

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN A DISTANCIA**



PROYECTO DE GRADUACIÓN:

**Prototipo de sistema de captura de datos industriales por medio de
equipos IoT para uso en la empresa privada**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
MAESTRO EN ARQUITECTURA DE SOFTWARE**

AUTORES:

Mg. Leonardo Antonio Aguilera Torres - ID # AT172560

Mg. Julio Alejandro Carballo Herrarte - ID # CH203205

ASESOR:

Mg. Denis Alfredo Altuve Santamaria

18 de abril, 2023

Rector Universidad Don Bosco

Dr. Mario Rafael Olmos

Secretaria General

Inga. Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

Director de Educación a Distancia

Mg. Eduardo Menjívar Valencia

Coordinador de la Maestría

Mg. Mauricio Orlando Figueroa Chicas

Asesor del proyecto de graduación

Mg. Denis Alfredo Altuve Santamaria

Lector

Mg. Mauricio Orlando Figueroa Chicas

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 6 |
| 2. Formulación general del proyecto..... | 7 |
| 2.1-Relevancia social y económica..... | 7 |
| 2.2-Objetivos del proyecto..... | 8 |
| 2.2.1-Objetivo general | 8 |
| 2.2.2-Objetivos específicos | 8 |
| 2.2.3-Descripción de proyecto..... | 9 |
| 3. Fundamentación Teórica..... | 11 |
| 3.1-Resumen de la revisión literaria | 11 |
| 3.1.1-Tecnologías de máquinas industriales..... | 11 |
| 3.1.2-Tecnologías IoT y de adquisición de datos | 12 |
| 3.1.2.1-IoT Doméstico | 13 |
| 3.1.2.2-IoT Industrial | 14 |
| 3.1.3-Virtualización | 22 |
| 3.1.3.1- Virtualización en el ámbito industrial..... | 23 |
| 3.2-Opciones de equipos de adquisición de datos evaluados | 25 |
| 3.3-Equipo DAQ a utilizar en la implementación | 29 |
| 3.4-Estado del arte, utilización de tecnología LabJack..... | 32 |
| 4. Metodología | 35 |
| 4.1-Acciones más importantes realizadas | 35 |
| 4.2-Alcance y cobertura del proyecto | 36 |
| 4.3-Actividades previas al desarrollo de la propuesta | 37 |
| 4.3.1-Elección de la Arquitectura del sistema | 37 |
| 4.4-Recolección de datos | 37 |
| 4.4.1-Investigación bibliográfica..... | 38 |
| 4.4.2-Experimentación y uso..... | 39 |
| 5. Propuesta de solución..... | 39 |
| 5.1-Requerimientos del sistema | 39 |
| 5.1.1-Requerimientos software..... | 40 |
| 5.1.2-Requerimientos Hardware..... | 42 |
| 5.1.2.1-Definición de los equipos informáticos requeridos | 42 |
| 5.1.2.2-Definición de los equipos IoT requeridos | 42 |
| 5.2-Restricciones..... | 43 |
| 5.3-Limitaciones | 43 |

| | |
|---|----|
| 5.4-Factores críticos de éxito | 43 |
| 5.5-Alcance | 44 |
| 5.5.1-Definición del alcance | 44 |
| 5.5.2-Actividades a realizar | 47 |
| 5.5.3-Requerimientos | 49 |
| 5.5.3.1-Definición de parámetros a medir | 49 |
| 5.5.4-Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) | 49 |
| 5.6-Tecnologías seleccionadas para la aplicación | 50 |
| 5.7-Diseño y desarrollo del sistema | 52 |
| 5.7.1-Arquitectura de la Aplicación | 52 |
| 5.7.1.1-Patrón de Arquitectura MVC | 53 |
| 5.7.2-Modelado de la Aplicación | 55 |
| 5.7.2.1-Definición de Clases | 55 |
| 5.7.2.2-Diagrama de Clases..... | 55 |
| 5.7.2.3-Casos de Uso..... | 57 |
| 5.7.3-Codificación del aplicativo..... | 60 |
| 5.7.3.1-Codificación de rutinas de colección de datos con Python..... | 60 |
| 5.7.4-Modelado de Datos (Entidad - Relación)..... | 64 |
| 5.7.4.1-Entidades..... | 64 |
| 5.7.4.2-Representación gráfica de atributos y relaciones..... | 64 |
| 5.7.5-Diagramas de red..... | 66 |
| 5.7.6-Diseño de pantallas de usuario - Front-End UX | 68 |
| 5.7.7-Adquisición del equipo para prototipo | 71 |
| 5.7.8-Codificación del Sistema..... | 73 |
| 5.7.8.1-Codificación de rutinas de colección de datos con Python..... | 73 |
| 5.7.8.2-Codificación de aplicación y lógica de negocio en PHP | 73 |
| 5.7.9-Prototipo y pruebas iniciales | 74 |
| 5.7.10-Eschema de respaldos de configuraciones | 74 |
| 5.7.11-Escenarios de pruebas al sistema | 75 |
| 5.7.11.1-Prueba en vacío | 75 |
| 5.7.11.2-Prueba con carga..... | 75 |
| 5.8-Estimación de costos y presupuesto | 75 |
| 5.8.1-Revisión del presupuesto del prototipo | 76 |
| 5.8.1.1-Costos iniciales | 76 |
| 5.8.1.2-Costos secundarios..... | 76 |
| 5.9-Acta de constitución | 78 |
| 5.10-Hoja de Ruta del Proyecto (Cronograma) | 80 |
| 5.11-Ciclo de vida del proyecto | 81 |
| 5.12-Implementación del sistema | 82 |
| 5.12.1-Instalación de máquina virtual | 82 |
| 5.12.2-Configuración de parámetros de operación del sistema..... | 84 |
| 5.12.3-Implementación de Infraestructura requerida | 84 |

| | |
|--|-----|
| 5.13-Entregables | 85 |
| 5.13.1-Manual de operación del usuario | 85 |
| 5.13.2-Manual técnico de despliegue | 86 |
| 5.14-Análisis de riesgo (software y hardware) | 87 |
| 5.14.1-Revisión de la capa de seguridad | 89 |
| 5.15-Cierre | 91 |
| 5.15.1-Documentación de resultados..... | 91 |
| 5.15.1.1-Pantalla de Monitoreo | 94 |
| 5.15.1.2-Estadísticas y gráficos..... | 97 |
| 5.15.2-Preparación y entrega de manuales de instalación y de usuario | 98 |
| 5.15.3-Preparación de Kit del prototipo de sistema..... | 99 |
| 5.15.4-Revisión del "listado de actividades de desarrollo y cierre..... | 99 |
| 6.Conclusiones | 100 |
| 7. Recomendaciones y aportes del sistema implementado | 102 |
| 7.1-Lecciones aprendidas..... | 102 |
| 7.2-Continuidad al proyecto realizado..... | 103 |
| 7.3-Aportes del sistema implementado a la organización | 103 |
| 8. Referencias..... | 104 |
| 9. Anexos..... | 107 |
| 9.1-Manual de operación del usuario..... | 107 |
| Resumen..... | 107 |
| Descripción general de los procedimientos..... | 108 |
| 1. Inicio de Sesión..... | 109 |
| 2. Creación de Plantas..... | 110 |
| 3. Alta de Dispositivos de Lectura..... | 112 |
| 4. Creación de Tipos de Maquina | 115 |
| 5. Alta de Máquinas | 115 |
| a. Alta de Parámetros de lectura..... | 116 |
| a. Creación de Alarmas | 118 |
| 6. Consulta de Estadísticas..... | 118 |
| a. Pantalla de Monitoreo..... | 118 |
| b. Estadísticas y gráficos | 119 |
| 9.2-Manual de técnico de despliegue..... | 121 |
| Resumen..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| Descripción general de los procedimientos..... | 122 |
| 1. Archivos de Máquina virtual | 122 |
| 2. Importar la máquina virtual | 122 |
| 3. Configuración de Red del sistema operativo invitado | 126 |
| Arquitectura del sistema..... | 130 |
| Componentes e interrelaciones que lo integran..... | 131 |
| 9.3 - Máquina virtual en formato OVA..... | 132 |

1. INTRODUCCIÓN

¿Cuántas veces hemos leído esta frase? “Lo que no se mide no se puede mejorar”. Sin embargo, parece que ciertamente, sí, siempre es necesario el conocer algo lo suficientemente bien para poder mejorarlo. Esta básica premisa aplica para todo aquello que utiliza y requiere de recursos adicionales para poder realizar una tarea o trabajo en particular. Esta disyuntiva sobre el uso eficiente de recursos es algo con el que muchas empresas lidian día a día estrangulando su crecimiento actual y futuro, y sin una posibilidad clara de cómo poder cuantificar el consumo de los recursos de forma confiable, repetitiva, y como este desconocimiento afecta la calidad del producto es algo a lo que ciertamente hay que ponerle atención. Siendo así la captación de datos desde las máquinas de producción parte del inicio de la solución con la cual se puede crear un historial de resultados confiables de aquellos parámetros que pudieran representar de forma directa o indirecta costos operativos de las mismas.

El prototipo diseñado, está pensado directamente para el monitoreo de una amplia gama de maquinaria operando en diversas empresas de manufactura sin importar el tipo o tamaño, de las cuales se podrán obtener datos para el desarrollo de un sistema de monitoreo. Permitiendo al sistema captar señales tanto digitales como analógicas por medio de equipos industriales **IoT** (Internet of Things) conectados a los sistemas de control y fuerza de estos mismos. Al reunir la información en una pantalla centralizada de la aplicación por medio de la asignación de canales predefinidos, los cuales pueden ser probados fácilmente. Se genera información muy útil para el monitoreo y control de los procesos de manufactura de la empresa, permitiendo una mejora tanto en el área de mantenimiento preventivo como en el área de planificación y seguimiento del tiempo de uso para disminuir el tiempo perdido.

Los indicadores clave de rendimiento son fundamentales dentro de una empresa que se gestiona por procesos. Este tipo de gestión requiere un análisis y medición de los resultados en cada equipo

productivo y es por ello que el desarrollo de este trabajo está orientado en aportar fuentes de datos numéricos al control estadístico de los procesos de fabricación, como una base documental propia de la maquinaria y de esa manera contribuir con la implementación de este sistema a los objetivos de mejora continua los cuales son un pilar importante de la visión de crecimiento de cualquier empresa de manufactura utilizando la optimización de los recursos.

2. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1-Relevancia social y económica

La inversión para este sistema es relativamente baja y su implementación es rápida al contar con las instrucciones e información técnica que será proporcionada en este trabajo. Con esta automatización del monitoreo de las condiciones de los equipos de producción, se le estará proporcionando a la empresa las herramientas de primer nivel para la generación de datos estadísticos de mucha importancia para mejorar la productividad, eficiencias operativas y mejoras en costos operativos. Pilares para lograr un crecimiento sostenido.

Al lograrse un crecimiento de la empresa, basado en el conocimiento de datos de la operación se crearán sin duda nuevas oportunidades de trabajo para nuevos profesionales en el área de informática para mantener y expandir el sistema inicial.

2.2-Objetivos del proyecto

2.2.1-Objetivo general

Implementar un prototipo de arquitectura (sistema de software y hardware) que permita a la empresa donde se utiliza, tener a su disposición información del uso de sus equipos a través de la captura de datos de los parámetros operativos principales tales como la velocidad lineal de la banda principal de una máquina textil, la temperatura en los gabinetes de control, las revoluciones por minuto de un motor de una máquina de extrusión de hilos de fibra de plástico, el factor o relación de estiramiento, el porcentaje al que la máquina está cargada y a qué presión está sometida la tubería de inyección de aire comprimido para que esta opere adecuadamente, incluyendo cálculos del consumo indirecto de energía basado en el conocimiento del costo de la energía utilizada por hora y las horas en operación permitirán mostrar notificaciones de alarmas de cuando se tengan mantenimientos programado.

2.2.2-Objetivos específicos

- Definir la arquitectura adecuada que mejor se adapte al uso del software y hardware, permitiendo una integración sin complicaciones, en cualquier tipo de computadora del tipo Intel con soporte de virtualización.
- Establecer los requerimientos y limitaciones necesarias, de forma que el sistema tenga un nivel de compatibilidad digital y analógica para una integración adecuada con equipo industrial que cumpla los requisitos de interconectividad utilizando los diferentes tipos de interfaces de captura de datos del tipo IoT Industrial.

- Desarrollar el software específico, basado en los requisitos generales del alcance propuesto que permita el procesamiento y la interconexión necesaria con el hardware del tipo IoT Industrial tales como los DAQ (Data Acquisition).

2.2.3-Descripción de proyecto

El sistema de prototipado de captura de datos industriales, es un sistema de software y hardware que permite a las empresas en general obtener información de sus equipos sobre los parámetros operativos tales como la velocidad de una banda, la velocidad de giro de motores, la temperatura de un área en particular, la condición del estatus de algún contacto con equipos IoT Industrial durante la jornada laboral, es algo muy interesante y útil debido a que estos datos le permitirán a la gerencia o dueños el analizar dichos resultados permitiendo el tomar decisiones financieras sobre el costo operativo real de los equipos, contabilizando sus tiempos de mantenimiento basado en horas de servicio, así como también calculando más apropiadamente los costos de energía consumidos, basados en el costo unitario de la misma. (Olarde C, 2010).

Al permitir visualizar las variables más importantes que consumen recursos en una empresa como lo son el tiempo de uso del equipo en horas, el cual relaciona tanto la energía y el personal asignado entre otros. El conocer esta información permitirá fácilmente llevar el control de horas de uso antes de que el equipo requiera algún tipo de mantenimiento evitando tener paros inesperados por no controlar los requerimientos de servicio basado en horas de operación, por lo cual se tendrá adecuado control del mantenimiento del equipo para gestionar los repuestos y programar las horas de mantenimiento en fechas adecuadas que no afecten la producción o prestación de servicios. Se espera la disminución de los costos operativos en un porcentaje el cual variará en función de cómo se definan los perfiles de uso de los equipos y que del tipo de tecnología.

El sistema consta de secciones bien diferenciadas tales como la capa de software y de hardware las cuales se integran por medio del uso de interfaces de comunicación desde los sensores y convertidores del tipo analógicos y digitales que residen en las máquinas de manufactura hasta la captura de datos en la base de datos por medio del uso de rutinas de obtención de datos programadas de forma automática.

El sistema ejecutará servicios de consulta y transferencia de datos al sistema de almacenamiento, utilizando la comunicación con los equipos IoT Industrial, los cuales permitirán la lectura de los datos de los parámetros digitales o analógicos según sea el caso para cada uno de los canales monitoreados. Al obtener los datos, el sistema permitirá ajustar ciertos parámetros como la frecuencia para la obtención de datos por medio de un proceso **ETL** (Extract, transform, load) la cual, en el área de desarrollo de programas, es un proceso de tres fases donde los datos se extraen, transforman y cargan en un contenedor de datos de salida. Los datos se pueden recopilar de una o más fuentes y también se pueden enviar a uno o más destinos, el cual permitirá que el flujo de datos pase por rutinas de depuración y formateo adecuados para ser cargados posteriormente en un sistema de gestión de base de datos relacional de código abierto. Al almacenar los datos, estos podrán ser consultados y presentados en una interfaz gráfica al usuario, de forma que la pantalla de usuario centralizará la presentación de información dependiendo de los canales de entrada asociados a cada máquina para ser monitoreados, así dependen los diferentes parámetros a ser mostrados en cada caso.

En el desarrollo del proyecto se definen los siguientes requerimientos claves:

- Software de captura y procesamiento de datos digitales y analógicos (Código fuente).
- Hardware de captura de señales digitales y analógicas tipo DAQ .
- Arquitectura del prototipo.
- Modelado del prototipo.

- Paquete de despliegue de sistema virtual con Hipervisor compatible con archivo OVA (Open Virtual Appliance) el cual es un archivo digital utilizado por aplicaciones de virtualización.
- Guía de usuario y despliegue del sistema.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

3.1-Resumen de la revisión literaria

3.1.1-Tecnologías de máquinas industriales

El desarrollo y expansión de las máquinas industriales ha tenido un gran impacto en la productividad y los costos de producción de la industria manufacturera desde la Revolución Industrial, tanto de forma directa como indirecta.

El impacto directo consiste en aumentar la eficiencia de la productividad de la mano de obra gracias al uso de maquinaria más rápida, precisa, mecanizada y automatizada, además del aumento de la productividad del capital debido a mayores índices de funcionamiento, la mayor confiabilidad y mayores índices de utilización. El impacto indirecto por otro lado es el uso de herramientas nuevas o mejoradas que ha facilitado cambios organizativos que afectan a la mano de obra, las materias primas, el capital y la energía. (Virgilio Gilart Iglesias, 2020).

La fabricación comenzó con seis máquinas simples: la palanca, la rueda y el eje, el plano inclinado, la cuña, la polea y más tarde el tornillo. Estas seis máquinas facilitaron el trabajo manual y ayudaron a mejorar la productividad. El uso de la maquinaria industrial ha cambiado significativamente en los últimos 50 años con nuevos diseños y simulaciones, así como con la automatización que mejora la calidad del producto, ahorra tiempo, reduce los gastos y aumenta el rendimiento.

La adaptación de la tecnología avanzada es esencial en las empresas, pero eso no significa que la empresa deba seguir por fuerza el ritmo de los lanzamientos del mercado. Considerar la instalación de una máquina no es una tarea fácil, ya que requiere una evaluación cuidadosa de la disponibilidad de financiación de la empresa y de la eficacia de su uso para obtener un retorno de inversión aceptable.

Las soluciones digitales han transformado la industria de la maquinaria moderna, reduciendo el índice de error humano y optimizando la producción en volúmenes significativos. Las TIC se han convertido en un factor integral en el diseño, el funcionamiento y el mantenimiento de la maquinaria y los equipos industriales. (SICMA21, 2021).

3.1.2-Tecnologías IoT y de adquisición de datos

IoT es el proceso que permite conectar los elementos cotidianos al Internet: pueden ser desde objetos domésticos, como las bombillas de luz, hasta los recursos para la atención de la salud, como los dispositivos médicos; las prendas y los accesorios personales inteligentes.

Los dispositivos del IoT que se encuentran dentro de esos objetos físicos son de dos categorías: interruptores (que envían las instrucciones a un objeto) o sensores (recopilan los datos y los envían a otro lugar). El funcionamiento de estos sistemas consiste en enviar, recibir y analizar los datos de forma permanente en un ciclo de retroalimentación. Según el tipo de tecnología de IoT, las personas o los sistemas de inteligencia artificial y aprendizaje automático o "Machine Learning" pueden analizar estos datos inmediatamente o durante un periodo de tiempo. (Ilkka Tengvall, 2021). El aprendizaje automático es un campo de investigación dedicado a comprender y crear métodos que "aprendan", es decir, métodos que aprovechan los datos para mejorar el rendimiento en algún conjunto de tareas. Se considera parte de la inteligencia artificial.

3.1.2.1-IoT Doméstico

Las tendencias del uso de IoT domésticos permiten observar en que los dispositivos más utilizados como por ejemplo los asistentes de voz que interactúan con nosotros a través de los conocidos “parlantes inteligentes”. Alexa, Google y Siri son 3 de los más conocidos; estos softwares son asistentes muy poderosos a los que es posible preguntarles y solicitarles acciones u información, y que responden de inmediato. Podemos interactuar con ellos a través de un parlante y micrófonos como medio físico de intercambio de información, es posible usarlos para conocer las noticias del día, para pedirles que suene una canción y escuchar música, que tomen nota de nuestra agenda o hasta es posible que programen una alarma para el día siguiente.

En el área de la seguridad del hogar, los focos inteligentes son fundamentales en el área de la domótica, permitiendo controlarlas en forma remota, el encenderlos y apagarlas sin necesidad de llegar hasta un interruptor de pared, pudiendo también programar que se enciendan a la misma hora todos los días. Los tomacorrientes inteligentes, por su parte, identifican patrones de consumo de los electrodomésticos a los que se acoplan, por ejemplo, lavadoras, hornos, microondas, acondicionadores de temperatura, etc. y pueden detectar cuando hay un cambio en esos patrones de consumo.

Los sensores de movimiento son también dispositivos IoT muy versátiles. Pueden colocarse en cualquier lugar estratégico de casa y pueden tener la capacidad de detectar por ejemplo cuánta gente se encuentra en ese momento, pueden percibir si hay una presencia desconocida en horarios anormales y son perfectos para detectar intrusiones y posibles robos. Al final el resultado de utilizar IoT en casa ayuda a mejorar la eficiencia en el consumo de recursos por medio de acciones directas cuando son necesarias basadas en el tipo de señales de entradas detectadas.

3.1.2.2-IoT Industrial.

El IoT industrial consiste en maquinaria conectada a Internet o Intranet y en avanzadas plataformas de análisis que procesan los datos que se producen. Los dispositivos IIoT van desde diminutos sensores ambientales hasta complejos robots industriales. Si bien la palabra “industrial” puede referirse a almacenes, fábricas, las tecnologías IIoT son muy prometedoras para una amplia gama de sectores industriales, como la manufactura, la agricultura, la salud, los servicios financieros, el comercio minorista y la publicidad. (Mohan Rajagopalan, 2022).

Los dispositivos DAQ o DAS (Data Acquisition System) es una colección de software y hardware que permite medir o controlar las características físicas de algo en el mundo real que recogen datos y los intercambian a través de Internet, Intranet o red de área local (LAN).

La adquisición de datos es el proceso de medir un fenómeno eléctrico o físico, como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido y permite muestrear señales que miden fenómenos físicos del mundo real y convertirlos en una forma digital para que puedan ser manipuladas y utilizadas por una computadora y software para realizar el procesamiento de patrones y generar el control centralizado de otras funcionalidades basados en las entradas de las señales. Por ejemplo, en el área industrial, automotriz o aplicaciones personales.

Un sistema DAQ permite leer y medir datos, almacenarlos, procesarlos y mostrarlos de diferentes formas. Las partes que los conforman son:

1. Transductores para transformar variables físicas en señales eléctricas.
2. Canales analógicos para la recepción de las señales de los transductores.
3. Un convertidor A/D (Analog-to-Digital) para digitalizar las señales analógicas.
4. Canales analógicos de salida.

5. Canales digitales de entrada y salida.
6. Contadores y Temporizadores dependiendo del modelo.
7. Un circuito de control.
8. Interfaz para proveer conectividad a una computadora u otro dispositivo.
9. Un software de usuario que permita interactuar con el DAQ.

La Figura 1 muestra los componentes generales de un sistema de adquisición de datos digitales. Constan de cuatro componentes esenciales que forman la cadena de medición de los fenómenos físicos a capturar.

Un sistema estándar DAQ tiene múltiples canales de circuitos de acondicionamiento de señales que proporcionan la interfaz entre los sensores externos y el subsistema de conversión A/D.

Figura 1

Elementos generales de un sistema de adquisición de datos digitales



Nota. María Fernanda Tene, 2022, Riobamba Ecuador

La utilización de los sistemas de adquisición de datos está orientada a medir fenómenos físicos como:

- Temperatura.

- Voltaje.
- Corriente.
- Esfuerzo y presión.
- Shock y Vibración.
- Distancia y Desplazamiento.
- RPM's, Ángulo y Eventos Discretos.
- Peso.

El propósito principal de un sistema DAQ es adquirir y almacenar los datos. Hoy en día se pueden encontrar unidades que permiten la visualización y análisis de los datos en tiempo real y el almacenamiento de los datos obtenida. Además, muchos de ellos tienen incorporada capacidades analíticas y generación de informes básicos.

Otra innovación reciente es la combinación de adquisición y control de datos, donde un sistema DAQ está estrechamente conectado y sincronizado con un sistema de control en tiempo real. Un ejemplo de ello es el Módulo portátil OROS de adquisición de datos que se muestra en la Figura 2.

Los requisitos esperados de un sistema DAQ son:

- Registro de datos obtenidos.
- Almacenamiento de datos obtenidos.
- Visualización de los datos obtenidos en tiempo real.
- Revisión de datos ya almacenados.
- Análisis de los datos utilizando cálculos matemáticos y estadísticos.
- Generación de reportes.

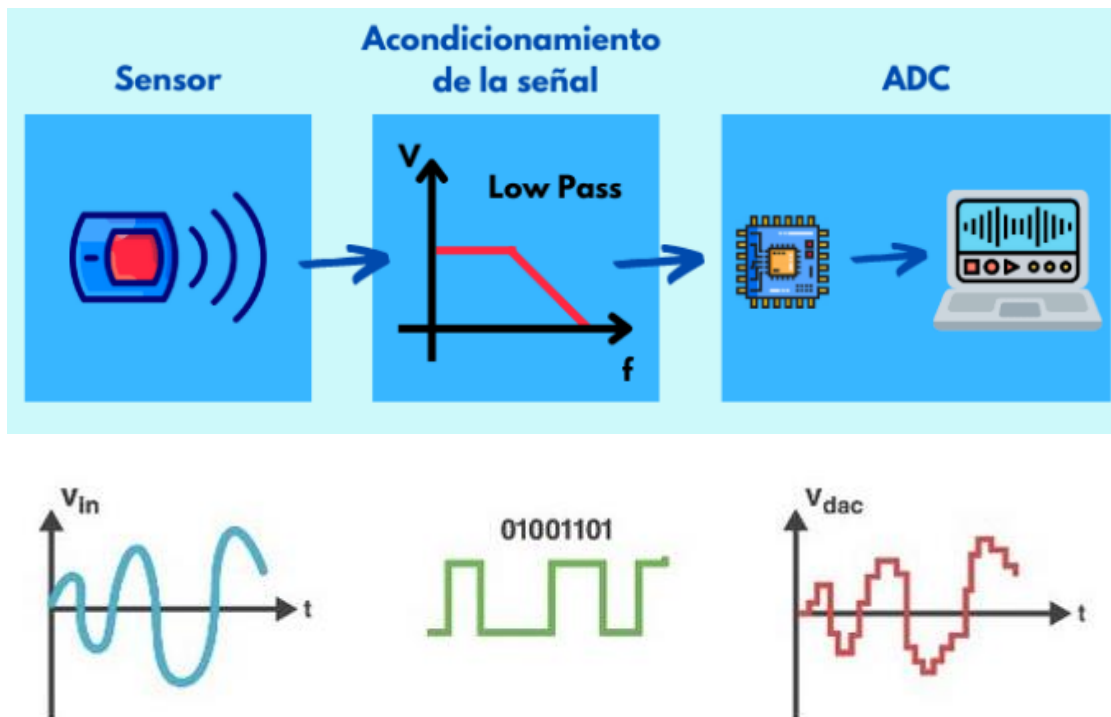
Figura 2*Módulo OROS de adquisición portátil*

Nota: Oros Corp., 2022, Francia Ruido OR10

La adquisición de datos es el proceso de convertir una señal física a digital con el objetivo de poder visualizarla y almacenarla para su análisis. Debido a que los fenómenos físicos son analógicos, primero deben medirse y luego convertirse a digital, como lo ilustra la Figura 3, este proceso se realiza utilizando diferentes sensores y acondicionadores de señal, mostrando las salidas mediante convertidores ADC (Analog-to-digital conversion) y luego se escriben en un flujo basado en el tiempo en un medio digital. Esto es conocido como un sistema de medición. Esquema pictórico de un sistema de adquisición de datos analógicos (Grant M Smith, 2020).

Figura 3

Ejemplo de un Sistema de Adquisición de Datos.



Nota. Centro de Información Técnica para la Industria. 2021, España

Siendo los elementos que componen un sistema de adquisición de datos los siguientes:

Sensores o Transductores. Un sensor convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica medible.

Los tipos de sensores más utilizados:

- Celdas de carga: para medir peso y carga.
- Sensores LVDT (Linear Variable Differential Transformers): los LVDT se utilizan para medir el desplazamiento en la distancia. LVDT es un sensor electromecánico que se utiliza para convertir el movimiento mecánico o las vibraciones, específicamente el movimiento rectilíneo, en una corriente eléctrica variable, voltaje o señales eléctricas, y viceversa.

- **Acelerómetros:** Medición de vibraciones y golpes.
- **Micrófonos:** para medir el sonido.
- **Medidores de deformación:** Miden la deformación de un objeto, por ejemplo, fuerza, presión, tensión, peso, etc.
- **Transductores de corriente:** para medir corriente CA o CC (Corriente Alterna o Corriente continua).

Acondicionadores de Señal. Los acondicionadores de señal toman la salida de los sensores analógicos y los transforman para ser muestreados digitalmente.

Cada acondicionador de señal está diseñado para realizar la normalización elemental de la salida de un sensor con el objetivo de asegurar su linealidad y fidelidad a los fenómenos con el que se está interactuando para prepararlo para la digitalización. Debido a que cada tipo de sensor es diferente, los acondicionadores de señal deben adaptarse perfectamente a ellos, ya sea utilizando un factor de corrección incluido en el mismo convertidor u aplicando un factor vía el software de adquisición de datos.

Aislamiento. El aislamiento eléctrico consiste en la separación de un circuito de otras fuentes eléctricas. Esto es muy importante con los sistemas de medición porque en la mayoría de las señales existen a niveles relativamente bajos y los potenciales eléctricos externos pueden influir en la calidad de la señal a obtener, lo que puede resultar en lecturas incorrectas. Los potenciales de interferencia pueden ser tanto Corriente Alterna como Corriente Continua.

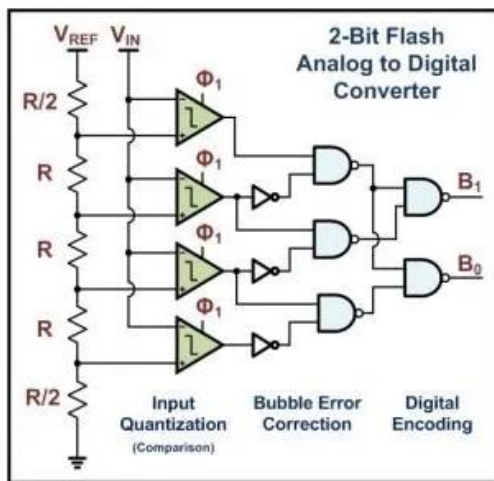
Debido a esto muchos sistemas de adquisición de datos actualmente tienen entradas aisladas de muy alta impedancia, para mantener la integridad de las señales y así poder garantizar que lo que emite el sensor sea realmente lo que se ha leído.

Filtrado. Todas las señales por medir pueden estar afectadas por ruidos eléctricos o interferencias, así como el acople entre sensores y convertidores. Esto puede ocurrir debido a campos electromagnéticos del medio ambiente que podrían inducir en líneas de señal de alta ganancia, o puede ser por potenciales de voltaje simples que existen entre el sensor y el objeto a probar. Es por lo que se necesitan acondicionadores de señal que proporcionen un filtrado seleccionable que se pueda utilizar para eliminar estas interferencias y realizar mejores mediciones.

Los tipos básicos de filtros de señal son:

- 1 Filtro de paso bajo: Reduce la señal o se apaga con una frecuencia determinada y las que están por encima.
- 2 Filtro de paso alto: Permite el paso de frecuencias que están por encima de una frecuencia determinada.
- 3 Filtros de paso de banda y de rechazo de banda: Pasan o detienen frecuencias entre dos valores preestablecidos.

Convertidores Análogo-Digital (ADCs). Generalmente la salida de la señal de medición física es una señal analógica. Necesitamos convertir esta señal a una serie de valores digitales de alta velocidad para que el sistema de adquisición de datos pueda visualizarla y almacenarla. Para esto se utiliza una tarjeta A / D (Análogo-a-Digital) para convertir esta señal. En la Figura 4 se ilustra un convertidor analógico a digital del tipo de conversión directa. (Ramírez Betancourt, 2018).

Figura 4*Ejemplo de un convertidor analógico a digital*

Nota. Jon Guerber, 2021

Almacenamiento de Datos. La mayoría de los sistemas DAQ permiten que los datos obtenidos se exportan a diferentes formatos de archivo para su análisis utilizando herramientas de software disponibles en el mercado o bien desarrollos particulares para necesidades especiales. Los formatos de datos más comunes incluyen “CSV” (valores separados por comas), “UNV” (formato de archivo universal) entre otros.

Visualización y Análisis de Datos. Una de las funciones principales de un sistema DAQ es la capacidad de visualizar los datos en tiempo real durante el almacenamiento de datos. Muchos sistemas utilizan una pantalla plana integrada o separada, que se puede configurar con diferentes formatos visuales.

Los datos de forma de onda se pueden mostrar como formas de onda Y / T en un gráfico de amplitud y tiempo en forma numérica, y también se pueden emplear otras convenciones gráficas, como medidores de gráficos de barras, gráficos de frecuencia / magnitud FFT (Fast Fourier Transform -

Transformada rápida de Fourier), etc. Una transformada rápida de Fourier es un algoritmo que calcula la transformada discreta de Fourier de una secuencia, o su inversa. El análisis de Fourier convierte una señal de su dominio original a una representación en el dominio de la frecuencia y viceversa.

Una vez estén almacenados en el sistema DAQ, los datos se pueden analizar haciendo uso de herramientas integradas o con software de análisis de datos de terceros. (Fernando Neyra, 2009).

3.1.3-Virtualización.

Una máquina virtual es en sí un sistema informático virtual que consta de un contenedor de software aislado que incluye su sistema operativo y un software de aplicación. Cada máquina virtual autónoma es completamente independiente de otros dispositivos virtuales. Si se instalan varias máquinas virtuales en un mismo servidor es posible ejecutar varios sistemas operativos y aplicaciones en un solo host (computadora).

Un hipervisor es un tipo de software, firmware o hardware de computadora que crea y ejecuta máquinas virtuales. Una computadora en la que un hipervisor ejecuta una o más máquinas virtuales se denomina máquina anfitriona (Host) y cada máquina virtual se denomina máquina invitada (Guest). Existe un hipervisor que tiene como función desvincular las máquinas virtuales del host y asignar recursos de forma dinámica a cada máquina virtual según lo demanden.

Los tipos de virtualización que existen son virtualización de servidores y virtualización de red.

Virtualización de servidores. Permite ejecutar múltiples sistemas operativos en un mismo servidor físico por medio de máquinas virtuales.

Las principales ventajas son:

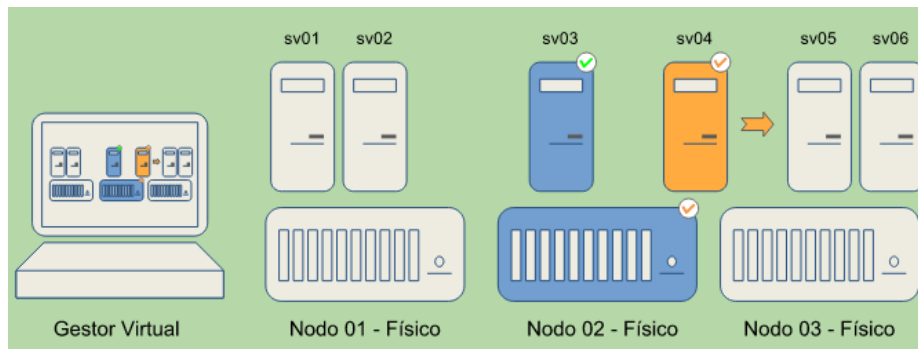
- Mayor eficiencia
- Implementación más rápida de las cargas de trabajo

- Mejora del rendimiento
- Mayor disponibilidad del hardware
- Reducción en costos operativos

Virtualización de red. Permite ejecutar las aplicaciones de software en una red virtual del mismo modo que en una red física con ventajas operativas e independencia del hardware. La virtualización de red muestra los dispositivos y servicios lógicos (puertos lógicos, conmutadores, enrutadores, cortafuegos, equilibradores de carga, VPN, etc.) a los usuarios y otros dispositivos conectados como si fueran unidades físicas independientes. (VMware, 2022).

3.1.3.1- Virtualización en el ámbito industrial.

La virtualización es básicamente la separación del hardware del sistema de supervisión y control de las herramientas de diseño y operación. Las plantas industriales modernas requieren optar con mejoras continuas y adaptaciones a las demandas constantes del mercado. Los encargados de la automatización y control de la producción han descubierto que la virtualización les ayuda a mejorar las operaciones y el mantenimiento de los sistemas. La Figura 5 ilustra los elementos más importantes de un sistema de virtualización de alta disponibilidad con replicación de máquinas virtuales donde podemos apreciar la reducción en el número de máquinas físicas y las interacciones de las diferentes máquinas virtuales con el servidor físico y el sistema de control.

Figura 5*Ejemplo de un sistema de virtualización de alta disponibilidad*

Nota. IT Integradores, 2022 <http://www.itintegradores.com/servicios/virtualizacion/>

Ventajas de la virtualización

- Reducción de costos en servidores y estaciones DCS.
- Reducción en el número de máquinas físicas y por tanto ahorro en costos de instalación y mantenimiento.
- Flexibilidad y facilidad de uso que permite el añadir y quitar estaciones, principalmente en sistemas de desarrollo y prueba.
- Permite que distintas versiones coexistan en una sola plataforma hardware.
- Mejora el soporte por ejemplo cuando se deben de realizar pruebas.
- Mejora de la disponibilidad del sistema permitiendo una recuperación del sistema ante el fallo de una estación o servidor.

Inconvenientes de la virtualización

- En caso de usuarios con conocimientos limitados en IT, la virtualización añade más complejidad desde el punto de vista de gestión del sistema.
- En sistemas pequeños, el costo de la inversión en una solución de virtualización de alta disponibilidad puede ser muy alta comparado con un despliegue de máquinas físicas.

3.2-Opciones de equipos de adquisición de datos evaluados

Las opciones de Sistemas de adquisición (DAQ) evaluadas son las siguientes:

1-Advantech Data Acquisition Solution USB-4704

Los dispositivos USB-4704, son muy confiables y resistentes para aplicaciones industriales, pero lo suficientemente asequibles para sistemas domésticos, brindan un medio fácil y eficiente de agregar capacidades de medición y control a computadoras con capacidad USB. Además, debido a que el USB-4704 consume energía de la computadora a través del puerto USB, no se requiere alimentación externa, si requiere conexión, lo que convierte a estos módulos en la solución más rentable para aplicaciones de prueba y medición. La Figura 6 ilustra un módulo de adquisición de datos USB 470 que se pueden instalar sin abrir el chasis manufacturado por "Advantech Data Acquisition Solution".

Figura 6

Dispositivo USB-4704 Advantech



Nota. USB 4704, Advantech Rueiguang Road, Neihu District, Taipei 114519, Taiwan, 2022

Características de los dispositivos USB-4704

- Soporta USB 2.0.
- Portátil.

- Alimentado por bus.
- 8 canales de entrada analógica.
- IA de resolución de 12 bits (USB-4702), y 14 bits (USB-4704).
- Tasas de muestreo de hasta 10 kS/s (USB-4702), 48 kS/s (USB-4704).
- Entrada digital de 8 canales/salida digital de 8 canales, salida analógica de 2 canales y 1 contador de 32 bits.

2-CompactRIO, National Instruments

La Figura 7 ilustra los sistemas CompactRIO que ofrecen capacidades de procesamiento de alto rendimiento, E/S condicionadas específicas para sensores y un conjunto de herramientas de software estrechamente integrada que los hace ideales para aplicaciones del Internet Industrial de las Cosas (IIoT), monitoreo y control. El procesador en tiempo real ofrece un comportamiento confiable y predecible, mientras que el FPGA sobresale en tareas más pequeñas que requieren lógica de alta velocidad y temporización precisa. FPGA (Field-Programmable Gate Array).

Una matriz de compuertas programables en campo es un circuito integrado diseñado para ser configurado por un cliente o un diseñador después de la fabricación.

Figura 7

Unidad DAQ CompactRIO



Nota. National Instruments 11500 N Mopac Expwy Austin, TX, 2021

3-ADLINK MCM-200

La tecnología DAQ acelera la implementación de MCM (Machine Condition Monitoring - Monitoreo de la condición de la máquina), simplifica la configuración y el mantenimiento, y recopila, preprocesa y transmite datos de sensores con mayor confiabilidad y eficiencia. Este enfoque permite que las plantas amplíen rápidamente su alcance de conocimiento operativo en tiempo real y mejoren su capacidad de respuesta a las condiciones cambiantes de la máquina, los procesos de producción y los parámetros ambientales. La Figura 8 es una ilustración de un equipo MCM-200 Series. que permite el aumento de la viabilidad de la gestión remota en tiempo real a escala.

Figura 8

Ilustración de un DAQ MCM-200 Series



Nota. ADLINK Technology Inc.- 450 Via Del Oro, San José CA, 2022

Características importantes:

- Procesador ARM Cortex-A9.
- Función de algoritmo personalizado.
- Alta fiabilidad.
- Alta conectividad.
- E/S de función DAQ enriquecida.
- Consola web incorporada.

4- DAQ LabJack T4 - LabJack Measurement & Automation

El LabJack T4 es un colector de datos con conectividad USB y TCP/IP se pueden configurar individualmente como entrada digital, salida digital o líneas de entrada analógica. La Figura 9 ilustra un colector de datos LabJack modelo T4 con conectividad USB y TCP/IP con la capacidad de configuración individualmente como entrada digital, salida digital o líneas de entrada analógica.

Figura 9

Ilustración del LabJack modelo T4



Nota. LabJack Corporation Lakewood, CO USA, 2022

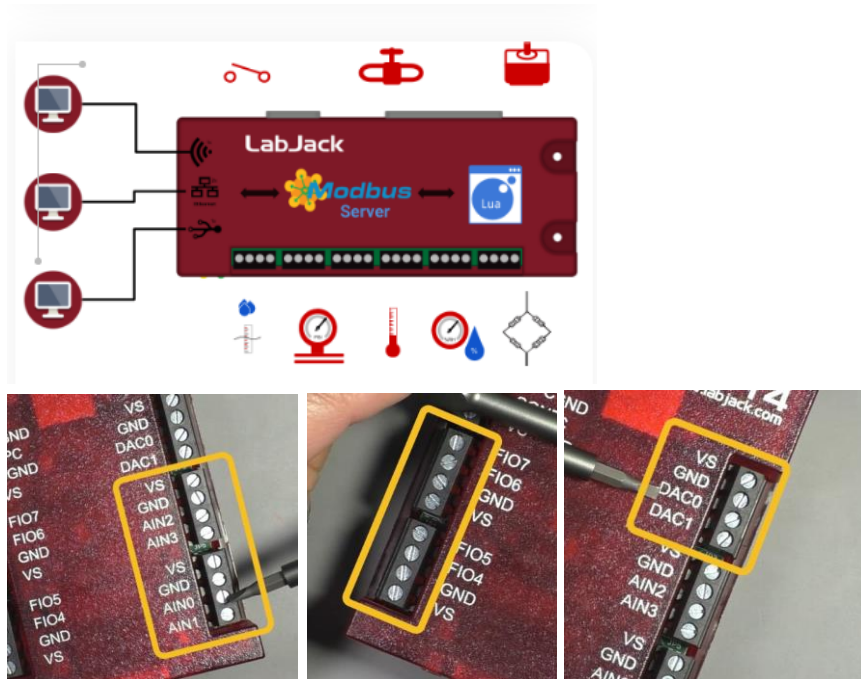
El LabJack T4 tiene las siguientes características:

- **Entradas analógicas de alto voltaje.** Las primeras 4 líneas de E/S en el LabJack T4 son entradas analógicas de alto voltaje dedicadas. Su rango de tensión es de $\pm 10V$ con 12 bits de resolución. En informática, E/S, la entrada/salida es la comunicación entre un sistema de procesamiento de información, como una computadora, y el mundo exterior, posiblemente un ser humano u otro sistema de procesamiento de información. Las entradas son las señales o datos que recibe el sistema y las salidas son las señales o datos que envía.

- **E/S flexibles.** Las 8 líneas de E/S marcadas como FIO4-FIO7 y EIO0-EIO3 son líneas de E/S flexibles. Pueden configurarse individualmente como líneas de entrada digital, salida digital o entrada analógica.
- **E/S digitales.** El T4 tiene 8 líneas de E/S digitales dedicadas marcadas como EIO4-EIO7 y CIO0-CIO3.
- **Salidas Analógicas.** El LabJack T4 tiene 2 salidas analógicas (DAC0 y DAC1). Cada salida analógica se puede configurar entre 0 y 5 V con 10 bits de resolución.
- **Temporizadores.** El T4 tiene múltiples temporizadores de hardware que brindan opciones como salida de modulación de ancho de pulso PWM (Pulse-Width Modulation).
- **Contadores.** El T4 tiene varios contadores de hardware que se pueden usar para detectar cambios de pin.

3.3-Equipo DAQ a utilizar en la implementación

El sistema DAQ a utilizar en esta implementación es el LabJack modelo T4. Este permite leer fácilmente y de manera fiable la salida de los sensores que miden el voltaje, la corriente, la potencia, la temperatura, la humedad, la velocidad del viento, la fuerza, la presión, la tensión, la aceleración, las revoluciones por minuto (RPM), la intensidad de la luz, la intensidad del sonido, la concentración de gas, la posición y muchos más. La Figura 10 muestra una unidad LabJack Series-T usando Scripting con operación independiente, que es una de las ventajas clave de T-Series. Un LabJack trae estos datos a una PC donde se pueden almacenar y procesar como se desee.

Figura 10*LabJack Series-T***Analog Inputs****Flexible Input/Outputs****Digital to Analog Converters**

Nota. LabJack Corporation Lakewood, CO USA, 2022

El modelo T4 puede operar sin la participación de una computadora. Las operaciones especificadas (Lazos de retroalimentación, registro, PID - proporcional-integral-derivativo) se pueden realizar a través de un script integrado, lo que no era posible en generaciones anteriores de hardware LabJack u otros dispositivos DAQ de otros fabricantes. Ahora es posible integrar Lua Scripting al programa gratuito de configuración multiplataforma LabJack, para que controle cosas como motores, luces, solenoides, relés, válvulas y más.

La capacidad de manejar secuencias de comandos autónomas es común para los dispositivos DAQ integrados como Arduino, Advantech Data Acquisition, entre otros, pero hay algunas ventajas clave de los **LabJack T-Series** en comparación con otras soluciones integradas, estas son:

- Acceso completo a todas las funciones del dispositivo dentro del script: (ADC de 24 bits, 14 canales analógicos, 23 E/S digitales, 10 contadores, I2C, PWM, etc.)

- Si necesita más capacidad de E/S, existen una serie de accesorios que se pueden agregar sin código o cableado adicional.
- No se compila ningún código en la PC anfitriona, por lo que no es necesario configurar algún tipo de compilador/intérprete en su sistema.
- Se puede escribir código en Lua, que puede ser más fácil de aprender que C o C++.
- Este DAQ es multitarea: puede ejecutar un script y también responder a solicitudes externas al mismo tiempo.
- Los scripts de Lua son fáciles de escribir porque los scripts utilizan el mismo sistema de direcciones Modbus TCP de alto nivel que se usa normalmente para acceder al dispositivo.
- Los scripts pueden utilizar el RTC respaldado por batería del T7-Pro para activar eventos cada día, hora, día de la semana, etc.
- Se pueden almacenar millones de puntos de datos en la tarjeta microSD de 2 GB en archivos .csv.
- Es muy fácil para una computadora externa acceder a las variables de un script mediante el uso de un conjunto designado de registros
- Está disponible software gratuito de adquisición de datos. que permite configurar rápidamente los dispositivos y registrar datos. Ejemplo de código/envolturas para todos los principales lenguajes de programación y soporte de software de terceros-gratis. (LabJack Corporation., 2022).

Las aplicaciones de LabJack están ubicadas en todo el mundo e incluyen:

- Sector Médico.
- Industrial y manufactura.

- Investigación y desarrollo.
- Ejército, Fuerza Aérea, Armada y Guardacostas.
- U.S. Department of Agriculture (USDA), National Aeronautics and Space Administration (NASA), NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL), National Institute of Standards and Technology (NIST), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Institutes of Health (NIH), Environmental Protection Agency (EPA).

3.4-Estado del arte, utilización de tecnología LabJack

Los dispositivos LabJack son herramientas flexibles y poderosas, hechas para aumentar la eficiencia al obtener datos de manera rápida y relativamente fácil. Desde el año 2001, se han utilizado dispositivos LabJack en diferentes aplicaciones, tales como integración CNC y automatización de protocolos de pruebas.

A continuación, presentamos algunos ejemplos de aplicaciones en los que la tecnología LabJack ha sido utilizada con éxito.

1. El museo de ciencia "Discovery" en Connecticut Estados Unidos, utiliza LabJack para impulsar globos de aire.

El sistema implementado es un diseño simple que utiliza transistores de potencia "Darlington" para conectar las salidas del LabJack a los solenoides del instrumento de control. Se desarrollo un software que traduce los datos de los sensores en señales de salida. El software fue implementado en Python, lo que permite una fácil implementación en plataformas Linux o, Windows; con un diseño de subprocesos múltiples que facilita la administración de diez canales de salida más un canal de entrada.

El globo de aire traduce la posición de la mano en el instrumento, en actividad mecánica y audible donde los usuarios pueden aprender a través de la experiencia cómo lograr varios efectos mediante diferentes movimientos.

2. Implementación de habilidad de auto carga en un robot personal por la universidad Carlos III de Madrid. Dr. Sergio Sánchez Carballido.

El proyecto aborda la autonomía energética de los robots con el diseño e implementación de un sistema de carga automática de las baterías de un robot personal. Cada vez se quiere conseguir robots más independientes de las personas a la hora de realizar las tareas para las que están diseñados, es decir, que estos robots sean más conscientes del entorno en el que se mueven, más sociables, amigables y fáciles de manejar por un usuario no experto en robótica. Además, esta independencia conlleva que los robots puedan realizar las tareas para las que han sido diseñados sin la continua supervisión de una persona.

Un elemento clave de esta implementación es una **tarjeta de adquisición de datos LabJack**: La adquisición de datos consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un sistema digital. El elemento que hace dicho proceso es la tarjeta de adquisición de datos. Esta tarjeta tiene entradas y salidas tanto digitales como analógicas de las que se servirá el proceso para leer el voltaje de las baterías.

Para el acople es necesario que la unidad robot gire, debido a que la herramienta de enchufe d con las barras de carga de la estación están en su parte posterior, una vez haya girado, el robot solo tendría que ir hacia atrás para conectarse. El momento para parar este retroceso es cuando **la tarjeta de adquisición de datos LabJack** (sensor que mide el voltaje de las baterías) obtenga el valor asociado a que el robot está cargándose. Este hecho hará que se bloquee la habilidad mediante un evento. Si el

robot tardara en recibir la información de cargándose más de un tiempo establecido como máximo para llegar a la estación, se pararía iniciando de nuevo todo el proceso.

3. La empresa **Trimpot Electrónicas Ltda** en Costa Rica, diseña y manufactura diversos componentes electrónicos, en su proceso de manufactura utiliza diversas herramientas de control de calidad para monitorear mediante diferentes equipos de medición si los productos finales cumplen con las especificaciones y funciones deseadas. Los instrumentos de medición utilizados son calibradores, comparadores, multímetros y sensores de detección láser de barrera. El proceso de control de calidad llevaba tiempos altos de escritura, digitación, visualización y análisis de datos, además de un costo del papel y del espacio utilizado para almacenar la información. Para solucionar estos problemas se desarrolló un sistema de adquisición remota y almacenamiento de las variables físicas y eléctricas de los diferentes dispositivos de medición.

Desarrolló una aplicación en LabVIEW capaz de poder comunicar el multímetro Keithley 2700 o el SourceMeter Keithley 2400 mediante el protocolo IEEE-488, el sensor de detección láser de barrera Keyence a través de una interfaz de comunicación serial RS-232 y una salida analógica a través de un **“DAQ LabJack”**. También se diseñó un prototipo convertidor de salida Digimatic a USB en la placa **“Pro Trinket 5V”** para exportar la información del calibrador e indicador de altura hacia la aplicación de LabVIEW. Por último, se implementó una base de datos en Microsoft Access, la cual se comunica con LabVIEW a través de un ODBC. (Jeison Araya, 2016).

4. Planta de producción de sulfato de potasio y ácido clorhídrico, José Sebastián López, Manizales, Colombia.

Proyecto de desarrollo de un nuevo proceso para la producción simultánea de ácido clorhídrico y sulfato de potasio. El diseño sigue la filosofía de la intensificación de procesos e introduce la

cristalización reactiva como método para la intensificación del proceso incluyendo un agente anti solvente.

Se utilizó como instrumento homogeneizador, un agitador magnético externo tipo placa. Como inyector de alimentación, se utilizó una jeringa plástica de 60 mL con manguera conectora. Este dispositivo es utilizado para alimentar la solución de ácido sulfúrico. Para medir la temperatura, se utilizó un Sensor de Temperatura LM35 (sensor de tipo semiconductor, National Instruments®, con empaquetado plástico tipo TO-92). El sensor envía señales a la tarjeta de adquisición de datos (**LabJack® tipo U12**) como voltaje y, de acuerdo con la temperatura del medio, este envía una señal de salida digital de determinado valor al computador.

La adquisición de datos se realiza utilizando una interfaz programada en MatLab®, usando el complemento “eanalogin” construido por la empresa de instrumentación **LabJack®**, que crea un puente de compatibilidad entre el hardware externo y el software. Este permite leer, filtrar, interpretar (como temperatura), y almacenar los datos progresivamente.

4. METODOLOGÍA

4.1-Acciones más importantes realizadas

La Tabla 1 lista las acciones macro necesarias para desarrollar el proyecto de implementación de un prototipo de sistema de captura de datos industriales por medio de equipos DAQ y el procesamiento de estos datos para la toma de decisiones en la empresa.

Tabla 1*Actividades para realizarse*

| Acciones para el desarrollo del proyecto |
|---|
| Inicio del proyecto |
| Requerimientos del sistema |
| Diseño y desarrollo del sistema |
| Implementación del sistema |
| Pruebas y ajustes |
| Cierre |

Nota. Elaboración propia, 2022

4.2-Alcance y cobertura del proyecto

Este sistema basado en unidades DAQ LabJack T4 ejecutará servicios de captura, conversión y transferencia de datos al sistema almacenamiento de datos que le permitirán comunicarse con los equipos IoT, los cuales mandarían los datos de los parámetros digitales o analógicos de la maquinaria que se estará monitoreando. Los datos serán procesados por medio de un proceso ETL, el cual permitirá que el flujo de datos pase por una depuración y formateo adecuados para ser cargados posteriormente en un sistema de gestión de base de datos relacional de código abierto, de forma que estos podrán ser consultados y presentados en una interfaz gráfica al usuario, la cual dependiendo de los canales de entrada asociados a cada máquina para ser monitoreados así dependen los diferentes parámetros mostrados.

El sistema tendrá la capacidad de almacenar un historial de varios meses o años según sea la cantidad de equipo y parámetros monitoreados, en función de la capacidad de almacenaje que tenga el equipo donde se utilizará. Así mismo el sistema permitirá generar gráficas para el análisis de los parámetros durante un periodo elegido y obtener tendencias del uso, utilización y consumo de energía dependiendo de cada caso. Esta información será muy útil para implementar mejoras en la eficiencia

de las máquinas monitoreadas con el objetivo de lograr una mayor productividad de la planta de producción.

4.3-Actividades previas al desarrollo de la propuesta

4.3.1-Elección de la Arquitectura del sistema

Para la implementación de nuestra solución se utilizará una arquitectura de 3 capas, que es una arquitectura de software de aplicación ya bien establecida, esta separa las aplicaciones en tres niveles de informática, lógica y física: el nivel de interfaz de usuario, el nivel de aplicación y el nivel de datos donde se almacenan y gestionan los datos asociados con la aplicación.

El beneficio de esta arquitectura es que debido a que cada nivel se ejecuta en su propia infraestructura, puede ser desarrollado simultáneamente por un equipo de desarrollo distinto y se puede actualizar o escalar según sea necesario sin que afecte a los demás niveles.

4.4-Recolección de datos

La recolección de datos al ser un proceso de recopilación y medición de información sobre variables y parámetros establecidos de una manera sistemática, los cuales permite obtener patrones y respuestas relevantes, facilitando la evaluación de resultados. La recolección de datos es una herramienta utilizada por empresas para recopilar y medir resultados desde diversas fuentes a fin de obtener un panorama completo, el cual le permite responder preguntas importantes, evaluar sus resultados y anticipar futuras tendencias. (David Uribe, 2021).

El sistema de adquisición de datos le permitirá a la empresa el poder documentar datos del uso de la maquinaria y de esa forma se pueden analizar y ajustar cualquiera de los parámetros si estos están operando fuera del rango esperado o definidos por el fabricante, ahorrando de esta forma costos por

fallas prematuras y/o por uso ineficiente de los insumos utilizados para la manufactura de los productos terminados. Entre estas materias primas se tiene la energía eléctrica, cuyo peso en la matriz de costos puede representar desde un 10% hasta un 30% en términos generales.

4.4.1-Investigación bibliográfica

La etapa inicial del proyecto consistió en una investigación bibliográfica de los diferentes equipos DAQ de medición portátil o fijos disponibles en el mercado, con el fin de conocer el funcionamiento de cada uno, los tipos de interfaces y sus requerimientos de energía, además de todas medidas de seguridad necesarios para evitar algún daño en el equipo a medir y en el equipo seleccionado que estará capturando los datos requeridos.

Se tomó nota de las especificaciones técnicas de los equipos investigados para conocer sus especificaciones tales como la resolución de los equipos, rangos de medición, la precisión de los equipos y las diferentes configuraciones disponibles de cada marca y modelo evaluado.

Los manuales de usuario de cada DAQ que se evaluó fue un elemento importante para comprender el uso de cada uno de los diferentes manuales se utilizaron para conocer las partes que componen el instrumento, las conexiones necesarias de alimentación eléctrica y de medición y dependiendo del equipo a utilizar, los métodos de medición apropiados. Se investigó también las diferentes formas en que los equipos son capaces de exportar datos o de brindar información de salida del proceso de medición. Al conocer las diferentes salidas de datos, se investigó de forma teórica cada una y de esa manera entender el protocolo y el formato en que la información sería exportada.

Gracias a la investigación teórica fue posible conocer los alcances y limitaciones físicas de los equipos evaluados para aprovechar todas sus diferentes características que constituyen las alternativas

de solución para adquisición del DAQ a utilizar y las interfaces necesarias para la implementación de la solución.

4.4.2-Experimentación y uso

La segunda etapa consistió en utilizar los diferentes instrumentos de medición para conocer su funcionamiento, las interfaces con las que interactúan con las máquinas de producción y para poner en perspectiva la información recopilada, en esta fase los manuales de usuario también fueron importantes para conocer el uso de los dispositivos.

Se realizaron mediciones con cada uno de los equipos, a través de sensores y accionadores de control a través de entradas y salidas analógicas y digitales. Permitiendo confirmar el tipo de calidad de la fuente de datos a ser registrada.

5. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

5.1-Requerimientos del sistema

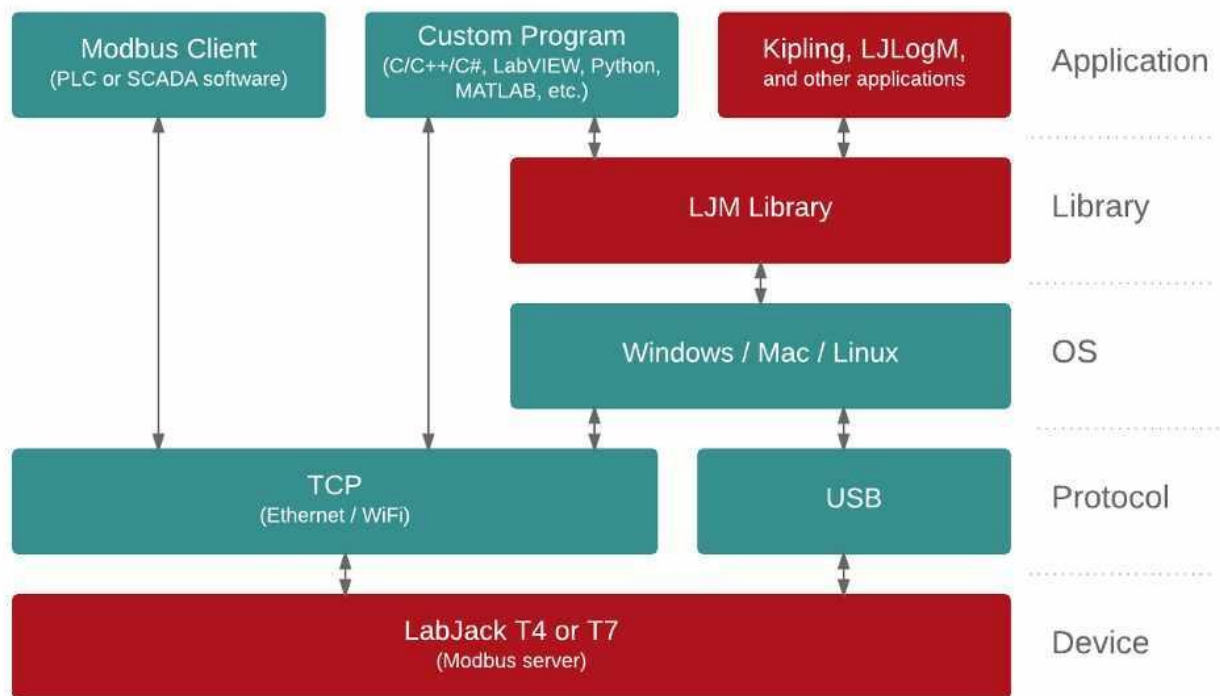
El sistema propuesto incluye diferentes niveles de capas físicas y lógicas que interactúan para poder obtener señales desde los sensores instalados en las máquinas de producción, transformando y almacenando los datos que posteriormente permitirá el procesamiento y presentación de la información en una pantalla central para el usuario final. El diseño del sistema soporta la operación ininterrumpida 24 horas al día, los 7 días de la semana y los 365 días al año de forma que permita una operación altamente estable para su uso.

5.1.1-Requerimientos software

- **LJM Library:** Es una librería multiplataforma que facilita la comunicación con los dispositivos de recolección de datos desde los dispositivos LabJack, utilizan una interfaz Modbus activa ya sea por conexión directa USB o por red vía TCP. En la Figura 11, se puede apreciar cómo es el detalle de la interacción entre capas.

Figura 11

Detalle de interacción entre capas para LabJack modelo T4.



Nota. LabJack modelo T4, <https://labjack.com/pages/support?doc=/datasheets/t-series-datasheet/appendix-e-software-options-t-series-datasheet>

La librería LJM está disponible para Windows, Linux y macOS y algunos de los lenguajes de programación o plataformas soportados son los siguientes:

- C/C++
- Python

- **MATLAB**
 - **C# / .NET**
 - **LabVIEW**
-
- **VMware:** El modelo de la aplicación se basa en una máquina virtual que se ejecutará sobre un hipervisor, preferiblemente VMware ESXi Server, sin embargo, esta puede ser ejecutada también desde VMware Player u otros hipervisores compatibles con plantillas OVF/OVA.
 - **OpenSUSE 15.4:** Sistema operativo base para el servidor donde se aloja la aplicación.
 - **Intérprete de Python:** Se ha seleccionado Python como el lenguaje mediante el cual se realiza la recolección de los datos desde los dispositivos IIoT LabJack, debido al soporte y documentación de la librería LJM, además de su compatibilidad multiplataforma siendo específicamente soportado en la distribución de Linux seleccionada, openSUSE. Versiones de Python soportadas para ejecutar LJM Library: Python 2.6, 2.7 and 3.x
 - **Apache 2.4:** Dado que la aplicación desarrollada es orientada al Web, se requiere de un servidor Web que sirva las peticiones de los clientes. El servidor web seleccionado es Apache 2.4
 - **PHP 7.0:** Se requiere el paquete del intérprete de PHP y su integración con el servidor web Apache, ya que es el lenguaje principal utilizado para el desarrollo de la aplicación.
 - **MySQL 8.0:** El motor de base de datos seleccionado es MySQL versión 8.0

5.1.2-Requerimientos Hardware

El hardware está dividido en 2 grupos:

1- Unidades físicas de adquisición de datos (DAQ) con sus correspondientes sensores.

Convertidores análogos a digital serán necesarios para readaptar las señales con BIAS diferentes.

2- Unidad de cómputo y procesamiento (Servidor Web, servidor de base de datos y servidor de aplicación).

Los 3 servicios requeridos pueden ser dados de alta como roles independientes en la misma máquina virtual para que el despliegue físico sea realizado en una única computadora normal o tipo servidor.

5.1.2.1-Definición de los equipos informáticos requeridos

El sistema está diseñado para ser ejecutado en una máquina virtual con todos los servicios requeridos para su despliegue completo, permitiendo realizar los ajustes de red necesarios para una mejor y fácil integración con la red actual si así fuese requerido, puesto que no es requerido cambiar ningún parámetro en los servidores para que funcione.

5.1.2.2-Definición de los equipos IoT requeridos

Se requiere la utilización de equipos tipo DAQ los cuales permitirán la captación de señales provenientes de diferentes fuentes y tipos tanto digitales como analógicas, que en algunos casos se utilizarán adicionalmente convertidores ADC para poder ajustar los niveles de voltajes entregados desde otros equipos.

5.2-Restricciones

Las restricciones intrínsecas al hardware serán las principales que delimitarán las capacidades de acoplamiento, manejo de señales de los sistemas y capacidad de comunicación con equipos externos.

5.3-Limitaciones

Las limitaciones para el proyecto incluyen varias condiciones en el desarrollo inicial, entre las cuales se pueden mencionar:

1- El sistema captará las señales para uso en el monitoreo de variables y no tendrá capacidad inicialmente de controlar equipos mandando señales pues el alcance del trabajo no lo contempla, aunque el hardware si es capaz de hacerlo.

2- La limitación del nivel de señales admitidas dependerá única y exclusivamente de los límites puestos por el fabricante de las unidades DAQ (LabJack).

5.4-Factores críticos de éxito

Los factores críticos de éxito (FCE) son elementos esenciales dentro de un proyecto, área, actividad o un rol ejecutado interna o externamente de empresas u organizaciones en general que son imperativos para conquistar diversos objetivos. (John F. Rockart, 1979).

El éxito de cualquier proyecto inicia desde la adecuada definición y elección de cuáles serán las metas requeridas para posterior a ello realizar la apropiada planeación que lleve paso a paso el desarrollo de las diferentes actividades requeridas. La gestión es un elemento que es necesario para que una organización o proyecto logre su misión. Para lograr sus objetivos, deben ser conscientes de cada factor clave de éxito y las relaciones entre los diferentes tipos y las diferentes áreas de resultados.

Los factores de éxito definidos para lograr la meta del desarrollo de este prototipo de sistema de captura de datos industriales son:

- Parámetros físicos que medir por máquina y locación.
- Sistema de captura de datos (definición del DAQ a utilizar, lenguaje y rutinas del código a desarrollar).
- Nivel de flexibilidad de integración del hardware y software.

Los indicadores de factores críticos de éxito para el proyecto son:

- **Indicadores tecnológicos**, utilizados en la adopción, uso y desempeño de la solución tecnológica (DAQ's, La integración y uso de LAN y servicios tipo servidor ejecutándose en una máquina virtual).
- **Indicadores de desempeño**, se busca la mayor eficiencia en el nivel operativo del prototipo.
- **Indicadores de resultados**, alcanzar los objetivos planteados en los requerimientos del proyecto de desarrollo será muestra clara del cumplimiento de las metas.

5.5-Alcance

5.5.1-Definición del alcance

Se espera un sistema integrado de software desarrollado en PHP y web services y hardware de control del tipo adquisición de datos DAQ LabJack para conectar una máquina industrial (extrusora de plástico, mezcladora de resinas, o telar industrial) a un sistema de monitoreo que será accesible a través de una interfaz web de un dispositivo como una computadora o sistema móvil, la cual presenta

un front-end gráfico intuitivo en pantalla de forma que podrán ser visualizadas las variables más importantes que consumen recursos en una empresa como lo son el tiempo de uso del equipo en horas (Uptime) y la energía entre otros, las cuales permitirán fácilmente llevar el control de horas de uso antes de que el equipo requiere algún tipo de mantenimiento por lo cual tendrá adicionado un módulo de alarmas incorporadas para que estas se muestran según sea alcanzadas las horas de uso, permitiendo un adecuado control del mantenimiento del equipo.

El sistema será capaz de desplegarse en cualquier equipo del tipo PC de arquitectura Intel de forma que este pueda instalarse en un hipervisor de tipo 1 o 2. El sistema en su modo de despliegue básico solo requerirá el acceso de red para que el usuario se conecte a la interfaz del sistema con solo colocar la IP default del sistema, pero podrá tener un modo de despliegue personalizado que solicite los parámetros de red entre otros.

El sistema ejecutará servicios de consulta y transferencia al sistema almacenamiento de datos que le permitirán comunicarse con los equipos IoT, los cuales mandarían los datos de los parámetros digitales o analógicos según sea el caso. Al obtener los datos el sistema, estos serán procesados por medio de un proceso ETL, el cual permitirá que el flujo de datos pase por una depuración y formateo adecuados para ser cargados posteriormente en un sistema de gestión de base de datos relacional de código abierto, de forma que estos podrán ser posteriormente consultados y presentados en una interfaz gráfica al usuario, de forma que dependiendo de los canales de entrada asociados a cada máquina para ser monitoreados así dependen los diferentes parámetros mostrados en cada caso.

El sistema tendrá la capacidad de almacenar un historial de meses y años según sea la cantidad de equipo y parámetros monitoreados, en función de la capacidad de almacenaje que tenga el equipo donde se utilizará. Así mismo el sistema permitirá generar gráficas para el análisis de los parámetros durante un periodo elegido.

Indicadores de logro

Indicador 1

- Documentar, depurar y consolidar información.

Indicador 2

- Obtención de información de las diferentes arquitecturas y tipos de integración disponibles aplicables a los casos de uso.
- Depurar información y consolidar.

Indicador 3

- Obtención del código fuente a través del desarrollo propio a medida.
- Obtención del hardware de interconexión, por medio de la revisión de las capacidades de los diferentes modelos disponibles de la serie DAQ de LabJack.
- Realización de pruebas de adquisición de datos, utilizando el hardware LabJack.
- Revisión de resultados obtenidos a través de procesos de verificación y validación.
- Preparación del kit de instalación de máquina virtual (vía uso de formato OVA para ejecución en entorno virtual).

El prototipo incluirá los servicios necesarios como el servidor web y su código de ejecución en el back-end, así como su interfaz gráfica en el front-end necesarios para procesar y presentar los resultados de la adquisición de datos desde el hardware tipo DAQ (LabJack) que estará conectado previamente a la maquinaria de producción a monitorear.

La guía de usuario y despliegue del sistema incluirá una serie de instrucciones paso a paso para que el usuario pueda realizar el despliegue y uso del sistema. Se debe de tener conocimientos básicos de TI.

5.5.2-Actividades a realizar

En la Tabla 2 se detallan todas las acciones necesarias para desarrollar el proyecto de implementación de un prototipo de sistema de captura de datos industriales por medio de equipos DAQ y el procesamiento de estos datos para la toma de decisiones en la empresa.

Tabla 2*Listado en detalle de las actividades a realizarse*

| # | Nombre de la tarea |
|----|--|
| | Inicio del Proyecto |
| 1 | Investigación teórica de tecnologías de máquinas industriales |
| 2 | Investigación teórica de sobre virtualización |
| 3 | Investigación teórica de tecnologías IoT y de adquisición de datos |
| | Requerimientos del sistema |
| 4 | Requerimientos software y hardware |
| 5 | Desarrollo de la Arquitectura del sistema |
| 6 | Definición de los equipos informáticos requeridos |
| 7 | Definición de parámetros a medir |
| 8 | Modelado de prototipo |
| 9 | Análisis de riesgo |
| | Diseño y desarrollo del sistema |
| 10 | Codificación del aplicativo |
| 11 | Revisión del código del aplicativo |
| 12 | Priorización de requerimientos |
| 13 | Diseño de pantallas de usuario - Front-end UX |
| 14 | Creación de diagramas de red y entidades de datos |
| 15 | Adquisición del equipo para prototipo |
| 16 | Esquema de backup y depuración de la información definido |
| 17 | Escenarios de pruebas al sistema |
| | Implementación del sistema |
| 18 | Instalación de máquina virtual |
| 19 | Instalación de esquemas de repositorios de datos |
| 20 | Configuración de parámetros de operación del sistema |
| 21 | Implementación de Infraestructura requerida |
| 22 | Revisión de la capa de seguridad |
| 23 | Revisión del presupuesto del prototipo |
| | Pruebas y ajustes |
| 24 | Prueba de comunicación después del despliegue inicial |
| 25 | Prueba de acceso al repositorio de datos |
| 26 | Prueba de acceso a la base de datos |
| 27 | Pruebas de comunicación de canales digitales, analógicos |
| 28 | Prueba de conectividad de adquisidores de datos |
| 29 | Prueba de auto backup y carga manual del respaldo |
| 30 | Ajustes y modificaciones en cualquier etapa probada |
| | Cierre |
| 31 | Documentación de resultados |
| 32 | Preparación y entrega de manuales de instalación y de usuario |
| 33 | Preparación de Kit del prototipo de sistema |
| 34 | Revisión del "listado de actividades de desarrollo y cierre" |

Nota. Elaboración propia, 2022

5.5.3-Requerimientos

Los requisitos especifican qué características debe incluir un producto y cómo deben funcionar esas características. Ayudan a definir los criterios de prueba, lo cual es vital para la verificación y validación. Esta actividad tiene lugar al crear un nuevo producto, así como al modificar o realizar cambios en un producto existente. así mismo ayuda a crear las líneas de planeación para el desarrollo de un prototipo que nos pueda ayudar a realizar varias pruebas y corregir de manera rápida los posibles errores que vayamos encontrando, evitando problemas graves a futuro e ir viendo si vamos o no por un buen camino.

5.5.3.1-Definición de parámetros a medir

Los parámetros físicos que medir serán aquellos disponibles en las máquinas, y para nuestro caso en particular tendremos múltiples entradas del tipo analógico y digital. Entre las analógicas se medirán velocidad lineal (pies/min o FPM), temperatura en grados Fahrenheit (°F), revoluciones por minuto (RPM), el factor o relación de estiramiento (adimensional), presión de aire comprimido (PSI) y nivel de carga de producción en la máquina (%). En las entradas digitales tendremos múltiples entradas provenientes de los contactos secundarios de potencia indicando cuando el equipo está operando o no (OFF/ON).

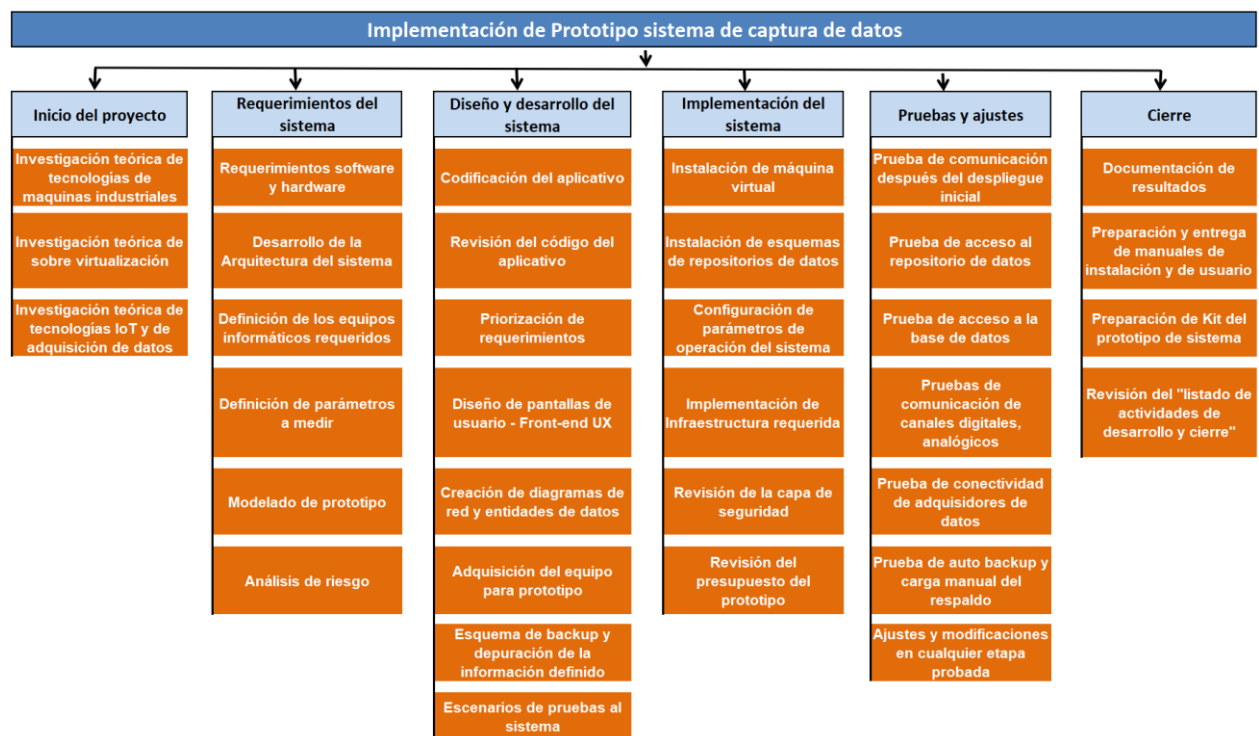
5.5.4-Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)

El EDT, es la estructura de desglose de trabajo basada en los estándares del PMI, es una representación gráfica del proyecto de forma muy descriptiva, como lo ilustra la Figura 12, dónde está organizado el desarrollo de la implantación de un prototipo de sistema de captura de datos industriales por medio de equipos DAQ y el procesamiento de estos datos para la toma de decisiones en la empresa,

dividiendo todas las actividades en diferentes niveles según sea su complejidad y tiempo necesario para ejecutarlas, alcanzando un grado de detalle necesario para planear y controlar de forma adecuada todo el proyecto hasta su finalización exitosa.

Figura 12

EDT de las actividades a realizarse.



Nota. Elaboración propia. 2022

5.6-Tecnologías seleccionadas para la aplicación

LAMP (Acrónimo para *Linux*, *Apache*, *MySQL*, *PHP*): Es un conjunto de soluciones que funcionan como servidor de aplicaciones. Actualmente sigue siendo el conjunto líder en internet para servir sitios y aplicaciones web.

- **Linux:** Sistema operativo. Distribución: OpenSUSE 15.4
- **Apache:** Servidor Web (Versión 2.4)

- **MySQL:** Motor de Base de Datos (Versión 8.0)
- **PHP:** Lenguaje de programación utilizado mayormente para el desarrollo de la lógica de negocio (Back-End). Es un lenguaje interpretado del lado del servidor, que se integra con el servidor web Apache para entregar

Dado que el Stack LAMP se ejecuta completamente del lado del servidor, se vuelve necesario integrar otras tecnologías para construir una aplicación totalmente funcional desde el punto de vista del usuario final.

- **HTML5:** Es el estándar para crear documentos para la web. Aunque no es considerado un lenguaje de programación como tal, es fundamental en el desarrollo orientado al web.
- **CSS3:** Es un lenguaje utilizado para definir la representación visual de los elementos HTML. Mediante la creación de hojas de estilo CSS es posible estilizar la visualización de documentos complejos en el navegador. Se utiliza para el desarrollo de esta aplicación el popular framework CSS conocido como **Bootstrap**.
- **JavaScript:** Lenguaje de programación utilizado mayormente del lado del cliente, y que ha sido integrado en la mayoría de los navegadores modernos como un estándar. Este lenguaje permite implementar mejoras considerables en páginas web, volviéndose dinámicas en tiempo real sin refrescar la página completa, ya que permite la manipulación de los objetos en pantalla. Tiene además soporte de eventos desencadenados por el usuario en los que se pueden programar los métodos a ejecutar. Permite también la comunicación entre el cliente y el servidor mediante peticiones AJAX, que se ejecutan en segundo plano y que además pueden ser asíncronas, lo que facilita el intercambio de información entre las vistas y los modelos de datos alojados en el servidor.

- **jQuery:** Es una biblioteca JavaScript ampliamente conocida la cual facilita la interacción con los documentos HTML y la manipulación del DOM (Document Object Model - Modelo de objeto de documento) además de simplificar la interacción con el servidor mediante AJAX, aceptando como respuesta a diversos formatos entre ellos el popular JSON y HTML entre otros. Es una librería de código abierto distribuida sin costo bajo el modelo de licenciamiento MIT y Licencia Pública General de GNU v2.
- **ChartJS:** Es una librería JavaScript libre y de código abierto utilizada para la representación visual de datos mediante gráficos. Los formatos de gráfico más populares soportados son: barras, líneas, área, pastel, entre otros. Disponible bajo licencia MIT. En la aplicación es utilizada para graficar las diferentes estadísticas de las máquinas.

5.7-Diseño y desarrollo del sistema

El diseño del sistema es acorde a los requerimientos de los objetivos iniciales para poder de esa forma crear y definir las diferentes partes del desarrollo para que cumpla con todas las expectativas.

Las siguientes secciones pretenden presentar esos requerimientos convertidos al diseño del sistema de forma técnica y organizada, siendo la base para el desarrollo del sistema y consecución de objetivos.

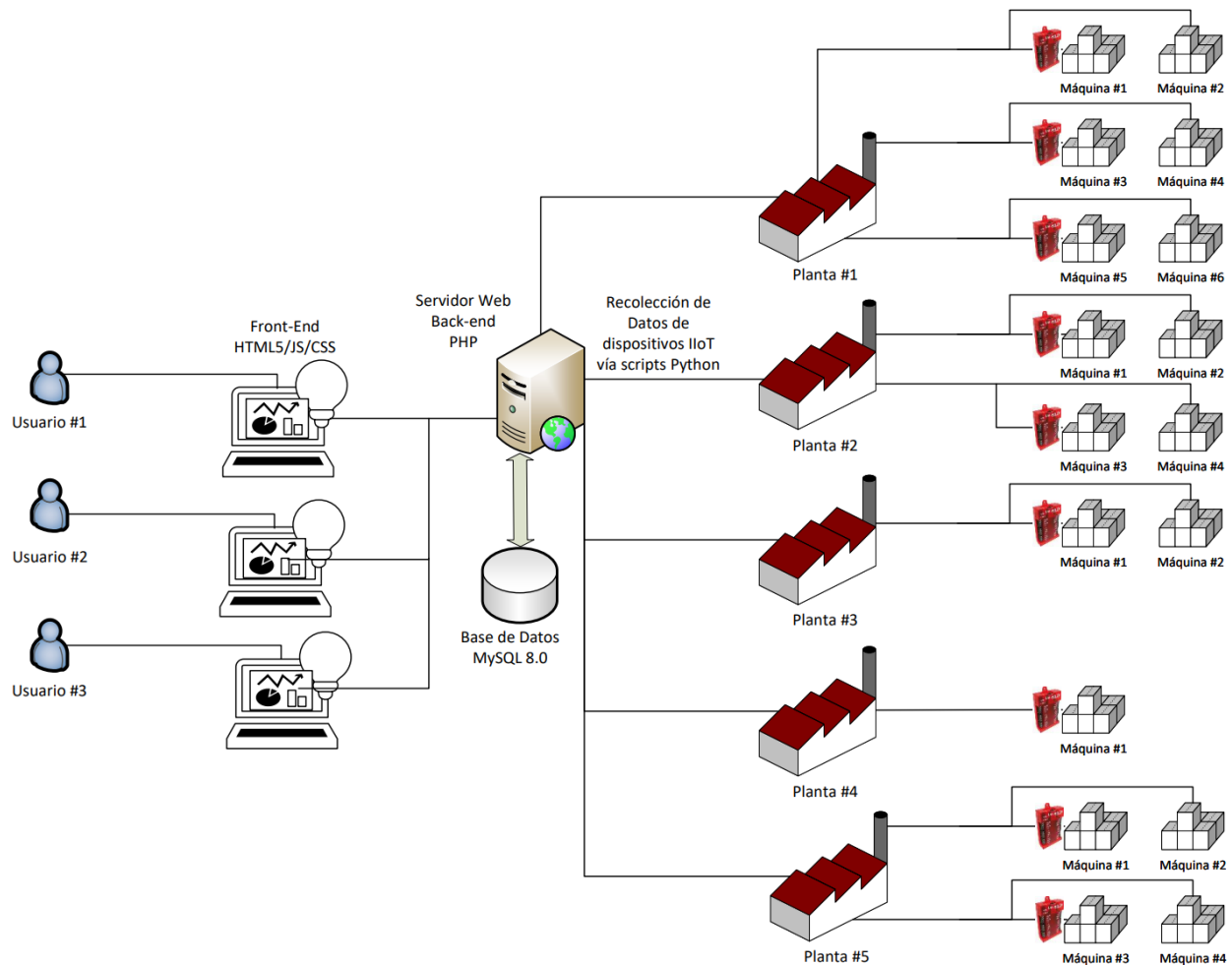
5.7.1-Arquitectura de la Aplicación

La Figura 13 define desde un punto de vista general la arquitectura de la aplicación, en la que desde una instancia de servidor se centralizan los procesos de recolección y consulta de los datos de la maquinaria disponible, siendo almacenados en la base de datos. Estos datos son procesados por el servidor para ser transformados en información útil para las diferentes partes interesadas y son

presentadas a petición a través de una interfaz web, accesible desde diversos navegadores, en la que la información resultante es representada gráficamente.

Figura 13

Diagrama de arquitectura de aplicación de sistema de captura de datos industriales



Nota. Elaboración propia, 2022

5.7.1.1-Patrón de Arquitectura MVC

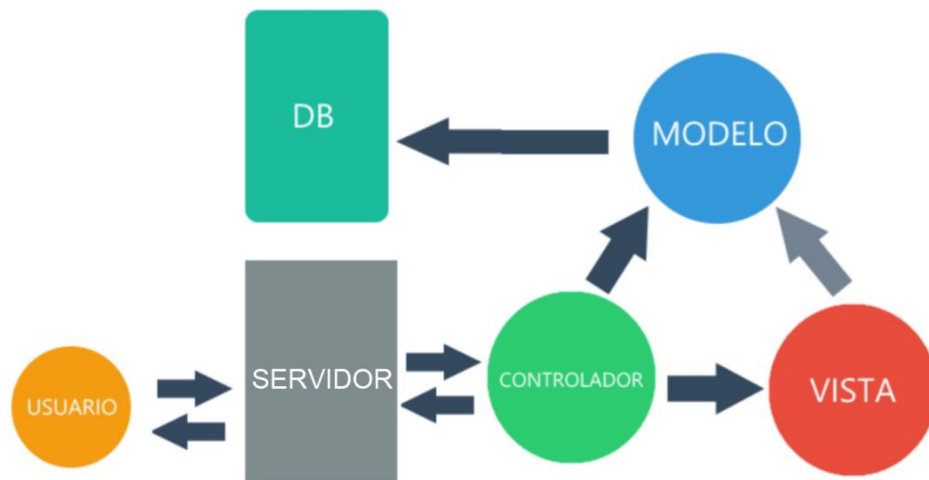
Se ha seleccionado el patrón de arquitectura MVC (Modelo-Vista-Controlador) que separa los datos en diferentes capas lógicas presentadas al usuario. Esta arquitectura permite focalizar la capa de acceso a los datos en concordancia con la lógica de negocio.

Las vistas ilustradas en la Figura 14 son las diferentes representaciones gráficas que la aplicación entrega al usuario final. Siendo esta una aplicación web, estas son las páginas y/o secciones a los que el usuario tiene acceso.

En el patrón de arquitectura MVC, los controladores se encargan de manejar las peticiones del usuario e invocar a los modelos y sus correspondientes métodos, los cuales ejecutarán secciones de la lógica de negocio que manipularon la capa de datos y/o que devolverán la respuesta requerida por el usuario hacia la vista solicitada.

Figura 14

Diagrama del patrón de arquitectura MVC de aplicación de sistema de captura de datos industriales



Nota. Elaboración propia 2023

5.7.2-Modelado de la Aplicación

5.7.2.1-Definición de Clases

Las clases identificadas en los requerimientos del sistema son las siguientes.

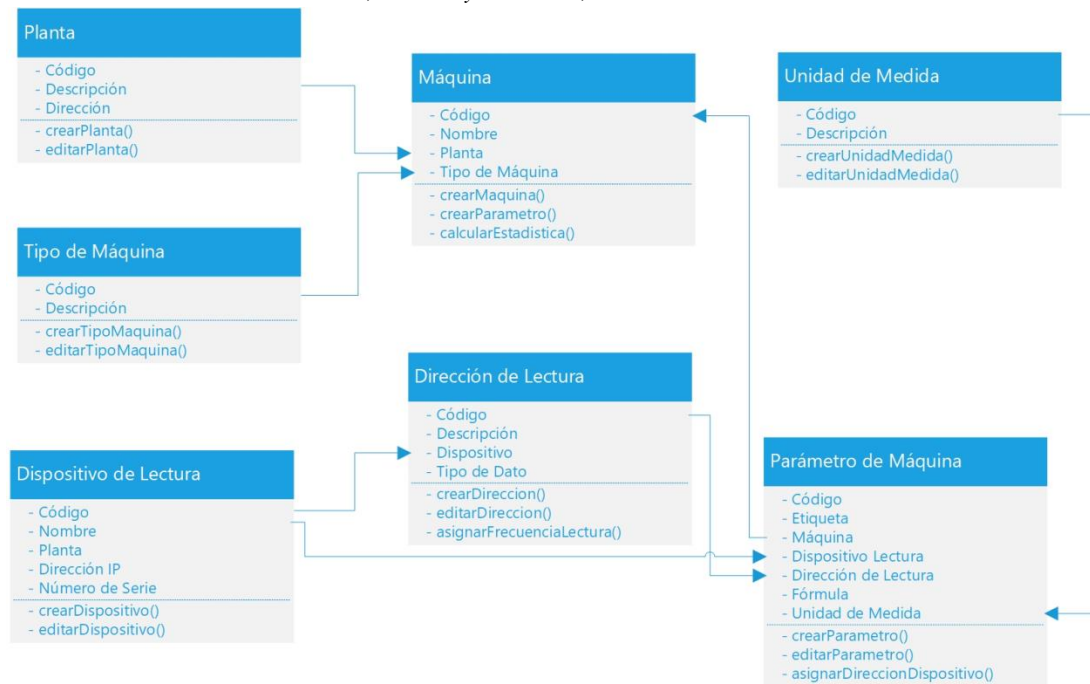
- *Planta*: Ubicación en la que operan las diferentes máquinas
- *Máquina*: Dispositivo que está involucrado en el proceso de manufactura y que es objeto de monitoreo
- *Dispositivo de Lectura*: Aquellos dispositivos que están conectados con las máquinas y de los cuales es posible obtener datos de mediciones y/o estados.
- *Dirección de Lectura*: Subcomponente del dispositivo de lectura para leer un dato o señal específica.
- *Unidad de Medida*: Se refiere a la unidad de medida en que se representa un valor que a su vez es una magnitud física o lógica.
- *Tipo de Máquina*: Clasificación referida al tipo de proceso realizado por una máquina
- *Lectura*: Valor leído desde un dispositivo de lectura relacionado a una dirección de lectura y máquina específica en un tiempo determinado.

5.7.2.2-Diagrama de Clases

En ingeniería de software, un diagrama de clases en el lenguaje de modelado unificado que permite mostrar un diagrama de estructura estática que describe la estructura de un sistema al mostrar las clases del sistema, sus atributos, operaciones y las relaciones entre los objetos. Como se muestran en las Figuras 15 y 16.

Figura 15

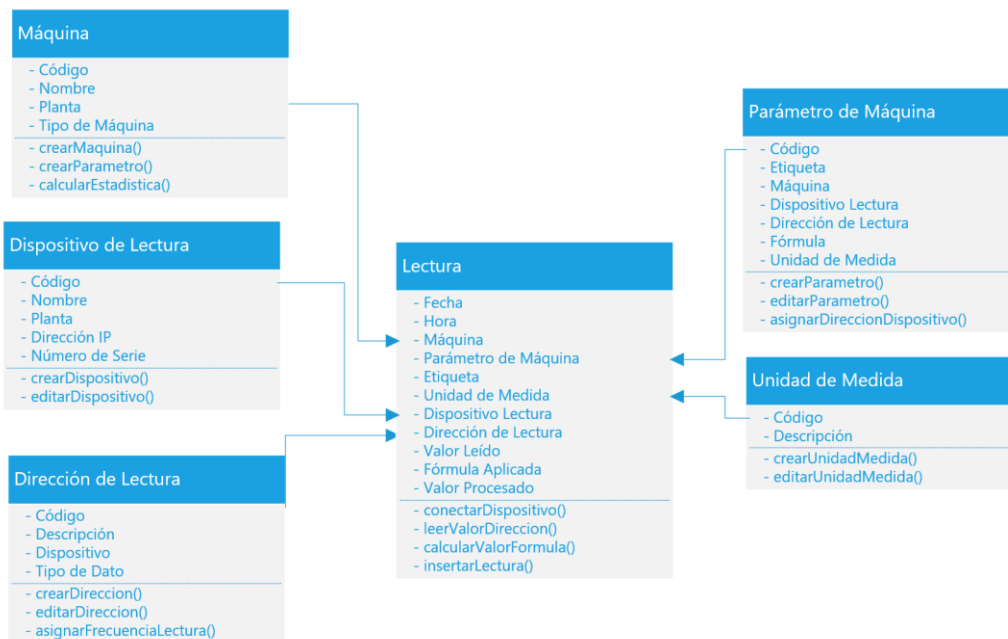
Colección de clases con sus atributos, métodos y relaciones, sección A



Nota. Elaboración propia 2023

Figura 16

Colección de clases con sus atributos, métodos y relaciones, sección B



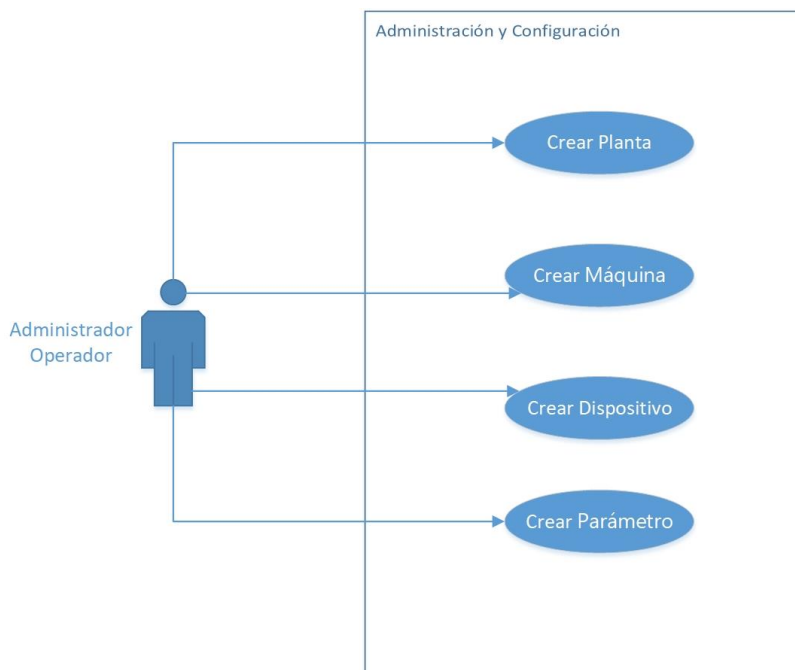
Nota. Colección de clases con sus atributos, métodos y relaciones (Sección B). Incluye la clase derivada Lectura y la relación con las entidades principales mostradas en la sección A de la figura 15. Elaboración propia 2023.

5.7.2.3-Casos de Uso

Se muestra en la Figura 17 los principales casos de uso que los actores o partes interesadas ejecutarán en el sistema con una breve descripción de cada funcionalidad esperada.

Figura 17

Casos de uso para sus actores y partes interesadas



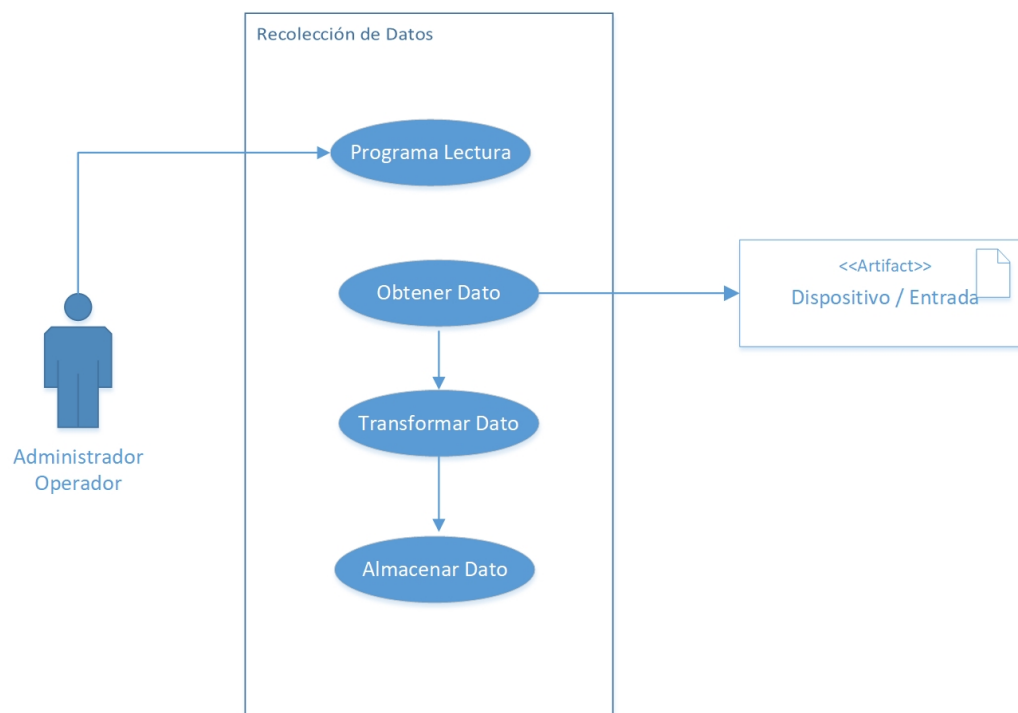
Nota. Elaboración propia 2023

Dado que el sistema se ha diseñado para que diversas organizaciones sean capaces de implementarlo a su planta arquitectónica, maquinaria y equipo o líneas de producción, se debe contar con la posibilidad de personalización, ya que cada entorno industrial es diferente. Por lo que las funcionalidades básicas expuestas en los casos de uso de la Figura 17, permiten al administrador u operador del recurso necesario para crear plantas, maquinaria, dispositivos de lectura y parámetros de máquina de forma dinámica.

La recolección de los parámetros monitoreados de maquinaria se ejecuta automáticamente por el sistema, siendo requisito el haber seleccionado la periodicidad de entre una lista definida en el sistema entre los cuales puede encontrarse: tiempo real, cada minuto, cada 5 minutos, etc. como se muestra en la Figura 18.

Figura 18

Casos de uso para la recolección de parámetros



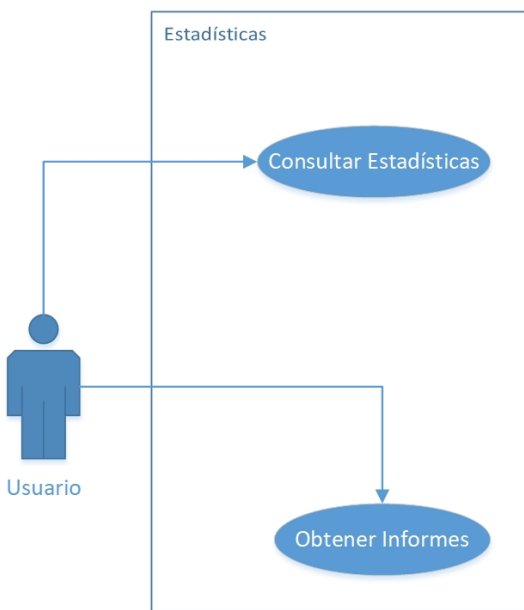
Nota. Elaboración propia, 2023

La aplicación ejecuta estas tareas programadas y realiza una conexión directa a los dispositivos de lectura y entradas previamente definidas para cada parámetro de máquina a su vez que realiza la transformación del dato en crudo hacia un dato procesado por una fórmula, el cual es almacenado como dato histórico, en el cual se basan posteriores cálculos de estadísticas y tendencias. Ilustrado en la Figura 19, después que los datos son procesados y almacenados, estos pueden ser consultados por

los usuarios para obtener información útil que contribuya en la toma de decisiones o para establecer puntos de control, entre otros propósitos, por lo que la aplicación incluirá funcionalidades para consultas de estadísticas que incluye la representación visual de la información mediante gráficos, así como la posibilidad de obtener informes detallados de los datos recolectados.

Figura 19

Casos de uso para la obtención y consulta de los datos



Nota. Elaboración propia 2023

5.7.3-Codificación del aplicativo

5.7.3.1-Codificación de rutinas de colección de datos con Python

Una de las formas más comunes de interactuar con una base de datos es haciendo consultas para extraer datos. Una consulta nos devuelve datos que pueden ser filas y columnas, a este resultado también se llama tuplas. La Figura 20 ilustra una secuencia de código de consulta de dispositivos LabJack Series-T.

A modo de algoritmo en lenguaje natural las operaciones realizadas por el código Python se detalla a continuación:

- 1- Importar librería LJM Provista por Lab Jack, conector para base de datos MySQL
- 2- Crear conexión con la base de datos y objetos requeridos para operar
- 3- Eliminar de la tabla de ultimas lecturas aquellos parámetros que hayan sido marcados como eliminados en el sistema
- 4- Obtener de la base de datos todos los dispositivos Lab Jack y parámetros definidos en la aplicación
- 5- Iterar el cursor de los parámetros/dispositivos, conectar con el dispositivo
 - a- Definir variables para el parámetro a leer
 - b- Establecer conexión con el dispositivo de acuerdo con las variables
 - c- Ejecutar lectura del valor desde el dispositivo y entrada definida en la aplicación
 - d- Si valor leído es menor a cero, se establece el valor en cero
 - e- Crear cadena de formula, reemplazando la palabra clave **Value** por el valor actual obtenido
 - f- Evaluar/Procesar fórmula para obtener el valor final o procesado

- g- Evaluar si el valor procesado es negativo y si el parámetro procesado acepta valores negativos
 - h- Eliminar lectura anterior de la tabla de lecturas actuales para el parámetro/máquina que se está procesando
 - i- Insertar último valor obtenido del dispositivo en la tabla de lecturas actuales
 - j- Insertar ultimo valor obtenido del dispositivo en la tabla de historial de lecturas. Se usa para cálculo de estadísticas
- 6- Cerrar Conexión con dispositivo y con el servidor de Base de Datos

Figura 20

Código de consulta de dispositivos LabJack Series-T

```

1 #Importar libreria LJM Proviesta por Lab Jack, conector para base de datos MySQL.
2 from Labjack import ljm
3 import time
4 import mysql.connector
5
6 #Crear conexion con la base de datos y objetos requeridos para operar
7 dbConnection = mysql.connector.connect(user='labjack', password='L8bJackDev2022!', host='127.0.0.1', database='downtime_demo')
8 cursor = dbConnection.cursor()
9
10 #Eliminar de la tabla de ultimas lecturas aquellos parametros que hayan sido marcados como eliminados en el sistema
11 query = "delete from mdc_last_reading where rdm_parameter in (select mpr_id from mdc_machines_parameters where mpr_deleted = 1)"
12 cursor.execute(query)
13
14 #Obtener de la base de datos todos los dispositivos Lab Jack y parametros definidos en la aplicacion
15 query = ("select mch_id, rdm_id, rdm_ip_address, adr_id, adr_code, mpr_formula, mpr_accept_negative, adr_data_type, uom_id, uom_code, uom_description, mpr_id, mpr_label "
16         "from mdc_machines_parameters "
17         "inner join mdc_machines on mch_id = mpr_machine "
18         "inner join mdc_reading_devices on rdm_id = mpr_device "
19         "inner join mdc_reading_devices_addresses on adr_id = mpr_input "
20         "left join uom_unit_of_measures on uom_id = mpr_uom where mpr_deleted = 0")
21 cursor.execute(query)
22 itemsToRead = cursor.fetchall()
23
24 #Iterar el cursor de los parametros/dispositivos
25 for row in itemsToRead:
26     deviceType = "ADJ"
27     connectionType = "LJM_ETHETHERNET" #define Conexion por Red Ethernet
28
29     #definir variables para el parametro a leer
30     machineID = row[0]
31     deviceID = row[1]
32     deviceIPAddress = str(row[2])
33     inputID = row[3]
34     inputAddress = str(row[4])
35     formula = str(row[5])
36     acceptNegative = str(row[6])
37     inputDataType = str(row[7])
38     UoMID = row[8]
39     UoMCode = row[9]
40     UoMDescription = row[10]
41     paramID = row[11]
42     paramLabel = row[12]
43
44     devConnection = ljm.open(deviceType, connectionType, deviceIPAddress) #Establecer conexion con el dispositivo, de acuerdo a variables
45     currentValue = ljm.readName(devConnection, inputAddress) #Ejecutar lectura del valor desde el dispositivo y entrada definida en la aplicacion
46     processedValue = 0 #if currentValue <= 0 else currentValue #El valor leído es menor a cero, se establece el valor en cero
47     formula = formula.replace("Value",str(currentValue)) #Crear string de formula, reemplazando la palabra clave Value por el valor actual obtenido
48     processedValue = eval(formula) #Evaluar/Procesar formula para obtener el valor final o procesado
49
50     #Evaluar si el valor procesado es negativo y si el parametro procesado acepta valores negativos
51     if inputDataType == "RDMDCI":
52         if processedValue < 0:
53             if acceptNegative == "1":
54                 processedValue = processedValue
55             else:
56                 processedValue = 0
57         else:
58             processedValue = processedValue
59
60     #Eliminar lectura anterior de la tabla de lecturas actuales para el parametro/mquina que se esta procesando
61     query = ("delete from mdc_last_reading where rdm_parameter = %s and rdm_machine = %s")
62     data = (paramID, machineID)
63     cursor.execute(query, data)
64
65     #Insertar ultimo valor obtenido del dispositivo en la tabla de lecturas actuales
66     query = ("insert into mdc_last_reading(rdm_datetime, rdm_device, rdm_input, rdm_input_code, rdm_read_value, rdm_formula, rdm_processed_value, rdm_uom, rdm_uom_code, rdm_uom_description, rdm_machine, rdm_parameter, rdm_parameter_label) "
67           "values (%w, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s)")
68     data = (datetime, inputID, inputAddress, currentValue, formula, processedValue, UoMID, UoMCode, UoMDescription, machineID, paramID, paramLabel)
69     cursor.execute(query, data)
70
71     #Insertar ultimo valor obtenido del dispositivo en la tabla de historial de lecturas. Se usa para calculo de estadisticas
72     query = ("insert into mdc_readings(rdm_datetime, rdm_device, rdm_input, rdm_input_code, rdm_read_value, rdm_formula, rdm_processed_value, rdm_uom, rdm_uom_code, rdm_uom_description, rdm_machine, rdm_parameter, rdm_parameter_label) "
73           "values (%w, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s, %s)")
74     data = (datetime, inputID, inputAddress, currentValue, formula, processedValue, UoMID, UoMCode, UoMDescription, machineID, paramID, paramLabel)
75     cursor.execute(query, data)
76
77 # Cerrar Conexion con dispositivo y con el servidor de Base de Datos
78 ljm.close(devConnection)
79 dbConnection.commit()
80 dbConnection.close()

```

Nota. Elaboración propia, 2022

La Figura 21 muestra una consulta a la tabla de la base de datos que contiene los datos insertados por el código Python.

Figura 21

Consulta de vista en la base de datos

The screenshot shows a SQL query in a query editor. The query is as follows:

```

SELECT mdc_code, mdc_name, mpr_label, rdd_description, rdd_ip_address, adr_code, uom_code, uom_description, mpr_formula, mpr_accept_negative, adr_data_type
FROM mdc_machines_parameters
INNER JOIN mdc_machines ON mdc_id = mpr_machine
INNER JOIN mdc_reading_devices ON rdd_id = mpr_device
INNER JOIN mdc_reading_devices_addresses ON adr_id = mpr_input
LEFT JOIN mdc_unit_of_measures ON uom_id = mpr_uom
    
```

The results are displayed in a table with the following columns:

| mdc_code | mdc_name | mpr_label | rdd_description | rdd_ip_address | adr_code | uom_code | uom_description | mpr_formula | mpr_accept_negative | adr_data_type |
|----------|------------|-----------------|--------------------------------------|----------------|----------|----------|------------------------|----------------------------|---------------------|---------------|
| GT-1aA | Line A | Running | LabJack Device for GT Plant - Line A | 172. | FIO4 | (NULL) | (NULL) | (Value == 0.0) | (NULL) | BOOLEAN |
| AI-101 | Fiber 01 | Running | LabJack Device at AI Plant - Line 01 | 10. | FIO5 | (NULL) | (NULL) | (Value == 0.0) | (NULL) | BOOLEAN |
| AI-101 | Fiber 01 | Speed | LabJack Device at AI Plant - Line 01 | 10. | AIN3 | fpm | Feet per minute | (Value - 0.0012) * 37.83 | (NULL) | NUMERIC |
| AI-101 | Fiber 01 | Temperature 1 | LabJack Device at AI Plant - Line 01 | 10. | AIN0 | F | Fahrenheit | Value * 35.2 | (NULL) | NUMERIC |
| AI-101 | Fiber 01 | Temperature 2 | LabJack Device at AI Plant - Line 01 | 10. | AIN1 | F | Fahrenheit | Value * 35.2 | (NULL) | NUMERIC |
| AI-102 | Textile 01 | Draw Ratio | LabJack Device at AI Plant - Line 02 | 10. | AIN0 | (NULL) | (NULL) | Value * 3.9994 | (NULL) | NUMERIC |
| AI-102 | Textile 01 | Air Pressure | LabJack Device at AI Plant - Line 02 | 10. | AIN1 | psi | Pounds per square inch | (Value - 0.41965) * 99.809 | (NULL) | NUMERIC |
| AI-102 | Textile 01 | Speed Spin | LabJack Device at AI Plant - Line 02 | 10. | AIN2 | RPM | Revolutions per minute | (Value * 10) * 1.225 | (NULL) | NUMERIC |
| AI-102 | Textile 01 | Line Speed | LabJack Device at AI Plant - Line 02 | 10. | AIN3 | % | Percent | Value * 1 | (NULL) | NUMERIC |
| AI-102 | Textile 01 | DT Spin Running | LabJack Device at AI Plant - Line 02 | 10. | FIO5 | (NULL) | (NULL) | (Value == 0.0) | (NULL) | BOOLEAN |
| AI-102 | Textile 01 | MGR Running | LabJack Device at AI Plant - Line 02 | 10. | FIO6 | (NULL) | (NULL) | (Value == 0.0) | (NULL) | BOOLEAN |

Nota. Elaboración propia 2022

La Figura 22 muestra el resultado de ejecución del código de consulta, donde se muestra los valores producto de las diferentes lecturas ejecutadas por el sistema de recolección de datos

Los campos insertados en la tabla *mdc_readings* con cada lectura se detallan a continuación:

- *rdn_datetime*: **Timestamp del momento en que se ejecuta la lectura**
- *rdn_device*: ID de dispositivo de lectura.
- *rdn_input*: ID de entrada del dispositivo de lectura
- *rdn_input_code*: Código de entrada leída en el dispositivo de lectura
- *rdn_read_value*: Valor en bruto obtenido del
- *rdn_formula*: Formula aplicada al valor en bruto
- *rdn_processed_value*: Valor resultante después de aplicar la fórmula
- *rdn_uom*: ID de Unidad de Medida
- *rdn_uom_code*: Código corto de la Unidad de Meda
- *rdn_uom_description*: Descripción de la Unidad de Medida

- *rdn_machine*: ID de máquina en el sistema
- *rdn_parameter*: ID de parámetro
- *rdn_parameter_label*: Etiqueta de texto que se muestra en el parámetro

Figura 22

Resultado de ejecución manual del código de consulta



```
Command Prompt
C:\LabJack>python queryDevices1min.py
****Reading device on address: [redacted] Input: FIO4 ****
GT-LnA - Line A Running : True

****Reading device on address: [redacted] Input: FIO5 ****
A1-L01 - Fiber 01 Running : False

****Reading device on address: [redacted] Input: AIN3 ****
A1-L01 - Fiber 01 Speed : 0 fpm

****Reading device on address: [redacted] Input: AIN0 ****
A1-L01 - Fiber 01 Temperature 1 : 49.595739746093756 F

****Reading device on address: [redacted] Input: AIN1 ****
A1-L01 - Fiber 01 Temperature 2 : 49.64236755371094 F

****Reading device on address: [redacted] Input: AIN0 ****
A1-L02 - Textile 01 Draw Ratio : 3.4994216022491456

****Reading device on address: [redacted] Input: AIN1 ****
A1-L02 - Textile 01 Air Pressure : 104.92864322892608 psi

****Reading device on address: [redacted] Input: AIN2 ****
A1-L02 - Textile 01 Speed Spin : 0.0 RPM

****Reading device on address: [redacted] Input: AIN3 ****
A1-L02 - Textile 01 Line Speed : 0 %

****Reading device on address: [redacted] Input: FIO5 ****
A1-L02 - Textile 01 DT Spin Running : True

****Reading device on address: [redacted] Input: FIO6 ****
A1-L02 - Textile 01 NGR Running : True
```

Nota. Elaboración propia 2022

5.7.4-Modelado de Datos (Entidad - Relación)

5.7.4.1-Entidades

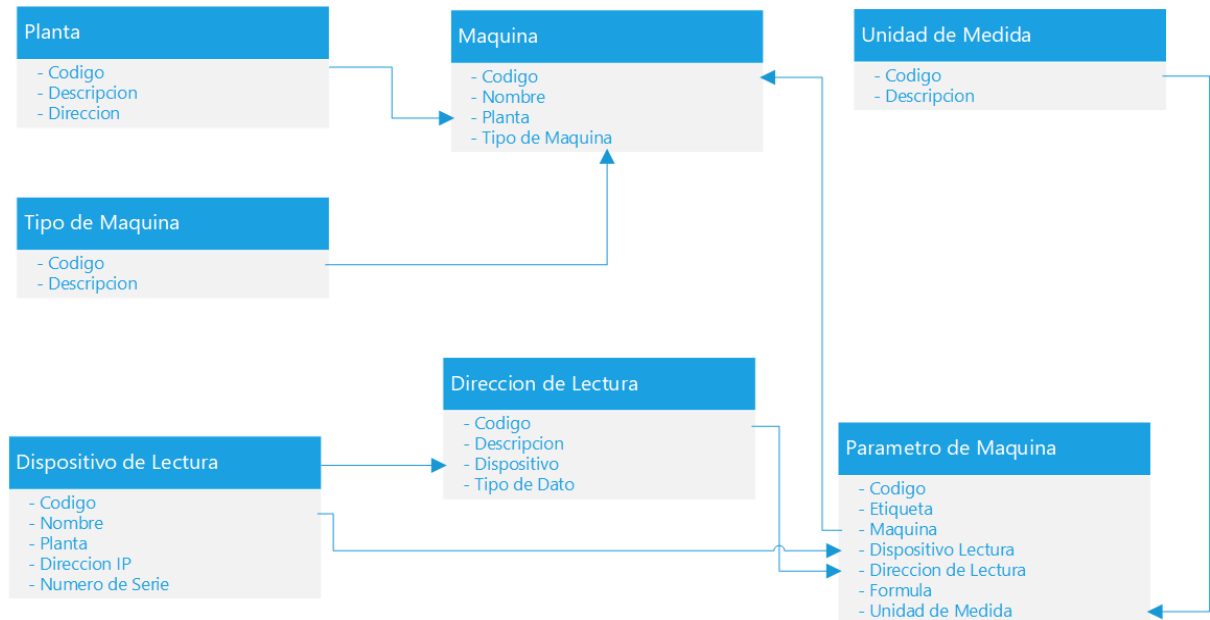
- *Planta*: Ubicación en la que operan las diferentes máquinas
- *Máquina*: Dispositivo que está involucrado en el proceso de manufactura y que es objeto de monitoreo
- *Dispositivo de Lectura*: Aquellos dispositivos que están conectados con las máquinas y de los cuales es posible obtener datos de mediciones y/o estados.
- *Dirección de Lectura*: Subcomponente del dispositivo de lectura para leer un dato o señal específica.
- *Unidad de Medida*: Se refiere a la unidad de medida en que se representa un valor que a su vez es una magnitud física o lógica.
- *Tipo de Máquina*: Clasificación referida al tipo de proceso realizado por una máquina
- *Lectura*: Valor leído desde un dispositivo de lectura relacionado a una dirección de lectura y máquina específica en un tiempo determinado.

5.7.4.2-Representación gráfica de atributos y relaciones

La Figura 23 y la Figura 24 ilustran de manera grafica los atributos y las relaciones entre estos (Entidad - relación) en la base datos donde se almacenarán los datos extraídos de la maquinas que se estarán monitoreando.

Figura 23

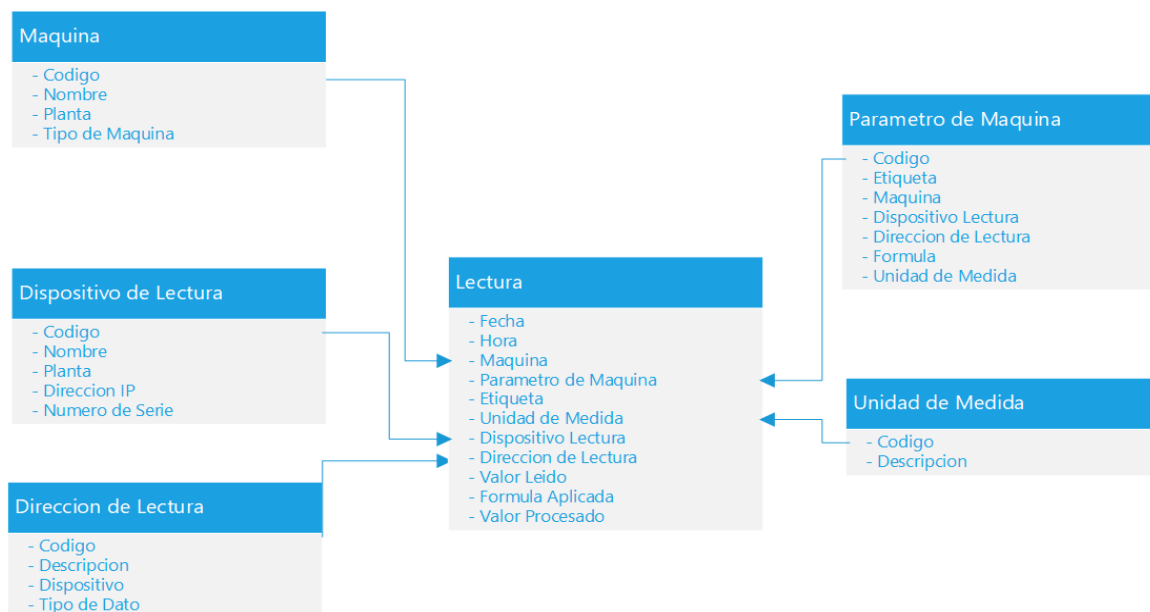
Diagrama entidad-relación #1



Nota. Elaboración propia, 2022

Figura 24

Diagrama entidad-relación #2 Tablas

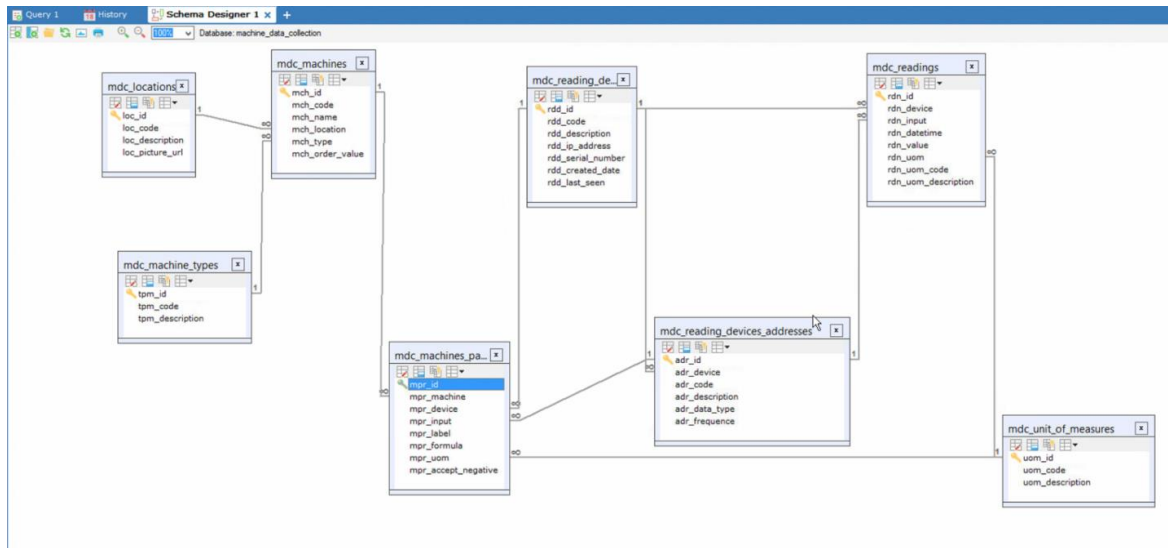


Nota. Elaboración propia. 2022

La Figura 25 detalla las diferentes tablas que componen la bases datos con sus componentes y la forma en que se relacionan entre sí, ilustrando la estructura de la base de datos que contiene la información a ser desplegada por la aplicación.

Figura 25

Relación de tablas en base de datos MySQL



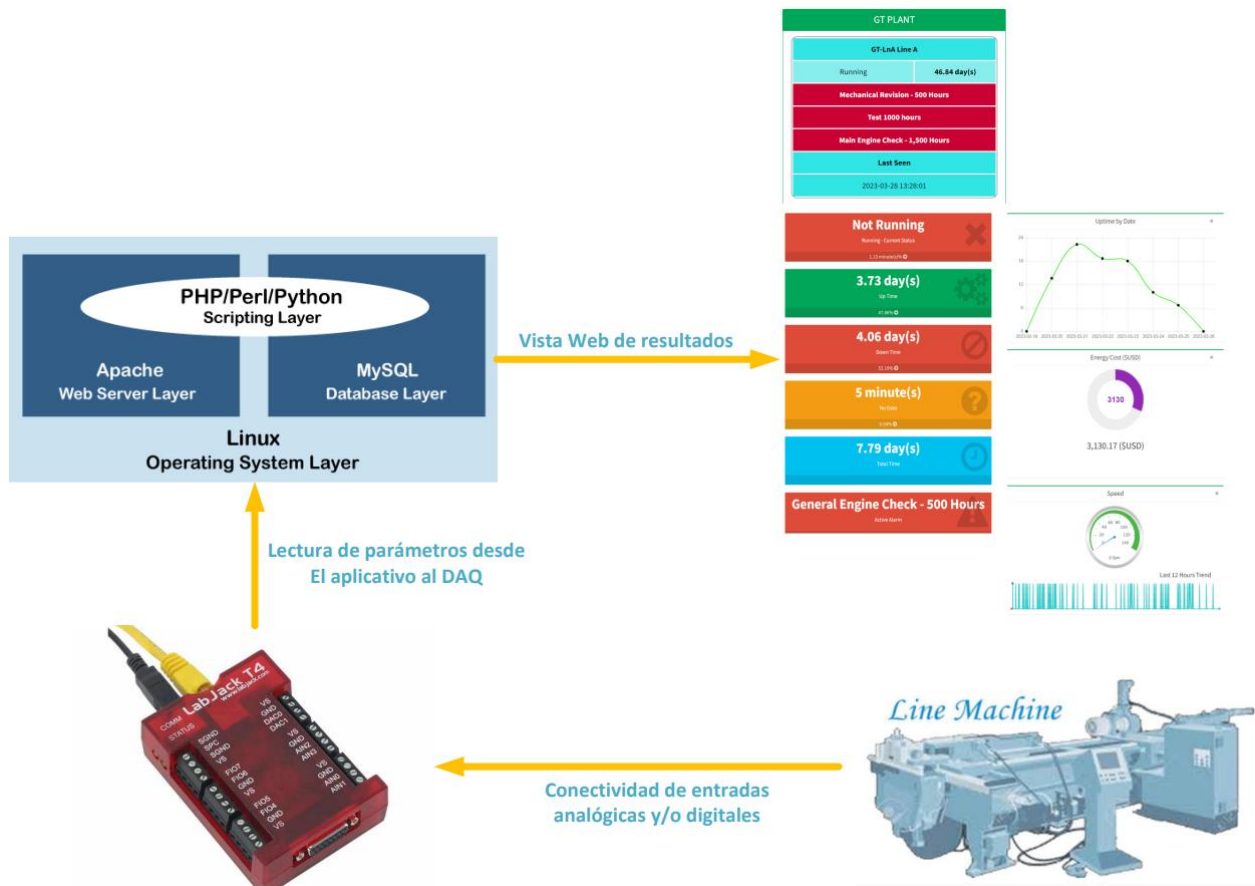
Nota. Elaboración propia, 2022

5.7.5-Diagramas de red

En la Figura 26 se ilustra de manera grafica las interconexiones individuales entre el colector de datos y la maquina industrial de donde se tomarán los datos para su posterior despliegue y análisis.

Figura 26

Diagrama pictórico de conexión individual máquina – DAQ - sistema.

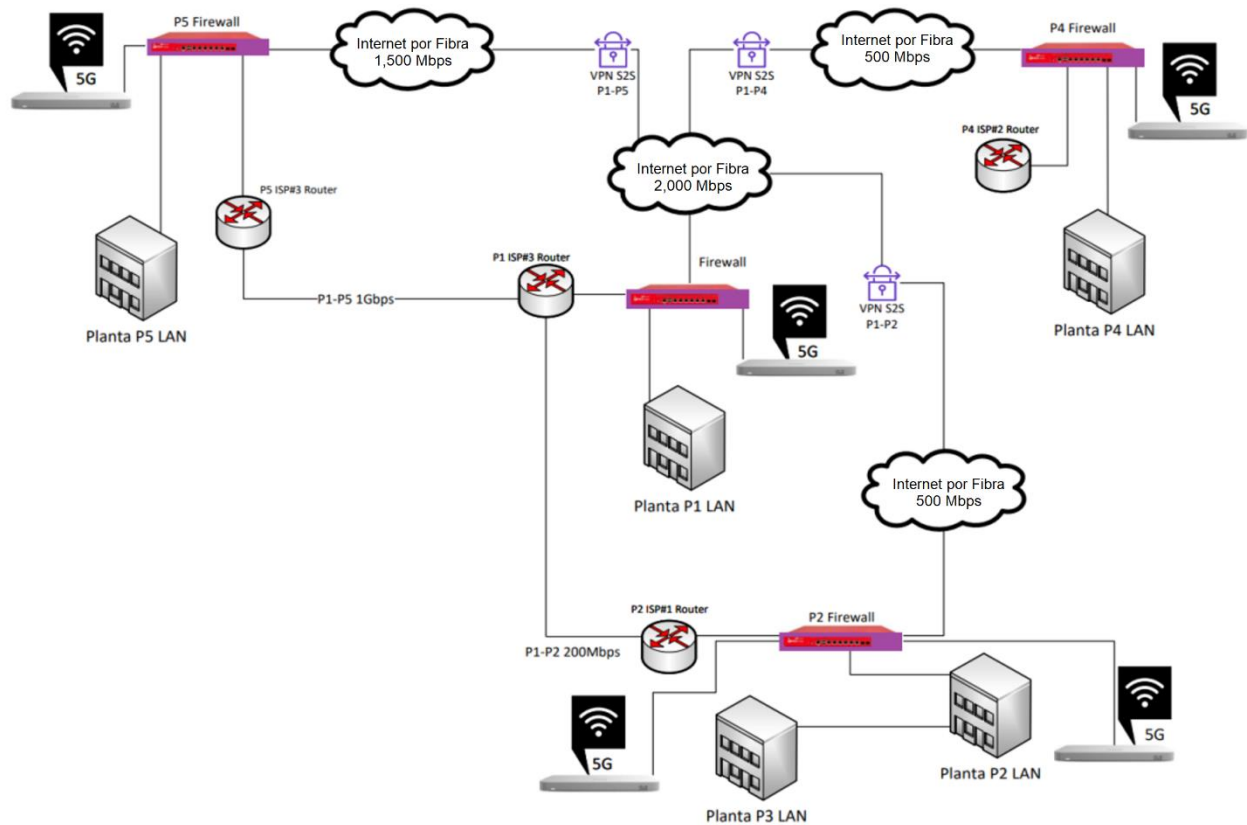


Nota. Elaboración propia, 2022

La Figura 27, muestra un esquema general de la red incluyendo el medio de transmisión y los diferentes componentes de hardware tanto para coleccionar, almacenar y procesar los datos.

Figura 27

Diagrama esquemático de red



Nota. Elaboración propia 2022

5.7.6-Diseño de pantallas de usuario - Front-End UX

El diseño de interfaz de usuario contempla como objetivo el maximizar la usabilidad y la experiencia del usuario. Se tendrán disponibles 2 pantallas, la pantalla principal concentra todas las máquinas por locación y la pantalla secundaria mostrara más información por máquina de forma individual, como se muestra en la Figura 28 y Figura 29.

Figura 28

Pantalla principal central que muestra todos los parámetros asociados a cada locación y máquina.

Production Monitor Sun Mar 26 2023 19:20:18 GMT-0400 (Eastern Daylight Time)

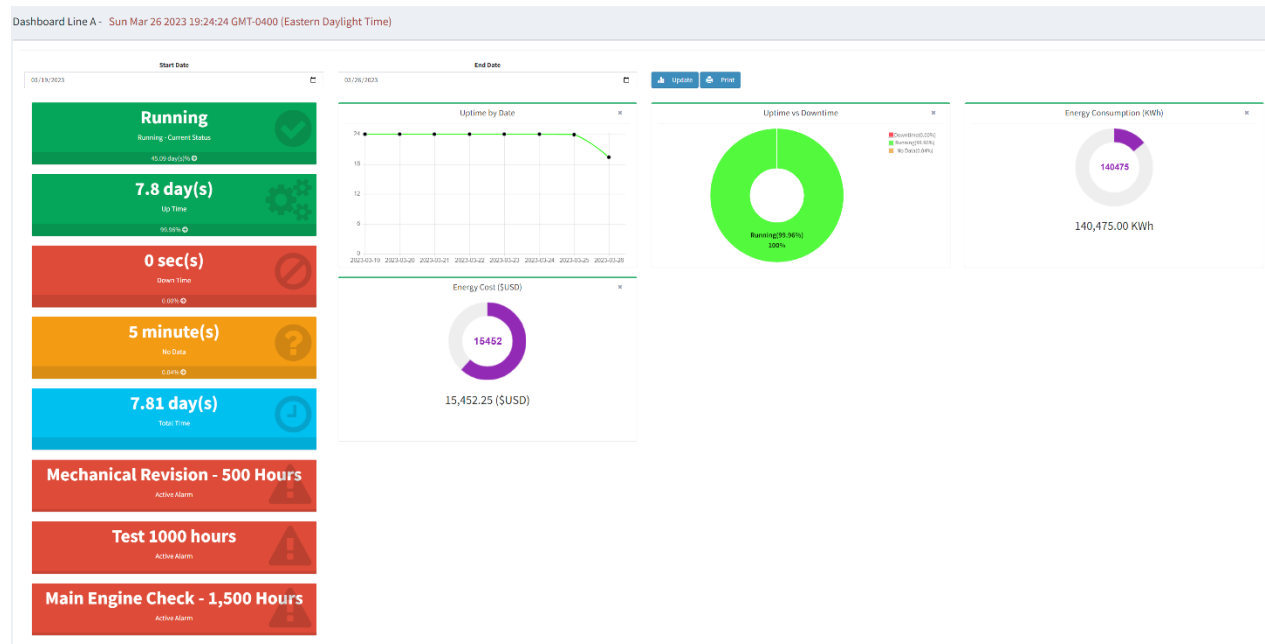


Nota. Elaboración propia 2022

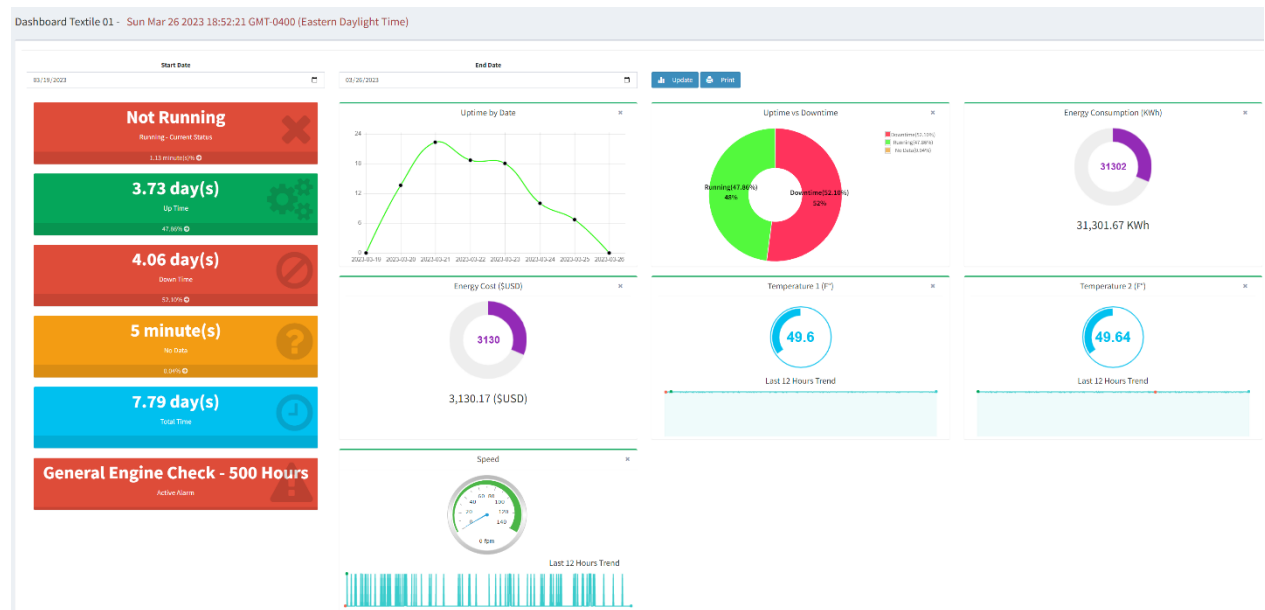
Figura 29

Pantallas secundarias que muestran en detalle todos los parámetros asociados a cada tipo de máquina.

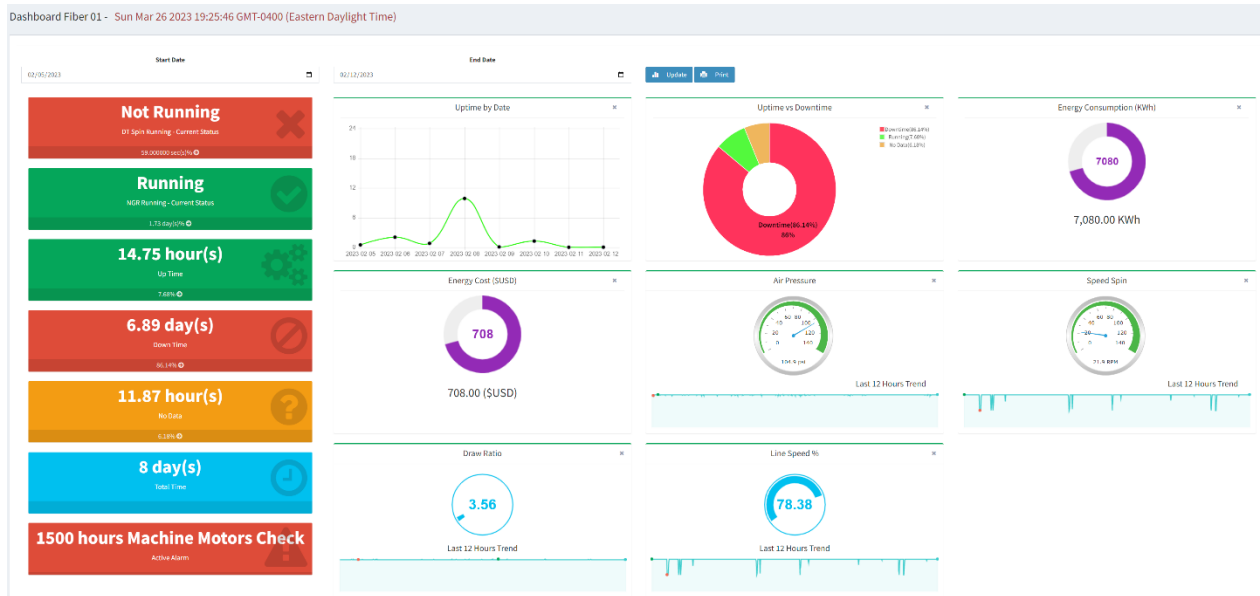
Line A



Textile



Fiber



Nota. Elaboración propia 2022

5.7.7-Adquisición del equipo para prototipo

Se adquirieron 3 DAQ para contar con suficiente variedad de tipos de entradas y poder cubrir diferentes máquinas de producción en diferentes locaciones. La Figura 30 muestra gráficamente como lucen las unidades adquiridas.

Figura 30

Detalle LabJack modelo T4.



Nota. LabJack modelo T4, LabJack Corporation Lakewood, CO USA, 2022

La Figura 31 muestra la factura la compra de las unidades adquiridas para el prototipo del proyecto.

Figura 31

Factura por adquisición de LabJack modelo T4.

Invoice-58942

INVOICE

Invoice 58942

Order Created: 09/12/2022

Contact Email:

Reduced Packaging: No

LabJack

LabJack Corporation
6900 W. Jefferson Ave
Suite 110
Lakewood, CO 80235 USA
Phone: (303) 942-0228
Fax: (303) 951-2916
www.labjack.com
sales@labjack.com

Notice

Paying electronically? Due to a fraud warning, our account x8372 was closed in Nov 2021, and we moved to a new account x1950. Please contact us if you need the details for the new account x1950.

Customer Reference Number

25137-22-CH

Billing information

Shipping information

| Title | Product Options | Unit price | Quantity | Total |
|-----------------|-----------------|------------|----------|----------|
| UPS 2nd Day Air | | \$33.37 | 1 | \$33.37 |
| T4 | | \$245.00 | 3 | \$735.00 |

| | |
|-----------------------|--------------------|
| Subtotal | \$735.00 |
| Shipping | \$33.37 |
| Sales tax | \$0.00 |
| Order total | \$768.37 |
| Amount Paid | \$768.37 |
| Order Balance | \$0.00 |
| Payment Method | Credit Card |

Nota. Factura LabJack Corporation Lakewood, CO USA, 2022

5.7.8-Codificación del Sistema

La codificación del sistema se puede separar en dos etapas siendo la primera la recolección de datos desde los dispositivos y la segunda el desarrollo de la lógica de negocio y núcleo de la aplicación, de las cuales en sus etapas tempranas es posible construir el prototipo y realizar las pruebas iniciales.

5.7.8.1-Codificación de rutinas de colección de datos con Python

La recolección de datos se realiza mediante un script codificado en Python, el cual a su vez invoca a la Librería LJM para Python que se comunica vía red con los dispositivos registrados. Dicho script lee la configuración de parámetros de cada máquina, así como de los dispositivos y entradas realizando la lectura específica y es almacenada en la base de datos usando el conector MySQL para Python.

5.7.8.2-Codificación de aplicación y lógica de negocio en PHP

Si bien la recolección de datos desde los dispositivos es realizada con Python, la lógica base de la aplicación y negocio esta codificada en PHP.

El núcleo de la aplicación en el que se administran los usuarios, roles, plantas, dispositivos y parámetros que son almacenados en la base de datos está escrito en PHP, Es el "back-end" también encargado de calcular estadísticas y registrarlas en el histórico para posterior consulta y construcción de informes.

5.7.9-Prototipo y pruebas iniciales

En la etapa más temprana de las pruebas iniciales se construyó un script Python con el cual se realizaban lecturas manuales sobre direcciones específicas, con el objetivo de comprobar la comunicación y la correcta obtención de valores desde los dispositivos LabJack.

Posteriormente, el primer prototipo puesto en marcha se compone en su momento del diseño de la base de datos expuesto en la Figura 24, así como del script Python programado cada minuto y una única interfaz mostrando las últimas lecturas por cada máquina.

5.7.10-Eschema de respaldos de configuraciones

Como una buena práctica se recomienda a los administradores de sistemas que realicen respaldos regulares y periódicos a medios externos en los que la instancia de máquina virtual se ejecuta. Ante una posible falla de la infraestructura o corrupción de la máquina virtual, será posible recuperarse a partir de un respaldo.

Adicionalmente la aplicación está dotada de una herramienta de respaldo de la configuración en la que es posible exportar un archivo que contiene las plantas, dispositivos, entradas, tipos de máquina, máquinas y parámetros de lectura. Este respaldo puede ser cargado posteriormente vía web en la aplicación para restaurar el entorno configurado. Sin embargo, este método de respaldo no contiene el historial de lecturas por lo que todas las estadísticas empezarán a generarse posterior a la carga de la configuración.

Además, también es posible crear un programa de respaldos de la base de datos MySQL, ya sea con las herramientas nativas o con cualquier herramienta comercial dedicada a respaldo de base de datos.

5.7.11-Escenarios de pruebas al sistema

Debido a que todo circuito electrónico tiene sus propias características físicas de respuesta, las cuales dependen de su diseño y partes electrónicas que lo componen. LabJack no es la excepción en cuanto al acoplamiento y desacoplamiento se refiere. La medición de los parámetros eléctricos como el voltaje cambian cuando en sus terminales están o no conectados a otro circuito o si simplemente están desconectados, para ambos casos existirá una señal no deseada lo que comúnmente se conoce como BIAS o "RUIDO" electrónico, que para el Hardware del LabJack este tiende a cero.

5.7.11.1-Prueba en vacío

Las diferentes entradas y salidas del LabJack posee una alta y baja impedancia respectivamente. Demostrando un alto aislamiento que asegura el menor porcentaje de afectación en las mediciones de prueba en vacío.

5.7.11.2-Prueba con carga

Al conectar un circuito externo a las entradas o salidas del LabJack se genera un circuito equivalente a la impedancia total de la unión de los circuitos, se genera un efecto de cambio del voltaje en los nodos de conexión acorde a la impedancia resultante cuando el equipo este encendido, pero debido a que el LabJack posee características únicas aislantes, el efecto de carga es casi despreciable sin generar ruido eléctrico.

5.8-Estimación de costos y presupuesto

Las estimaciones de costos nos ayudan a prever el nivel de los recursos y los costos asociados necesarios para ejecutar este proyecto de desarrollo de prototipo de sistema, lo que ayuda a garantizar que alcance los objetivos del proyecto dentro del cronograma y presupuesto aprobados sean confiables

y alcanzables. La estimación de costos es una disciplina bien desarrollada de la cual tomamos ventaja en su uso.

5.8.1-Revisión del presupuesto del prototipo

5.8.1.1-Costos iniciales

Uno de los riesgos en el desarrollo de proyectos de sistemas es el mantener los costos del prototipado dentro de los límites calculados y esperados, por lo que el tener un seguimiento cercano a las diferentes actividades previamente definidas en el cronograma del proyecto, permitió detectar cualquier tipo de desviación para la cual se tomaron acciones correctivas para cumplir las metas e hitos se lograra en tiempo y forma. El desarrollo del prototipo en términos generales utilizo recursos de hardware y tiempo para el desarrollo de software, para el cual se tuvo que planificar con anticipación para ambos tipos de rutas de desarrollo y que en algún punto se unieran para poder obtener el producto final y continuar ya como un todo. Los costos iniciales se definieron según el listado de la Tabla 4 basándose en el proceso de planificación manifestado en el acta de constitución.

Tabla 4

Elementos básicos requeridos para desarrollo del prototipo

| Detalle de Descripción | Costo individual | Cantidad | Subtotal |
|-------------------------|------------------|--------------|--------------|
| LabJack T4 - DAQ | \$245 | 3 | \$735 |
| LJTick Divider | \$30 | 3 | \$90 |
| Cableado dúplex 1000 ft | \$75 | 1 | \$75 |
| | | Total | \$900 |

Nota. Elaboración propia. 2022

5.8.1.2-Costos secundarios

Existen variaciones en los desarrollos de prototipado que, a pesar de tener un alto grado de control y monitoreo en el desarrollo de las actividades, aparecen condiciones u eventos inesperadas

como el de definir a través de las pruebas de campo que X o Y hardware utilizado no permite la mejor integración en el sistema debido al bajo nivel de aislamiento en los acoplamientos a pesar de que la información técnica dijere lo contrario. Es ahí donde aparecen costos adicionales que se debieron cubrir de una u otra forma con un presupuesto de contingencias para que en ningún momento se ponga en riesgo el cumplimiento del cronograma ni resultados finales definidos en los objetivos generales y específicos.

Tabla 5*Elementos complementarios para desarrollo del prototipo*

| Detalle de Descripción | Costo individual | Cantidad | Subtotal |
|--|------------------|----------|--------------|
| Convertidores A/D | \$25 | 3 | \$75 |
| Convertidores D/A | \$30 | 3 | \$90 |
| USB Fuente de poder 5V | \$5 | 3 | \$15 |
| Cableado CAT 6 tipo patch cord 6 ft | \$10 | 3 | \$30 |
| | Total | | \$210 |

Nota. Elaboración propia. 2023

5.9-Acta de constitución

El acta de constitución del proyecto es el documento en el cual estamos documentando el inicio de la relación entre la estrategia empresarial de la empresa y el alcance del proyecto, de igual manera se formaliza la relación de colaboración que existirá entre el solicitante del proyecto y el grupo implementador. El acta de constitución será muy importante para el liderazgo del proyecto, en especial en las fases de inicio y de planificación.

Este es un documento al que se hizo referencia durante toda la ejecución del proyecto, sus fases y los compromisos adquiridos están detallados en la en la Figura 32, carta del proyecto de desarrollo del prototipo.

Figura 32

Carta del proyecto de desarrollo del prototipo

| Carta del proyecto | |
|---|---|
| Información general del proyecto FECHA DE CARTA: 10 Octubre 2022 | |
| Nombre del proyecto | Desarrollo de "Prototipo de sistema de captura de datos industriales por medio de equipos IoT para uso en la empresa privada". |
| Patrocinador de proyecto | Leonardo Aguilera. |
| Gerente de proyecto | Julio Carballo. |
| fecha de inicio esperada | 10 de octubre de 2022 |
| Fecha de finalización prevista | 28 de enero de 2023 |
| Project Details | |
| Descripción del proyecto | Desarrollar un sistema de software que permita a las empresas privadas de El Salvador, el poder obtener información del uso de sus equipos en cuanto respecta a captura de datos de los parámetros principales y secundarios con equipos Industrial IoT (Internet de las cosas industrial) durante la jornada laboral, los cuales le permitirán a la gerencia o dueños el analizar dichos resultados permitiendo el tomar decisiones financieras sobre el costo operativo real de los equipos y sus tiempos de mantenimiento basado en horas de servicio, así como también calculando correctamente los costos de energía consumidos basados en el costo unitario de la misma. |
| Requerimientos clave | 1- Software de captura y procesamiento de datos digitales y analógicos (Código fuente). 2- Hardware de captura de señales digitales y analógicas tipo DAQ 3- Arquitectura del prototipo. 4- Modelado del prototipo. 5- Paquete de despliegue de sistema virtual (Hipervisor+ archivo OVA) 100% operacional. 6- Guía de usuario y despliegue del sistema |
| Beneficios esperados | Permitir visualizar las variables más importantes que consumen recursos en una empresa como lo son el tiempo de uso del equipo en horas ("Uptime") y la energía entre otros, las cuales permitirán fácilmente llevar el control de horas de uso antes de que el equipo requiera algún tipo de mantenimiento evitando tener paros inesperados por no controlar los requerimientos de servicio basado en horas de operación, por lo cual se tendrá adecuado control del mantenimiento del equipo para gestionar los repuestos y programar las horas de mantenimiento en fechas adecuadas que no afecten la producción o prestación de servicios. Se espera la disminución de los costos operativos en un 15% por medio del uso eficiente de los recursos. |
| Costo estimado y recursos | USD \$900, incluye software, hardware para monitorear 3 equipos y el apoyo del equipo de ingeniería para soportar el despliegue iniciar y liderar el soporte técnico. |
| Estimated Milestones | Diseño y desarrollo del sistema - 25 de Octubre 2022 Implementación del sistema - 22 de Diciembre 2022 Pruebas y ajustes - 16 de Enero 2023 |
| Equipos de Proyecto (Recursos) | Project Sponsor: Leo Hat1 Project Manager: Julio Carballo Engineering Leader : Leo Hat3 Specialist Experts: Leo Hat4 Q&A Leader: Leo Hat5 |
| Riesgo general del proyecto | 1- Código fuente con errores: Riesgo mínimo pues se puede corregir rápidamente, probabilidad intermedia pues es un prototipo que requiere prueba y error e impacto grande si no se tiene finalizado y probado según tiempos de planificación. 2- Hardware de captura de señales integrado a la máquina a monitorearse (mal conectado): Riesgo alto pues se puede quemar y arruinar, probabilidad mínima pues se revisarían y confirmarían los posibles puntos de conexión con planos o instructivos de la máquina, con ayuda de personal técnico de la empresa u soporte del fabricante e impacto grande si no se tienen repuestos de los DAQ's y si estos no están integrados y probados según tiempos de planificación. |
| Criterios de salida del proyecto | La prioridades para el éxito del proyecto son: Alcance - Cronograma - Calidad - Satisfacción del Cliente - Presupuesto |

Nota. Elaboración propia, 2022.

5.10-Hoja de Ruta del Proyecto (Cronograma).

Este es el plan estratégico que incluye una descripción general de alto nivel de los objetivos y entregables de nuestro proyecto. Nuestra hoja de ruta ilustrada en la Tabla 3, es una herramienta de comunicación que proporciona una descripción del proyecto de una manera fácil de entender y además completa. Mediante su uso, el equipo implementador verá las actividades y tiempos de cada fase y podrá medir el progreso del proyecto, además podrá consultar los siguientes pasos a implementar y le será posible mantenerse atento a los objetivos y la visión general del proyecto.

Tabla 6

Cronograma de actividades de ejecución del proyecto

| # | Number de la tarea | Inicio | Término | días |
|----|---|-------------------|-------------------|-----------|
| | Inicio del Proyecto | 07/11/2022 | 18/11/2022 | 10 |
| 1 | Investigación de tecnologías de máquinas industriales | 08/11/2022 | 11/11/2022 | 4 |
| 2 | Investigación sobre vitalización | 14/11/2022 | 18/11/2022 | 5 |
| 3 | Investigación de tecnologías IoT y sistemas DAQ | 14/11/2022 | 18/11/2022 | 5 |
| | Requerimientos del sistema | 21/11/2022 | 25/11/2022 | 5 |
| 4 | Requerimientos software y hardware | 21/11/2022 | 24/11/2022 | 4 |
| 5 | Desarrollo de la Arquitectura del sistema | 21/11/2022 | 25/11/2022 | 5 |
| 6 | Definición de los equipos informáticos requeridos | 21/11/2022 | 25/11/2022 | 5 |
| 7 | Definición de parámetros a medir | 21/11/2022 | 23/11/2022 | 3 |
| 8 | Modelado de prototipo | 21/11/2022 | 25/11/2022 | 5 |
| 9 | Análisis de riesgo | 21/11/2022 | 25/11/2022 | 5 |
| | Diseño y desarrollo del sistema | 28/11/2022 | 28/12/2022 | 22 |
| 10 | Codificación del aplicativo | 28/11/2022 | 16/12/2022 | 15 |
| 11 | Revisión del código del aplicativo | 29/11/2022 | 27/12/2022 | 19 |
| 12 | Priorización de requerimientos | 28/11/2022 | 21/12/2022 | 18 |
| 13 | Diseño de pantallas de usuario - Front-end UX | 02/12/2022 | 16/12/2022 | 10 |
| 14 | Creación de diagramas de red y entidades de datos | 01/12/2022 | 14/12/2022 | 9 |
| 15 | Adquisición del equipo para prototipo | 02/12/2022 | 23/12/2022 | 16 |
| 16 | Esquema de Backus y depuración de la información | 05/12/2022 | 27/12/2022 | 15 |
| 17 | Escenarios de pruebas al sistema | 06/12/2022 | 28/12/2022 | 15 |
| | Implementación del sistema | 02/01/2023 | 13/01/2023 | 10 |

| | | | | |
|----|---|-------------------|-------------------|-----------|
| 18 | Instalación de maquina virtual | 02/01/2023 | 09/01/2023 | 6 |
| 19 | Instalación de esquemas de repositorios de datos | 02/01/2023 | 10/01/2023 | 7 |
| 20 | Configuración de parámetros operativos del sistema | 02/01/2023 | 11/01/2023 | 8 |
| 21 | Implementación de Infraestructura requerida | 02/01/2023 | 12/01/2023 | 9 |
| 22 | Revisión de la capa de seguridad | 02/01/2023 | 13/01/2023 | 10 |
| 23 | Revisión del presupuesto del prototipo | 02/01/2023 | 13/01/2023 | 10 |
| | Pruebas y ajustes | 16/01/2023 | 20/01/2023 | 5 |
| 24 | Prueba de comunicación después del despliegue | 16/01/2023 | 17/01/2023 | 2 |
| 25 | Prueba de acceso al repositorio de datos | 16/01/2023 | 17/01/2023 | 2 |
| 26 | Prueba de acceso a la base de datos | 16/01/2023 | 18/01/2023 | 3 |
| 27 | Pruebas de comunicación digitales y analógicos | 16/01/2023 | 19/01/2023 | 4 |
| 28 | Prueba de conectividad de adquiridores de datos | 16/01/2023 | 20/01/2023 | 5 |
| 29 | Prueba de auto Backus y carga manual del respaldo | 16/01/2023 | 20/01/2023 | 5 |
| 30 | Ajustes y modificaciones en cualquier etapa probada | 16/01/2023 | 20/01/2023 | 5 |
| | Cierre | 23/01/2023 | 03/02/2023 | 10 |
| 31 | Documentación de resultados | 23/01/2023 | 27/01/2023 | 5 |
| 32 | Entrega de manuales de instalación y de usuario | 25/01/2023 | 01/02/2023 | 6 |
| 33 | Preparación de Kit del prototipo de sistema | 26/01/2023 | 01/02/2023 | 5 |
| 34 | Revisión del "actividades de desarrollo y cierre" | 01/02/2023 | 03/02/2023 | 3 |

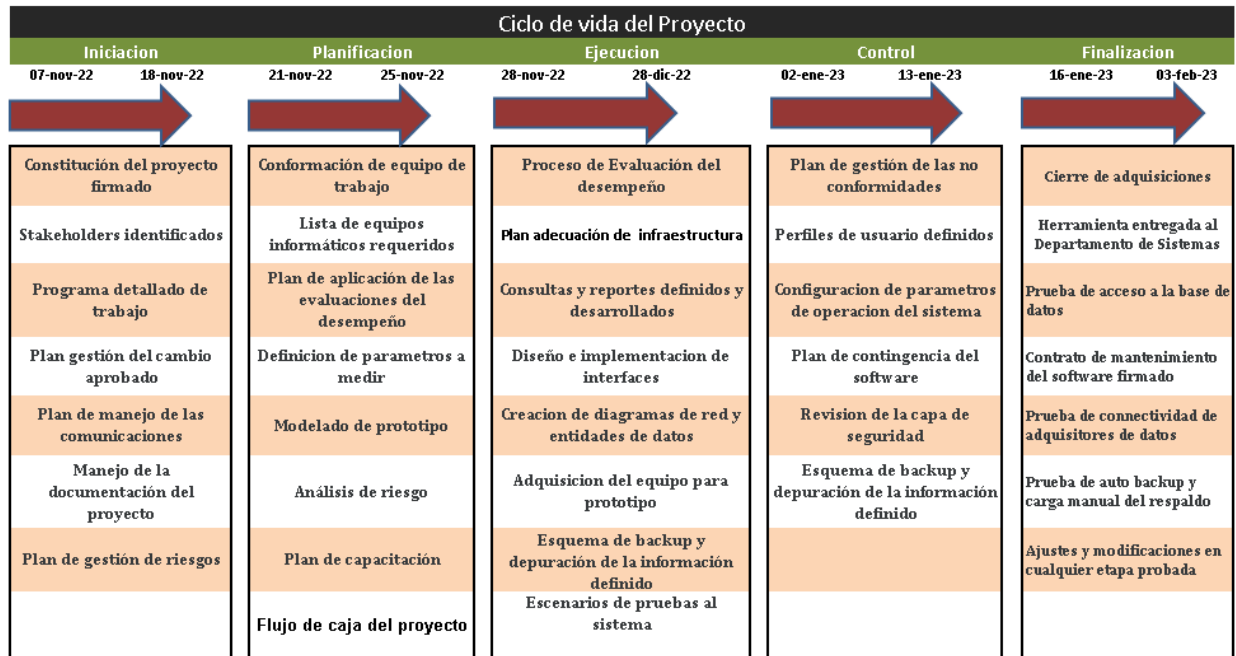
Nota. Elaboración propia. 2022

5.11-Ciclo de vida del proyecto

El ciclo de vida del proyecto son una serie de fases por las que atravesará el proyecto de inicio hasta su cierre. La Figura 33, que representa la línea de tiempo de actividades del proyecto describe que se necesita hacer para completar la implementación del prototipo.

Figura 33

Línea de tiempo de actividades del proyecto.



Nota. Elaboración propia. 2022

5.12-Implementación del sistema

5.12.1-Instalación de máquina virtual

La solución será entregada en un archivo formato OVA, el cual es un estándar para la distribución de máquinas virtuales. Dicha máquina virtual puede ser ejecutada en hipervisores tipo 1 (bare metal) y tipo 2 (hosted) del fabricante VMware, es decir en entorno vSphere y su hipervisor ESXi o VMware Workstation Player entre otros.

Procedimiento para importar OVA en vSphere ESXi

1. Haga clic con el botón derecho en Host desde el inventario de VMware Host Client y seleccione Crear/Registrar máquina virtual.

Se abre el asistente Nueva máquina virtual.
2. En la página **Seleccionar tipo de creación**, seleccione Implementar una máquina virtual a partir de un archivo OVF u OVA y haga clic en Siguiente.
3. En la página Seleccione el archivo OVA o los archivos OVF y VMDK, proporcione un nombre único para la máquina virtual.
4. Para seleccionar un archivo OVF y VMDK, o un archivo OVA para implementar, haga clic en el panel azul, se abre el almacenamiento de su sistema local.
5. Seleccione el archivo que desee implementar en la máquina virtual y haga clic en Abrir.

El archivo que seleccionó aparece en el panel azul.
6. Haga clic en Siguiente.
7. En la página Seleccionar almacenamiento, elija el tipo de almacenamiento para la máquina virtual.
 - Para guardar todos los discos y los archivos de configuración de máquina virtual en un almacén de datos estándar, haga clic en el botón Estándar.
 - Seleccione un perfil de host en la lista y haga clic en Siguiente
8. En la página Opciones de implementación, seleccione las asignaciones de red, el aprovisionamiento de disco y si desea que la máquina virtual se encienda después de la implementación.
9. Haga clic en Siguiente.
10. En la página **Listo para completar**, revise los detalles y haga clic en Finalizar.

11. Resultados: La máquina virtual aparece en el inventario de VMware Host Client, en Máquinas virtuales.

5.12.2-Configuración de parámetros de operación del sistema

El sistema es entregado con todo lo requerido para funcionar, sin embargo, es necesario configurar los parámetros que regirán su funcionamiento. Es decir, crear la distribución de plantas, tipos de máquinas, dispositivos, máquinas y parámetros de lectura.

El orden que debe seguirse para la configuración y que también se expone en los respectivos manuales, es el siguiente:

1. Creación de plantas o ubicaciones físicas.
2. Creación de Dispositivos y entradas. En este paso se dan de alta los dispositivos LabJack son sus direcciones IP y correspondientes entradas.
3. Creación de Tipos de Maquina.
4. Creación de Maquinas: Es en este paso donde se asignan los parámetros de cada máquina, que están asociados con un dispositivo y dirección de entrada, así como la fórmula que le dará tratamiento al valor leído, que será almacenado en la base de datos y utilizado para el cálculo de estadísticas.

5.12.3-Implementación de Infraestructura requerida

Dado que la aplicación se ha empaquetado en formato de máquina virtual que ejecuta los servicios requeridos para su funcionamiento, como servidor web, motor de base de datos, entre otros, se requiere de una infraestructura de virtualización sobre la cual la máquina virtual pueda ser ejecutada. Para este efecto se recomienda utilizar vSphere ESXi versión 6.7 o superior del Fabricante VMware,

así como un servidor acorde a las necesidades de rendimiento. A medida que más dispositivos sean añadidos mayor potencia será requerida para el funcionamiento óptimo de la aplicación.

Sin embargo, si no se cuenta con la posibilidad de instalar un servidor dedicado para la virtualización, también se puede utilizar una estación de trabajo robusta que admita la virtualización y ejecución de VMware Workstation Player o VMware Pro, donde la instancia de la máquina virtual puede ser ejecutada.

Por defecto la máquina virtual se ha configurado con 8GB de RAM y 4vCPU, por lo que el host donde se ejecute debe contar con los recursos mínimos para soportar esta configuración.

No se necesita desplegar otros servicios adicionales, ya que la configuración del sistema está completa en la máquina virtual entregada.

5.13-Entregables

5.13.1-Manual de operación del usuario

Este manual les permitirá a las personas que deban utilizar el sistema de captura de datos entender sus componentes y el uso de todas sus funcionalidades. Esta desarrollado para que sea una guía de asistencia para el usuario final sobre el funcionamiento del sistema en general y muestre también la solución a los problemas más comunes que puedan presentarse.

Está compuesto de los siguientes apartados:

1. El alcance, que describe su propósito y para quien va dirigido.
2. Su funcionalidad, es decir que se puede lograr al leerlo y entenderlo.

2.1. Un mapa del sistema que describe su estructura y componentes, tanto los equipos DAQ utilizados, Los tipos de comunicaciones desde los dispositivos de adquisición de datos a las máquinas de producción y al medio de almacenamiento de datos. Incluyendo también un

diagrama del sistema para ilustrar gráficamente todos los componentes del sistema y la navegación en el “dashboard”, en los DAQ, y la generación de reportes.

2.2. La descripción del sistema con el fin de ilustrar de forma general la aplicación, incluidos la interfaz gráfica y los mensajes de error, alarmas y ayudas contextuales incluyendo una lista de todos los posibles errores que se pueden presentar y las opciones para solucionarlos.

5.13.2-Manual técnico de despliegue

Este manual va dirigido al personal técnico que cuente con conocimientos generales en IT y manejo de las máquinas de producción. Además, hace referencia a las pautas de configuración y lógica con la que se desarrolló el aplicativo para poder realizar una instalación y mantenimiento necesario del sistema.

Su objetivo es capacitar al personal técnico para que puedan realizar el proceso de instalación y manejar correctamente el sistema, desde la administración de los dispositivos de captura de datos, acople adecuado a los puntos de medición de la maquinaria en planta, conexión y prueba de comunicación con la red de datos y uso general de la base de datos y módulos de reportes,

Componentes del manual

- Arquitectura del sistema.
- Componentes e interrelaciones que lo integran.
- Configuración de cada uno de sus componentes.
- Administración del hardware y software.

5.14-Análisis de riesgo (software y hardware)

1- **Código fuente con errores:** Riesgo mínimo pues se puede corregir rápidamente, probabilidad intermedia pues es un prototipo que requiere prueba y error e impacto grande si no se tiene finalizado y probado según tiempos de planificación.

2- **Hardware de captura de señales integrado a la máquina a monitorearse (mal conectado):**

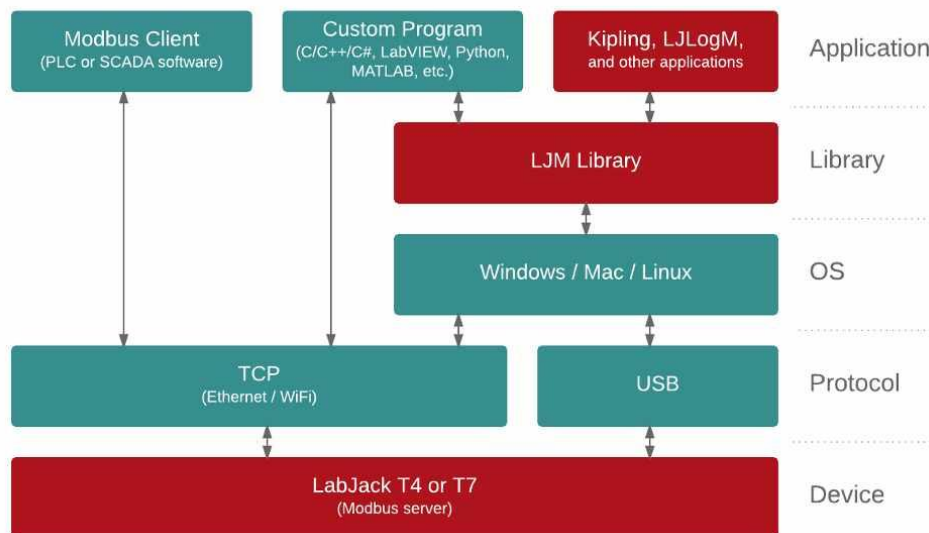
Riesgo alto pues se puede quemar y arruinar, probabilidad mínima pues se revisarán y confirman los posibles puntos de conexión con planos o instructivos de la máquina, con ayuda de personal técnico de la empresa u soporte del fabricante e impacto grande si no se tienen repuestos de los DAQ's y si estos no están integrados y probados según tiempos de planificación.

3- **Riesgo informático:** El monitoreo de señales no representa un problema a nivel informático pues las entradas solo representan un valor de medición que representan un valor numérico de referencia relacionado con una unidad de medida de una entrada física por medio de un sensor. Los valores se pueden leer y escribir en el dispositivo mediante el envío de comandos Byte directamente al dispositivo, que luego procesa las solicitudes y proporciona la información solicitada. La comunicación con el LabJack se realiza enviando un Byte Buffer al dispositivo y luego leyendo el Byte Buffer de respuesta. En el caso de ocupar comandos de control para controlar salidas y equipos en las máquinas de producción será necesario asegurar el canal de comunicación entre el servidor de control y cada uno de los nodos de red donde están conectadas las unidades LabJack.

Modbus TCP/UDP es el único protocolo utilizado por el T4 y la relación de sus capas se muestra en la Figura 34. Modbus/TCP no tiene funciones de seguridad o cifrado, por lo que es fácil usar Wireshark para recopilar información de paquetes de datos que se encuentran en su red hacia y desde un puerto Modbus en un dispositivo y leer el contenido de esos paquetes.

Figura 34

Detalle de interacción entre capas para LabJack modelo T4.



Nota. LabJack modelo T4. <https://labjack.com/pages/support?doc=/datasheets/t-series-datasheet/appendix-e-software-options-t-series-datasheet/>

Modbus es uno de los protocolos predominantes en la automatización de fábricas. Ha probado los tiempos, manteniéndose bien considerado en el mundo de los controles de fábrica. A pesar de eso, es propenso a una serie de vulnerabilidades que lo convierten en un objetivo potencial para los piratas informáticos.

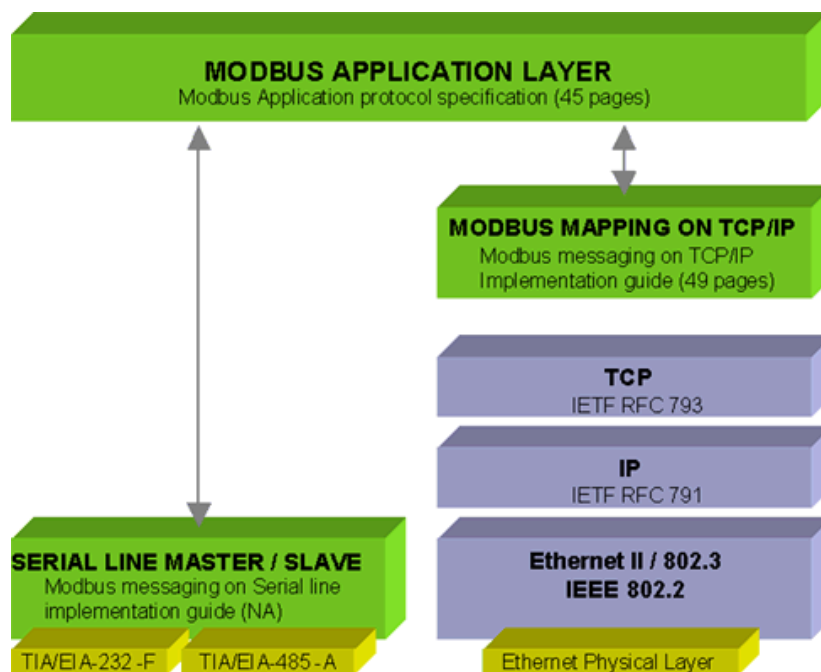
Para proteger los datos Modbus, se tiene que utilizar una puerta de enlace Modbus/OPC UA en cada nodo Modbus. Puede pasar comandos Modbus a través de esa puerta de enlace, asegurarlos con la infraestructura OPC UA y convertirlos nuevamente en OPC UA en el otro extremo. Modbus con Seguridad es una idea cuyo momento no ha llegado. Otra opción es crear una Vlan para toda la red de nodos LabJack de forma de crear una red lógicamente aislada.

5.14.1-Revisión de la capa de seguridad

Introducido en 1979, Modbus ha sido el estándar de facto desde entonces. Modbus es un protocolo de mensajería de capa de aplicación. Situado en el nivel 7 del modelo OSI, ilustrado en la Figura 35 el cual proporciona comunicación cliente/servidor entre dispositivos conectados a través de diferentes tipos de buses de comunicación o medios de comunicación. Modbus es el protocolo ICS (Industrial Control Systems - Sistemas de Control Industrial) más utilizado, principalmente porque es un protocolo probado y confiable, simple de implementar y abierto para usar sin regalías:

Figura 35

Ilustración de Capas de seguridad Modbus



Nota. Modbus Organization, Inc. <https://www.modbus.org/> 2022

El mismo protocolo de capa de aplicación se usa para comunicarse a través de Ethernet, como se muestra en el lado derecho.

El protocolo Modbus se basa en un modelo de solicitud y respuesta. Utiliza código de función en combinación con una sección de datos. El código de función especifica qué servicio se solicita o se responde y la sección de datos proporciona los datos que se aplican a la función. El código de función y las secciones de datos se especifican en la Unidad de datos de protocolo (PDU) de la trama del paquete Modbus:

- El protocolo Modbus se basa en un modelo de solicitud y respuesta. Utiliza código de función en combinación con una sección de datos. El código de función especifica qué servicio se solicita o se responde y la sección de datos proporciona los datos que se aplican a la función. El código de función y las secciones de datos se especifican en la Unidad de datos de protocolo (PDU) de la trama del paquete Modbus.
- Modbus y Modbus TCP son tecnologías antiguas. Modbus carece de un modelo de datos utilizable, tiene solo dos tipos de datos, no tiene la capacidad de proporcionar metadatos y una arquitectura Maestro/Esclavo en un mundo que se está moviendo rápidamente hacia Publicar/Suscribir. Si necesita proteger los datos Modbus, utilice una puerta de enlace Modbus/OPC UA en cada nodo Modbus. Puede pasar comandos Modbus a través de esa puerta de enlace, asegurarlos con la infraestructura OPC UA y convertirlos nuevamente en OPC UA en el otro extremo.

5.15-Cierre

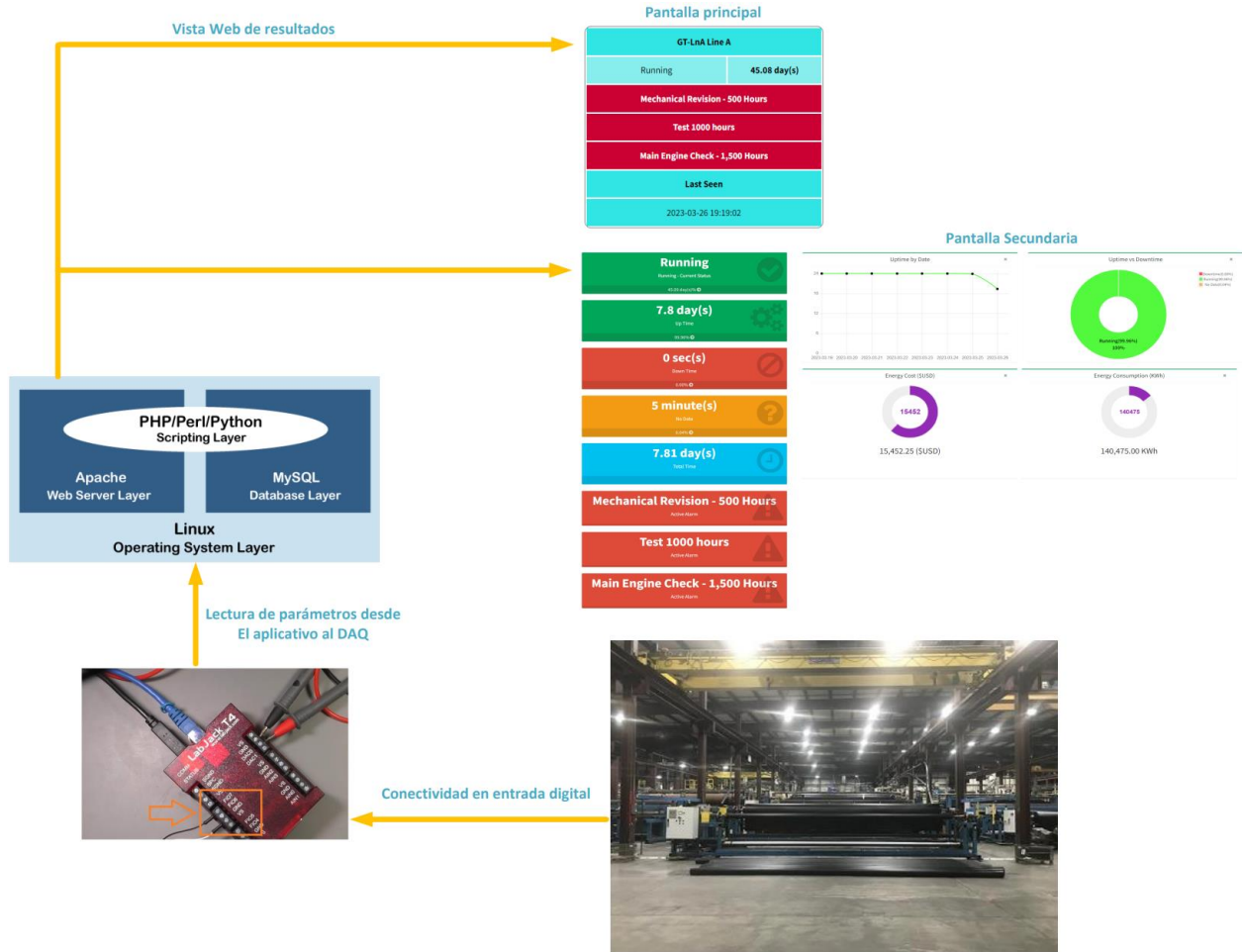
5.15.1-Documentación de resultados

Durante la evolución del desarrollo de los diferentes componentes del sistema de prototipado, se logró documentar y confirmar el funcionamiento de la adquisición de datos verificando los resultados de cada variable y tipos de entradas asociados a las pantalla principal y secundarias. Obteniendo los resultados visuales por tipo de máquina que para nuestro caso las Figuras 36, 37 y 38 muestran:

- 1- **Extrusora**, ilustra la conectividad de la maquina extrusora en Figura 36.
- 2- **Textile**, ilustra la conectividad de la maquina Textile en Figura 37.
- 3- **Fiber**, ilustra la conectividad de la maquina Fiber en Figura 38,

Figura 36

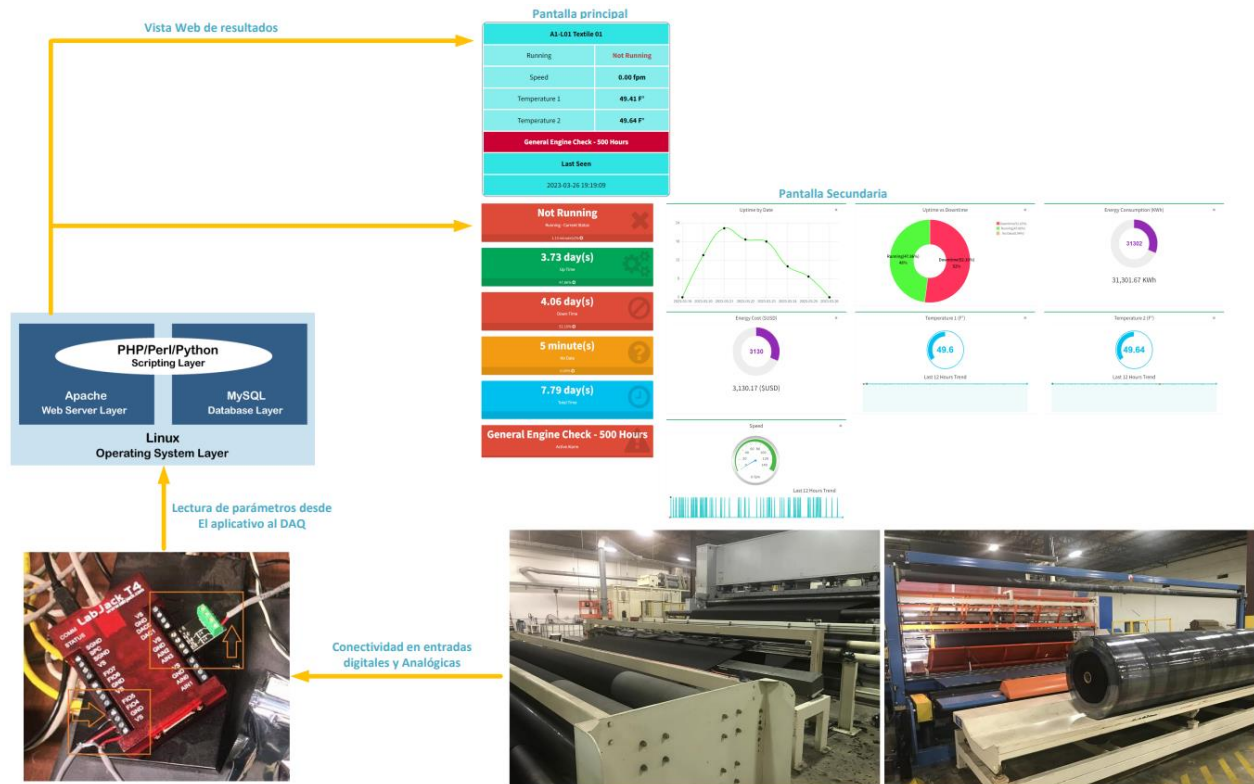
Ilustración de la conectividad de la maquina extrusora.



Nota. Elaboración propia. 2023

Figura 37

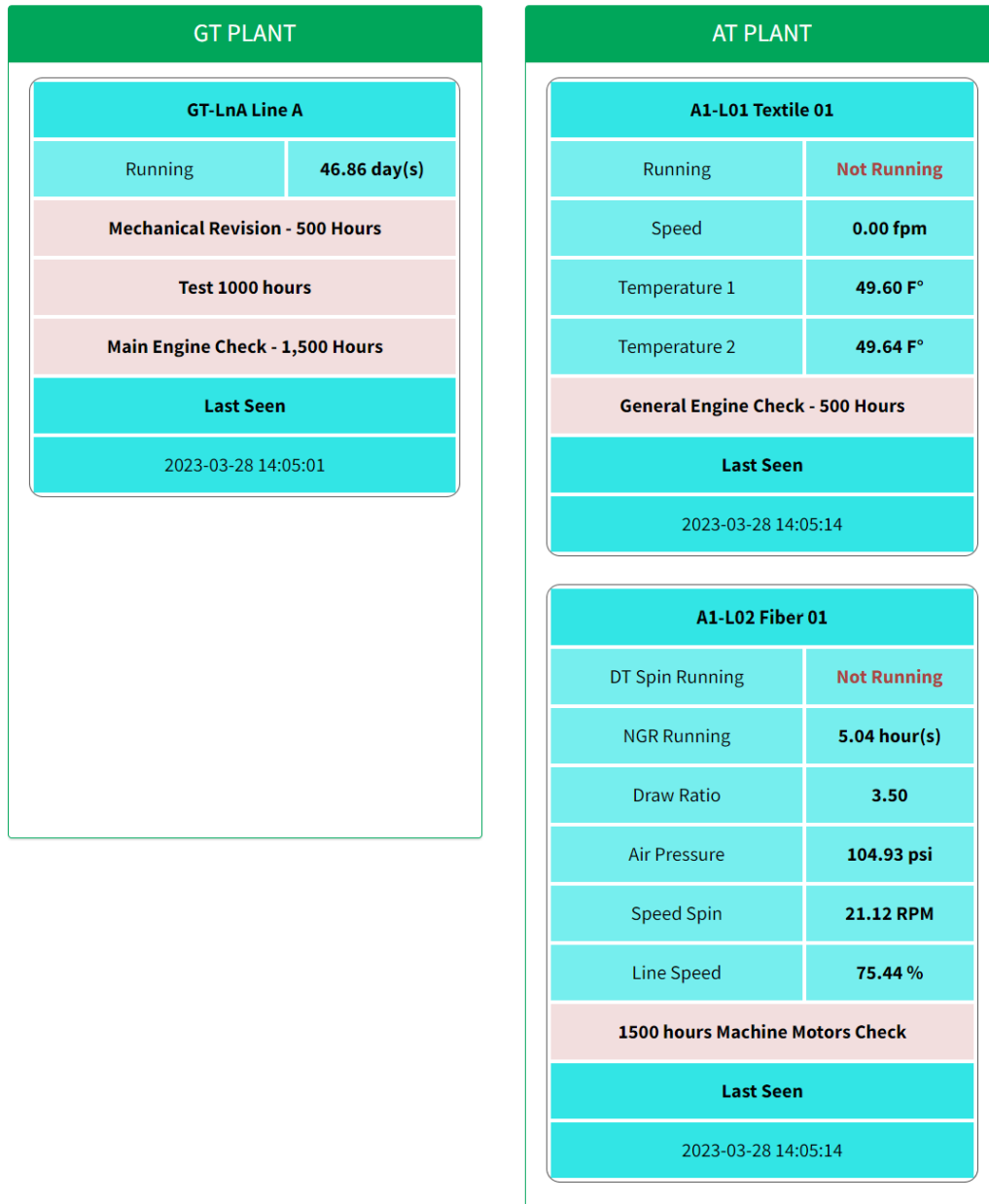
Ilustración de la conectividad de la maquina Textile.



Nota. Elaboración propia. 2023

Figura 39

Ilustración de la pantalla principal de monitoreo.



Nota. Elaboración propia. 2023

Esta pantalla también contiene el estado de la máquina, es decir, si se encuentra operando o está detenida, además de mostrar los últimos valores leídos para cada parámetro definido en la administración de máquinas.

Si existen alarmas definidas y se han activado por haber llegado al umbral de tiempo de operación acumulado, estas se mostrarán con color rojo de fondo y tendrán un efecto de intermitencia en pantalla.

Figura 40

Ilustración de descripción de detalle de máquinas en pantalla de monitoreo.

| | | |
|--|---|--------------------|
| Nombre de Máquina ⇒ | A1-L01 Textile 01 | |
| Estatus de la Máquina ⇒ | Running | Not Running |
| Ultima lectura de parámetros de máquina ⇒ | Speed | 0.00 fpm |
| | Temperature 1 | 49.60 F° |
| | Temperature 2 | 49.64 F° |
| Alarmas ⇒ | General Engine Check - 500 Hours | |
| Ultima conexión ⇒ | Last Seen | |
| | 2023-03-28 14:05:14 | |

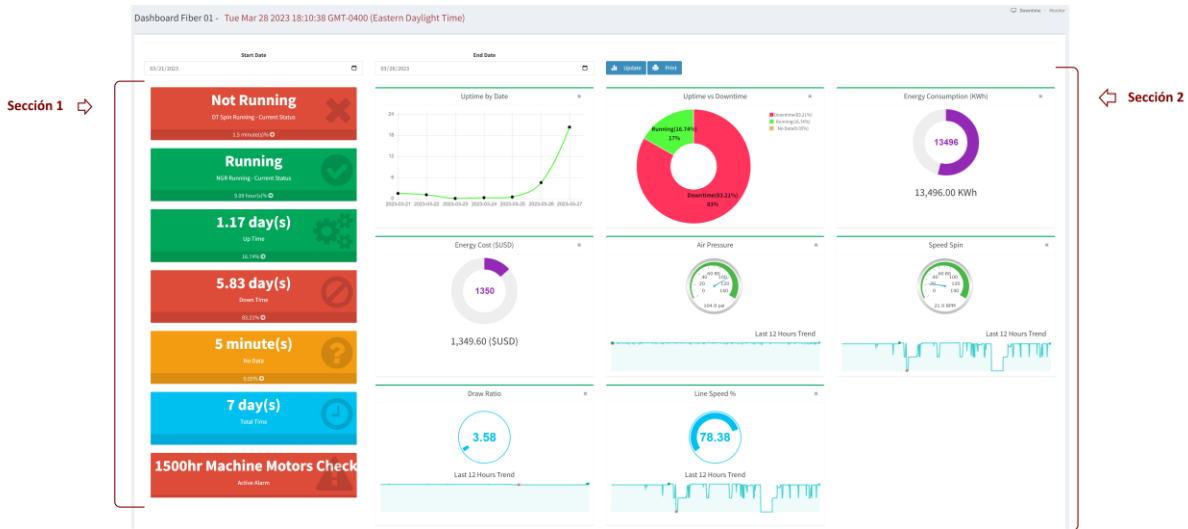
Nota. Elaboración propia. 2023

5.15.1.2-Estadísticas y gráficos

Cada cuadrado/caja de máquina en la pantalla de monitoreo también es un hipervínculo que permite obtener un panorama más detallado de las estadísticas de cada máquina.

Figura 41

Ilustración de Estadísticas y gráficos de tendencias.



Nota. Elaboración propia. 2023

En la **sección 1** (izquierda) encontrará un resumen que consiste en los siguientes elementos comenzando de arriba hacia abajo:

- Estatus actual de la máquina.
- Tiempo Acumulado y porcentaje de operación de la maquina.
- Tiempo Acumulado y porcentaje de tiempo detenido de la maquina (No operando).
- Tiempo Acumulado y porcentaje sin datos la maquina (Estado desconocido).
- Total, de tiempo comprendido en el intervalo seleccionado.

- Alarmas activas para la máquina seleccionada.

En la sección 2 (derecha) se encuentra una variedad de gráficos e indicadores en el siguiente orden de izquierda a derecha:

- **Gráfico 1:** Tendencia de total de horas de operación por día.
- **Gráfico 2:** Comparativo de tiempo de operación vs tiempo de baja.
- **Gráfico 3:** Consumo de energía.
- **Gráfico 4:** Costo acumulado del consumo de energía.
- Los siguientes gráficos se generan en orden dinámico e incluyen parámetros de Temperaturas, Velocidades y Presión.
- El último grupo de gráficos son todos aquellos parámetros diferentes a los definidos previamente (Temperaturas, Velocidades y Presión) que contienen cualquier otra unidad de medida diferente a las descritas y cuya escala se define dinámicamente (automáticamente) con base en los valores obtenidos desde el DAQ.

Los gráficos descritos en los últimos dos puntos incluyen además una tendencia de los valores obtenidos durante las últimas doce horas.

La frecuencia de actualización de esta interfaz es cada 2 minutos.

5.15.2-Preparación y entrega de manuales de instalación y de usuario

Los manuales tanto de instalación y despliegue como de usuario se elaboraron al haber terminado la implementación del prototipo de sistema de captura de datos industriales. Se presentan como documentos independientes, adjuntos a este trabajo y podrán ser encontrados en los anexos.

Estos permitirán a los usuarios entender los componentes del sistema y el uso de sus funcionalidades, así como la forma correcta de operarlo, instalarlo, configurarlo y darle mantenimiento posterior a su implementación.

5.15.3-Preparación de Kit del prototipo de sistema

Componentes del Kit del prototipo de sistema:

- 1) Unidades LabJack T4.
- 2) Software:
 - a) Software LabJack Kipling – Uso en asignación de IP.
 - b) VMware Pro – Hypervisor nivel 2.
 - c) OVA file – Servidor Linux con servicios Web, de aplicación y motor de base de datos.
 - d) Rutinas Python, código fuente de aplicación (PHP, HTML5 y CSS3)

5.15.4-Revisión del "listado de actividades de desarrollo y cierre

Se verifico que todas las actividades desarrolladas en el proyecto se completaron en un 100%. La Tabla 7 lista las actividades y a la vez sirven con un indicador de cumplimiento y verificación de que fueron terminadas y entregadas antes de iniciar la siguiente actividad en la implementación, esto debido a la alta integración de las partes del prototipo.

Tabla 7*Actividades realizadas*

| Acciones para el desarrollo del proyecto | Estatus |
|--|------------|
| Inicio del proyecto | Completado |
| Requerimientos del sistema | Completado |
| Diseño y desarrollo del sistema | Completado |
| Implementación del sistema | Completado |
| Pruebas y ajustes | Completado |
| Cierre | Completado |

Nota. Elaboración propia. 2022

Se verifico que el presupuesto asignado fue utilizado en los rubros aprobados, lo que fue auditado. Y se mostró el sistema a la administración de la empresa donde se desarrolló el prototipo. Se presento la operación y resultados de la aplicación, Esta fue aceptada a satisfacción por lo que el proyecto se da por finalizado.

6.CONCLUSIONES.

La globalización de la manufactura ha transformado la perspectiva y el requisito del crecimiento de la capacidad instalada en la industria, la cual empuja a las empresas a invertir más en el rubro de innovación y obtención de maquinarias más eficientes que permitan sacarles el máximo provecho a las 24 horas del día. Es de general conocimiento que no todas las empresas simplemente pueden decidir invertir en equipamiento más moderno, por lo cual se hace necesario el incorporar nuevas tecnologías de monitoreo de la maquinaria disponible, el cual permita la recolección de datos para un seguimiento de su utilización y carga de trabajo por medio de los indicadores de rendimiento. Basados en el hecho de que el uso de la telemetría en general permite la comunicación a distancia entre dispositivos con el fin de recopilar datos, que luego de ser procesados en algún proceso ETL permiten proporcionar información de importancia a tal grado que, las implicaciones y opciones de los diferentes casos de usos son ilimitadas. Hoy en día el crecimiento exponencial del uso de equipos tipo IoT

industriales y caseros están permitiendo un sin fin de aplicaciones que de alguna forma intentan soportar mejoras en el uso de recursos sean, estos económicos y de inversión de tiempo. Así mismo es de hacer notar que el uso de tecnologías tipo IoT sin un debido análisis de riesgos informáticos y un adecuado plan de mitigación, podrían exponer la operación de los equipos conectados a un nivel de ciber riesgo el cual potencialmente puede llevar a una falla de seguridad la cual puede comprometer todo un sistema de control de producción. Es por lo que los sistemas de monitoreo deben estar separados de los sistemas de control en la medida de lo posible.

El desarrollo del prototipo del sistema de captura de datos industriales demuestra que sí es posible realizar de forma económica un sistema de monitoreo de alta capacidad y estabilidad, cuyo despliegue y uso en operación, apoya a las industrias y organizaciones a obtener datos desde múltiples fuentes, los cuales al ser procesados pueden ser integrados a otros sistemas para que de forma directa o indirecta creen valor por medio del conocimiento de la información y poder así tomar decisiones ya sean a nivel operativo o estratégico según la conveniencia de los interesados. Los resultados obtenidos demuestran claramente que los objetivos previamente definidos, fueron alcanzados de forma contundente, consiguiendo la entrega de un sistema de pantallas de monitoreo de alta calidad, en la cual se muestra la información casi en tiempo real, obtenida y procesada desde los sensores del equipamiento de las máquinas conectadas al sistema, mostrando así, el estatus de las variables medidas en cualquier momento y de forma histórica. Los parámetros monitoreados pueden ser dados de alta y baja según sea la necesidad, apegándose a los requerimientos planteados por los interesados, los cuales pueden agregar y modificar parámetros específicos por máquina o por ubicación.

7. RECOMENDACIONES Y APORTES DEL SISTEMA IMPLEMENTADO.

Están basadas en el conocimiento adquirido en el proceso de implementación del sistema de captura de datos, con un análisis crítico sobre los factores que han afectado el desarrollo exitoso del producto. El siguiente nivel de desarrollo sería el incluir manejo envío de alarmas vía servidor de correo.

7.1-Lecciones aprendidas

- Se debe primero, definir de manera clara que se esperaba del proyecto.
- Fue importante realizar una investigación bibliográfica de los diferentes equipos DAQ de medición portátil o fijos disponibles en el mercado, con el fin de conocer el funcionamiento de cada uno y de esa manera determinar el mejor equipo a utilizar.
- Se realizaron mediciones con el equipo que se escogió, utilizando sensores y accionadores de control a través de entradas y salidas analógicas y digitales. Con el objetivo de confirmar el tipo de calidad de aislamiento de la fuente de datos a ser registrada.
- Para la implementación de las interfaces de acondicionamiento de las señales es muy importante tener en cuenta el sistema de tierra y de referencia de las señales correcto, con el objetivo de no tener señales con demasiado ruido eléctrico.
- Los equipos DAQ para la medición y generación de señales deberán medir o generar según sea el caso, un margen de error muy pequeño. Para esto es necesario contar con fuentes de alimentación del sistema con bajo ruido y contar un sistema de acoplamiento entre los sistemas e identificando los circuitos de acondicionamiento de tal manera que puedan reducir el ruido por medio de compensaciones locales.
- Para asegurar que el sistema está funcionando como se espera, realizar una batería pruebas, realizar correcciones y realizar después pruebas de comprobación es indispensable.

7.2-Continuidad al proyecto realizado

- Como un paso siguiente a la implementación, se puede trabajar en aumentar la integración de datos y la interrelación con otros programas, integrando los datos provenientes de las mediciones con información financiera y operativa del ERP de la compañía.
- La implementación de un sistema de “Machine Learning” para lograr una supervisión de los procesos sin interacción humana, automatizaría las acciones relacionadas a la eficiencia de recursos, con el objetivo de lograr un seguimiento y un monitoreo óptimo de los distintos procedimientos de la empresa para identificar y resolver fallos más rápido.
- Mejorar el acceso a los datos para los usuarios mediante el uso de lenguajes de “Host & Query”. Con el objetivo de hacer aún más fácil acceder a la base de datos y recuperar la información para su tratamiento y análisis.

7.3-Aportes del sistema implementado a la organización

- Se ha mejorado la eficiencia y la fiabilidad de los procesos en las maquinas donde esta implementado el prototipo, esto debido al monitoreo en línea que permite conocer de manera rápida y de forma sencilla el funcionamiento de la maquina y sus tiempos de operación, además se puede de manera certera conocer cuando se necesita su manteniendo preventivo y en qué momento es necesario alimentarla con materia prima.
- El sistema implementado permite analizar y resolver los problemas en las maquinas más rápidamente. Con el uso de la solución, que funciona en tiempo real, es posible tomar mediciones en el momento. Gracias a este sistema, los técnicos pueden intervenir más rápido

ante cualquier problema y hacer que la máquina alcance el rendimiento de manera rápida y oportuna.

- Mejoras en el control de la calidad. El sistema permite confirmar que las máquinas y el proceso de fabricación está cumpliendo con lo especificado en el diseño y que el producto responde a las especificaciones. Además, puede probar si un producto tiene la calidad requerida para salir de fábrica y detectar más fácilmente defectos en el proceso.
- Adicionalmente se ha logrado una mejora en la seguridad de los datos. Al automatizar el proceso de captación de datos ya no interviene el factor humano ni ninguna interface de cómputo intermedia, por los que se reducen los riesgos de seguridad asociados.

8. REFERENCIAS

Virgilio Gilart Iglesias. (2020). *Maquinaria Industrial Orientando los Procesos de Fabricación*,

Departamento de Tecnología Informática y Computación Universidad de Alicante.

<http://www.dtic.ua.es>

SICMA21. (2021). *Soluciones Integrales para la Industria* [Blog], Montcada Reixac.

<https://www.sicma21.com/>

Ilkka Tengvall. (2021). *Deliver your applications to edge and IoT devices in rootless containers*,

[Blog], Red Hat Developer. <https://developers.redhat.com/blog>

Mohan Rajagopalan. (2022). *Hands-on experience with new products & features*. Hewlett

Packard Enterprise, Data Center Facilities.

Grant M Smith. (2020). *Adquisición de Datos - DAQ – DAS*. Dewesoft, ESLOVENIA.

Olarte C. (2010). *Una Herramienta Clave En El Mantenimiento Predictivo*. Scientia Et Technica.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917249040>

Ramírez Betancourt. (2018). *Control de Velocidad de Un Motor de CD Basado En Mediciones de la Corriente de Armadura*. Ingeniería Investigación y Tecnología, México.

<http://dx.doi.org/10.22201/ifi.25940732e.2018.19n4.040>

Raúl Salcedo Martínez. (2018). *Tendencias en eficiencia energética. La eficiencia energética y el ahorro de energía como una necesidad estratégica*, Granada-España.

https://www.lareferencia.info/vufind/Record/ES_bef6ed2669e2f65d2f9449687bfb5ef4

David Uribe. (2021). Sistemas de Manufactura Inteligente. [Blog].

<https://vsip.info/sistemas-de-manufactura-inteligentedocx-pdf-free.html>

Fernando Ramirez Neyra. (2009). *Sistema de adquisición de datos de sensores analógicos y digitales*. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y eléctrica, México D.F.

VMware. (2022). *Introducción a la virtualización*. VMware, Cuauhtémoc CDMX.

LabJack Corporation. (2022). *DAQ knowledge*. LabJack Corporation. Lakewood, CO 80235 USA.

Jeison Araya. (2016). *Sistema de adquisición remota y almacenamiento de datos de equipos de medición en el proceso de control de calidad de la empresa Trimpot Electrónicas Ltda.*

Instituto Tecnológico de Costa Rica.

9. ANEXOS

9.1-Manual de operación del usuario

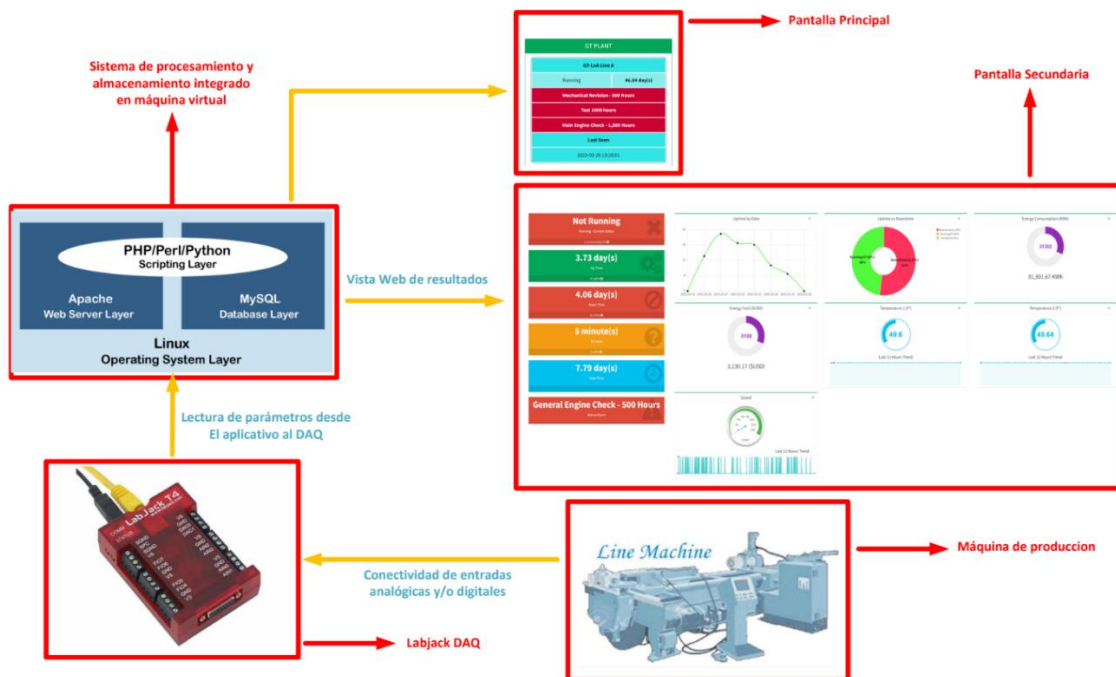
Resumen

En este documento se expone la forma de configurar el sistema de captura de datos industriales para su operación y uso, cubriendo la creación de los elementos básicos tales como: Plantas, maquinas, dispositivos de lectura, parámetros de lectura, alarmas entre otros.

Los procedimientos requeridos son presentados en forma de Manual de usuario, en el orden óptimo para ser realizados con imágenes de referencia para una mejor comprensión.

Por último, también se incluye una demostración de cómo usar los tableros de monitoreo y estadísticas que el sistema proporciona.

Diagrama de componentes del sistema



DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCEDIMIENTOS

Desde un punto de vista general los pasos a seguir para la configuración del Sistema de captura de datos industriales son los siguientes.

1. Inicio de Sesión.
2. Creación de Plantas (Locaciones): Se refiere a ubicaciones físicas mediante las cual se desea agrupar las diferentes máquinas y/o dispositivos de lectura. Estas pueden estar en ubicaciones geográficas distintas o pueden ser edificios en una misma ubicación geográfica.
3. Alta de Dispositivos de Lectura: Son los dispositivos conectados a las maquinas o líneas de producción y que leen valores y/o estados de estas. Los cuales pueden ser accedidos mediante la red.
4. Creación de Tipos de Maquina.
5. Alta de Maquinas
 - a. Alta de Parámetros de lectura: Procedimiento para asociar dispositivo y dirección de lectura, formula de procesamiento, unidad de medida.
 - b. Creación de Alarmas.
6. Consulta de Estadísticas.

1. Inicio de Sesión

Después de haber ejecutado el procedimiento expuesto en el Manual de despliegue, el sistema debería ser accesible desde cualquier navegador digitan la dirección IP o nombre de dominio que se haya asignado. En este manual se usará la dirección: <http://192.168.1.100>

Las credenciales por defecto son:

Usuario: **admin**

Contraseña: **admin**

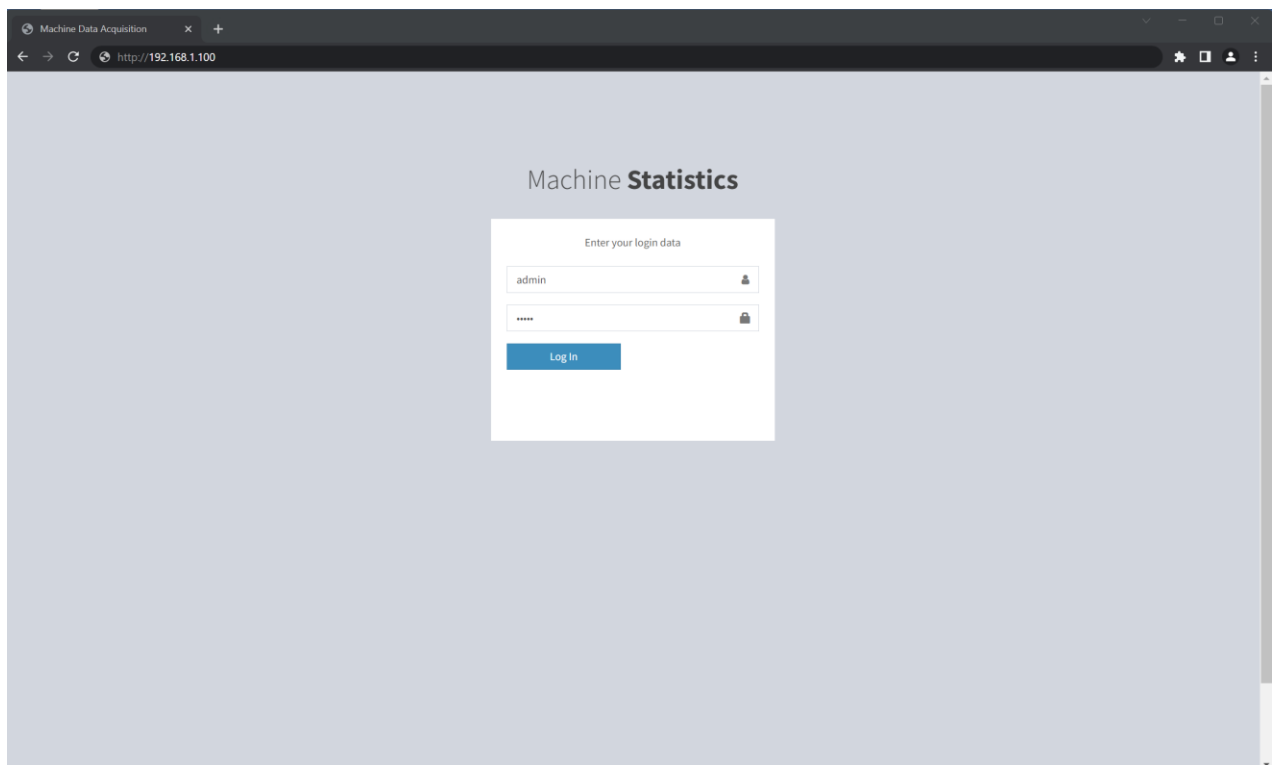


Figura 1 - Formulario de Inicio de Sesión

Después del primer inicio de sesión se recomienda cambiar la contraseña proporcionado por defecto, para hacerlo haga clic en el botón con su nombre en la barra superior derecha, a continuación, haga clic en el botón "Change Password".

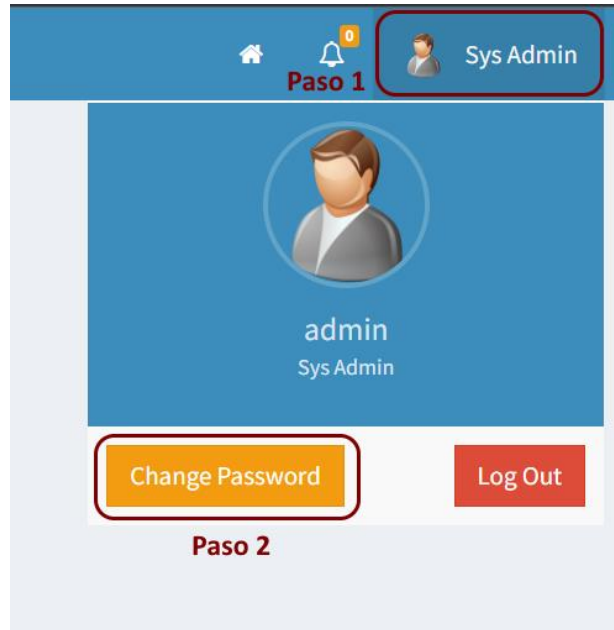


Figura 2 - Cambio de Contraseña.

En la ventana resultante deberá ingresar la contraseña actual, así como la nueva contraseña y su confirmación. Para aplicar el cambio haga clic en el botón “Save”.

The image shows a 'Change Password' form. It has a title 'Change Password' and a breadcrumb 'Personal > Password'. The form contains three input fields: 'Current Password', 'New Password', and 'Confirm Password'. Each field has a red arrow pointing to its label. Below the fields are 'Save' and 'Cancel' buttons.

Figura 3 - Confirmación de cambio de contraseña

2. Creación de Plantas

Diríjase al menú desplegable “*Downtime > Plants*” para encontrar una lista de las plantas existentes en el sistema.

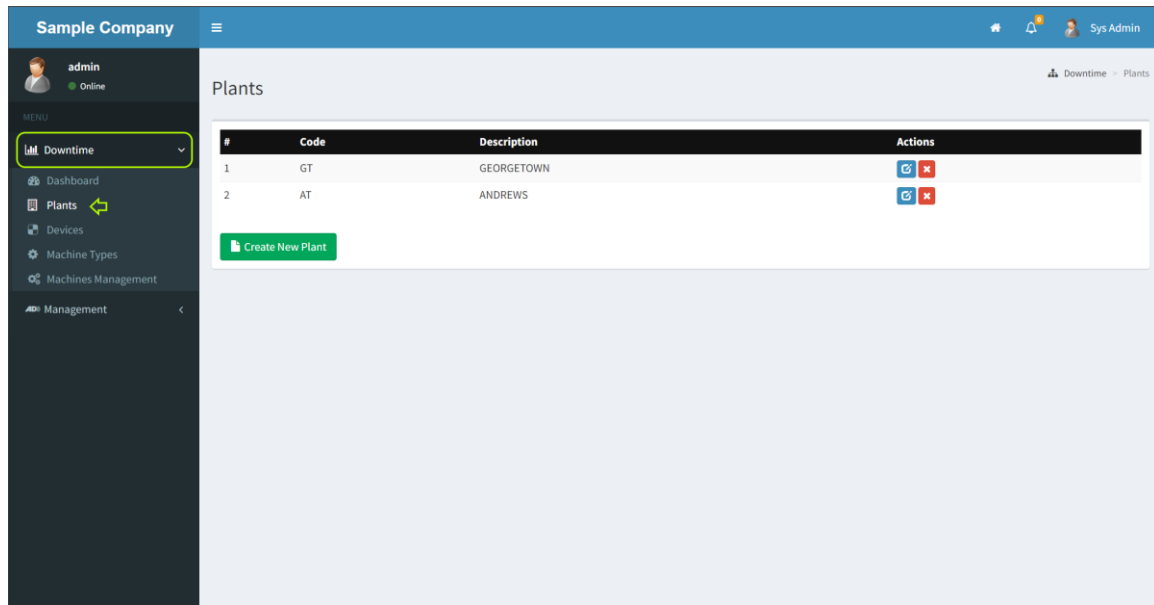


Figura 4 - Listado de Plantas

Cada registro de la lista incluye un código corto y la descripción o nombre de la planta. Además, se incluye un botón para editar los atributos de la planta o eliminarla.

El botón “*Create New Plant*” lo llevara al formulario de creación de una nueva planta, que se detalla en la figura 5.

Plant Edition

ID: NV

Description: LAS VEGAS, NEVADA

Thumbnail: Choose File No file chosen

Current Image:

Save Cancelar

Figura 5 - Formulario de Creación / Edición de planta.

3. Alta de Dispositivos de Lectura

Diríjase al menú desplegable “Downtime > Devices” para encontrar una lista de los dispositivos de lectura existentes en el sistema.

Sample Company

admin Online

Menu: Downtime, Dashboard, Plants, Devices, Machine Types, Machines Management, Management

Devices

| # | Code | Description | IP Address | Serial Number | Plant | Actions |
|---|--------|---------------------------------------|---------------|---------------|------------|----------------|
| 1 | GT-LnA | LabJack Device for Tests at GT Office | 172.16.25.200 | 440013803 | GEORGETOWN | [Action icons] |
| 2 | A1-L01 | LabJack Device at A1 Plant - Line 01 | 10.1.2.200 | 440017673 | ANDREWS | [Action icons] |
| 3 | A1-L02 | LabJack Device at A1 Plant - Line 02 | 10.1.2.201 | 440014993 | ANDREWS | [Action icons] |

Create New Device

Botones de Accion

Figura 6 - Dispositivos de Lectura

En cada fila encontrará los botones de acción para Editar, Duplicar o Eliminar un dispositivo de lectura. El botón "Create New Device" lo llevará al formulario de creación de un nuevo dispositivo de lectura, el cual se aprecia en la siguiente figura 7.

La sección *Device's Input* corresponde a las entradas del dispositivo. Para agregar las entradas del dispositivo, vaya a la primera fila de la sección y complete los siguientes campos:

- **Code:** Debe ingresar el código de la entrada del dispositivo. Usualmente encontrará dicho código físicamente en el dispositivo o en la documentación de este. Tome como referencia la figura 8
- **Description:** Una descripción libre de la entrada, donde puede indicar si es una entrada digital, análoga, o puede escribir una referencia sobre el valor que espera obtener de la entrada.
- **Data Type:** Seleccione entre NUMERIC para datos numéricos y BOOLEAN para datos de tipo lógico (Verdadero/Falso).
- **Frequency:** Elija entre 1min, 5min, 15min, 30min o 1 hora. Este valor determina la frecuencia con la que se obtendrá el valor desde la entrada especificada.

The screenshot shows a web interface for adding or editing a device. The form includes fields for Code (A1-L02(2)), Description (LabJack Device at A1 Plant - Line 02), IP Address (192.168.1.110), and Plant (AT - ANDREWS). Below the form is a table titled 'Device's Inputs' with columns for Code, Description, Data Type, and Action. A red box highlights the table content, and a blue box highlights the 'Agregar Nueva Entrada' button. At the bottom are 'Guardar' and 'Cancelar' buttons.

| Code | Description | Data Type | Description | Action |
|------------|--------------------|-----------|-------------|--------|
| Input Code | Description | NUMERIC | 1 Minute | ✓ Add |
| AIN0 | AIN0 Analog Input | NUMERIC | 1MIN | ✗ |
| AIN1 | AIN1 Analog Input | NUMERIC | 1MIN | ✗ |
| AIN2 | AIN2 Analog Input | NUMERIC | 1MIN | ✗ |
| AIN3 | AIN3 Analog Input | NUMERIC | 1MIN | ✗ |
| FIO4 | FIO4 Digital Input | BOOLEAN | 1MIN | ✗ |
| FIO5 | FIO5 Digital Input | BOOLEAN | 1MIN | ✗ |
| FIO6 | FIO6 Digital Input | BOOLEAN | 1MIN | ✗ |
| FIO7 | FIO7 Digital Input | BOOLEAN | 1MIN | ✗ |

Figura 7 - Formulario de creación de Dispositivos de Lectura y sus Entradas

Para este documento se ha utilizado dispositivos marca LabJack modelo T4. Como puede observarse entradas tales como AIN0, AIN1, FIO4, FIO5 corresponden también con entradas ingresadas en el formulario del dispositivo en el sistema.

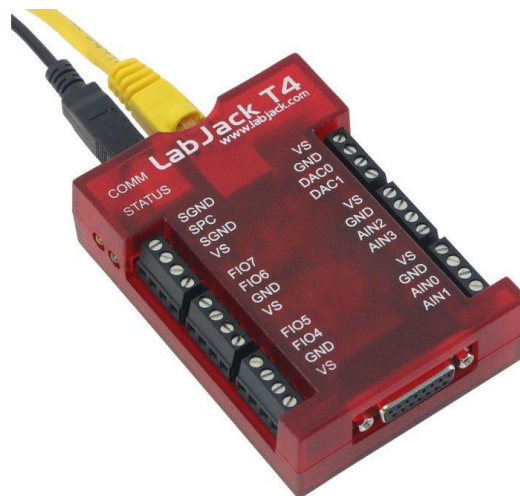


Figura 8 - Dispositivo Lab Jack Modelo T4 y sus entradas.

4. Creación de Tipos de Maquina

En el Menú “*Downtime > Machine Types*” encontrará una lista de los tipos de máquina. Puede usar el botón “Create New Machine Type” para crear un nuevo tipo de máquina.

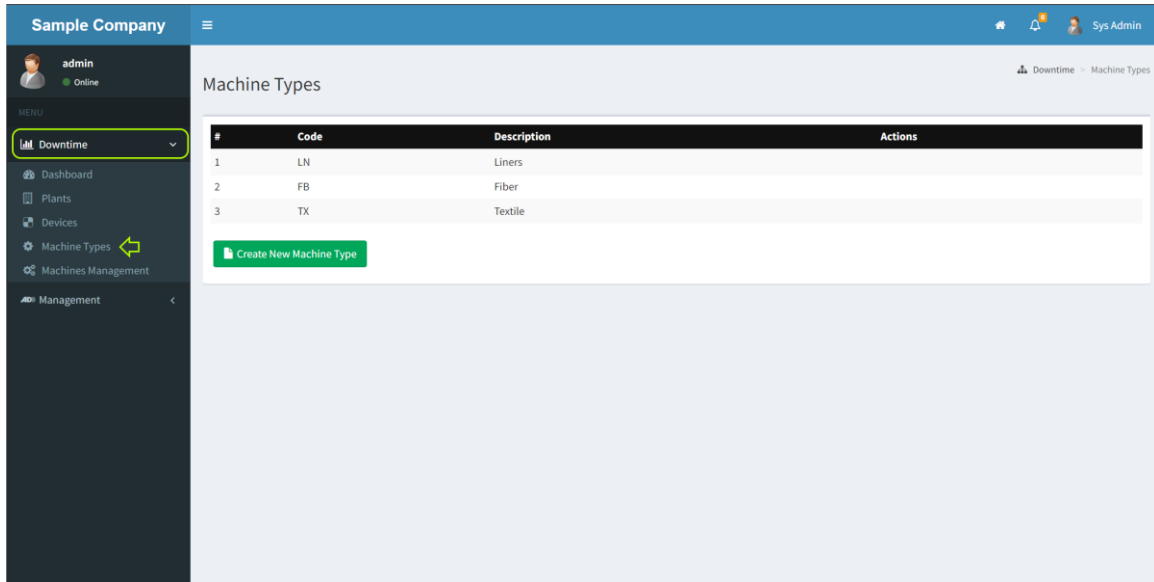


Figura 9 - Tipos de Maquina

5. Alta de Máquinas

En la sección “*Downtime > Machine Management*” encontrará una lista de todas las máquinas registradas en el sistema.

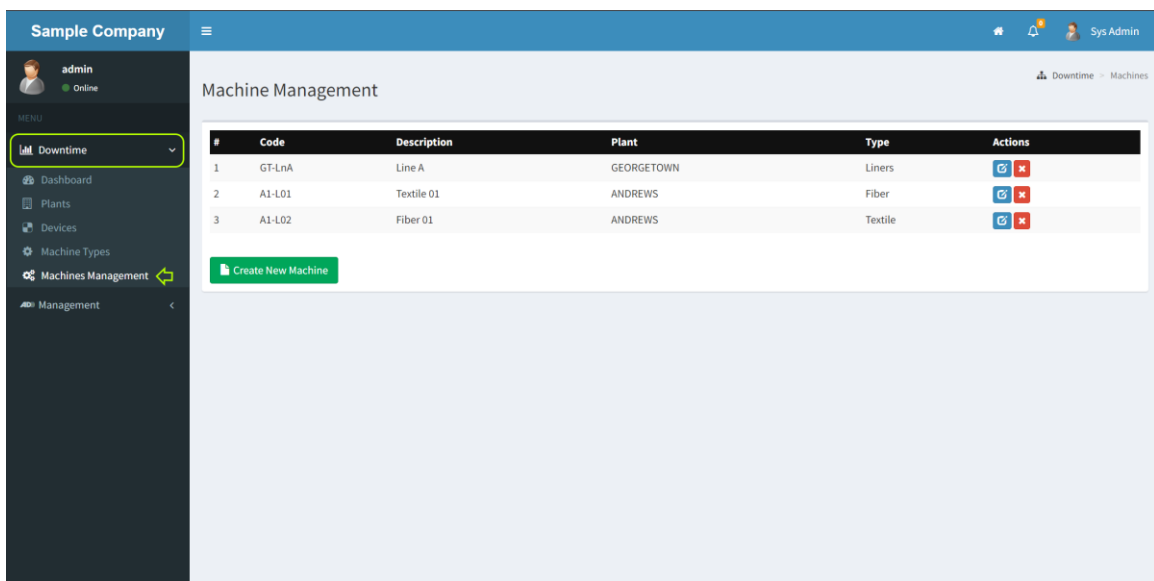
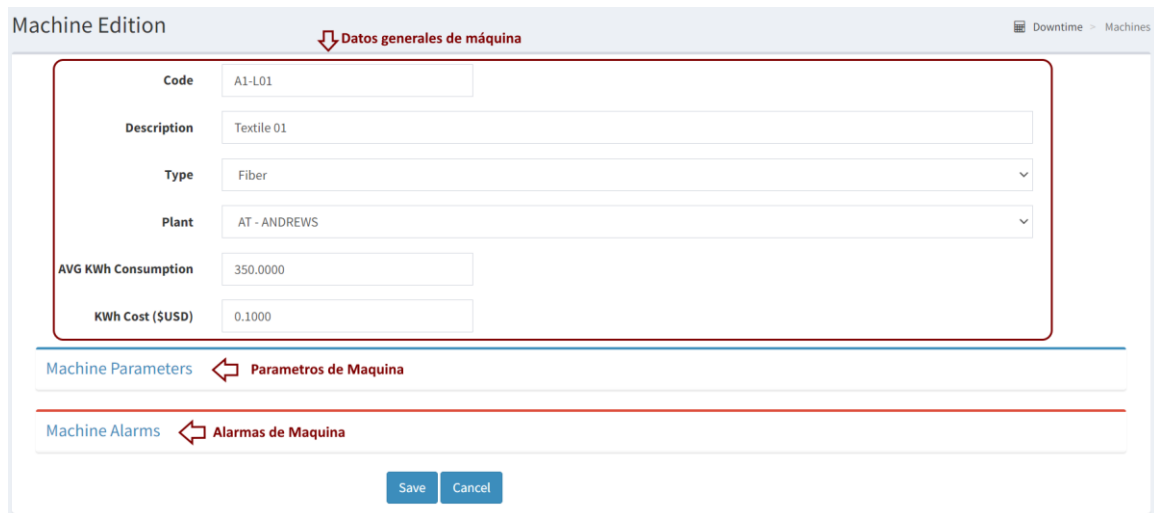


Figura 10 - Administración de máquinas

La primera sección se debe completar los datos generales de la máquina o línea de producción. Los campos “*AVG KWh Consumption*” y “*KWh Cost(\$USD)*” (Consumo promedio KWh y Costo KWh en dólares americanos respectivamente) son usados para el cálculo de consumo y costo de energía basado en el historial de tiempo de operación.



The screenshot shows a web interface titled "Machine Edition" with a sub-header "Datos generales de máquina". The form contains the following fields:

| | |
|---------------------|--------------|
| Code | A1-L01 |
| Description | Textile 01 |
| Type | Fiber |
| Plant | AT - ANDREWS |
| AVG KWh Consumption | 350.0000 |
| KWh Cost (\$USD) | 0.1000 |

Below the form, there are two sections: "Machine Parameters" (with a left arrow) and "Machine Alarms" (with a left arrow). At the bottom, there are "Save" and "Cancel" buttons.

Figura 11 - Formulario de Adición / Edición de Máquinas

a. Alta de Parámetros de lectura

Para consultar o agregar parámetros de lectura expanda la sección “*Machine Parameters*” en el formulario de máquina.

La primera fila corresponde al formulario para agregar un nuevo parámetro de lectura.

- I) Seleccione el dispositivo y la entrada desde las listas correspondientes a los Dispositivos definidos en los pasos anteriores
- II) En el campo “*Label / Description*” ingrese la etiqueta con la que desea identificar los valores en los tableros de estadísticas.

a. Creación de Alarmas

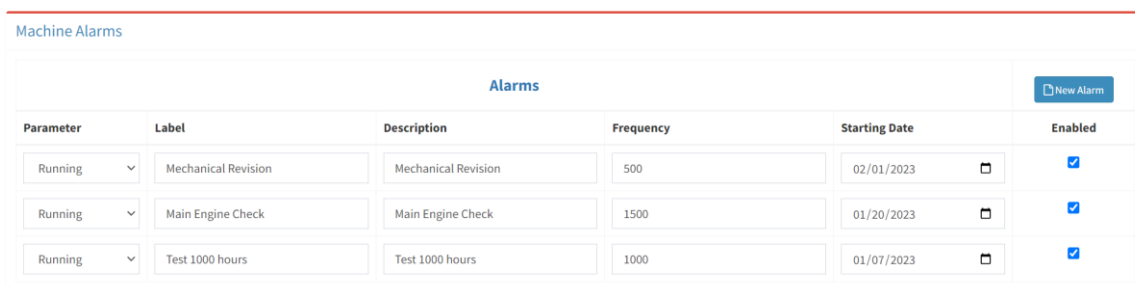
Para la creación de alarmas, extienda la sección “*Machine Alarms*”.

Para agregar una nueva alarma haga clic en el botón “*New Alarm*”, esto agregara una nueva fila al final de esta sección donde debe completar los campos correspondientes.

Seleccione el parámetro de control de la lista desplegable. Solo se mostrarán aquellos parámetros que contengan la palabra “*Running*”.

El campo “*Frequency*” debe ser definido como un valor numérico de horas. El sistema contabilizará la suma de horas activas de la máquina y cuando el umbral definido en este campo se alcance, la alarma se activará en el table de monitoreo que se abordará en la siguiente sección.

El campo “*Starting Date*” determina la fecha de inicio de contabilización de tiempo activo de la máquina para el monitoreo del umbral.



| Machine Alarms | | | | | |
|----------------|---------------------|---------------------|-----------|---------------|-------------------------------------|
| Alarms | | | | | |
| Parameter | Label | Description | Frequency | Starting Date | Enabled |
| Running | Mechanical Revision | Mechanical Revision | 500 | 02/01/2023 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Running | Main Engine Check | Main Engine Check | 1500 | 01/20/2023 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Running | Test 1000 hours | Test 1000 hours | 1000 | 01/07/2023 | <input checked="" type="checkbox"/> |

Figura 13 - Administración de Alarmas.

6. Consulta de Estadísticas

a. Pantalla de Monitoreo

Para ingresar a la pantalla principal de monitoreo vaya al menú desplegable “*Downtime >> Dashboard*”.

En esta pantalla se muestra una columna por cada planta definida en los pasos anteriores en la sección “*Locations*”, y a su vez cada columna contiene un recuadro por cada máquina asignada a esa planta.

Esta pantalla también contiene el estado de la máquina, es decir, si se encuentra operando o está detenida, además de mostrar los últimos valores leídos para cada parámetro definido en la administración de máquinas.

Si existen alarmas definidas y se han activado por haber llegado al umbral de tiempo de operación acumulado, estas se mostrarán con color rojo de fondo y tendrán un efecto de intermitencia en pantalla, como puede apreciarse en la figura 14 (abajo).

Esta pantalla se actualiza con una frecuencia de 2 minutos, y cada recuadro de máquina es a su vez un vínculo que puede abrir para ver más detalles sobre estadísticas y tendencias.

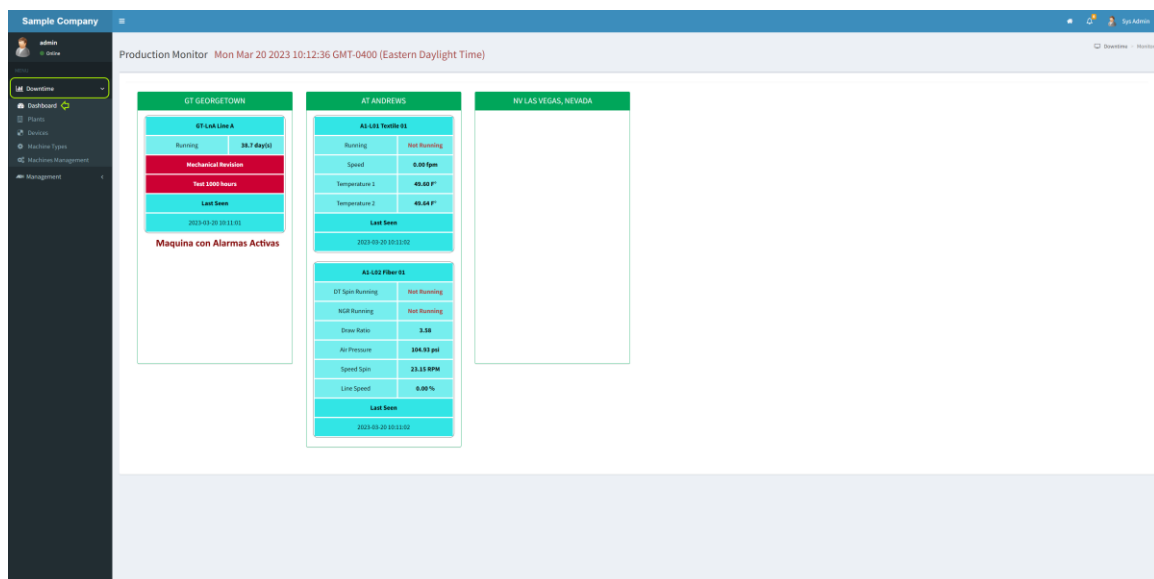


Figura 14 - Pantalla de Monitoreo

b. Estadísticas y gráficos

Para obtener un panorama más detallado de las estadísticas de cada máquina puede hacer clic en cada recuadro de máquina en la pantalla de monitoreo. Se mostrará en una nueva ventana la pantalla expuesta en la figura 15.

En la sección izquierda encontrara un resumen de los tiempos acumulados de operación y no operación comprendidos en el intervalo definido por la fecha de inicio y final. Dicho intervalo puede ser cambiado utilizando los campos de fecha provistos en el encabezado de la pantalla.

En la sección izquierda encontrará una variedad de gráficos e indicadores tales como:

- Tendencia por día de tiempo de operación
- Comparativo de tiempo de operación vs tiempo de baja.
- Consumo de energía
- Costo acumulado del consumo de energía
- Temperaturas, Velocidades, Presión de Aire, etc.

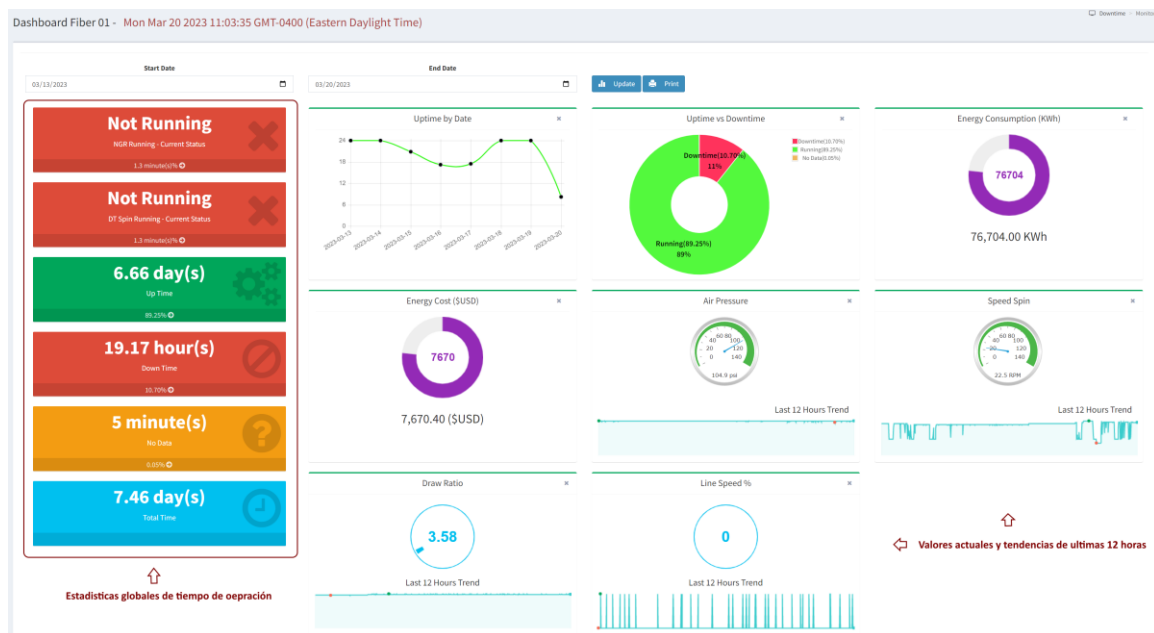


Figura - 15 Estadísticas y gráficos de tendencias.

9.2-Manual de técnico de despliegue

RESUMEN

En este documento trata sobre el cómo poner en marcha el “Sistema de captura de datos industriales”. Para realizar el despliegue del sistema se debe utilizar la imagen de máquina virtual en formato OVF (provista) que deberá ser importada en el Hipervisor VMware. Al seguir el paso a paso de las instrucciones se concluye que los procedimientos expuestos en este manual permitirán que el sistema sea accesible por los usuarios desde la red a la que sea conectada.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCEDIMIENTOS

El Sistema de captura de datos industriales se provee como un contenedor en formato de máquina virtual, dentro de la cual están preinstalados todos los servicios requeridos para el funcionamiento del sistema, tales como servidor web Apache 2.4, servidor de base datos MySQL 8, PHP 7.1. El sistema operativo invitado que se ejecutará es Open SUSE Leap 15.4

Desde un punto de vista general los pasos a seguir para el despliegue del Sistema de captura de datos industriales son los siguientes:

1. Obtención de los archivos de Máquina virtual
2. Importación de Máquina virtual
3. Configuración de Red del sistema operativo invitado

1. Archivos de Máquina virtual

La máquina virtual es provista en un DVD adjunto. Se recomienda copiar el contenido del DVD hacia una ubicación del disco duro local, lo que acelerará el proceso.

2. Importar la máquina virtual

Abra su navegador e inicie sesión en el servidor VMware ESXi donde ejecutara la máquina virtual.

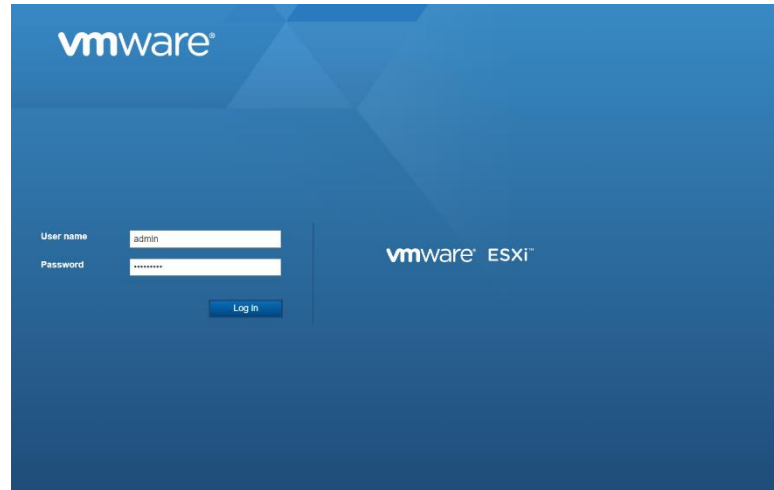


Figura 1 - Inicio de Sesión de VMware ESXi

- En la barra superior haga clic en el botón “Create/Register VM”

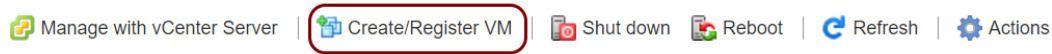


Figura 2 - Barra superior de menú del servidor ESXi

- Seleccione “Deploy a virtual machine from an OVF or OVA File”

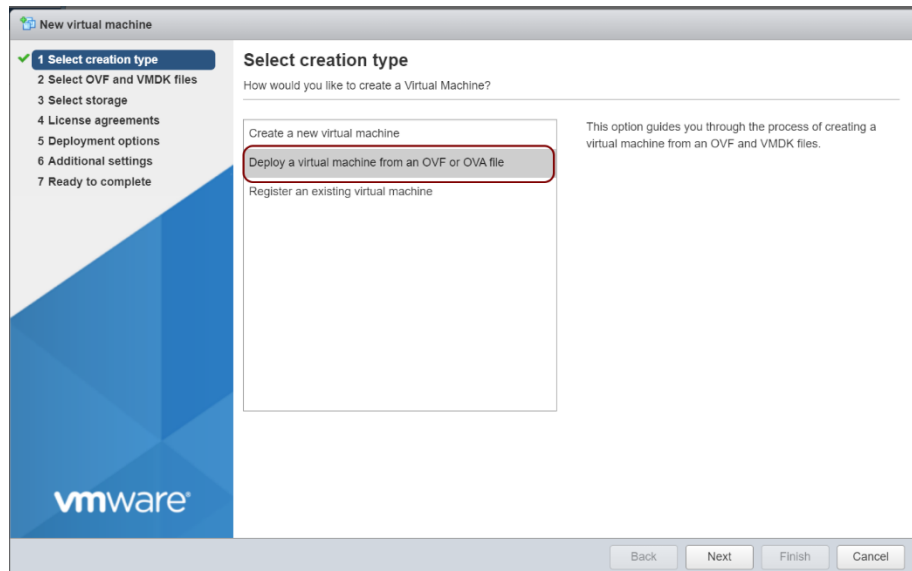


Figura 3 - Tipo de creación: Desde OVF u OVA

- Ingrese un nombre para la máquina virtual y elija el archivo OVA desde la ubicación en que se guardó anteriormente.

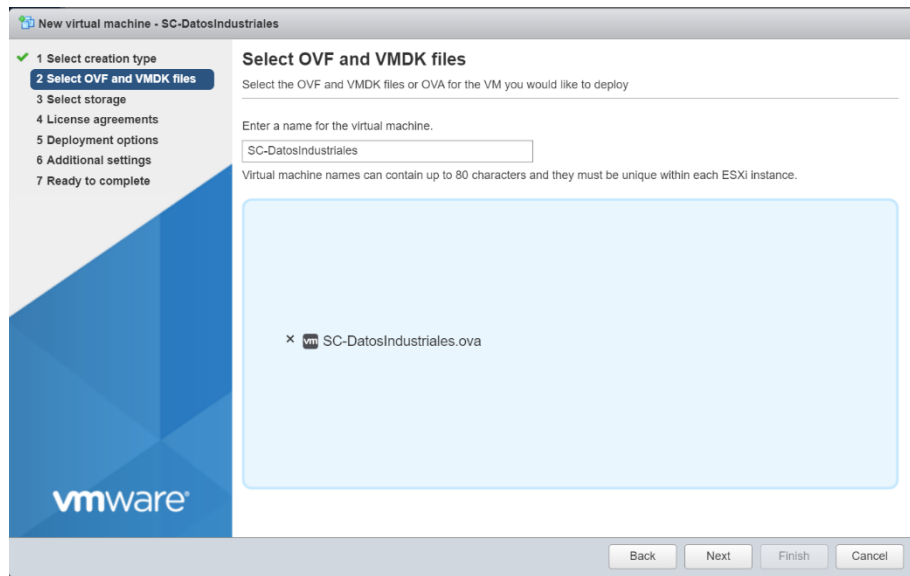


Figura 4 - Nombre de Máquina virtual y selección de archivo de origen

- Seleccione el almacén de datos de destino para la máquina virtual

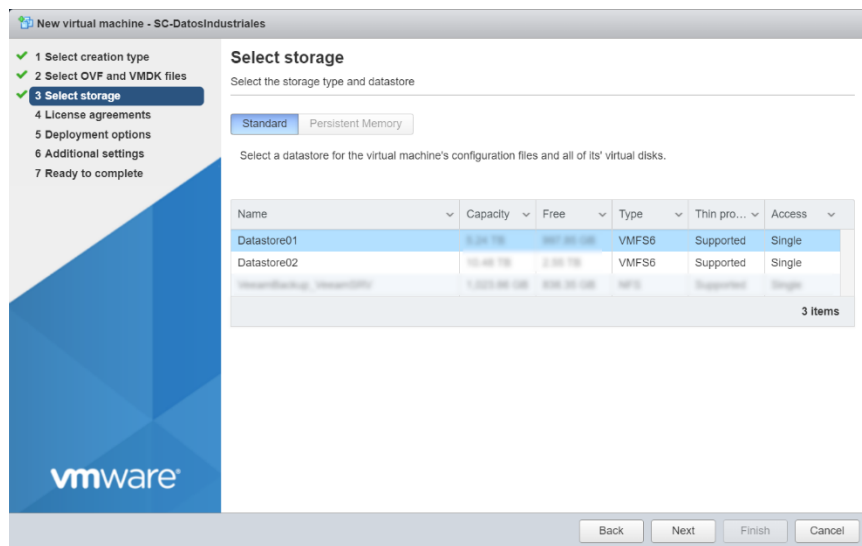


Figura 5 - Almacén de datos destino

- Acepte los términos de licencia.

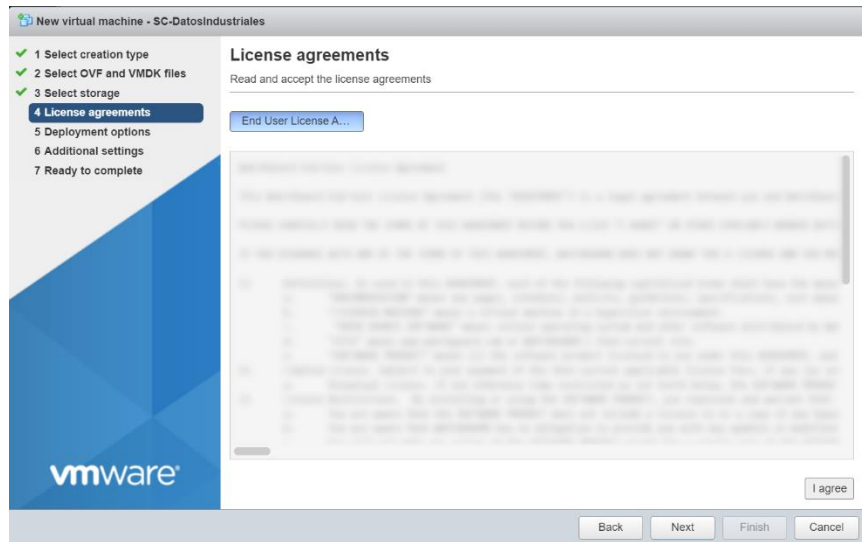


Figura 6 - Acuerdos de licencia

- Seleccione la red y el modo de provisionamiento del disco.

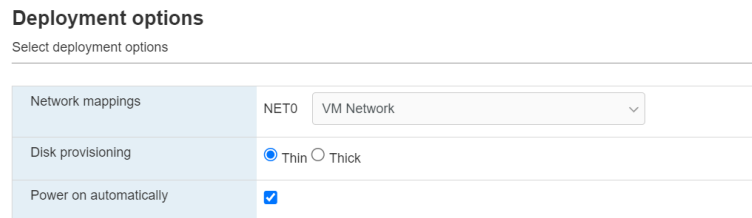


Figura 7 - Opciones de despliegue

- Finalizar Importación

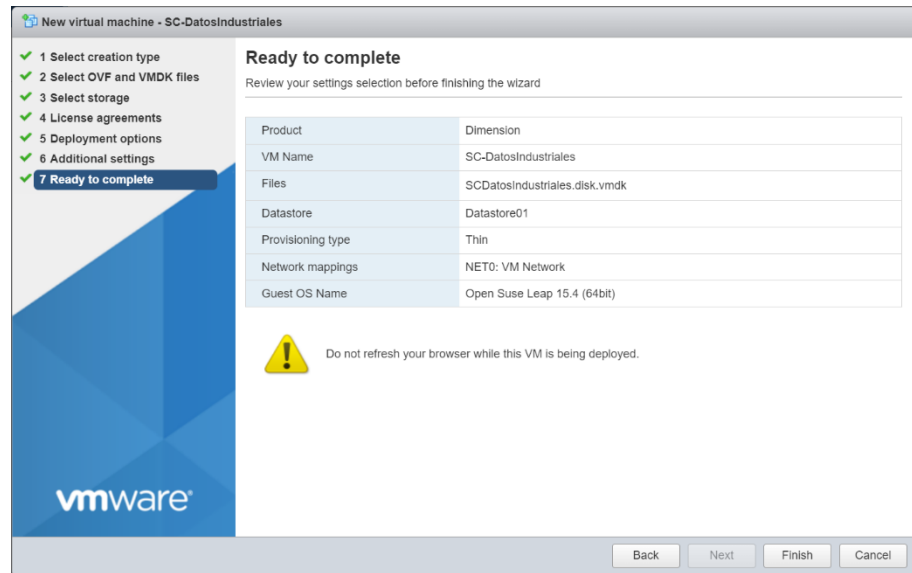


Figura 8 - Finalizar Importación

3. Configuración de Red del sistema operativo invitado

Por defecto la máquina virtual obtendrá una dirección IP vía DHCP. Para conocer dicha dirección IP diríjase a la máquina virtual en el explorador de objetos bajo la sección General Information.

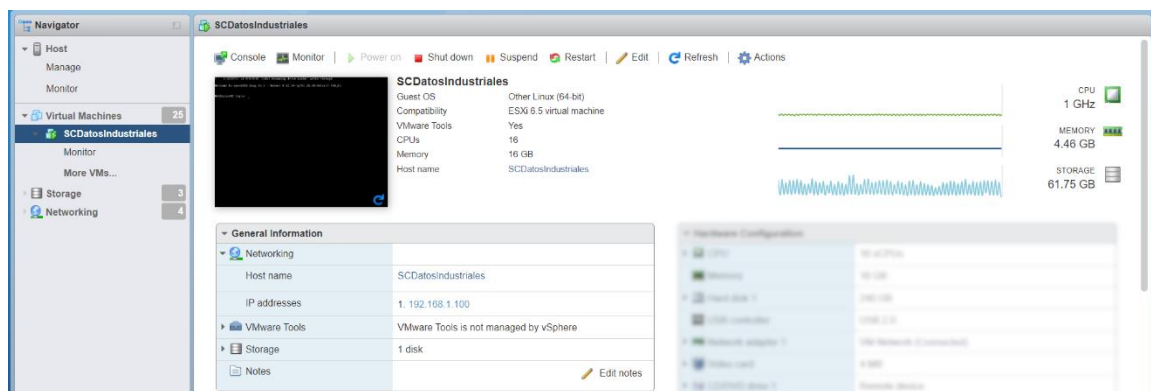


Figura 9 - Información General de la máquina virtual

También puede utilizar una herramienta de escaneo de Red, para averiguar los hosts con direcciones IP activas en su red y verificar aquellos servicios web disponibles.

Una posible herramienta es Advanced IP Scanner, que puede ser descargada desde su sitio web oficial:

<https://www.advanced-ip-scanner.com/>

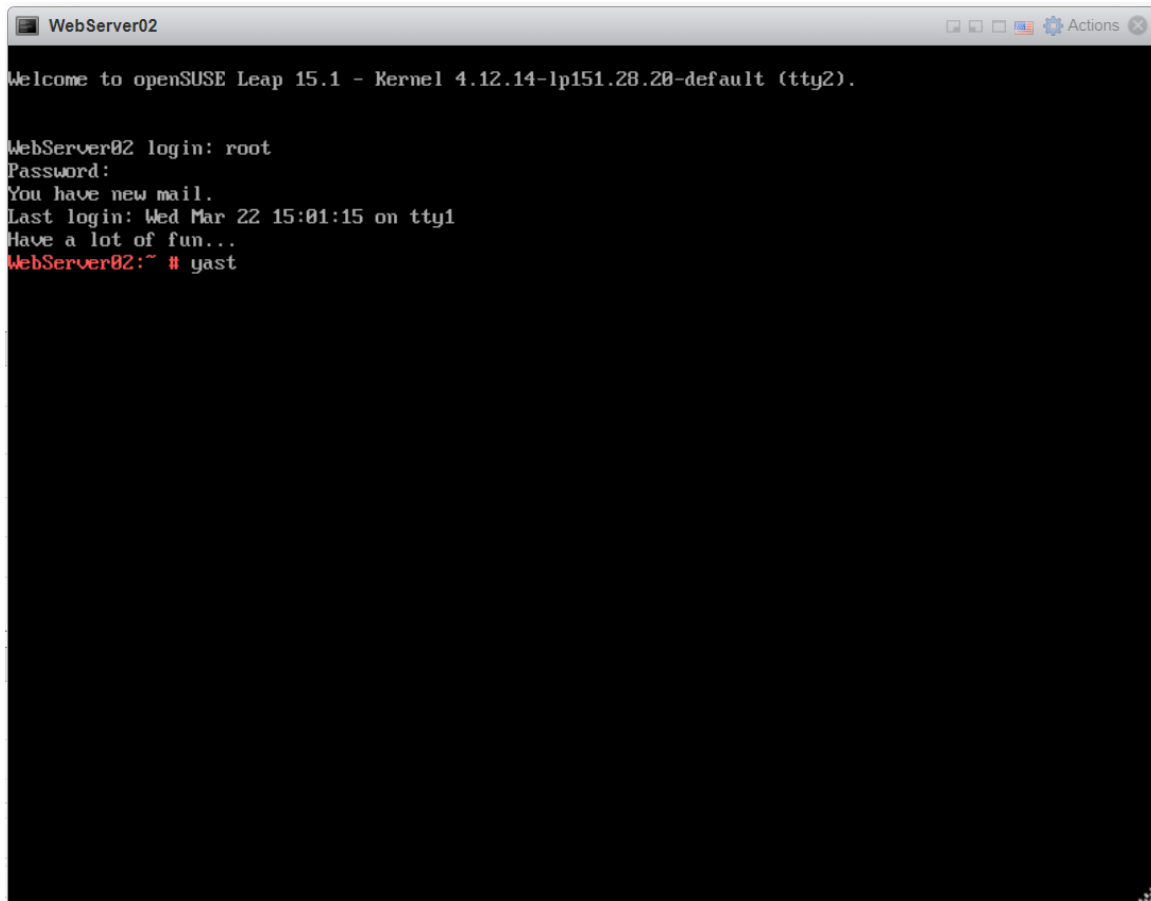
Si no tiene implementado un servidor DHCP en su red o simplemente desea cambiar la dirección IP, inicie la consola web de la máquina virtual en el servidor ESXi e inicie sesión.

Las credenciales por defecto son:

Usuario: *root*

Password: *toor*

En la línea de comandos ejecute el comando *yast*, el cual ejecutará una consola de administración del sistema.



```
WebServer02
Welcome to openSUSE Leap 15.1 - Kernel 4.12.14-lp151.28.20-default (tty2).

WebServer02 login: root
Password:
You have new mail.
Last login: Wed Mar 22 15:01:15 on tty1
Have a lot of fun...
WebServer02:~ # yast
```

Figura 10 - Consola Web e inicio de sesión

En la ventana YaST Control Center, vaya a la pestaña *System* y luego a la sección *Network Settings*

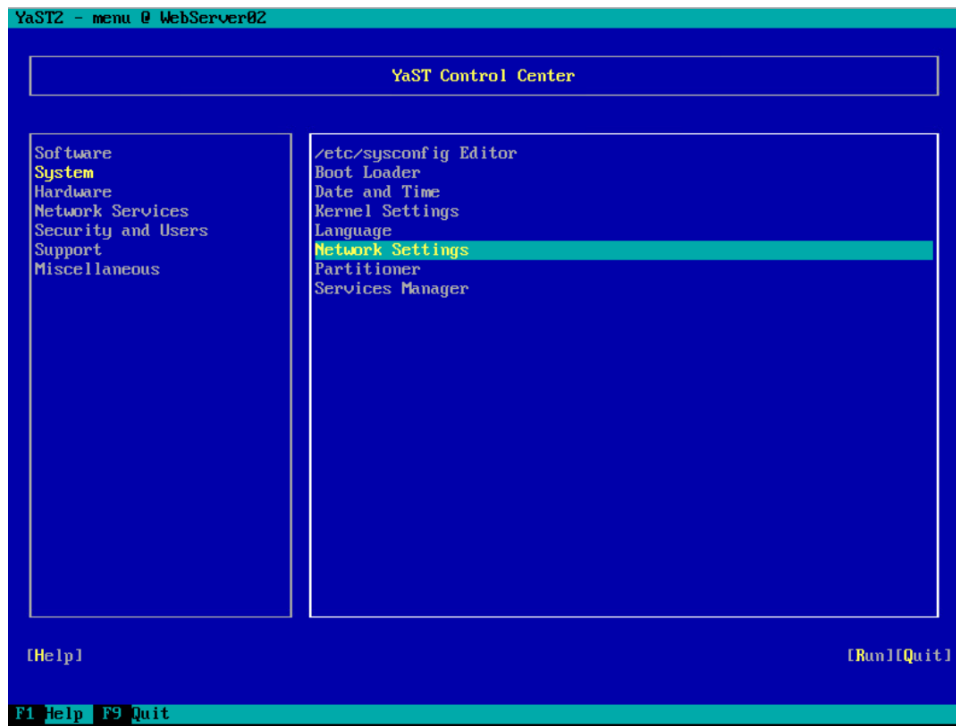


Figura 11 - YaST Control Center

Seleccione la tarjeta de red y presione F4 para editar

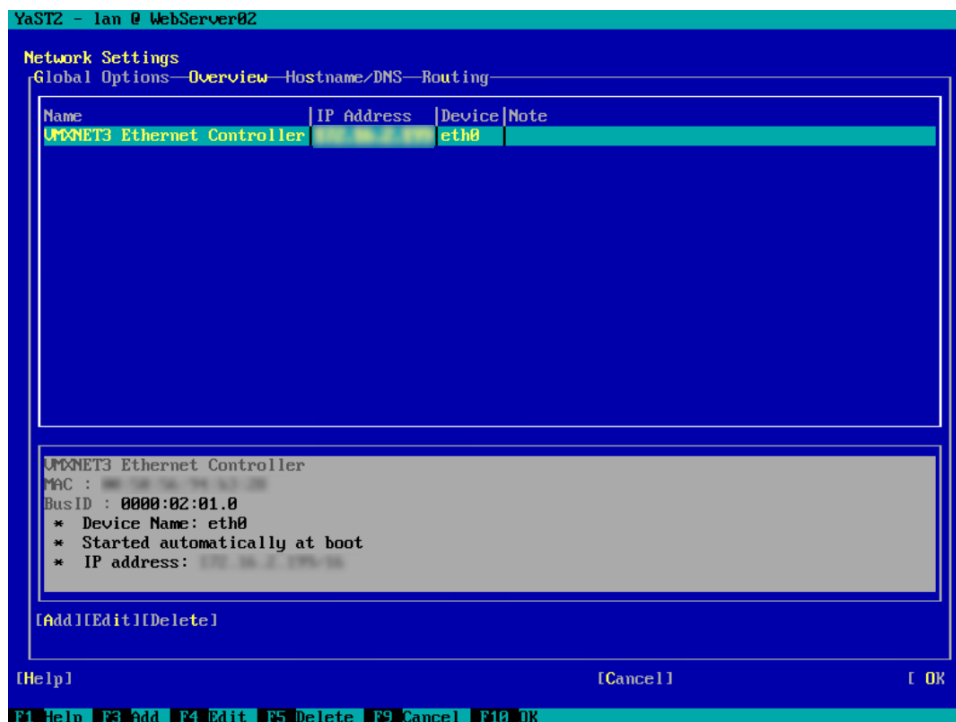


Figura 12 - Selección de tarjeta de red

Establezca la dirección IP deseada y la máscara de red según su configuración. Y presione F10 para continuar.

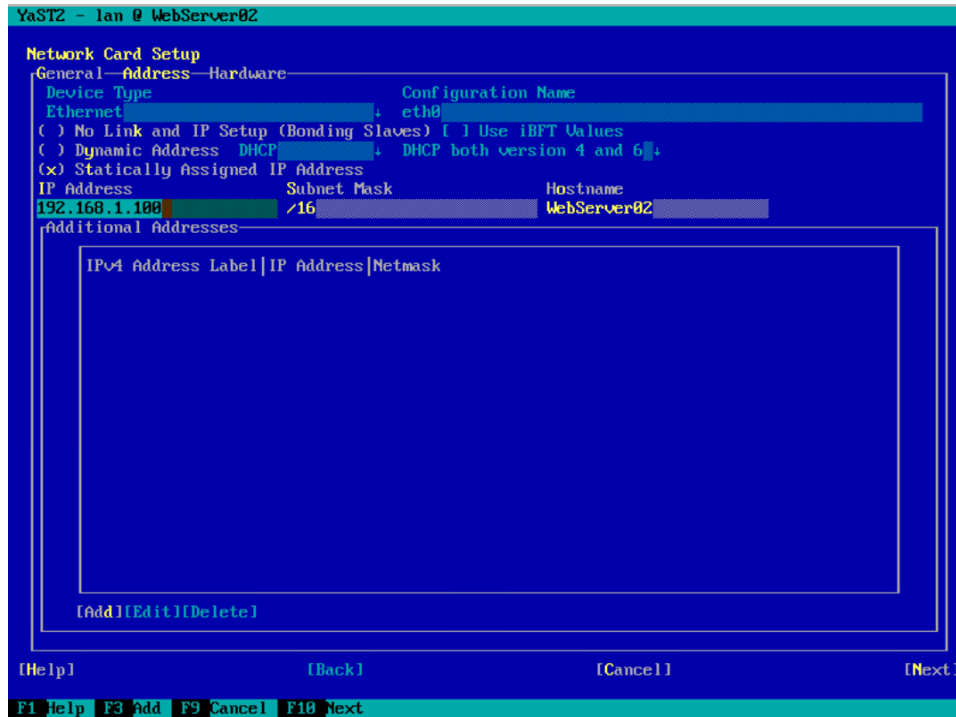


Figura 13 - Estableciendo una dirección IP estática en YaST

Por último, presione F10 para hacer efectivos los cambios.

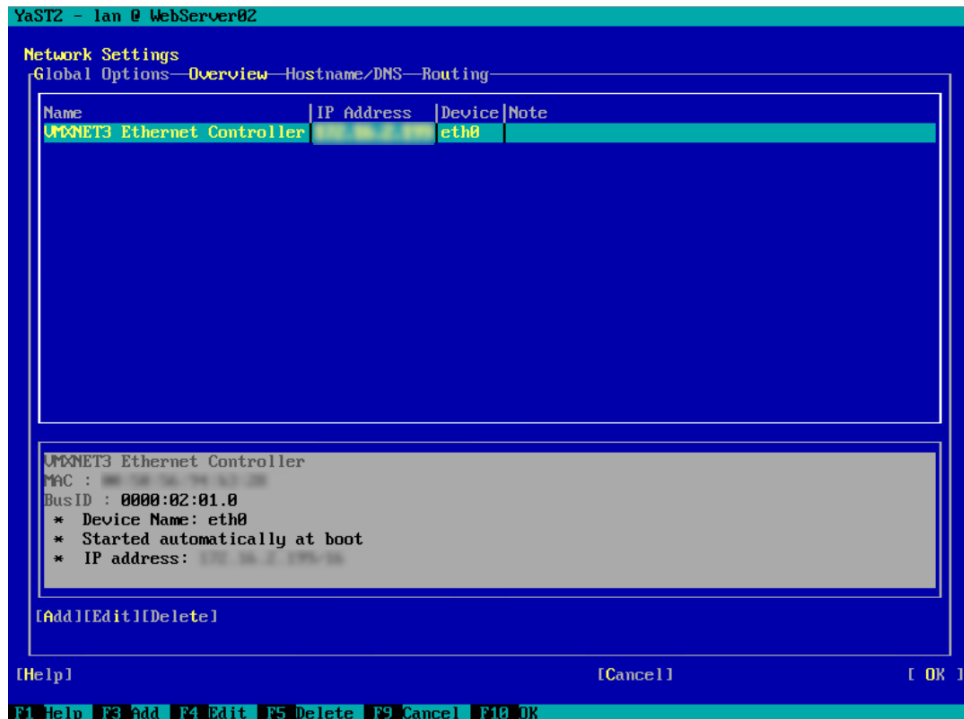


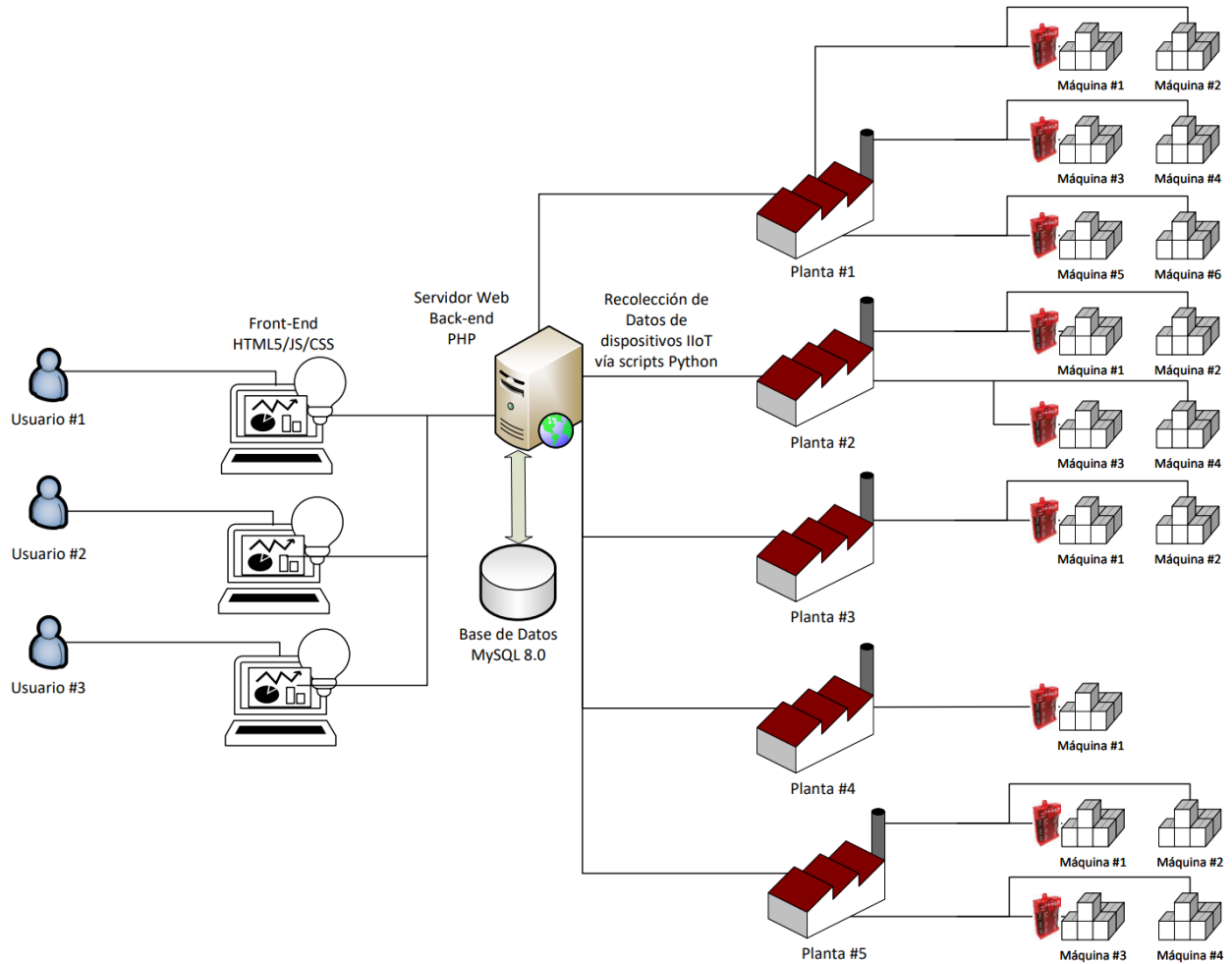
Figura 14 - Escribir los cambios en la configuración de red.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La Figura 15 define desde un punto de vista general la arquitectura de la aplicación, en la que desde una instancia de servidor se centralizan los procesos de recolección y consulta de los datos de la maquinaria disponible, siendo almacenados en la base de datos. Estos datos son procesados por el servidor para ser transformados en información útil para las diferentes partes interesadas y son presentadas a petición a través de una interfaz web, accesible desde diversos navegadores, en la que la información resultante es representada gráficamente.

Figura 15

Diagrama de arquitectura de aplicación de sistema de captura de datos industriales

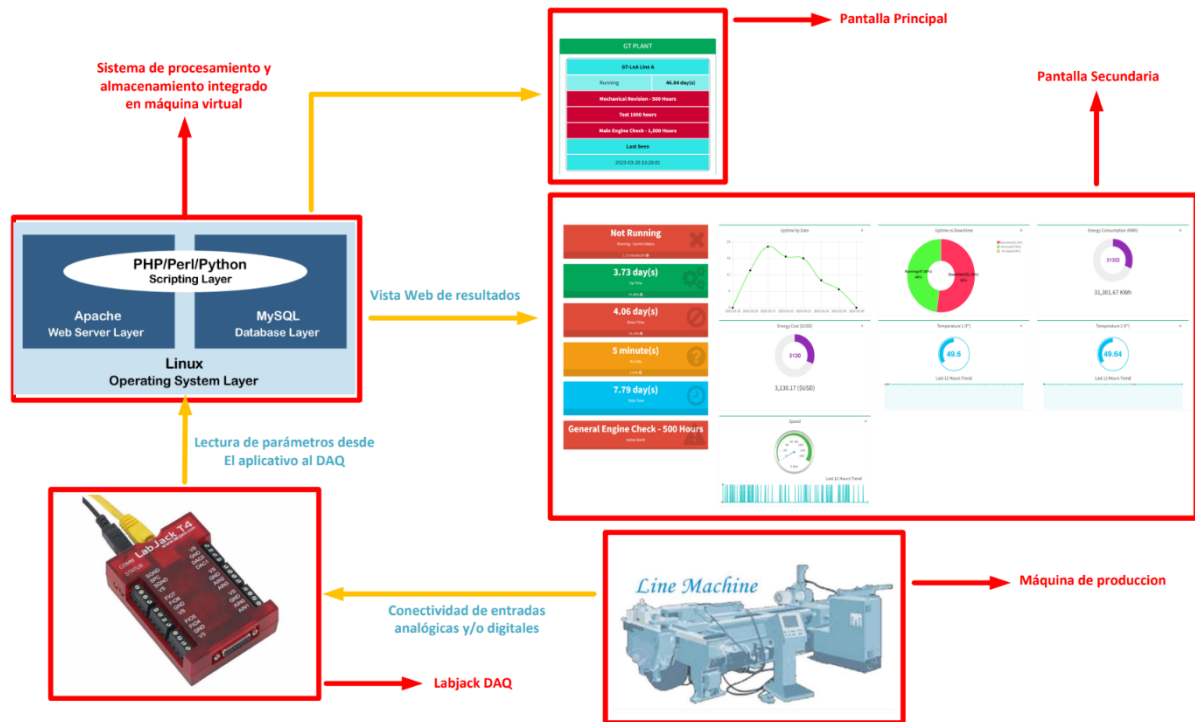


COMPONENTES E INTERRELACIONES QUE LO INTEGRAN

Los componentes del sistema se muestran en la Figura 16 marcados con recuadros rojos. Las flechas en amarillo muestran la dirección del flujo de datos el cual inicia desde la captación de las señales en los sensores de las maquinas, pasando por el DAQ LabJack el cual vía red es consultado por las rutinas de consulta desde el servidor de aplicaciones.

Figura 16

Diagrama de arquitectura de aplicación de sistema de captura de datos industriales



9.3 - Máquina virtual en formato OVA

https://drive.google.com/drive/folders/1dwykRGyrvvPYnBc1mMxMXsZCq8HaDD3?usp=share_link