



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ciencias y Sistemas

**SISTEMA DE SOFTWARE PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE
IMPRESORA 3D DE MATERIAL CEMENTANTE PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE
INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

JHERSON AMADEO ORTIZ SAZO

Asesorado por el Ing. Édgar René Ornelis Hoíl

Guatemala, enero de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE SOFTWARE PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE
IMPRESORA 3D DE MATERIAL CEMENTANTE PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE
INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JHERSON AMADEO ORTIZ SAZO
ASESORADO POR EL ING. ÉDGAR RENÉ ORNELIS HOÍL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, ENERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. Jose Francisco Gomez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. Jose Milton De Leon Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralon
VOCAL V	Br Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Perez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Floriza Felipa Avila Pesquera De Medinilla
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gomez Bravo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alfredo Azurdia Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Perez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**SISTEMA DE SOFTWARE PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE
IMPRESORA 3D DE MATERIAL CEMENTANTE PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE
INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha 28 de marzo de 2019.

Jherson Amadeo Ortíz Sazo



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 8 de noviembre de 2019

Ingeniero
Carlos Gustavo Alonzo
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Alonzo:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación-EPS del estudiante JHERSON AMADEO ORTIZ SAZO carné 201346094 y CUI 2241 23815 0110, titulado: "SISTEMA DE SOFTWARE PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA 3D DE MATERIAL CEMENTANTE PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,


Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación



ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24767644

El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación "SISTEMA DE SOFTWARE PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA 3D DE MATERIAL CEMENTANTE PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", realizado por el estudiante, JHERSON AMADEO ORTIZ SAZO aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

[Handwritten Signature]
Msc. Ing. Carlos Gustavo Alonso
Director



Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 16 de enero de 2019



Ref. DTG.005.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, del trabajo de graduación titulado: **SISTEMA DE SOFTWARE PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA 3D DE MATERIAL CEMENTANTE PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Jherson Amadeo Ortiz Sazo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, enero de 2020.

/cc

Guatemala, 25 de octubre de 2019

Ingeniero

Director de la Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetado Ingeniero Argueta:

Atentamente me dirijo a usted como asesor de EPS del estudiante Jherson Amadeo Ortiz Sazo, quien se identifica con carné 201346094 y código único de identificación 2241 23815 0110, informándole que he revisado el informe final referente al proyecto de EPS titulado "SISTEMA DE SOFTWARE PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE IMPRESORA 3D DE MATERIAL CEMENTANTE PARA LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", elaborado por el estudiante.

Considero que el trabajo elaborado, satisface los requisitos exigidos por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente,

Atentamente


Ing. Edgar René Ornelis Hoif
Colegiado 4830
Reg. Personal
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado No 4830

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por estar siempre presente en mi vida, a quien le dedico todos mis triunfos, por darme la fuerza en los momentos de debilidad, por darme sabiduría ante los problemas, por amarme tal y como soy.

Mi madre

Veldi Onorina Sazo García, por apoyarme a lo largo de mi vida, porque gracias a su esfuerzo, amor incondicional hacia mí, su trabajo incansable y anhelo por darme la oportunidad tener una educación superior, he podido lograr este triunfo.

Mis abuelos

Miguel Ángel Sazo Osorio y Emiliana García Duarte, por ser pilares en mi familia, por su apoyo invaluable, sus consejos, su amor, el estar siempre presentes, por su motivación y confianza en mí.

Mis hermanos

Jhonathan Israel y Jeferson Josué Ortiz Sazo, por todo su apoyo incondicional y ser parte importante en mi vida.

Mi tía

Lubia Sazo García, por ser muy importante en mi vida, ya que sin su apoyo no hubiese sido posible lograr este triunfo, y porque a pesar de la distancia estuvo presente a lo largo de mi carrera.

Mis tíos

Elio Amílcar, Mildred Onoria y Miguel Ángel Sazo García, porque sus muestras de apoyo, consejos y cariño fueron motivación para culminar mis estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la oportunidad de disfrutar este triunfo con las personas que amo.
Mi familia	Por su apoyo incondicional para cumplir con mis sueños.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de adquirir los conocimientos de una educación superior.
Facultad de Ingeniería	Por ser mi casa de estudios, en donde se preparan profesionales eficientes y eficaces para coadyuvar al desarrollo integral del país.
Catedráticos	Por transmitir sus conocimientos y formar profesionales de calidad.
Dirección General de Investigación	Por darme la oportunidad de desarrollar mis conocimientos y capacidades en sus instalaciones.
Inga. Floriza Ávila	Por todo su apoyo y paciencia a lo largo del desarrollo del EPS, y por su motivación hacia cada uno de los compañeros de clase para culminar esta meta.

Ing. René Ornelis

Por brindarme su conocimiento, tiempo, apoyo y dedicación en el desarrollo de mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Inga. Liuba Cabrera

Por su fina atención y apoyo en todo el proceso del Ejercicio Profesional Supervisado.

Mis amigos

Edgar Rubén Rojas, Melissa Lima, José Girón, Johnnie Bravo, Daniel Alvizures, José Portillo, Jonathan Herrarte y Javier Hevia, por todo su apoyo y motivación a lo largo de mi carrera y por los buenos momentos compartidos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes de la institución	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Misión	2
1.1.3. Visión.....	3
1.1.4. Servicios que realiza.....	3
1.2. Descripción de las necesidades	4
1.3. Priorización de las necesidades	5
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1. Descripción del proyecto	7
2.2. Investigación preliminar para la solución del proyecto	8
2.3. Presentación de la solución del proyecto	10
2.3.1. Controlador impresora.....	13
2.3.2. Monitor impresora.....	13
2.3.3. Calibrador.....	13
2.4. Costos del proyecto.....	14
2.5. Beneficios del proyecto.....	15

3.	FASE ENSEÑANZA APRENDIZAJE	17
3.1.	Capacitación propuesta.....	17
3.1.1.	Capacitación del software	17
3.1.1.1.	Descripción de los contenidos	18
3.1.2.	Utilización del manual	19
3.2.	Material elaborado	19
4.	ESPECIFICACIONES DEL SOFTWARE.....	21
4.1.	Contenido del análisis del <i>software</i>	21
4.1.1.	Tecnologías de desarrollo	21
4.1.1.1.	Java.....	21
4.1.1.2.	MySQL.....	22
4.1.2.	Justificación.....	23
4.2.	Contenido del diseño del software	25
4.2.1.	Arquitectura del software.....	25
4.2.2.	Funcionalidad del software.....	26
4.2.2.1.	Casos de uso.....	26
4.2.2.1.1.	Comunicación con prototipo de impresora.....	27
4.2.2.1.2.	Comunicación control y monitoreo de impresora con impresora.....	29
4.2.2.2.	Diagrama de secuencias.....	31
4.2.2.2.1.	Diagrama de secuencia del ingreso al programa.....	31
4.2.2.2.2.	Diagrama de secuencia del proceso de impresión.....	32
4.2.2.3.	Diagrama de despliegue.....	33
4.2.2.4.	Diagrama de clases.....	33
4.2.3.	Modelo de base de datos	37

4.2.3.1.	Diccionario de base de datos.....	38
4.2.4.	Entrada de datos	41
5.	BITÁCORA DEL PROYECTO.....	43
	CONCLUSIONES	45
	RECOMENDACIONES	47
	BIBLIOGRAFÍA.....	49
	APÉNDICES	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Reseña histórica	2
2.	Ventana de ingreso	10
3.	Rol de administrador	11
4.	Gestión de usuarios	11
5.	Rol operativo	12
6.	Control y monitoreo de impresora	14
7.	Arquitectura del software	26
8.	Comunicación con prototipo de impresora	27
9.	Comunicación control y monitoreo con impresora 3D	29
10.	Diagrama de secuencia "Login"	31
11.	Diagrama de secuencia "Proceso de impresión"	32
12.	Diagrama de despliegue del proyecto	33
13.	Vista general del diagrama de clases	34
14.	Grupo 1 del diagrama de clases	34
15.	Grupo 2 del diagrama de clases	35
16.	Grupo 3 del diagrama de clases	36
17.	Modelo entidad relación	37
18.	Bitácora del proyecto	43

TABLAS

I.	Costos del proyecto.....	15
II.	Detalle de actividades	17

III.	Descripción de las actividades.....	18
IV.	Especificación del caso de uso: "Comunicación con prototipo de impresora".....	28
V.	Especificación del caso de uso: "Comunicación control y monitoreo con impresora 3D"	30
VI.	Descripción de la tabla de base de datos "rol"	38
VII.	Descripción de la tabla de base de datos "usuario"	39
VIII.	Descripción de la tabla de base de datos "impresión"	40

GLOSARIO

Arduino	Es un microcontrolador que puede ser programado desde un ordenador y ejecutar las secuencias programadas.
Baudio	Es la velocidad a la que se envía la información por medio del puerto serial en bits/segundo.
CNC	Son siglas que corresponden a control numérico, es el sistema empleado para controlar una máquina o herramienta mediante un ordenador y a través de un software.
Código abierto	Es un modelo de programación abierta donde varios usuarios pueden colaborar para mejorar el software.
Código G	Es un lenguaje de programación para máquinas CNC que indica hacia dónde y cómo moverse en los ejes Y, X y Z.
DBMS	Por sus siglas en inglés <i>Data Base Manager System</i> , es un manejador de base de datos que sirve como una interfaz entre los datos almacenados y el usuario.

DIGI	Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
Java	Es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos, desarrollado por <i>Sun Microsystems</i> , que se puede ejecutar en distintos sistemas operativos como Linux, Mac o Windows.
Máquina CNC	Es una máquina que recibe instrucciones desde un computador (en forma de códigos G y códigos M) y mediante su propio software convierte esas instrucciones en señales eléctricas destinadas a activar los motores que utiliza por cada eje que esta posea.
MySQL	Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto basado en el lenguaje de consulta estructurado (SQL).
SQL	Por sus siglas en ingles SQL (lenguaje de consulta estructurado) es un lenguaje de programación estandarizado que se utiliza en las bases de datos para manipular la información almacenada en ella, p. ej. leer, escribir, eliminar o modificar.

SENACYT

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología.

Stepper

Conocido en español como “motor paso a paso”, es un motor que interpreta señales digitales para girar cierta cantidad de pasos (grados).

RESUMEN

Con iniciativa de la SENACYT surge el proyecto para la creación de una impresora 3D que pueda imprimir figuras de material cementante, con el fin de vincular la industria con las universidades de Guatemala, la Dirección General de Investigación es la delegada por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para desarrollar el software que controle y pueda monitorear la impresora 3D, fueron requeridas reuniones con estudiantes de ingeniería en electrónica, con el fin de adquirir conocimientos fundamentales sobre su funcionamiento, formas de comunicación entre el computador y la impresora, envío de coordenadas y detalles técnicos específicos, obteniendo un punto de partida sobre el cual se pudieron tomar los requerimientos necesarios para brindar un software funcional.

Posterior a ello, se analizaron los requerimientos establecidos anteriormente para elegir las tecnologías sobre las cuales se iba a desarrollar el proyecto, eligiendo Java y MySQL como las mejores opciones, al ser de código abierto y por tener experiencia en su manejo.

En el desarrollo del programa, se aprovechó el uso de librerías ya existentes de Java para lograr comunicarse con el prototipo de impresora por medio del puerto serial como parte fundamental para este proyecto, programando un controlador que interactúa directamente sobre el prototipo de impresora y cumple con los objetivos propuestos para este proyecto.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un software capaz de imprimir figuras 3D de material cementante por medio de las coordenadas obtenidas del código G y monitorear el hardware de la impresora.

Específicos

1. Desarrollar un software que brinde las funciones básicas de una impresora para el prototipo de impresora 3D de material cementante.
2. Desarrollar una aplicación para monitorear las partes que conforman el hardware de la impresora 3D.
3. Reestructurar el código G para cumplir con los requerimientos propios de la impresora.

INTRODUCCIÓN

Para fortalecer la investigación tecnológica en Guatemala, distintas universidades del país se han involucrado en el desarrollo de una impresora 3D de material cementante, con el objetivo de evolucionar las construcciones tradicionales optimizando el tiempo, costos de construcción y la elaboración de estructuras complejas que se realizan con mano de obra.

Para dar una solución a la problemática se han delegado responsabilidades a las distintas ramas de la ingeniería, siendo la rama en ciencias y sistemas la encargada del desarrollo de un software que controle y monitoree un prototipo de impresora 3D, y que pueda ser utilizado posteriormente en impresoras de material cementante de diferentes escalas.

Ampliando la fase de investigación se llevaron a cabo reuniones con los estudiantes de ingeniería en electrónica para detallar los requerimientos mínimos para desarrollar el software y controlar eficientemente la impresora, estableciendo los puntos claves que se tomaron en consideración.

La fase técnico-profesional detalla el fundamento para la elección de las tecnologías por ser utilizadas en el desarrollo del proyecto.

En la fase de enseñanza-aprendizaje se describe la serie de acciones que fueron realizadas para la capacitación de los usuarios finales sobre el uso correcto del software.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes de la institución

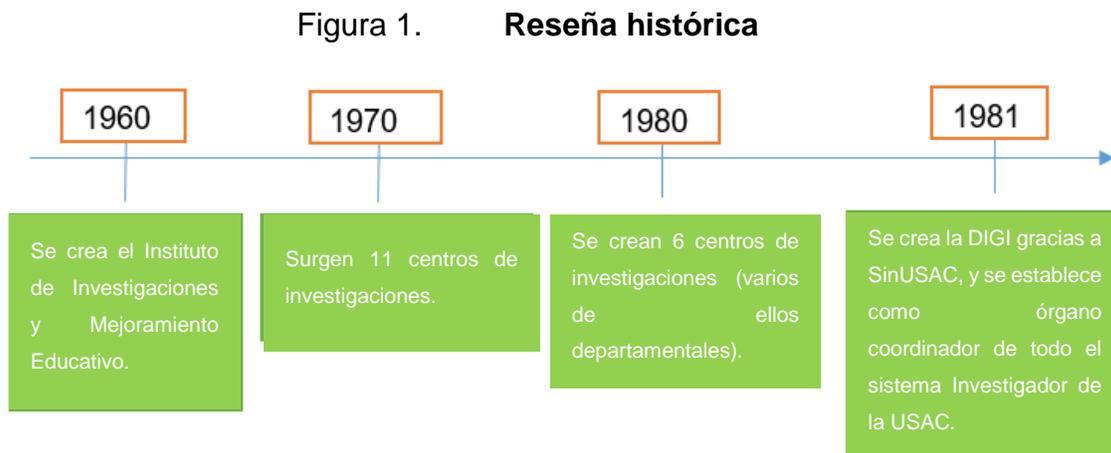
La Dirección General de Investigación ha presentado, ante la comunidad universitaria, un plan de trabajo innovador y revolucionario, que permitirá a la Universidad abordar con seriedad y responsabilidad su mandato constitucional de promover la investigación en todas las esferas del saber humano y su misión de contribuir a la solución de los problemas nacionales. Este Plan ha sido colocado en un sistema estratégico, que permitirá a la Dirección General de Investigación concretar sus metas y objetivos.

1.1.1. Reseña histórica

Casi al finalizar el siglo XX la Universidad de San Carlos de Guatemala no contaba con un ente que apoyara los esfuerzos en la investigación, a pesar de que ya se habían producido obras valiosas en el tema. Es hasta 1970 cuando surgió el programa específico de investigaciones de la Rectoría, que impulsó notablemente los trabajos de investigación en las ramas enfocadas a la problemática económica, social, política y educativa nacional y a aspectos específicos como los temas agrarios, del petróleo, la historia nacional y la legislación universitaria.¹

¹ Desarrollo histórico de la Dirección General de Investigación de la Usac.
<https://digi.usac.edu.gt/sitios/staff/historia-de-digi.html>. Consulta agosto de 2018.

En la figura 1 se muestra una breve línea de tiempo para representar la historia de la DIGI.



Fuente: elaboración propia.

Es así como la creación de la DIGI tuvo como propósito establecer las bases para realizar investigación, a corto, mediano y largo plazo, haciendo de la investigación una actividad relevante en apoyo del desarrollo universitario y nacional. Desde su creación, la DIGI continuó funcionando en el edificio de la Rectoría, hasta que en 1992 se hicieron las gestiones para asignar un espacio físico en el tercer nivel del edificio S-11.

1.1.2. Misión

Ser el órgano encargado de la coordinación del Sistema Universitario de Investigación, que gestiona y administra con efectividad el enfoque ambiental, así como los recursos asignados para la producción y difusión del conocimiento científico.

Facilitar el fortalecimiento académico y tecnológico de las unidades del sistema y sus investigadores.

Contribuir a la solución de problemas nacionales a través de la generación de nuevos conocimientos para aplicación en docencia y extensión.²

1.1.3. Visión

Aumentar los indicadores de ciencia y tecnología a través de investigaciones con reconocimiento nacional e internacional, estrechamente vinculadas con la docencia y extensión.

Disponer de recurso humano calificado, con responsabilidad ambiental, tecnología de punta, recursos financieros necesarios y procesos administrativos efectivos para realizar contribuciones importantes a la sociedad guatemalteca.³

1.1.4. Servicios que realiza

La Dirección General de Investigación ha presentado, ante la comunidad universitaria, un plan de trabajo innovador y revolucionario, que permitirá a la Universidad abordar con seriedad y responsabilidad su mandato constitucional de promover la investigación en todas las esferas del saber humano y su misión de contribuir a la solución de los problemas nacionales. Este plan ha sido colocado en un sistema estratégico, que permitirá a la Dirección General de Investigación concretar sus metas y objetivos.

Impulsa la formación y actualización de docentes, investigadores, estudiantes y académicos en general, en la formulación de propuestas de investigación, presentación de resultados y publicación de artículos científicos.

² Desarrollo histórico de la Dirección General de Investigación de la Usac.
<https://digi.usac.edu.gt/sitios/staff/historia-de-digi.html>. Consulta agosto de 2018.

³ *Ibíd.*

Para la divulgación de los resultados de investigación, desde 1990 se creó un programa de radio; en 1994 estableció el Centro de Información y Documentación (CinDIGI) que cuenta ya con más de 1 330 informes de investigación producto de las investigaciones financiadas por DIGI, y en 2007 entró en funcionamiento la Biblioteca Virtual que pone al alcance de investigadores nacionales e internacionales los resultados generados por las investigaciones cofinanciadas por esta dirección. A partir de 2015 ha impulsado la creación e indexación de las revistas de investigación y postgrado en ciencias sociales y humanidades, así como ciencia, tecnología y salud.⁴

1.2. Descripción de las necesidades

Promover un medio de comunicación eficaz entre el software, hardware y el usuario permitiendo realizar impresiones 3D de material cementante, fortaleciendo el área de investigación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Desarrollar un software que permita al usuario controlar y monitorear la impresora acorde a sus requerimientos específicos.

Integrar las distintas ramas de la ingeniería, para lograr el desarrollo de este proyecto que requiere la unificación de estos conocimientos, como la ingeniería en electrónica en los aspectos del hardware; ingeniería mecánica, en la estructura de la impresora; ingeniería civil, en lograr una mezcla adecuada para la impresión e ingeniería en ciencias y sistemas para el desarrollo del software que controle la impresora.

⁴ Desarrollo histórico de la Dirección General de Investigación de la Usac.
<https://digi.usac.edu.gt/sitios/staff/historia-de-digi.html>. Consulta agosto de 2018.

1.3. Priorización de las necesidades

El sistema de software busca ser flexible para que pueda ser utilizado en impresoras con similares características, aportando funcionalidades específicas, mejoras en el control de las impresiones realizadas y mostrando resultados en los procesos de construcción.

El software deberá proporcionar una interfaz de usuario intuitiva, para que su utilización no requiera una capacitación prolongada.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la creación de un software que controle un prototipo de impresora 3D, este programa debe ser capaz de realizar las funciones básicas que poseen los programas actuales, como iniciar, detener, reanudar o pausar el proceso de impresión.

Dados los objetivos de este proyecto es necesario monitorear las partes de hardware que componen la impresora, por tanto, se debe visualizar la información en tiempo real del estado de estos componentes para tomar decisiones durante el proceso de impresión, si en dado caso ocurriera un error.

Como solución, el software posee una ventana de monitoreo en la cual se grafica la información recibida de los componentes de la impresora (cantidad de material cementante y temperatura de los motores).

El desarrollo del software que toma los datos de sensores y los envía a la aplicación, queda fuera del alcance de este proyecto, solo se define el formato que deben tener los datos que serán recibidos por medio del puerto serial.

Tomando en consideración los posibles escenarios de fallo que puedan ocurrir en las impresiones realizadas, el software es capaz de reanudar una impresión partiendo de la última línea de comando enviada a la impresora, este es un requerimiento específico del proyecto.

2.2. Investigación preliminar para la solución del proyecto

La realización de la investigación tomó como base el funcionamiento de las impresoras 3D convencionales, estudiando las partes principales que la conforman, tanto en software como en hardware.

Dicha información fue fundamental para determinar que las impresoras utilizan un lenguaje común conocido como código G, siendo su función principal especificar dónde posicionar el extrusor, cómo disponer del filamento, cuántos pasos moverse en los diferentes ejes, entre otras cosas.

Este código se obtiene de programas que permiten dibujar figuras tridimensionales generando un archivo que contiene líneas de instrucciones en código G, que se envían al controlador de la impresora por medio del puerto serial a una velocidad conocida como baudios.

En la parte de hardware, se identificó que las impresoras son manejadas por un microcontrolador que recibe las instrucciones en texto plano y las traduce en señales eléctricas que activan sus componentes, p. ej. G1 X21 (mueve el eje X 21 mm de la posición 0).

Se tomó la iniciativa de construir un prototipo de impresora para el desarrollo de pruebas de conexión y envío de comandos con la aplicación, por lo que fue necesario investigar las partes fundamentales que la componen, las cuales se escriben a continuación:

- 3 motores Stepper: se encargan de mover cada cama en su eje respectivo (X, Y, Z).
- 1 simulador extrusor: para verificar la figura que se está imprimiendo.
- Fuente de alimentación: para el funcionamiento del prototipo.
- Microcontrolador: para recibir los comandos enviados desde el ordenador y convertirlos en instrucciones para el hardware.
- Software de código abierto: se instala sobre el microcontrolador, en este caso Arduino.

También fue necesario investigar parte de los comandos del código G, específicamente en el aspecto del extrusor, ya que en el modelo principal al cual el prototipo se va a adaptar es de expulsión de material cementante, por lo que no son requeridos comandos de calentamiento, y no deben ser enviados.⁵

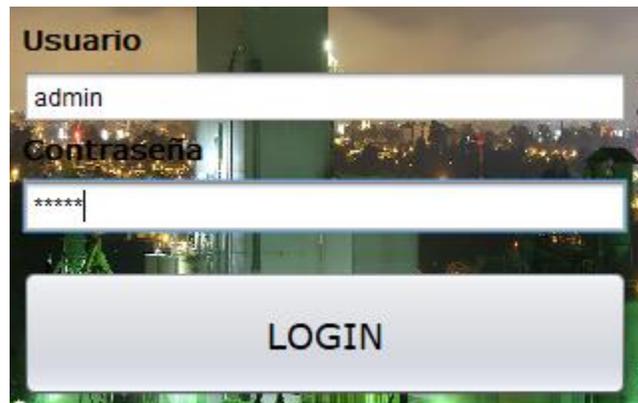
⁵ G-code. [en línea]. <https://reprap.org/wiki/G-code>. [Consulta: agosto de 2018].

2.3. Presentación de la solución del proyecto

Se requiere desarrollar una aplicación que maneje acceso restringido a dos niveles de usuarios, administrador y operativo, el rol de administrador para la gestión de usuarios a quienes se les otorgue permiso de acceder a la aplicación, y al operativo para el funcionamiento establecido.

Para ello se desarrolló una ventana de validación de datos (*login*), que permite ingresar datos al usuario, y consulta a base de datos (MySQL), verificando la información ingresada. En caso exitoso, redirecciona a la ventana principal, donde se encuentra el funcionamiento principal del software acorde con el rol establecido.

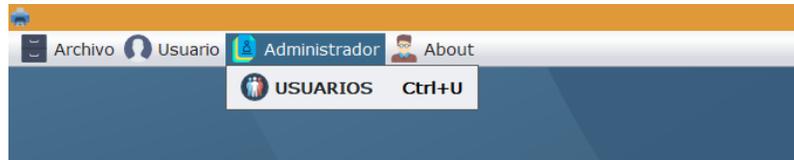
Figura 2. **Ventana de ingreso**

The image shows a login interface overlaid on a background of a city skyline at night. The interface consists of three main elements: a label 'Usuario' above a text input field containing the text 'admin'; a label 'Contraseña' above a password input field containing six asterisks '*****'; and a large, light-colored button with the text 'LOGIN' centered on it.

Fuente: elaboración propia.

El rol de administrador permite utilizar la funcionalidad total de la impresora (gestión de usuarios y realizar impresiones) como se muestra en la figura 3.

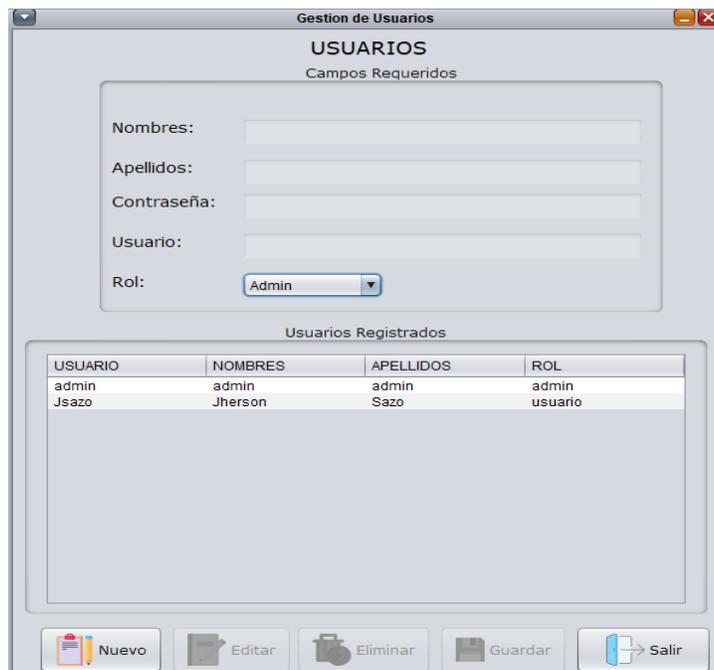
Figura 3. **Rol de administrador**



Fuente: elaboración propia.

En la gestión de usuarios se brinda una ventana mostrada en la figura 4, en la cual se pueden agregar, eliminar o modificar usuarios. Esta información es almacenada en base de datos.

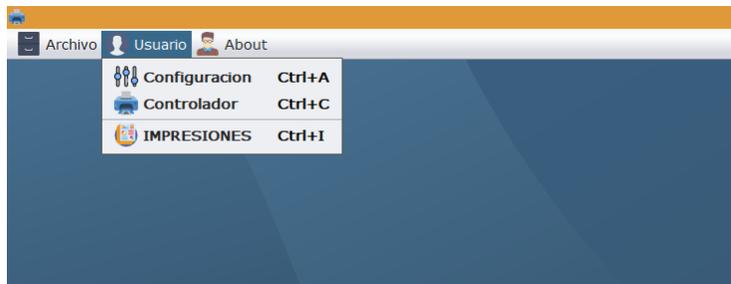
Figura 4. **Gestión de usuarios**



Fuente: elaboración propia.

El rol operativo se restringe al menú de impresiones, tiene el acceso a tres ventanas como se muestra en la figura 5.

Figura 5. **Rol operativo**



Fuente: elaboración propia.

La función de cada una de estas ventanas se detalla a continuación:

- **Configuración:** en esta ventana permite seleccionar el archivo con comandos de código G, (extensión .gcode) y poder visualizarlo, configurar la velocidad de envío de comandos (por defecto se configura a 9600 baudios), y los puertos de escritura (puerto donde se conecta la impresora) y lectura (puerto que recibe la información para el monitoreo de los componentes de hardware).
- **Usuario:** esta ventana toma el archivo, velocidad y puertos seleccionados del menú anterior, como se muestra en la figura 7 permitiendo navegar en tres secciones.

2.3.1. Controlador de impresora

Permite realizar el proceso de impresión brindando cuatro botones para su funcionamiento, los botones son los siguientes:

- Iniciar impresión: comienza la impresión enviando los comandos desde la primera hasta la última línea en el archivo.
- Pausar impresión: detiene el proceso de impresión esperando ser reanudado.
- Reanudar impresión: continúa con el proceso de impresión partiendo de la última línea de instrucción enviada.
- Detener impresión: cancela el proceso de impresión.

2.3.2. Monitor de impresora

Es un contenedor de tres gráficos:

- Porcentaje de impresión: muestra en una barra el porcentaje que lleva la impresión con un rango de 0 a 100 %.
- Cantidad de material cementante: muestra en una barra la cantidad de material existente con rango de 0 a 100.
- Gráfica de temperatura de motores: grafica en tiempo real la temperatura que poseen los motores de la impresora 3D.

2.3.3. Calibrador

Permite calibrar la impresora por medio de botones con instrucciones preestablecidas en el código, y un cuadro de texto que envía instrucciones directas a la impresora.

Figura 6. **Control y monitoreo de impresora**



Fuente: elaboración propia.

2.4. **Costos del proyecto**

Para el desarrollo del proyecto fueron necesarios los costos mostrados en la tabla I.

Tabla I. **Costos del proyecto**

Recursos	Cantidad	Costo unitario	Subtotal
Impresora 3D para realizar pruebas reales.	1	\$260,00	\$260,00
Capital intelectual para el desarrollo de la aplicación	180 hrs / 6 meses	\$20/h	\$3 600,00
Internet como herramienta de búsqueda de información.	4 hrs/ día	\$40 al mes	\$240,00
Impresión de manual de usuario	300 págs. aprox. por 4 manuales a ser entregados	\$ 0,065 / pág.	\$19,5
Asesoría de EPS	180 hrs / 6 meses	\$20/ h	\$3 600,00
TOTAL			\$ 7 719,5

Fuente: elaboración propia.

2.5. **Beneficios del proyecto**

- Apoyar en el ámbito de investigación en Guatemala, unificando las distintas ramas de la ingeniería para dar una solución al proyecto.
- Optimización en el tiempo y costo de construcción con la utilización de la impresora 3D y el software desarrollado.
- Utilizar el software en una impresora 3D de material cementante para construir casas de bajo costo y rápida fabricación.
- Construcción de figuras complejas de realizar con mano de obra.

3. FASE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

3.1. Capacitación propuesta

El éxito de un software se basa en la fácil utilización que este tenga desde el punto de vista de usuario, por lo que se debe mitigar su mal uso. Para ello se requiere capacitar al personal que será el responsable de controlar la impresora y para que lo utilice de forma correcta, evitando el manejo incorrecto que pueda afectar directamente los resultados esperados.

3.1.1. Capacitación del software

Se elaboró una presentación con el propósito de mostrar el funcionamiento correcto del software desarrollado, el contenido de la presentación se muestra en la tabla II.

Tabla II. **Detalle de actividades**

ACTIVIDAD	TIEMPO
Introducción	15 min
Ventanas del software	20 min
Ventana usuario	15 min
Ventana controlador	15 min
Ventana impresión	15 min
Demostración de impresión	40 min
Taller práctico	180 min

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.1. Descripción de los contenidos

La descripción de los contenidos de las actividades se detalla en la tabla III.

Tabla III. Descripción de las actividades

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Introducción	Se detalla el proceso del desarrollo del software, problemas encontrados y partes importantes por tratar en el desarrollo de la presentación.
Ventanas del software	Presentación de las ventanas que conforman el programa y el proceso para iniciar el programa.
Ventana usuario	Muestra las operaciones que se pueden realizar con los usuarios, como crear, eliminar o modificar usuarios.
Ventana controlador	Cómo seleccionar el archivo, visualizarlo, seleccionar los puertos y configurar la velocidad.
Ventana impresión	Enseñar cómo realizar el proceso de impresión, el módulo de monitoreo y envío de comandos.
Demostración de impresión	Demostración de la utilización del software en un proceso de impresión con un prototipo de impresora 3D.

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Utilización del manual

Se detallan los contenidos en el manual elaborado, para ser utilizado como referencia, en caso se tenga desconocimiento en la utilización del programa, permite buscar la información o consultarla.

3.2. Material elaborado

Se elaboró un manual para que los usuarios conozcan el manejo del programa; se detalla en la sección de apéndices.

4. ESPECIFICACIONES DEL SOFTWARE

4.1. Contenido del análisis del software

Para dar a conocer de una mejor manera la estructura que compone el proyecto, se detallan las tecnologías utilizadas.

4.1.1. Tecnologías de desarrollo

Son las tecnologías sobre las cuales se desarrolló la explicación definiendo cada una con su descripción, ventajas y desventajas.

4.1.1.1. Java

Java es un lenguaje de programación que está entre los más populares de la actualidad, es de propósito general, concurrente, orientado a objetos, fue diseñado específicamente para tener pocas dependencias de implementación como fuera posible.⁶

Una ventaja competitiva de este lenguaje son los aportes de programadores en código abierto permitiendo que se disponga de una infinidad de librerías que facilitan el desarrollo haciendo robusto el lenguaje.

⁶ *Understand 9 features of Java programming language* [en línea]
<<https://www.codejava.net/Java-core/features-of-the-java-programming-language>>
consulta: [agosto de 2019].

Características de Java

- Orientado a objetos
- Robusto
- Seguro
- Multiproceso
- Independencia de plataforma

4.1.1.2. MySQL

MySQL es un gestor de bases de datos que está desarrollado mayormente por una mezcla de los lenguajes C y C++, actualmente es uno de los más usados y reconocidos del mercado. Está clasificada como la base de datos de código abierto más popular del mundo, debido a que presenta rapidez en lectura, sobre todo cuando se utilizan ciertos motores como MyISAM o InnoDB⁷

Ventajas:

- MySQL es de uso libre y gratuito.
- Software con licencia GPL.
- Bajo costo en requerimientos para la elaboración y ejecución del programa.
- No se necesita disponer de hardware o software de alto rendimiento para la ejecución del programa.
- Velocidad al realizar las operaciones y buen rendimiento.
- Facilidad de instalación y configuración.
- Soporte en casi el 100 % de los sistemas operativos actuales.
- Baja probabilidad de corrupción de datos.

⁷ *MySql*. <<https://hostingpedia.net/mysql.html>>. [consulta: agosto de 2019].

- Entorno con seguridad y encriptación.

Desventajas:

- Al ser de software libre, muchas de las soluciones para las deficiencias del software no están documentadas ni presentan documentación oficial.
- Se debe controlar/monitorizar el rendimiento de las aplicaciones en busca de fallos.

4.1.2. Justificación

Partiendo de los requerimientos propios del proyecto, se buscaron las tecnologías más idóneas para el desarrollo de la aplicación, tomando en consideración los siguientes aspectos: comunicación con el puerto serial, experiencia desarrollando en el lenguaje, software libre y compatibilidad con sistemas operativos.

Filtrando los aspectos mencionados en el párrafo anterior se estableció Java como lenguaje de programación, al ser este basado en C++ (lenguaje conocido por su potencial efectividad en la escritura y lectura del puerto serial), como la mejor opción para el desarrollo de la aplicación.

Para interactuar con la información manejada por la aplicación es necesario utilizar un DBMS para facilitar el acceso y manipulación, ya que es vital para el proyecto, limitar el acceso a usuarios a quienes se les es permitido utilizarla, guardar datos de las impresiones realizadas con el fin de analizar el rendimiento que ha tenido de la impresora.

Estableciendo MySQL como gestor de base de datos, por su fácil instalación, compatibilidad con sistemas operativos, eficiencia en el tamaño máximo para los archivos de bases de datos, ya que estos se determinan por límites del tamaño de ficheros del sistema operativo y no por límites internos de MySQL, permitiendo que si la aplicación se utiliza en una computadora con recursos considerables (espacio en disco duro), la cantidad de información por ser tratada no depende del software, sino del hardware.

4.2. Contenido del diseño del software

En el diseño del software se especifica de una manera más detallada las clases y la interacción que existe entre ellas apoyándose de diagramas de caso de uso, despliegue y secuencias.

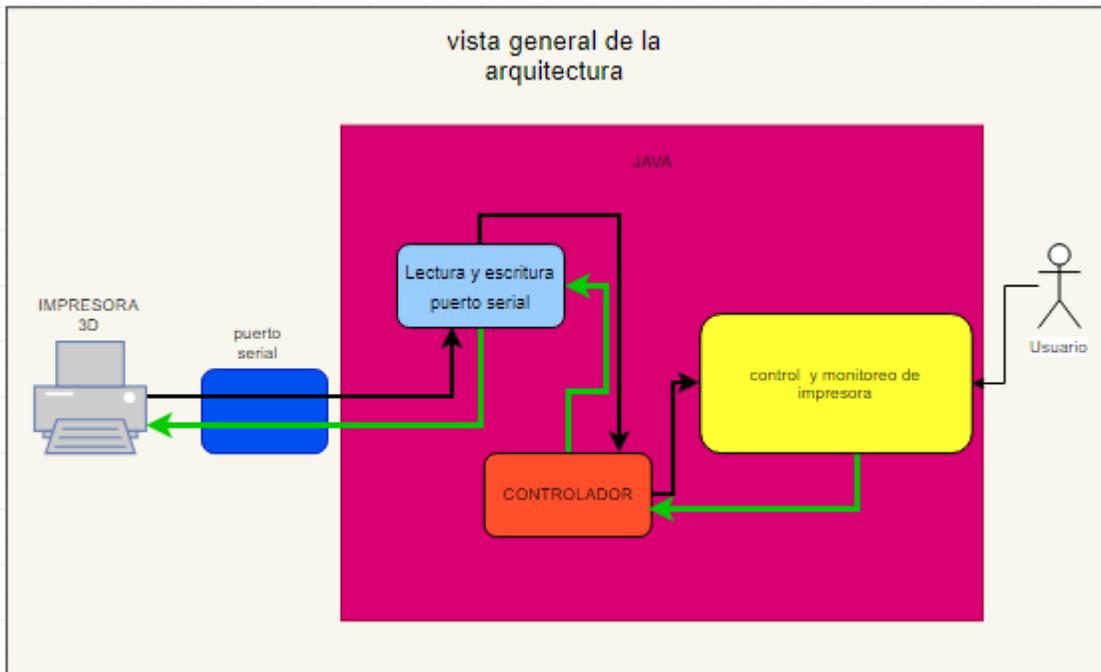
4.2.1. Arquitectura del software

Para visualizar la estructura del software se presenta la arquitectura general, esta se compone de tres clases principales:

- Lectura escritura puerto serial: la función principal de este manejador (conocido en inglés como *driver*), es interactuar con la impresora por medio del puerto serial enviando los comandos que reciba del controlador y recibiendo la información del estado de la impresora que se envían al controlador. Sus parámetros de configuración son establecidos antes de iniciar el proceso de impresión desde la ventana de configuración.
- Control y monitoreo de impresora (vista): es la interfaz que permite al usuario controlar y monitorear la impresora. Tiene interacción directa con el controlador a quien le envía todo lo que el usuario ingresa y muestra toda la información proveniente de la impresora en tiempo real.
- Controlador: es el cerebro de la aplicación, procesa los comandos recibidos desde la vista de control y monitoreo por ejemplo: “iniciar impresión”, “detener impresión”. Ahí se encuentra el archivo por imprimir, enviando línea por línea los comandos al driver del puerto serial. Controla los gráficos de monitoreo para mostrar estadísticas en tiempo real que se reciben de la impresora.

Para detallar la arquitectura se muestra la figura 7, que permite visualizar la comunicación que existe entre las clases y su funcionamiento.

Figura 7. **Arquitectura del software**



Fuente: elaboración propia.

4.2.2. **Funcionalidad del software**

Para exhibir los requerimientos del proyecto establecen casos de uso y diagramas de secuencia.

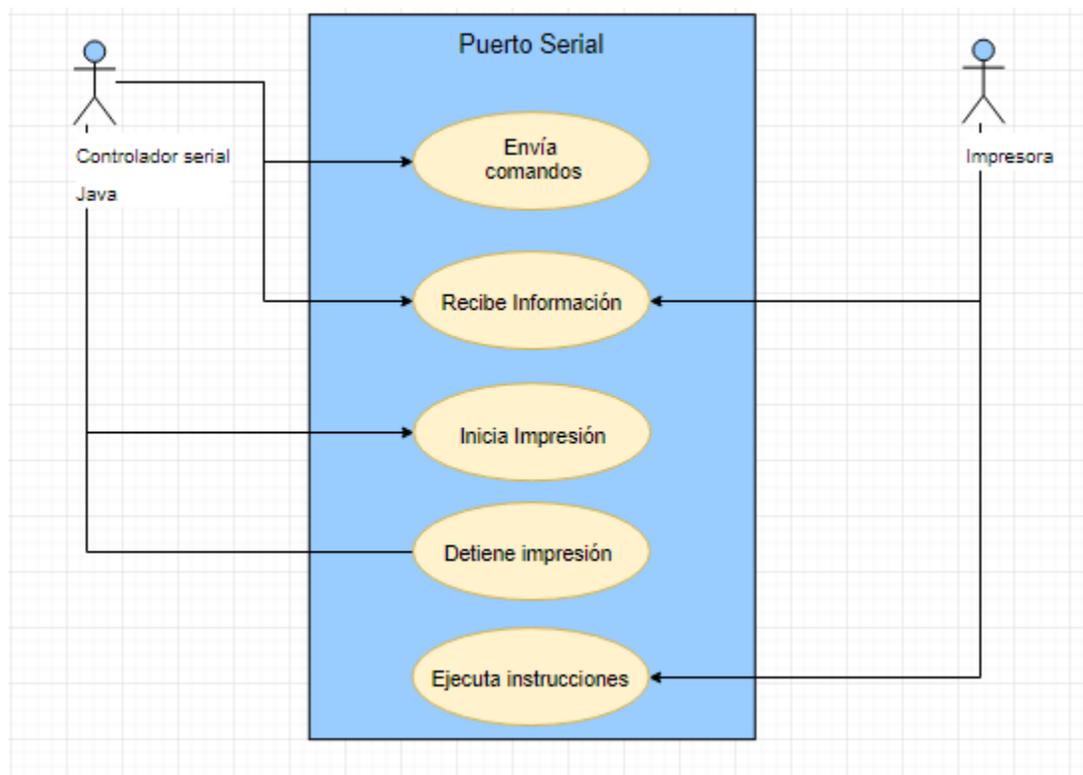
4.2.2.1. **Casos de uso**

Los diagramas de casos de uso ejemplifican la funcionalidad del software y la relación que existe entre sus actores. Estos se apoyan de la especificación de los casos de uso que brindan detalles textuales para conocer su comportamiento.

4.2.2.1.1. Comunicación con prototipo de impresora

Se detalla la funcionalidad del programa en la comunicación con el prototipo de impresora mostrado en la en la figura 8 y se define su especificación en la tabla IV.

Figura 8. Comunicación con prototipo de impresora



Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Especificación del caso de uso: "Comunicación con prototipo de impresora"

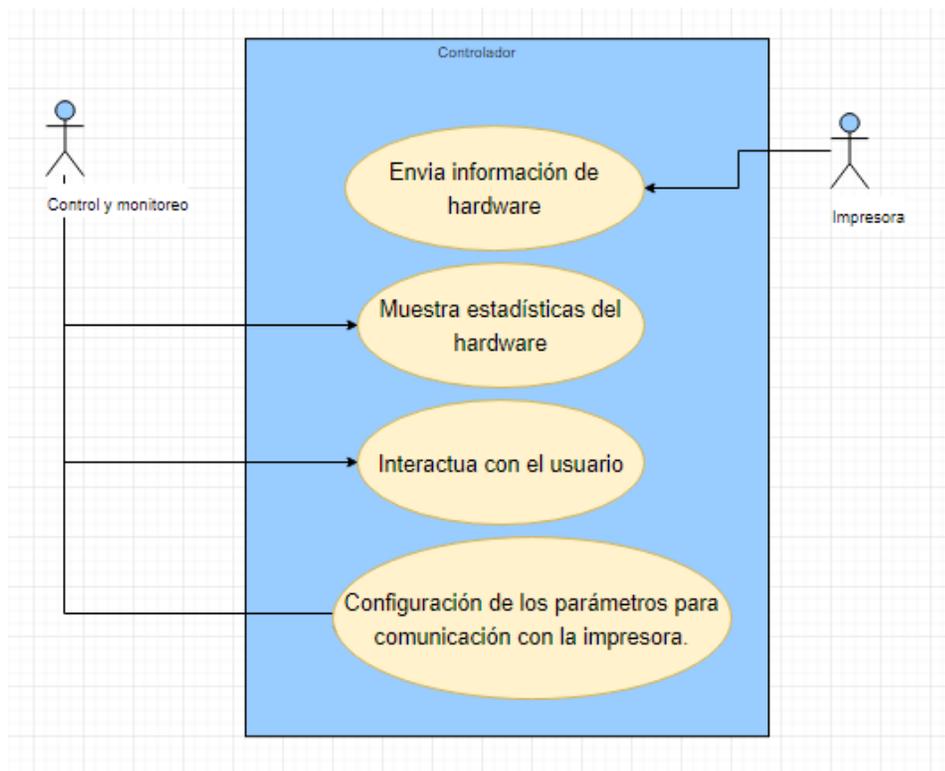
Caso de uso	Comunicación con prototipo de impresora	
Resumen	Enviar correctamente los comandos del archivo en código G, por medio del puerto serial la impresora a una velocidad configurable, como funcionalidad principal del <i>software</i> .	
Actores	Controlador, impresora.	
Precondición	Conexión con impresora por medio del puerto serial.	
Flujo de eventos	Controlador:	
	Paso	Acción
	1.	Envía comandos a la impresora.
	2.	Inicia ciclo para el envío de comandos.
	3.	Recibe información de la impresora por medio del <i>driver</i> .
	4.	Envía la información recibida al monitor.
	Impresora:	
	Paso	Acción
	1.	Recibe comando (texto plano).
	2.	Procesa comando recibido.
	3.	Ejecuta las instrucciones recibidas.

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.1.2. Comunicación control y monitoreo de impresora con impresora

Se detalla la funcionalidad del programa, en la comunicación con el prototipo de impresora mostrando las estadísticas de la información enviada por la impresora a la aplicación que se muestra en figura 9 y definiendo su especificación en la tabla V, Especificación del caso de uso: “Comunicación control y monitoreo con impresora 3

Figura 9. Comunicación control y monitoreo con impresora 3D



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Especificación del caso de uso: “Comunicación control y monitoreo con impresora 3D”**

Caso de uso	Comunicación control y monitoreo con impresora 3D	
Resumen	Se detalla la forma en que la aplicación recibe la información enviada por la impresora para ser mostrada al usuario para poder ser monitoreada. Y como la aplicación es controlada por medio del usuario.	
Actores	Aplicación control y monitoreo, impresora.	
Precondición	Conexión con impresora por medio del puerto serial.	
Flujo de eventos	Aplicación control y monitoreo:	
	Paso	Acción
	1.	Muestra en la ventana estadísticas de la información que es enviada por la impresora.
	2.	Ejecuta las instrucciones ingresadas por el usuario.
	3.	Configura los parámetros para comunicarse correctamente con la impresora.
	Impresora:	
	Paso	Acción
	1.	Envía información del hardware a la aplicación por medio del puerto serial.

Fuente: elaboración propia.

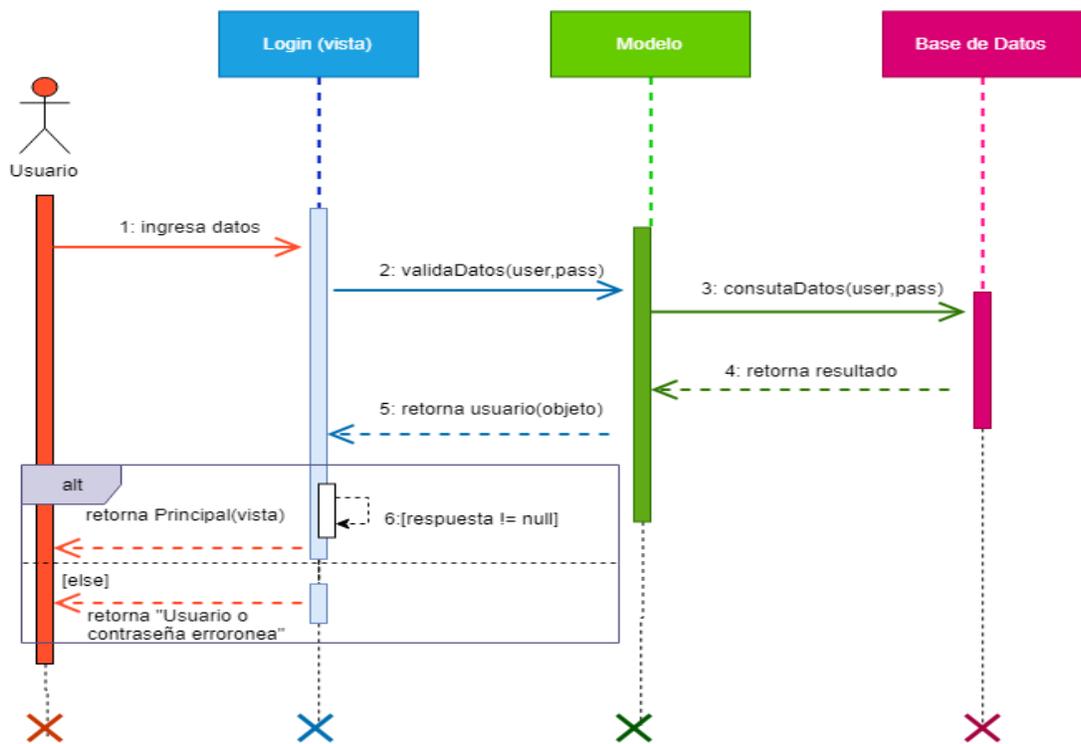
4.2.2.2. Diagramas de secuencias

Muestra la forma en que los objetos se comunican entre sí al transcurrir el tiempo.⁸

4.2.2.2.1. Diagrama de secuencia del ingreso al programa

Se detalla el proceso que se realiza para la validación de datos de usuario, esto con el fin de restringir el acceso solo a usuarios con permiso, funcionalidad mostrada en la figura 10.

Figura 10. Diagrama de secuencia "Login"



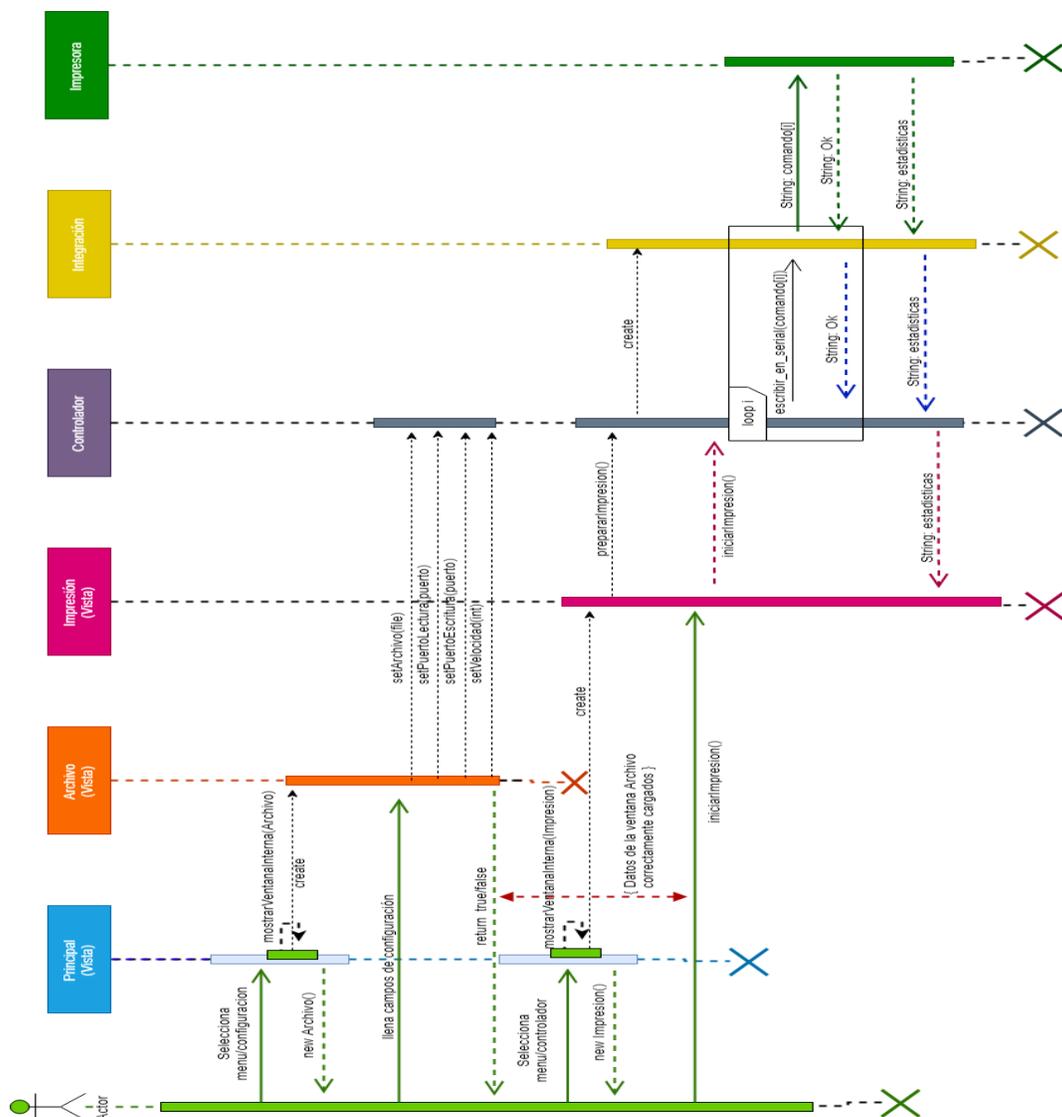
Fuente: elaboración propia.

⁸ SCHUMULLER, Joseph. *Aprendiendo UML en 24 horas*. pág. 104.

4.2.2.2. Diagrama de secuencia del proceso de impresión

El diagrama mostrado en la figura 11 detalla el proceso de una impresión desde que el usuario selecciona el archivo hasta que envía los comandos a la impresora.

Figura 11. Diagrama de secuencia "Proceso de impresión"



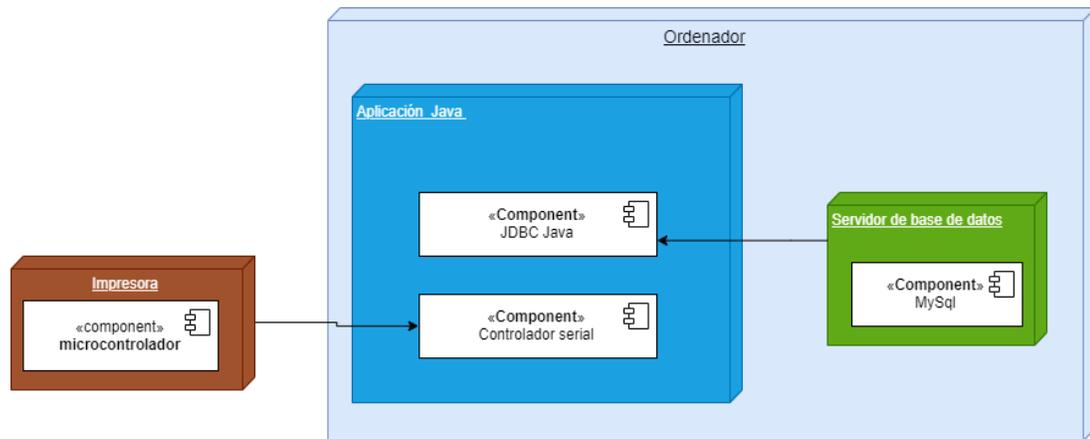
Fuente: elaboración propia.

4.2.2.3. Diagrama de despliegue

Modela la arquitectura en tiempo de ejecución de un sistema, como la configuración de los elementos de hardware y cómo estos se relacionan.

En la figura 12 se muestra el diagrama correspondiente al proyecto desarrollado.

Figura 12. Diagrama de despliegue del proyecto

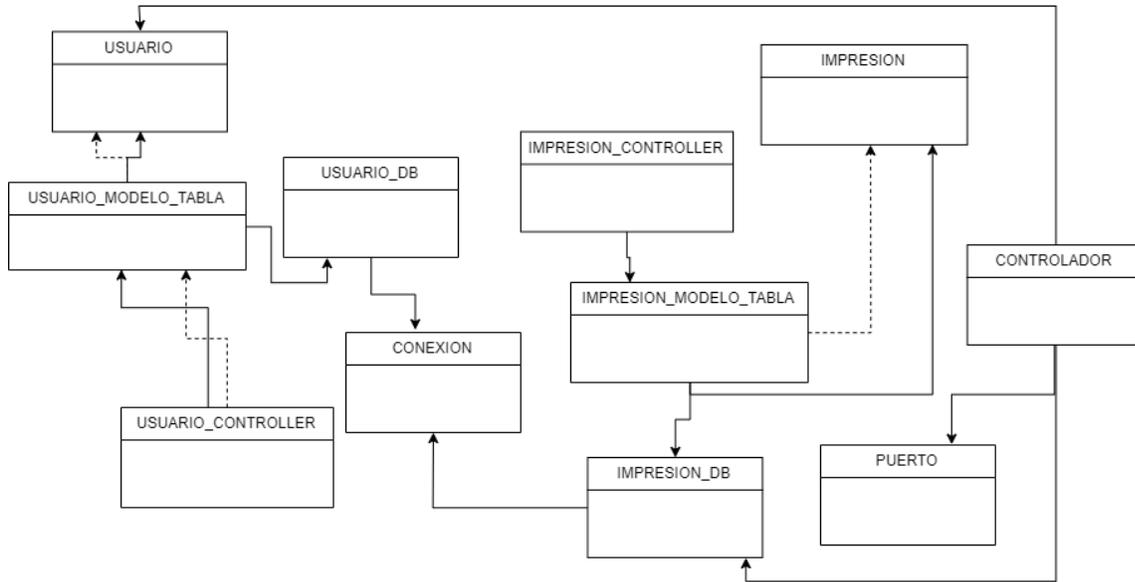


Fuente: elaboración propia.

4.2.2.4. Diagrama de clases

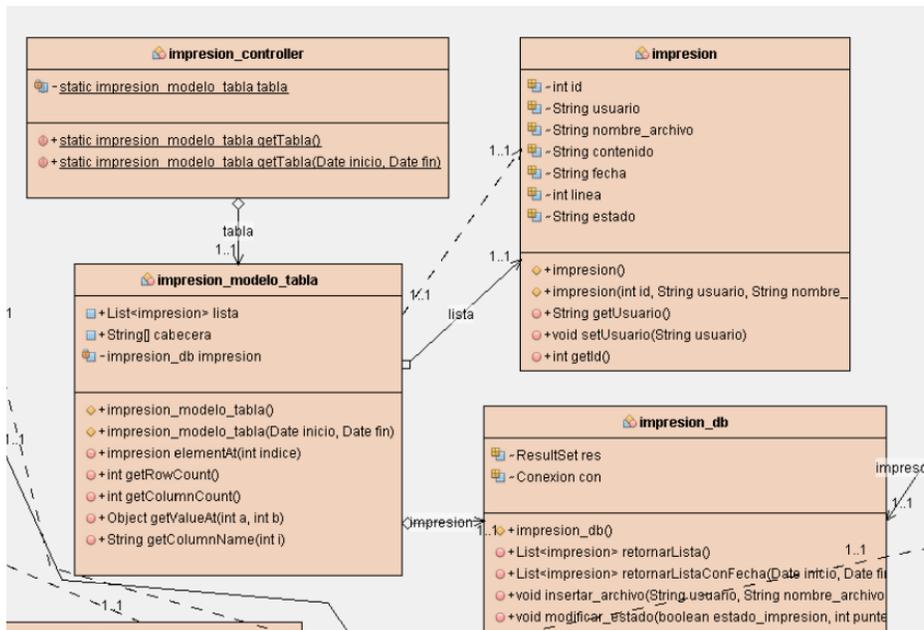
El diagrama de clases muestra la relación que existe entre ellas, sus atributos y métodos para dar una mejor idea de cómo están relacionadas. En la figura 13 se muestra el diagrama de clases para el proyecto desarrollado de forma general; en las figuras 14,15 y 16 se muestran las clases descritas con mayor detalle.

Figura 13. Vista general del diagrama de clases



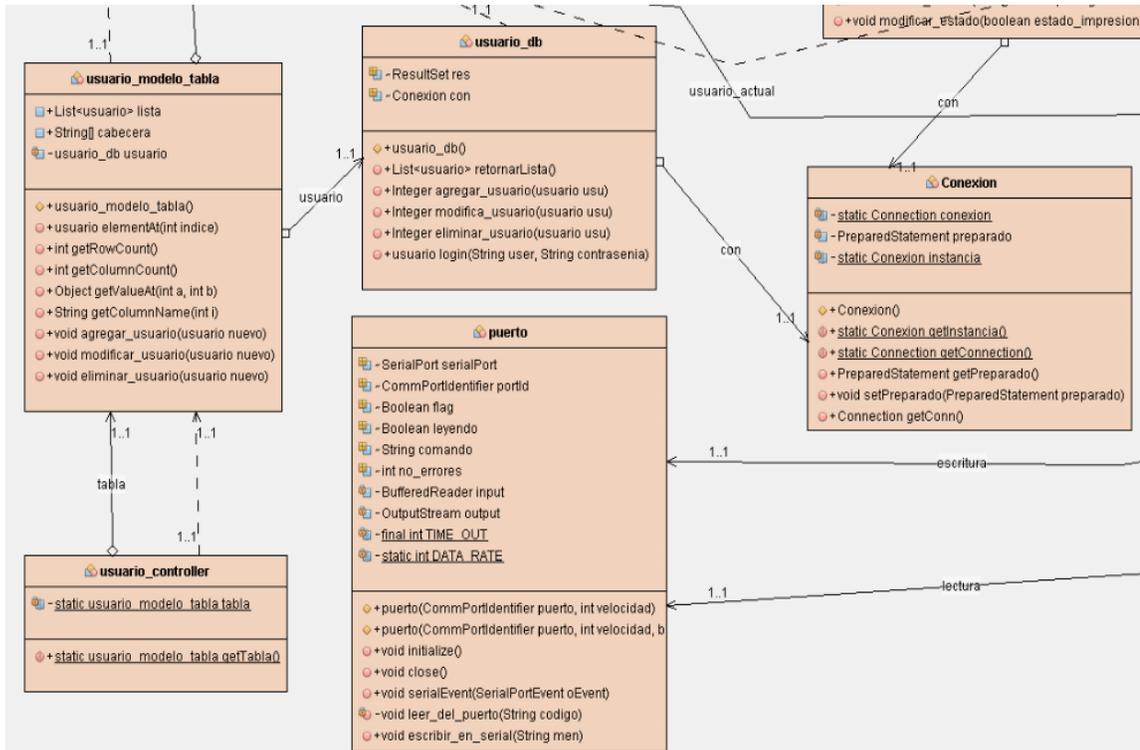
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Grupo 1 del diagrama de clases



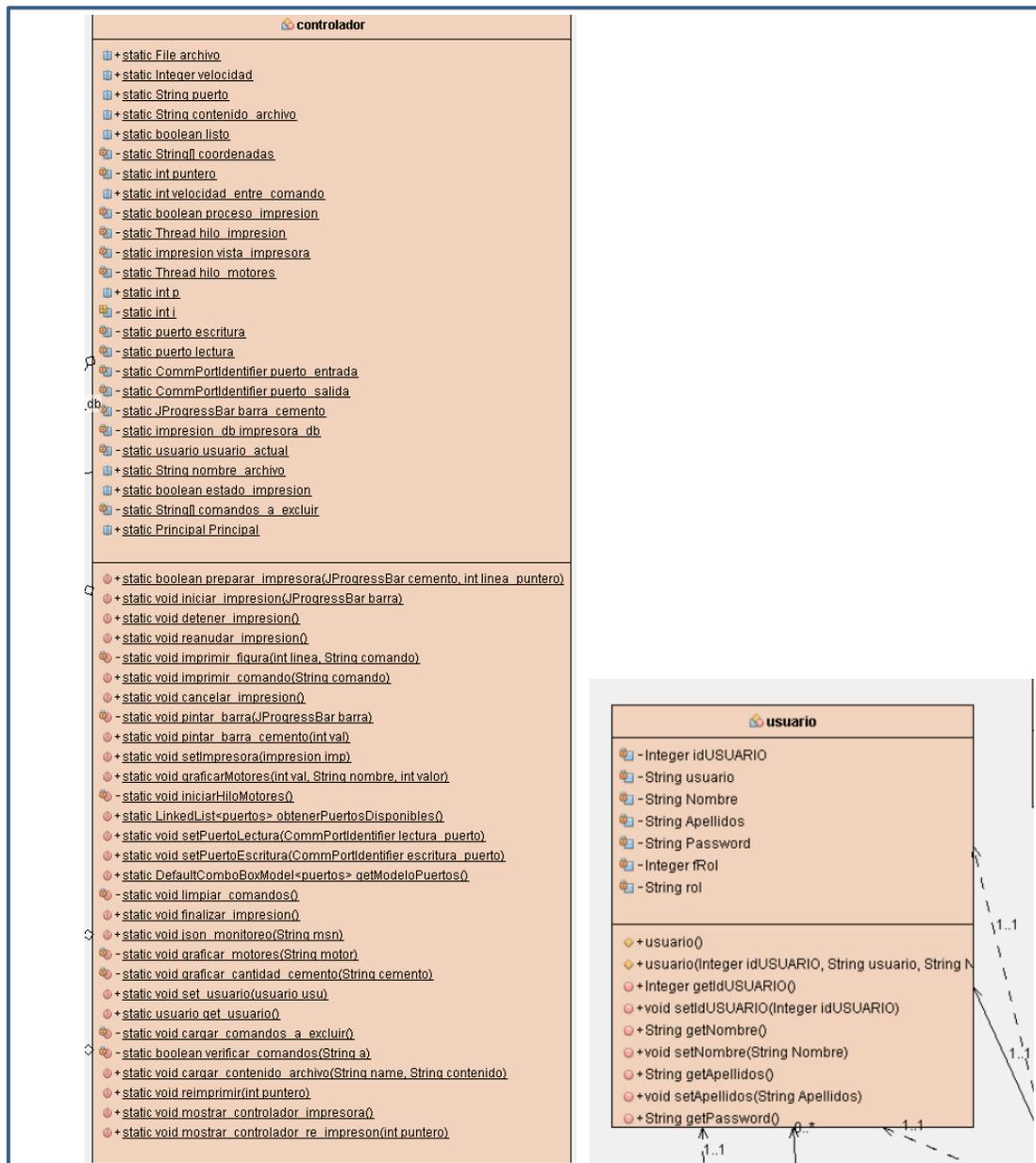
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Grupo 2 del diagrama de clases



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Grupo 3 del diagrama de clases

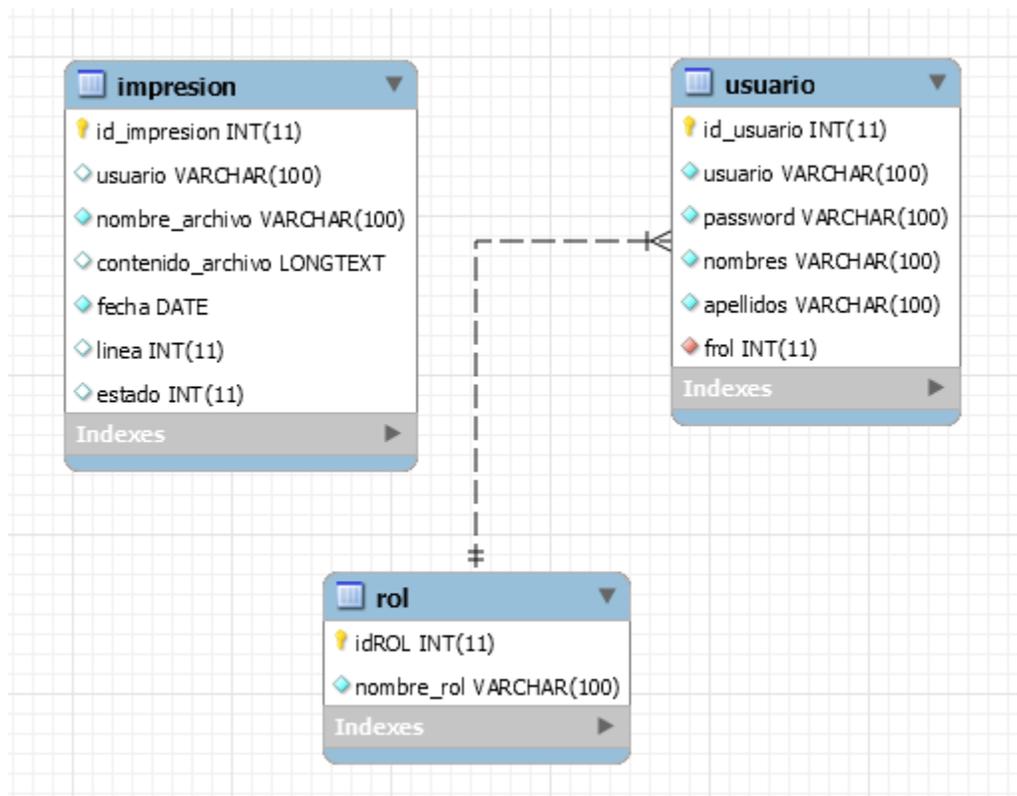


Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Modelo de base de datos

La aplicación desarrollada interactúa con la base de datos con un modelo que se fundamenta en tres tablas (impresión, usuario y rol), para su funcionamiento, este esquema se ilustra en figura 17.

Figura 17. Modelo entidad relación



Fuente: elaboración propia.

4.2.3.1. Diccionario de base de datos

Es una lista organizada de información que tiene como objetivo dar precisión sobre los datos que se manejan en la base de datos, evitando así malas interpretaciones en el manejo de la información, este se detalla en las tablas VI, VII y VIII.

Tabla VI. Descripción de la tabla de base de datos “rol”

Tabla Rol	
Atributos	Descripción
idRol	(Integer, llave primaria, obligatorio), es utilizado como llave primaria para los roles que puedan existir.
Nombre_rol	(VARCHAR (100), obligatorio), es utilizado para almacenar el nombre del rol almacenado, longitud máxima 100 caracteres.

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Descripción de la tabla de base de datos “usuario”

Tabla usuario	
Atributos	Descripción
Id_usuario	(Integer, llave primaria, obligatorio), es utilizado como llave primaria para los usuarios que puedan existir.
Usuario	(VARCHAR (100), obligatorio), es utilizado para almacenar el usuario con el que podrá realizar el <i>login</i> .
Password	(VARCHAR (100), obligatorio), es utilizado para almacenar la contraseña del usuario, requerido para iniciar sesión.
Nombres	(VARCHAR (100), obligatorio), es utilizado para almacenar los nombres del usuario a almacenar, longitud máxima 100 caracteres.
Apellidos	(VARCHAR (100), obligatorio), es utilizado para almacenar los apellidos del usuario a almacenar, longitud máxima 100 caracteres.
Frol	(Integer, llave foránea, obligatorio), es utilizado para referenciar el rol asociado con la tabla rol.

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Descripción de la tabla de base de datos “impresión”

Tabla impresión	
Atributos	Descripción
Id_impresión	(Integer, llave primaria, obligatorio), es utilizado como llave primaria para las impresiones realizadas.
Usuario	(VARCHAR (100), obligatorio), es utilizado para almacenar el usuario que realizó la impresión.
Nombre_archivo	(VARCHAR (100), obligatorio), es utilizado para almacenar el nombre del archivo a almacenar.
Contenido_archivo	(LONG_TEXT), es utilizado para almacenar el contenido del archivo, para poder realizar reimpressiones.
Fecha	(Date, obligatorio), es utilizado para almacenar la fecha en que se realizó la impresión.
Línea	(Integer), es utilizado para almacenar la línea en que la impresión finalizó.
Estado	(Integer), es utilizado para almacenar el estado en que finalizó la impresión siendo 0 fallida, 1 exitosa.

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Entrada de datos

La entrada de datos para realizar el monitoreo se basa en el siguiente formato:

```
{  
  cemento: 90 ;  
  motores : [{"motor1\": 35}, {"motor2\": 40}]  
}
```

El formato se basa primero abriendo llaves para enviar los atributos por graficar, cada atributo se separa por medio de punto y coma (;), los parámetros por recibir del lado de la aplicación son la cantidad de material en un rango de 0 a 100. Para este se envía el nombre del atributo “cemento”, dos puntos (:) seguido de lo que detecte el sensor al momento de su medición y la temperatura los motores que deseen monitorear, con el siguiente el formato:

Motores: dentro del atributo motores se abren corchetes [], dentro de los corchetes cada motor se separa por llaves {}, enviando con comillas el nombre que deseen mostrar, después dos puntos (:) y la cantidad que detecte el sensor. En el ejemplo anterior se muestra el envío de dos sensores de temperatura para dos motores, estos datos los procesa la aplicación y grafica dicha información en la sección de monitoreo.

5. BITÁCORA DEL PROYECTO

Las etapas del proyecto para su desarrollo se muestran en la figura 18.



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La aplicación desarrollada cuenta con funcionalidades básicas de una impresora 3D como iniciar, detener y reanudar la impresión, las pruebas fueron ejecutadas sobre tres prototipos distintos, en todos los casos se obtuvieron resultados exitosos.
2. La visualización de las variaciones de temperatura enviadas por los sensores utilizados en las pruebas, fue bastante efectiva en el desarrollo del monitor de la impresora, permite información disponible en tiempo real del estado del hardware que la compone.
3. Se analizaron los comandos que utilizan las impresoras 3D convencionales, para tener una lista de los que no deben ser enviados a la impresora, filtrando solo aquellos que encajan con el modelo del prototipo establecido optimizando el tiempo de impresión.

RECOMENDACIONES

1. Promover los proyectos de investigación sobre impresoras 3D, ya que en la actualidad están siendo utilizadas en avances tecnológicos de distintas especializaciones de estudio como la medicina, gestión ambiental, biogenética, etc. y que estos aporten en la investigación de Guatemala.
2. Fomentar la utilización del software desarrollado para que cualquier persona interesada pueda colaborar en mejoras al ser de código abierto.
3. Gestionar apoyo para equipar a las escuelas de la Facultad de Ingeniería con equipos de impresoras 3D para que los estudiantes interesados puedan aprender sobre su funcionamiento y estas puedan servir como herramienta para fomentar la creatividad.

BIBLIOGRAFÍA

1. DÍAZ AYALA, Brenda. *Desarrollo histórico de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. [en línea].
<<https://digi.usac.edu.gt/sitios/staff/historia-de-digi.html> >.
[Consulta: agosto de 2018].
2. G-code. [en línea]. <https://reprap.org/wiki/G-code> [Consulta: agosto de 2018].
3. HA MINH, Nam. *Understand 9 features of Java programming language Base*. [en línea]. <<https://www.codeJava.net/Java-core/features-of-the-Java-programming-language> > [Consulta agosto de 2019].
4. *MySql*. [en línea]. <<https://hostingpedia.net/mysql.html>> [Consulta agosto de 2019]

APÉNDICES

Apéndice 1 **Manual de usuario**

MANUAL DE USUARIO

CONTROLADOR Y MONITOREO DE PROTOTIPO DE IMPRESORA 3D

DESARROLLADO POR JHERSON SAZO

Continúa apéndice 1

Contenido

1. Login	3
2. PANTALLA PRINCIPAL	3
2.1. Menú Archivo	4
• Cerrar sesión:	4
• Salir:.....	4
2.2. Menu Usuario	4
2.2.1. Configuración:	4
2.2.2. Menú configuración	10
2.2.3. Impresiones.....	13
2.3. Menú Administrador	15
2.3.1. Nuevo	17
2.3.2. Editar	18
2.3.3. Eliminar.....	19
2.3.4. Guardar	20
2.4. About.....	20
3. FIN DEL MANUAL.....	20

Continúa apéndice 1

1. Login

Como parte inicial del software se presenta el login, por defecto el usuario y contraseña de administrador es **admin admin**.

Se recomienda cambiar esta contraseña al primer inicio de sesión, en la sección

ADMINISTRADOR -> USUARIOS



2. PANTALLA PRINCIPAL

La pantalla principal está compuesta por un menú de 4 opciones



Continúa apéndice 1

2.1. Menú Archivo

El menú archivo contiene las opciones de:

- **Cerrar sesión:** esta opción nos retorna a la ventana de login para cambiar de usuario.
- **Salir:** termina la ejecución del software.



2.2. Menú Usuario

El menú usuario contiene la funcionalidad principal del software:

Siendo las siguientes:



2.2.1. Configuración:

Este menú su funcionalidad es establecer las configuraciones sobre las cuales se realizara la impresión.

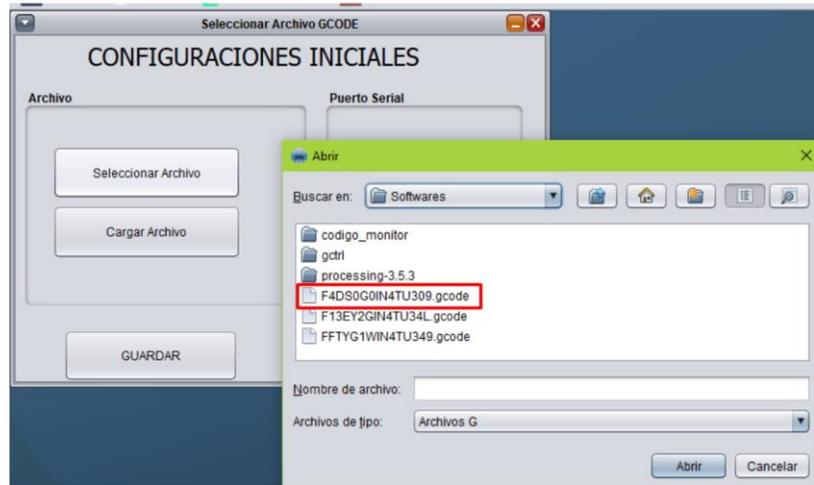
A continuación se presenta la ventana de configuración.

Continúa apéndice 1



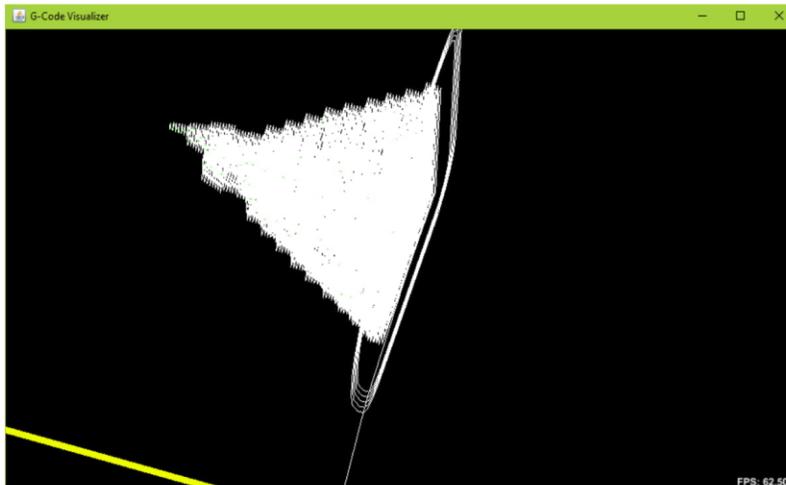
Las funcionalidades son las siguientes:

1. **Seleccionar archivo:** este nos permite seleccionar el archivo a imprimir, este archivo deberá tener extensión .gcode

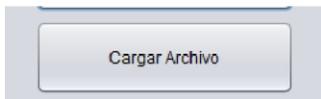


Continúa apéndice 1

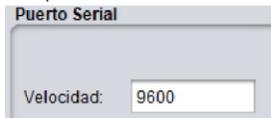
Después de seleccionar el archivo se cargara un visor para asegurarnos que seleccionamos el archivo correctamente. Por lo que se debe esperar a visualizar la imagen antes de cargar el archivo.



2. **Cargar archivo:** esta funcionalidad carga en memoria el archivo a imprimirse, se debe realizar después de haber seleccionado el archivo.



3. **La velocidad:** es una configuración muy importante ya que si se establece mal esta velocidad no se podrá enviar o recibir instrucciones, esta velocidad debe ser a la que está configurada la impresora.



Continúa apéndice 1

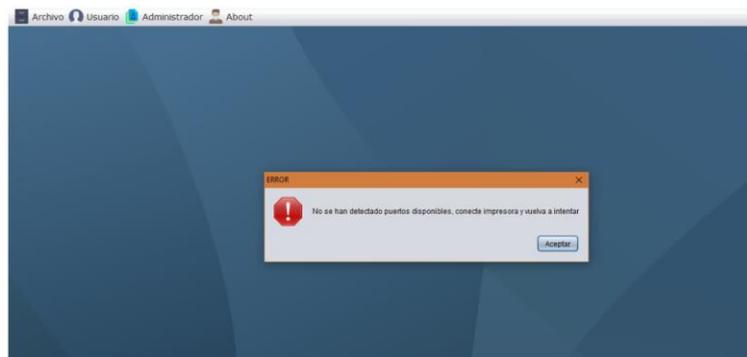
4. **Seleccionar la salida:** esta opción permite seleccionar el puerto en el cual se va a conectar la impresora, importante no seleccionar el mismo puerto en salida y entrada, y sobre todo asegurarse que se selecciona correctamente el puerto.

Salida:

5. **Seleccionar entrada:** permite seleccionar el puerto en el cual se estará recibiendo la información del monitoreo.

Entrada:

6. **NOTA:** en caso no se hayan detectado puertos se mostrara la siguiente advertencia



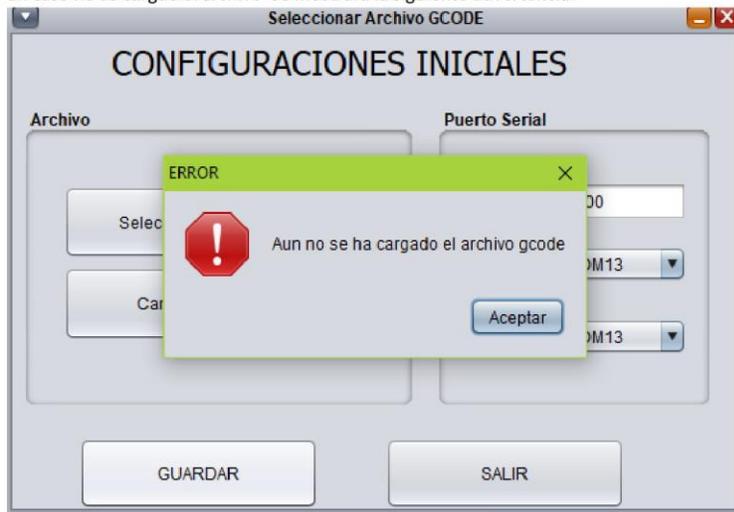
Y en la sección de puertos no habrá ninguno para seleccionar por lo que no se podrá realizar la impresora.



En este caso se debe asegurar que estén conectados ambos puertos y volver abrir la ventana.

Continúa apéndice 1

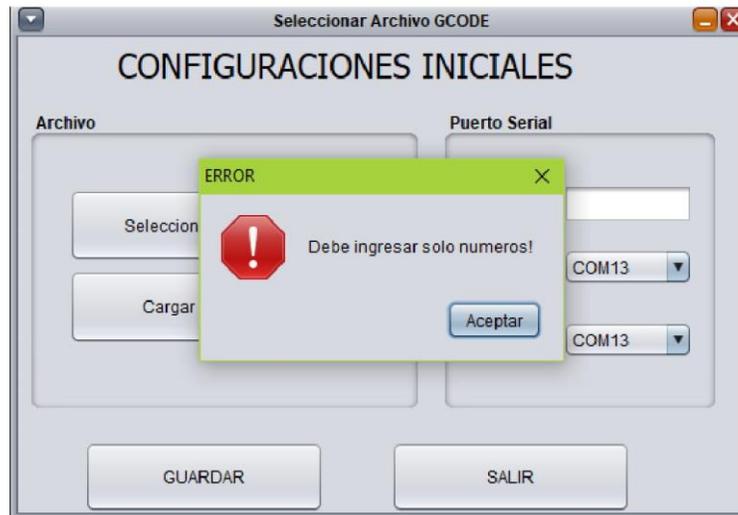
7. En caso no se cargue el archivo se mostrara la siguiente advertencia:



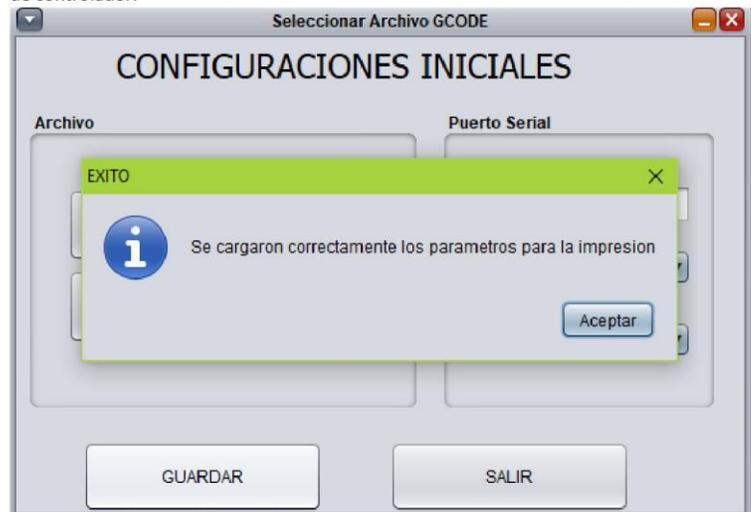
8. En caso se cargue mal la velocidad se mostrara la siguiente advertencia



Continúa apéndice 1

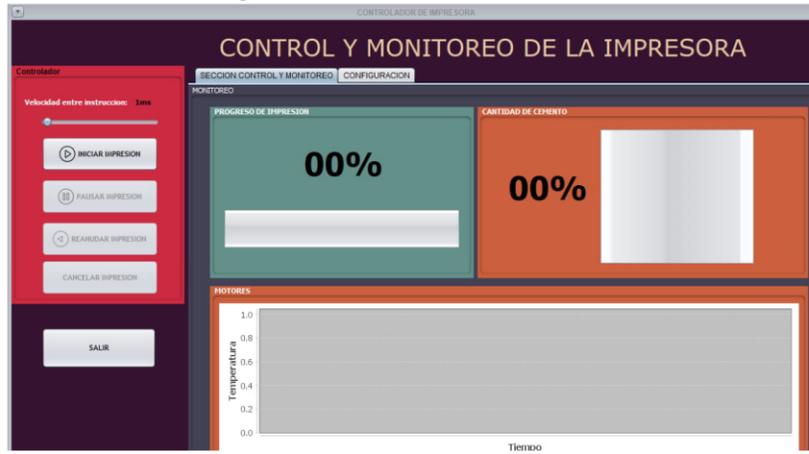


9. Como finalización exitosa, se mostrará el siguiente mensaje, y podrá seleccionar el menú de controlador.



Continúa apéndice 1

2.2.2. Menú configuración



Está compuesto por 3 secciones:

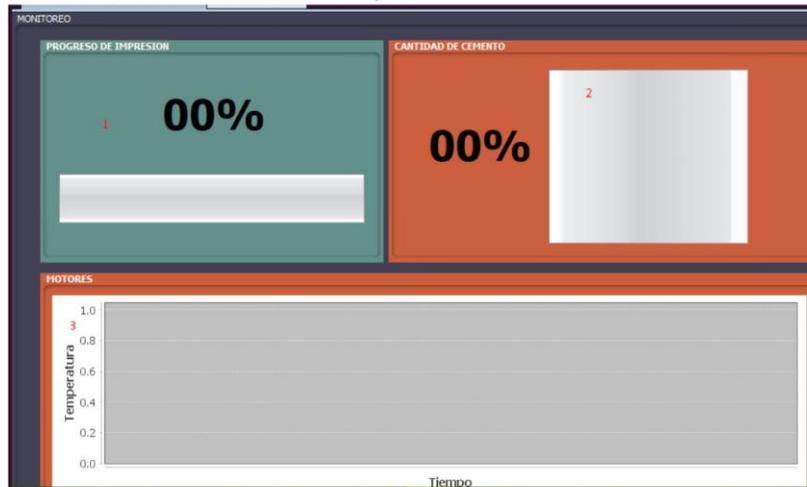
- Controlador de impresora
- Monitoreo
- Configuración

1. **Controlador de impresora:** Este nos permite controlar el proceso de impresión tiene las siguientes opciones:



Continúa apéndice 1

- **INICIAR IMPRESIÓN:** comienza el proceso de impresión del archivo anteriormente cargado.
 - **PAUSAR IMPRESIÓN:** realiza una pausa en la impresión, esta opción esta activa después de iniciar el proceso de impresión.
 - **REANUDAR IMPRESIÓN:** permite reanudar la impresión si se encuentra en pausa.
 - **CANCELAR IMPRESIÓN:** cancela la impresión, dejando la única opción de salir, si se desea volver a imprimir deberá volver a cargar el archivo en configuraciones.
2. **MONITOREO:** esta ventana permite tener una imagen del proceso de impresión en tiempo real como estadísticas del hardware de la impresora



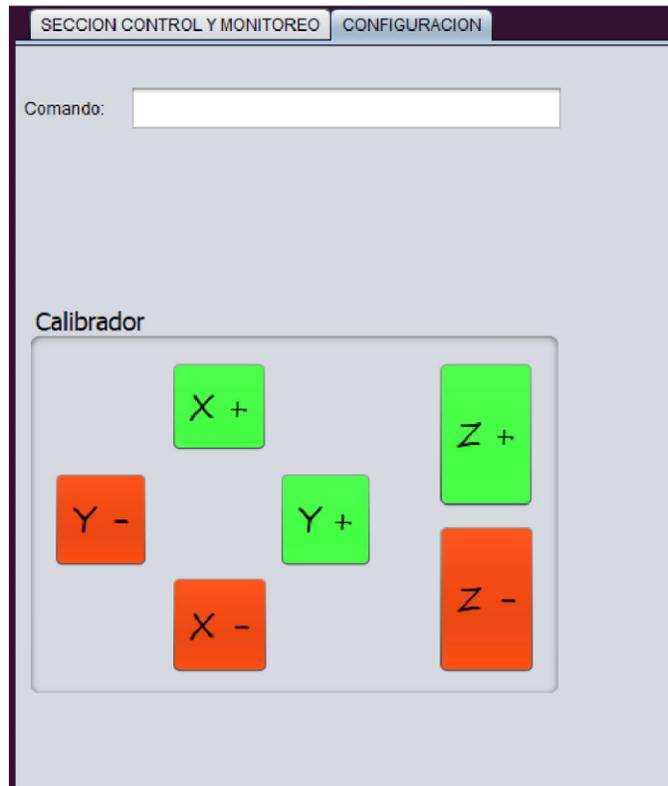
- 2.1 El primer panel muestra el proceso de impresión de 1 a 100%
- 2.2 El segundo panel nos muestra la cantidad de material que exista para imprimir.
- 2.3 El tercer panel muestra la temperatura de los motores que se asignen, pueden ser n motores a monitorear.

Continúa apéndice 1

3. **CONFIGURACIÓN:** esta permite enviar comandos singulares a la impresora como calibrar sus motores.

3.1 Para enviar un comando se escribe en el cuadro en blanco y se presiona la tecla enter.

3.2 Para usar los botones de calibración solo es necesario presionarlos.

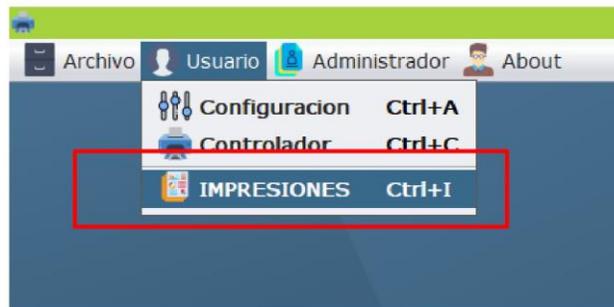


Continúa apéndice 1

2.2.3. Impresiones

Este menú permite ingresar a las impresiones realizadas por los usuarios, de donde se pueden relanzar impresiones.

Para ingresar se selecciona el menú impresiones.



Posterior a presionar el botón de impresiones, tenemos la siguiente ventana:



De la cual disponemos de todas las impresiones realizadas, de lo que es permitido realizar búsquedas por rangos de fechas, seleccionando la opción **buscar con fecha**.

Como se muestra en la imagen siguiente.

Continúa apéndice 1

The screenshot shows a window titled 'IMPRESIONES' with the subtitle 'HISTORIAL DE IMPRESIONES'. It features search filters for 'Inicio' and 'Fin', both set to '3/10/2019'. A checkbox labeled '1 buscar con fecha' is checked and highlighted with a red box. To its right, a button labeled '2 Buscar' is also highlighted with a red box. Below the filters is a table with columns: LINEA, ARCHIVO, FECHA, USUARIO, and ESTADO. A 'Relanzar' button is located to the right of the table.

Si existen impresiones realizadas aparecerán en la ventana, en caso distinto no aparecerá información.

Para volver a visualizar todas las impresiones se debe quitar la opciones buscar con fecha y volver a presionar el botón buscar.

The screenshot shows the same window as above, but the '1 buscar con fecha' checkbox is now unchecked. The '2 Buscar' button is now visible. The table below contains the following data:

LINEA	ARCHIVO	FECHA	USUARIO	ESTADO
1	prueba_gcode.g...	2019-09-12	admin	Fallida
1	prueba_gcode.g...	2019-09-12	admin	Fallida
0	prueba_gcode.g...	2019-09-12	admin	Fallida
2	prueba_gcode.g...	2019-09-12	admin	Fallida
238	prueba_gcode.g...	2019-09-12	admin	Fallida
208	F4DS0G0IN4TU...	2019-09-12	admin	Fallida
3337	prueba_gcode.g...	2019-09-12	admin	Fallida

Esta ventana nos permite ver la línea en que la impresión se quedo, y su estado, los dos estados posibles son fallida o correcta, para que una impresión sea correcta debe haber ejecutado todas sus instrucciones.

Al seleccionar una impresión podemos presionar el botón de relanzar, que nos permite reanudar la impresión desde la última línea ejecutada.

Continúa apéndice 1

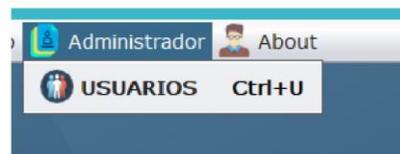
Al presionar el botón relanzar nos lleva a la siguiente ventana para volver a configurar, pero en este caso solo los puertos y la velocidad.



Después de seleccionar los puertos y la velocidad, al presionar el botón guardar nos llevara a la ventana de control y monitoreo para reiniciar el proceso de impresión.

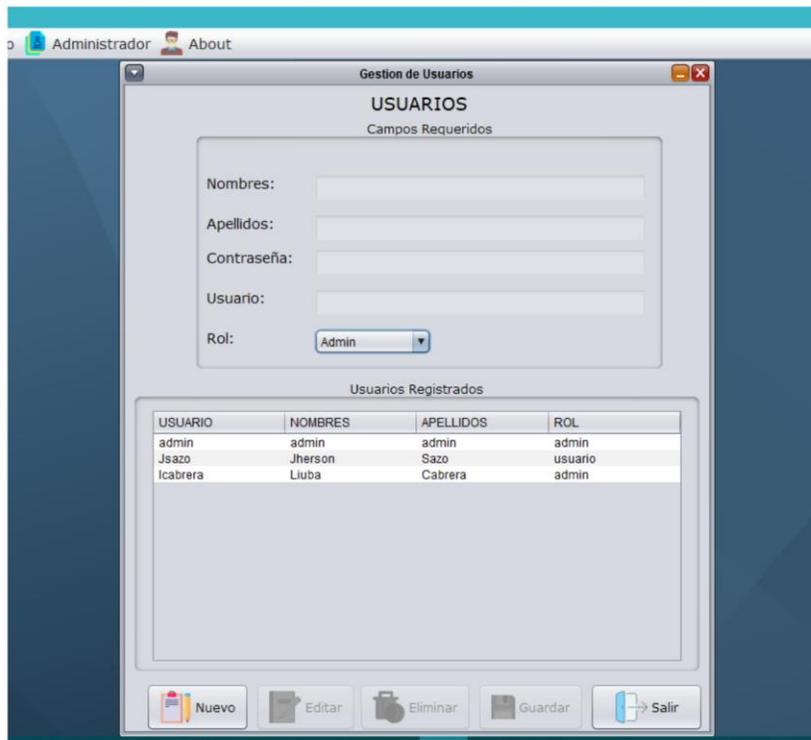
2.3. Menú Administrador

En este menú se gestionan los usuarios a quienes les es permitido utilizar la aplicación.



Su funcionalidad se basa en agregar, editar, o eliminar usuarios en la siguiente ventana:

Continúa apéndice 1



Continúa apéndice 1

Esta ventana permite las siguientes opciones:

2.3.1. **Nuevo:** permite a un Usuario administrador ingresar un nuevo usuario a la base de datos.

The screenshot shows a web application window titled "Gestion de Usuarios" with a sub-header "USUARIOS" and "Campos Requeridos". The form contains the following fields:

- Nombres:
- Apellidos:
- Contraseña:
- Usuario:
- Rol:

Below the form is a table with the following data:

USUARIO	NOMBRES	APELLIDOS	ROL
admin	admin	admin	admin
Jsazo	Jherson	Sazo	usuario
Icabrera	Liuba	Cabrera	admin

At the bottom of the window are buttons: "Nuevo", "Editar", "Eliminar", "Guardar", and "Salir".

Si el registro se ingresó correctamente nos mostrará el siguiente mensaje:

The screenshot shows the same "Gestion de Usuarios" window as above, but with a success message overlay. The message box is titled "Panel de Usuarios" and contains the text "Se guardo correctamente el usuario: Nombre" with an "Aceptar" button. The form fields and table are partially visible behind the message box.

Continúa apéndice 1

2.3.2. **Editar:** permite editar los campos de un usuario, para cambiar p. ej. Nombre, contraseña, rol etc.

The screenshot shows a web application window titled 'Gestion de Usuarios' with a sub-header 'USUARIOS' and 'Campos Requeridos'. The form contains the following fields:

- Nombres:
- Apellidos:
- Contraseña:
- Usuario:
- Rol:

Below the form is a table titled 'Usuarios Registrados' with the following data:

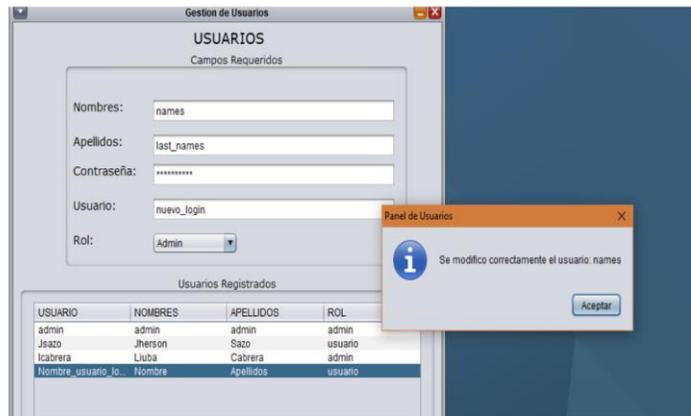
USUARIO	NOMBRES	APELLIDOS	ROL
admin	admin	admin	admin
Jsazo	Jherson	Sazo	usuario
lcabrera	Liuba	Cabrera	admin
Nombre_usuario_login	Nombre	Apellidos	Operativo

Para editar se selecciona un registro y se presiona el botón editar, para saber si se seleccionó correctamente, en los campos para ingresar texto, se muestra la información de dicho registro en modo lectura.

This screenshot is identical to the previous one, but the 'Nombre_usuario_login' row in the 'Usuarios Registrados' table is highlighted in blue, indicating it is selected. Additionally, a toolbar at the bottom of the window contains the following buttons: 'Nuevo', 'Editar', 'Eliminar', 'Guardar', and 'Salir'.

Al presionar el botón editar se habilitan los campos para la realizar los cambios, después de realizar los cambios se presiona el botón de guardar, para salvar los cambios.

Continúa apéndice 1

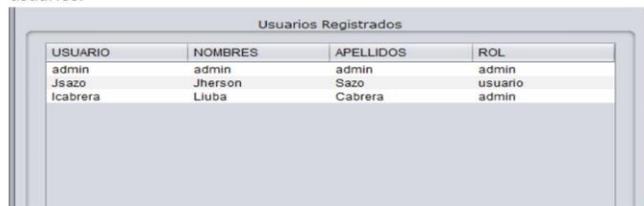


2.3.3. Eliminar: permite eliminar usuarios de la base de datos.

Para eliminar un usuario se selecciona de la tabla y se presiona el botón eliminar.



Después de realizar la eliminación dicho usuario ya no aparecerá en la tabla de usuarios.

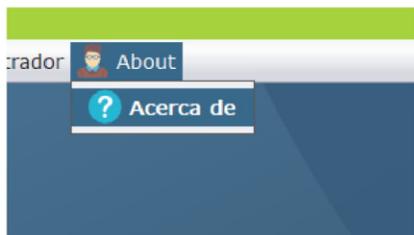


Continúa apéndice 1

2.3.4. **Guardar:** este botón se activa cuando se presionó anteriormente el botón nuevo o editar, permite guardar los cambios realizados ya sea un nuevo registro o cambios en uno ya existente.

2.4. About

Esta pestaña habla sobre el desarrollador de la aplicación



3. FIN DEL MANUAL

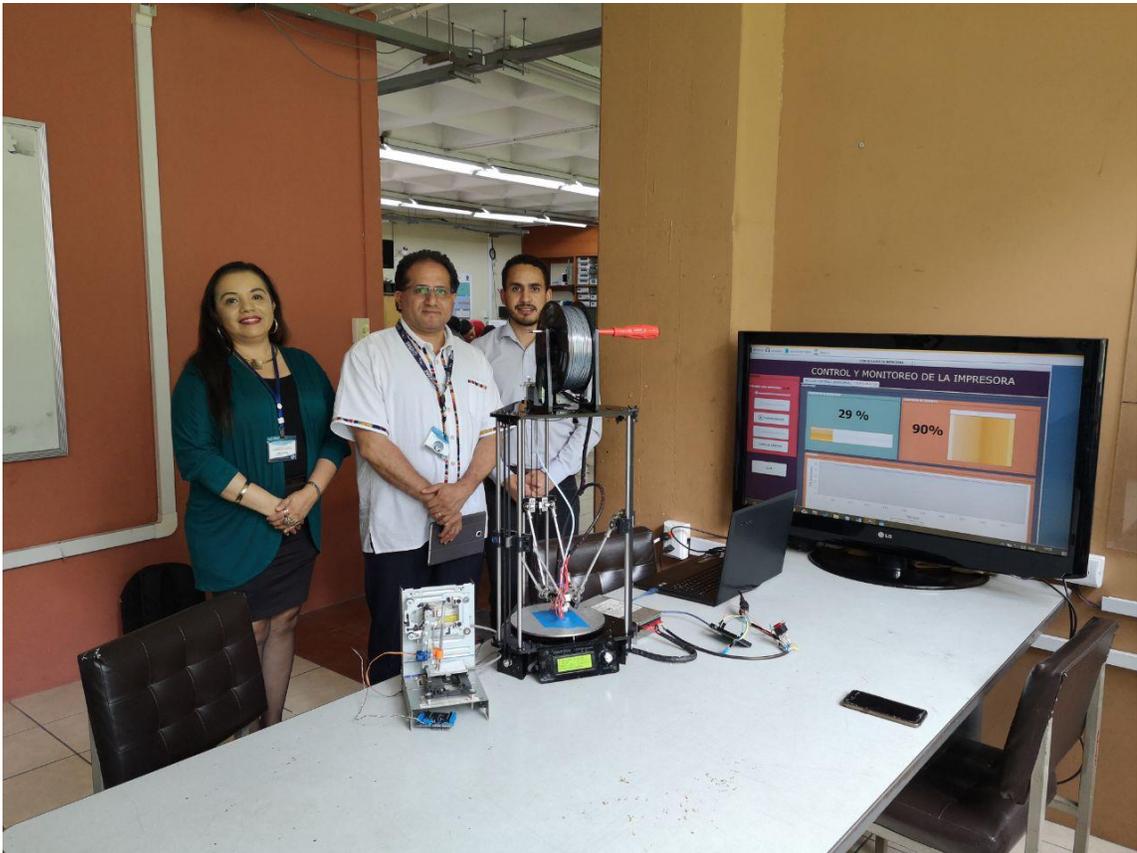
PARA CONSULTAS O SOPORTE

ESCRIBIR AL CORREO: jhersonaos7@gmail.com

ASUNTO: IMPRESORA 3D DIGI

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Fotografías sobre la presentación y capacitación del proyecto



Continúa apéndice 2



Continúa apéndice 2



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Fotografías de figura impresa con software desarrollado**



Fuente: elaboración propia.