos para ejecutar Unity Editor:

- OS: Windows 7 SP1+, 8, 10, 64-bit versions only; Mac OS X 10.12+; Ubuntu 16.04, 18.04, and CentOS 7.
- GPU: Tarjeta de video con capacidad para DX10 (shader modelo 4.0).

En la Figura 4 se muestra las configuraciones generales para la aplicación RV.



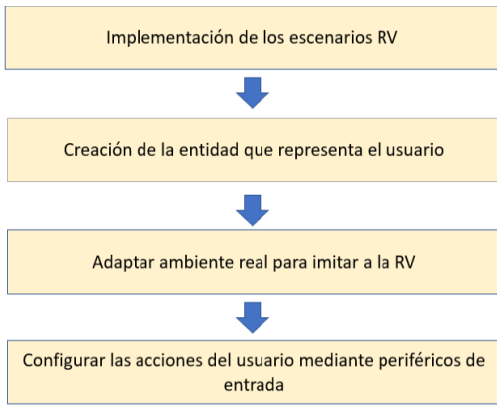


Fig. 4. Configuraciones generales para la Realidad virtual

- **Ke Implementación de los escenarios RV:** Se implemento escenarios 360 en la aplicación.
- **Creación de la entidad que representa el usuario:** la entidad depende del tipo de fobia y escenario desarrollado.
- **Adaptar ambiente real para imitar a la RV:** Los escenarios estarán con la mayor similitud al mundo real.
- **Configurar las acciones del usuario mediante periféricos de entrada:** la plataforma de Unity soporta diferentes modelos de gafas de realidad virtual, uno de esos modelos es Oculus, para que el proyecto pueda ser soportado por las gafas Oculus, se descarga y se importa un complemento llamado Oculus Integration, con ello el usuario puede interactuar con el escenario virtual a través del control de las gafas Oculus Go.

*III-D. Unity vs Unreal, los dos motores de desarrollo más famosos*

Los usuarios Unreal dijeron que la plataforma tarda más que Unity en iniciar y configurar los proyectos que necesitan; esto se debe en gran parte al tamaño del proyecto es mucho más grande en comparación con Unity (el proyecto en blanco requiere 200 MB de espacio). Por otro lado, Unity tiene problemas para guardar el archivo; este es un proceso que fomenta la creación de trabajos. En general, estas dos herramientas funcionan rápido y bien, pero si desea que ambos sistemas funcionen sin retrasos, debe obtener un disco externo y una memoria RAM que cumplan con ciertas especificaciones. (Uniat, 2017).

Como toda aplicación o software tiene sus pro y contras. Anteriormente, he desarrollado proyectos con Unity por lo que se tiene más confianza en el motor y fue por lo elegí.

*III-E. Selección de materiales*

Las herramientas tecnológicas utilizadas en el proyecto son:

- Lentes Oculus Go
- Joystick Go
- Portátil (Huawei Matebook D15: 8 RAM, Procesador Ryzen 7, 500 GB SSD)
- Móvil para la instalación (Samsung S10 Plus: Android 11, 8 RAM, 120 GB)

Para usar el Oculus Go, una pequeña instalación de sistema hecha con un teléfono inteligente conectado a Internet, estas gafas combinan dos paneles LCD con una resolución de 2.560 x 1440 puntos y una frecuencia de actualización de 72Hz. Las gafas Oculus Go se pueden ver en la Figura 5. El controlador Oculus Go es un controlador de movimiento que puede usar para interactuar con juegos y aplicaciones en Oculus Go.



Fig. 5. Gafas Oculus VR.

IV. RESULTADOS PARCIALES

Para el desarrollo de la aplicación se llevó a cabo una serie de procedimientos que se enumeran a continuación:

1. Se estableció un cronograma con las tareas y tiempos de aplicación de cada una de ellas hasta llegar a las tareas finales con la conclusión del proyecto.
2. Se establecieron los recursos financieros y humanos que se necesitaban para generar la aplicación y poder implementarlo en el área de la salud. Los recursos financieros fueron proporcionados por el CONACyT (El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), es la institución encargada de promover el avance de la investigación científica, así como la innovación, el desarrollo y la modernización tecnológica del país.
3. Para seleccionar la fobia específica iría orientada la aplicación virtual se realizó inicialmente una encuesta a 30 personas ubicadas en el Tecnológico de Acapulco y el Hospital General ISSSTE esto con el fin de:



- Seleccionar la fobia a tratar.
- Identificación de la población.
- Analizar y evaluar toda la información encontrada.
- Tener un campo de desarrollo.

4. Se encuestó a un profesional de la salud especializado en lo que es el área de la psicología y el área de salud del M.F.C ISSSTE de Acapulco con el fin de:

- Identificar la factibilidad de la aplicación que se desea implementar como apoyo al tratamiento de las personas con fobia específica “Coronofobia”, todo con la obtención de datos de las encuestas realizadas.
- Conocer de qué modo se está manejando la fobia en México.

5. Para la creación de los escenarios virtuales, como se comentó anteriormente se hizo el uso de Unity y las gafas Oculus GO que permitan movimientos en tiempo real, todo esto para que el usuario pueda experimentar ese nuevo universo inventado.

6. Se establecen los diseños requeridos de cada escenario para poder implementarlo, ejecutando la aplicación y así tener su debido seguimiento para posteriores mejoras.

Actualmente se sigue trabajando en el desarrollo de la aplicación. Esta estará establecida para el sistema Android con un peso de 97 MB.

IV-A. Menú Principal

El menú principal de la aplicación cuenta con 5 secciones diferentes como se visualiza en la Figura 6.



Fig. 6. Menú principal.

IV-B. Información de la aplicación

En este apartado se muestra toda información de la aplicación, así como las indicaciones para el uso de esta: Ver en la Figura 7.



Fig. 7. Información de la app.

IV-C. Escaneo de cartas

En Esta sección utiliza la cámara trasera del teléfono inteligente, una vez que haya seleccionado la tarjeta, puede activar el objeto 3D simplemente apuntando la cámara.

Los objetivos de la imagen representan que el motor de Vuforia puede detectar y rastrear. El motor detecta y monitorea imágenes comparando las características naturales extraídas de la imagen de la cámara con la base de datos de recursos de destino conocida. Cuando se descubre el objetivo de la imagen, Vuforia Engine monitoreará las imágenes y aumentará el contenido sin ningún problema al usar la mejor tecnología de monitoreo de imágenes en el mercado. La Figura 8 muestra un objeto 3D.



Fig. 8. Escaneo de cartas.

IV-D. Recomendaciones Covid-19

Además de las medidas tomadas por el sector salud, la población juega un papel importante en la reducción de la posibilidad de exposición y transmisión del virus, por lo que debemos implementar medidas de higiene humana y ambiental.

En el botón recomendaciones se podrá visualizar cada una de las recomendaciones para mantener las medidas de salud junto con su imagen descriptiva. Esto se puede visualizar en la Figura 9.



Fig. 9. Recomendaciones Covid-19.

IV-E. Escenarios

En la Figura 10 se ve el apartado de los escenarios, establecidos en dos segmentos, uno para videos informativos y el otro videos en 360.



Fig. 10. Escenarios.

IV-F. Videos informativos

Los videos informativos seleccionados contienen recomendaciones acerca del Covid-19. En la Figura 11 se puede visualizar la reproducción de un video informativo donde se tocan temas de los síntomas del Covid-19.



Fig. 11. Video informativo.

IV-G. Escenarios 360

Los escenarios 360 implementados en Unity dan una experiencia de otra realidad diferente a la que conoce el usuario. Estos temas se han convertido en opciones de ocio muy a tener en cuenta. Sobre todo, en el campo de los video juegos, donde las gafas VR o de Realidad Virtual están cada vez más presentes.

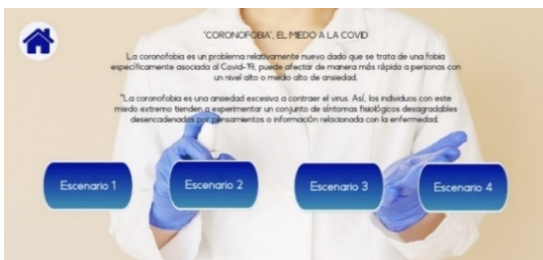


Fig. 12. Escenarios 360.

IV-H. Ejemplo escenario 360

Para poder interactuar con escenarios 360, primero se debe de empezar con situaciones poco agresivas (escenarios de poco impacto) para el usuario, para que vaya interactuando con su miedo y sobre avancen las terapias igualmente de escenas más complejas. Todo esto dependiendo de la fobia específica que el usuario tenga. Con el objetivo de que el paciente mejore de forma continua y con el tiempo retome su vida como antes la conocía. En la Figura 13 se puede ver el ejemplo de una escena dentro de un hogar.



Fig. 13. Escenario 1.

IV-I. Pruebas

Se sigue trabajando, optimizando y realizando pruebas en colaboración con la Clínica Médica Familiar ISSTE Acapulco con personas que padecieron Covid-19 o son propensas al virus.

V. CONCLUSIONES

En este artículo se describieron las etapas que conllevan la realización de la aplicación móvil para el tratamiento de fobias. Se presentaron resultados parciales de la aplicación, la cual incluye la implementación de los escenarios mediante realidad virtual y realidad aumentada.

Podemos decir que la exposición a la realidad virtual es tan efectiva como la exposición presencial en el tratamiento de cierto tipo de fobias. Elige la realidad virtual y la realidad aumentada porque son tecnologías que no suponen un riesgo para la seguridad del usuario al interactuar con el entorno virtual. Mas adelante, en trabajos futuros se propone continuar con el proyecto integrando más tipos de fobias específicas a la aplicación y una variedad de escenarios virtuales.

REFERENCIAS

- [1] Alvarez, J. (24 de Mayo de 2015). Revista Educación Virtual. Obtenido de Posibilidades didácticas de la realidad virtual: <https://revistaeducacionvirtual.com/archives/2024>
- [2] Barlow, D.H., & Farchione, T.J. (2015). Protocolo unificado para el tratamiento transdiagnóstico de los trastornos emocionales: Manual del terapeuta y manual del paciente. Madrid: Alianza Editorial.
- [3] Benilde Orozco. El 9% de la población mundial padece alguna fobia, 2017 Recuperado de:

- <https://unamglobal.unam.mx/el-9-de-la-poblacion-mundial-padece-alguna-fobia/>
- [4] Castellón. (2020). Unidad de Transtornos de la personalidad PREVI. Obtenido de REALIDAD VIRTUAL: <http://www.previsl.com/ver/79/realidad-virtual.html/>
- [5] Capafons, A. (2001). Tratamientos psicológicos eficaces para la ansiedad generalizada. *Psicothema* 13(3), 442-446.
- [6] Clínica de la ansiedad. Fobia social: Origen y mantenimiento, 2002 Recuperado de: <https://clinicadeansiedad.com/problemas/fobia-social/fobia-social-origen-y-mantenimiento/>
- [7] Grapsas, T. (15 de Diciembre de 2019). rockcontent. Obtenido de Conoce la realidad aumentada y las posibilidades de interacción que la hacen sobresalir en el mundo digital: <https://rockcontent.com/es/blog/realidad-aumentada/>
- [8] Guerra, C. (2022). Introduccion a Unity. Obtenido de Unity: <https://www.cesarguerra.mx/wp-content/uploads/2018/04/02.Introduccion-a-Unity-v1.0.pdf>
- [9] Morales, C. (12 de Junio de 2018). Forbes. Obtenido de Phobos AR, una app en Realidad Aumentada para tratar las fobias: <https://www.forbes.com.mx/phobos-ar-una-app-en-realidad-aumentada-para-tratar-las-fobias/>
- [10] Mental health information. (2020). Recuperado de: <https://www.nimh.nih.gov/health/publications/espanol/trastorno-de-ansiedad-social-mas-alla-de-la-simple-timidez/index.shtml>
- [11] Núñez, A. D. (10 de Enero de 2022). BBC NEWS. Obtenido de Qué es la "coronafobia", el miedo "desadaptativo" que no nos protege del coronavirus: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59927239>
- [12] R., M. S. (2022). R&A Psicológicos. Obtenido de Fobias específicas: <https://www.ryapsicologos.net/salud-y-trastornos-mentales/fobia-especifica/>
- [13] Ramirez, A. a. (2017). La Acrofobia y Su Tratamiento A Través De Realidad Virtual. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*.
- [14] Roehl, B.y otros (1997). *Late Night VRML 2.0 with Java*. Nueva York: Macmillan Computer Publishing.
- [15] Secretaria de salud. (2015). Recuperado de: <https://www.gob.mx/salud>
- [16] *The British Journal of Psychiatry* (2017) 210, 276–283. doi: 10.1192/bjp.bp.116.184234.
- [17] *The Use of VR Exposure in the Treatment of Anxiety Disorders Article in Behavior Modification* · November 1999.
- [18] Uniat. (25 de Septiembre de 2017). Obtenido de Unity vs Unreal – Una comparación teórica: <https://www.uniat.com/unity-vs-unreal-comparacion-teorica/>
- [19] Wikipedia. (2022). Wikipedia. Obtenido de Unity (motor de videojuego): [https://es.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(motor\\_de\\_videojuego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_videojuego))
- [20] Whitbourne, Susan Krauss., Richard P. Halgin. *Abnormal Psychology: Clinical Perspectives on Psychological Disorders*. New York, NY: McGraw-Hill Higher Education, 2013.
- [21] X. Basogain, M. O. (2018). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU.

# Desarrollo de una página web accesible dirigida a personas con daltonismo para la empresa privada S.S.T incorporada a los estándares W3C-WAI

1<sup>st</sup> Carlos Agustín Martínez  
Cequeida  
División de Posgrado e  
Investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, México  
mm20320008@acapulco.tecnm.mx

2<sup>nd</sup> Francisco Javier Gutierrez Mata  
División de Posgrado e  
Investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, México  
francisco.gm@acapulco.tecnm.mx

3<sup>rd</sup> Luis Ramos Baños  
División de Posgrado e  
Investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, México  
luis.rb@acapulco.tecnm.mx

4<sup>th</sup> Mercedes de la Cruz  
División de Posgrado e  
Investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, México  
mercedes.dh@chilpancingo.tecnm.mx

**Resumen**—Hoy en día, el internet es el principal medio de comunicación en el mundo, las posibilidades que ofrece son infinitas, sin embargo, cabe preguntarse si este medio está totalmente adaptado para personas con capacidades diferentes, las grupo de usuarios también necesitan acceder a esta herramienta para obtener las ventajas que esta ofrece. Tanto en un entorno laboral como en cualquier otro ámbito, es importante considerar que todos los usuarios tengan las mismas oportunidades para navegar en la red más grande del mundo.

El presente trabajo propone el desarrollo de una página web accesible a personas que padecen discapacidad visual causada por daltonismo para la microempresa de telecomunicaciones S.S.T. Hasta el momento se presentan las bases del proyecto, los requerimientos del sistema y la metodología que me planea implementar.

**Palabras clave**—: *Accesibilidad Web, Daltonismo, Inclusión digital.*

**Abstract**—Today, the internet is the main means of communication in the world, the possibilities it offers are endless, however, it is worth wondering if this medium is fully adapted for people with different abilities, disabled people also need to access this tool to obtain the advantages that it offers. Both in a work environment and in any other environment, it is important to consider that all users have the same opportunities to navigate the largest network in the world.

This work proposes the development of a web page accessible to people with visual impairment caused by color blindness for the telecommunications microenterprise S.S.T. So far, the bases of the project, the system requirements and the methodology that I plan to implement are presented.

**Keywords**— *Web Accessibility, Color Blindness, Digital Inclusion.*

## I. INTRODUCCIÓN

El daltonismo es un defecto hereditario causado por un gen recesivo ligado al cromosoma X, que ocasiona dificultades para distinguir ciertos colores, este defecto también puede ser adquirido, su nombre se debe a que fue el químico inglés John Dalton, quién publicó el primer artículo científico sobre el tema en 1798 al darse cuenta de su propia dificultad para distinguir los colores [1]

Aunque esta discapacidad no implica una limitación severa, es importante que a las personas con daltonismo se les permita conocer su condición para que puedan adaptarse a ella y así obtener una mejor percepción de lo que pasa en su entorno, del mismo modo las páginas web deben de acoplarse a las necesidades del usuario para lograr la inclusión digital que se requiere en los tiempos modernos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) nos muestra en sus informes un total de mil millones de personas con algún tipo de discapacidad. El acceso de estas personas a la tecnología debe de considerarse al momento de construir una sociedad igualitaria, la misma organización nos informa a través de la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF) del año 2001, que la discapacidad se define como termino genérico que incluye déficit, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación, indica los aspectos negativos de la interacción entre un individuo y sus factores contextuales.

Para lograr que una página sea accesible el W3C (World Wide Web Consortium) nos otorga las pautas de accesibilidad (WCAG) que contienen una amplia gama de instrucciones para poner el contenido web al alcance de todos, estas pautas abordan la accesibilidad de contenido web en computadoras de escritorio, computadoras portátiles, tabletas, dispositivos

móviles y otros dispositivos del internet de las cosas, abordan varios tipos de contenido web, incluido el contenido estático, el contenido interactivo, los medios visuales y auditivos, las pautas también abordan herramientas web relacionadas, como agentes de usuario (navegadores y tecnologías de asistencia).

*A. Accesibilidad web*

De acuerdo con Carmen Varela [2] la accesibilidad web, posibilita que todas las personas puedan acceder a la web, independientemente del tipo de hardware, software, infraestructura de red, idioma, cultura, localización geográfica y capacidades de los usuarios. La accesibilidad consiste en diseñar productos amigables para el usuario de tal manera que estas sean posibles de manejar sin problema alguno a pesar de las circunstancias, capacidades, entornos o condiciones, de tal manera que la accesibilidad no solo beneficia a personas con capacidades diferentes sino también a personas sin discapacidad y a las organizaciones que desarrollan productos accesibles.

*B. Daltonismo*

El daltonismo es un trastorno de la visión, más frecuente en los varones, en el que hay dificultad para diferenciar los colores. Se debe a un defecto en la retina u otras partes nerviosas del ojo. La primera referencia sobre esta condición se debe al químico británico John Dalton, que padecía la enfermedad. El Dicromatismo es la forma más frecuente de Daltonismo: lo padecen el 7% de los varones y el 1% de las mujeres. Es una alteración que se transmite según un modelo de herencia ligado al sexo. [3]

Los tres tipos de Daltonismo más comunes son Protanopía, Deuteranopia y Tritanopia, dependiendo de la deficiencia en los conos L, M o S respectivamente, estos tres tipos de daltonismo son parte de la Dicromalía, la cual es una deficiencia de color más intenso, está presente cuando uno de los tres tipos de conos está ausente, el tipo Monocromasia es más severo ya que se nota la ausencia de dos conos receptores, pero el tipo más raro de Daltonismo, es el Acromático el cual se caracteriza por la ausencia de todos los conos y el individuo solo ve en blanco y negro (escala de grises) [3].

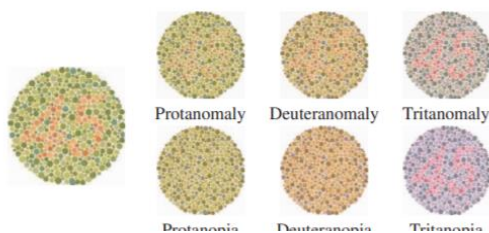


Fig. 1 Resultados de simulación de tipos de daltonismo (Huang 2009)

II. OBJETIVOS

*A. Objetivo General*

Diseñar y desarrollar un sitio web accesible basado en los estándares W3C WAI, que permita el fácil acceso a la información de la empresa, visualización de proyectos, consultas de productos en venta y agenda de citas.

*B. Objetivos Especificos*

Con la elaboración de este proyecto de busca:

- Realizar el estudio de estrategias, estándares y recursos de la organización W3C WAI.
- Realizar el análisis de requerimientos y obtención de información por parte de los usuarios que utilizarán el sistema.
- Analizar la metodología en la cual se desarrollará el sistema.
- Diseñar e implementar la página web basada en las necesidades que requiere tratar dicha discapacidad visual.
- Implementar tecnologías compatibles con accesibilidad que permitan que el sitio web sea adaptable.
- Desarrollar la base de datos para el manejo de información de citas de la empresa con el sistema gestor de base de datos MySQL.

*C. Objetivos de negocio*

Tabla 1: Objetivos de negocio

ID	DESCRIPCION DEL OBJETIVO DEL NEGOCIO
ON-1	Proporcionar al usuario con daltonismo información clara y concisa de los servicios que ofrece la institución.
ON-2	Brindar un entorno agradable y accesible a los interesados.
ON-3	Ampliar y mejorar el mercado de clientes de la empresa.
ON-4	Implementar la página web con las normas y pautas de la W3C-WAI



III. METODOLOGÍA

El modelo de proceso de desarrollo de software seleccionado para la creación de este proyecto será el Modelo en Cascada y que consta de cinco etapas: Definición de requerimientos, Diseño del sistema y del software, Implementación y prueba de unidad, Integración y prueba del sistema, Operación y mantenimiento.

Éste toma las actividades fundamentales del proceso de especificación, desarrollo, validación y evolución y, luego, los representa como fases separadas del proceso, tal como especificación de requerimientos, diseño de software, implementación, pruebas, etcétera. [4]

En la siguiente ilustración se muestra como está estructurada dicha metodología.

Para lograr el objetivo deseado, el proyecto se desarrollará mediante la siguiente arquitectura: Análisis y definición de requerimientos, diseño de estructura, codificación y pruebas unitarias, despliegue y pruebas de sistema, operación y mantenimiento.

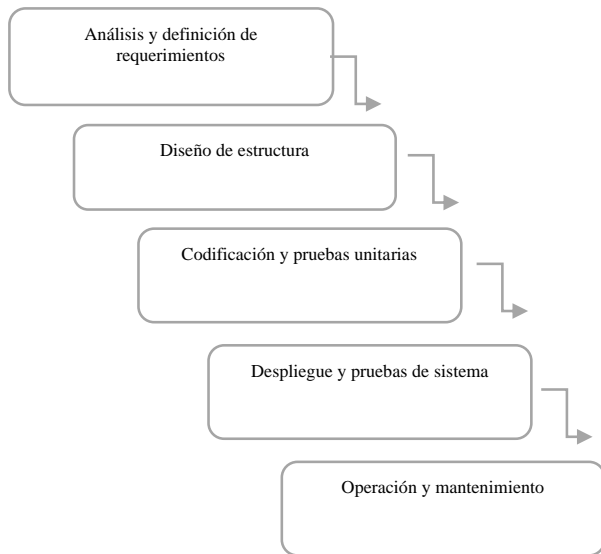


Fig. 2 Etapas de la metodología

Desarrollando este sistema se facilitará la manera en la que el usuario con daltonismo interactúa con la internet dando acceso a la información que este solicite, mejorando así la experiencia de manejo de la página web, además de reducir la posibilidad de que la empresa pierda un cliente interesado.

**Análisis y definición de requerimientos**

En esta fase se realizará el análisis de las necesidades del cliente para lograr determinar las características que la página web contendrá, en esta sección se especificará todo lo que se debe hacer con el sistema sin entrar en detalles técnicos, En

está parte del proyecto se debe ser muy específico ya que con este modelo no se pueden añadir requisitos a futuro o a mitad del proceso de desarrollo.

En el documento en que se especificarán los requisitos, se establecerá una lista de los requerimientos acordados.

**Diseño de estructura**

En esta etapa se describirá la estructura de la página web y las funciones de los componentes que conforman el sistema, se especifica de manera clara el objetivo de ciertos componentes que ayudarán a que la página web tenga un aspecto confortable para la persona que la está observando.

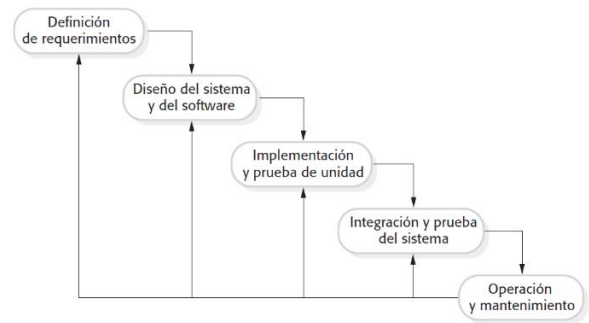


Fig. 3 Modelo de cascada (Ian Sommerville 2011)

**Codificación y pruebas unitarias**

En esta sección se programan los requisitos especificados en la primera fase haciendo uso de la estructura diseñada en la etapa anterior. Al programar se debe de realizar actividades como el análisis de las condiciones de los requerimientos y la correcta implementación de ellos en un lenguaje de etiquetas específico.

**Despliegue y pruebas de sistema**

Como el nombre lo anuncia, en esta parte del proceso se verifica que los componentes de la página web cumplan con el objetivo propuesto una vez que se haya culminado la etapa de codificación, la intención de realizar las pruebas es de obtener información de la calidad que el software ofrece, además nos servirá para encontrar defectos, aumentar la calidad del sistema, refinar el código y la estructura.

**Operación y mantenimiento**

Una vez que se hallan culminado todas las funcionalidades de la página web y se ha comprobado que cumple con la función requerida se inicia la última fase de la metodología, la cual consta de la probar el sistema en tiempo real con los usuarios de padezcan de daltonismo, a partir de esta fase se debe

asegurar que el sistema funcione correctamente, eso se logra llevando a cabo el mantenimiento constante del mismo.

El mantenimiento consta en la modificación del producto después de que haya sido entregado, ya sea para corregir errores que se llegarán a presentar o para mejorar características del sistema.

#### IV. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

##### A. Requerimientos del usuario

La página web deberá realizar la configuración de su entorno de acuerdo a las necesidades del usuario con daltonismo, esto abarcará desde la modificación del tamaño del texto, configuración de color de contraste y de fondo y configuración de color de texto e hipervínculos.

##### B. Requerimientos del sistema

- 1.- El sistema deberá agendar una cita para que los técnicos instaladores visiten su establecimiento u hogar.
- 2.- El usuario podrá registrarse en el sistema, de esta manera se podrá tener conocimientos de sus datos personales (Nombre, apellidos, dirección, número telefónico, correo electrónico).
- 3.- Se permitirá contactarse con el personal de la empresa en caso de que esté interesado en adquirir un producto o agendar una cita para ser visitados a su domicilio por el equipo técnico.

##### C. Modelado de diseño

Se muestra a continuación el diagrama de casos de uso y el diagrama de procesos de negocio.

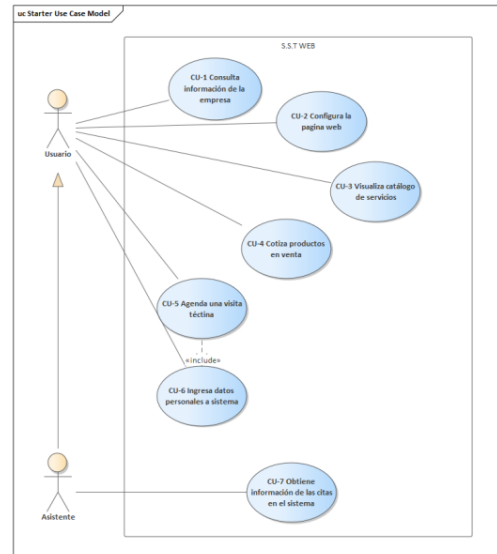


Fig. 4: Diagrama de casos de uso

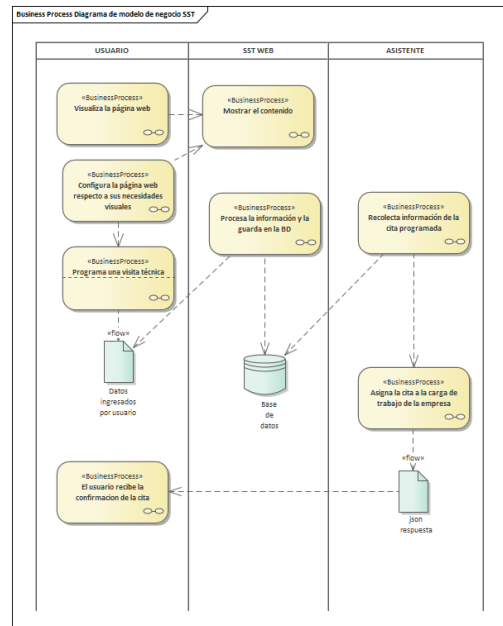


Fig. 5: Diagrama de procesos de negocio

#### V. CONCLUSION

Desarrollando este sistema se pretende abarcar mayor mercado de clientes para la empresa S.S.T mediante la inclusión digital de personas con discapacidades visuales, además de influenciar en la sociedad y a los desarrolladores de código en el uso de las buenas prácticas, logrando así la inclusión tecnológica de personas con capacidades diferentes, cabe mencionar que la inclusión digital debe ser para todas las personas, independientemente del tipo de discapacidad que estas presenten tal como lo menciona el director de W3C e inventor de la World Wide Web, el señor Tim Berners-Lee “El poder de la web está en su universalidad, el acceso de



todas las personas independientemente de su discapacidad es un aspecto fundamental”.

#### VI. REFERENCIAS

[1] Moreno Orellana María José, Sánchez Feijoo Víctor Alexander, (2016). Prevalencia de daltonismo en estudiantes de las unidades educativas: Herlinda Toral, Manuel J. Calle, Francisco Febres Cordero, Dolores J. Torres y Octavio Cordero. Cuenca Ecuador.

[2] Carmen Varela, A. M. (2012). Estándares y legislación sobre accesibilidad web e. ATICA 2012, 612.

[3] Rodríguez, A. Q. (16 de octubre de 2013). Usabilidad Web para Usuarios Daltónicos. La Molina, Lima.

[4] UNESCOPRESS. 23-05-2009. UNESCO Press Release No. 2009-47. UNESCO and Sun Microsystems Announce Joint Education and Community Development Effort Powered by Open Technologies. [http://portal.unesco.org/en/ev.php-URLJD=45516&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URLSECTION=201.html](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URLJD=45516&URL_DO=DO_TOPIC&URLSECTION=201.html) (Acceso: 4-1-2022).

[5] Pedro López López, Toni Samek (2009). Inclusión digital: un nuevo derecho humano. [https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/119650/EB21\\_N172\\_P114-118.pdf?sequence=1](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/119650/EB21_N172_P114-118.pdf?sequence=1) (Acceso:4-3-2022).

[6] Sommerville, I. (2011). Ingeniería de Software. Pearson.

# Control Cinemático del brazo de un humanoide dibujante.

1<sup>st</sup> Pablo Sierra Costa

*Mecatrónica*

*UPIITA-IPN*

Ciudad de México

ORCID: 0000-0002-2758-5489

psierrac1200@alumno.ipn.mx

2<sup>nd</sup> Alexis Adrián Ortiz Olvera.

*Tec Milenio*

Ciudad de México

alexis\_ortiz@tecmilenio.mx

3<sup>rd</sup> Juan Manuel Ibarra Zannatha

*Departamento de control automático*

*Cinvestav*

Ciudad de México

jibarra@cinvestav.mx

**Resumen**—En este artículo se presenta la implementación de un controlador cinemático en lazo abierto de tres de las cuatro articulaciones del brazo de un robot humanoide retratista. Dicho controlador permite controlar la dirección del vector velocidad del órgano terminal (lápiz) del brazo dibujante. El desarrollo de las habilidades retratistas de este humanoide fue objeto de un trabajo previo en donde los dibujos se hacían con líneas muy onduladas en vez de trazos lineales iguales a los determinados por su sistema de visión. Así, el controlador aquí propuesto permite mejorar estos trazos a fin de obtener retratos más parecidos a los rostros observados. Se presentan y se analizan los resultados obtenidos con este controlador y se comparan con los obtenidos en el trabajo anterior.

**Index Terms**—Robot humanoide, Visión, Control cinemático, Dibujo

## I. INTRODUCCIÓN

Para entender las mejoras que se realizaron sobre la aplicación retratista, es necesario comprender cuáles fueron las características de ésta, así como su funcionamiento. La aplicación retratista [1] cuenta con tres etapas primordiales: i) La visión artificial, en donde se toma una fotografía de algún retrato que se quiera dibujar y se ejecuta todo el procesamiento de imágenes para obtener una imagen con líneas unipixelares que describen la fotografía con bordes y sombras; ii) La transformación de coordenadas, en esta etapa de la aplicación se obtiene una secuencia de píxeles que contenga el orden de dibujo de los píxeles, también se realiza en esta etapa una transformación de coordenadas, de un espacio pixelar o de la imagen  $[u, v] \in \mathbb{Z}^2$  a un espacio articular del brazo robótico  $[q_1, q_2, q_3, q_4] \in \mathbb{R}^4$ , a esta secuencia también se le añaden los puntos en los cuales el robot debe separar el lápiz del lienzo; iii) El control de los servomotores, en esta etapa se realiza una última transformación de coordenadas a un espacio discreto y codificado para después escribir estos valores en los servomotores.

### I-A. Visión artificial.

Para obtener la información pertinente de una fotografía y que tenga las características necesarias, se utilizaron diversos algoritmos de análisis y procesamiento de imagen. En primer lugar, se cambia la fotografía a escala de grises y se redimensiona para tener un tamaño máximo de  $300 \times 233$

píxeles. A esta imagen se le aplica el algoritmo de Canny, con el cual se obtiene una imagen que contiene las líneas unipixelares de los bordes. A continuación, se efectúa una segmentación por iluminación de la imagen para obtener dos imágenes que contengan las áreas con sombras oscuras y tenues respectivamente. Estas áreas sombrías se usan para generar una imagen de achurados de líneas unipixelares a 45 grados, que representan las sombras de la imagen. Por último, se filtran los bordes y las sombras para eliminar grupos de píxeles que contengan un número de píxeles menor a un umbral. Los resultados de esta etapa se pueden observar en la figura 1. Este programa de visión requiere de una sintonización de variables, la cual se puede observar en la siguiente tabla.

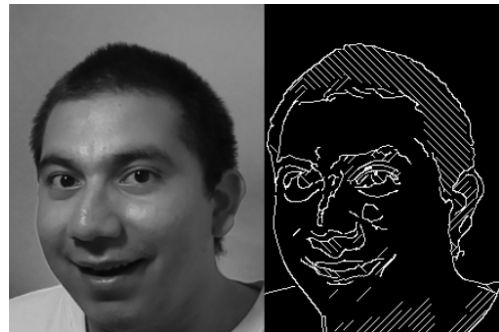


Figura 1: Resultado del análisis y procesamiento de imagen.

Cuadro I: Variables de sintonización

Variable	Valor
Tamaño de la imagen	$300 \times 233$ píxeles máximo
Umbral superior para sombras fuertes	0.2 (normalizado)
Umbral inferior para sombras tenues	0.47 (normalizado)
Umbral superior para sombras tenues	0.52 (normalizado)
Distancia entre achurados	5 px
píxeles mínimos en grupos de bordes	10 px
píxeles mínimos en grupos de achurados	5 px
Distribución estándar Canny	1
Umbral de histéresis inferior	0.1
Umbral de histéresis superior	0.5

### I-B. Transformación de coordenadas.

Para realizar dicha transformación se requieren varias etapas. Para comenzar, es necesario ubicar los píxeles en un espacio físico y continuo. Esto se hace por medio de un cambio de unidades a través de una multiplicación escalar con el factor 0,6 que es la longitud de un pixel en milímetros y una transformación homogénea que traslada y rota los píxeles para que estén en el marco de referencia del brazo robótico, de la siguiente manera [1].

$$\mathbf{x}_P = \mathbf{x}_{im} * \frac{180}{300} = \begin{bmatrix} x_{im} \\ y_{im} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} * 0,6 \quad (1)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{T} * \mathbf{x}_P = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 190 \\ 1 & 0 & 0 & 90 \\ 0 & 0 & 1 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \mathbf{x}_P \quad (2)$$

Las ecuaciones 1 y 2 se muestra como el vector  $x_{im}$  que representa el vector de la posición del pixel en la imagen sin unidades, se cambia al plano físico en milímetros del marco de referencia de la imagen  $X_P, Y_P, Z_C$  de la figura 2. Así como también su traslación y rotación para formar parte del marco de referencia  $X_C, Y_X, Z_C$ .

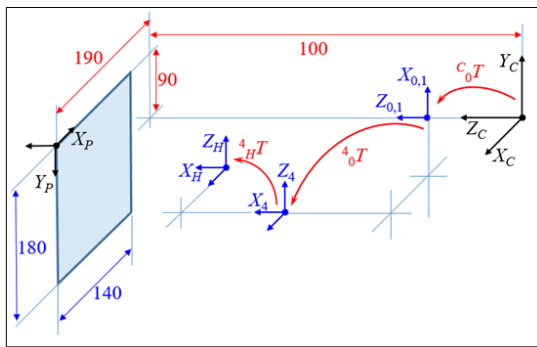


Figura 2: Espacio de trabajo

Por último, es necesario encontrar los ángulos de cada articulación con los cuales el lápiz puede ubicarse en el vector deseado. Para esto se propusieron las siguientes ecuaciones de cinemática inversa con ayuda del diagrama de la figura 3

$$\theta = \frac{\theta_{min}}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4} \rho, \theta_{min} = \pi \quad (3)$$

$$\theta_1 = \theta_\rho - \theta \quad (4)$$

$$\cos \alpha = \frac{L_1^2 + r^2 - \rho^2}{2L_1 r}, \cos \beta = \frac{L_1^2 + r^2 - (L_3 + L_4)^2}{2(L_3 + L_4)r} \quad (5)$$

$$\theta_3 = \pi - \alpha^+ - \beta^+ \quad (6)$$

$$\theta_{4s} = \tan^{-1} \left( \frac{Y - L_1 \sin \theta_1 - (L_3 + L_4) \sin(\theta_1 + \theta_3)}{X - L_1 \cos \theta_1 - (L_3 + L_4) \cos(\theta_1 + \theta_3)} \right) \quad (7)$$

$$\theta_4 = \theta_{4s} - \theta_1 - \theta_3 \quad (8)$$

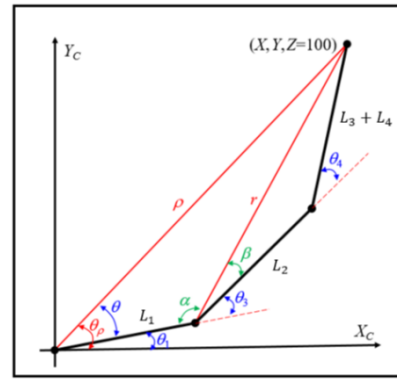


Figura 3: Diagrama geométrico del brazo robótico.

Como se puede observar en las ecuaciones, la cinemática inversa propuesta, linealiza el ángulo del primer eslabón  $\theta_1$  a la distancia  $\rho$ , además de acotarlo a un rango de  $0 \rightarrow \pi$ . También se puede observar que utiliza la ley de cosenos para resolver los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  y así encontrar el ángulo  $\theta_3$ . Por último, utilizan las ecuaciones cartesianas del punto de interés para encontrar el último ángulo.

Es importante mencionar que el segundo ángulo de la cadena cinemática del robot  $\theta_3$  se usa para separar el lápiz del lienzo, por lo que solo se agrega a la secuencia de posiciones cuando es necesario.

### I-C. Control de servomotores

Esta parte de la aplicación es la que realiza la comunicación de los servomotores, esto requiere en primer lugar de una codificación de las posiciones angulares obtenidas de la cinemática inversa. Esto significa cambiar de un espacio continuo a discreto y un cambio de unidades, de un rango  $\pm \pi$  a  $0 \rightarrow 1023$ .

Aparte es necesario decidir qué velocidad angular será escrita a cada servomotor. En la primera implementación de la aplicación, esta velocidad se definía como constante y arbitraria, sintonizada de forma empírica. Pero en este artículo se presenta una mejora en este ámbito.

### I-D. Resultados

La aplicación retratista, en su primera implementación, arrojó resultados positivos, en cuanto que los dibujos asemejaban a las fotografías, como se puede observar en la figura 4. Pero las líneas con las que el robot dibujaba eran oscilantes y con trayectorias curvas que demeritaban el parecido con la fotografía. Ésta fue la motivación principal, cambiar las trayectorias para que fueran rectas entre punto y punto y que el dibujo fuera más representativo.

## II. DESARROLLO DEL CONTROL CINEMÁTICO

Después de haber implementado la aplicación retratista surgieron varias dudas sobre su funcionamiento, las líneas con las que traza el robot eran aparte de curvas, oscilantes. Las líneas curvas son el resultado de la suma de los giros de cada



Figura 4: Resultado de la aplicación retratista en su primera implementación.

articulación, al no tomarse en cuenta la posición del robot entre cada punto del dibujo se puede esperar cualquier trayectoria aleatoria. Esto es lo que se observa en los primeros resultados. Por otro lado, las oscilaciones surgen por la flexibilidad del brazo robótico y del movimiento de inercia que se realiza al acelerar y frenar los motores.

El control cinemático presentado en este artículo no fue el primer intento de reducir las trayectorias curvas entre puntos. La primera aproximación que se hizo para el cálculo de las velocidades angulares consistía en igualar las velocidades lineales producidas por cada servomotor, es decir, que las velocidades angulares fueran proporcionales a la velocidad lineal en el lápiz. Pero lo que no se tomó en cuenta fue que los movimientos que hacen los servomotores tienen direcciones arbitrarias con las que no se puede hacer ningún cálculo generalizado de la velocidad del efector final. Por esta razón se decidió indagar más en la cinemática del brazo robótico y entender las ecuaciones de la velocidad tangencial del efector final.

#### II-A. Ecuaciones cinemáticas del brazo robótico.

Como se puede observar en la figura 5, la velocidad resultante del efector final es la suma de las velocidades tangenciales producidas por cada servomotor de la siguiente manera.

$$\vec{v} = \vec{\rho} \times \vec{\theta}_1 + \vec{r} \times \vec{\theta}_3 + \vec{L}_H \times \vec{\theta}_4 \quad (9)$$

$$\vec{v} = \begin{bmatrix} C_1 * \dot{\theta}_1 + C_2 * \dot{\theta}_3 + C_3 * \dot{\theta}_4 \\ C_4 * \dot{\theta}_1 + C_5 * \dot{\theta}_3 + C_6 * \dot{\theta}_4 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$C_{1 \rightarrow 6} = f(\vec{\rho}, \vec{r}, \vec{L}_H) \quad (11)$$

Se puede observar que la velocidad resultante tiene como parámetro la información de la pose actual del robot, por lo que es necesario guardar esa información al momento de solucionar la cinemática inversa del robot.

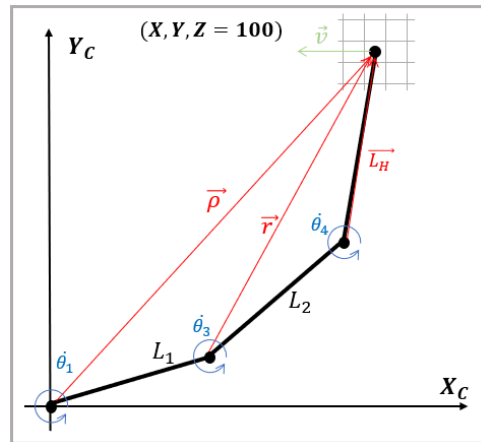


Figura 5: Diagrama de velocidades del brazo robótico.

Al obtener la expresión algebraica de la velocidad se pueden deducir las ecuaciones que condicionen la dirección del vector velocidad.

$$C_1 * \dot{\theta}_1 + C_2 * \dot{\theta}_3 + C_3 * \dot{\theta}_4 = 0 \quad (12)$$

$$C_4 * \dot{\theta}_1 + C_5 * \dot{\theta}_3 + C_6 * \dot{\theta}_4 = 0 \quad (13)$$

$$C_1 * \dot{\theta}_1 + C_2 * \dot{\theta}_3 + C_3 * \dot{\theta}_4 = \pm C_4 * \dot{\theta}_1 + C_5 * \dot{\theta}_3 + C_6 * \dot{\theta}_4 \quad (14)$$

Se pueden simplificar las ecuaciones condicionales de velocidad a cuatro debido a que la aplicación retratista solo genera trayectorias en las 8 direcciones posibles en una imagen de píxeles cuadrados (vertical, horizontal, diagonal izquierda y diagonal derecha). Por ejemplo: Para una velocidad vertical, la primera componente del vector se iguala a cero. En el caso de las 4 diagonales, la ecuación a utilizar depende del cuadrante en el que se encuentre el vector velocidad deseado. En el caso del primer y tercer cuadrante, la ecuación 14 adquiere el signo positivo. Lo contrario ocurre para los dos cuadrantes remanentes.

En cualquiera de los 8 casos las ecuaciones condicionales tienen la misma composición que se puede parametrizar para dos velocidades  $\dot{\theta}_1$  y  $\dot{\theta}_4$  diferentes para las distintas direcciones y seleccionadas empíricamente para cada caso.

$$K_1 * \dot{\theta}_1 + K_2 * \dot{\theta}_3 + K_3 * \dot{\theta}_4 = 0 \quad (15)$$

$$\dot{\theta}_3 = -\frac{K_1 * \dot{\theta}_1 + K_3 * \dot{\theta}_4}{K_2} \quad (16)$$

$$K_{1 \rightarrow 3} = f(\vec{\rho}, \vec{r}, \vec{L}_H) \quad (17)$$

Las ecuaciones 16 y 17 son en su conjunto la ley de control en lazo abierto de la dirección del vector velocidad.

II-B. Validación del control cinemático.

Para corroborar que esta forma de calcular las velocidades angulares de los servomotores es útil para el caso particular de la aplicación retratista, se realizaron diversas pruebas matemáticas que categorizan el espacio de dibujo en áreas en donde el control cinemático produce los resultados esperados. En primer lugar, se hizo un estudio general de viabilidad de las ecuaciones, encontrando los sitios en el lienzo en el que existan tres velocidades angulares  $\dot{\theta}_1$ ,  $\dot{\theta}_3$  y  $\dot{\theta}_4$  que generen la velocidad lineal en la dirección deseada. El resultado de esta primera validación se puede observar gráficamente en la figura 6, en donde las áreas negras representan los sitios en donde puede obtener la dirección deseada desde un punto de vista matemático. Haciendo un análisis cuantitativo, el control es 99.62 % matemáticamente efectivo.

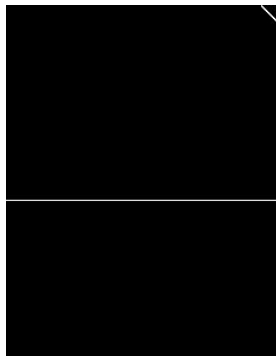


Figura 6: Análisis matemático de la efectividad del control.

Al observar que los resultados fueron positivos, se siguió a ejecutar la misma prueba de efectividad, pero simulando que las velocidades seleccionadas fueran reales. Esto quiere decir que se eliminaron los sitios en donde las velocidades calculadas fueran mayores al máximo de los servomotores. Como también se eliminaron los sitios en donde la dirección de la velocidad calculada no correspondiera con la dirección del movimiento que llevaría a cabo el robot al dibujar. Se puede observar en el resultado representado gráficamente en la figura 7 que hubo una disminución del área efectiva, cuantitativamente el control es 47.79 % eficaz en la simulación.

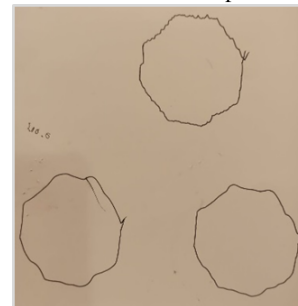


Figura 7: Análisis holístico de la efectividad del control.



(a) Sin control, velocidades constantes.

(b) Con velocidades proporcionales.



(c) Con control cinemático

Figura 8: Dibujo de octágono

III. RESULTADOS.

Para probar el control cinemático se realizaron diversos dibujos de un octágono en el centro del lienzo, el cual tiene como característica que, si se dibuja en un solo trazo, se recorren las ocho direcciones posibles.

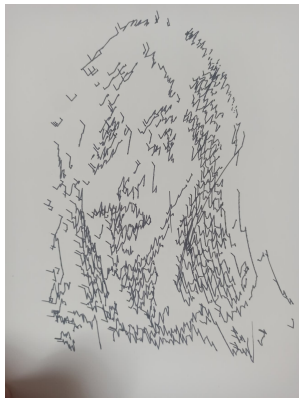
Se hizo el dibujo del octágono con la aplicación sin control de velocidad, con velocidades proporcionales en el efector final y por último con el control cinemático expuesto en este artículo. Aparte, se hicieron tres octágonos distintos para cada prueba con diferentes frecuencias de transmisión de datos: 10, 100, y 200 Hz. Estos resultados se pueden observar en la figura 8.

Se puede notar que el control de velocidades proporcionales presenta una gran mejora comparado con el uso de velocidades

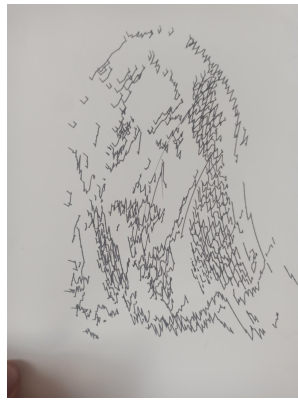
constantes, pero también se puede observar que el control cinemático presenta mejoras en el dibujo y que las trayectorias curvas son menos pronunciadas en las tres frecuencias. Cuando la frecuencia aumenta, se puede observar que el dibujo con el control cinemático se apega más a la figura original. También se puede observar que independientemente de las velocidades de los servomotores, las frecuencias más altas producen trazos más continuos.

Por último, se llevó a cabo un dibujo que utiliza la aplicación retratista en su totalidad, añadiéndole el control cinemático para observar los resultados en un retrato real.

Como se puede observar en la figura 9 Las diferencias entre el dibujo con y sin el control cinemático no son notables a primera vista, pero si se hace un análisis más profundo de cada trazo, se puede observar que los trazos realizados con el



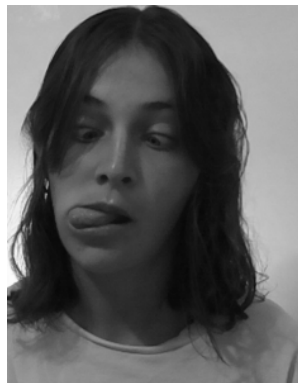
(a) Con el control cinemático.



(b) sin el control cinemático.



(c) Resultado del procesamiento de imagen.



(d) Fotografía original.

Figura 9: Dibujo un retrato humano

control cinemático son más fieles al retrato original, que es lo que se busca en la aplicación retratista. También se puede observar que las oscilaciones del dibujo, siguen prevaleciendo

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el control cinemático en lazo abierto realizado con las ecuaciones que condicionan la dirección del vector velocidad son matemáticamente viables, y moderadamente viables en la implementación específica con las características físicas del robot y la solución propuesta de la cinemática inversa.

Por otro lado, se puede observar que, aunque las pruebas muestren que no es posible obtener la dirección deseada en ciertas zonas del lienzo, con el control cinemático hay una mejora en los trazos en la totalidad del área de dibujo, esto significa que, aunque la dirección del vector velocidad no sea idéntica a la deseada, esta sea más cercana que con las anteriores maneras de seleccionar las velocidades articulares.

Para aumentar el área del lienzo en donde el control cinemático es efectivo, es necesario modificar la posición geométrica del lienzo, la longitud de los eslabones de la cadena cinemática, la velocidad máxima de los servomotores, las ecuaciones de la cinemática inversa o todos estos elementos en su conjunto.

Por otro lado, se puede mejorar el control cinemático de velocidad si este es de lazo cerrado, esto requeriría de un cambio en los servomotores para que exista una retroalimentación de la posición y velocidad.

#### REFERENCIAS

- [1] S. C. Pablo, O.O Alexis Adrián, and I. Z. Juan Manuel, "Towards the development of the capability of drawing portraits with the humanoid robot DarwinOP;" 021 XXIII Robotics Mexican Congress (ComRob), 2021, pp. 118-125, doi: 10.1109/ComRob53312.2021.9628684.

# Desarrollo de un sistema de identificación biométrica móvil para la toma de asistencias de los profesores de la Universidad Americana de Acapulco

Eduardo Rodríguez Rayo  
División de Estudios de Posgrado e Investigación  
Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco  
Acapulco de Juárez, México  
mm20320017@acapulco.tecnm.mx

Luis Ramos Baños  
División de Estudios de Posgrado e Investigación  
Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco  
Acapulco de Juárez, México  
luis.rb@acapulco.tecnm.mx

**Abstract—** Maintaining a standard of quality or improving it is an important goal for many organizations, in the field of private education students are assumed as customers for this reason are more strict with respect to educational quality and to receive all their classes, so the educational institutions adopt a customer satisfaction approach, so that they seek to implement measures that help in improving the quality of the institution, The aim is to modernize the system of taking attendance of teachers when they teach their classes, it seeks to develop a system that can verify teachers unequivocally and deliver accurate information, implementing a mobile biometric authentication system in which the fingerprint will be used as a biometric attribute, where the digital image will be processed to make the extraction of minutiae by applying algorithms for the extraction of characteristics and verification of fingerprints.

**Keywords—** Biometric authentication, Fingerprint, Verification, Digital image, Minutiae, Algorithms.

## I. INTRODUCCION

El avance tecnológico crece en todas las direcciones, gracias al mismo se pueden crear prótesis funcionales, automóviles que se conducen de forma autónoma, generar diagnósticos médicos gracias a análisis por computadora, de la misma forma que grandes empresas u organizaciones modernizan sus procesos o servicios para proporcionar una mejor calidad de estos, mejorando o teniendo una mayor eficiencia en áreas administrativas en una empresa u organización.

La implementación de nuevas tecnologías en empresas u organizaciones se debe al crecimiento exponencial del mercado de las computadoras y sus sistemas, las computadoras han diseminado su uso en el mundo de los negocios desde los años sesenta, y las computadoras personales se han extendido por todas partes, En 1991 cerca del 60% de los empleados de oficinas en los Estados Unidos contaban con una de ellas en sus escritorios, A partir de del 2001 alrededor de 65 millones de los 115 de adultos que tenían un empleo y tenían más de 25 años usaban una computadora en el trabajo y alrededor de 48 millones de estos adultos usaban internet en el trabajo [1] [2].

El presente artículo está enfocado en desarrollar un sistema que tome la asistencia de los profesores a sus clases correspondientes en una institución educativa, mediante el uso del procesamiento digital de imágenes y la aplicación de tecnologías web.

## 1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La Universidad Americana de Acapulco es una institución privada de nivel medio superior y superior ubicada en la ciudad y puerto de Acapulco, Guerrero. La universidad está en la búsqueda de mejorar y avanzar para ofrecer un mejor servicio educativo, como lo podría ser la creación de un repositorio para almacenar las tesis de sus estudiantes, ha llevado a cabo proyectos en los que se ha dotado de internet inalámbrico a toda la institución, entre otros.

La institución busca mantener un estándar de calidad educativa y ha llevado a cabo diversas acciones para lograrlo, por este motivo se ha planteado el desarrollar un sistema de autenticación biométrica móvil, que sea capaz de autenticar a los profesores cuando estos imparten sus clases y de esta forma poder llevar un registro de las asistencias.

## II. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema móvil que, por medio de la lectura biométrica se tome la asistencia de los profesores al impartir sus clases en la Universidad Americana de Acapulco para proporcionar información veraz y oportuna al área administrativa.

## III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el contexto de mejorar y/o garantizar la calidad de los servicios educativos, se desea llevar un control de las asistencias de los profesores al impartir sus clases, con la finalidad de poder tomar decisiones.

Las instituciones educativas deben de adoptar un enfoque de satisfacción al cliente, están obligadas a satisfacer en conjunto, al estudiante y a la sociedad en general. Esto requiere que la expectativa de la oferta educativa sea alcanzada o sea superada. Por esta razón, es importante fortalecer la confianza, evitar la deserción de los estudiantes,



cumplir las metas educativas institucionales, garantizar la satisfacción de la comunidad educativa en general [3].

Actualmente se toma la asistencia de los profesores de una forma tradicional, que es asistir a las aulas para verificar que los profesores estén impartiendo clases y anotarlos en una lista, y para verificar que se trata de un profesor impartiendo una clase este tiene que firmar dicha lista. Este método tiene algunas desventajas, ya que las listas en papel podrían sufrir algún inconveniente que ponga en riesgo su contenido, además de poder ser falsificadas tanto las listas enteras como las propias firmas de los profesores. Algunos de los problemas más importantes son los siguientes:

- Fragilidad de las listas en papel ante el agua, humedad, fuego, rupturas y degradación de la tinta con el paso del tiempo.
- Dificultad para el almacenamiento, se deben de tomar directrices más específicas para el almacenamiento del papel.
- Tiempo de toma de las asistencias, el tiempo que toma registrar una asistencia en papel o de forma automatizada no tendría una notable variación, pero el tiempo que tomaría enviar esta información al área administrativa estaría sujeto a la jornada laboral.
- Archivar la información, al tener listas archivadas en papel se dificulta la búsqueda y revisión de la información.
- Veracidad de la información, la validación de un documento en papel requiere que la persona autorizada de validez con su firma, acción que se puede obviar con la automatización dando mayor veracidad a la acción.

#### IV. HIPÓTESIS

La aplicación móvil ayudará a la Universidad Americana de Acapulco a automatizar el proceso de toma de asistencia de los profesores al impartir sus clases de forma inequívoca ya que la asistencia se verificará con la huella dactilar, esto otorgará información veraz, de forma rápida y eficiente, donde se entregará esta información al área administrativa para facilitar sus labores.

#### V. METODOLOGÍA

Para desarrollar el sistema móvil de toma de asistencias se ha optado por utilizar un smartphone que funcionará para realizar el procesamiento de las asistencias, almacenar los registros de las asistencias en la base de datos, así como la función de enrolar las huellas dactilares con cada profesor. En la actualidad muchos smartphones cuentan con un sensor biométrico para poder autenticar a los usuarios, funcionando como una capa de seguridad para los smartphones, esta funcionalidad está restringida en ciertos aspectos para los desarrolladores lo cual inhabilita los sensores incorporados en los smartphones para ser utilizados en el desarrollo de este sistema, por lo que se ha optado por un sensor especializado para trabajar con huellas dactilares que funciona por medio de bluetooth, el sensor es el modelo el HF4000Plus de la marca HFSecurity que se muestra en la figura 1, el cual dentro de sus

múltiples funcionalidades está el poder digitalizar huellas dactilares.



Figura 1: Lector Bluetooth HF4000Plus

El sistema de verificación realiza dos tareas, la primera es registrar los datos de los profesores y esto implica el registro de sus huellas dactilares y el enrolamiento con las mismas, a continuación, se presenta la metodología empleada para el registro de los profesores.

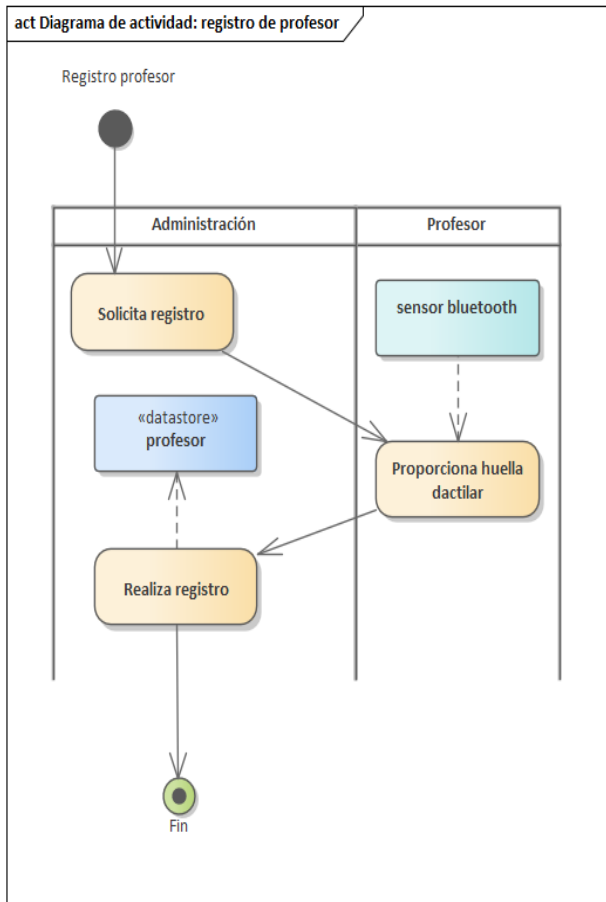


Figura 2: Diagrama de actividad del registro de profesores

Con la información almacenada ya es posible realizar la tarea de verificación de los profesores, en la figura 3 se muestra la metodología empleada para la toma de la asistencia.

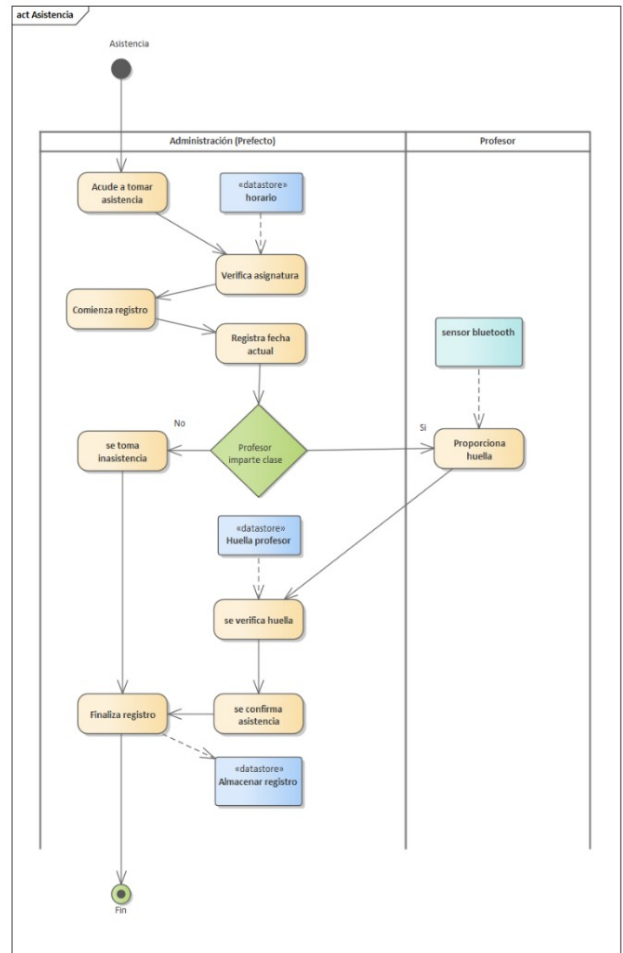


Figura 3: Diagrama de actividad del registro de asistencias

Esta alternativa para la toma de asistencia de los profesores está enfocada en el proceso de verificación, la finalidad de la biometría es poder verificar o identificar a una persona, esto se logra con la comparación uno a uno si es para la verificación y uno a muchos si es para la identificación, el usuario indica una identidad ya sea su huella dactilar, su rostro, voz, etc., el sistema ya cuenta con un registro previo de esta persona y accede a dicho registro para poder comparar la identificación proporcionada por el usuario con la identificación almacenada en el sistema y poder verificar si se trata de la misma persona.

### VI. ATRIBUTOS BIOMÉTRICOS

Los atributos biométricos no se pueden olvidar. Son difíciles de copiar y compartir. Es necesario que la persona esté presente en el punto de autenticación para ser autenticada. La comparación de varios atributos como universalidad, unicidad, permanencia, cobrabilidad, rendimiento, aceptabilidad, elusión es medible, se da en la tabla 1 [4].

TABLA I: Comparación de atributos biométricos

Biometrics	Unive rsalit y	Uniq uenes s	Perm anenc e	Colle ct- abilit y	Perfo rman ce
Face	H	L	M	H	L
Fingerprint	M	H	H	M	H
Hand Geometry	M	M	M	H	M
Keystrokes	L	L	L	M	L
Hand veins	M	M	M	M	M
Iris	H	H	H	M	H
Retinal scan	H	H	M	L	H
Signature	L	L	L	H	L
Voice	M	L	L	M	L

1.1. Conceptos básicos sobre las características de una huella dactilar (H = High, M = Medium y L = Low)

**Cresta:** Es el relieve lineal que existe en la epidermis de ciertas zonas que, alternando con los valles, forman el dibujo papilar. Son las rayas negras de una huella impresa en papel.

**Valle:** Hendidura entre las crestas de la huella digital.

**Minucia:** Una minucia es un punto de interés de la huella digital. Las minucias tienen la siguiente representación:  $minucia = \{x, y, \square\}$  donde  $x$  y  $y$  es la posición en la imagen de la huella y  $\square$  es el ángulo de dicha minucia.

En la figura 4 se muestra la representación de 4 tipos de minucias, las cuales son terminaciones, cercos, bifurcaciones e islas.

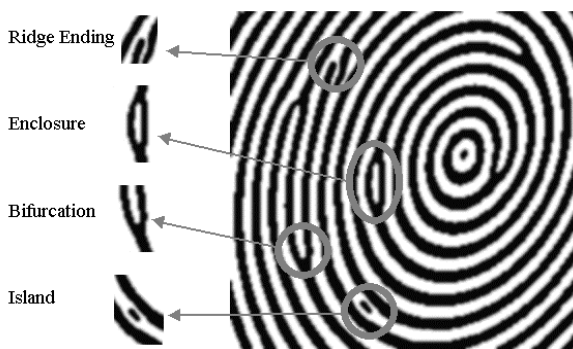


Figura 4: Diferentes características (minucias) presentes en la cresta del dedo [5].

VII. DESARROLLO

Llegado este punto ya se han establecido algunos parámetros para poder definir el funcionamiento del sistema, principalmente se requiere de un algoritmo que realice la extracción de características de las huellas dactilares para

poder comparar las características de una huella almacenada en el sistema con la que se requieren verificar.

A. Extracción de características

El sensor HF4000Plus entrega una imagen de una huella dactilar, normalmente esta imagen siempre es de buena calidad, pero se puede dar el caso en que esta imagen contenga ruido, el cual deberá ser eliminado.



Figura 5: Eliminación de ruido en imagen de huella dactilar

Para realizar la extracción de características de una imagen de huella dactilar, esta debe ser binarizada, para crear una imagen binaria a partir de la imagen original se utiliza el valor de umbral. Puede ser un umbral de imagen global, especificado como un valor de luminancia escalar, o un umbral adaptable localmente, especificado como una matriz de valores de luminancia. Para calcular el umbral global a partir de los recuentos de histogramas, se utiliza el método de Otsu.

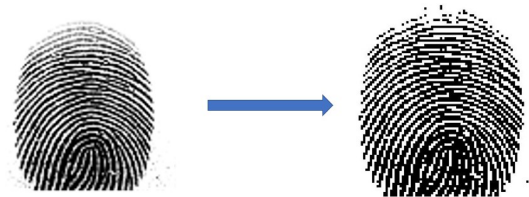


Figura 6: Binarización de imagen digital

Para poder hacer una distinción de las minucias se necesario realizar un adelgazamiento de las líneas en la imagen binarizada, de tal modo que las líneas sean equivalentes al tamaño de un píxel. Los algoritmos de adelgazamiento realizan un proceso análogo al concepto de fuego de pradera, ya que aplican, sucesivamente, un conjunto de condiciones a cada píxel de un objeto dentro de una imagen, eliminando aquellos píxeles que las cumplen mientras que mantienen aquellos píxeles que no las cumplen. De modo que, los píxeles que no son eliminados durante este proceso forman el esqueleto de la imagen.



Figura 7: Adelgazamiento de la huella dactilar

Una vez finalizado el proceso de adelgazamiento, se tiene una imagen con las cualidades adecuadas para aplicarle un

algoritmo de detección de minucias. El algoritmo consiste en calcular el número de píxeles que cruzan el píxel central (Pc), esto se calcula con la ecuación:

$$Pc = \sum_{i=1}^8 p(i) \begin{cases} Pc=7 \text{ Bloque con terminación} \\ Pc=6 \text{ Bloque sin minucia} \\ Pc \leq \text{Cloque con bifurcación} \end{cases} \quad (1)$$

En la ecuación p1 a p8 es una secuencia ordenada de píxeles que definen el bloque de 8 vecinos del píxel central. En la siguiente figura en 8a se puede observar la configuración de la ventana usada para localizar bifurcaciones y terminaciones. Las figuras 8b, 8c y 8d son las configuraciones posibles que podemos encontrar. a) Ventana de 3x3 usada para encontrar minucias, b) Bloque sin minucias, c) Bloque con bifurcación, d) Bloque con terminación.

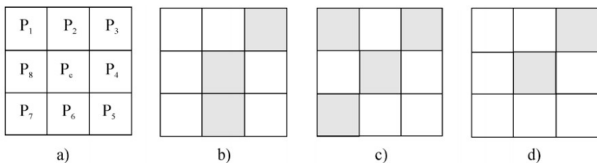


Figura 8: Ventana para encontrar minucias [6].

**B. Etapa de verificación**

El reconocimiento se realiza con tres importantes características: coordenadas, distancia y ángulos. La razón de usar tres características es poder obtener el mínimo error posible en el reconocimiento. Así, la información que se almacena de la huella dactilar consiste en una matriz. La matriz se compone de x vectores (total de minucias que se podrían almacenar) y cada vector de 4 valores que consisten en las dos coordenadas de la primera minucia, la distancia a la siguiente minucia y el ángulo de la primera minucia con respecto al eje Y.

El proceso de reconocimiento es realizado de la siguiente forma: la imagen de entrada se convierte en una matriz de 4x100 que es el límite de minucias que se podrían almacenar y esta matriz es comparada con la obtenida de la base de datos.

Primero, se localizan los vectores con distancias iguales y se toman únicamente los que tienen el mismo ángulo. Después, se descartan los vectores que tienen coordenadas muy diferentes y de esta forma podemos asegurar un mejor reconocimiento.

Se puede decidir un umbral con el que se obtengan mayores resultados para tener un buen reconocimiento, es decir, que una imagen de entrada será reconocida solamente cuando su matriz contenga más del umbral de vectores iguales a alguna de las imágenes almacenadas en la base de datos.

Cuando más de una imagen supera el umbral de aceptación se reconoce a las dos huellas como la misma, para evitar esto se debe de hacer una verificación que consiste en descartar imágenes, se comienza analizando la dirección y el número de píxeles que fue movida la imagen de entrada.

Cuando dos imágenes de la huella dactilar de una misma persona son comparadas y una de estas imágenes está trasladada, todas las minucias de la huella dactilar se mueven en la misma dirección y cantidad de píxeles, pero cuando dos imágenes de diferentes personas son comparadas y una de ellas está trasladada, el número de píxeles y la dirección cambian. En la figura 9 se muestra este ejemplo [6].

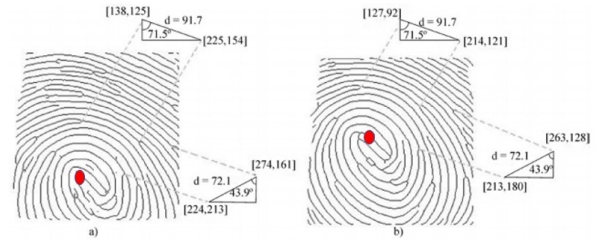


Figura 9: Comparación de huellas de una misma persona, a) Imagen almacenada, b) Imagen de entrada

**VIII. FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA**

El sistema está compuesto por diversas funcionalidades que completan al mismo, como lo es el registro de los profesores, enrolamiento de huella dactilar, almacenamiento, registro de asistencias y visualización de registros.

**A. Registro de los profesores al sistema de autenticación**

En la etapa de registro de los profesores al sistema se ha planteado que para los sistemas de autenticación se necesita tener un registro previo de las personas a autenticar, en este apartado se tomara registro de los datos de los profesores, para de esta forma poder generar los registros de las asistencias con la información correspondiente al profesor y de esta manera realizar una correcta relación con la materia impartida, el aula en la cual se imparte dicha materia y su correspondiente verificación.

**B. Enrolamiento de huella dactilar**

El sensor bluetooth será el encargado de realizar la adquisición de la imagen digital, la aplicación móvil será capaz de establecer una sincronización con el sensor, dicho sensor realiza la captura y esta es enviada a la aplicación para realizar su debido proceso de extracción de características, así como de almacenar los datos recopilados, estos datos serán enrolados a un profesor.

**C. Almacenamiento de datos**

Cada huella dactilar será enrolada a un profesor, esta información debe de ser visible en tiempo real por el área administrativa, para lograr esta actividad la información debe de estar disponible en una base de datos que pueda ser accedida por medio de internet tanto como para almacenar los nuevos registros como para visualizarlos.

**D. Visualización de los registros**

Con los registros almacenados en la base de datos ya es posible hacer consultas para visualizar la información recopilada y de este modo poder generar los reportes que se requieren en el área administrativa.

## IX. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado el planteamiento para el desarrollo de un sistema que puede tomar la asistencia de los profesores de la Universidad Americana de Acapulco de forma móvil, con la ventaja de tener esta información para poder realizar reportes, se pretende que a futuro estos reportes sean utilizados con un sistema de nómina.

Existen muchos atributos biométricos que se puede tomar para poder realizar la verificación de una persona, pero se ha optado por la huella dactilar debido a que tiene un índice de aceptabilidad más alto, que por ejemplo el reconocimiento facial, este procedimiento tiene que ser móvil debido a que se requiere que la asistencia sea tomada en cada aula, una limitante son las restricciones que tienen los sensores de huellas dactilares incorporados en los smartphones, pero en la actualidad existen sensores que se pueden colocar en los picaportes de las puertas, o pequeños sensores que se pueden incrustar en las superficies y la solución para la movilidad son los sensores bluetooth, incluso este tipo de sistemas se podrían utilizar para brigadas de trabajadores que se reúnen en áreas remotas para realizar sus actividades.

El núcleo del sistema es el proceso de extracción de características y la verificación de las huellas dactilares, existen muchos métodos para realizar estas actividades incluso en la actualidad se esta utilizando IA para la extracción de características, donde se entrena a un algoritmo para extraer las minucias más relevantes, en el caso de las huellas dactilares latentes también se están haciendo avances con respecto a la identificación de las huellas dactilares utilizando IA, para este caso en particular se están utilizando algoritmos ya probados con anterioridad que proporcionan un porcentaje de error bajo, al ser este un sistema de identificación la huella dactilar entrante siempre será comparada con la huella almacenada de la misma persona, ya que al momento de realizar el registro de los profesores se hace un enrolamiento con sus huellas, lo que facilita el trabajo de verificación. El sistema está pensado para que las asistencias tomadas sean visibles para el área administrativa, del mismo modo el sistema será capaz de entregar reportes de las asistencias de un mismo profesor en alguna fecha abierta o de una quincena de todos los profesores, estos reportes serán entregados en formato csv o xml para su posterior uso en un sistema de nómina (que es un proyecto a futuro). Con lo cual se obtendrá un sistema autónomo que proporcionará información veraz y esto ayudará a la Universidad Americana de Acapulco a mejorar y/o garantizar la calidad de sus servicios educativos.

## X. REFERENCIAS

- [1] P. Krugman, *Peddling Prosperity*, Nueva York, 1994.
- [2] U. D. o. C. NTIA and ESA, «THE DIGITAL WORKPLACE,» *Current Population Survey, U.S.*, 2001.
- [3] M. C. N. Moreno, *Satisfacción estudiantil de la calidad del servicio educativo en la formación profesional de las carreras técnicas de baja y alta demanda*, Lima, 2018, pp. 1-5.
- [4] Akanksha Bali, Shivangi Goswami y Shagun Sharma, «Biometrics Security in Mobile Application Development and its Applications,» *International Journal of Scientific and Technical Advancements*, vol. 5, pp. 51-60, 2019.
- [5] I. E. Dror, «A Hierarchy of Expert Performance,» *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, p. 124, 2016.

- [6] G. Aguilar, G. Sánchez, K. Toscano, M. Nakano y H. Pérez, «Reconocimiento de Huellas Dactilares Usando Características Locales,» *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de*, pp. 101-109, 2008.

# Plataforma web para la gestión de usuarios y anuncios publicitarios del sistema de red WiFi Marketing aplicando algoritmo de contenidos

Ing. Jovany Yair Patiño Rayo  
Departamento de posgrado e  
investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco, Guerrero  
0000-0003-2538-3039

Dra. Miriam Martínez Arroyo  
Departamento de posgrado e  
investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco Guerrero  
0000-0002-5685-1731

Dr. Jose Luis Hernández  
Hernández  
Docente de la carrera de  
Ingeniería en Sistemas  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Chilpancingo  
Chilpancingo Guerrero  
0000-0001-8330-4779

Dra. Eduardo de la Cruz Gámez  
Departamento de posgrado e  
investigación  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco  
Acapulco Guerrero  
0000-0003-3318-788X

**Resumen—** En este documento se presenta el diseño de un sistema de gestión empresarial de red llamado RicsaNet el cual administrara el contenido multimedia que se visualiza en un sistema de red WiFi marketing que consta de algunos puntos de acceso en lugares con mucha afluencia de personas en el puerto de Acapulco de Juárez los cuales proporcionan internet libre mediante WiFi, siendo aprovechado esencialmente por dispositivos móviles como notebooks, PDAs, consolas, etc. Al conectarse, el dispositivo abrirá el navegador predeterminado visualizando publicidad en el proceso de sesión para esto se implementará un algoritmo basado en minería de datos que relacionará el contenido publicitario con el usuario invitado, la plataforma web gestionará los clientes con sus respectivas campañas contratadas generando reportes y estadísticas de su anuncio y cuantas veces ha sido visualizado.

**Palabras Clave:** WiFi, Marketing, Minería de datos.

## INTRODUCCIÓN

La publicidad se ha convertido en una de las actividades principales, que las empresas comerciales realizan para difundir y comunicar mensajes y contenido informativo y promocional. Esta actividad tiene múltiples finalidades para contribuir al desarrollo y crecimiento comercial de las empresas.

La publicidad, además de realizar su función principal, que es la de buscar y persuadir al público para que decida comprar un producto específico. También es sin lugar a dudas uno de los fenómenos más importantes y característicos de la sociedad de consumo moderna, ya que ella acompaña al hombre en casi todos los aspectos de su vida y lo induce a adoptar comportamientos no armónicos con sus intereses sino más bien con los de aquel que anuncia comercialmente algo.

En adición a lo anterior, los medios digitales permiten difundir y actualizar los anuncios publicitarios que van a realizar las empresas en un corto, mediano y largo plazo. Esto hace que se diferencien de los medios de comunicación tradicionales que no permiten cambios en su contenido una vez difundida la publicidad.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una empresa importante de publicidad en Acapulco de Juárez cuenta con un sistema de WiFi marketing el cual funciona con distintos puntos de acceso (hotspots) en lugares públicos con mucha afluencia de la ciudad de Acapulco de Juárez.

Los hotspots son los lugares que ofrecen servicio de internet mediante WiFi, que puede ser aprovechado esencialmente por dispositivos móviles como notebooks, PDAs, consolas, etc. Es un servicio que administra el acceso a Internet por usuario, controlando el tiempo de navegación, limitando el ancho de banda, entre otros aspectos.

Para poder conectarte al WiFi marketing es necesario estar dentro de la cobertura de uno de los puntos y mediante un sistema de portal cautivo del dispositivo se visualizará una aplicación web con contenido de publicidad que consiste de un pequeño video y un carrusel de banners que dura 30 segundos; al finalizar el sistema le proporciona el servicio de internet. Actualmente el sistema solo otorga 30 minutos de servicio, al concluir el tiempo se puede iniciar nuevamente la aplicación web para volver a tener el servicio, esto último puede realizarlo cualquier cantidad de veces siempre y cuando espere el tiempo designado por el comercial.

El sistema de portal cautivo en primera instancia leerá la MAC del dispositivo para con ello en caso de que el usuario nunca antes de haya registrado lo pueda hacer proporcionando



datos básicos del perfil como un correo electrónico, edad, género capturando su información demográfica más algunas preferencias específicas de cada uno, las formas en las que los usuarios podrán ingresar sus datos serían mediante formularios, o mediante redes sociales como Facebook o Gmail.

Una vez registrado el usuario, en el momento que vuelva a acceder al sistema por segunda vez buscando nuevamente el servicio de internet libre, el sistema nuevamente leerá la MAC del dispositivo, pero está ya está almacenada en un registro junto con los datos básicos del usuario dando por hecho que ya se registró previamente es ahora cuando es redirigido al apartado de publicidad descrito previamente.

Por parte de la administración y clientes se está desarrollando de la mano una plataforma para la gestión de las nuevas campañas de publicidad que los clientes contraten con la empresa dándolos de alta y proporcionándole un usuario y contraseña para que puedan acceder y subir el contenido multimedia a su campaña y posteriormente ser mostrada en el sistema de WiFi Marketing, el cliente podrá generar reportes de su campaña con un rango de fecha definida por el cliente.

### ANTECEDENTES

México tiene 92.01 millones de personas conectadas a internet y 100 millones de perfiles activos en redes sociales. Eso quiere decir que algunos usuarios poseen más de un perfil por red social. Estas estadísticas nos afirman el hecho de que los usuarios están mucho tiempo utilizando sus dispositivos móviles. Para que los usuarios puedan realizar tareas como mandar información o revisar sus redes sociales, forzosamente deben tener un plan con alguna compañía telefónica o una conexión a internet por medio de wifi.

Con wifi marketing se podrá dar el beneficio de internet libre a la sociedad mediante anuncios publicitarios, para hacer este servicio rentable o sustentable se tienen que buscar marcas que quieran y puedan publicitarse dentro del sistema de wifi realizando contratos publicitarios por semanas o meses con un cómodo precio.

#### I. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una plataforma que funja como un sistema de gestión empresarial del sistema de "Wifi Marketing" que lleve el control de los clientes, las campañas y la publicidad mediante algoritmos de contenidos mostrándolo respecto a los intereses del usuario invitado.

#### II. METODOLOGÍA, HERRAMIENTAS, TECNICAS DE MINERIA DE DATOS

##### A. Metodología

Se usará la metodología ágil SCRUM para los procesos de desarrollo en sucesivas fases de proyecto aplicando minería de datos y KDD que se refiere al proceso de identificar patrones válidos, novedosos, potencialmente útiles y principalmente

entendibles que hará correlaciones entre la información de los perfiles y la información de los anuncios para con ello mostrar publicidad relevante a los usuarios, prediciendo sus intereses en base a sus preferencias. (VEGA, 2020)

##### Ventajas de la Metodología SCRUM

- **Gestión de las expectativas del usuario.** Los usuarios pueden participar en cada una de las etapas del proceso y proponer soluciones
- **Resultados anticipados.** Cada etapa del proceso arroja una serie de resultados. No es necesario, por tanto, que el cliente espere hasta el final para ver el resultado.
- **Flexibilidad y adaptación a los contextos.** Se adapta a cualquier contexto, área o sector de la gestión. Es decir, no es una técnica exclusiva de ninguna disciplina.
- **Gestión sistemática de riesgos.** Del mismo modo, los problemas que aparecen durante los procesos de gestión que pueden afectar a un proyecto son gestionados en el mismo momento de su aparición. Esto es posible debido a que la intervención de los equipos de trabajo puede ser inmediata.

##### Desventajas de la Metodología

- **Funciona sobre todo para equipos reducidos.** Las empresas grandes, por ejemplo, deben estar sectorizadas o divididas en grupos que tengan objetivos concretos. De lo contrario, en la práctica, el efecto de la técnica se perderá.
- **Requiere una exhaustiva definición de las tareas y sus plazos.** Cuando estos dos aspectos no se definen adecuadamente, Scrum se desvanece.
- Exige que quienes la utilicen cuenten con una alta cualificación o formación.

##### B. Herramientas para el desarrollo

**Django:** se plantea utilizar este framework backend de alto nivel que permite el desarrollo rápido de sitios web seguros, mantenibles y muy poderoso para el análisis y procesamiento de datos. Aunque Django está fuertemente inspirado en la filosofía de desarrollo Modelo Vista Controlador, sus desarrolladores declaran públicamente que no se sienten especialmente atados a observar estrictamente ningún paradigma particular, y en cambio prefieren hacer "lo que les parece correcto". Como resultado, por ejemplo, lo que se llamaría "controlador" en un "verdadero" framework MVC se llama en Django "vista", y lo que se llamaría "vista" se llama "plantilla" (Threespot, 2005)

**Python:** es un lenguaje sencillo de leer y escribir debido a su alta similitud con el lenguaje humano. Además, se trata de un lenguaje multiplataforma de código abierto y, por lo tanto, gratuito, lo que permite desarrollar software sin límites. Con el

paso del tiempo, Python ha ido ganando adeptos gracias a su sencillez y a sus amplias posibilidades, sobre todo en los últimos años, ya que facilita trabajar con inteligencia artificial, big data, machine learning y data science, entre muchos otros campos en auge. (Duque, 2010)

**MySQL:** es un sistema gestor de bases de datos (SGBD, DBMS) muy conocido y ampliamente usado por su simplicidad y notable rendimiento. Aunque carece de algunas características avanzadas disponibles en otros SGBD del mercado, es una opción atractiva tanto para aplicaciones comerciales, como de entretenimiento precisamente por su factibilidad de uso y tiempo reducido de puesta en marcha. (DuBOIS, 2009)

**Bootstrap:** Bootstrap es una biblioteca multiplataforma o conjunto de herramientas de código abierto para diseño de sitios y aplicaciones web. Contiene plantillas de diseño con tipografía, formularios, botones, cuadros, menús de navegación y otros elementos de diseño basado en HTML y CSS, así como extensiones de JavaScript adicionales. A diferencia de muchos frameworks web, solo se ocupa del desarrollo front-end. (Twitter, 2010)

### C. Algoritmo KDD y Minería de datos

Knowledge Discovery implica la evaluación e interpretación de patrones y modelos para tomar decisiones con respecto a lo que constituye conocimiento y lo que no lo es. Por lo tanto, el KDD requiere de un amplio y profundo conocimiento sobre el área de estudio con la que se esté trabajando. Por otra parte, la Minería de Datos, exploración de datos o Data Mining, no requiere tanto conocimiento sobre el área de estudio, sino más conocimiento técnico. (Han, 2001)

#### Etapas del KDD

El proceso se compone de 6 etapas fundamentales, las cuales se describen a continuación:

1. Comprensión del dominio del estudio y establecimiento de objetivos, en esta etapa se definen los límites y objetivos del proceso, así como también se determinan las fuentes de información más importantes que utilizarán.
2. Creación de un dataset objetivo, se seleccionan y se integran los datos provenientes de distintas fuentes. En esta etapa es importante tratar de homogenizar los datos con el fin de facilitar su análisis y procesamiento.
3. Limpieza y procesamiento de datos, busca mejorar la calidad de los datos con la finalidad de obtener resultados más aceptables.
4. Minería de datos, en esta etapa es donde se aplica uno o más algoritmos a los datos con el fin de obtener información de utilidad.
5. Interpretación de los patrones minados, se analizan los resultados obtenidos de los algoritmos, en esta etapa se obtienen los modelos de los datos que fueron analizados. Los resultados obtenidos deben presentarse de una forma que sea entendible para quien utilizará la información.
6. Utilización del conocimiento descubierto, esta es la última etapa del proceso, aquí se utiliza la información obtenida para tomar decisiones o plantear alguna estrategia para la mejora de algún proceso en la empresa donde se haya implementado.

### III. DESARROLLO

#### A. Definiendo los requerimientos del sistema

##### Requerimientos del Sistema

Es el proceso de recopilar, analizar y verificar las necesidades del cliente para un sistema de software es llamado Ingeniería de Requerimientos.

La ingeniería de requerimientos apunta a mejorar la forma en que comprendemos y definimos sistemas de software complejos.

- Funcionales: Son declaraciones de los servicios que proveerá el sistema, de manera en que éste reaccionará en situaciones particulares.
- No funcionales: Son restricciones de los servicios o funciones ofrecidas por el sistema. Incluyen restricciones de tiempo, sobre el proceso de desarrollo, estándares, etc. (Somerville, 2011)

Requerimientos Funcionales detectados para el sistema a desarrollar.

- El usuario invitado podrá tener acceso a internet habiéndose registrado y en caso de que ya este registrado tendrá acceso siempre y cuando haya visualizado un anuncio publicitario
- El cliente tendrá un usuario y contraseña dónde podrá acceder y ver la información del sistema como usuarios invitados conectados, gráficas, estadísticas, y monitoreo de su campaña.
- En el sistema de control, el administrador deberá tener usuario y contraseña para crear una nueva campaña de un cliente al igual que poder modificar, ver o eliminar, y cargar el contenido de publicidad que se reflejará en el portal cautivo.

- El cliente tendrá posibilidad de ver estadísticas de su publicidad donde se reflejará en qué segmento y qué usuarios vieron su anuncio.

Requerimientos no Funcionales detectados para el sistema a desarrollar.

El portal cautivo el cual será la interfaz del usuario invitado estará dividido en 2 partes. La sección superior y principal mostrará un anuncio publicitario en forma de video y la segunda sección en la parte inferior un carrusel de 3 banners o imágenes.

- El portal cautivo mostrará contenido de publicidad una vez registrado el usuario y su respectivo dispositivo, en forma de video o en imagen con una duración máxima de 30 segundos concluyendo esto el sistema les proporcionará internet durante 30 minutos.
- El sistema de portal cautivo solo podrá ser mostrado dentro de algunos de los puntos de acceso (hotspot) porque las funcionalidades estarán desarrolladas solo para presentarse dentro de la red.

**B. Modelo de Negocio**

En el diagrama mostrado en la Figura 1, se muestran las tareas principales del sistema RicsaNet en sus diferentes roles comenzando con el usuario administrador el cual podrá.

- Registrar, consultar, eliminar y modificar nuevos clientes asignándole una respectiva campaña.
- Registrar nueva campaña a un cliente específico contemplando que un cliente puede tener 1 o más campañas activas o inactivas.

En el entorno del cliente con su usuario y contraseña ya asignada por el administrador podrá acceder al sistema y realizar las siguientes actividades.

- Consultar las campañas que haya contratado previamente, donde se reflejará la duración o periodo de la campaña y el tipo de paquete contratado.
- Podrá dar de alta el contenido que necesita anunciar por medio de video o imagen dependiendo del paquete contratado. Esto solo lo podrá hacer una vez y será revisado por el administrador para su posterior publicación en el portal de bienvenida.
- Generará los reportes de vistas en el rango de fecha definida donde se reflejará cuantas veces fue reproducido su anuncio y a que segmento de usuarios fue presentada.

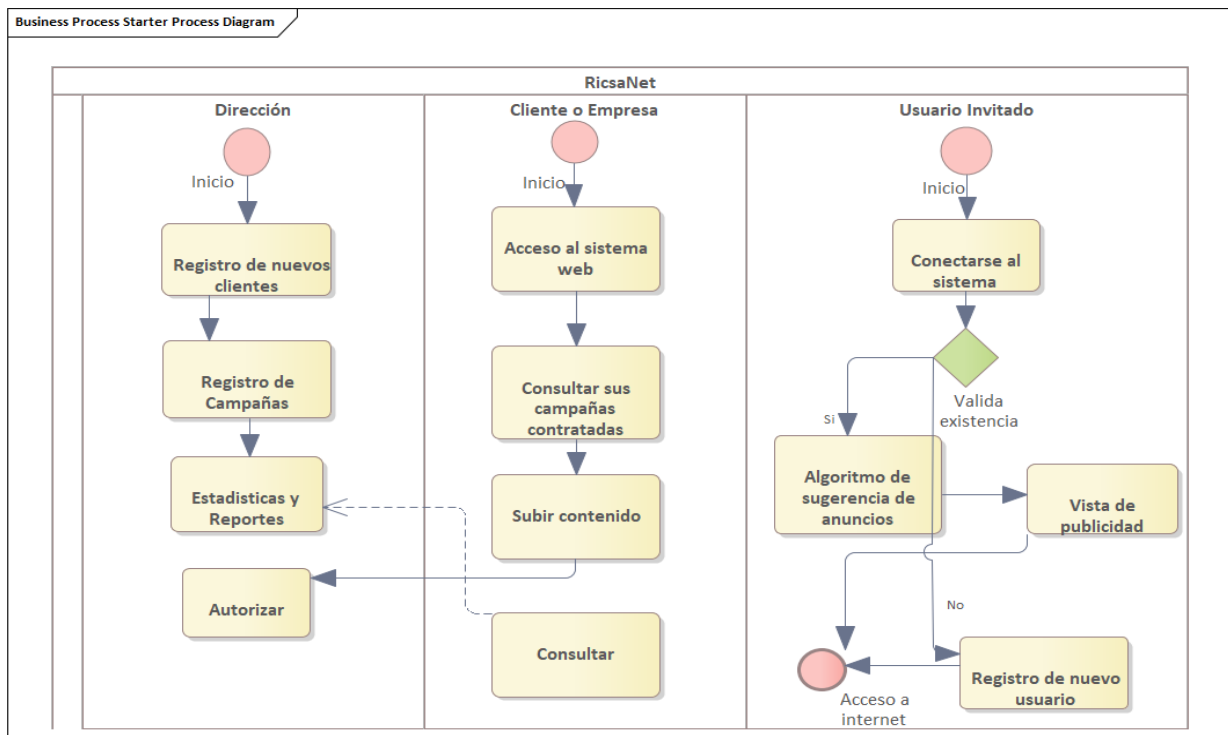


Figura 1: Modelo de Negocio.

Requerimientos de organización

En el caso del usuario invitado, podrá visualizar la página de bienvenida sólo cuando se conecten mediante WiFi dentro de alguno de los puntos de acceso y tendrá internet una vez que haya concluido con alguno de las tareas que se describen a continuación

- Registrarse si es la primera vez que accede al sistema. De forma automática detectara si el dispositivo se ha registrado con anterioridad por medio de la MAC. La dirección MAC es un identificador de 48 bits que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red. Se la conoce también como dirección física, y es única para cada dispositivo. Al momento de registrarse, el sistema guardará los datos del usuario invitado junto con su dirección MAC, concluyendo esto el usuario invitado tendrá acceso a internet por 30 minutos.
- En caso de que ya se haya registrado previamente y necesite nuevamente el servicio de internet puede reabrir el portal cautivo, pero con la detección de la MAC existente ahora lo redireccionará hacia la vista del portal cautivo.

C. Casos de uso

En la Figura 2 se muestran los casos de uso de los dos actores que van a interactuar con el sistema principal de gestión.

El administrador tiene como tarea principal la gestión del sitio la plataforma donde podrá manipular la información directa de la base de datos, y podrá crear nuevos usuarios para clientes que interactuarán con el sistema donde verán su respectiva información.

El usuario invitado podrá registrarse de diferentes formas entre ellas y la más importante es mediante un formulario en cual contendrá una serie de apartados como email, género, edad y alguna sección de temas preferentes, de igual forma se utilizarán las APIS de algunas redes sociales sobre todo Facebook y Gmail para que el proceso de registro sea más fácil y rápido.



Figura 3: Casos de Uso Invitado

D. Modelo-Relacional de la Base de Datos

Una de las características fundamentales de los sistemas de bases de datos es que proporcionan cierto nivel de abstracción de datos, al ocultar las características sobre el almacenamiento físico que la mayoría de usuarios no necesita conocer. Los modelos de datos son el instrumento principal para ofrecer dicha abstracción a través de su jerarquía de niveles. Un modelo de datos es un conjunto de conceptos que sirven para describir la estructura de una base de datos, es decir, los datos, las relaciones entre los datos y las restricciones que deben cumplirse sobre los datos. (Marqués, 2011)

En la Figura 4 se muestra el diagrama relacional propuesto para la solución al sistema en general.

IV. CONCLUSIONES

En el presente artículo se muestra el análisis de la problemática que se tiene en el proyecto llamado RicsaNet a su vez se presentó una solución que consiste en algunas tareas con propósito específico como lo es el sistema de gestión de usuarios y contenido publicitario siendo este el más importante.

El proyecto ya entró a fase de desarrollo y se siguen obteniendo nuevos requerimientos, pero la idea ya está reflejada en base a la necesidad de poder tener una administración completa.

Tomando en cuenta las peticiones que han hecho algunos clientes los cuales ya se están anunciando se han establecido algunas metas como generar reportes de vistas o segmentar su publicidad a usuarios invitados específicos esto último aplicando técnicas de minería de datos para realizar sugerencias. Esperando generar impacto para el anunciante, con más control sobre cómo pueden gastar el presupuesto de su publicidad.

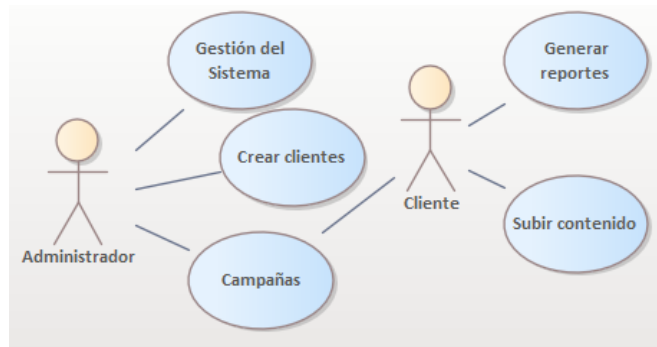


Figura 2: Casos de Uso Administrador y Cliente.

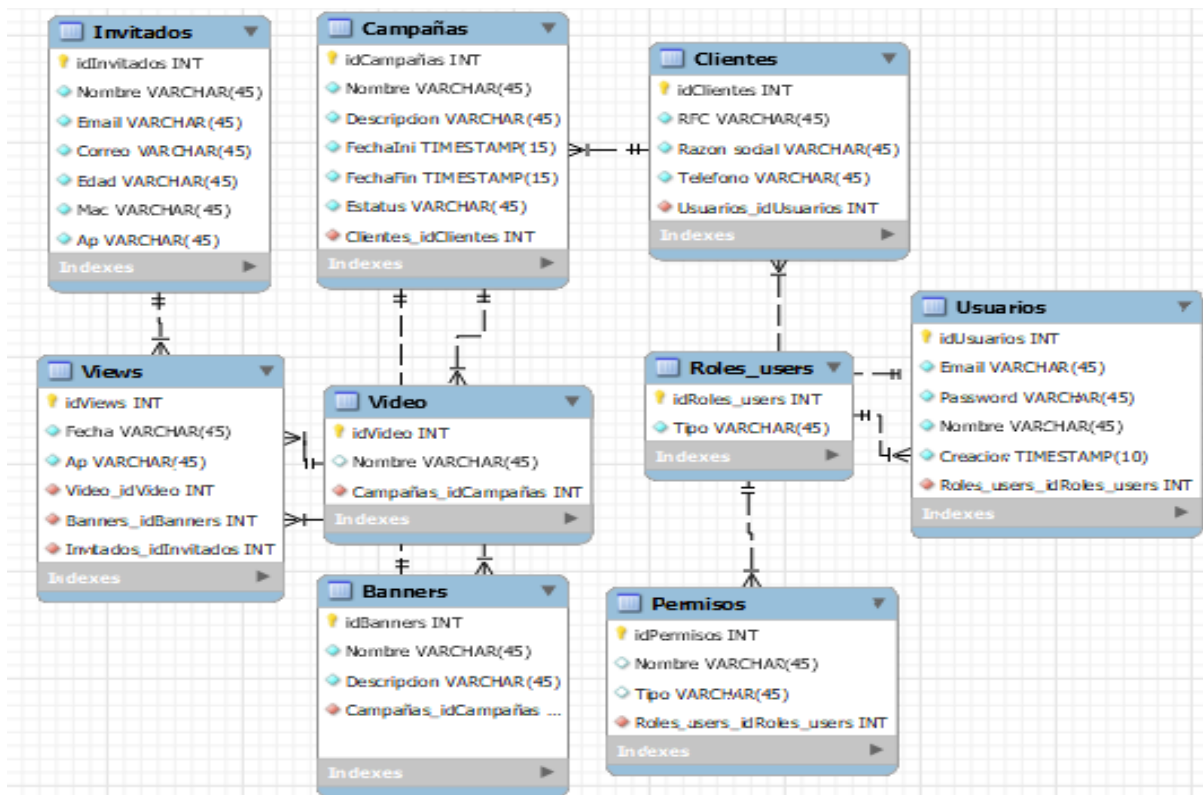


Figura 4. Modelo relacional

## V. REFERENCIAS

- [1] DuBOIS, P. (2009). *MySQL*. Pearson .
- [2] Duque, R. G. (2010). *Python para todos*. Madrid: Creative Commons.
- [3] Foundation, P. S. (2022). *python*. Obtenido de <https://www.python.org/>
- [4] Han, J. y. (2001). *Data Mining Concepts and Techniques*. Waltham: Elsevier.
- [5] Marqués, M. (2011). *Bases de datos*. Castellón de la Plana: Col·lecció Sapientia.
- [6] Santillán, L. A. (2001). *Bases de Datos en Mysql*.
- [7] Somerville, I. (2011). *Ingeniería de Software*. Estado de México: PEARSON EDUCACIÓN.
- [8] Threespot. (2005). *Django*. Obtenido de <https://www.djangoproject.com/>
- [9] Twitter. (2010). *Bootstrap*. Obtenido de <https://getbootstrap.com/>
- [10] VEGA, G. A. (2020). Sistema inteligente para la detección automática de competencia y monitoreo de productos en mercado libre. acapulco : Tecnológico de Acapulco.
- [11] Vega, G. A. (s.f.). Clasificador Bayesiano para la Detección y Análisis de Competencia en Plataformas de Comercio Electrónico con Scikit-Learn.

# Modelado de un sistema web para pruebas de caja negra

Ing. Betzi Yenia Pastrana Evaristo.  
Estudiante de la Maestría en Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México / IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México  
MM21320018@acapulco.tecnm.mx

Dr. Alma Delia de Jesús Islao.  
Docente de la Maestría en Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México / IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México.  
Alma.di@acapulco.tecnm.mx

Dr. Francisco Javier Gutiérrez Mata.  
Docente de la Maestría en Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México / IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México.  
Francisco.gm@acapulco.tecnm.mx

M.T.I. Jorge Carranza Gómez.  
Docente de la Maestría en Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México / IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México  
Jorge.cg@acapulco.TecnM.mx

M.I.A. Cuauhtémoc Lobato Sotelo.  
Docente de Ingeniería en Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México / IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México.  
Cuauhtémoc.ls@acapulco.tecnm.mx

**Resumen**— En el presente artículo, se plasma el trabajo interdisciplinario de la Maestría en Sistemas Computacionales, impartida en el Tecnológico de Acapulco. El artículo tiene por meta presentar el modelado de una aplicación web que permita el registro de proyectos y sus casos de pruebas de caja negra para el equipo de desarrollo de software de la empresa TONGO SOFTWARE, del municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero. En la primera parte del artículo se redacta la introducción, el marco conceptual, las tecnologías elegidas para el modelado del sistema web. En la segunda parte se presentan los diagramas que ayudan a comprender el funcionamiento de la aplicación, se describe el método utilizado. El apartado de conclusiones contiene los resultados del diseño inicial de la aplicación web y la descripción de los módulos.

**Palabras clave**— Casos de pruebas, Caja negra, UML.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la calidad del software es un factor esencial para el desarrollo de productos y servicios que cumplan con las necesidades y expectativas de los clientes. Para llegar a alcanzar una calidad deseada se requiere de un proceso de desarrollo de software adecuado, además de la utilización de la verificación y validación de software, la cual se apoya de métodos, técnicas y herramientas que ayudan a cumplir este objetivo.

La empresa TONGO SOFTWARE mantiene en la actualidad una forma de trabajo manual. Con la creación de esta herramienta se buscan como beneficios principales: el almacenamiento de la información de los proyectos, registro de casos de pruebas realizados en los mismo, así como, la reducción de gastos relacionados al pago del personal que se dedica a diseñar casos de pruebas.

## II. OBJETIVO GENERAL

Modelar una aplicación web para el registro y control de los proyectos y los casos de pruebas para el equipo de probadores de la empresa TONGO SOFTWARE.

## III. MARCO CONCEPTUAL

### A. Metodología

El modelo de cascada es el enfoque metodológico que ordena rigurosamente las etapas del ciclo de vida del software, de forma tal que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la inmediatamente anterior [6].

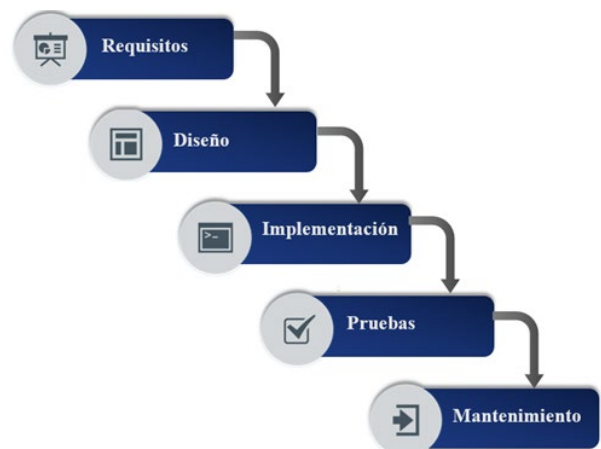


Fig. 1. Modelo de cascada (Sommerville, 2011).

Se utilizaron las fases de requisitos y diseño de la metodología en cascada, para el modelado del sistema propuesto, en la fase de requisitos se identificaron los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, en la fase de diseño se crearon los diagramas para mostrar el comportamiento y la estructura del sistema.

**B. Pruebas de caja negra**

Las pruebas de caja negra son pruebas funcionales sin acceso al código fuente de las aplicaciones, se trabaja con entradas y salidas de datos [6].



Fig. 2. Pruebas de caja negra.

**C. Particionamiento de equivalencias**

La partición equivalente es un método que divide el campo de entrada de un programa en clases de datos [2]. Se basa en evaluar las clases de equivalencia para una condición de entrada. Se examina cada condición de entrada y se divide en dos o más grupos.

Se identifican dos tipos de clases:

- Clases de equivalencia válidas
- Clases de equivalencia no válidas

Edad  \* Acepta valores del 18 al 56

PARTICIONAMIENTO DE EQUIVALENCIAS		
Inválido	Válido	Inválido
<=17	18-56	>=57

Fig. 3. Técnica de particionamiento de equivalencias.

Por ejemplo, un campo de texto 'EDAD' acepta solo los números del 18 al 56. Habrá tres conjuntos de clases o grupos. Dos clases inválidas serán:

- Menor o igual a 17.
- Mayor o igual a 57.

Una clase válida será de entre 18 y 56 años.

**D. Análisis de límites de valores**

La técnica de análisis de límites de valores selecciona casos de prueba que ejerciten los valores límite y complementa la prueba de particionamiento de equivalencias [2]. En lugar de

realizar la prueba con cualquier elemento de la partición equivalente, se escogen los valores en los bordes de la clase.

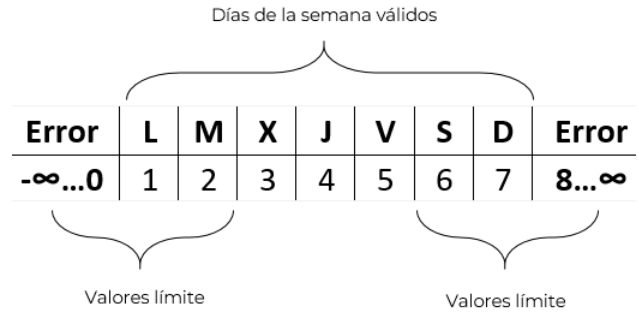


Fig. 4. Técnica de análisis de límites de valores.

**E. Herramientas de modelado**

A continuación, se describen las herramientas principales utilizadas para el análisis y diseño de la aplicación:

*a) Enterprise Architect*

Es una herramienta de diseño y modelado visual basada en UML. La plataforma soporta: el diseño y construcción de sistemas de software, modelado de procesos de negocio, y modelado de dominios basados en la industria. Es utilizado por empresas y organizaciones no solo para modelar la arquitectura de sus sistemas, sino también para procesar la implementación de estos modelos en todo el ciclo de vida del desarrollo de la aplicación [8].

Con el apoyo de esta herramienta se han creado los diagramas para comprender mejor el funcionamiento de la aplicación, además de identificar los roles que tienen las personas involucradas.

*b) Adobe XD*

Adobe XD es una plataforma de diseño de experiencias basada en vectores, poderoso y fácil de usar, que ofrece a los equipos herramientas necesarias para crear las mejores experiencias del mundo de forma colaborativa. Adobe XD está disponible para sistemas Mac y Windows e integra a los miembros del equipo, independientemente del lugar desde donde estén trabajando, gracias a la compatibilidad con plataformas múltiples [4].

Esta herramienta resulta ser útil para el diseño de los prototipos de los módulos del sistema web propuesto.

IV. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA PROPUESTA

Para la elaboración de los diagramas UML y la construcción de la aplicación, se hace uso de la herramienta Enterprise Architect.



A continuación, se describen las actividades y funciones principales que realizarán los usuarios en el área de desarrollo de software por medio de los diagramas de casos de uso, clases y entidad-asociación.

*A. Casos de uso*

Como se puede apreciar en los siguientes diagramas de casos de uso (Véase Fig. 5, 6 y 7), las tareas a ejecutar en el sistema están repartidas entre usuarios involucrados que operan en el servicio, esto con el objetivo de conseguir un manejo administrable de la aplicación, además de distribuir las tareas en cada uno de estos de acuerdo al puesto que desempeña dentro del área.

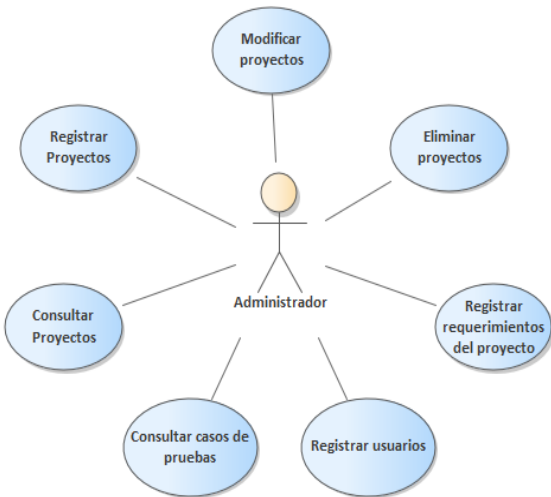


Fig. 5. Casos de uso primarios de Administrador.

En la Fig. 5, se observa el diagrama del actor que corresponde al administrador responsable del proyecto, que como función principal realiza el registro y la evaluación inicial de los proyectos que se desarrollan en el área.

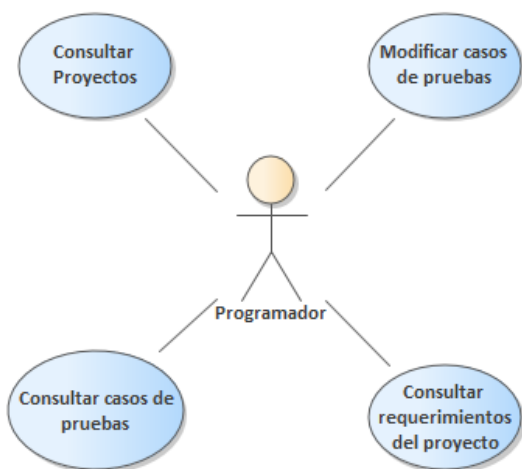


Fig. 6. Casos de uso primarios de Programador.

El actor Programador, es el encargado de consultar los requerimientos y casos de pruebas del proyecto que se le asignó, así mismo puede modificar los casos de pruebas. El caso de uso del Programador se muestra en la Fig. 6.

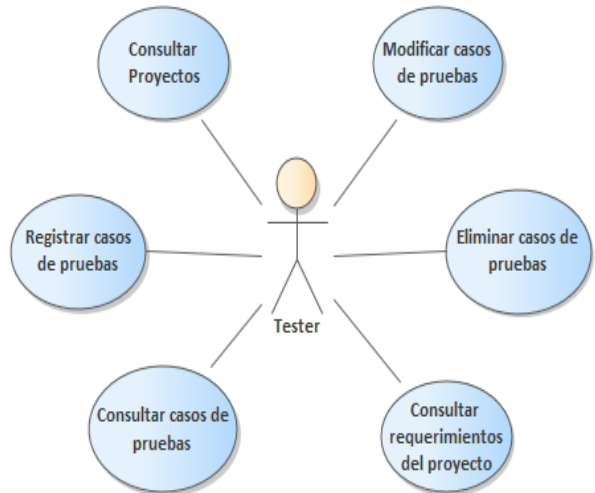


Fig. 7. Casos de uso primarios del Probador.

En la Fig. 7, se observa el diagrama del actor que corresponde al Probador responsable de las pruebas de cada proyecto asignado, que como función principal desempeña el registro y ejecución de los casos de pruebas.

*B. Diagrama de clases*

A continuación, se muestra en la Fig. 8, el diagrama de clases y los atributos que se comunican en la aplicación. Esta capa de abstracción implementa las operaciones de crear, leer, actualizar y borrar (CRUD) y el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC), lo que permite que se realicen peticiones a la base de datos reduciendo el tiempo de respuesta, además, de esta manera al actualizar una funcionalidad en el código fuente facilita la mantenibilidad y beneficiando así la seguridad de la aplicación.

A continuación, se describen cada una de las clases:

- **Usuario:** esta clase representa la información de los usuarios que están registrados en la aplicación. Es una clase tipo formulario, donde se tiene que capturar el correo electrónico y contraseña del usuario.
- **Proyecto:** esta clase representa la información de los proyectos que están registrados.
- **ModuloSistema:** esta clase contiene los módulos del proyecto.
- **Requerimiento:** la función principal de esta clase es registrar todos los requerimientos del proyecto.

- **CasoPrueba:** en esta clase se lleva a cabo el registro de los casos de pruebas de cada uno de los módulos del proyecto, los Probadores a través de esta clase agregarán los datos para generar los casos de pruebas.
- **Especificación:** esta clase funciona como conexión entre la clase CasoPrueba, y su principal tarea es asignar las especificaciones del caso de prueba que se tiene que usar para cada módulo.
- **Entrada:** esta clase funciona como conexión entre la clase CasoPrueba, y su principal tarea es asignar las salidas del caso de prueba que se espera tener para cada módulo.
- **EjecuciónPrueba:** clase encargada de llevar el registro los casos de pruebas ejecutados en los proyectos que realiza el Probador.

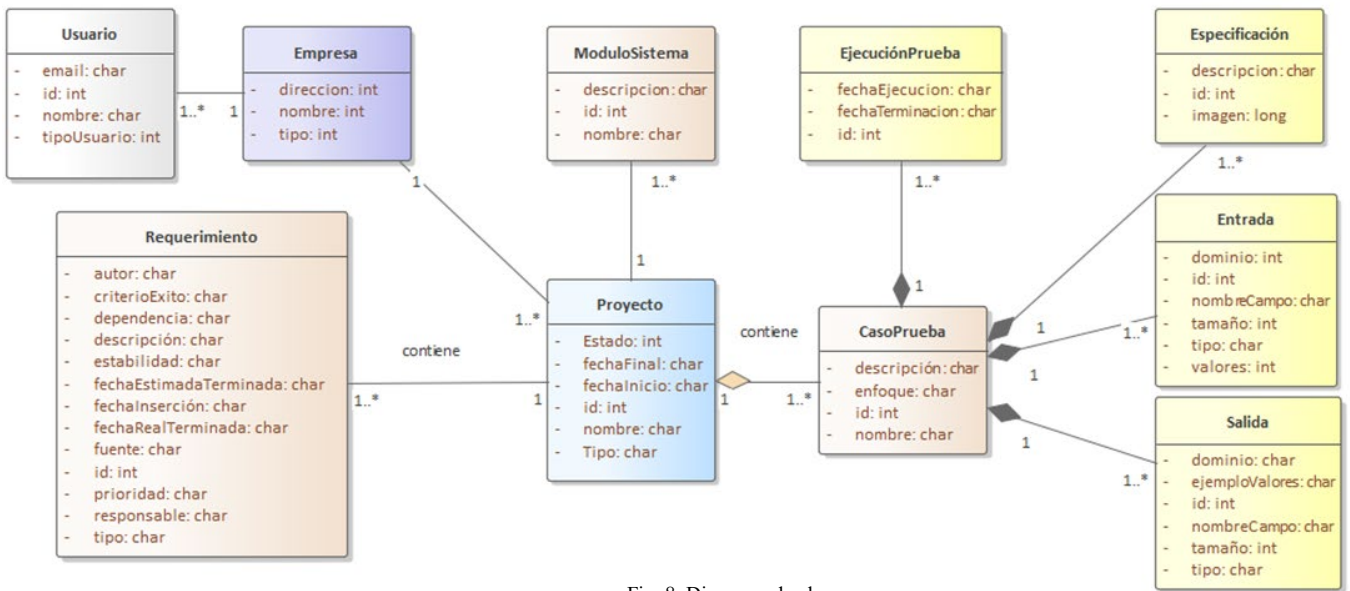


Fig. 8. Diagrama de clases

C. Diagrama de despliegue

En este diagrama se muestra la distribución de las partes del sistema Web, separando los componentes de cada nodo como se muestra en la Fig. 9.

Descripción:

- **PC:** Computadora de escritorio en la cual se accederá a la aplicación por medio de un navegador web, ya sea Chrome, Firefox o Safari.
- **Servidor web:** Este servidor contiene los recursos necesarios para el funcionamiento de la aplicación, cuenta con el motor PHP, Apache y la interfaz para la conexión del BD.
- **Servidor BD:** Cuenta con el sistema gestor de base de datos, que en este caso es MySQL

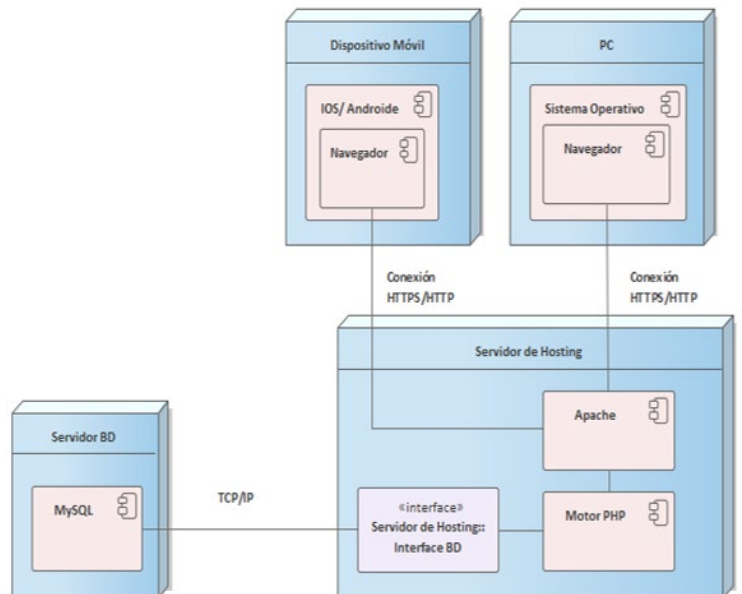


Fig. 9. Diagrama de despliegue.

D. Diagrama de Navegación

Este diagrama define el acceso que se le brindará a cada uno de los usuarios, en este caso Administrador (Fig. 10).

El diagrama de navegación tiene como objetivo la representación de los nodos y enlaces de la estructura de hipertexto, y el diseño de las rutas de navegación mediante diagramas de clases UML [6].

En este diagrama de navegación contextual se muestran las rutas de navegación que podrá realizar el usuario por la aplicación web, primeramente, se deberá autenticar para tener acceso al menú principal y acceder a los diferentes módulos del sistema.

Los submenús son los siguientes: Proyectos, Casos de Pruebas, Usuarios, Probadores y Programadores.

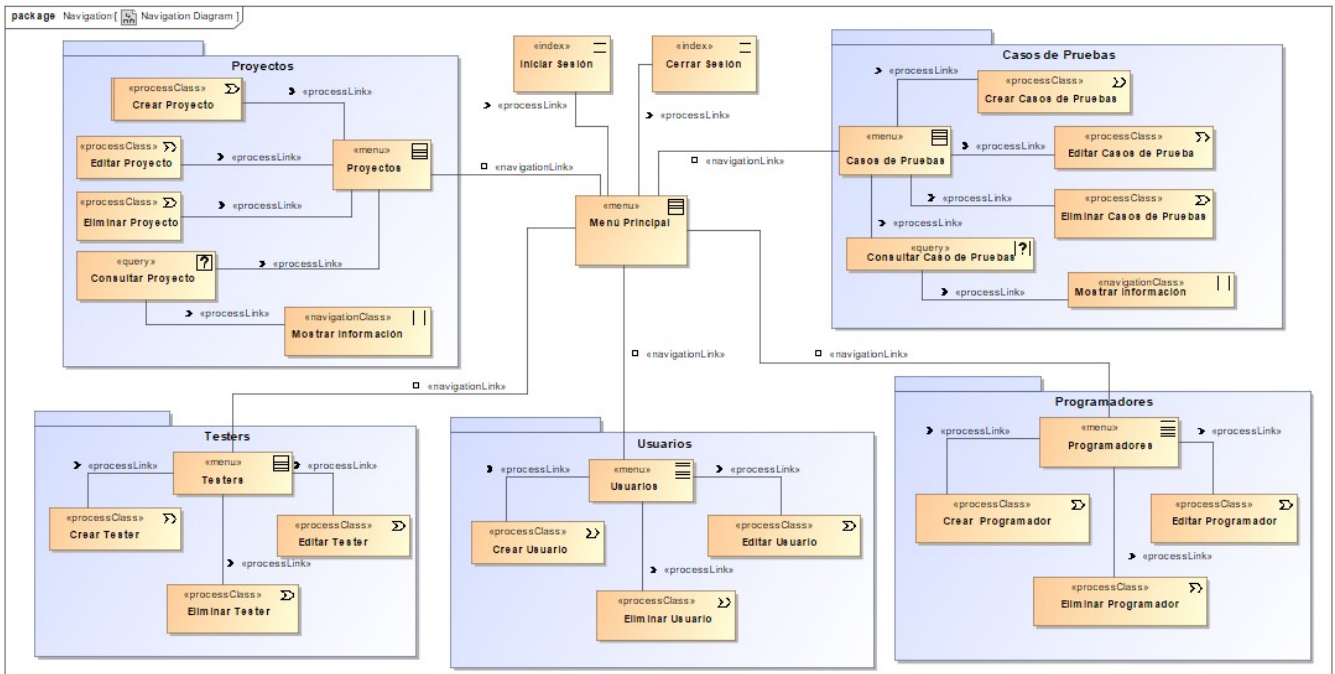


Fig. 10. Diagrama de navegación.

V. PROTOTIPO DE VISTAS

La interfaz de usuario deberá ser amigable, por tanto, el manejo del sistema consistirá en vistas sencillas. Para iniciar sesión es necesario ingresar correo electrónico y contraseña del usuario desde el formulario de ingreso al sistema (véase fig. 11).



Fig. 11. Vista de Login.

Si el Administrador ingresa al Sistema, se le mostrará la pantalla principal con los siguientes módulos (Fig.12):

**Tablero:** en este módulo se visualizará principalmente la tabla de los proyectos que han sido registrados, así como también tendrá un bloque donde muestre el total de proyectos, casos de pruebas, desarrolladores y Probadores registrados en la empresa Tongo Software

**Proyectos:** en este módulo se mostrará la tabla de los proyectos registrados, con opción para agregar más proyectos.

**Casos de Pruebas:** en este módulo se mostrará la tabla de los casos de pruebas de cada proyecto registrado.

**Usuarios:** en este módulo se mostrará la tabla de los usuarios registrados en el sistema.

**Desarrolladores:** en este módulo se mostrará la tabla de los desarrolladores registrados.

**Probadores:** en este módulo se mostrará la tabla de los probadores de los proyectos.

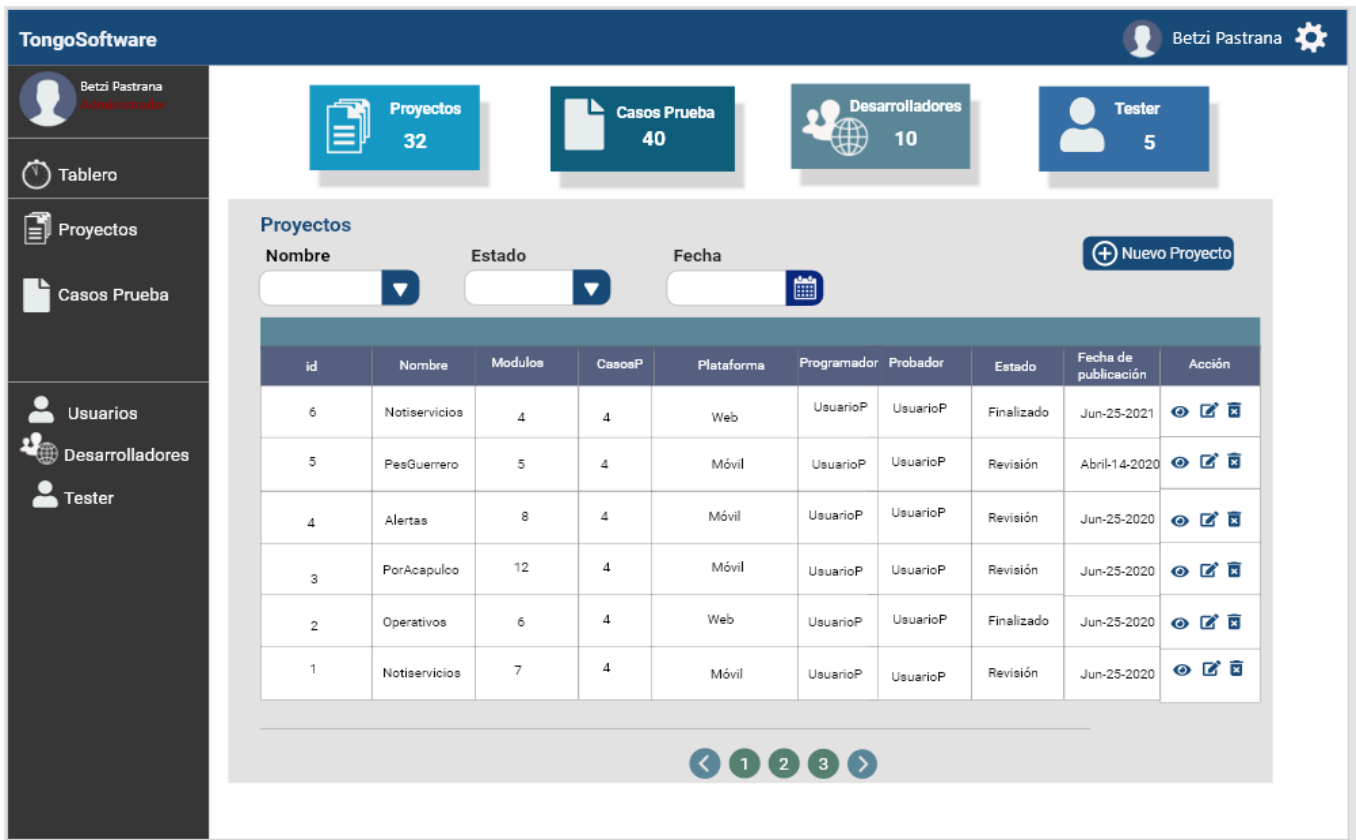


Fig. 12. Pantalla principal del sistema.

La pantalla de registro de proyecto tendrá la opción de registrar sus requerimientos y módulos. (véase fig. 13).

La pantalla de registro de proyecto tendrá la opción de registrar los requerimientos del proyecto. (véase fig. 14).

REGISTRO DE PROYECTO
✕

**Responsable**

**Nombre**

**Tipo**

**Requerimientos**

**Añadir**

**Módulo**

**Añadir**

**cancelar** **Guardar**

Fig. 13. Pantalla de registro de proyecto.

REGISTRAR REQUERIMIENTOS
✕

**Autor**

**Criterio**

**Dependencia**

**Descripción**

**Estabilidad**

**cancelar** **Guardar**

Fig. 14. Pantalla agregar requerimientos del proyecto.

La pantalla de registro de los casos de pruebas tendrá la opción de registrar los datos del proyecto, las especificaciones, las entradas y salidas de datos. (véase fig. 15).

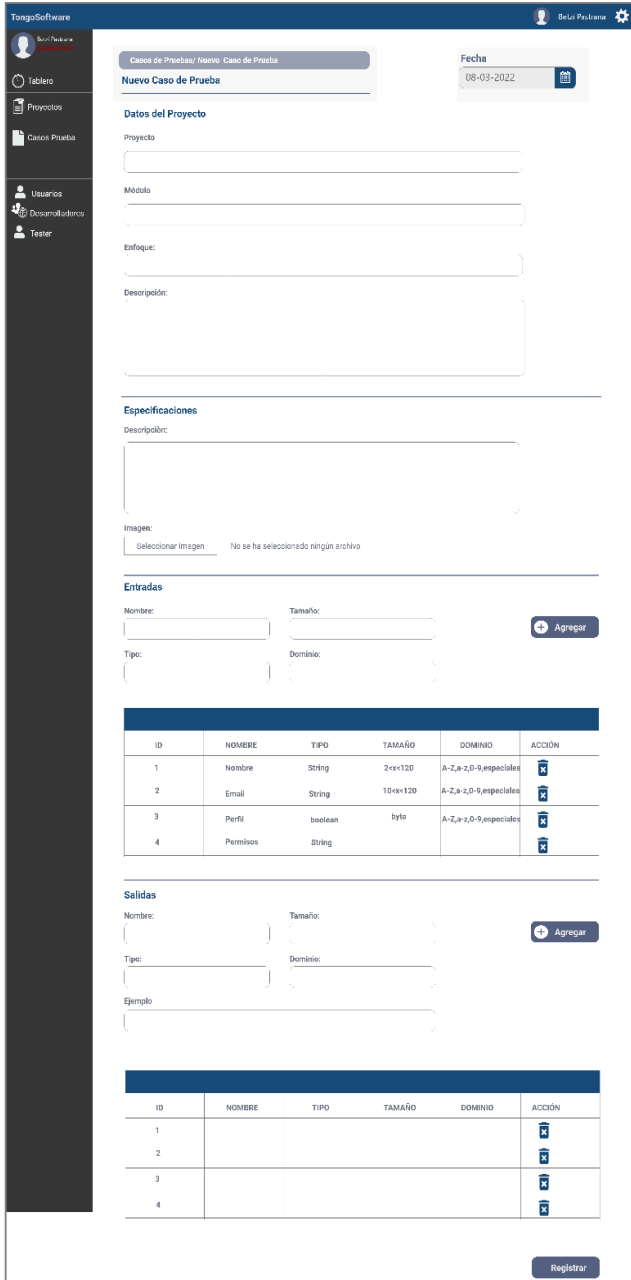


Fig. 15. Pantalla de registro de casos de pruebas.

La pantalla de registro de módulo tendrá la opción de añadir el nombre y descripción. (véase fig. 16).

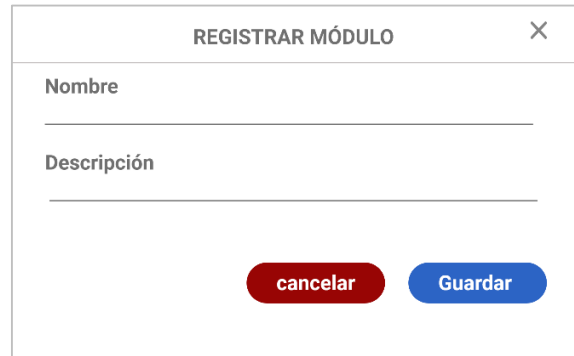


Fig. 16. Pantalla agregar módulo del proyecto.

## VI. CONCLUSIONES

La propuesta de diseño y modelado que se presenta en este artículo establece las bases para el desarrollo de un sistema de casos de pruebas de caja negra, el cual será implementado en proyectos realizados por el equipo de desarrollo de software de la empresa TONGO SOFTWARE. Los apartados previamente expuestos incluyeron la propuesta de solución y marco conceptual, así también algunos diagramas, como son: casos de usos, clases, navegación, despliegue y prototipo de vistas. Cada uno de estos diagramas conforman la estructura del sistema a desarrollar, proporcionando con ello, una herramienta confiable, automatizada y amigable para generar casos de pruebas.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Nacional de México campus Acapulco, al CONACYT y a los docentes mencionados en el artículo, por la oportunidad y el apoyo para desarrollar el trabajo interdisciplinario en la Maestría en Sistemas Computacionales.

## REFERENCIAS

- [1] Glenford J., M. J. (2004). *The Art of Software Testing, Second Edition*.
- [2] O., J. L. (2010). LOS CASOS DE PRUEBA EN LA PRUEBA DEL SOFTWARE. 34.
- [3] Peño, J. M. (Junio 2015). Pruebas de Software. Fundamentos y Técnicas.
- [4] Peraza, I. O. (2017). "Implementación de principios del UX Design a la navegación del sitio web de la Universidad Politécnica de Sinaloa. Alemania.
- [5] Pressman, R. S. (2010). Ingeniería del software. Séptima Edición. México, D.F: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- [6] Sommerville. (2011). ingeniería del Software 9na Edición.
- [7] Toledo, F. (2014). Introducción a las Pruebas de Sistemas de Información. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1Y3TeqFq1Od8h08L8nqirjGrkL3vVF9/view>
- [8] Zuluaga, C. A. (2008). Enterprise Architect y UML Basic.

# Modelado de un Sistema Web de Administración Académica del Posgrado

Ing. Samuel Peralta Arechiga.  
Estudiantes de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México /  
IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México  
MM21320020@acapulco.tecnm.  
mx

Dra. Alma Delia de Jesús Islao.  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México /  
IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México.  
alma.di@acapulco.tecnm.mx

M.T.I. Juan Miguel Hernández  
Bravo. Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México /  
IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México.  
juan.hb@acapulco.tecnm.mx

M.T.I. Rafael Hernández Reyna.  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México /  
IT Acapulco.*  
Acapulco, Guerrero, México.  
rafael.hr@acapulco.tecnm.mx

**Resumen**— En este trabajo se plasma el trabajo interdisciplinario realizado en la maestría en Sistemas Computacionales impartida en el Tecnológico Nacional de México campus Acapulco. El artículo tiene como objetivo presentar el modelado de un sistema web que permite la administración académica de la unidad de posgrado. Centrándose este primer trabajo en el proceso de candidatos, como primera parte del artículo se redacta la introducción, el marco conceptual, el objetivo a cumplir y las tecnologías elegidas para el modelado del proyecto.

En la segunda parte se presentan los diagramas UML que ayudaran a comprender el funcionamiento del sistema, además estos forman parte del diseño conceptual que es la primera fase de la metodología de software OOADM. El apartado de conclusiones contiene los resultados del modelado y diseño inicial del sistema web, así como descripción de sus módulos.

**Palabras Clave:** Python, UML, MVC.

## I. INTRODUCCIÓN

El Tecnológico Nacional de México campus Acapulco es una de las instituciones educativas más importantes del estado de Guerrero, siendo una institución de educación superior tecnológica de vanguardia, con reconocimiento internacional por el destacado desempeño de sus egresados y por su capacidad innovadora en la generación y aplicación de conocimientos.

Desde su fundación hace 46 años en 1975 se ha comprometido en formar íntegramente profesionales competitivos de la ciencia, la tecnología y otras áreas de conocimiento, comprometidos con el desarrollo económico, social, cultural y con la sustentabilidad del estado y el país.

Recientemente el programa de maestría en Sistemas Computacionales del Tecnológico Nacional de México campus Acapulco fue inscrito en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad Conacyt, el cual tiene como propósito instruir recursos humanos altamente preparados con la intención de descubrir áreas de oportunidad, así como generar y desarrollar

respuestas a problemáticas reales relacionadas con los sistemas computacionales en instituciones del ámbito privado, social y público.

Por lo cual con el paso de los años el creciente volumen de información que se debe de procesar y que se produce en el área administrativa del posgrado, denota la necesidad de nuevos métodos de almacenamiento y procesamiento de información que permitan aprovechar de mejor manera los recursos disponibles, así también, la utilización de sistemas de información institucionales para este tipo de actividades es un factor importante en el desarrollo del programa de posgrado.

Es así como quienes lo dirigen requieren que los distintos procesos que se involucran en el control académico y sus actividades sean automatizados, buscando la eficiencia y eficacia en cada proceso a realizar.

## II. OBJETIVOS

Modelar un sistema de administración académica, para automatizar los procesos académicos que se llevan en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la maestría en Sistemas Computacionales.

## III. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describen las herramientas utilizadas para el desarrollo del análisis y diseño del sistema Web.

### A. Enterprise Architect

Enterprise Architect (versión 15 free edición) es una herramienta de diseño y modelado visual basada en OMG UML.

La plataforma soporta el diseño y construcción de sistemas de software, modelado de procesos de negocios y modelado de dominios. Las empresas y organizaciones lo utilizan no solo para modelar la arquitectura de sus sistemas, sino también para procesar la implementación de estos modelos en todo el ciclo de vida de desarrollo de aplicaciones.[9]



Utilizando esta herramienta se han creado los diagramas que modelan el sistema, para dejar más claro la comprensión de su funcionamiento, además de identificar los roles que tienen los usuarios involucrados en el manejo del sistema propuesto.[5]

**B. Adobe XD**

Adobe XD (versión 49 free edición) es una plataforma de diseño de experiencias basada en vectores poderosos y fácil de usar que ofrece a los equipos herramientas necesarias para crear las mejores experiencias del mundo de forma colaborativa. XD está disponible para sistemas Mac y Windows e integra a los miembros del equipo, independientemente del lugar desde donde estén trabajando, gracias a la compatibilidad con plataformas múltiples.[1]

Adobe XD ofrece funciones y flujos de trabajo que ahorran tiempo y permiten centrarte en el proceso creativo, desde la concepción hasta la entrega de recursos. Los diseñadores y los equipos de diseño de todo el mundo emplean Adobe XD para colaborar en el proceso de diseño, desde la concepción y el diseño de mallas metálicas hasta la entrega a los desarrolladores. Los integrantes del equipo pueden compartir vínculos a diseños y especificaciones, así como ver y dejar opiniones de forma sencilla, directamente a través de la sección de comentarios en el explorador.[1]

**C. PostgreSQL**

PostgreSQL (versión 13) es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia BSD y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado. PostgreSQL utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando.[4]

Son diversas las cualidades de este software, de entre las cuales se listarán a continuación las más destacadas:

- Control de concurrencia multiversión.
- Integridad referencial.
- Consultas Complejas.
- Disparadores.
- Replicación asincrónica / sincrónica
- Vistas actualizables
- Integridad transaccional.

**D. Metodología**

OOHDM (Método de Diseño e Hipermedia Orientada a Objetos) es una de las metodologías que más se utilizan hoy en día debido a que permiten reducir los tiempos de desarrollo,

reutilizar diseño, simplificar la evolución y el mantenimiento de la ampliación. Algo que propone esta metodología dentro de sus 4 fases establecidos es la posibilidad de añadir la representación del sistema en todos los aspectos propios de las aplicaciones web, por lo que ha tenido mucha aceptación y quizás la mayor usabilidad por parte de los desarrolladores al momento de comenzar su proyecto de desarrollo de software.[6]

Este método toma como punto de partida el modelo de clases obtenido durante la primera fase del desarrollo de software denominado modelo conceptual, además permite modelar aplicaciones de grandes tamaños o con grandes volúmenes de información y pueden ser usados en diversos tipos de aplicaciones navegables, sitios web, sistemas de información o presentaciones multimedia.[3]

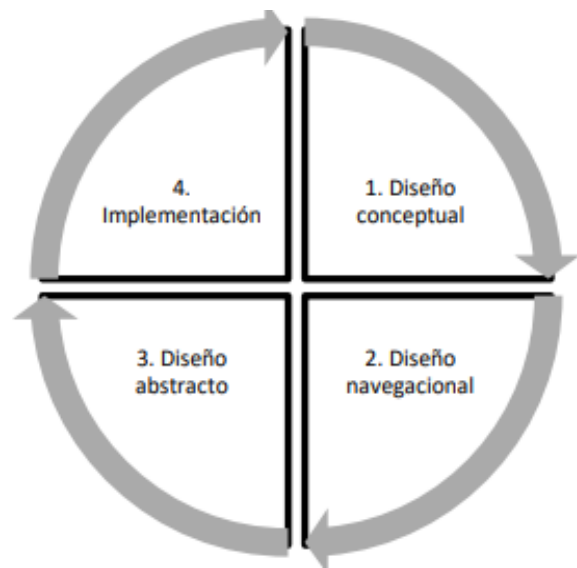


Figura 1: Fases de la metodología OOHDM

**IV. MODELADO DEL SISTEMA PROPUESTO**

Para la elaboración de los diagramas UML que forman parte del modelado del sistema, se hace uso de la herramienta Enterprise Architect.

A continuación, se describen las actividades que se realizan en el área de posgrado por medio de un diagrama de modelado de negocio, y las funciones principales de los usuarios involucrados. También se observan los siguientes diagramas: casos de uso, despliegue, clases, relacional y prototipos de interfaz.

**A. Modelado de negocio**

En este apartado se describen los procesos que se ejecutan en el área de posgrado. En el primer diagrama del modelado de sistema que se muestra en la figura 2, se observa el flujo de trabajo de los procesos principales del sistema propuesto.



- Definir calendario de actividades y requisitos. Define el calendario de actividades y requisitos para la obtención de fichas, la información a colocar en el tríptico del programa de posgrado, el periodo que será publicada la convocatoria y se recomienda los docentes que impartirán los cursos.
- Actualizar convocatorias y tríptico del cronograma de posgrado. Elabora convocatoria que contiene la descripción del programa de posgrado, actualiza el tríptico del programa y solicita con aprobación de subdirección académica la publicación del programa de posgrado.
- Publicar convocatoria. Publica la convocatoria y el tríptico del programa. En la página principal del portal web del TecNM campus Acapulco, redes sociales y otros medios de comunicación como TV.
- Cubrir requisitos para obtención de ficha. Presentar los documentos según el listado de documentos requeridos para solicitud de ficha y realizar pago por concepto de ficha aspirante en institución bancaria.
- Canjear Voucher. La institución bancaria otorga al aspirante el comprobante de pago bancario y este a su vez entrega el recibo oficial de cobro.
- Validar y cotejar documentación y otorgar ficha. Recibe y revisa los documentos del aspirante, según el listado de documentos requeridos para solicitud de ficha y de cumplir con la documentación se expide la ficha de aspirante al posgrado.
- Realizar curso propedéutico. Se presenta los días y horarios indicados en la ficha para tomar el curso propedéutico.
- Presentar examen CENEVAL. Presenta examen CENEVAL EXANI III el día y hora indicada.
- Programar entrevistas a aspirantes. De la lista de aspirantes registrados, el coordinador de posgrado formará grupos para ser entrevistados por el comité de selección académico de posgrado.

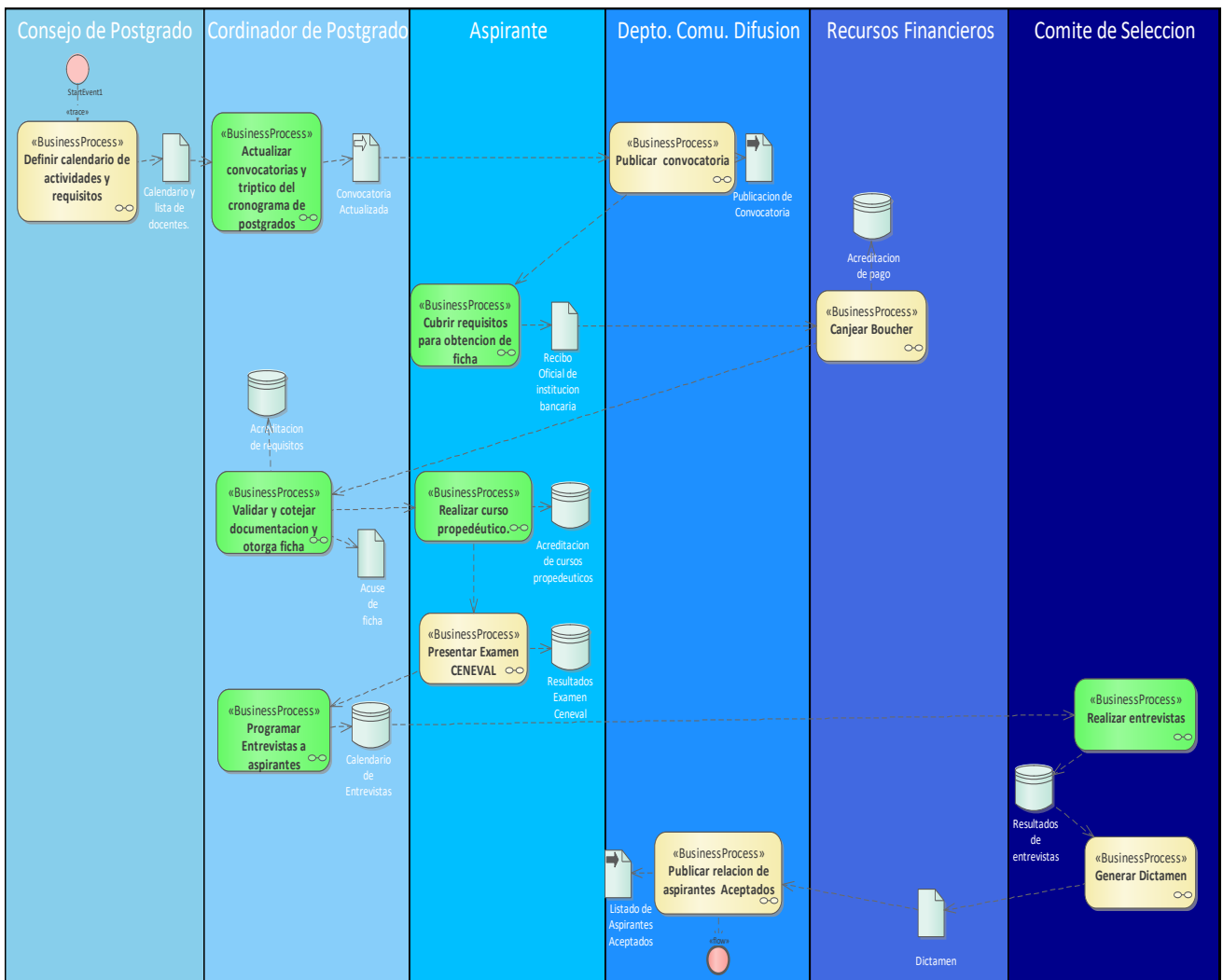


Figura 2: Modelado de Negocio

- Realizar entrevistas. Realiza la entrevista al aspirante el día y hora indicada, considera como guía la rúbrica para la entrevista.
- Generar dictamen. Evalúa resultados de manera colegiada, toma en consideración, entre otros factores, el promedio del ciclo anterior, las calificaciones obtenidas en los cursos propedéutico, la evolución del estudiante durante los cursos propedéutico, sus capacidades, aptitud y actitudes mostradas en ese periodo, así como la entrevista.
- Publicar relación de aspirantes aceptados. El Departamento de Comunicación y Difusión pública la relación de aspirantes aceptados en la página principal del portal web del TecNM campus Acapulco

B. Casos de uso

Como se puede observar en los siguientes diagramas de casos de uso (ver figura 3, 4 y 5), las tareas a ejecutar en el sistema están repartidas entre los usuarios involucrados que operan en el proceso de candidatos, esto con el objetivo de conseguir un manejo eficaz y eficiente del sistema, además de distribuir las actividades a cada uno de los usuarios conforme a la responsabilidad que desempeñan dentro del área de posgrado.

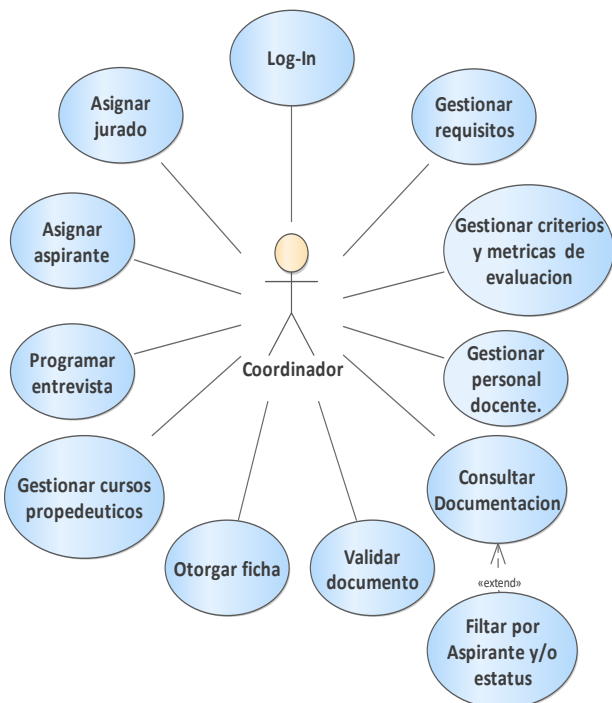


Figura 3: Diagrama de casos de uso rol Coordinador

En la figura 3, se muestra el diagrama de caso de uso del actor que corresponde con el responsable de coordinar los procesos del programa de posgrado, entre las actividades principales que desempeña se encuentra:

La gestión de requisitos para aspirantes, gestión de criterios y métricas de evaluación, gestión de personal docente, validación de documentación de aspirantes y programación de entrevistas.

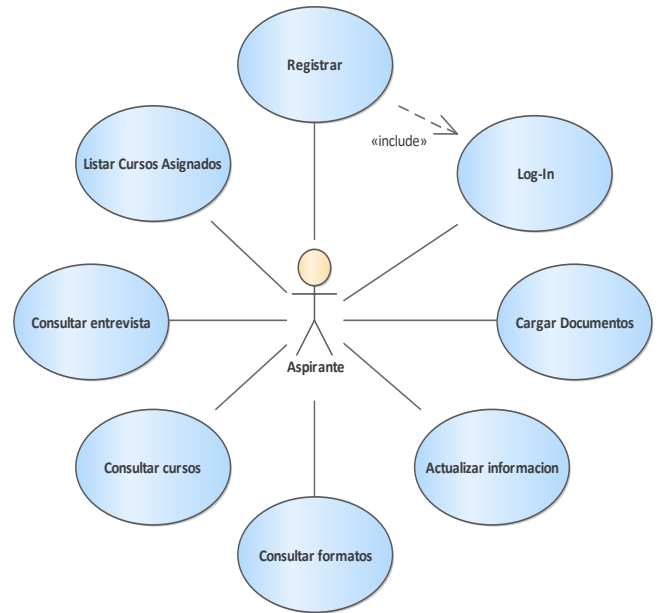


Figura 4: Diagrama de casos de uso rol Aspirante

En la figura 4, se muestra el diagrama de caso de uso del actor que corresponde con el aspirante a nuevo ingreso del posgrado, entre las funciones principales que desempeña se encuentran: el registro en sistema propuesto, cargar documentación y seguimiento de su proceso como aspirante.

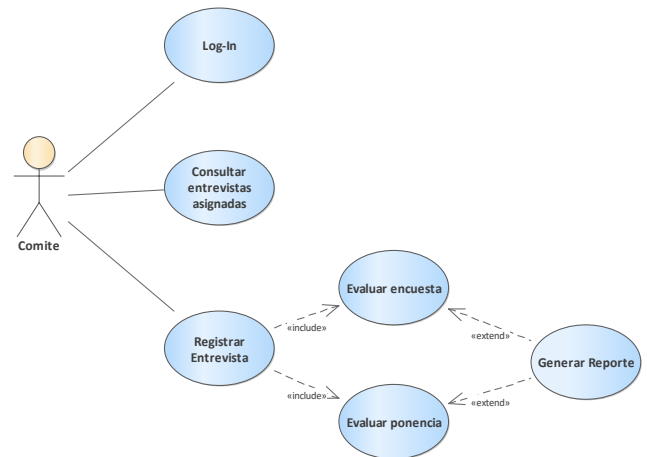


Figura 5: Diagrama de casos de uso rol Comité

En la figura 5, se muestra el diagrama de caso de uso del actor que corresponde con el responsable del comité de selección del posgrado, entre las actividades principales que desempeña se encuentra: emitir evaluación, registrar entrevista y generar dictamen.

C. Diagrama de clases

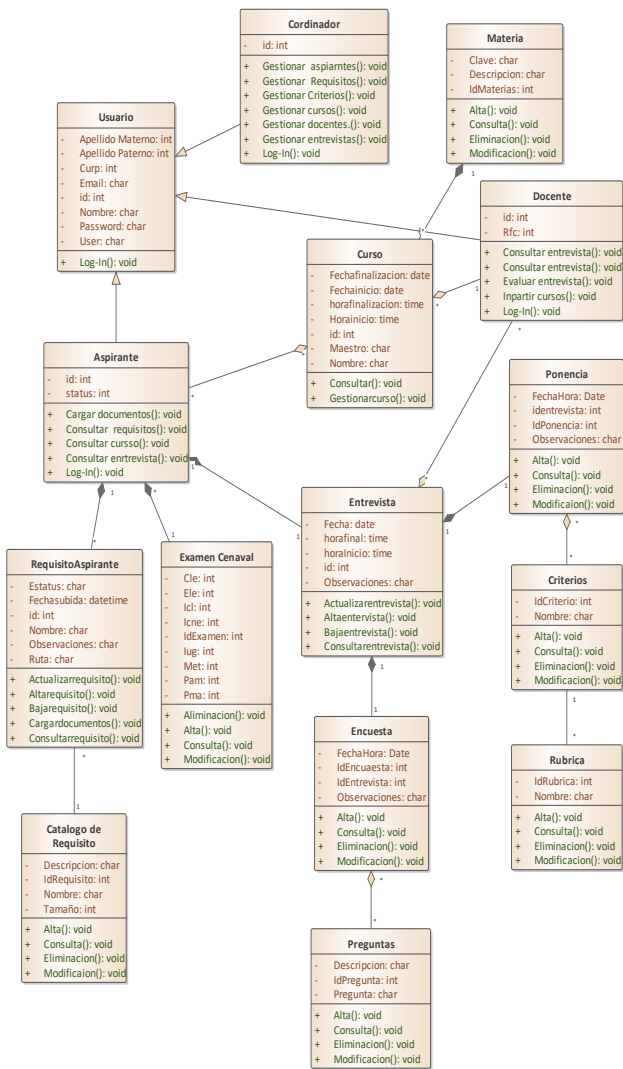


Figura 6: Diagrama de clases

En la figura 6 se muestra el diagrama de clases y los atributos que se comunican en el sistema. Esta capa de abstracción implementa las operaciones CRUD y el patrón de diseño MVC, lo que permite que se realicen peticiones a la base de datos reduciendo el tiempo de respuesta, además, de esta manera al actualizar una funcionalidad en el código fuente facilita el mantenimiento y la escalabilidad, beneficiando así la seguridad de la aplicación.

D. Diagrama de despliegue

Esta sección tiene como objetivo principal mostrar la distribución física de los componentes de software del sistema, los objetos que lo componen y como se relacionan cada uno de ellos (ver figura 7).

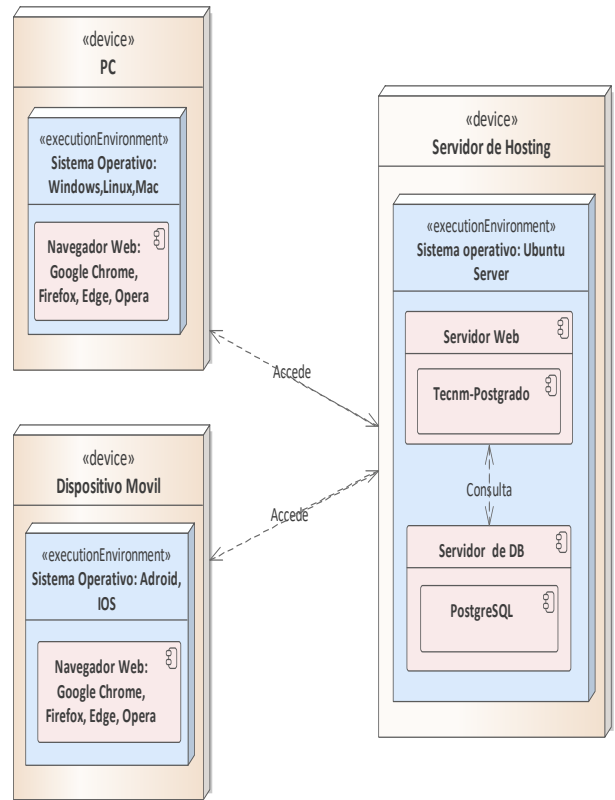


Figura 7: Diagrama de despliegue

- PC: es una computadora de escritorio o laptop con sistema operativo Windows (versión 8 o superior), Linux (Ubuntu 18.04 o superior) y Mac (versión 10.13 o superior) con los siguientes requisitos mínimos del equipo; 4gb de RAM, 100 gigabytes de memoria de almacenamiento y un procesador doble núcleo a un mínimo 1.5 giga Hertz en la que, por medio de navegadores web (Google Chrome, Edge, Mozilla y Opera) se va a operar la aplicación web dentro y fuera del área del postgrado.
- Dispositivo Móvil: es un dispositivo portátil (teléfonos inteligentes y tabletas) a través del cual, por medio de un navegador web (Google Chrome, Edge, Mozilla y Opera) se va a operar la aplicación web. Este será independiente del tipo de sistema operativo con el que cuente el dispositivo, sea Android (versión 8 o superior) o IOS (versión 12.5.3 o superior).[7]
- Servidor de Hosting: es un servicio de alojamiento de sitios webs, el sistema operativo en el que estará montado será Ubuntu Server (versión 21.04) debido al diseño de alta seguridad, la compatibilidad con casi todos los lenguajes de programación, los requisitos de hardware mínimos y su amplia documentación.[2]

Los requisitos recomendados del equipo son: procesador de 4 núcleos a 2 giga Hertz o superior, memoria RAM 8 gigabytes y disco duro de 1 terabyte en memoria de almacenamiento (estado sólido).

A continuación, se presentan sus componentes:

- Servidor web: en este se encuentra los componentes del sistema web y se encargara de administrar el acceso al sistema web utilizando le software de licencia libre Servidor Apache (versión 2.4).
- Servidor DB: se incorpora el sistema gestor de base de datos PostgreSQL (versión 13).

E. Diagrama entidad-relacion.

En la figura 8 se muestran el diagrama entidad relación realizado con la herramienta nativa pgAdmin4 y que se utilizarán para almacenar la información y que estarán disponibles para el sistema. Este diagrama será utilizado para implementar la base de datos.

A continuación, se describe las principales tablas del sistema web:

- Tabla Candidato: esta tabla guardará la información acerca de los datos personales además que servirá para vincular a través del identificador único de cada registro con otras entidades (estatus de estudiantes, examen, requisitos y entrevista).
- Tabla Docente: esta tabla guardará la información acerca de los datos personales además que servirá para vincular a través del identificador único de cada registro con otras entidades (entrevista y cursos).
- Tabla Requisitos: esta tabla guardará la información acerca de los documentos que se deben de entregar por parte de cada uno de los candidatos, también servirá para guardar el estatus en el que se encuentra, además de que servirá como medio de retroalimentación entre el candidato y el administrador.
- Tabla Entrevistas: esta tabla guardará la información acerca de las entrevistas asignadas a cada uno de los candidatos, también servirá para guardar el estatus en el que se encuentra, además de que servirá como medio de retroalimentación entre el candidato, el jurado y administrador.
- Tabla Ponencia: esta tabla guardará la información generada por los jurados en las ponencias realizadas a los candidatos.
- Tabla Encuesta: esta tabla guardará la información generada por los jurados en las encuestas realizadas a los candidatos.
- Tabla Curso: esta tabla guardará la información generada por los docentes en los cursos propedéuticos para los candidatos del posgrado.



Figura 8: Diagrama entidad relación

F. *Prototipos de interfaz*

El entorno del usuario que se propone será amigable y minimalista. Por lo tanto, el manejo del sistema consiste en vistas sencillas. La primera vista al momento de entrar al hacer uso del sistema consiste en mostrar al usuario un panorama general que permita conocer todas las posibilidades que estarán disponibles para realizar.

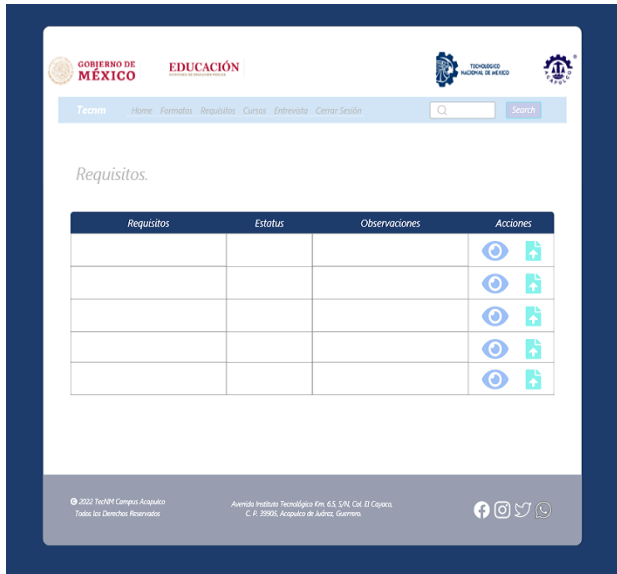


Figura 9: Prototipo de interfaz requisitos

La ventana de requisitos mostrará un listado de la documentación que es necesaria entregar por los candidatos, en este listado de requisitos se mantendrá retroalimentación entre el coordinador de posgrado, además de que se mostrará el estatus de cada uno de los documentos y la opción de cargar archivos (ver figura 9).

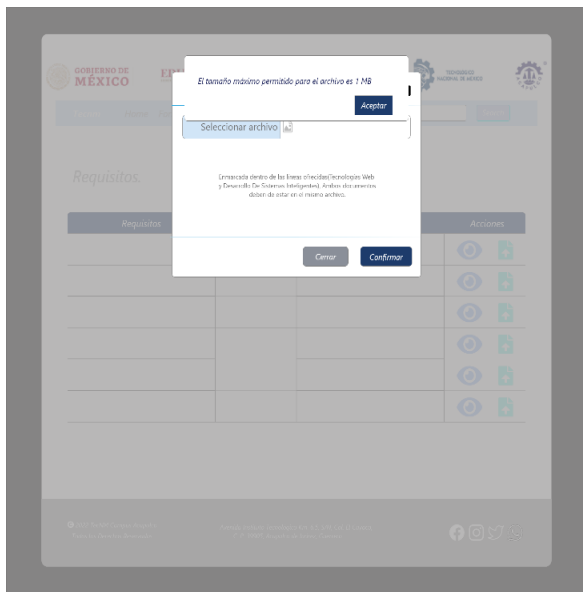


Figura 10: Prototipo de interfaz para cargar documentos

Una vez seleccionada la acción de subir los archivos se disparará un aviso con la descripción de cada requisito y un formulario para cargar el documento, en caso de exceder el tamaño se deshabilitará la opción de cargar documentos y mostrará un aviso (ver figura 10).

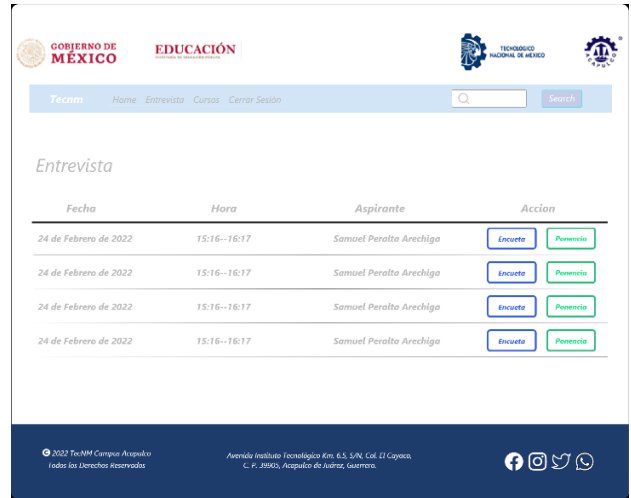


Figura 11: Prototipo de interfaz para entrevistas

La ventana de entrevistas mostrará al docente un listado de entrevistas asignadas en caso de que el docente sea seleccionado como parte del jurado. En el listado se mostrarán las opciones de ponencia y encuesta en la fecha en la que este asignada la entrevista (ver figura 11).



Figura 12: Prototipo de interfaz encuesta

Se muestra el formulario en el cual los docentes capturan las respuestas de los candidatos (ver figura 12).

Se muestra en la figura 13 un formulario en el cual los docentes evalúan los criterios de la ponencia del candidato.

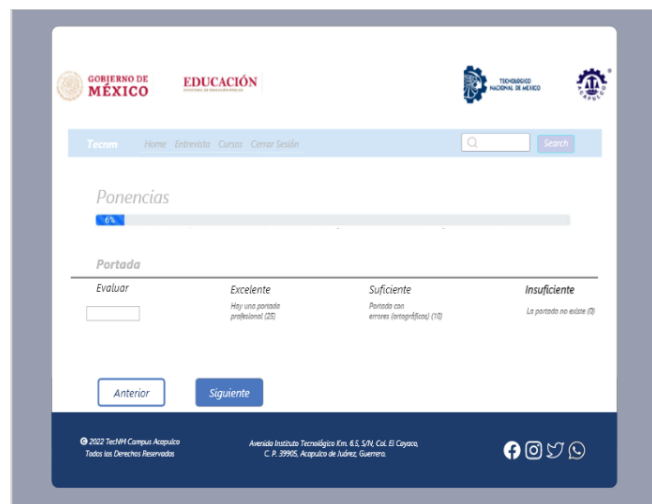


Figura 13: Prototipo de interfaz ponencia

## V. CONCLUSION

En el presente artículo, se describe la propuesta de diseño y modelado que corresponde a la base para el desarrollo de un sistema web de administración académico. Para su desarrollo se realizó un análisis exhaustivo al proceso de aspirantes al posgrado con el fin de recolectar los requerimientos de los usuarios. Finalmente se utilizó la herramienta Enterprise Architect que ayudó en la creación de los diagramas UML: el modelo de proceso de negocios donde se muestra de manera abstracta el proceso de aspirantes, se presentaron los diagramas de casos de uso para comprender de mejor manera las interacciones entre los usuarios y el sistema, además se presentó el diagrama de clases que permite entender los principales atributos y acciones, también el diagrama entidad-relación el cual nos permite comprender la estructura la base de datos y finalmente se presentaron los prototipos de vistas principales del usuario docente y aspirante, desarrollados en la herramienta Adobe XD, cada uno de estos diagramas serán los cimientos que darán estructura y permitirán el desarrollo del sistema. Mostrando que tenemos las bases suficientes para realizar el desarrollo y así poder otorgar las herramientas que permita realizar los procesos del posgrado.

## REFERENCIAS

- [1] Adobe XD. (s/f). Adobe. Recuperado el 21 de abril de 2022, de <https://www.adobe.com/mx/products/xd.html>
- [2] Canonical Ltd. (2021, 23 augustus). Install Ubuntu Server. Ubuntu. Geraadpleegd op 8 mei 2022, van <https://ubuntu.com/tutorials/install-ubuntu-server#1-overview%20ubuntu%20descripcion>
- [3] García Zerda, F. G., Contento Segara, M. J., Zea Ordoñez, M. P., & Molina Ríos, J. R. (2017). ESTADO DEL ARTE: METODOLOGÍAS DE DESARROLLO EN APLICACIONES WEB. 3C Tecnología, 18.
- [4] García Zerda, F. G., Contento Segara, M. J., Zea Ordoñez, M. P., & Molina Ríos, J. R. (2017). ESTADO DEL ARTE: METODOLOGÍAS DE DESARROLLO EN APLICACIONES WEB. 3C Tecnología, 18.
- [5] Grupo de Desarrollo Global de PostgreSQL. (10 de febrero de 2022). ¿Qué es PostgreSQL? 08 de mayo del 2022, de [postgresql.org](https://www.postgresql.org/docs/13/intro-what-is.html) Sitio web: <https://www.postgresql.org/docs/13/intro-what-is.html>
- [6] Herramientas UML para el modelado y desarrollo de software - Herramienta de modelado UML de Enterprise Architect. (s/f). Com.Ar. Recuperado el 21 de abril de 2022, de <http://www.sparxsystems.com.ar/>
- [7] Molina Ríos, J.R., Zea Ordóñez, M.P., Contento Segarra, M.J. y García Zerda, F. G (2017). Estado del arte: Metodologías de desarrollo en aplicaciones web. 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme, 6(3), 54-71., <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2017/09/ART-5.html>
- [8] Santos Reyes, Karen Katusca (2016). Desarrollo e implementación de un sistema web de control y gestión académico para el Instituto de Postgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones. 125p.
- [9] Sparx Systems Pty Ltd. (21 de Abril de 2022). ENTERPRISE ARCHITECT 15. Obtenido de [sparxsystems.com](https://sparxsystems.com/products/ea/15.2/index.html): <https://sparxsystems.com/products/ea/15.2/index.html>
- [10] Zea Ordóñez, M. P., Molina Ríos, J. R., & Redrován Castillo, F. F. (2017). Administración de Bases de datos con PostgreSQL. 3ciencias, 82.
- [11] Zea Ordóñez, M. P., Molina Ríos, J. R., & Redrován Castillo, F. F. (2017). Administración de Bases de datos con PostgreSQL. 3ciencias, 82.



# Propuesta de Gestor de Proyecto SCRUM(GePro)

Ing. . Luis Alberto Lorenzo  
Pérez.  
Estudiantes de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ *IT Acapulco*.  
Acapulco, Guerrero, México  
MM21320015@acapulco.tecnm.  
mx

M.T.I Juan Miguel Hernández  
Bravo.  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ *IT Acapulco*.  
Acapulco, Guerrero, México.  
juan.hb@acapulco.tecnm.mx

Dr. Eduardo de la Cruz Gámez.  
Docente de la Maestría en  
Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ *IT Acapulco*.  
Acapulco, Guerrero, México.  
eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx

Dr. José Antonio Montero  
Valverde. Docente de la Maestría  
en Sistemas Computacionales.  
*Tecnológico Nacional de México*  
/ *IT Acapulco*.  
Acapulco, Guerrero, México  
jose.mv@acapulco.TecnM.mx

**Resumen—** En la actualidad un programa que gestione el proceso de desarrollo de un software en las empresas es una herramienta de gran ayuda, ya que permite llevar el control sobre los días y horas trabajadas por parte de cada colaborador que este incluido en el desarrollo del proyecto. A pesar de que el manejar un sistema de gestión es importante, por el hecho de estar guiado por la metodología Scrum, no todas las empresas cuentan con la utilización de alguno de estos sistemas, esto hace que surjan problemas con el desempeño del personal, ya que no se tiene el control de las horas reales trabajadas, las incidencias en la que trabajaron o graficas que nos muestren el desempeño de cada colaborador. El objetivo es diseñar un sistema de gestión de proyectos que nos permita controlar estos puntos y poder tener resultados eficientes.

**Palabras Clave:** Software, Gestión de proyectos, Colaborador, Incidencias, Control y Eficiencia.

## I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Tecnológico de Acapulco, es una institución pública superior tiene sede en la ciudad de Acapulco de Juárez en el estado de Guerrero. Cuenta con carreras de nivel superior en las áreas de ingeniería y ciencias económico administrativas. Además, cuenta con reconocimiento internacional por el destacado desempeño de sus egresados y por su capacidad innovadora en la generación y aplicación de conocimientos. Actualmente se cuenta con una maestría en Sistemas Computacionales, registrada en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) reconocida por CONACYT, quien es el organismo que financia este proyecto. [1]

Los sistemas de gestión son de gran ayuda en las organizaciones para establecer una metodología, las responsabilidades de cada uno de los miembros y las actividades a desempeñar. Con la finalidad de tener una buena gestión para obtener buenos resultados.

Entonces la gestión de proyecto nos apunta a la consideración de herramientas de tipo gerencial, en las cuales deben ser enfocadas para que la empresa u organizaciones sean capaz de desarrollar un conjunto de habilidades tanto de nivel individual como en trabajo en equipo. El propósito de lograr esta actividad es planificar, organizar, dirigir y controlar los eventos asociados al proyecto, considerando un tiempo, costo y calidad. [9]

En pocas palabras, “La gestión de proyectos, es la disciplina que tiene la capacidad de integrar de manera sistemática la planificación, la organización, la dirección, el control y la calidad en el manejo de las actividades asociadas a un proyecto”. [3]

Por lo tanto, al tomar las demás definiciones anteriores definimos que la gestión de proyecto basada en la metodología Scrum es una de las más dinámicas para el desarrollo ágil que podremos encontrar en el desarrollo de software, esto ayuda a los equipos a colaborar y realizar un trabajo de alto impacto. La metodología Scrum proporciona un plan de valores, roles y pautas para ayudar a tu equipo a concentrarse en la iteración y la mejora continua en proyectos complejos. El conjunto de trabajo en equipo nos lleva a obtener buenas prácticas para obtener el mejor resultado de forma colaborativa.

## II. OBJETIVO

### A. General

Diseñar un sistema de comunicación estratégico basado en la administración y gestión de software a través de la metodología SCRUM aplicado al marco de trabajo de los proyectos para reducir la brecha de comunicación entre equipos de desarrollo, ya que este modelo nos permite ahorrar tiempo, esfuerzo y recursos.

fotografías de los inmuebles con el uso de roles de usuarios.

### B. Específicos

- Elaborar un análisis de requisitos detallados del sistema para que la aplicación cumpla con las necesidades solicitadas.
- Diseño de diagramas de los módulos.



### III. MARCO CONCEPTUAL

Se está desarrollando un sistema gestor de proyectos el cual está enfocado en la creación de una plataforma web.

Para el desarrollo de esta plataforma se eligieron las siguientes herramientas para su elaboración:

#### 1.1. Adobe Xd

Adobe XD es un editor de gráficos vectoriales desarrollado y publicado por Adobe Inc es una solución rápida y poderosa para diseñar, un prototipo de la experiencia del usuario para páginas web y aplicaciones móviles. El software está disponible para MacOS y Windows.

[2]

#### 1.2. Sparx Systems Enterprise Architect

Enterprise Architect (versión 15 free edición) es una herramienta de diseño y modelado visual basada en OMG UML . La plataforma soporta el diseño y construcción de sistemas de software, modelado de procesos de negocios y modelado de dominios. Las empresas y organizaciones lo utilizan no solo para modelar la arquitectura de sus sistemas, sino también para procesar la implementación de estos modelos en todo el ciclo de vida de desarrollo de aplicaciones.

Utilizando esta herramienta se han creado los diagramas que modelan el sistema, para dejar más claro la comprensión de su funcionamiento, además de identificar los roles que tienen los usuarios involucrados en el manejo del sistema propuesto.

[8]

#### 1.3. Python

Python cuenta con facilidades para la programación orientada a objetos, imperativa y funcional, por lo que se considera un lenguaje multiparadigmas. Es un lenguaje de alto nivel ya que contiene implícitas algunas estructuras de datos como listas, diccionarios, conjuntos y tuplas, que permiten realizar algunas tareas complejas en pocas líneas de código y de manera legible.

[5]

#### 1.4. Django

Django es un framework web de alto nivel que permite el desarrollo rápido de sitios web seguros y mantenibles.

Django es un marco web Python de alto nivel que fomenta el desarrollo rápido y el diseño limpio y pragmático. Desarrollado por programadores experimentados, Django se encarga de gran parte de las complicaciones del desarrollo web, por lo que puedes concentrarte en escribir tu aplicación Es gratuito y de código abierto, tiene una comunidad próspera y activa, una gran documentación y muchas opciones de soporte gratuito.

[4]

#### 1.5. Postgres

PostgreSQL es un potente sistema de base de datos objeto-relacional de código abierto con más de 30 años de desarrollo activo que le ha valido una sólida reputación de confiabilidad, robustez de características y rendimiento.

[6]

### IV. METODOLOGÍA

Se eligió la metodología de Scrum por ser un método ágil que ofrece un marco de referencia para la administración del proyecto. Se centra alrededor de un conjunto de *sprints*, que son periodos fijos cuando se desarrolla un incremento de sistema. La planeación se basa en priorizar un atraso de trabajo y seleccionar las tareas de importancia más alta para un *sprint*.

[7]

A demás los sistemas de gestión de proyectos están regidos por la metodología SCRUM. En la figura 1 podemos apreciar el flujo que tiene el proceso de la metodología de SCRUM.

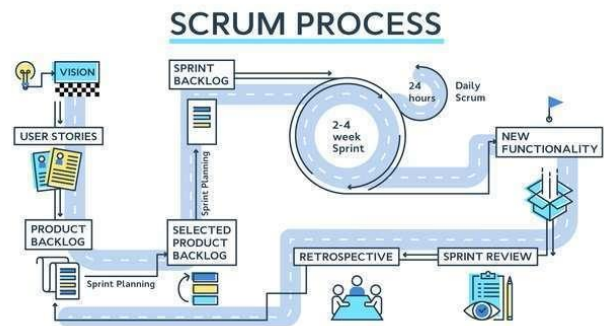


Figura 1 (Workana LLC, 2022) [10]

En la etapa inicial se tiene a la visión, en la cual se tienen los requerimientos funcionales y no funcionales. Estos requisitos se obtienen a través de la consulta con el usuario los cuales son:

- Autenticación de usuario
- Registro de usuario
- Consulta de información
- Carga de archivos
- Modificaciones de archivos
- Interfaz del sistema
- Seguridad de la información

**V. ANÁLISIS DEL PROYECTO**

Tipo de investigación

En el siguiente apartado se modelan los diagramas diseñados para los procesos principales que se llevaran a cabo en el sistema. En la figura 2 podremos ver el diagrama.

La descripción de los actores de la figura 2 es la siguiente:

**Product Owner:** Es la persona que se encarga de estar en constante comunicación con el usuario externo, define los objetivos del producto, determina las características del producto, encargado de crear las historias de usuario en donde gestiona y prioriza las actividades supervisando dichas etapas.

**Team Scrum:** Es el grupo o equipo de trabajo responsables de entender los requerimientos del negocio, especificados por el propietario del producto, estimar historias de usuario y crear sprints.

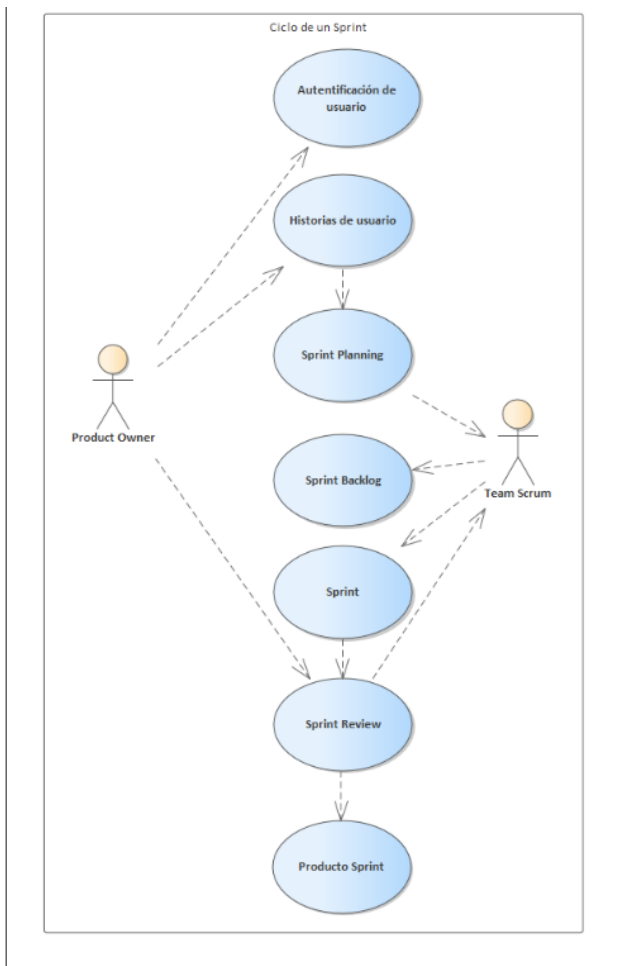


Figura 2 diagrama de casos de uso general

Autenticación de usuario.

1. Se registra y crea un usuario.
2. Ingresa con su usuario registrado.
3. Se registra el proyecto que se estará trabajando.

Historias de usuario

1. Se crea las historias de usuario.
2. Se visualiza la historia de usuario.
3. Se verifican los requerimientos levantados.

Sprint Planning.

1. Reunión de planeación.
2. Se crean las tareas de las historias de usuario.
3. Verificamos las tareas creadas.

Sprint Backlog.

1. Asignación de tareas.

Sprint.

1. Se realizan las tareas asignadas.

Sprint Review

1. Revisión del Sprint.
2. Reunión diaria con el equipo de desarrollo.

Producto Sprint.

1. Se entrega el producto que se desarrolló en el Sprint.

VI. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA A DESARROLLAR

El Modelo de procesos de negocio

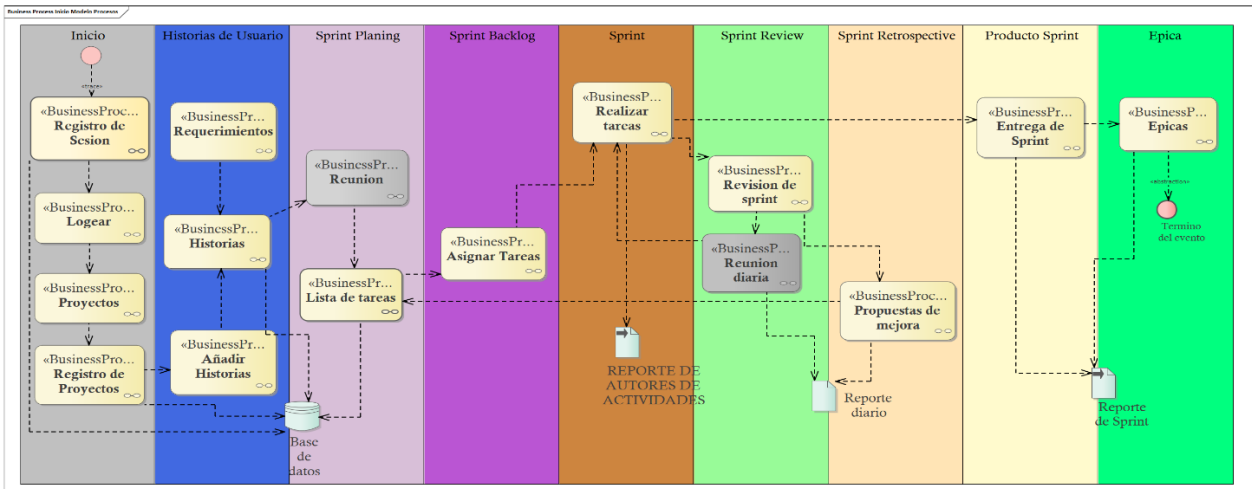


Figura 3 Modelado de Procesos creación de modelo propio

En el modelado de procesos de la figura 3 tenemos 9 secciones, las cuales se explicarán de forma general todos los procesos que intervienen para su mayor entendimiento.

Proceso. Registro de inicio de sesión: es el primero proceso y se inicia cuando existe la necesidad de acceder a la plataforma y no se cuenta con un usuario. En este proceso están involucrados los usuarios que son parte del equipo de desarrollo.

Proceso. Proyectos: El usuario encargado del equipo, se encarga de generar un nuevo proyecto o visualizar los proyectos ya existentes.

Proceso. Historias de usuario: El encargado del equipo tiene el deber de crear historias de usuario, con los requerimientos obtenidos del dueño del proyecto. También puede ver, borrar y modificar dichas historias.

Proceso. Lista de tareas: Durante la creación de historias de usuario se crea una lista de tareas, donde se despedazan en pequeñas actividades. Estas actividades estarán dentro de la sección del sprint planning, para que en el siguiente carril de proceso estas tareas sean asignadas.

Proceso. Sprint Backlog: Es la sección donde se asignan las tareas en listadas y despedazadas de las historias de usuario, a cada miembro del equipo de desarrollo.

Se genera un reporte de los miembros del equipo que tienen asignadas las tareas a realizar, esto para tener una evidencia de quien será el autor de cada tarea.

Proceso. Sprint: Durante el proceso de sprint el equipo de desarrollo ya tiene una tarea asignada para desarrollarla, esta tarea a desarrollar no podrá durar mas de 2 semanas, porque ese es el intervalo de tiempo que se tiene considerado para un sprint.

También se va generar un reporte de autores de actividades, donde se registrará el tiempo invertido y que se desarrollo de la actividad otorgando las observaciones correspondientes.

Proceso. Sprint Review: El equipo de desarrollo tiene la responsabilidad de revisar el proceso del sprint. Además, diariamente se tiene una reunión de 15 minutos para exponer alguna duda y se resuelva.

Se genera un reporte diario para evidenciar los avances y tiempo invertido en el proyecto para si estimar de manera correcta las horas reales sobre el tiempo estimado.

Proceso. Sprint Retrospective: Es el proceso en el cual, se da un informe sobre las mejoras que pueden proponerse para implementar en el sprint antes de que acabe su fecha estimada.

Proceso. Producto Sprint: En este punto el sprint a concluido y se tiene un producto final o tarea finalizada.

Proceso. Épica: Las épicas son un conjunto de historias de usuario reunidas, que sirven para estructurar diversos temas que de primera instancia son muy amplios y por ese hecho se descomponen. Al terminar la épica o sprint se genera un reporte de que se terminó la tarea.

A continuación, se presentará una parte del diagrama de clases esto se puede ver en la figura 4.

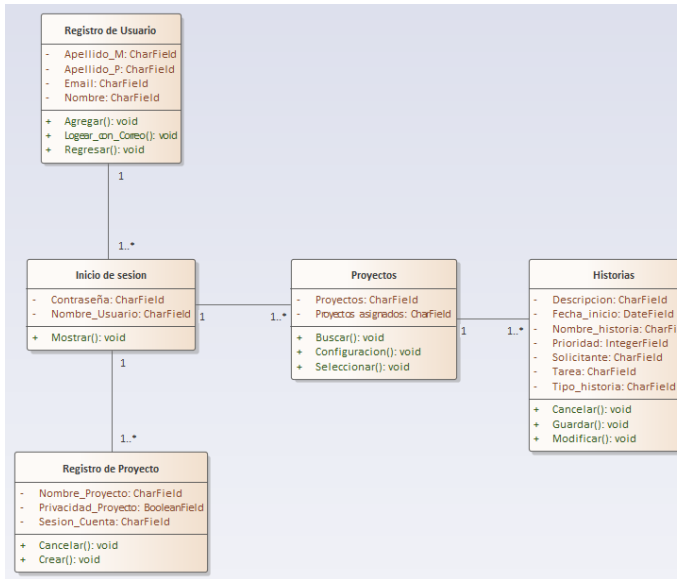


Figura 4 Diagrama de clases creación de modelo propio

Se describirá cada una de las clases que se muestran en la figura 4.

- Registro de usuario:
  - En esta clase se tomará información de los usuarios que no cuenten con una cuenta. Se les pedirá que capturen en los campos sus apellidos paternos y maternos, su nombre o nombres y finalmente el campo de email.
- Inicio de sesión:
  - Para la clase de inicio de sesión, el usuario tiene que autenticarse en base a los datos de nombre de usuario y contraseña para poder acceder al sistema.
- Registro de proyecto:
  - La clase de registro de proyecto tiene como propósito el guardar los proyectos que se van a desarrollar.
- Proyectos
  - En la clase de proyectos, se presenta toda la información que se dio de alta en el registro de proyecto.
- Historias
  - La clase de historias se encarga de llevar el registro de las historias de usuario por proyecto, en donde estas son un listado de tareas integradas por mini tareas que se descompondrán para asignarse a un desarrollador del equipo de trabajo.

## VII. PROTOTIPO

Mediante el diseño de la interfaz de usuario es importante plasmar una pequeña vista, logos y colores que se usaran en su creación, de esta forma será más práctico y entendible el diseño que se mostrara.

A continuación, en la figura 5 se mostrará el logo que se usara para el proyecto, la creación del proyecto es propia. Fue creado en Photoshop.



Figura 5 Logo creación propia

Ahora se presentará el prototipo creado en Adobe Xd del inicio de sesión en la figura 6.

- Login o inicio de sesión.



Figura 6 Login o inicio de sesión creación propia

Con la siguiente plantilla de inicio de sesión, el usuario podrá acceder de manera rápida, identificando el correo como usuario y la contraseña, tiene la opción de recordar el inicio de sesión.

○ Registro de Usuario



Figura 7 Registro de usuario creación propia

La plantilla de registro de usuario es la que se muestra en la figura 7. Vemos que nos presenta dos formas de registrarnos, una mediante el registro de forma manual con el nombre, apellidos, un correo electrónico y una contraseña. Además, podemos iniciar sesión mediante una cuenta de correo o red social. Facebook  
Mediante la opción de registro manual, se da clic en el botón de registrar para finalizar y el registro por cuenta de Google o red social Facebook nos redirecciona a la confirmación de inicio de sesión.

○ Menú principal del sistema

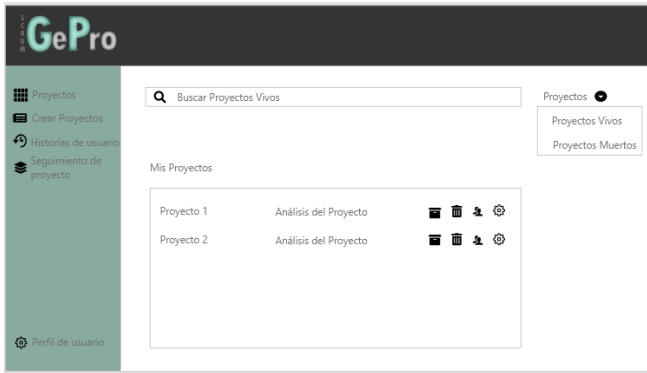


Figura 8 Menú principal creación propia

En este prototipo de la figura 8, se pretende mostrar como sería la interfaz, puede que está en un futuro cambien ya es solo es un prototipo de la vista.

**VIII. CONCLUSIONES**

En el artículo se presentó una parte de lo que es el modelo del proyecto, se encuentra en fase de desarrollo, ya que son diversos módulos. Como esto que se presenta es un prototipo puede que el diseño cambie su estructura, aunque el modelado de procesos nos indica a grandes rasgos lo que se pretende que realice el programa.

**IX. REFERENCIAS**

[1] acapulco.tecnm. (03 de Marzo de 2021). Obtenido de acapulco.tecnm: acapulco.tecnm.mx

[2] Adobe, i. (2022). Adobe xd. Obtenido de <https://helpx.adobe.com/mx/xd/get-started.html>

[3] Asana, I. (2022). Asana,Inc. Obtenido de Asana,Inc: <https://asana.com/es/resources/what-is-scrum>

[4] Django. (2021). Django. Obtenido de Django: <https://www.djangoproject.com>

[5] Ivet Challenger-Pérez, Y. D.-R.-G. (s.f.). Cuba: Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”.

[6] Postgres. (2022). Postgres. Obtenido de Postgres: <https://www.postgresql.org>

[7] Sommerville, I. (2011). Ingeniería de Software. En I. Sommerville, Ingeniería de Software (pág. 77). México: Pearson Educacion .

[8] sparxsystems. (2022). sparxsystems. Obtenido de sparxsystems: <http://www.sparxsystems.com.ar>

[9] Terrazas Pastor, R. A. (2009). MODELO CONCEPTUAL PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS PERSPECTIVAS. Universidad Católica Boliviana San Pablo Cochabamba, Bolivia, 188.

[10] Workana LLC. (2022). Obtenido de Workana: <https://www.workana.com/es/>

# Sistema web de gestión académica “tú decides” - módulo enlace

Ing. Genesis Alexa Serrano Cruz  
*Estudiante de Maestría en  
Sistemas Computacionales  
programa PNPC.  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco.  
Acapulco, Guerrero. México.  
MM21320021@acapulco.tecnm.  
mx*

Ing. Luis Ramos Baños  
*Docente de Maestría en Sistemas  
Computacionales.  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco.  
Acapulco, Guerrero. México.  
luis.rb@acapulco.tecnm.mx*

Dr. Francisco Javier Gutiérrez  
Mata  
*Docente de Maestría en Sistemas  
Computacionales.  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco.  
Acapulco, Guerrero. México.  
francisco.gm@acapulco.tecnm.m*

Ing. Juan Miguel Hernández  
Bravo  
*Docente de Maestría en Sistemas  
Computacionales.  
Tecnológico Nacional de México  
Campus Acapulco.  
Acapulco, Guerrero. México.  
juan.hb@acapulco.tecnm.mx*

x

**Resumen—** En este artículo, se plasma el trabajo interdisciplinario de la Maestría en Sistemas Computacionales con apoyo del CONACYT, impartida en el Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco, para presentar la propuesta para el desarrollo del módulo enlace para el sistema web de gestión académica “tú decides” de la Secretaría de Educación Pública (SEP). Con el desarrollo del sistema web módulo “enlace” se pretende dar oportunidades a los aspirantes que no pudieron ingresar a una Institución a nivel nacional y así llevar un registro de los jóvenes rechazados. Todos los jóvenes que no hayan tenido la oportunidad de quedar inscritos en una institución son tomados en cuenta para ser aspirantes nuevamente en otras universidades, una vez registrados en la plataforma obtendrán un nuevo número de folio y tendrán que dirigirse a la institución para pedir informes de cómo se llevará a cabo el proceso de inscripción en la institución que ellos eligieron.

**Palabras Clave:** Módulo enlace, Sistema Web, Institución.

## I. INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Educación Pública (SEP) tiene como propósito esencial crear condiciones que permitan asegurar el acceso de todas las mexicanas y mexicanos a una educación de calidad, en el nivel y modalidad que la requieran y en el lugar donde la demanden.

Considerando que el artículo 3° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece que toda persona tiene derecho a la educación. “El Estado-Federación, Estados, Ciudad de México y Municipios- impartirá y garantizará la educación inicial, preescolar, primaria, secundaria, media superior y superior y que, el Estado priorizará el interés superior de niñas, niños, adolescentes y jóvenes en el acceso, permanencia y participación en los servicios educativos” Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM]. Art. 3. 15 de mayo del 2019 (México).

“En México las desigualdades estructurales del país se ven reflejadas en la educación superior. Únicamente cuatro de cada 10 jóvenes de entre 18 y 22 años están inscritos en alguna institución de educación superior” (David Torres Yáñez – Secretaria de Educación Pública) Aunado a lo anterior, el sistema de educación superior en México se encuentra fragmentado y estuvo por mucho tiempo influido por los procesos de concentración de la riqueza, lo que significa: “Una geografía donde aparte de ser desigual, polarizada, dejando al Sur Sureste de nuestro país fuera de la lógica general, es decir, el desarrollo que se había procurado para México es tremendamente inequitativa” (Concheiro Bórquez, 2020).

Se desarrollará el módulo enlace en la página web “tú decides” para optimizar la información de cada uno de los estudiantes que han sido rechazados. Esta información la subirá el administrador que esté a cargo de cada una de las instituciones y podrá llevar el control de todos los alumnos que no quedaron inscritos, cuando se abra la convocatoria, ellos podrán ingresar a la plataforma y visualizar la institución que tenga disponibilidad y/o la carrera que el aspirante desee.

## II. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Desarrollar una plataforma web con un módulo enlace para brindar opciones educativas de acceso y continuidad en la educación superior a los aspirantes que participaron en la primera etapa de selección y no obtuvieron la oportunidad de quedar inscritos, así para que el módulo enlace tenga un registro de todos aquellos aspirantes que fueron rechazados y obtengan una segunda oportunidad de poder ingresar a una institución pública.

### III. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se describirán, las herramientas principales utilizadas para el análisis y desarrollo del sistema web:

#### A. Enterprise Architect

Enterprise Architect es una herramienta gráfica multi-usuario diseñada para ayudar a su equipo a construir sistemas robustos y fáciles de mantener. Incorporando reporting integrado y documentación de alta calidad. Enterprise Architect provee trazabilidad completa desde el análisis de requerimientos hasta los artefactos de análisis y diseño, a través de la implementación y el despliegue. La verificación efectiva, la validación y análisis del impacto inmediato son posibles a través del ciclo de vida completo, usando tales capacidades como la Vista de jerarquía y la Matriz de relaciones de Enterprise Architect.

#### B. MySQL

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto (RDBMS, por sus siglas en inglés) con un modelo cliente-servidor. RDBMS es un software o servicio utilizado para crear y administrar bases de datos basadas en un modelo relacional.

MySQL crea una base de datos para almacenar y manipular datos, definiendo la relación de cada tabla.

Los clientes pueden realizar solicitudes escribiendo instrucciones SQL específicas en MySQL.

La aplicación del servidor responderá con la información solicitada y esta aparecerá frente a los clientes.

#### C. React

React es una biblioteca JavaScript de código abierto diseñada para crear interfaces de usuario con el objetivo de facilitar el desarrollo de aplicaciones en una sola página.

React te ayuda a crear interfaces de usuario interactivas de forma sencilla. Diseña vistas simples para cada estado en tu aplicación, y React se encargará de actualizar y renderizar de manera eficiente los componentes correctos cuando los datos cambien.

#### D. Php

PHP es un lenguaje de programación de uso general que se adapta especialmente al desarrollo web, favoreciendo la conexión entre los servidores y la interfaz de usuario. Permite combinar en un mismo archivo código PHP con código HTML.

#### E. React-Bootstrap

React-Bootstrap reemplaza el JavaScript de Bootstrap. Cada componente se ha creado desde cero como un verdadero componente de React, sin dependencias innecesarias como jQuery. Como una de las bibliotecas de React más antiguas, React-Bootstrap ha evolucionado y crecido junto con React, lo

que la convierte en una excelente opción como base de la interfaz de usuario.

Cada componente se implementa teniendo en cuenta la accesibilidad. El resultado es un conjunto de componentes accesibles por defecto, sobre lo que es posible con Bootstrap simple. React-Bootstrap simplemente funciona con los miles de temas de Bootstrap.

### IV. DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO

Se usó la herramienta Enterprise Architect para realizar el modelado de procesos de negocio y casos de uso. Se describen las actividades que se realizarán para el módulo “Enlace” en el sistema web “Tú decides”.

#### A. Modelado de negocio

En el diagrama mostrado en la Figura 1, se observan las tareas principales que se requieren realizar en el módulo enlace, a continuación, se describen cada una de ellas:

- Como primera tarea, se requiere que el administrador de la institución que este encargado de subir a todos aquellos alumnos que fueron rechazados en una institución a nivel nacional inicie sesión con su usuario y contraseña correspondiente y así poder ingresar al sistema para proceder a hacer la carga de aspirantes rechazados.
- Una vez iniciada la sesión se desplegará una serie de instrucciones de cómo debe de ser el archivo que tiene que subir al sistema, para ello se podrá descargar una plantilla para que tenga el conocimiento apto de cómo realizar el archivo correctamente.
- El administrador tiene la obligación de subir el archivo csv del registro de los aspirantes rechazados, para eso se tiene que hacer la lectura del archivo correspondiente.
- Se procede a hacer la carga del archivo csv en el sistema.
- Una vez cargado el archivo csv se mostrará un recuadro con los posibles errores que este archivo pueda contener, es decir, algún error con la CURP y que no coincida con su nombre y apellido.
- El archivo cargado se mostrará en un formulario con sus datos correspondientes, donde se podrá hacer una edición de este, es decir, podrá eliminar un registro, editar y de ser necesario agregar un nuevo aspirante rechazado. Esta información se guardará en la base de datos.
- Si existe algún cambio en el archivo cargado, se tendrá la opción de descargar este nuevo archivo, también como archivo csv y guardarlo donde el usuario lo requiera.
- Eliminar, esta función sirve para eliminar un registro que puede ser, no necesario, que se haya repetido por error, pero de ser así existirá una función que detecte este error y se mostrará de color amarillo, así el usuario podrá darse cuenta



de ello. Eliminarlo, también lo hará desde la base de datos y no solo de la interfaz de usuario.

- Editar, esta función corresponde a realizar algún cambio, en el nombre, en el apellido, en la CURP si llegase a estar errónea y así sea más sencillo para el administrador hacer el cambio y evitar volver a dirigirse al archivo, editarlo y volverlo a cargar.
- Agregar un nuevo usuario, esta función puede ser muy útil si es que por alguna razón al administrador le llegó un nuevo aspirante rechazado y de esta manera tenga la facilidad de agregar uno nuevo desde el formulario de la página web.
- Finalmente, al realizar todo lo necesario el administrador podrá guardar cambios. Como recomendación, se sugiere volver a descargar el archivo una vez realizado los cambios, si estos fuesen necesarios.

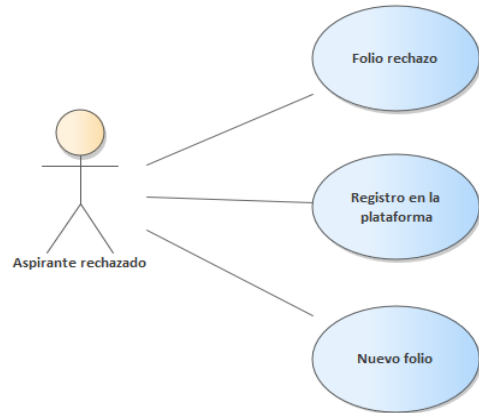


Figura 2. Caso de uso del módulo enlace – aspirante rechazado

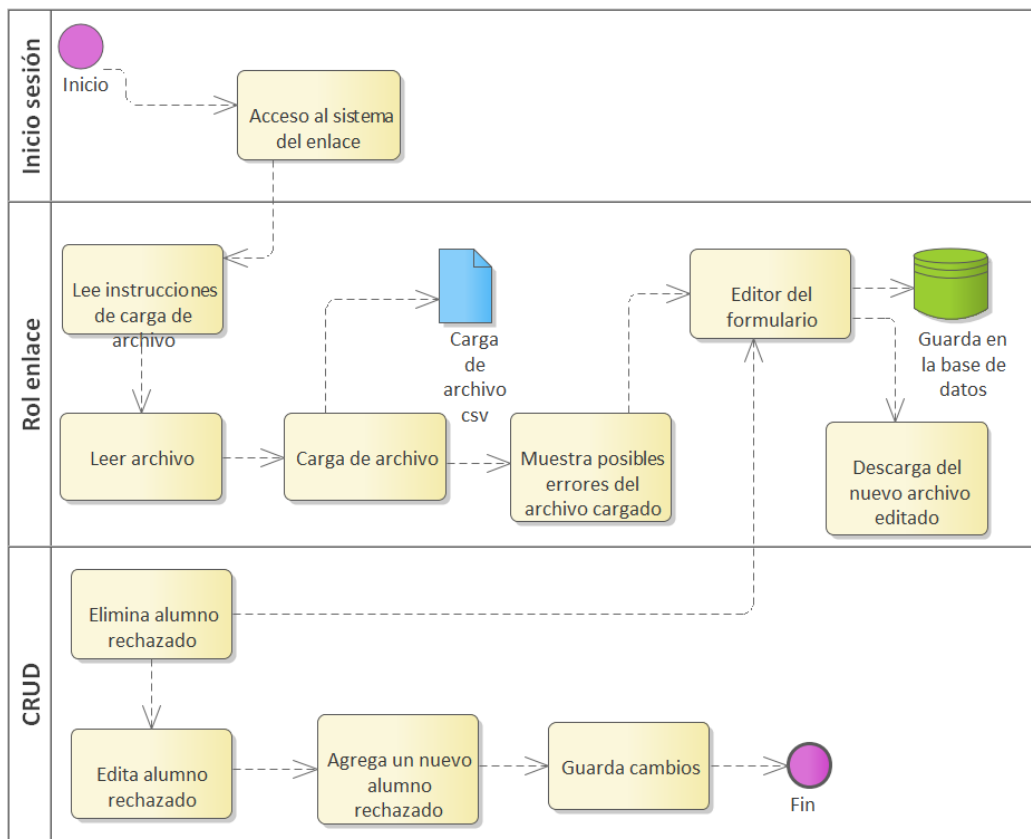


Figura 1. Modelado de procesos de negocio para el sistema web “Tú decides” del módulo “Enlace”.

**B. Casos de uso**

A continuación, se mostrarán los diagramas de caso de uso donde se observan los procesos que serán realizados para llevar a cabo el funcionamiento del Módulo Enlace.

En el caso de uso mostrado en la Figura 2, se observan los procesos principales que se tienen que realizar para llevar a cabo este módulo, a continuación, se describen cada uno de ellos:

- El aspirante rechazado es la persona que no obtuvo la oportunidad de ingresar a una institución a nivel nacional.
- El folio principal se lo otorga la institución a la que este desea ingresar, es decir, la persona se dirige a la institución donde quiere ingresar, entrega su ficha de pago y ellos le dan un número de folio para que con éste pueda realizar su examen de ingreso. Ese folio sería el folio rechazado, con el que no obtuvo la oportunidad de ingresar a dicha institución.

- De no haber quedado en una institución, el aspirante tendrá la oportunidad de volver a solicitar una nueva ficha para ingresar a otra institución, que ofrezca la disponibilidad de la oferta académica que el aspirante solicita.
- El aspirante busca la oferta académica disponible en la plataforma, una vez que tiene la información que él requiere, procede a registrarse en la plataforma y se le asigna un nuevo folio, este corresponde a la nueva ficha que el aspirante ingresó dándole así la oportunidad a aspirar a una nueva institución de su agrado.

En la Figura 3, se observa el siguiente caso de uso de los actores principales, aspirante, administrador enlace e institución. Tienen como tareas principales la gestión de la plataforma para que el aspirante rechazado pueda continuar con el proceso de ingreso a una institución.

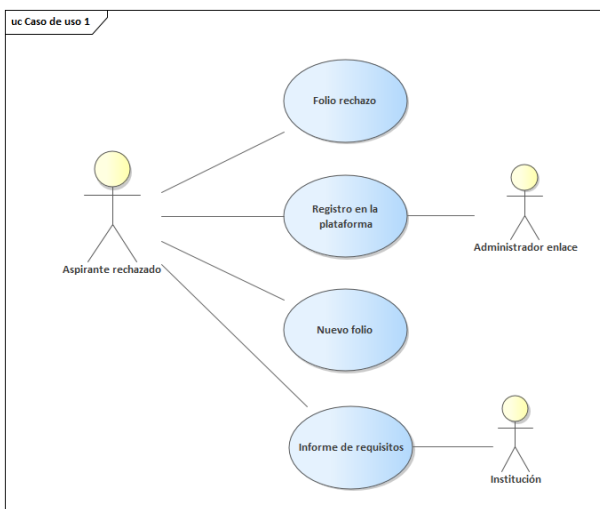


Figura 3. Caso de uso del módulo enlace – actores principales

- Después de haber obtenido el nuevo folio que la plataforma le otorgó para continuar con el proceso de ingreso, el aspirante debe dirigirse con la institución para informarse de los requisitos que se indican para el ingreso, documentos personales, ficha de ingreso, ficha de depósito, como será el proceso de selección, etc.

C. Diagrama Entidad-Relación

A continuación, se muestra el diagrama Entidad - Relación (ER), donde se representan los datos y su relación entre ellos, teniendo cada entidad sus respectivos atributos, cada uno tiene un nombre y todos los posibles valores que pueden tener. Dentro de una entidad tiene que haber un atributo principal que identifica a la entidad y su valor tiene que ser único.

La plataforma tiene como función principal mantener un registro de todas las instituciones, planteles y carreras disponibles, así como los aspirantes rechazados.

El sistema está conformado por los siguientes módulos:

- Módulo aspirante: En este módulo el aspirante busca la oferta educativa disponible de su preferencia, para posteriormente realizar el registro e iniciar el nuevo proceso de admisión.
- Módulo administrador: Este módulo se encarga de subir convocatorias para el proceso de admisión de alumnos.
- Módulo enlace: Dentro de este módulo se encuentran registrados los aspirantes que han sido rechazados en otras instituciones.

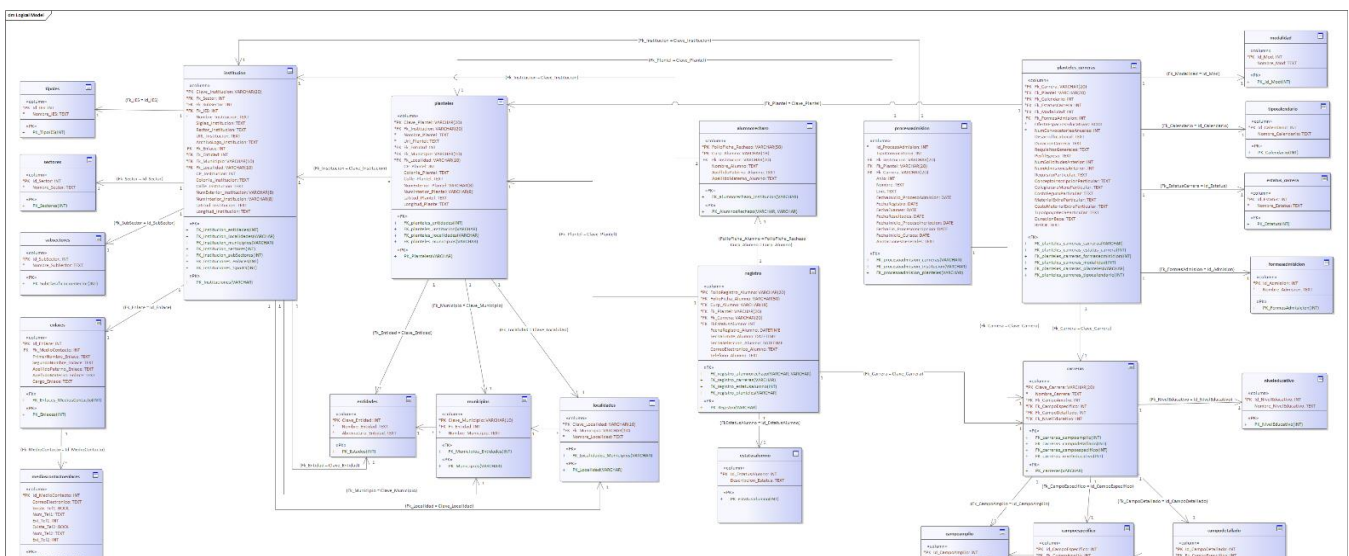


Figura 4. Diagrama Entidad-Relación (ER)

Prototipo

“Un prototipo es un modelo (representación, demostración o simulación) fácilmente ampliable y modificable de un sistema planificado, probablemente incluyendo su interfaz y su funcionalidad de entradas y salidas” (Emma Corina Salazar Suárez).

En la Figura 5 se muestra el login, donde el usuario enlace podrá iniciar sesión para acceder a su pantalla principal, para iniciar el proceso de registro de aspirantes rechazados.

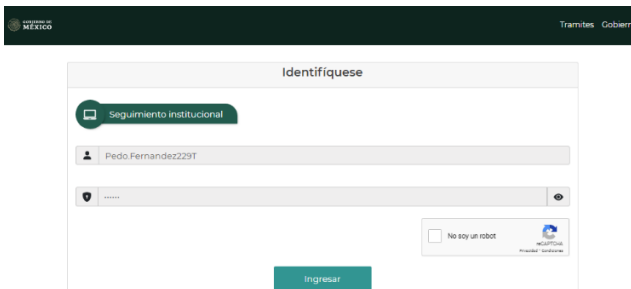


Figura 5. Login enlace

Después de haber iniciado sesión con el usuario y contraseña correctos, el enlace podrá subir a todos aquellos aspirantes que fueron rechazados en una institución a nivel nacional. Como se puede observar en la Figura 6 al iniciar sesión de manera correcta, se muestra su información, su clave de institución, la institución al que el enlace pertenece, el tipo de Institución de Educación Superior (IES) el sector, el subsector y el acceso.

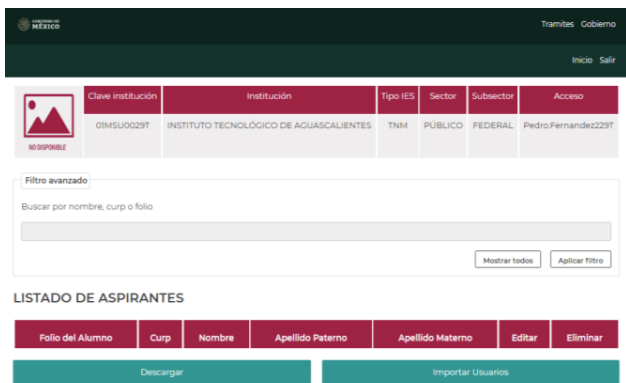


Figura 6. Pantalla principal del enlace

Esté tendrá un filtro avanzado, que será una manera sencilla y eficaz de hacer una búsqueda más rápida de algún aspirante que haya sido rechazado y este registrado en la plataforma. En la Figura 6 se observa cada una de las funcionalidades y características que se atienden en este módulo para continuar con el registro de cada aspirante que fue rechazado.

Una vez registrados los aspirantes se mostrarán en el formulario desglosado en la Figura 6, el cual contendrá, el folio del alumno, curp, nombre, apellido paterno y apellido materno.

Editar y eliminar, son unas de las opciones más eficaces que se pueden realizar en un formulario, esto para que, si el enlace quisiera editar un aspirante pueda hacerlo. También podrá eliminar si así lo requiere y no solo será eliminado del formulario, si no, también de la base de datos, porque todos los datos que se registran en la plataforma, son subidos a la base de datos por seguridad.

Si el archivo ha sido modificado, obtendrá la manera de poder descargar este archivo ya editado, desde el botón descargar y si el enlace desea subir un nuevo archivo con los alumnos rechazados, puede hacerlo desde el botón importar.

En la Figura 7 se observan las instrucciones para poder subir un archivo csv de manera correcta.

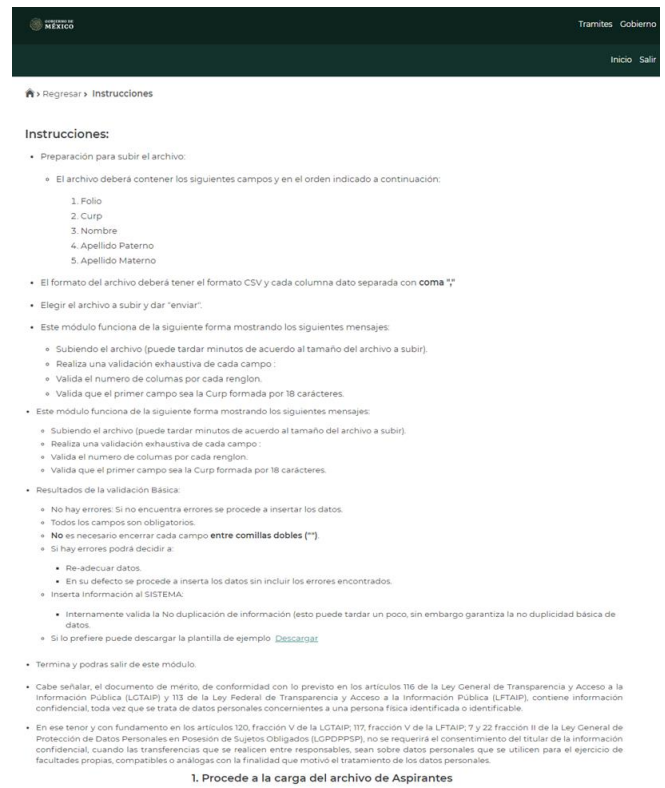


Figura 7. Carga de archivo de aspirantes

En la Figura 7 se muestran las instrucciones para poder cargar un archivo de aspirantes de manera correcta, la preparación para subir el archivo deberá contener los siguientes campos y en el orden indicado: folio, curp, nombre, apellido paterno y apellido materno, este archivo debe ser csv y cada campo entre comillas dobles (“”).

Después de realizar el archivo podrá cargarlo y subirlo a la plataforma, posteriormente podrá ser visualizado el formulario desde la pantalla principal del enlace.

En la Figura 8 se muestra la manera en que se debe llenar el archivo csv con los aspirantes rechazados. En la Figura 7 se

muestra un apartado de: “Descargar”, y se podrá descargar una plantilla, esto por si el usuario enlace no sabe cómo realizar el archivo y que al momento de cargarlo no presente errores.

	A	B	C	D	E
1	folioAlumno	curpAlumno	nombreAlumno	apellidoPaternoAlumno	apellidoMaternoAlumno
2	xxxxx	XXXXXXXXXXXXXX00	Juan	Perez	Lopez
3	xxxxx	XXXXXXXXXXXXXX00	Jose	Perez	Rodriguez
4	xxxxx	XXXXXXXXXXXXXX00	Pedro	Gutierrez	Gonzales
5					

Figura 8. Archivo csv

## V. CONCLUSIONES

Este módulo forma parte de un proyecto integral denominado “tú decides” y consiste en llevar un registro de los aspirantes que fueron rechazados, el avance hasta el momento muestra la descripción de las tecnologías utilizadas para el desarrollo de la página web, módulo enlace.

El módulo enlace lleva un registro previo de todos aquellos aspirantes que fueron rechazados en una institución y no obtuvieron la oportunidad de ser aceptados, dándoles así una nueva oportunidad de ingresar a una institución, esto con el objetivo de que los jóvenes continúen sus estudios.

También se describen los casos de uso y el diagrama del modelo de negocio de las actividades principales que se deberán realizar en el módulo correspondiente. Se hizo la selección de la biblioteca de JavaScript de código abierto porque tiene un manejo práctico y mejorado del desarrollo web, además que ayuda a crear interfaces de usuario interactivas de forma sencilla, sin embargo, no existe un estándar de desarrollo, por lo que se tiene demasiadas elecciones a tomar.

Para realizar la vista del usuario se utiliza el framework de react-bootstrap para facilitar el diseño y conseguir una interfaz atractiva instantáneamente.

Como trabajo futuro se plantea la integración al proyecto denominado (tú decides).

## REFERENCIAS

- [1] Castillo, C. X. (s.f.). Sistema web de gestión de matriculación y notas para la escuela "pan de vida". Universidad politécnica salesiana ecuador, Guayaquil, ecuador.
- [2] Guevara, a. D. (s.f.). Análisis, diseño e implementación de un sistema de información para la gestión académica de un instituto superior tecnológico. Pontifica universidad católica de Perú, lima, Perú.
- [3] Gustavo, B. (2022). ¿Qué es MySQL?. Junio 15, 2022, de Hostinger Sitio web: <https://www.hostinger.mx/tutoriales/que-es-mysql>
- [4] Hack, F. (2021). PHP. Mayo 11, 2022, de PHP Sitio web: <https://g.co/kgs/gRp4Mg>
- [5] López, A. (2019). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Junio 15, 2022, de DOF - Diario Oficial de la Federación Sitio web: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5560457&fecha=15/05/2019#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5560457&fecha=15/05/2019#gsc.tab=0)
- [6] Mayanger, c. A. (s.f.). Sistema web de gestión académica para la unidad educativa Cristóbal colón. Universidad regional autónoma de los andes unidades, Tulcán, ecuador.
- [7] Márquez, J. E. R. (2010). Herramientas de gestión educativa. Cooperativa Editorial Magisterio.
- [8] Quishpe Cantuña, C. A., & Toapanta Pabón, M. G. (2014). Desarrollo e implantación de un sistema web de gestión académica y publicitaria para la empresa clear minds consultores Cía. Ltda.(SIGAP) (Bachelor's thesis, QUITO, 2014.).
- [9] Sotomayor, R. (2017). Implementación de un sistema web para mejorar el proceso de gestión académica en las escuelas de la PNP.
- [10] Salazar, E. (2012). Prototipo, el contexto y la ingeniería del software. Junio 05, 2022, de Academia.edu Sitio web: [https://www.academia.edu/11217243/Prototipo\\_Contexto\\_e\\_Ingenier%C3%ADA\\_del\\_Software](https://www.academia.edu/11217243/Prototipo_Contexto_e_Ingenier%C3%ADA_del_Software)
- [11] Walke, J. (2022). ¿Que es react?. Junio 10, 2022, de React Sitio web: <https://g.co/kgs/8QvSC2>
- [12] Yáñez, D. (2019). Programa de Orientación Educativa para la población Rechazo Cero. Mayo 15, 2022, de SEP

# Proyecto de planta solar interconectada a la red eléctrica en Baja California Sur

E. González Graniel  
TecNM/It La Paz  
<https://orcid.org/0000-0003-3904-5401>

J. Acosta López  
TecNM/It La Paz  
<https://orcid.org/0000-0003-3174-4160>

Y. Cazares Mercado  
TecNM/It La Paz  
<https://orcid.org/0000-0003-3378-8845>

J. Morales Alvarez  
TecNM/It La Paz  
<https://orcid.org/0000-0003-0033-429X>

D. Hiraes Valles  
TecNM/It La Paz  
<https://orcid.org/0000-0002-4506-6674>

**Resumen**—Este trabajo presenta el procedimiento de cálculo de un parque fotovoltaico de 60 MW (MegaWatts) con inyección a la red de energía eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE); en su desarrollo intervienen varios campos del conocimiento, como: el dimensionamiento del arreglo fotovoltaico, cálculo del sistema eléctrico de baja y media tensión. Asimismo, se presentan la información relevante para el desarrollo del proyecto, siguiendo los estándares y normas mexicanas e internacionales.

**Palabras Clave:** Energías renovables, arreglo fotovoltaico.

**Abstract** This paper presents the calculation procedure for a 60 MW (MegaWatts) photovoltaic park with injection into the electric power grid of the Federal Electricity Commission (CFE); Several fields of knowledge are involved in its development, such as: the dimensioning of the photovoltaic array, calculation of the low and medium voltage electrical system. Likewise, the relevant information for the development of the project is presented, following the Mexican and international standards and regulations.

**Keywords:** Renewable energies, photovoltaic array.

## I. INTRODUCCIÓN

El futuro de la humanidad y del planeta depende de la manera que aprovechamos la energía. Las plantas de energía renovable son fuente de energía limpia, inagotables y crecientemente competitivas. En el 2018 las fuentes de energía renovables eran el 26% de la producción eléctrica global y se proyecta que para el 2040 se incrementen al 44%. Proporcionarán dos tercios del incremento de la demanda eléctrica registrado en ese período, principalmente a través de las tecnologías eólica y fotovoltaica. [12]

Baja California Sur es uno de los estados con alto potencial de radiación solar para la instalación de sistemas eléctricos fotovoltaicos [5] [6], Fig. 1. Actualmente la generación de energía eléctrica en el estado es por medio de centrales termoeléctricas, de combustión interna, de granjas fotovoltaicas y un parque eólico. Cada una tiene sus ventajas y desventajas, como por ejemplo: las centrales convencionales no dependen de las condiciones climáticas, no ocupan grandes extensiones de terreno y como desventaja consumen combustibles fósiles que contaminan el ambiente, los parques de energía renovables tienen el inconveniente de depender del Sol y del clima, por lo tanto, la generación es intermitente, afectando a la red eléctrica en su operación.

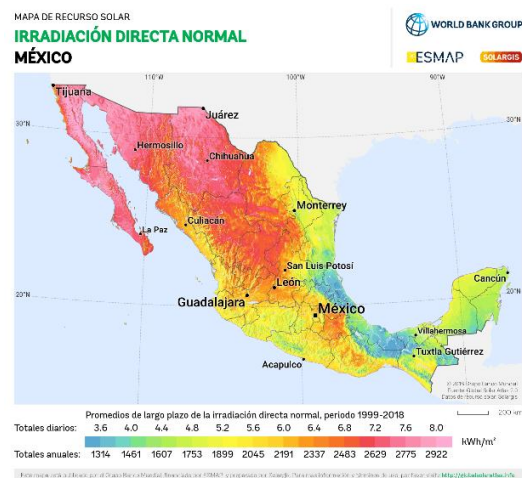


Fig. 1. Irradiación directa normal en México

De acuerdo con el reporte técnico elaborado por el Centro de Energía Renovable y Calidad Ambiental A.C. se presentan niveles de partícula suspendidas en el ambiente en la ciudad de La Paz que no son válidos de acuerdo a la NOM-025-SSA1-2014. [1] En el caso de las energías renovables, en específico, la energía solar, es una fuente de energía limpia e inagotable, la cual requiere bajos costos de mantenimiento. En la ciudad de la paz se tienen las plantas generadoras de electricidad, que generan con la quema de combustibles fósiles, la instalación de sistemas fotovoltaico en el estado dará como beneficio la reducción de contaminantes en esta población.

## II. INFORMACIÓN DEL SITIO PROPUESTO

Se desarrollará un parque solar fotovoltaico con una capacidad de 60 MW en San José del Cabo, con las coordenadas Latitud 23.24° N y Longitud -109.746° E. con una extensión territorial de 864,000 m<sup>2</sup>.

Es importante considerar el recurso solar del sitio ya que el rendimiento de un panel fotovoltaico se basa en una radiación de 1000 W/m<sup>2</sup> (incidencia normal), distribución espectral del coeficiente de masa de aire (AM) 1.5 y temperatura de la célula a 25° C. Los parámetros que más influyen en la eficiencia de un panel fotovoltaico son la irradiancia y la temperatura conocidas como condiciones standard de ensayo (Standard Test Conditions o STC).

Para conocer las condiciones del sitio dónde se desarrollará el proyecto se usa el programa Meteonorm [7], el cual suministra datos meteorológicos precisos para cualquier lugar en la Tierra:



irradiación, temperatura, humedad, viento, precipitación y más parámetros climáticos.

De acuerdo con los datos expedidos del software, el sitio donde se ubicará la planta solar, tiene una temperatura máxima de 41.3 °C y una mínima de 8.4 °C, con una irradiancia máxima de 1120 w/m<sup>2</sup>. [2]

### III. PROPUESTA DE EQUIPOS

El módulo fotovoltaico propuesto es el modelo JKM540M-7TL4-V de la marca JinkoSolar [8] cuyas características en condiciones STC son dadas por el fabricante y se muestran en la Tabla I.

TABLA I.- CARACTERÍSTICAS EN CONDICIONES STC DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO

Parámetro eléctrico	
Potencia máxima (Pmax)	540 W
Voltaje a máxima potencia (Vmax)	41.01 V
Corriente a máxima potencia (Imax)	13.17 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	49.53 V
Corriente de corto circuito (Isc)	13.85 A

Para el caso del inversor se propone el modelo Sunny Highpower 150-20 de la marca SMA [9] cuyas características técnicas son dadas por el fabricante y se muestran en la Tabla II

TABLA II.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INVERSOR

Entrada (Corriente directa)	
Potencia máxima	225,000 Wp
Máximo voltaje	1,500 V
Máxima corriente de entrada	180 A
Salida (Corriente alterna)	
Potencia nominal a la tensión nominal	150,000 W
Potencia aparente máxima	150,000 VA
Voltaje nominal de corriente alterna	600 V
Máxima corriente de salida	151 A

### IV. PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Los parámetros eléctricos del módulo presentados en la Tabla 1, se ven afectados por las temperaturas máximas y mínimas del sitio, así como la irradiancia máxima y mínima; para el diseño se consideran las temperaturas más críticas que ha tenido el sitio ya que es importante considerar las condiciones más desfavorables y asegura su funcionamiento.

Los parámetros eléctricos del módulo fotovoltaico en condiciones críticas, se observan en la Tabla III.

Dado a los parámetros eléctricos en condiciones críticas, se puede calcular el número de módulos fotovoltaicos conectados en serie y en paralelo necesarios para suministrar la demanda eléctrica.

TABLA III.- PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL MÓDULO EN CONDICIONES CRÍTICAS

PARÁMETROS ELÉCTRICOS DEL MÓDULO			
Temperatura máxima (°C)	41.3	Temperatura mínima (°C)	8.4
Temperatura máxima del módulo(°C)	71.12	Temperatura mínima del modulo (°C)	11.53
Voc. Mínimo (V)	43.13	Voc. Máximo (V)	51.40
Isc. Máxima (A)	15.82	Isc. Mínima (A)	15.42
Vmp (V)	35.71	Vmp (V)	42.55
Imp (A)	15.04	Imp (A)	14.66
Pmax (W)	648.81	Pmax (W)	753.77

### V. ARREGLO FOTOVOLTAICO DE UN INVERSOR

El grupo de módulos fotovoltaicos conectados en serie llamados *strings*, se calcula usando los parámetros críticos de los módulos fotovoltaicos y el voltaje máximo permitido por el inversor,

La selección de la cantidad de módulos en serie de acuerdo al rango va a depender de dos factores:

- El voltaje de operación del arreglo fotovoltaico se debe mantener en todo momento entre los rangos de operación del inversor.
- La relación entre la CC y la CA (ratio) puede afectar a la vida útil del inversor.

En la Tabla IV se detalla los resultados de los posibles arreglos fotovoltaicos, se muestra el comparativo de los parámetros eléctricos para elegir la cantidad de módulos en serie apropiada. Al seleccionar 25 módulos deja un ratio de 0.99, el cual se encuentra debajo de lo recomendado por el fabricante; al seleccionar 29 módulos en serie se tiene un ratio de 1.15 lo cual nos indica un buen dimensionamiento, pero el voltaje máximo de operación del arreglo de módulos es muy cercano al voltaje máximo de operación del inversor, por lo cual se descarta dicha cantidad. Los inversores bajan su eficiencia y vida útil al pasar los parámetros de diseño [3]. Teniendo 28 módulos en serie se obtiene un ratio de 1.1088 y ninguno de sus parámetros eléctricos expone los parámetros del inversor en condiciones críticas de operación.

En la Tabla II nos indica que la corriente de entrada del inversor es de 180 A, En la Tabla III nos indica que la corriente del módulo en condiciones críticas es de 15.04 A que será la corriente del strings, al poner 12 strings en paralelo mantendremos el voltaje de los 28 módulos en serie y lograríamos tener una corriente de 180.50 A, este nivel de corriente rebasa la capacidad del inversor. Al poner 11 strings en paralelo mantendremos el voltaje de los 28 módulos en serie y lograríamos tener una corriente de 165.46 A, está corriente es adecuada para el inversor seleccionado.

TABLA IV.- COMPARATIVO CANTIDAD DE MÓDULOS EN SERIE

MODULOS EN SERIE	ARREGLO FOTOVOLTAICO			
25	Temperatura máxima (°C)	41.3	Temperatura mínima (°C)	8.4
	Temperatura del módulo	34.46	Temperatura del Módulo	2.23
	V (V)	1078.35	V (V)	1284.97
	Isc. (A)	174.00	Isc. (A)	169.65
	Vmp	892.85	Vmp	1063.93
	Imp	165.46	Imp	161.32
	Pmax (kW)	178.42	Pmax (kW)	207.29
	Ratio	0.99		
28	Temperatura máxima (°C)	41.3	Temperatura mínima (°C)	8.4
	Temperatura del módulo	34.46	Temperatura del Módulo	2.23
	V (V)	1207.75	V (V)	1439.17
	Isc. (A)	174.00	Isc. (A)	169.65
	Vmp	1000.00	Vmp	1191.60
	Imp	165.46	Imp	161.32
	Pmax (kW)	199.84	Pmax (kW)	232.16
	Ratio	1.1088		
29	Temperatura máxima (°C)	41.3	Temperatura mínima (°C)	8.4
	Temperatura del módulo	34.46	Temperatura del Módulo	2.23
	V (V)	1250.88	V (V)	1490.56
	Isc. (A)	174.00	Isc. (A)	169.65
	Vmp	1035.71	Vmp	1234.16
	Imp	165.46	Imp	161.32
	Pmax (kW)	206.97	Pmax (kW)	240.45
	Ratio	1.15		

Este modelo de inversor seleccionado cuenta con 1 entrada, por lo cual, se propone usar una caja de conexiones de corriente directa para la entrada de los 11 strings, donde agruparemos todas las entradas para tener una salida de un par de cables que conectan a la entrada del inversor, Fig. 2.

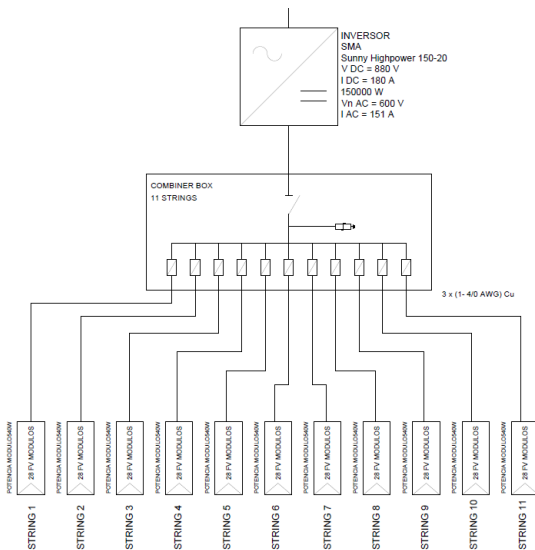


Fig. 2. Conexión de inversor

De acuerdo al análisis anterior los equipos seleccionados resultan en 28 módulos fotovoltaico en arreglo de 11 strings en paralelo, así el inversor seleccionado funciona en los parámetros eléctricos sin exponer los parámetros a condiciones críticas de operación Tabla IV.

VI. ARREGLO DEL PARQUE FOTOVOLTAICO

La potencia de salida del inversor es de 150 kW trifásico, para logra los 60 MW indicados, se requieren 400 inversores, el voltaje de salida del inversor es de 600 V, al transportar esta energía a distancias de más de mil metros, tendríamos importantes pérdidas eléctricas en el conductor, una solución técnica es poner un transformador elevador de voltaje por una cantidad adecuada de inversores, que permita transportar la energía eléctrica con la menor pérdida en el conductor, el voltaje de entrada será de 600 V y el de salida de 34.5 kV para estos transformadores.

Se agruparán en 20 inversores para cada transformador elevador, quedando el parque fotovoltaico con 20 transformadores que serán de 3 MVA cada uno.

De esta manera tendremos 20 transformadores elevadores, 400 inversores y 123,200 módulos fotovoltaicos como se observa en la Fig. 3.

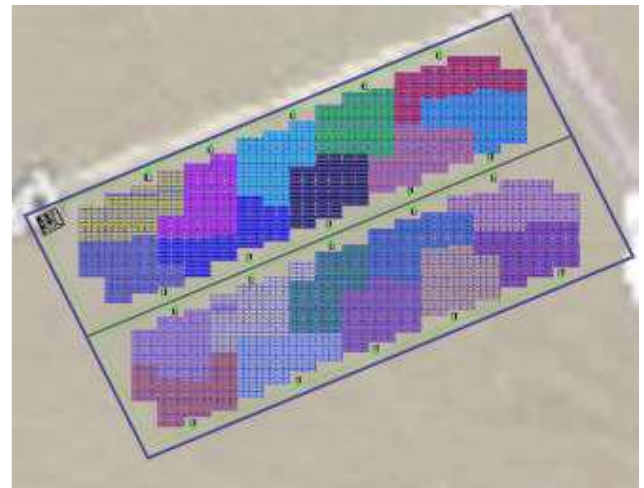


Fig. 3 Vista aerea de Implantación

Dado los 20 bloques en los que se divide el parque, el espacio que ocupan los módulos requerirán accesos vehiculares que genera el espacio para la instalación de las líneas eléctricas de la red de 34.5 kV y sus transformadores, se dividirá en 4 circuitos eléctricos en el voltaje de 34.5 kV, donde cada circuito tendrá cinco transformadores de media tensión.

La red de 34.5 kV será subterránea para reducir las sombras sobre los paneles solares y facilitar el uso de grúa en el parque.

Toda la potencia eléctrica generada se inyectará a la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE) a una línea existente de su propiedad, en un voltaje de 115 kV. Para el arreglo se instala un transformador elevador de 34.5 kV a 115 kV.

La media tensión se dispondrá en 4 circuitos con 5 transformadores de 3 MW cada uno, y una potencia de 15 MW para cada circuito, la sumatoria de los cuatro circuitos dará la potencia de todo el parque solar.



VII. CÁLCULO DE CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN

Para el diseño se atenderán las exigencias establecidos en la NOM-001-SEDE- 2012. En su Artículo 690 Sistemas Solares Fotovoltaicos. En su parte B Requisitos Para los Circuitos, en su sección 690-8 Dimensionamiento y Corriente de los Circuitos y su subsección 690-8(b)(2) Ampacidad del Conductor. Los conductores del circuito deben ser seleccionados para conducir cuando menos, la mayor corriente determinada en (a) o (b) siguientes.

- a. 125 por ciento de las corrientes máximas calculadas en 690-8 (a) sin ningún factor adicional de corrección por las condiciones de uso.
- b. Las máximas corrientes calculadas en 690-8 (a) después que las condiciones de uso han sido aplicadas [10]

En la Tabla V se encuentra un resumen de los 11 strings, con el dimensionamiento de los conductores del inversor al transformador elevador. La selección del conductor deberá de atender dos temas principales: no superar la ampacidad del conductor y la caída de tensión ser menor al 3%.

TABLA V.- DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES DE INVERSOR 1

Número Cable	Módulos en serie	Distancia (m)	Corriente (A)	Calibre seleccionado	Caída de tensión (%)	Tensión acumulada (%)
T1.II.C1.1	28	17.8	165.46	4/0	0.11	0.11
T1.II.C1.2	28	14.8	165.46	4/0	0.09	0.20
T1.II.C1.3	28	30.0	165.46	4/0	0.19	0.39
T1.II.C1.4	28	32.0	165.46	4/0	0.20	0.59
T1.II.C1.5	28	4.7	165.46	4/0	0.03	0.62
T1.II.C1.6	28	3.8	165.46	4/0	0.02	0.64
T1.II.C1.7	28	30.5	165.46	4/0	0.19	0.83
T1.II.C1.8	28	31.0	165.46	4/0	0.19	1.02
T1.II.C1.9	28	15.6	165.46	4/0	0.10	1.12
T1.II.C1.10	28	16.7	165.46	4/0	0.11	1.23
T1.II.C1.11	28	47.9	165.46	4/0	0.30	1.50

VIII. DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES DE MEDIA TENSIÓN

La corriente en el circuito de media tensión de 34.5 kV está dada por el suministro de cada transformador a la línea, por esta razón en los 5 tramos de conductores tendrán un incremento de corriente del transformador que esta al final de la línea hasta el transformador de 115 kV en el siguiente orden 50.20 A, 100.41 A, 150.61 A, 200.82 A y 251.02 A.

La selección del conductor será por corrientes, por caída de tensión y corto circuito, siendo estos tres casos los que requieren los cálculos. Las corrientes en el rango de 50.20 A al 200.82 A se pondrá conductor de 500 Kcmil y donde tenemos corriente de 251.02 A instalaremos el conductor de 1000 Kcmil. Fig. 3.

Todos los conductores serán:  
 Aislamiento XLPE  
 Marca Viakon  
 De aluminio  
 Para 35 kV  
 Temperatura máxima de operación: 90°C  
 Temperatura máxima de operación en emergencia: 130°C  
 Nivel de aislamiento Categoría II, Nivel 133% [11]

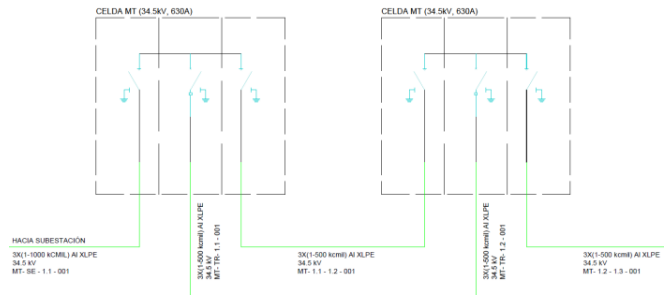


Fig. 3. Detalle de cables de media tensión

IX. CONCLUSIÓN

La búsqueda y la implementación de las energías renovables están ayudando a reducir la contaminación, en este trabajo se atendió el proyecto eléctrico desde la parte técnica, mostrando que es posible su construcción, para tener el proyecto completo falta el análisis económico, donde la propuesta técnico-económica contemplando todas las áreas de este proyecto mostraran su viabilidad.

REFERENCIAS

- [1] Centro de energía renovable y calidad ambiental A,C. (2021, enero). Reporte técnico de monitoreo casetas CFE en la Ciudad de La Paz, B.C.S. [https://www.cerca.org.mx/wpcontent/uploads/2021/01/Reporte-Legal-2020-casetas\\_CFE.docx.pdf](https://www.cerca.org.mx/wpcontent/uploads/2021/01/Reporte-Legal-2020-casetas_CFE.docx.pdf)
- [2] Meteonorm 8 (8.1.0.28251). (2020). [Software].
- [3] Zipp, K. (2018, febrero). Why array oversizing makes financial sense. Solar Power World. [https://new.abb.com/docs/librariesprovider117/default-document-library/solar-inverters/solar\\_power\\_world-article.pdf?sfvrsn=80a7614\\_4](https://new.abb.com/docs/librariesprovider117/default-document-library/solar-inverters/solar_power_world-article.pdf?sfvrsn=80a7614_4)
- [4] Viaje Al Cosmos. (2020, 15 mayo). Clima Seco: Características, Tipos, Flora, Fauna y Más. Postposmo. <https://www.postposmo.com/clima-seco/>
- [5] <https://www.conermex.com.mx/webinar/Insolaciones%20M%C3%A9xico%20Ugell.pdf>
- [6] <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/mexico>
- [7] <https://meteonorm.com/en/download>
- [8] <https://www.renova-energia.com/wp-content/uploads/2021/01/MD150.pdf>
- [9] <https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-highpower-peak3>
- [10] NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)
- [11] La Especificacion de Construccion de Sistemas Subterranos CFE DCCSSUBT enero 2015
- [12] <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/la-imparable-rentabilidad-de-las-energias-renovables/>