

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE  
INFORMACIÓN DEL SISTEMA REACTOR DE UNA PLANTA PILOTO DE  
PIRÓLISIS DEL CENTRO NACIONAL DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA  
INDUSTRIA ASTIN – SENA REGIONAL VALLE**



**RIKY DAVID IDROBO BOLAÑOZ**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**TRABAJO DE GRADO**

**FECHA**

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE  
INFORMACIÓN DEL SISTEMA REACTOR DE UNA PLANTA PILOTO DE  
PIRÓLISIS DEL CENTRO NACIONAL DE ASISTENCIA TÉCNICA A LA  
INDUSTRIA ASTIN – SENA REGIONAL VALLE**



**RIKY DAVID IDROBO BOLAÑOZ**

**Trabajo de Grado para optar por al título**

**MAGISTER EN INGENIERÍA DE SOFTWARE**

**RAQUEL SOFÍA FLÓREZ MUÑOZ**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**TRABAJO DE GRADO**

**FECHA**

## Nota de aceptación

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca para optar el título de Ingeniero de Sistemas Informáticos



**Mag. Raquel Sofia Flórez Muñoz**

Directora.

C.C 25277571



**Mag. Julio Andrés Mosquera Bolaños**

Jurado.

C.C 76324478



**Esp. Carlos Antonio Flórez Arias**

Jurado.

C.C 10542997

Popayán, 15 de junio de 2022

## **Dedicatoria**

Este trabajo es una evidencia de mi trayectoria en la Carrera de Ingeniería de Sistemas informáticos, por esto quiero dedicarlo a mi familia quienes me brindaron su apoyo durante esta etapa. A mi madre y abuela que fueron mi sustento y principal motivación para alcanzar una meta más. A mi familia en especial a mi Prima Ana María siendo apoyo incondicional y amigos siempre. Dedico este trabajo a todas las personas que brindaron su confianza sobre mí, brindándome su respeto y me incentivaron a cumplir cada objetivo que me propuse.

## **Agradecimientos**

A mi madre y familia por su infinito apoyo, paciencia y comprensión aún momentos difíciles, A mi asesor por su orientación cuando más lo necesité y a todos aquellos que creyeron en mí desde el inicio.

Al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, al Ingeniero Paulo Cesar Ramírez subdirector del Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN y al Doctor Rodolfo Martínez, subdirector del Centro de Diseño y Metrología CDM, por el apoyo incondicional a la Investigación y desarrollo tecnológico, sin sus apoyos el proyecto no hubiese sido Posible. Al grupo de investigación GIDEMP y los semilleros SIA y GIDIME. Muchas, muchas gracias.

## Tabla de contenido

### Contenido

RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii
CAPITULO I PROBLEMA .....	13
1.1 Planteamiento del problema .....	13
1.1.1 Pregunta de investigación .....	14
1.2 Justificación .....	15
1.3 Objetivos .....	16
1.3.1 Objetivo General .....	16
1.3.2 Objetivos específicos .....	16
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	17
2.1 Antecedentes Bibliográficos .....	17
2.2 Bases Teóricas .....	19
2.2.1 Arquitectura Orientada a Servicios SOA .....	19
2.2.2 Tecnologías clave de SOA .....	19
2.3 Especificación de servicios web .....	20
2.3.1 SOAP .....	20
2.3.2 REST .....	21
2.4 Scrum .....	21
2.4.1 Sprint .....	22
2.4.2 Equipo Scrum .....	22
2.4.3 Ciclo de Scrum .....	22
2.5 TOGAF .....	23
2.6 Definición de términos básicos .....	24
2.6.1 Reciclaje químico .....	24
2.6.2 Reactor de tornillo .....	24
2.6.3 Controlador lógico programable (PLC) .....	24
2.7 Herramientas de apoyo .....	25
2.7.1 Node js .....	25
2.7.2 Angular .....	25

2.7.3 TypeScript.....	25
2.7.3 Express.js.....	25
2.7.4 Visual Studio Code.....	25
2.7.5 Postman.....	26
2.7.6 Trello.....	26
2.7.7 GitHub .....	26
CAPITULO III METODOLOGIA .....	27
3.1 Fase Concepto .....	28
3.2 Fase Especulación.....	31
3.3 Fase Exploración.....	32
3.4 Fase Revisión .....	32
3.5 Fase Cierre.....	32
CAPÍTULO IV RESULTADOS .....	33
4. Descripción de la Solución.....	33
4.1 Fase Concepto .....	33
4.1.1 <i>Actividad Daily Scrum</i> – estimar y priorizar <i>Product Backlog Item</i> (PBI).....	42
4.2 Fase Especulación.....	43
4.3 Arquitectura de Bloque - Solución. ....	44
Arquitectura de Negocio para la Implementación de la Solución. ....	46
4.4 Arquitectura de Despliegue. ....	47
4.4.1 Descripción de cada componente por rol.....	47
4.4.1.1 Rol Operario .....	47
4.4.1.2 Rol Mantenimiento .....	48
4.4.1.3 Rol Directivo .....	49
4.5 Vista de Datos.....	50
4.6 Arquitectura empleada .....	52
4.7 Fase de Revisión .....	53
4.8 funcionalidad Prototipo de aplicación web .....	54
4.8.1 Login .....	54
4.8.2 Dashboard .....	55
4.8.3 Interfaz Rol Directivo.....	55
4.8.4 Interfaz rol Operario.....	56
4.8.5 Interfaz rol Mantenimiento.....	57

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
5.1 Conclusiones.....	59
5.2 TRABAJOS FUTUROS.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

### Índice de Tablas

<i>Tabla 1 Formato de requisitos.....</i>	29
Tabla 2. Formato Historia de Usuario .....	30
<i>Tabla 3. Formato de priorizacion de Sprint .....</i>	30
Tabla 4. Product Backlog del Sistemas de Información del Sistema Reactor de Planta Piloto del Pirolisis. ASTIN .....	39
Tabla 5. Historia de Usuario HU-57.....	41

### Índice de Figuras

Figura 1. Modelo Operativo Empresarial Ágil .....	27
Figura 2. Comparativo Frameworks Scrum y TOGAF .....	28
Figura 3. Estrategia de recoleccion de datos. Reunión de contexto inicial.....	34
Figura 4. Diagrama de Contexto global de la Planta Piloto del Pirolisis.....	34
Figura 5. Diagrama de Motivación para Desarrollo de Sistemas de Información Planta Piloto del Pirolisis. ASTIN.....	35
Figura 6. Diagrama de Proceso de Pirolisis .....	36
Figura7.Tablero de control de tareas- herramienta trello .....	38
Figura 8 Wireframe Rol Mantenimiento .....	40
Figura 9. Modelado de AE para HU-57 Visualizar (tablero) el consumo de energía.....	44
Figura 10. BBS. Bloque de construcción para la Solución del Sistema de Información del Sistema Reactor para el Proceso de Pirólisis .....	45
Figura 11. Arquitectura de Modelado del Negocio vs el Sistemas Solución para el Sistema de Información del sistema Reactor de la Planta Prototipo de Pirolisis.....	46
Figura 12. Diagrama de Despliegue.....	50
Figura 13. Estructura del proyecto en Angular .....	51
Figura 14. Arquitectura cliente – servidor .....	52
Figura 15. Arquitectura de datos para el Sistema de Información del Sistema Reactor de la Planta Prototipo de Pirólisis. ASTIN .....	53



Figura 16 Reuniones cierre de Sprint. ....	54
Figura 17 interfaz de acceso - Login. ....	54
Figura 18 Imagen interactiva. ....	55
Figura 19 Interfaz Directivo – opción gestionar usuario .....	56
Figura 20 Interfaz Operario – opción menú tolva .....	57
Figura 21 Interfaz mantenimiento – gestión de alarmas. ....	58
Figura 22 lista de escenarios requeridos. ....	60
Figura 23 grafica de requerimientos por escenarios .....	60
Figura 24. Target Solución basado en IoT .....	61

## RESUMEN

Para el desarrollo de este proyecto se implementará una metodología híbrida entre el marco de trabajo SCRUM en la elicitación y levantamiento de requerimientos del proceso del Sistema Reactor de la planta de Pirólisis y de la metodología de arquitectura TOGAF como enfoque para el diseño y planificación arquitectudinal. El Sistema Reactor al cual se hace referencia, es un prototipo a escala diseñado y construido por los investigadores del grupo de investigación GIDEMP del Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN, ubicado en la ciudad de Santiago de Cali. Regional Valle.

En este trabajo se presentará el desarrollo de una solución tecnológica que considera el modelado de los datos en relación a los sensores del Sistema Reactor, la interacción humano computador y las *dashboard* requeridos para la visualización de los mismos; se presentará un documento en el cual en primer lugar se expondrá la metodología para el levantamiento de requisitos y la construcción de los *wireframe* (maquetación) y en segundo lugar se expondrá la metodología para la arquitectura empresarial así como los resultados obtenidos de las pruebas, de forma que esta información pueda emplearse en la construcción de nuevos modelados de datos como solución tecnológicas para procesos de pirólisis de otras plantas afines.

### **Palabras claves**

Pirolisis, Sistema reactor, digitalización de procesos.

## **ABSTRACT**

For the development of this project, a hybrid methodology was implemented between the SCRUM framework in the elicitation and gathering of requirements of the process of the Reactor System of the Pyrolysis plant and the TOGAF architecture methodology as an architectural approach to requirements. The Reactor System of the Pyrolysis Plant to which reference is made is a scale prototype designed and built by the researchers of the GIDEMP research group of the National Center for Technical Assistance to the ASTIN Industry, located in the city of Santiago de Cali. Regional Valley.

This work culminates in the development of a technological solution that considers the modeling of the data in relation to the sensors of the Reactor System, the human-computer interaction and the dashboards required for their visualization; A document will be provided in which, first, the methodology for the requirements survey and the construction of the wireframe (layout) will be presented, secondly, the supporting TOGAF business architecture will be presented, followed by the solution result, as well as the results obtained, so that this information can be used in the construction of new data models as technological solutions for pyrolysis processes of other related plants.

### Keywords

Pyrolysis, reactor system, process digitization

## INTRODUCCIÓN

El plástico se ha convertido en una constante de contaminación debido a que la producción crece exponencialmente [1], a nivel mundial, se producen al año trescientos millones de toneladas y se recicla 9% [2], en Colombia según el Departamento Nacional de Planeación DNP 49.000 toneladas de botellas plásticas por año[3], en valle del cauca se generan 3.592,68 toneladas diarias promedio de residuos sólidos[4]; el Centro de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN – SENA regional valle trabaja en una solución respecto a esta problemática global de contaminación mediante una de las categorías del reciclaje químico[5] que consiste en una planta piloto de pirolisis cuyo proceso es degradar el plástico a altas temperaturas y ausencia de oxígeno, aunque se tenga automatizado el proceso industrial se enfrentan a que los datos arrojados por cada uno de los componentes electrónicos de la planta o sensores de los cuales se pueden recolectar la información esta no está debidamente gestionada por tecnologías de la información y comunicaciones de manera que se pueda almacenar, consultar, visualizar respecto a un proceso, es importante mencionar que la planta prototipo se divide en componentes relacionados para la operación del proceso los cuales son sistema de potencia, sistema reactor, sistema de recolección y almacenamiento y sistema de refrigeración, para llevar a cabo el desarrollo del proyecto se establece como alcance el sistema reactor el cual es el centro de la planta ya que ahí ocurre la pirolisis, en apoyo a el trabajo realizado se hizo revisión de la literatura que permite tener una visión de lo que se quiere lograr algunos de estos trabajos son **Servidor para un sistema de supervisión y control de procesos industriales bajo *software* libre** [6], **Sistema de control y monitoreo eficiente basado en la *web*** [7].

De lo mencionado surge la motivación de aportar mediante la aplicación de conocimientos adquiridos en el pregrado de ingeniería de sistemas informáticos un prototipo solución tecnológico que apoya a otra solución o proyecto que vela por mitigar la contaminación por plástico,

## CAPITULO I

### PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento del problema

La producción de plástico aumenta exponencialmente y el principal problema con estos residuos es que no son biodegradables, perduran por muchos años en el medio ambiente[1], como los mencionados a continuación: El polietileno tereftalato (PET), Polietileno de alta densidad(HPDE), cloruro de polivinilo(PVC), Polietileno de alta densidad(LDPE), Polipropileno(PP), Poliestireno(PS), entre otros como acrílicos, policarbonatos, etc.[2] Estos generan contaminación de los océanos, transmisión de enfermedades y afecciones respiratorias por vertimiento y quema a cielo abierto, según informe del Banco Mundial[8]. Los residuos de plástico son una constante de contaminación medio ambiental a nivel mundial, se producen al año trescientos millones de toneladas y se recicla 9%[2], en Colombia se genera 11.6 millones de toneladas de residuos sólidos al año. Según el Departamento Nacional de Planeación DNP[3], se generan 49.000 toneladas de botellas plásticas al año de las cuales 31.200 son transformadas por dos empresas dedicadas a esta labor[9]. En el departamento del Valle de Cauca se generan 3.592,68 toneladas diarias promedio de residuos sólidos, respecto a los 1102 municipios del país[4].

Como una alternativa tecnológica a la disposición final de residuos plásticos se tiene el reciclaje químico[10] este sobresale por presentar un cambio físico a uno químico degradando los polímeros a compuestos químicos base y combustible. Este tipo de reciclaje presenta cuatro métodos tecnológicos estos son **pirólisis**, **hidrogenación1**, **gasificación2**, **metanolisis3**[5]; para este proyecto, se selecciona el proceso de pirólisis, el cual, es un proceso inverso de ingeniería que permite obtener los elementos base con los que fue construido el producto de plástico en presencia de temperaturas altas y muy bajas o ausencia de niveles de oxígeno, se describe más detalladamente en[11].

El Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria – ASTIN SENA Regional Valle cuenta con una planta piloto para realizar el proceso de pirólisis. La planta está

dividida en componentes para el control de proceso de pirólisis, identificados globalmente como: Sistema de potencia permite el encendido y apagado de Motor reductor y variador, Sistema Reactor es donde sucede el proceso de pirólisis permite cargar material a través de la tolva, calentamiento y transporte de material mediante el tornillo sin fin y elementos de regulación térmica, Recolección y almacenamiento de productos mediante tanques de condensados, tanque para sólidos, bomba de vacío, tanque baja presión, y Sistema de refrigeración de agua permite encender y apagar *chiller* enfriador de agua,[12].

El sistema Reactor[13] es el principal componente donde ocurre el proceso de degradación de la materia prima (plástico) en la planta piloto, genera diferentes datos que no están siendo gestionados mediante el uso de tecnologías de la información y comunicaciones (TICs) que supla las exigencias de transformación digital[14].La no gestión y almacenamiento sistémico de los datos ocasiona una pérdida de información que dificulta la administración del proceso más detalladamente, de la entrega de informes y de monitoreo constante del proceso productivo.

### **1.1.1 Pregunta de investigación**

De lo anterior surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo implementar un sistema de información que apoye la administración del reactor de la planta piloto en el proceso de pirólisis del Centro Nacional de Asistencia a la Industria – ASTIN, SENA Regional Valle con tecnologías 4.0?

## 1.2 Justificación

La gestión y altos índices de residuos sólidos generados en promedio diariamente (3.592,68 Toneladas aprox.) en el departamento del Valle del Cauca[4] son causa de interés en este proyecto de investigación. El ASTIN, SENA - Regional Valle, responde a los empresarios, comunidad y educación frente a esta problemática con la realización de proyectos relacionados a la gestión de residuos sólidos aprovechables (plástico) con el proceso de pirólisis.

En apoyo a los intereses mundiales respecto a cuidar el medio ambiente, el aportar a la Organización de las Naciones Unidas ONU en donde se han establecido diecisiete objetivos de desarrollo sostenibles en los cuales enmarcan diferentes aspectos para la preservación del medio ambiente, calidad de vida humana, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsable[15][16], desarrollar este proyecto sería aportar con un grano de arena para la regional Valle del Cauca en el Objetivo 9: “Infraestructura resiliente, industria sostenible y fomentar la innovación en el aprendizaje de toda la comunidad referente al aprovechamiento de estos materiales desde el punto de la ingeniería”[17].

Esto es una motivación profesional, personal y académica para ver el potencial de incluir aportes de conocimiento e ingeniería de *software* en el desarrollo del proceso de pirólisis, con la intención de aplicar los conocimientos adquiridos en mi carrera profesional como: uso de metodologías de *software*[18][19], abstracción y análisis de información, diseño de arquitectura[20][21] y desarrollo de sistemas de información orientada al sector industrial - educativo del SENA.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Implementar un prototipo de sistema de información que permita la gestión de datos del Sistema Reactor de la Planta de Pirólisis diseñada por el ASTIN. SENA Regional Valle.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- **OE 1.** Definir los requisitos de un sistema de información para el Sistema Reactor de la Planta de Pirólisis usando una arquitectura orientada a servicios.
- **OE 2.** Diseñar una arquitectura orientada a servicios del sistema de información para el Sistema Reactor de la Planta de Pirólisis del ASTIN.
- **OE 3.** Evaluar el prototipo del sistema de información propuesto para el Sistema Reactor de la Planta de Pirólisis del ASTIN.



## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes Bibliográficos

Las siguientes aplicaciones están diseñadas para resolver problemas mediante la implementación de *software* libre en apoyo a diferentes procesos industriales para control y monitoreo basado en la *web*.

**Servidor para un sistema de supervisión y control de procesos industriales bajo *software* libre:** Este proyecto plasma el desarrollo de un sistema servidor para un aplicativo de supervisión y control de procesos industriales basado en *software* libre que permite realizar reportes de las variables existentes en el proceso, cuenta con pantallas modulares como la interfaz de usuario, manejo de alarmas, gráficos y tendencias donde se pueden realizar diferentes configuraciones como crear, editar, eliminar usuarios, alarmas para un proceso determinado, también permite realizar historiales gráficos de un proceso[6].

**Sistema de control en tiempo real para una planta piloto compacta usando *software* libre:** Este proyecto se desarrolla en una planta piloto compacta integrada con componentes industriales con fines académicos e investigativos, el sistema de control se implementa con *software* libre el cual permite en tiempo real la operación de los diferentes componentes de la planta individual o multivariado como el caudal en la tubería, presión en bombas, nivel de tanques[22].

**Sistema de control y monitoreo eficiente basado en la *web*:** Este artículo muestra un nuevo enfoque de los sistemas de adquisición de datos y control de supervisión basados en computadora (SCADA), aplicaciones de escritorio que han sido importantes en los procesos industriales pero que gracias al avance de las tecnologías de información estas aplicaciones pueden basarse en la *web*, también haciendo uso de *software* libre[7].

### **Sistema de Control y Supervisión Industrial Multiplataforma**

Desarrolla un estudio enfocado a implementar una herramienta de supervisión y control de procesos industriales que permita el almacenamiento y acceso remoto para usuarios de la herramienta por medio de *Internet*, mediante sistemas telemáticos y comunicación industrial como son OPC (*OLE for Process Control*) y servicios *web*[23].

### **Desarrollo de un sistema SCADA para el control de caudal basado en Linux**

En este artículo se presenta un aplicativo SCADA *Web* de control y supervisión de procesos en *internet*, esta aplicación permite supervisar y controlar de forma remota un conjunto de bombas en un laboratorio de mecánica de fluidos[24].

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Arquitectura Orientada a Servicios SOA

La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) es considerado un paradigma o modelo de arquitectura flexible que proporciona soluciones en base a los requerimientos de la empresa, esta permite interrelacionar los componentes funcionales de una aplicación mediante diferentes herramientas o tecnologías, llamados servicios favoreciendo la interoperabilidad y escalabilidad de las aplicaciones por el débil acoplamiento que se presenta entre servicios. [25][26].

### 2.2.2 Tecnologías clave de SOA

#### 2.2.2.1 BPM o *Business Process Management*

*Business Process Management* – BPM, tecnología conocida como la gestión de procesos de negocio, así como su nombre lo menciona BPM se enfoca en la gestión sistemática de procesos de negocio permitiendo a las empresas modelar, automatizar, integrar, monitorizar y optimizar constantemente sus procesos[27] .BPM tiene enfoque de manejo de procesos con herramientas tecnológicas para estandarizar y disponer información automatizada de modo que lo productos y servicios sean más eficientes minimizando el tiempo de los procesos en la organización basándose en los objetivos estratégicos y necesidades del cliente. [28]

#### 2.2.2.2 *Web Services*

Los servicios web se consideran como el software o aplicación diseñada para soportar el intercambio de operaciones sin necesidad de conocer detalles de los respectivos sistemas de información utilizados por las organizaciones [29]. Desde el punto de vista de negocio los servicios web son integradores de aplicaciones en una empresa, basados en estándares de comunicación como XML para representar

los datos, SOAP protocolo de intercambio de datos y WSDL lenguaje que describe la funcionalidad del servicio *web*. [26]

### **2.2.2.3 El ESB o *Enterprise Service Bus***

El ESB es un integrador en el que conectan los servicios y mediante el cual se envían los mensajes o peticiones y respuesta al destino en base al tipo de servicio ya que actúa como un ruteador inteligente, también tiene la capacidad de reformatear los datos para adaptarlos a las diferentes aplicaciones y proveer el manejo de eventos[25]. ESB es responsable de la lógica necesaria para que la estructura funcione, permite vincular las aplicaciones indirectamente y sus funciones ofrecen alta disponibilidad, escalabilidad, desacoplamiento, conversión de protocolos, transformación de mensajes, enrutamiento y seguridad.[30]

## **2.3 Especificación de servicios web**

Son dos las tecnologías más utilizadas para el desarrollo de aplicaciones orientadas a servicios, estas son SOAP que se centra en enviar mensajes XML para comunicar cliente y servidor, *REST* permite implementar servicio *web* bajo el protocolo Http dando acceso a recurso al cliente.[31] a continuación se describen las tecnologías mencionadas.

### **2.3.1 SOAP**

SOAP es la tecnología o servicio *web* específico que se describe mediante la definición WSDL, establece comunicación entre cliente y servidor mediante envío de mensajes formato XML que se envía a través de protocolo de *internet* HTTP[29].

#### **2.3.1.1 Elementos de un mensaje SOAP**

Son cuatro los elementos que componen los mensajes SOAP se describen a continuación: **El sobre (*Envelope*)** es el elemento padre o raíz de cada mensaje SOAP, tiene dos hijos un ***header*** (cabecera) elemento opcional para enviar información de control y procesamiento para el tratamiento de mensajes por los clientes, un

*body* (cuerpo) elemento obligatorio que contiene la información que va a ser entregada al cliente; el cuarto elemento es el *Fault* (error) encargado de capturar los errores que pueden surgir.[32]

### 2.3.2 REST

Los servicios web basados en *REST* proponen una alternativa más simple a SOAP Y WSDL. REST fue publicado en el año 2000 por Roy Fielding en la universidad de california, basado en los siguientes principios.

#### 2.3.2.1 Principios *REST*

Se pueden nombrar cuatro principios clave para considerar un servicio web basado en *REST*, uno es emplear **métodos del protocolo HTTP** que realizan una función específica como es *GET* que se usa para obtener un recurso de servidor, *POST* utilizar este método permite crear un recurso en el servidor, *PUT* permite cambiar el estado de un recurso y *DELETE* elimina un recurso en el servidor; el segundo principio es que ***REST no mantiene un estado*** lo que quiere decir es que cuando se realiza una petición el servidor no la mantiene mientras pasan las solicitudes, para cubrir esta demanda de solicitudes se debe disponer de un escalamiento mediante balanceador, cluster, servidores para distribuir peticiones y disminuir el tiempo de respuesta; por tercer principio se tiene el **formato de directorios *URI*** identificador de recursos uniforme o del inglés *uniform resource identifier* es una cadena de caracteres que identifica los recursos en una red se pueden crear de manera fácil como y similar a la de un directorio, cuarto y último principio es la **Representación** de las repuesta emitidas por el servicio web en formato XML o JSON, que pueden ser usadas por otras aplicaciones desarrolladas en cualquier lenguaje de programación.[33]

### 2.4 Scrum

Considerado un marco de trabajo para el desarrollo de proyectos, productos y aplicaciones, basado en la inteligencia colectiva, mediante roles, presenta las

características de trabajo iterativo e incremental mediante sprint el cual tiene estimado un tiempo de desarrollo para la entrega de artefactos, se realiza una reunión diaria de máximo 15 minutos para dar a conocer lo que se hizo de la tarea asignada, lo que se va hacer hasta la próxima reunión y las dificultades que se tienen, dentro del equipo debe existir una auto organización y colaboración para lograr lo planeado.

### **2.4.1 Sprint**

Es una iteración realizada por el equipo la cual tiene un tiempo estimado de una a cuatro semanas máximo de duración y al finalizar genera un artefacto, sin tiempo muerto entre un *sprint* y otro.

### **2.4.2 Equipo Scrum**

Definido por tres Roles

- **El dueño del producto (*Product Owner*)** persona que representa al cliente, es la encargada de decidir sobre características y funcionalidades del producto
- ***Scrum Master*** es la persona que tiene el conocimiento y la encargada de compartir e instruir los lineamientos sobre la metodología Scrum
- **Equipo de desarrollo** está integrado por personal multidisciplinario como programadores, diseñadores, arquitectos de *software* y *testers*, son quienes realizan el desarrollo del producto.

### **2.4.3 Ciclo de Scrum**

#### **2.4.3.1 Planificación**

Se realizan actividades referentes al desarrollo de un proyecto Software, definiendo lo requerimientos da acuerdo a la perspectiva del cliente y modelo de negocio, priorizando las necesidades según la visión general del proyecto.

#### **2.4.3.2 Planificación *sprint***

En reunión con todo el equipo se designan responsabilidades que corresponden a actividades basadas en los requerimientos, que se

ejecutaran durante el sprint. Se define un plazo de entrega de la actividad dependiendo de la dificultad de la misma.

#### **2.4.3.3 Desarrollo**

En esta fase se implementan las funcionalidades con la respectiva entrega de tareas por *sprint (backlog de sprint)* que permite la integración del equipo y un incremento en la funcionalidad *software* gracias a la coordinación del equipo y reuniones diarias.

#### **2.4.3.4 Reunión diaria**

Se realizan reuniones diarias para responder a las siguientes preguntas ¿Qué se hizo? Según lo planeado y asignado, ¿Qué se va a hacer? Hasta la próxima reunión y ¿Qué dificultad o dificultades se tienen para el desarrollo de la tarea? Con el fin de dar solución a los impedimentos y que el equipo pueda seguir trabajando sin preocupaciones.

#### **2.4.3.5 Ceremonia de revisión**

La ceremonia de revisión se llevara a cabo el último día del sprint donde se presentaran las funcionalidades alcanzadas dando una demostración al dueño del producto para que pueda sugerir mejoras o aprobar las funciones desarrolladas o rechazar eventualmente si no se ha cumplido con el objetivo.

#### **2.4.3.6 Retrospectiva**

El equipo Scrum se reúne para realizar un análisis que permite resaltar lo bueno y ajustar los resultados que no satisfizo al dueño del producto. Teniendo en cuenta lo dicho en la ceremonia de revisión se deben tomar medidas concretas a emplear para motivar al equipo a superar las dificultades del trabajo a fin de mejorar.

La breve descripción de la metodología Scrum se realiza con el apoyo de [34][35]

## **2.5 TOGAF**

Es un estándar de *The Open Group*, es una metodología y un marco de arquitectura empresarial probados que utilizan las organizaciones líderes en el mundo para mejorar

la eficiencia empresarial [36]. La arquitectura atraviesa múltiples sistemas y múltiples grupos funcionales dentro de la empresa.

## **2.6 Definición de términos básicos**

### **2.6.1 Reciclaje químico**

Este tipo de reciclaje también conocido como termoquímico envuelve técnicas que permite que los residuos plásticos (poliméricos) recolectados se degraden químicamente en componentes químicos base (monómeros), las técnicas involucradas son pirolisis, hidrogenación, gasificación, metanolisis[37].

#### **2.6.1.1 Pirólisis**

La pirolisis es un proceso que consiste en romper la estructura molecular de los compuestos en un ambiente controlado a temperaturas altas entre los 350 y 900 °C y ausencia de oxígeno teniendo como resultado la degradación térmica de residuos plásticos en sus componentes químicos base[37].

### **2.6.2 Reactor de tornillo**

El reactor de tornillo es un equipo que consta de una Tolva de entrada donde ingresan los residuos para ser entregados a un tornillo sinfín encargado de transportar la materia prima mediante su velocidad de giro a través de un cilindro calefaccionado donde ocurre el proceso de degradación[38].

### **2.6.3 Controlador lógico programable (PLC)**

El controlador lógico programable PLC es un equipo electrónico basado en microprocesadores surge como alternativa a los controladores eléctricos con relés. Al PLC lo conforma una CPU, interfaces de entrada/salida con los sensores/actuadores del proceso y módulos de comunicación que permite agregar una computadora para el control del proceso[39].



## 2.7 Herramientas de apoyo

### 2.7.1 Node js

*Nodejs* es un entorno de ejecución para *JavaScript* orientado a eventos asincrónico que se ejecuta en la capa del servidor, este puede procesar múltiples conexiones simultáneas y a cada conexión se activa un *callback* o devolución de llamada pero si no hay acciones a realizar *node.js* entra en un estado de reposo [40][41].

### 2.7.2 Angular

Angular es un plataforma de desarrollo *web frond-end* como marco de JavaScript, dicho marco es de código abierto desarrollado por google bajo la licencia del MIT en el año 2010 [42]; también se puede decir que angular es un marco basado en componentes con una estructura en árbol lo que quiere decir es que cada aplicación de angular tiene un componente raíz o padre y también componentes hijos que puede tener hijos y hermanos[43].

### 2.7.3 TypeScript

*TypeScript* es el lenguaje de programación que permite mejorar falencias de JavaScript, crear código más limpio y escalable. Para la ejecución de este lenguaje con *node.js* es necesario convertir el código de *typescript* a *JavaScript* mediante un transcompilador. [40]

### 2.7.3 Express.js

*Expressjs* es un *framework* escrito en *JavaScript* hecho para *nodejs*, permite crear y organizar aplicaciones *web* y APIs, utiliza la arquitectura Modelo, Vista, Controlador, MVC; para la creación de rutas y peticiones.[44]

### 2.7.4 Visual Studio Code

Es un editor de código fuente, desarrollado por *Microsoft* a disposición de las plataformas de *Windows*, *MacOS*, *Linux*, con soporte para depuración y control de *Git* integrado y amplio ecosistema de extensiones para diferentes lenguajes de programación.[45]

### **2.7.5 Postman**

Es una herramienta que tiene como finalidad crear y enviar peticiones http a servicios *REST* (*GET, POST, PUT, DELETE*) mediante una interfaz gráfica, de manera sencilla. Se pueden realizar pruebas de API rápidas, perfectas y automatizadas.[46]

### **2.7.6 Trello**

*Trello* es una herramienta que permite la gestión del trabajo, como planificación y ejecución tareas diarias, llevar el control de progreso de un proyecto de manera visual [47]

### **2.7.7 GitHub**

*GitHub* es una plataforma que permite crear repositorios para el alojamiento de proyectos de ingeniería informática que ofrece a los desarrolladores guardar su código en la nube de forma segura, estando centralizada la información del repositorio permite la colaboración de varios desarrolladores, esta plataforma fue de gran ayuda para la elaboración del proyecto. [48]

### **2.7.8 MySQL WorkBench**

*MySQL WorkBench* es una herramienta que permite diseñar, administrar bases de datos, además de crear y realizar mantenimiento para el sistema de bases de datos de MySQL. Esta herramienta me fue útil para realizar el diagrama relacional de tablas y posteriormente generar el script del mismo para ser ejecutado en el servidor donde estará alojada y centralizada.[49]

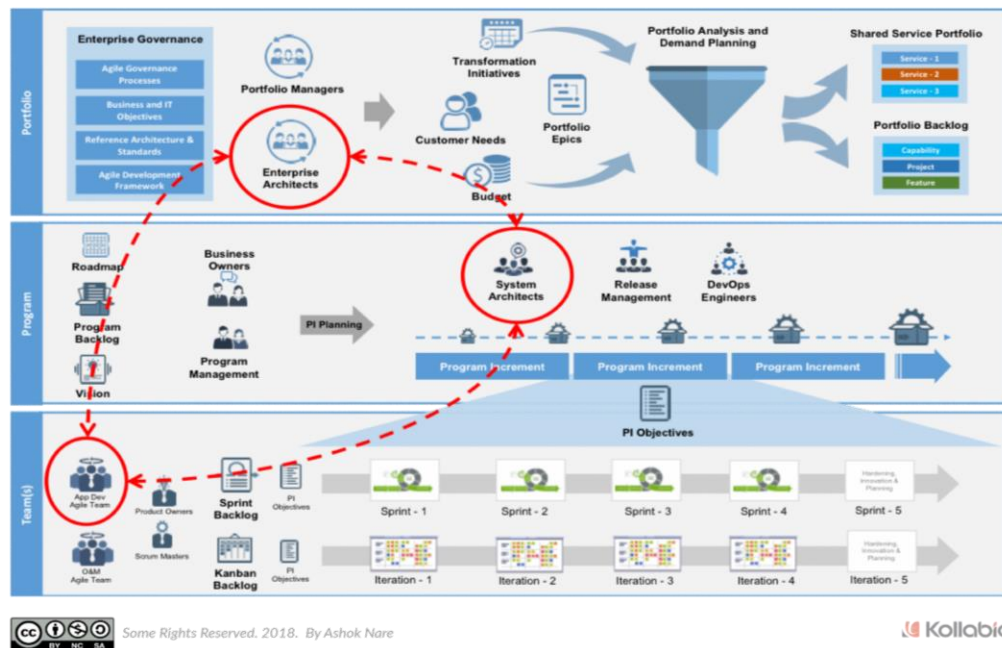
### **2.7.9 CleverCloud**

Es una plataforma como servicio, tiene como propósito contribuir a las empresas a lanzar más rápido los servicios *web* en la nube, se utiliza para almacenar base de datos en MySQL y así tener los datos centralizados.[50]

## CAPITULO III METODOLOGIA

Soluciones web que consideren procesos digitalizados, red de objetos físicos automatizados con tecnologías embebidas para comunicar, medir e interactuar con sus estados y el exterior requieren de una metodología que cubra el despliegue en su compuesto de Industria 4.0 en pro de las organizaciones de manera estructurada. En este capítulo se plasma la organización del trabajo a realizar durante la investigación a través de la descripción del uso de una metodología híbrida entre el *framework Scrum* [51] y el *framework TOGAF* [36]. Ver Figura 2. Comparativo *Frameworks* Scrum y TOGAF. Scrum como estrategia para gestión de desarrollo y Togaf como estrategia de arquitectudinal empresarial de gestión de requisitos. Ver figura 1: Modelo Operativo Empresarial Ágil

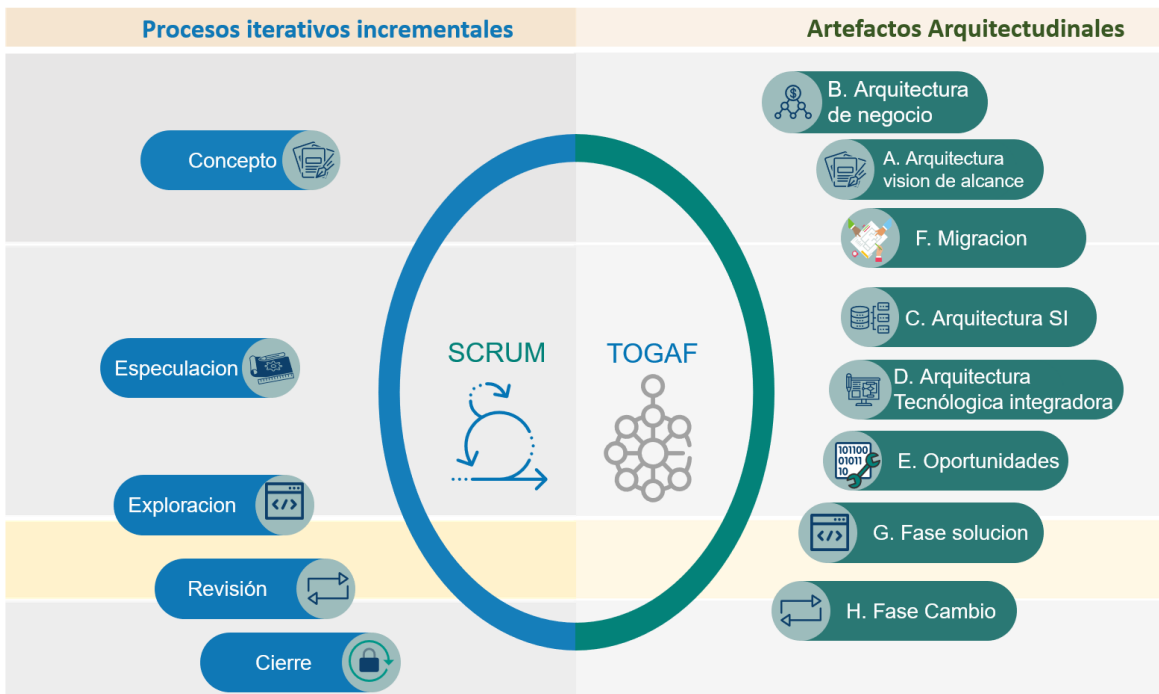
Figura 1. Modelo Operativo Empresarial Ágil



Fuente: <https://www.kollabio.com/do-common-platforms-stifle-innovation-agile-enterprise/agile-ea-common-platforms/>

En el siguiente cuadro se presenta la convergencia entre las metodologías, de los artefactos y de las tareas que servirán de apoyo al desarrollo del proyecto, por lo cual es adecuado mencionar que el marco de trabajo permite hacer entregas constantes y los artefactos arquitecturales apoyaban las entregas.

Figura 2. Comparativo Frameworks Scrum y TOGAF



Fuente: Creación Propia

Fuente: Creación Propia

### 3.1 Fase Concepto

En esta primera fase de desarrollo del proyecto se definió la forma general de las características del producto, se construyen los artefactos arquitecturales convergentes de Fase A y F de Togaf y se asigna el equipo que se encargará de su desarrollo [51], es exacto decir que hace las bases de análisis y planeación, las tareas a considerar son:

1. Recolectar la información sobre el contexto requerido para la solución.

Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales

2. Documentar formalmente a través de un artefacto Scrum. Ver figura 3. Formato Historia de Usuario GIDEMP

Para establecer los requisitos se debe considerar la visión del producto en historias de usuario escritas en lenguaje natural siguiendo la estructura:

**Yo** como [Rol], que permite identificar quien ejecuta la acción, **Requiero** [una funcionalidad], que permite identificar el nombre de la funcionalidad de manera clara y diciente a fin de poder reconocer rápidamente la necesidad a resolver, **Para** [un motivo], que denota la razón e importancia de las historias de usuario especificando el valor que trae para el negocio y los criterios de aceptación de la historia de usuario [52]. Ver *Tabla 1 Formato de requisitos* y *Tabla 2. Formato Historia de Usuario*

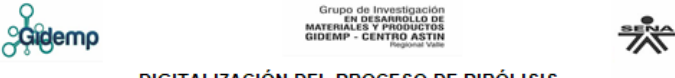
Tabla 1 Formato de requisitos

 <p style="text-align: center;">DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE PIRÓLISIS Formato de Requisitos Proyecto LDP</p>		
Como	Requiero	Para

Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp - ASTIN. SENA

3. Aplicar la técnica de prototipado para validar la información recolectada (*WireFrame*)
4. Establecer criterios de Aprobación

Tabla 2. Formato Historia de Usuario



**DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE PIRÓLISIS**  
Formato de Historia de Usuario

Número: \_\_\_\_\_ Usuario: \_\_\_\_\_  
 Nombre de la Historia: \_\_\_\_\_  
 Prioridad de Negocio: \_\_\_\_\_ Riesgo: \_\_\_\_\_  
 Puntos estimados: \_\_\_\_\_ Iteración asignada: \_\_\_\_\_  
 Programador responsable: \_\_\_\_\_

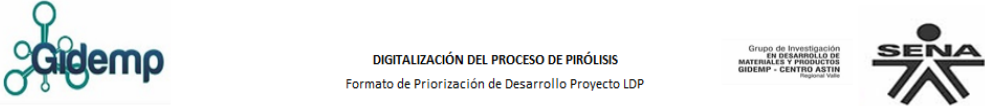
Descripción
<p><b>Rol + requiere...+ que permite... + para que...</b></p>

Criterios de Aceptación

Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp - ASTIN. SENA

5. Planear, estimar y priorizar. *Ver. Tabla 3. Formato de priorización de Sprint*

Tabla 3. Formato de priorización de Sprint



**DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE PIRÓLISIS**  
Formato de Priorización de Desarrollo Proyecto LDP

ID	Backlog	Escenarios	Caracterización	ID_PBI	PBI	State	Input	Output	Description	Acceptance Critería

Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp - ASTIN. SENA

Por otro lado, Togaf plantea un esquema arquitectudinal para la gestión de requisitos, la cual, sirve de apoyo a la planeación y proyección para los dueños del producto.

**B. Diseñar la arquitectura de Negocio** para posteriormente poder alinear la TI (datos, aplicación y tecnología)

**Fase A. Visión de la arquitectura**, implica desarrollar una visión de la arquitectura definiendo el alcance y la estrategia para lograr.

### 3.2 Fase Especulación

En esta primera fase se hacen disposiciones con la información obtenida, se propone modelado de solución y se establecerán los límites que marcarán el desarrollo del producto, esta fase se repite en cada iteración.

1. Desarrollar y revisar los requisitos generales.

#### **Diseño**

- a. Identificar los atributos de Calidad de la arquitectura (Escenarios arquitecturales)
- b. Seleccionar los drivers arquitecturales (patrones de diseño, estilos y patrones arquitecturales)
- c. Diagramar la solución

#### **Calidad**

- d. Selección de las tecnologías
- e. Selección de *frameworks* de desarrollo
- f. Selección de proveedores
- g. Utilizar propiedad colectiva de código. Versionador

#### **Desarrollo**

- h. Desarrollar y revisar los requisitos generales
  - i. Mantener la lista de las funcionalidades que esperan
  - j. Plan de entrega. Se establecen las fechas de las versiones, hitos e iteraciones.
  - k. Medir el esfuerzo realizado en el proyecto [52].
2. Mantener la lista de funcionalidades que esperan
  3. Establecer el plan de entrega

En concordancia, se adoptan el modelado ADM<sup>1</sup> en su esquema arquitectudinal, para:

**Fase C.** Diseñar la Arquitectura de Sistemas de Información para el cambio propuesto en los servicios y procesos (datos y aplicaciones)

**Fase D.** Diseñar las Arquitectura Tecnológicas define la arquitectura integradora a desarrollar.

**Fase G.** El desarrollo de la solución se realiza transversalmente en iteraciones sobre entregas parciales y/o totales.

### **3.3 Fase Exploración**

Se incrementa el producto en el que se añaden las funcionalidades de la fase de Especulación, considerando:

### **3.4 Fase Revisión**

El equipo revisa lo construido y se contrasta con el objetivo deseado

### **3.5 Fase Cierre**

Se entregará en la fecha acordada una versión del producto deseado. Al tratarse de una versión, el cierre no indica que se ha finalizado el proyecto, ello sugiere la existencia de cambios, denominados “mantenimiento”, que hará que el producto final se acerque al producto final deseado. Considerar que esta fase no indica la finalización del proyecto.

Eventos para las Fases de Exploración, Revisión y Cierre.

1. *Daily Scrum*
2. *Sprint review*
3. *Retrospective*

Finalmente, Togaf Ofrece la Fase G de Control de la Implementación, la cual es la ejecución del Sistema de soporte para la toma de decisión en la solución TI y de la fase H de

---

<sup>1</sup> Architecture Development Method es el método definido por TOGAF para el desarrollo de una arquitectura empresarial que cumpla con las necesidades empresariales.



Administración del Cambio, con arquitectura solución, artefactos para monitorear y evaluar los sistemas existentes para determinar cuándo iniciar un nuevo ciclo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4. Descripción de la Solución**

##### **4.1 Fase Concepto**

En esta primera fase de desarrollo del proyecto se definió la forma general de las características del producto.

#### 1. Tarea de recolección del contexto de la información requerida para la solución

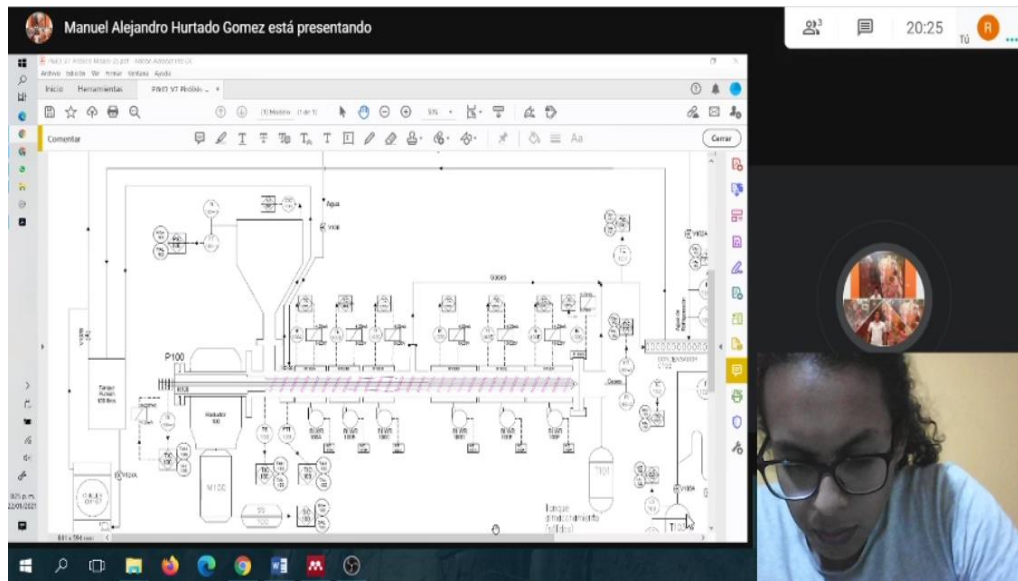
Mediante la estrategia de entrevista se realizaron reuniones a través de la plataforma de *Google meet* con el dueño del producto, el centro ASTIN, SENA de la Regional Valle representada por ingenieros electrónicos, ingenieros químicos, ingenieros mecánicos, con el fin de entender las necesidades y el contexto para el desarrollo.

En la primera reunión y posteriores se abordó el proceso de funcionamiento de la Planta de Pirólisis, ver la *Figura 3. Estrategia de recolección de datos. Reunión de contexto inicial*. El objetivo de la reunión se centró en la explicación técnica de instrumentación de la Planta prototipo de Pirólisis en referencia al Sistema Reactor mediante la socialización de cada una de sus componentes, los sensores asociados y otros dispositivos, esta reunión fue apoyada con el uso de documentación entre ellas: *P&ID\_Pirólisis-Model*, ver *Figura 3. Estrategia de recolección de datos. Reunión de contexto inicial*; el *Grafset*, el cual describe el proceso de la planta para un HMI<sup>2</sup> muy parecido a un diagrama de flujo.

---

<sup>2</sup> Pantalla de operación local

Figura 3. Estrategia de recolección de datos. Reunión de contexto inicial

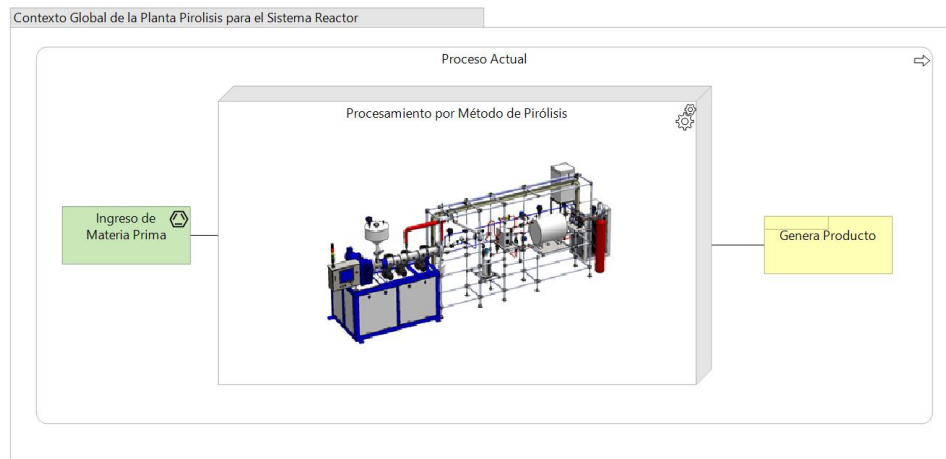


Fuente: Toma de reunión del 07/09/2021

## Fase A. Visión de la arquitectura.

**Diagrama de Contexto.** Sirviendo de la AE para dar claridad sobre el alcance de la solución, se determinó la arquitectura actual. Ver Figura 4. *Diagrama de Contexto global de la Planta Piloto del Pirolisis.*

Figura 4. Diagrama de Contexto global de la Planta Piloto del Pirolisis.



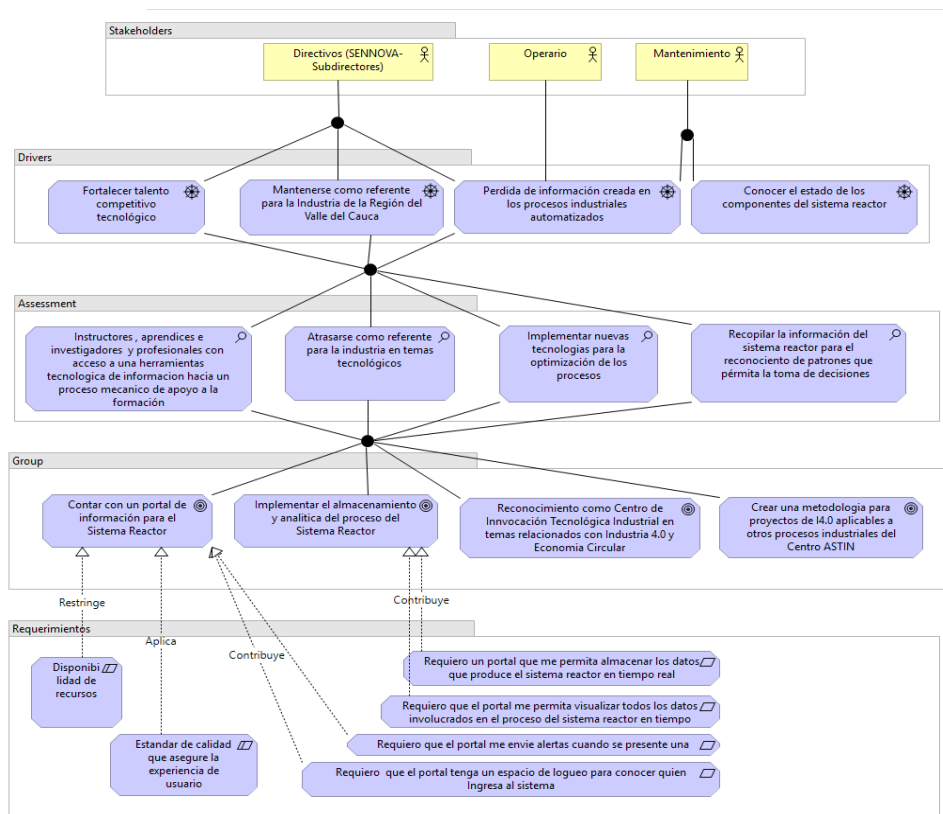
Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp - ASTIN. SENA

En donde se puede identificar el ingreso el contexto de la Planta de Pirolisis, en donde la materia prima ingresa a un proceso mecánico, para dar salida a un producto no determinado. El sistema Reactor [11] es la fuente principal de interés debido a que en este componente ocurre el proceso de degradación de la materia prima (plástico) en la planta piloto, que genera diferentes datos, datos que desean ser almacenados, gestionados y de conocimiento para la generar reportaría.

## Fase B. Diseñar la arquitectura de Negocio.

**Diagrama de Motivación.** Se realizó una visión general de la organización en referencia al alcance del proyecto, considerando elementos fundamentales como, procesos de la organización, revisión de interesados, impacto esperado de la solución, definir componentes para la hoja de ruta, definir los componentes de solución, seleccionar modelos de referencia para posteriormente poder alinear la TI (datos, aplicación y tecnología)

Figura 5. Diagrama de Motivación para Desarrollo de Sistemas de Información Planta Piloto del Pirolisis. ASTIN

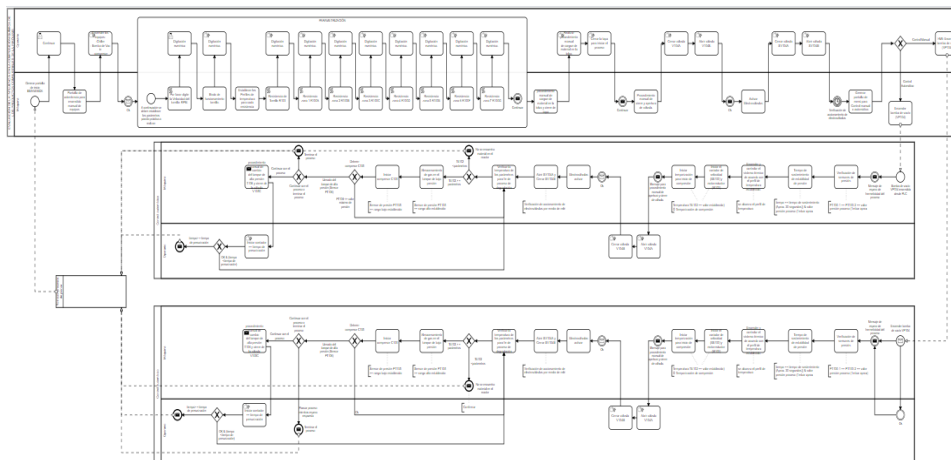


Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp - ASTIN. SENA

Se identificaron tres (3) *stakeholders*<sup>3</sup> [53] a considerar: Directivos, Operarios y Mantenimiento, Sus impulsores son el fortalecimiento competitivo y tecnológico, aprovechamiento de los recursos buscando condiciones para eliminar la pérdida de información y mantenerse como referente en el Valle del Cauca, en innovación, con la construcción de estas robustas máquinas que aportan en la Economía Circular, también, en tecnología relacionado a la I4.0. Su enfoque está en el aprendizaje y en la investigación que puede proporcionar la información analizada del Sistema Reactor del prototipo de la Planta Piloto de Pirólisis. Por otro lado, consideran el número de talento humano beneficiado al acceso a herramientas tecnológicas. Ver Figura 5. *Diagrama de Motivación para Desarrollo de Sistemas de Información Planta Piloto del Pirolisis. ASTIN*

**Diagrama de Proceso.** Dentro de la información recopilada y de material de apoyo mencionado llamado *grafcet*, se modelo el diagrama de proceso de negocio en donde se pueden observar los actores involucrados y las acciones que realizan con el fin de sintetizar la información y dejar en evidencia la comprensión de dicho proceso. Ver *Figura 6. Diagrama de Proceso de Pirolisis*, realizado en la aplicación *web* de uso libre BPMN.IO

Figura 6. Diagrama de Proceso de Pirolisis



Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales. SENA Semillero SIA-ASTIN. Aprendiz Investigador Oscar Andres Ocampo Mendoza.

<sup>3</sup> Interesados internos o externos

## 2. Documentación formal de los requisitos.

Siguiendo con el marco de trabajo Scrum, en alineación se realizó la redacción de identificación de requisitos para determinar las funcionalidades que se esperaría de la solución tecnológica. Ver *Tabla 4. Product Backlog del Sistemas de Información del Sistema Reactor de Planta Piloto del Pirolisis*. Hace referencia a la lista de productos para el Sistemas de Información del Sistema Reactor de Planta Piloto del Pirolisis. ASTIN, con un total de sesenta y cinco (65) Product Backlog Item (PBI<sup>4</sup>) [54]

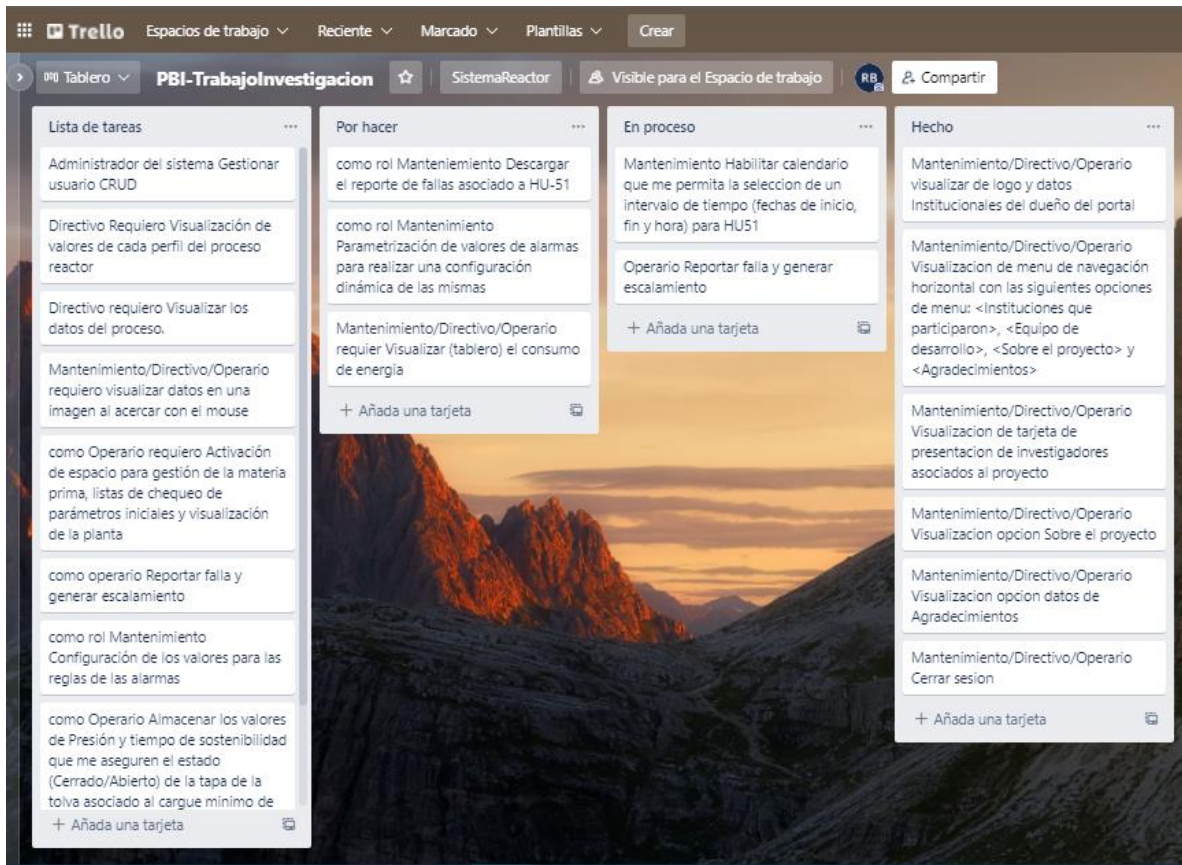
### Tablero de control de Requerimientos

El tablero de control de requisitos o tareas cuenta con las columnas Lista de tareas es de donde se eligen las tareas a desarrollar de acuerdo con una prioridad dada por el equipo de desarrollo y la participación del dueño de producto se utilizó la técnica de MOSCOW la cual se describe en Priorización. Actividad *Planning Meeting*, una vez elegido el requerimiento pasa a la columna en proceso indicando que se está desarrollando, la columna por hacer es donde se consigna las tareas pendientes o complementos de la tarea en proceso, la columna hecho es donde se consignan los requerimientos terminados es decir que cumplen con todo lo estipulado en el PBI.

---

<sup>4</sup> PBI es cada uno de los elementos conjunto: funcionalidades, requisitos de cambio, mejoras y corrección de errores

Figura7. Tablero de control de tareas- herramienta trello



Fuente. Elaboración propia

Tabla 4. Product Backlog del Sistemas de Información del Sistema Reactor de Planta Piloto del Pírolisis. ASTIN



DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE PIRÓLISIS  
Formato de Requisitos Proyecto LDP



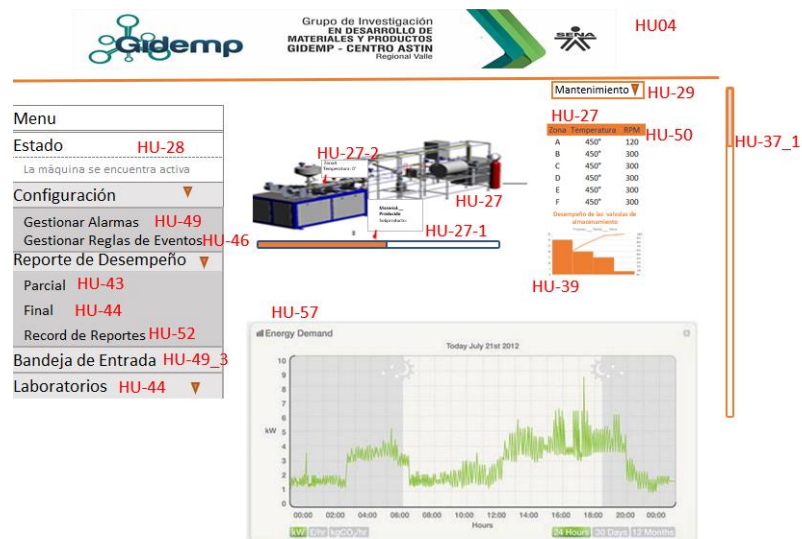
Como	Requiere	Para
Mantenimiento/Directivo/Operario	Cargar una página de inicio	visualización principal
Administrador del sistema	visualización de un encabezado con el Logo del SENA y el LOGO Grupo GIDEMP	reconocimiento de las instituciones de Investigación que participaron
Administrador del sistema	visualización de los logos de los centros y semilleros que trabajaron en la plataforma	reconocimiento de los semilleros de investigación
Administrador del sistema	Activación de esquema de autenticación	configurar acceso y cargue de privilegios en el sistema
Mantenimiento/Directivo/Operario	Generación de reportes sobre el proceso	generar reportes que me entregue información general del proceso
Administrador del sistema	Gestionar las funcionalidades del sistema	para gestionar y asignar funcionalidades del sistema
Administrador del sistema	Gestionar usuario CRUD	gestionar usuarios
Administrador	Gestionar usuario Asignación Privilegios	gestionar rol
Operario	Iniciar sesión para entrar al portal LDP	ingresar al portal
Mantenimiento/Directivo/Operario	Recuperación acceso	recuperar credenciales de acceso
Mantenimiento/Directivo/Operario	Cerrar sesión	salir de forma segura del sistema de información
Mantenimiento/Directivo/Operario	Elegir perfil de lista de perfiles	elegir el perfil, si y solo si tengo más de un perfil asociado
Mantenimiento/Directivo/Operario	Visualizar mi perfil actual	visualizar la página secundaria con los privilegios funcionales asociados al perfil
Mantenimiento/Directivo/Operario	Habilitar esquema de autenticación de acceso	desplegar un menú autenticación al portal
Directivo	Visualizar los datos del proceso.	Visualizar valores del proceso en tiempo real
Directivo	Consultar las estadísticas según criterios predefinidos	visualizar estadísticas en tiempo real
Directivo	Visualizar un tablero de control con indicadores de la productividad	visualizar un tablero de control con indicadores de la productividad
Mantenimiento/Directivo/Operario	Visualizar una barra de progreso	observar el avance
Mantenimiento/Directivo/Operario	visualizar datos al acercarse con el mouse	realizar un cambio de la imagen del indicador del mouse al acercarse con la forma a una chincheta, asociado a HU-27 y mostrar los valores asociados (Característica calidad)
Operario	Visualizar fecha y hora	conocer la fecha y la hora de inicio de corrida al lado de los tableros resúmenes de proceso
Mantenimiento/Directivo/Operario	Visualización de tarjeta de presentación de investigadores asociados al proyecto	desplegar una tarjeta de presentación del equipo
Mantenimiento/Directivo/Operario	Visualización de datos de Centros de formación de instituciones asociadas al proyecto	desplegar identificación sistémica de HUS
Mantenimiento/Directivo/Operario	Visualización opción Sobre el proyecto	desplegar un resumen, condiciones técnicas, versión y fechas del proyecto.
Mantenimiento/Directivo/Operario	Visualización opción datos de Agradecimientos	desplegar una nota de agradecimiento
Mantenimiento	Visualizar los datos de las válvulas de vacío	ver la información de la presión (tablero)
Operario	Visualizar valores de amperaje del motor para tener	conocer el consumo de corriente eléctrica por corrida
Operario	Generar reporte gráfico por pantalla con opción descargable del proceso	conocer la siguiente información: Perfiles de temperatura, cantidad de producción, amperaje del motor, cantidad de energía consumida, tiempo, velocidad del tornillo RPM, Presión en el proceso, este reporte debe verse en la pantalla de forma gráfica y debe permitir su descarga. (Se da la aval para proponer el tipo de gráfica)
Mantenimiento/Directivo/Operario	Visualización adaptable en cualquier dispositivo	que pueda ser consultado desde teléfonos celulares, tabletas o computadora indiferente del rol accedido.
Mantenimiento	Visualización de tablero que indique el número de alarmas disparadas en una corrida	conocer la frecuencia de alarmas y notificaciones disparadas en una corrida
Mantenimiento/Directivo/Operario	Generar Reporte de trazabilidad de proceso	conocer el desempeño de la Planta en donde se visualice la velocidad del tornillo, las temperaturas del cilindro y del tornillo, la cantidad de valor líquido por corrida, adicional a la cantidad de materia prima ingresada, y cantidad de catalizador

Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp - ASTIN. SENA

3. Aplicar la técnica de prototipado para validar la información recolectada (*WireFrame*).

El diseño visual fue determinante, sirvió para identificar el esquema solución, validar la navegación y permitir que el propósito de la abstracción del alcance pasará a un concepto tangible, identificando con claridad las funcionalidades expresas en lenguaje escrito en los PBI. Ver Figura 6 *Wireframe* Rol Mantenimiento.

Figura 8 Wireframe Rol Mantenimiento



Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp – ASTIN. SENA Semillero GIDIME-CDM. Aprendiz Investigador Roque Plaza Guerrero.

Entre las tareas del prototipado se determinó en asociar cada requerimiento con el diseño funcional correspondiente planteado, con ello construir la visión de la solución funcionalidad requerida.




4. Elaboración de historias de usuario.

Los PBI se documentaron en Historias de Usuario[55] asociadas a ocho (8) escenarios: Reporteria, Usuarios y controles de acceso, Criterios de Calidad, *BI & Analytics*, Alertas, Gestión del sistema reactor, Gestión del sistema de potencia y Requerimientos transversal. La historia de Usuario está dividida en tres segmentos,



el primero enfocado a elementos de identificación de la Historia de Usuario como la prioridad de este en el negocio, la estabilidad del requisito, la rigidez, el coste, la criticidad y el tamaño lo que permite reconocer criterios de esfuerzo y valor del activo, el segundo recolecta la descripción detallada, y finalmente en el último segmento abordar los criterios de aceptación de la entrega funcional, como ejemplo del ejercicio se expone la Historia de Usuario HU-57. Ver Tabla 5. *Historia de Usuario HU-57*

Tabla 5. Historia de Usuario HU-57

			
<b>DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE PIRÓLISIS</b>			
Formato de Historia de Usuario			
Número:	<u>HU-57</u>	Usuario:	<u>mantenimiento/Administrador/Operario</u>
Nombre de la Historia:	<u>Visualizar (tablero) el consumo de energía</u>		
Prioridad de Negocio:	<u>Media</u>	Riesgo:	<u>Bajo</u>
Puntos estimados:	<u>10</u>	Iteración asignada:	<u>2,3</u>
Programador responsable:	<u>Riky David Idrobo Bolaños</u>		
<b>Descripción</b>			
Como usuario de mantenimiento/Administrador/Operario requiero visualizar (tablero) el consumo de energía (analizador de red) para conocer el gasto de energía total de la planta por corrida.			
Datos de entradas: Datos de consumo de energía en tiempo real			
El proceso inicia en 1. con el usuario de mantenimiento/Administrador/Operario logueado en el portal			
-En 2 se habilita la interfaz con sus privilegios según el rol, continúa			
- En 3 con la visualización del tablero gráfico de fluctuaciones de consumo de energía			
-Si 4. Máquina encendida			
-Si. 5. El proceso está activo,			
-Se capturan en 5.1 y 5.2 referente a los valores de consumo de energía, fecha y hora actual			
- Visualiza 6. Valores de tablero de consumo y 7- Visualiza fecha y hora actual			
-sino, si o si valida existencia de valores en 5.1 y 5.2			
-para visualizar 5.3 Visualizar ponderado de consumo y 7.			
-Sino,			
-8. Tablero no tiene valores			
- 9. Cierra el proceso			
Datos de salida:			
- Tablero que muestre el consumo de energía en proceso activo			
- Tablero que muestre el consumo de energía de corrida			
<b>Criterios de Aceptación</b>			
Usuario logueado con la información solicitada.			
Visualizar tablero de consumo para proceso activo o ponderado de consumo para corrida			

Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp – ASTIN. SENA

## 5. Criterios de Aceptación.

El cumplimiento de la funcionalidad es el principal criterio para considerar, lo cierto es que en realidad este ítem debe ser establecido y acordado directamente con el cliente, para entrega a satisfacción.

## 6. Priorización. Actividad *Planning Meeting*

De acuerdo con los objetivos trazados para el proyecto, de la lista de requisitos llamada Pila de Producto<sup>5</sup>, en las reuniones de planificación de entregas y durante el transcurso de una iteración<sup>6</sup> (en el *Product Backlog Refinement o Grooming*), el cliente / *Product Owner* selecciono los PBI<sup>7</sup> priorizados para una estimación de entrega no superior a 10 días, esta lista es priorizada compone cada Sprint. Esta actividad permite llevar un control u orden sistemático orientado a realizar las actividades del proyecto, visualizar la complejidad de la tarea para estimar un tiempo moderado de acuerdo con el esfuerzo requerido y de tal forma poder cumplir con el objetivo

### 4.1.1 Actividad *Daily Scrum* – estimar y priorizar *Product Backlog Item (PBI)*

En apoyo al cliente / *Product Owner* para estimar y priorizar los PBI para esta actividad se adopta la técnica de MosCow, explicada a continuación. [56]

#### **MosCow**

- **M (MUST HAVE) Debe Tener:** Las actividades que se encuentran en esta categoría se convierten en funcionalidades que deben estar en la versión final del proyecto o solución

---

<sup>5</sup> product backlog [54]

<sup>6</sup> En la Iteración de entrega el cliente solicita una entrega de los objetivos/requisitos completados hasta ese momento, el equipo puede necesitar añadir una iteración de entrega, más corta que las iteraciones habituales, donde realizar alguna tarea que no ha sido necesaria o posible hasta el momento de la entrega final y acabar de corregir defectos detectados en la última demostración. [64]

<sup>7</sup> Definición PBI es un elemento de una lista priorizada de todos los artículos relevantes para un producto específico.

- **S (SHOULD HAVE) Debería Tener:** Requerimiento de prioridad alta que en lo posible debería estar en la solución, pero dado el momento de una decisión podría ser prescindible pero con una causa justificable para no hacerlo.
- **C (COULD HAVE) Podría Tener:** Requerimiento que se considera deseable pero no es necesario, se puede implementar si el tiempo y presupuesto lo permiten
- **W (WON'T HAVE) No tendrá esta vez:** Requerimiento que está descartado o de baja prioridad pero que a futuro se podrían ser tenidos en cuenta. [57]

Con lo anterior se establecieron entregas semanales (reléase sprint) en las cual se solapan las fases de análisis, diseño, desarrollo, implementación y pruebas para entregas parciales hasta la entrega final.

Se contó con el apoyo del Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria del SENA Regional Valle y el Centro de Diseño y Metrología con cuatro (4) talentos de semilleros de investigación, y de Instructores Investigadores quienes aportaron en el modelado y asesoría de artefactos arquitecturales relacionados a ADM<sup>8</sup>.

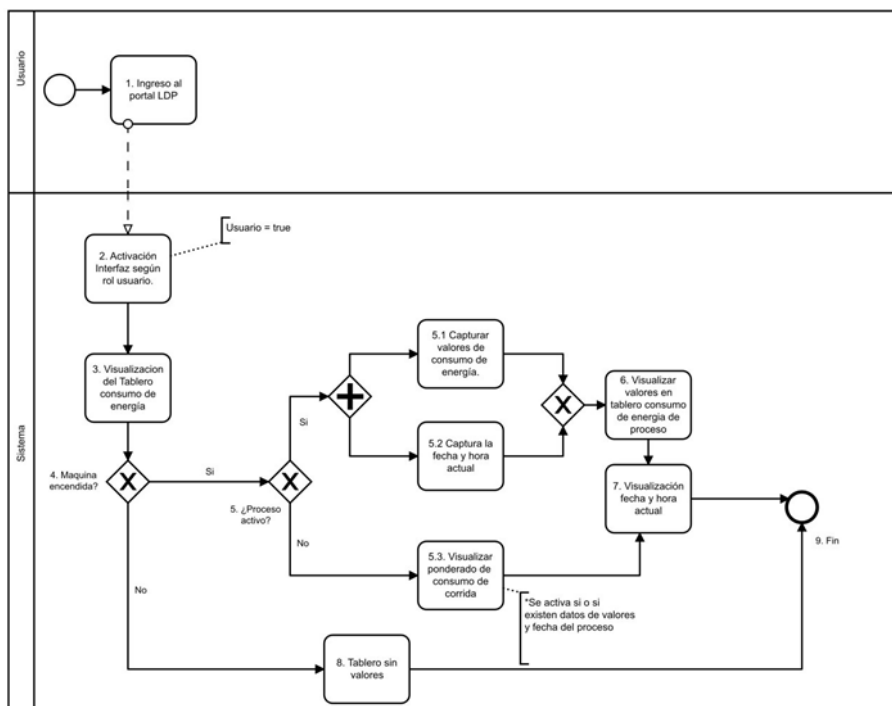
## 4.2 Fase Especulación

Esta fase marca el seguimiento de desarrollo de las iteraciones del producto y de repetición de cada iteración para cumplir con un total de 65 PBI detallados y 7 Sprint desarrollados en 9 iteraciones, por supuesto considerando control de cambios. Se inició con la revisión de los requisitos generales, descritos en la Historia de Usuario, Ver ejemplo en la *Tabla 5. Historia de Usuario HU-57*, seguido de la creación del diseño prototipo Ver ejemplo en la *Figura 6 Wireframe Rol Mantenimiento*, dando lugar a la identificación del modelado de proceso del negocio ver ejemplo en la *Figura 7. Modelado de AE para HU-57 Visualizar (tablero) el consumo de energía.*

---

<sup>8</sup> Architecture Development Method es el método definido por TOGAF para el desarrollo de una arquitectura empresarial que cumpla con las necesidades empresariales.

Figura 9. Modelado de AE para HU-57 Visualizar (tablero) el consumo de energía.



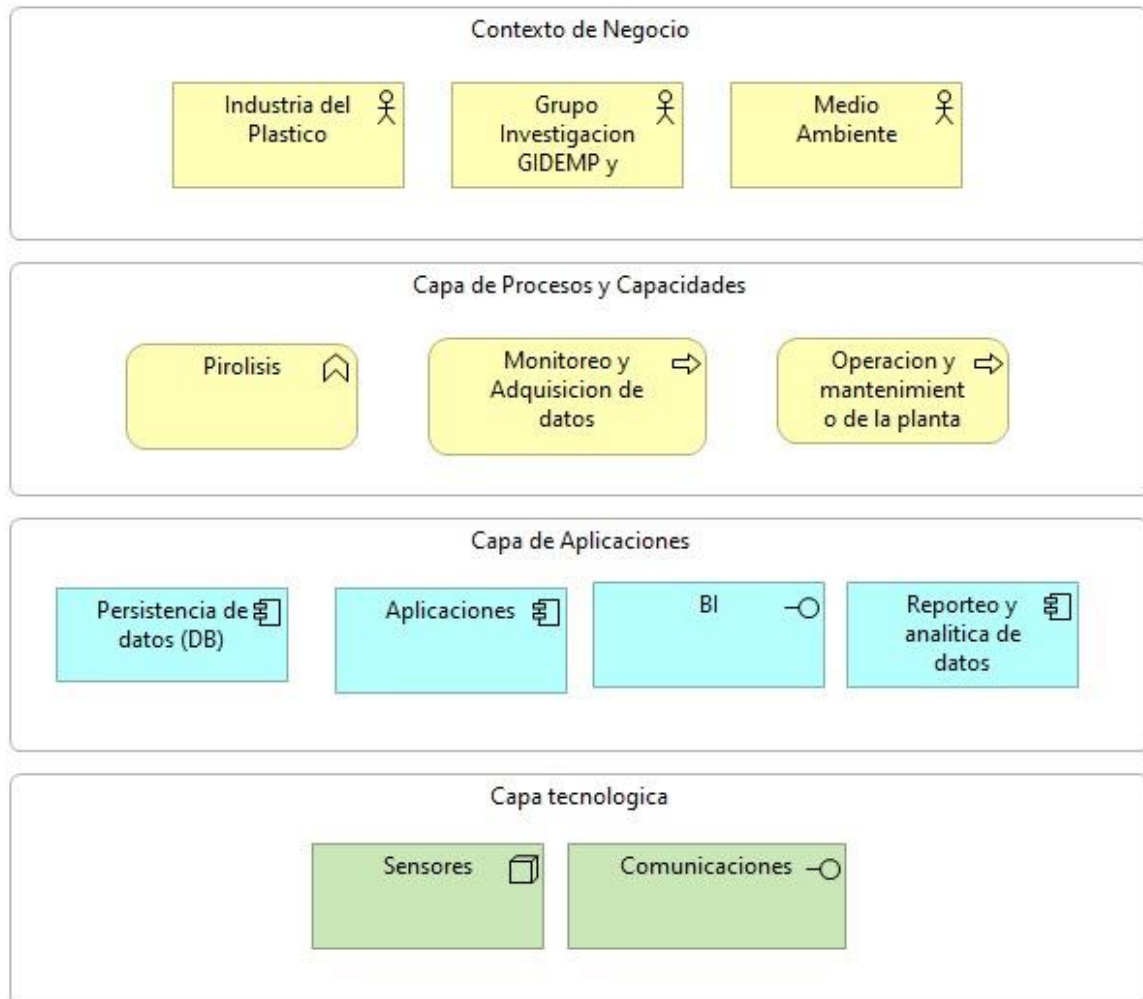
Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp – ASTIN. SENA Semillero GIDIME-CDM. Aprendiz Investigador Eddin Martínez Arias.

### 4.3 Arquitectura de Bloque - Solución.

Se determinó tres (tres) dimensiones de alcance en la actividad de la arquitectura solución, la primera es la capa de negocio, que considera interesados externos como lo son la industria del plástico, las instituciones que cuidan y protegen el medio ambiente, y el cliente quien realiza investigación y formación. Seguido de la capa de procesos y capacidades es este el marco de referencia para todas las fases del desarrollo, dependen de este los resultados de negocio. Finalmente, la capa tecnológica que vincula claramente la visión de TI, arquitecturas (ABB y SBB)<sup>9</sup> y la implementación solución. *Ver Figura 9. BBS. Bloque de construcción para la Solución del Sistema de Información del Sistema Reactor para el Proceso de Pirólisis*

<sup>9</sup> Bloque de Construcción de Arquitectura (ABB) y Bloque de Construcción de Solución (SBB)

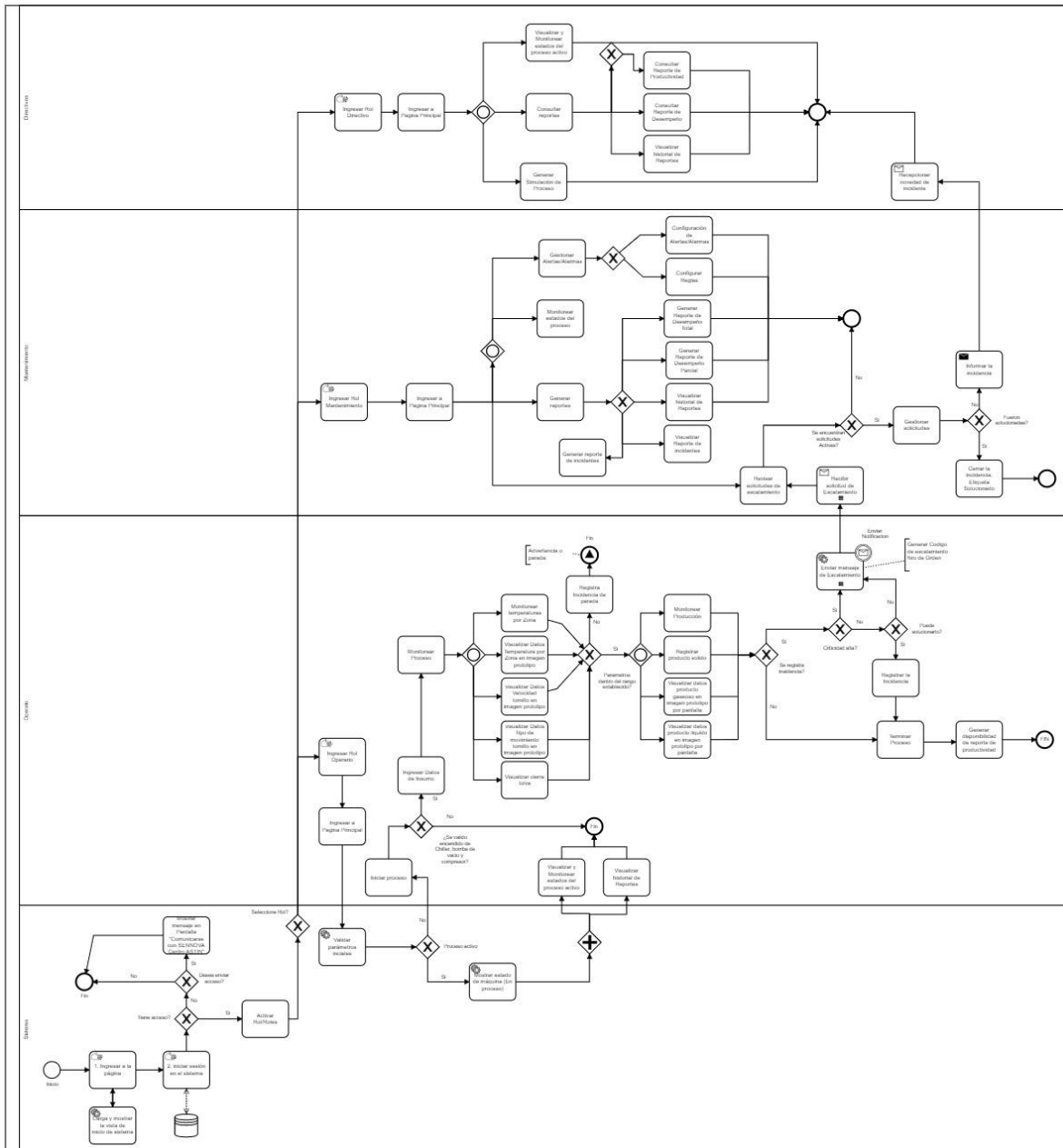
Figura 10. BBS. Bloque de construcción para la Solución del Sistema de Información del Sistema Reactor para el Proceso de Pirólisis



Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp – ASTIN. SENA

# Arquitectura de Negocio para la Implementación de la Solución.

Figura 11. Arquitectura de Modelado del Negocio vs el Sistemas Solución para el Sistema de Información del sistema Reactor de la Planta Prototipo de Pirolysis



Fuente. Creación propia

## 4.4 Arquitectura de Despliegue.

Mediante el diagrama de despliegue podemos observar los nodos que representan el hardware y unos artefactos que se colocan en dicho hardware y la comunicación entre ellos. A continuación se procede a explicar, Ver figura 12.

Es relevante mencionar que se usó el patrón de MVC Modelo vista controlador que permitirá la comunicación de los componentes que se explicará más adelante en la vista arquitectónica.

El nodo cliente representa el componente hardware donde se visualiza las interfaces graficas de usuario, inicialmente al cliente se le muestras el nodo de control de acceso donde podrá ingresar a las opciones del aplicativo mediante el componente Login que requiere de un usuario y contraseña de este depende que interfaz y opciones de menú muestra ya que es el encargado de identificar el rol (directivo, operario, mantenimiento) con el cual fue registrado en el aplicativo web.

### 4.4.1 Descripción de cada componente por rol

#### 4.4.1.1 Rol Operario

El componente de acceso funcional operario representa la interfaz de usuario para el cliente con el rol operario, las componentes se describen a continuación:

#### Componentes de interfaz Operario:

- **Monitoreo:** este componente representa un *Dashboard* es el encargado de mostrar una imagen de la planta la cual cuenta con zonas reactivas, es decir que al momento de pasar el cursor del mouse sobre una zona de la imagen esta cambiara de color y mostrara el nombre y dato de dicha zona.
- **Encender equipos:** tiene como objetivo checar que lo equipos de operación manual entren en funcionamiento.

- **Parámetros del tornillo:** tiene como objetivo registrar el modo de funcionamiento que puede ser cíclico o continuo y a su vez el registro de la velocidad a la que está operando este componente pertenece a l sistema reactor de la planta piloto de pirolisis.
- **Perfil temperatura:** es el componente encargado de registrar la temperatura para cada una de las resistencias que se encuentran en el cilindro del reactor, el conjunto de resistencias dan el perfil de temperatura de ejecución de un proceso.
- **Tolva:** es el componente encargado de registrar la cantidad de material y catalizador que se deposita en la tolva también se encarga de indicar si la tolva está cerrada o abierta
- **Sensor:** es el componente encargado de registrar fecha y características técnicas los sensores que están siendo utilizados en la planta de pirolisis en caso de algún sensor sea dado de alta.
- **Reporte producción Operario:** este componente es el encargado de registrar la producción obtenida del proceso y consultar posteriormente la información en caso de ser requerida.
- **Reporte Proceso Operario:** es el componente encargado de mostrar la información del proceso en forma de tabla los siguientes datos, fecha hora del proceso, operario a cargo, configuración del perfil de temperatura, estado de culminación del proceso.
- **Gestionar alarmar:** es el componente encargado de recibir y mostrar las alarmar programadas en el PLC

#### 4.4.1.2 Rol Mantenimiento

El componente de acceso funcional mantenimiento representa la interfaz de usuario, para el cliente con el rol mantenimiento, las componentes se describen a continuación:

##### **Componentes de interfaz Mantenimiento:**

El rol mantenimiento hace uso de los componentes *dashboard*, encender equipos, perfil de temperatura, tolva, parámetros del tornillo como en el rol operario adicional a ello tiene componente como:

- **Gestionar reglas de alarma:** este componente permite establecer reglas de alarma que ayudarían al personal de mantenimiento a identificar fallas y así dejar el proceso operativo y funcional.



- **Reporte parcial mantenimiento:** es componente permite visualizar el reporte parcial del mantenimiento con los siguientes datos temperatura cilindro, temperatura tornillo, cantidad de líquido producido.

#### **4.4.1.3 Rol Directivo**

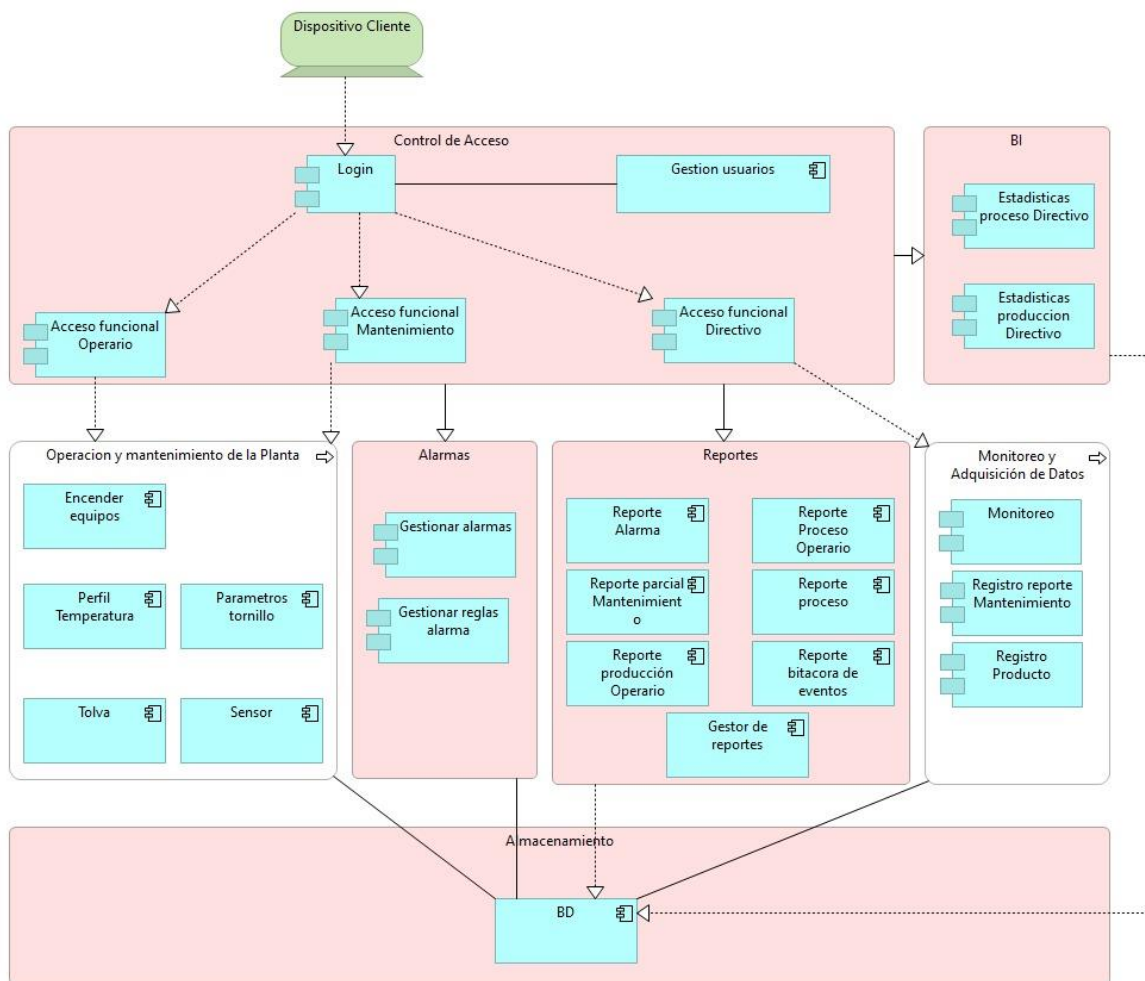
El componente de acceso funcional directivo representa la interfaz de usuario para el cliente con el rol directivo el cual tiene las características de un administrador, las componentes se describen a continuación:

El rol directivo hace uso del componente monitoreo que representa la *dashboard* como se explica anteriormente en el rol operario.

#### **Componentes de interfaz Directivo:**

- **Gestionar usuario:** el componente gestionar usuario permite al rol directivo crear, consultar, editar y eliminar un usuario, eligiendo el rol para acceder a las opciones de menú.
- **Reporte Mantenimiento:** este componente mantiene informado al rol directivo de las actividades de mantenimiento realizadas, podrá consultar por fechas los diferentes reportes.
- **Reportes producción:** este componente mantiene informado al rol directivo de las actividades que realizan los operadores sobre la planta, podrá consultar por fechas los diferentes reportes.

Figura 12. Diagrama de Despliegue



Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp – ASTIN. SENA

#### 4.5 Vista de Datos

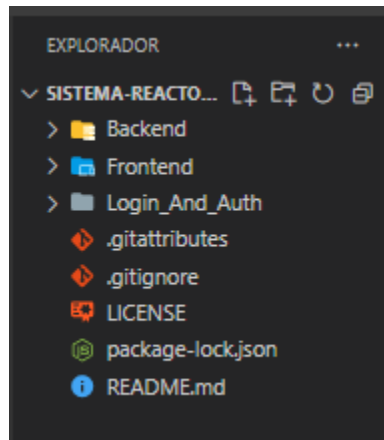
Para el desarrollo del prototipo de sistema de información del sistema reactor de la planta piloto de pirolisis se usó el *framework* de Angular en su versión 11 el cual implementa el patrón Modelo-Vista-Controlador MVC de forma intrínseca, este patrón de diseño busca dividir una aplicación en tres módulos claramente identificables y con funcionalidades definidas.[58]

**Modelo:** es un conjunto de clases que representa la información del mundo real, es el encargado procesar los datos de manera que permite crear, actualizar, consultar y eliminar los datos.

**Vista:** es el conjunto de clases encargada de mostrar la información al usuario contenido en el modelo, normalmente se conoce como interfaz gráfica de usuario.

**Controlador:** es un objeto encargado de la lógica de la aplicación, dirige el flujo de control debido a peticiones externas como los datos introducidos por el usuario u opciones de menú, se encarga de modificar el modelo o de abrir y cerrar vistas.

Figura 13. Estructura del proyecto en Angular



Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se puede ver la estructura arquitectónica del proyecto desarrollada en angular, a continuación, se describe las carpetas implementadas.

**Backend** : es la carpeta que hace referencia al modelo, donde está representada la estructura de la base de datos , rutas y operaciones.

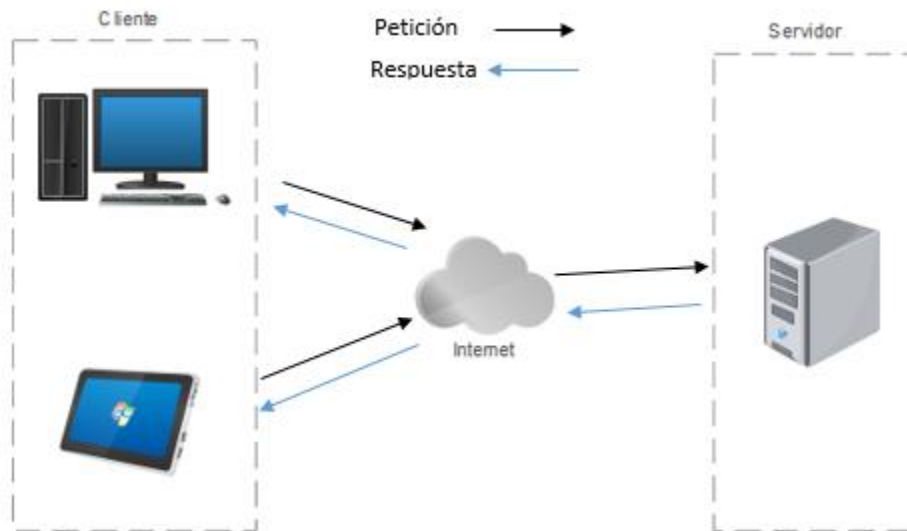
**Frontend:** es la carpeta que hace referencia a la vista, donde se encuentra las interfaces de usuario maquetadas con HTML, CSS.

**Login\_and Auth:** es la carpeta que hace referencia al controlador, es donde se encuentra alojada las rutas de comunicación entre modelo y vista.

#### 4.6 Arquitectura empleada

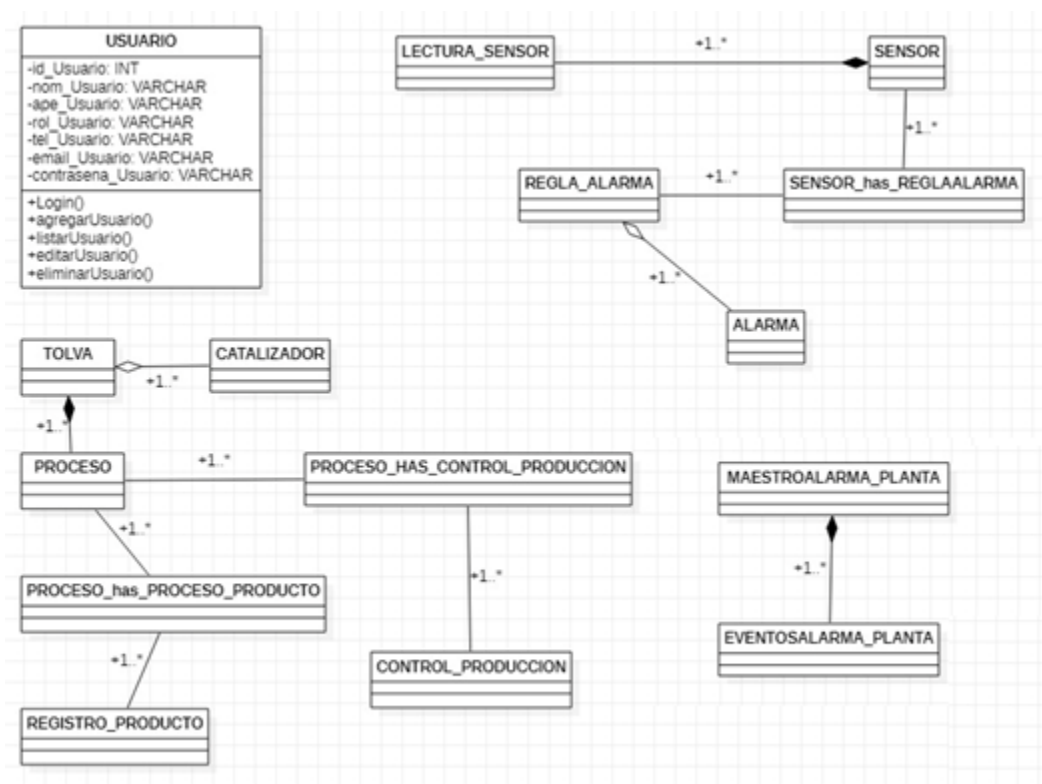
Se implementa la arquitectura a dos capas cliente servidor para la comunicación de la interfaz del sistema prototipo y la base de datos, cuya comunicación se da mediante peticiones a través del protocolo HTTP[59]. Ver figura 14

Figura 14. Arquitectura cliente – servidor



Fuente. Creación propia

Figura 15. Arquitectura de datos para el Sistema de Información del Sistema Reactor de la Planta Prototipo de Pirólisis. ASTIN

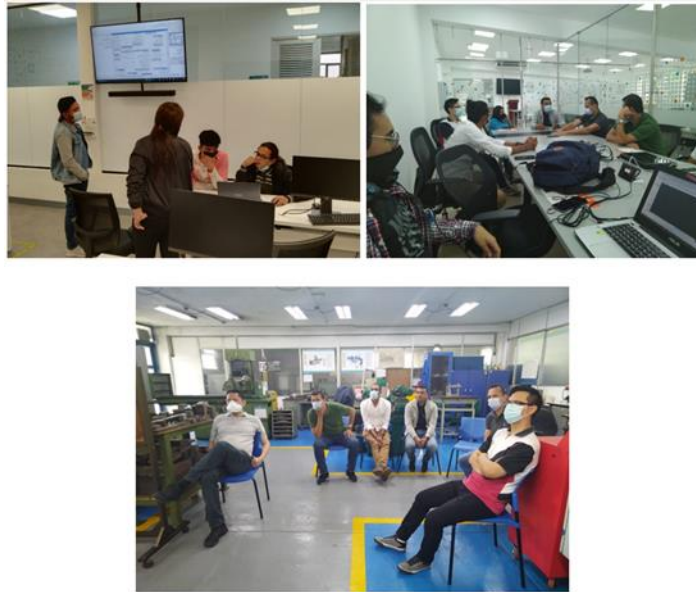


Fuente. Creación propia

#### 4.7 Fase de Revisión

Cada sprint finalizado se revisó funcionalmente, con todos los implicados en el proyecto, por lo tanto, el Sprint sirvió para hacer descubrimientos de planteamientos erróneos, mejorables o malinterpretaciones en las funcionalidades del producto para realizar ajustes. Cada iteración se pudo usar, inspeccionar y evaluar realizando en consecuencia de forma continua y simultánea validaciones y pruebas. Ver Figura 16. Reuniones cierre de Sprint.

Figura 16 Reuniones cierre de Sprint.



Fuente: Evidencia tomas fotográficas

## 4.8 funcionalidad Prototipo de aplicación web

### 4.8.1 Login

Para ingresar al sistema se requiere:

- Registro previo en el sistema
- Credenciales de acceso (correo y contraseña)

Figura 17 interfaz de acceso - Login.



Fuente: Elaboración propia

Una vez logueado en el sistema se mostrará las opciones de menú dependiendo el rol de usuario con el que se registró en el sistema.

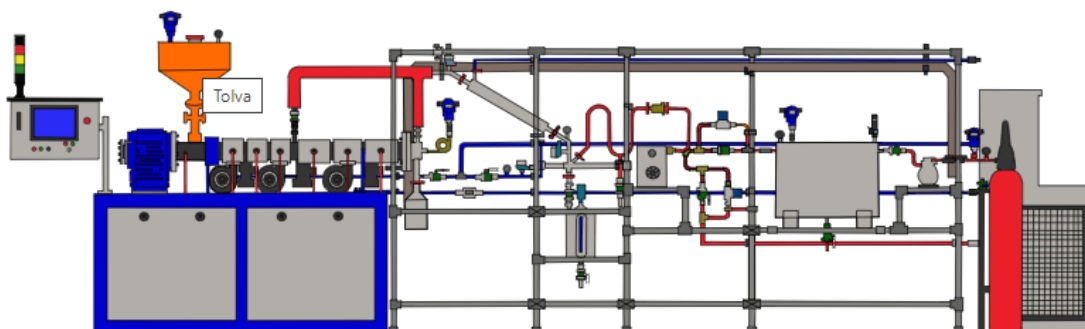
#### 4.8.2 Dashboard

A continuación, se muestra una imagen de la planta que es un componente en común para los tres roles existentes, los usuarios pueden interactuar pasando el cursor del mouse por encima de los elementos y este cambiara a un color naranja también muestra nombre y valor de medida del elemento si lo tiene, *ver figura 18 imagen interactiva.*

Figura 18 Imagen interactiva.

---

#### Dashboard



Fuente: Animación de creación propia, basada en diseño original de la Planta Piloto de Pirolisis del ASTIN

#### 4.8.3 Interfaz Rol Directivo

Las opciones de menú del rol directivo son:

- Gestionar usuario
- Operaciones manuales (sub- menú)
  - Cargue material
  - Cierre válvulas
- Sobre el proyecto

En la *figura 19* se puede ver la opción de gestionar usuario donde muestra una tabla con los usuarios existentes y un formulario de registro.

Figura 19 Interfaz Directivo – opción gestionar usuario

E-Mail	Nombre	Apellido	Rol	Teléfono	Fecha de Creación	Edit	Delete
master@user.com	Sam	Vargas	admin	3193975562	2022-04-04T22:52:37.085Z	Edit	Delete
mantenimiento@user.com	NekoMant	Lesser	mantenimiento	3125879898	2022-04-05T00:12:57.759Z	Edit	Delete
directivo@user.com	Heidi	Solarte	directivo	3123494434	2022-04-05T00:16:31.273Z	Edit	Delete
pleb@user.com	NekoPleb2	Lesser	pleb	3125879898	2022-04-05T00:57:50.923Z	Edit	Delete
operario@user.com	kabuto	worker	operario	3125879898	2022-04-05T09:04:02.386Z	Edit	Delete

**Registrar Usuario**

Correo editar:

Contraseña

Nombre

Apellido

Rol

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.8.4 Interfaz rol Operario

La interfaz del rol operario cuenta con las opciones de menú

- Parámetros iniciales (sub-menú)
  - Verificar equipos
  - Tolva
  - Parámetros del tornillo
  - Parámetros de temperatura
- Registro de producción
- Registro de incidencias
- Reportes (sub-menú)
  - Producción
  - Bitácora Operario
  - Bitácora Incidencias
- Sobre el proyecto



En la *figura 20* se puede ver la opción de me tolva la cual permite llevar un registro del material se va a cargar, seleccionar el tipo de material, cantidad, seleccionar o chequear si se agrega catalizador, verificación estado tapa tolva

Figura 20 Interfaz Operario – opción menú tolva

The screenshot shows a web application interface for 'Cargue Material - Tolva'. On the left is a dark sidebar menu with the following items: 'CORE' (Dashboard, Estado Maquina), 'INTERFACE' (Parametros Iniciales, Registro de Productos, Formulario Incidencias), 'ADDONS' (Reportes), and 'SOBRE EL PROYECTO' (Sobre El Proyecto). The main content area features the SENA logo and the title 'Cargue Material - Tolva'. It contains several input fields: 'Detalle Producto' (dropdown menu with 'Selección tipo material plástico'), 'Cantidad' (text input with 'ingresar valor'), 'Unidad/medida Material' (dropdown menu with 'Seleccionar'), 'Presión' (text input with 'ingresar valor'), 'Tiempo sostenimiento' (text input with 'ingresar valor'), 'Estado Tapa - Tolva' (dropdown menu with 'Abierta / Cerrada'), 'Catalizador' (checkbox), 'Cantidad Catalizador' (text input with 'ingresar valor'), and 'Unidad/medida Catalizador' (dropdown menu with 'Seleccionar'). A blue 'Guardar' button is located below the 'Unidad/medida Material' field.

Fuente: Elaboración propia. Basada en las interfaces de diseño funcional.

#### 4.8.5 Interfaz rol Mantenimiento

La interfaz del rol mantenimiento cuenta con las opciones de menú

- Configuraciones (sub-menú)
  - Gestionar alarmas
  - Gestionar reglas de eventos
- Reporte (sub-menú)
  - Desempeño
  - Record de reportes
- Sobre el proyecto

En la *figura 21* se puede ver la opción de menú gestión de alarma la cual carga el formulario que permite al usuario llevar un control de las alarmas que se disparan en un proceso registrando las acciones que se realizan para corregir los eventos, registrar el estado de recuperación del proceso, agregar comentarios si lo desea, seleccionar el rango de criticidad de la alarma o evento

Figura 21 Interfaz mantenimiento – gestión de alarmas.

The screenshot displays the 'Gestion de Alarmas' (Alarm Management) interface within the 'SISTEMA REACTOR' application. The interface is structured as follows:

- Header:** 'SISTEMA REACTOR' logo and 'ASTM' logo on the left; 'Usuario' dropdown on the right.
- Menu:** A dark sidebar on the left with categories: 'Menu:', 'CORE' (Dashboard, Estado Maquina), 'INTERFACE' (Configuraciones), 'ADDOONS' (Reporte de Desempeño), and 'SOBRE EL PROYECTO' (Sobre El Proyecto).
- Form Area:**
  - Inputs:** 'Codigo Evento' (text), 'Evento' (text), 'Codigo Mensaje' (text), 'Tipo Mensaje' (text), 'Criticidad' (dropdown menu with 'seleccionar' selected).
  - Fields:** Six numbered input fields: 'Monitoreo: 1', 'Mensaje: 2', 'Medio: 3', 'Acciones: 4', 'Estado de Recuperacion: 5', and 'Comentario: 6'.
  - Buttons:** Three blue buttons: 'Guardar', 'Listar', and 'Descargar'.
- Section:** A section titled 'Posibles fuentes de problemas' located below the buttons.

Fuente: Elaboración propia, basada en el diseño funcional

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se diseñó la arquitectura orientada a servicios *ver figura 24 target solución basado en IOT* para el sistema reactor de la planta pirólisis teniendo en cuenta una metodología que cubriera el despliegue en su compuesto de industria 4.0 para el levantamiento de requisitos y para el diseño de solución, se esperaba poder implementar esta solución en base a capacitaciones que el SENA- Centro de Diseño y Metrología sede Bogotá brinda en las tecnologías de Cloud de Siemens, no se contó con el acceso a software de laboratorio Siemens, presentado retrasos en tiempo de desarrollo, se solucionaron de la siguiente forma utilizando un dominio y un hosting personal
- Se lograron definir los requisitos de un sistema de información para el Sistema Reactor de la Planta de Pirólisis usando una arquitectura orientada a servicios en donde se consideró la digitalización. Aunque se presentaron problemas con el ensamble de la planta debido al abastecimiento de tecnología por efecto post Covid, el efecto se solucionó implementando una API REST con arquitectura cliente servidor y modelo de diseño MVC Modelo vista Controlador que permite la lectura de un archivo plana para la adquisición de los datos y poder visualizarlos en las interfaces.
- Finalmente, la implementación de los reajustes del sistema se logró en un 70% permitiendo la gestión de datos para los procesos industriales que se requerían y cumpliendo con los factores de tiempos de respuesta, fiabilidad y escalabilidad.

El valor porcentual implementado en el proyecto es calculado teniendo en cuenta los escenarios requeridos *ver figura 22* y se dividen por el número de elementos (PBI) dentro y fuera del alcance, se realiza el levantamiento de todos los requerimientos en reunión con el cliente y se determina cuales están dentro de lo propuesto.

Figura 22 lista de escenarios requeridos.

Escenario	PBI	PBI
Reporteria	14	22%
Gestión del sistema reactor	5	8%
Usuarios y controles de acceso	13	20%
Criterios de Calidad	11	17%
Requerimientos transversal	2	3%
BI & Analytics	9	0%
Alertas	9	0%
Gestión del sistema de potencia	2	0%
<b>Total</b>	<b>65</b>	<b>70%</b>

	Dentro de la propuesta del proyecto
	Fuera del alcance del proyecto

Fuente: Elaboración propia, basada en requerimientos

Figura 23 grafica de requerimientos por escenarios



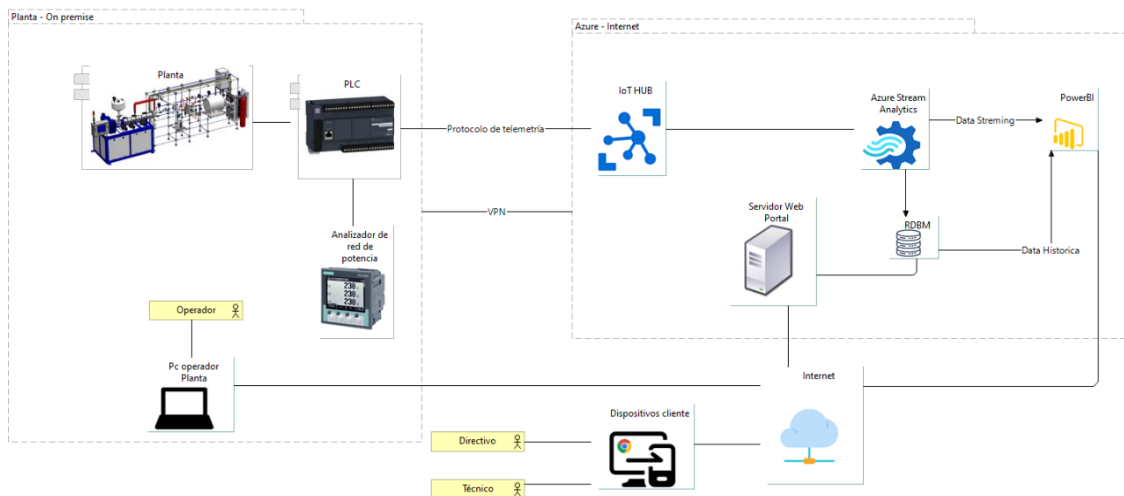
Fuente: Elaboración propia, basada en requerimientos

## 5.2 TRABAJOS FUTUROS

Como fue mencionado en todo el documento, este proyecto considera pilares de la Industria 4.0, lo cual requiere la integración de componentes, plataformas como servicio para Aplicaciones basadas en IoT.

Como trabajo futuro se sugiere la integración de algunos servicios Paas [60] de análisis y de inteligencia de negocios que permiten la orquestación de flujos de integración híbridos considerando el entorno local y la nube, mediante microservicios. Ver Figura 24. Target Solución basado en Iot. La conexión VPN<sup>10</sup> [61] asegura que la comunicación con la planta sea punto a punto, una vez el *IoT Hub* tenga la información enviada por el PLC<sup>11</sup> [39] de la planta y del analizador de red, *Azure* la procesa en tiempo real, entregándola al *Power BI*<sup>12</sup>[62] en el mímico para que se pueda recrear cada sensor de la planta y a su vez descarga la información a la base de datos del portal desarrollado en el presente proyecto y al ODS<sup>13</sup>[63].

Figura 24. Target Solución basado en Iot



Fuente. Repositorio Proyecto Digitalización de Procesos Industriales Gidemp – ASTIN. SENA

<sup>10</sup> VPN Virtual Private Network – red privada virtual construida sobre una infraestructura de red pública como internet

<sup>11</sup> PLC controlador lógico programable

<sup>12</sup> Power BI es un servicio de análisis empresarial- Microsoft. Provee visualizaciones interactivas

<sup>13</sup> ODS - Operational Data Store es un sistema encargado de liberar a los sistemas operacionales de realizar las labores de query & reporting.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Buteler, “El problema del plástico: ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos?,” *Desde la Patagon. difundiendo saberes*, vol. 16, no. 28, pp. 56–60, 2019.
- [2] C. S. Catarina, “Plásticos en los océanos,” vol. 52, no. 55, 2019.
- [3] H. Monterrosa, “Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente,” *La Republica*, 2019. [Online]. Available: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141>. [Accessed: 14-Oct-2020].
- [4] Grupo Sectorial de Gestión de Aseo, “Disposición Final de Residuos Sólidos Nacional Informe de Informe Disposición Final de Residuos Sólidos – 2018,” p. 97, 2019.
- [5] K. Roncacio, “Análisis del reciclaje químico como alternativa tecnológica para la valorización y disposición final de residuos plásticos post-consumo,” Universidad Militar La Nueva Granada, 2017.
- [6] G. Sanchez Briceño, Á. Custodio Ruiz, and H. Zerpa, “Servidor para un sistema de supervisión y control de procesos industriales bajo software libre,” *Cent. Instrumentación y Control. Dep. Ing. Electrónica, UNEXPO, Vicerrectorado Puerto Ordaz, Venez.*, vol. 4, no. ISSN 1316-4821, p. 16, 2010.
- [7] A. M. Mohamed and H. A. Abbas, “Efficient Web-based Monitoring and Control System,” no. c, pp. 18–23, 2011.
- [8] “Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos,” *Banco Mundial BIRF- AIF*, 2018. [Online]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>. [Accessed: 14-Oct-2020].
- [9] “¿Qué sucede con el reciclaje de botellas PET en Colombia?,” *Semana*, 2019. [Online]. Available: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/que-sucedde-con-el-reciclaje-de-botellas-pet-en-colombia/46691>. [Accessed: 14-Oct-2020].
- [10] G. Bolaños, “Reciclado de Plástico PET,” *Univ. Católica San Pablo*, pp. 1–56, 2019.
- [11] C. Fuente, “Reciclado Terciario de Residuos Plasticos: Craqueo Catalítico y Glicolisis,” Universidad nacional de La Plata., 2020.
- [12] M. A. Hurtado Gómez and F. F. Martinez Miramag, “DISEÑO, FABRICACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE PLANTA DE PIROLISIS DE POLIETILENO RETICULADO - INFORME DE DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL,” 2020.
- [13] G. A. Obando, “Condiciones de diseño de un Reactor de Pirolisis a escala de laboratorio para la obtención de Biocarbón a partir de Residuos Orgánicos Sólidos ( ROS ),” 2015.
- [14] M. J. Rodriguez Lazo, “INDUSTRIA 4.0 Y SOSTENIBILIDAD,” FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS, 2020.
- [15] Naciones Unidas, “Objetivos y metas de desarrollo sostenible – Desarrollo Sostenible.” [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Accessed: 21-Jan-2021].

- [16] D. Rodrigo Cano, M. J. Pico, and G. Dimuro, “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible como marco para la acción y la intervención social y ambiental,” *Rev. Ciencias la Adm. y Econ.*, vol. 9, no. 17, pp. 25–36, 2019.
- [17] Naciones Unidas, “Infraestructura – Desarrollo Sostenible.” [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>. [Accessed: 18-Jan-2021].
- [18] M. Pastrana, H. LastNameOrdoñez; &#x00F1; A. Rojas, and A. Ordo&#x00F1;ez, *Ensuring Compliance with Sprint Requirements in SCRUM: Preventive Quality Assurance in SCRUM*, vol. 924. Springer Verlag, 2019.
- [19] A. Martínez and R. Martínez, “Guía a Rational Unified Process,” *Esc. Politécnica Super. Albacete*, no. January 2000, pp. 1–15, 2018.
- [20] K. J. Salavarría Aristega and C. F. Rojano Lárraga, “Análisis de la importancia del modelado UML en el diseño de Software,” *Repositorio de la Universidad Estatal de Milagro*. 2018.
- [21] P. Kruchten, “Planos Arquitectónicos: El Modelo de 4+ 1 Vistas de la Arquitectura del Software.,” *IEEE Softw.*, p. 12, 1995.
- [22] A. Alfonsi and J. Perez, “Sistema de control en tiempo real para una planta piloto compacta usando software libre,” vol. 13, no. ISSN 1316-4821, 2009.
- [23] G. M. Coral, O. A. Rojas, and F. A. Campos, “Sistema de control y supervisión industrial multiplataforma,” pp. 1–8, 2012.
- [24] G. Sanchez Briceño and A. Custodio Ruiz, “Desarrollo de sistema Scada para el control de caudal basado en Linux,” vol. 11, 2007.
- [25] M. Bolo, “Arquitectura de integración orientada a servicios,” *Interfaces (Providence)*, vol. 0, no. 001, p. 19, 2006, doi: 10.26439/interfases2006.n001.169.
- [26] K. L. Espin Duque and M. E. Villacis Ruiz, “Desarrollo de una Aplicación Software Empleando una Arquitectura SOA, para Optimizar la Gestión de Información y Servicios de la Empresa ATVCable Latacunga,” Universidad de la Fuerzas Armadas Innovación para la Excelencia, 2020.
- [27] C. C. Ortiz Arenas, “Desarrollo de una Guía para Implementar BPM (Business Process Management) utilizando un MOOC,” Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2020.
- [28] C. M. Cervantes, S. B. Lucas, W. W. Tinoco, X. Borbor Villamar, and A. Bustos Gaibor, “Los sistemas BPM y su aplicación en los procesos internos a nivel organizacional,” *Int. J. Health Sci. (Qassim)*, vol. 6, no. 4, pp. 2372–5079, 2018, doi: 10.15640/ijhs.v5n4a5.
- [29] L. A. Ramires Hernandez and P. J. Zavala Torres, “Integración De Sistemas Usando Web Service Para La Mejora De Los Procesos De Servicio Al Cliente En La Empresa Inversiones Ch Computer, Chiclayo 2018.,” Universidad de Lambayeque, 2020.
- [30] O. Aziz, M. S. Farooq, A. Abid, R. Saher, and N. Aslam, “Research Trends in Enterprise Service Bus (ESB) Applications: A Systematic Mapping Study,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 31180–31197, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2972195.
- [31] J. M. Conde Escobar, “Sistema De Información Web Basado En La Arquitectura Orientada A Servicios (Soa) Para La Gestión De Usuarios, Pacientes, Proveedores, Historias Clínicas Y Reportes De La Fundación Ips Para La Salud Física Y Mental Fime,” Universidad del

Valle Sede Tulua, 2017.

- [32] “La estructura de un mensaje SOAP - Documentación de IBM.” [Online]. Available: <https://www.ibm.com/docs/es/integration-bus/10.0?topic=ssmkhh-10-0-0-com-ibm-etools-mft-doc-ac55780--htm>. [Accessed: 21-Aug-2021].
- [33] E. Haro, T. Guarda, A. R. Zambrano Peñaherrera, and G. Ninahualpa Qiña, “Desarrollo backend para aplicaciones web, Servicios Web Restful: Node.js vs Spring Boot,” *Rev. Ibérica Sist. e Tecnol. Informação*, no. E17, pp. 309–321, 2019.
- [34] D. X. Sarango Yunga, “Desarrollo de Plataforma Web para la Evaluacion de Software Basados en la Metodologia SCRUM,” Universidad Tecnica de Machala, 2020.
- [35] E. Bahit, *Scrum & Extreme Programming Para Programadores*. Buenos Aires, Argentina: Creative Commons, 2012.
- [36] “The Open Group,” 2022. [Online]. Available: <https://www.opengroup.org/togaf>.
- [37] F. Diaz Caleño, “Evaluacion de la pirolisis como un metodo para la obtencion de combustible liquido a partir de los plasticos generados en la universidad autonoma de occidente,” Universidad Autónoma De Occidente, 2020.
- [38] P. J. Garrido, “Diseño e implementación de un reactor continuo para la degradación química de polímeros,” Universidad de Chile, 2013.
- [39] A. Cedeño, “Módulo didáctico para controlar nivel y caudal de agua, mediante sistema SCADA, PLC y algoritmo PID.,” *Rev. Riemat*, vol. 4, p. 13, 2019.
- [40] A. D. Bonilla Adriano, “Aplicacion Web SPA para la Gestion de Fichas Medicas en el Hospital Universitario Andino Utilizando Servicios REST,” Universidad Nacional de Chimborazo, 2021.
- [41] © OpenJS Foundation. All Rights Reserved. Portions of this site originally ©Joyent, “Node.js.” [Online]. Available: <https://nodejs.org/es/about/>. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [42] A. Студент НПУА, г. Ереван, “OVERVIEW OF THE ANGULAR FRAMEWORK: PROS AND CONS,” pp. 33–37, 2020.
- [43] A. K. Yorulmaz, “JavaScript Frameworks A qualitative evaluation and comparison of the dominant factors in Angular and React,” Roskilde University, 2020.
- [44] S. Alonso, “API REST y sistema de aprovisionamiento en containers para servIoTicy,” Universitat Politecnica de Catalunya (UPC) – BarcelonaTECH, 2017.
- [45] MICROSOFT, “Documentation for Visual Studio Code.” [Online]. Available: <https://code.visualstudio.com/docs>. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [46] “Plataforma de nivel empresarial para el desarrollo de API | Cartero.” [Online]. Available: <https://www.postman.com/postman-enterprise/>. [Accessed: 03-Aug-2021].
- [47] “Sobre nosotros: la historia, los logotipos y los clientes de Trello | Trello.” [Online]. Available: <https://trello.com/es/about>. [Accessed: 10-Apr-2022].
- [48] J. Astigarraga and V. Cruz-Alonso, “Se puede entender cómo funcionan Git y GitHub,” pp. 1–13, 2016.
- [49] F. F. Prior, “Visor de información de telemetría.,” p. 187, 2015.



- [50] “clever cloud.” [Online]. Available: <https://www.clever-cloud.com/>.
- [51] M. Trigas Gallego and A. C. Domingo Troncho, “Gestión de Proyectos Informáticos. Metodología Scrum.,” *Openaccess.Uoc.Edu*, p. 56, 2012.
- [52] A. M. Pardo Pastrana, “Un Método de Elicitación de Requisitos Para SCRUM Compuesto Por Inception Deck y Modelos de Proceso de Negocios (BPMN),” 2017.
- [53] L. F. PÉREZ NAVARRO and C. D. PEÑA SIERRA, “RELACIÓN ENTRE LAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE STAKEHOLDERS Y SU EFECTIVIDAD EN LA GESTIÓN DE LOS PROYECTOS,” UNIVERSIDAD EAN, 2019.
- [54] R. Vijay Anand and M. Dinakaran, “Issues in scrum agile development principles and practices in software development,” *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 35, 2015, doi: 10.17485/ijst/2015/v8i35/79037.
- [55] “Writing Better User Stories - Scrum Inc.” [Online]. Available: <https://www.scruminc.com/independent-user-stories/>. [Accessed: 09-Apr-2022].
- [56] R. R. Oliveira, “PRINCE2: A Técnica de Priorização MoSCoW,” *Manag. Plaza Int.*, vol. 2, pp. 1–7, 2014.
- [57] A. V. Almache Almache and V. A. Liumiquinga Chicaiza, “Universidad técnica de cotopaxi,” Universidad Tecnica de Cotopaxi, 2020.
- [58] E. Bascón Pantoja, “El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC) y su implementación en Java Swing,” *RevActaNova. v.2 n.4*, Cochabamba, p. 15, 2004.
- [59] E. Marini, “El Modelo Cliente / Servidor,” pp. 1–11, 2012.
- [60] “Azure IoT reference architecture - Azure Reference Architectures | Microsoft Docs.” [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/reference-architectures/iot>. [Accessed: 11-Apr-2022].
- [61] P. B. Gentry, “What is a VPN?,” *Inf. Secur. Tech. Rep.*, vol. 6, no. 1, pp. 15–22, 2001, doi: 10.1016/s1363-4127(01)00103-0.
- [62] A. F. Porras Goez, “TABLERO EN POWER BI DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LOS INDICADORES EN NIVELES ESTRATÉGICOS Y TÁCTICOS,” Universidad de Antioquia, 2021.
- [63] R. Castillo, J. Morata, and L. del Arbol, “Operational Data Store (ODS),” *Actas del III taller Nac. minería datos y Aprendiz.*, pp. 359–365, 2005.
- [64] “Refinamiento de la lista de requisitos y cambios en el proyecto – Product Backlog Refinement – Proyectos Ágiles.” [Online]. Available: <https://proyectosagiles.org/replanificacion-proyecto/>. [Accessed: 07-Apr-2022].