



Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	25 de abril de 2023
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	9 de mayo de 2023



Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	25 de abril de 2023
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	9 de mayo de 2023
2	Se corrige primera entrega y se completa hasta el punto 9 inclusive	16 de mayo de 2023

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 25 de abril de 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Jhonatan Alexander Juño García que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará "Sistema de gestión y monitoreo de CO₂ para la vigilancia de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición al COVID-19 u otras enfermedades respiratorias ". El trabajo consistirá esencialmente en el desarrollo de un sistema de gestión y monitoreo para medidores inalámbricos de dióxido de carbono (CO₂), que permitirá registrar los niveles de CO₂ en tiempo real en ~~de~~ los ambientes de trabajo. Esto es parte de una estrategia del gobierno de la República del Perú para un retorno seguro a las labores presenciales en los centros de trabajo. Este trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 610 h de trabajo y S/49859.20 (\$13120.84 USD), con fecha de inicio el 25 de abril de 2023 y fecha de presentación pública el 21 de noviembre de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Manuel Behar
Loratech S.A.C.

Nombre del Director
Director del Trabajo Final

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 25 de abril de 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Jhonatan Alexander Juño García que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará "Sistema de gestión y monitoreo de CO₂ para la vigilancia de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición al COVID-19 u otras enfermedades respiratorias ". El trabajo consistirá esencialmente en el desarrollo de un sistema de gestión y monitoreo para medidores inalámbricos de dióxido de carbono (CO₂), que permitirá registrar los niveles de CO₂ en tiempo real en los ambientes de trabajo. Esto es parte de una estrategia del gobierno de la República del Perú para un retorno seguro a las labores presenciales en los centros de trabajo. Este trabajo tendrá un presupuesto preliminar estimado de 610 h de trabajo y S/49859.20 (\$13120.84 USD), con fecha de inicio el 25 de abril de 2023 y fecha de presentación pública el 21 de noviembre de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Manuel Behar
Loratech S.A.C.

Nombre del Director
Director del Trabajo Final

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente trabajo surge en base al requerimiento de la empresa donde laboro, la cual ha visto la problemática a la que se enfrentan muchas empresas en la transición del trabajo remoto a la presencialidad después de la pandemia por el coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19) en la República del Perú. El Ministerio de Salud y el Ministerio del Trabajo han dispuesto nuevas normativas de seguridad y salud en el trabajo que las empresas deben cumplir para garantizar un retorno seguro a las labores presenciales. Dentro de este contexto, una de las normas más importantes se refiere a los ambientes de trabajo saludables, en particular a la calidad del aire y la correcta ventilación de los espacios laborales.

Dentro de los parámetros que determinan la calidad de aire en un centro de trabajo el CO₂ es uno de los más importantes, ya que está directamente relacionado con la actividad de los trabajadores y la exhalación generada durante la jornada laboral. Niveles altos de CO₂ en el aire pueden ser causados por la alta aglomeración de personas o una deficiente ventilación del lugar. Esto último genera el ambiente propicio para el incremento del riesgo de exposición a enfermedades respiratorias como SARS-CoV-2 (COVID-19), la influenza, gripe, entre otras.

Hasta el momento, las evaluaciones de la calidad del aire en ambientes de trabajo se han basado en mediciones puntuales del CO₂ realizadas con equipos manuales. Estas mediciones se llevaban a cabo generalmente una o dos veces al año, incluso con periodos más prolongados. Sin embargo, este enfoque no permite un seguimiento continuo de los niveles de CO₂, ya que solo muestran información de un momento específico.

A raíz del COVID-19 y sus efectos, a través de varios decretos del Ministerio de Salud y el Ministerio de Trabajo, se ha dispuesto una serie de directivas para la medición de calidad de aire en ambientes de trabajo, específicamente mediante la medición del CO₂. La norma establece alcances sobre el uso de equipos de medición de CO₂ como parte de los planes de acción para mantener espacios de trabajo ventilados, limpios y seguros.

De lo expuesto, surge la necesidad de desarrollar un sistema de gestión y monitoreo de CO₂. Este sistema debe gestionar los equipos de medición y monitorizar los valores medidos para el control de la calidad de aire en los ambientes de trabajo. Además contará con alarmas programadas y visualización en tiempo real de niveles de CO₂. Esto permitirá la implementación de mejoras en los ambientes de trabajo, como protocolos para la apertura de ventanas, la adecuación de aforos, mejor ventilación y/o instalación de sistemas de ventilación forzada entre otros, lo que reducirá el riesgo de exposición a enfermedades respiratorias y mejorará las condiciones de trabajo a largo plazo.

El proyecto se dividirá en dos etapas para alcanzar los objetivos. La primera etapa consistirá en la implementación de una red de comunicación para los equipos de medición de CO₂. Esta red se utilizará para las pruebas y servirá para elaborar el procedimiento de configuración e instalación de equipos que se utilizará cuando se lleve la solución a un cliente. La segunda etapa se enfocará en el desarrollo del sistema de gestión y de monitoreo.

En la Figura 1 se muestra el diagrama en bloques de la red de comunicación, que se compone de los siguientes elementos:

- Equipos de medición de CO₂ con comunicación LoRaWAN.
- Gateway de comunicación LoRaWAN.

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente trabajo surge a partir de un requerimiento de la empresa donde trabaja el responsable y que esta ha notado la problemática a la que se enfrentan muchas empresas en la transición del trabajo remoto a la presencialidad después de la pandemia por el coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19) en la República del Perú. El Ministerio de Salud y el Ministerio del Trabajo han dispuesto nuevas normativas de seguridad y salud en el trabajo que las empresas deben cumplir para garantizar un retorno seguro a las labores presenciales. Dentro de este contexto, una de las normas más importantes se refiere a los ambientes de trabajo saludables, en particular a la calidad del aire y la correcta ventilación de los espacios laborales.

Dentro de los parámetros que determinan la calidad de aire en un centro de trabajo el CO₂ es uno de los más importantes, ya que está directamente relacionado con la actividad de los trabajadores y la exhalación generada durante la jornada laboral. Niveles altos de CO₂ en el aire pueden ser causados por la alta aglomeración de personas o una deficiente ventilación del lugar. Esto último genera el ambiente propicio para el incremento del riesgo de exposición a enfermedades respiratorias como SARS-CoV-2 (COVID-19), la influenza, gripe, entre otras.

Hasta el momento, las evaluaciones de la calidad del aire en ambientes de trabajo se han basado en mediciones puntuales del CO₂ realizadas con equipos manuales. Estas mediciones se llevaban a cabo generalmente una o dos veces al año, incluso con periodos más prolongados. Sin embargo, este enfoque no permite un seguimiento continuo de los niveles de CO₂, ya que solo muestran información de un momento específico.

A raíz del COVID-19 y sus efectos, a través de varios decretos del Ministerio de Salud y el Ministerio de Trabajo, se han dispuesto una serie de directivas para la medición de calidad de aire en ambientes de trabajo, específicamente mediante la medición del CO₂. La norma establece alcances sobre el uso de equipos de medición de CO₂ como parte de los planes de acción para mantener espacios de trabajo ventilados, limpios y seguros.

De lo expuesto, surge la necesidad de desarrollar un sistema de gestión y monitoreo de CO₂. Este sistema debe gestionar los equipos de medición y monitorizar los valores medidos para el control de la calidad de aire en los ambientes de trabajo. Además contará con alarmas programadas y visualización en tiempo real de niveles de CO₂. Esto permitirá la implementación de mejoras en los ambientes de trabajo, como protocolos para la apertura de ventanas, la adecuación de aforos, mejor ventilación y/o instalación de sistemas de ventilación forzada entre otros, lo que reducirá el riesgo de exposición a enfermedades respiratorias y mejorará las condiciones de trabajo a largo plazo.

El proyecto se dividirá en dos etapas para alcanzar los objetivos. La primera etapa consistirá en la implementación de una red de comunicación para los equipos de medición de CO₂. Esta red se utilizará para las pruebas y servirá para elaborar el procedimiento de configuración e instalación de equipos que se utilizará cuando se lleve la solución a un cliente. La segunda etapa se enfocará en el desarrollo del sistema de gestión y de monitoreo.

En la Figura 1 se muestra el diagrama en bloques de la red de comunicación, que se compone de los siguientes elementos:

- Equipos de medición de CO₂ con comunicación LoRaWAN.
- Gateway de comunicación LoRaWAN.

- *Network server*
- Sistema de gestión y monitoreo - *application server*

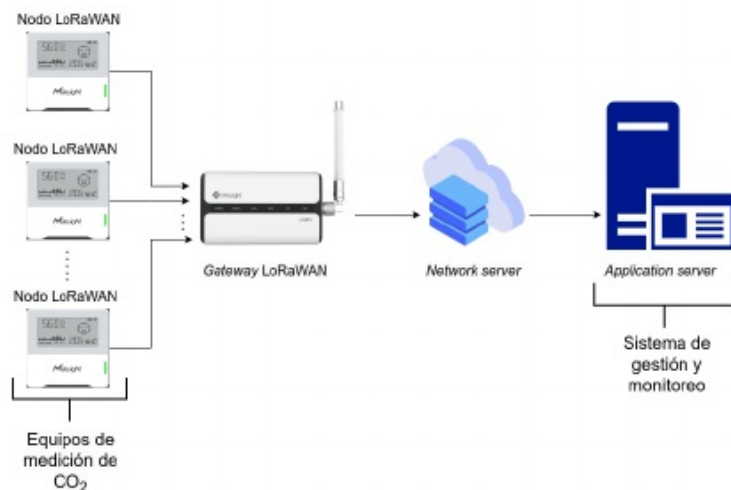


Figura 1. Diagrama de bloques de la red de comunicación.

El objetivo de la red de comunicación es llevar los valores medidos de CO₂ al sistema de gestión y monitoreo. La comunicación que usará el equipo de medición y *gateway* será LoRa con protocolo LoRaWAN. El *network server* permitirá la conexión con el *Sistema* de gestión y monitoreo.

En la Figura 2 se muestra el diagrama del sistema de gestión y monitoreo de medidores de CO₂ donde se observan los siguientes elementos:

- *Network server*.
- Análisis en Node.JS.
- Plataforma de *edge computing*.
- Base de datos.
- Aplicación de visualización.

Esta parte del proyecto es crítica y demandará un esfuerzo significativo en el desarrollo. Será necesario prestar especial atención para cumplir con todos los requerimientos que se planteen en esta planificación.

- *Network server*.
- Sistema de gestión y monitoreo - *application server*.

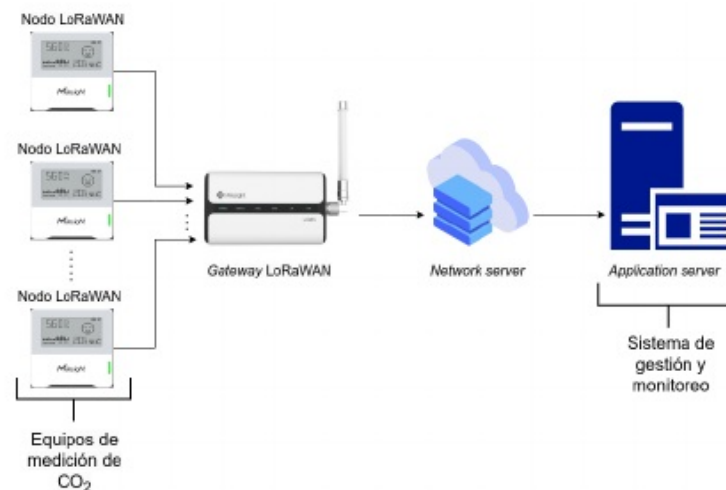


Figura 1. Diagrama de bloques de la red de comunicación.

El objetivo de la red de comunicación es llevar los valores medidos de CO₂ al sistema de gestión y monitoreo. La comunicación que usará el equipo de medición y *gateway* será LoRa con protocolo LoRaWAN. El *network server* permitirá la conexión con el *sistema* de gestión y monitoreo.

En la Figura 2 se muestra el diagrama del sistema de gestión y monitoreo de medidores de CO₂ donde se observan los siguientes elementos:

- *Network server*.
- Análisis en Node.JS.
- Plataforma de *edge computing*.
- Base de datos.
- Aplicación de visualización.

Esta parte del proyecto es crítica y demandará un esfuerzo significativo en el desarrollo. Será necesario prestar especial atención para cumplir con todos los requerimientos que se planteen en esta planificación.

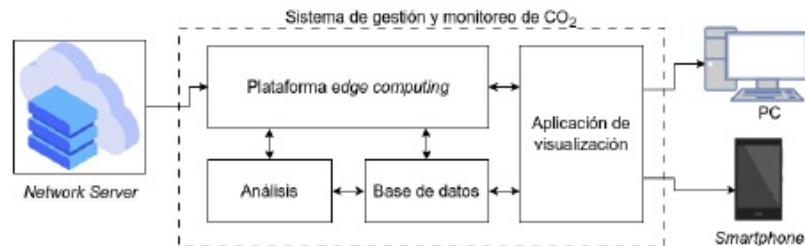


Figura 2. Diagrama en bloques del sistema de gestión de medidores de CO₂

2. Identificación y análisis de los interesados

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida los *stakeholders* del presente proyecto.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Guillermo Amaro	Loratech S.A.C.	Director-Gerente
Cliente	Manuel Behar	Loratech S.A.C.	Gerente General
Responsable	Ing. Jhonatan Alexander Juño García	FIUBA	Alumno
Orientador	Nombre del Director	pertenencia	Director Trabajo Final
Usuario final	Clientes de Loratech S.A.C.	-	-

Principales características de cada interesado.

- Auspiciante: Guillermo Amaro, asignará los recursos e instalaciones de la empresa para la elaboración del proyecto. Es riguroso y exigente con la rendición de gastos.
- Cliente: Manuel Behar, participará activamente, con comentarios y sugerencias durante el desarrollo así como en la revisión de entregables.
- Responsable: Ing. Jhonatan Alexander Juño García.
- Usuario final: los usuarios finales serán las empresas a las que se les brindará el sistema de gestión y monitoreo de CO₂ (centros de oficinas, bancos, colegios y universidades, hospitales y clínicas, tiendas por departamentos, centros **Comerciales**, etc).

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un sistema de gestión y monitoreo para los equipos de medición de CO₂ en ambientes laborales. Este sistema será utilizado por las empresas para gestionar ambientes de trabajo saludables y tomar acciones de control para reducir el riesgo de exposición al COVID-19 y otras enfermedades respiratorias. Esto se hace en respuesta a la nueva demanda que **tendrán** las empresas debido a las nuevas disposiciones en materia de **seguridad y salud en el trabajo** promovidas por el Ministerio de Salud y el Ministerio del Trabajo en la República del Perú.

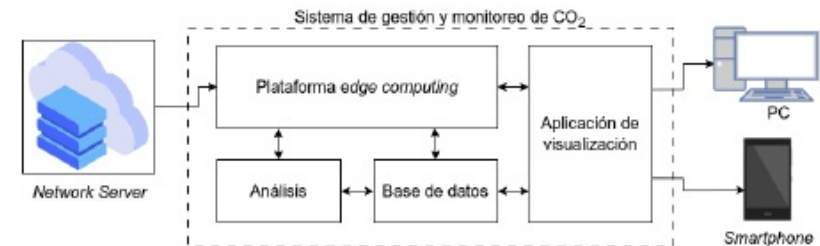


Figura 2. Diagrama en bloques del sistema de gestión de medidores de CO₂

2. Identificación y análisis de los interesados

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida los *stakeholders* del presente proyecto.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Guillermo Amaro	Loratech S.A.C.	Director-Gerente
Cliente	Mammel Behar	Loratech S.A.C.	Gerente General
Responsable	Ing. Jhonatan Alexander Juño García	FIUBA	Alumno
Orientador	Nombre del Director	pertenencia	Director Trabajo Final
Usuario final	Clientes de Loratech S.A.C.	-	-

Principales características de cada interesado.

- Auspiciante: Guillermo Amaro, asignará los recursos e instalaciones de la empresa para la elaboración del proyecto. Es riguroso y exigente con la rendición de gastos.
- Cliente: Manuel Behar, participará activamente, con comentarios y sugerencias durante el desarrollo así como en la revisión de entregables.
- Responsable: Ing. Jhonatan Alexander Juño García.
- Usuario final: los usuarios finales serán las empresas a las que se les brindará el sistema de gestión y monitoreo de CO₂ (centros de oficinas, bancos, colegios y universidades, hospitales y clínicas, tiendas por departamentos, centros **comerciales**, etc).

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un sistema de gestión y monitoreo para los equipos de medición de CO₂ en ambientes laborales. Este sistema será utilizado por las empresas para gestionar ambientes de trabajo saludables y tomar acciones de control para reducir el riesgo de exposición al COVID-19 y otras enfermedades respiratorias. Esto se hace en respuesta a la nueva demanda que **están teniendo** las empresas debido a las nuevas disposiciones en materia

4. Alcance del proyecto

El alcance de este proyecto está orientado a desarrollar la red de comunicación y el sistema de software. Los siguientes puntos serán tomados en cuenta para el desarrollo del proyecto:

- Dimensionamiento de la red de comunicación LoRaWAN.
- Configuración de equipos (medidor de CO₂, *gateway* LoRaWAN) y *network server*.
- Elaboración de documentación detallada del dimensionamiento de la red LoRaWAN, configuración de equipos y *network server*.
- Desarrollo del *Backend*, donde se implementará la aplicación de *edge computing* y la base de datos.
- Desarrollo del *frontend*, basado en una aplicación web desde donde los usuarios accederán a la información generada.
- Toda la solución correrá de forma local en un ordenador que actuará de servidor.

El presente proyecto no incluye los siguientes puntos que serán analizados para una futura implementación:

- Montar la solución en un servicio *cloud*.
- Desarrollo de una aplicación móvil nativa para el acceso al sistema.
- Análisis mas exhaustivo de los datos para aprendizaje automático.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Los equipos LoRaWAN cuentan con la homologación y permiso correspondiente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para ser utilizados en la República del Perú.
- Todos los equipos necesarios para el proyecto han sido adquiridos y se dispone de varias unidades para llevar a cabo las pruebas correspondientes.
- Se dispone de un ordenador de escritorio que será utilizado como servidor, el cual ha sido preparado para su configuración.
- Los permisos necesarios para la instalación de los equipos en el cliente de prueba han sido obtenidos.
- Se ha asignado un ambiente dedicado en el laboratorio de la empresa para el desarrollo del proyecto.
- La empresa ha garantizado el tiempo necesario y apoyo para la obtención de recursos adicionales que puedan ser necesarios durante el proyecto.

de seguridad y salud en el trabajo promovidas por el Ministerio de Salud y el Ministerio del Trabajo en la República del Perú.

4. Alcance del proyecto

El alcance de este proyecto está orientado a desarrollar la red de comunicación y el sistema de software. Los siguientes puntos serán tomados en cuenta para el desarrollo del proyecto:

- Dimensionamiento de la red de comunicación LoRaWAN.
- Configuración de equipos (medidor de CO₂, *gateway* LoRaWAN) y *network server*.
- Elaboración de documentación detallada del dimensionamiento de la red LoRaWAN, configuración de equipos y *network server*.
- Desarrollo del *Backend*, donde se implementará la aplicación de *edge computing* y la base de datos.
- Desarrollo del *frontend*, basado en una aplicación web desde donde los usuarios accederán a la información generada.
- Toda la solución correrá de forma local en un ordenador que actuará de servidor.

El presente proyecto no incluye los siguientes puntos que serán analizados para una futura implementación:

- Montar la solución en un servicio *cloud*.
- Desarrollo de una aplicación móvil nativa para el acceso al sistema.
- Análisis mas exhaustivo de los datos para aprendizaje automático.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Los equipos LoRaWAN cuentan con la homologación y permiso correspondiente del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para ser utilizados en la República del Perú.
- Todos los equipos necesarios para el proyecto han sido adquiridos y se dispone de varias unidades para llevar a cabo las pruebas correspondientes.
- Se dispone de un ordenador de escritorio que será utilizado como servidor, el cual ha sido preparado para su configuración.
- Los permisos necesarios para la instalación de los equipos en el cliente de prueba han sido obtenidos.
- Se ha asignado un ambiente dedicado en el laboratorio de la empresa para el desarrollo del proyecto.
- La empresa ha garantizado el tiempo necesario y apoyo para la obtención de recursos adicionales que puedan ser necesarios durante el proyecto.

6. Requerimientos

ESTA PARTE TODAVIA ESTA PENDIENTE DE REVISION

Los requerimientos del proyecto fueron establecidos en reunión con la empresa y en base a las nuevas disposiciones establecidas por el Ministerio de Salud y Ministerio de Trabajo de la República del Perú resumidos en la Directiva Administrativa N° 339 - MINSA/DGIESP - 2023, que establece los requerimientos mínimos para el equipo de medición y las consideraciones para el proceso de medición del CO₂.

1. Requerimientos funcionales del Sistema.

- 1.1. El equipo debe usar un microcontrolador con capacidad de leer los datos del sensor de CO₂ utilizado.
- 1.2. El *firmware* desarrollado para el microcontrolador debe implementar lecturas periódicas del sensor de CO₂, gestionar la pantalla de visualización y el teclado de configuración. Además debe implementarse el protocolo MQTT con autenticación mediante TLS o usuario y contraseña.
- 1.3. En el caso del modulo Wi-Fi debe soportar mínimamente la banda de 2.4 GHz.
- 1.4. El equipo debe contar con una interfaz que permita configurar fácilmente el SSID (identificador de red) y clave para conectarnos a una red Wi-Fi.
- 1.5. El sensor de CO₂ utilizado debe ser de bajo consumo. Además su rango de medición debe estar comprendido entre 400 y 4000 ppm.
- 1.6. Los datos medidos deben ser enviados por Wi-Fi al sistema de gestión de medidores de CO₂.
- 1.7. La pantalla de visualización debe mostrar mínimamente el valor actual medido, el nivel de carga de la batería e indicar de la calidad del aire como buena, regular o mala.
- 1.8. El equipo debe funcionar con baterías de larga duración. Como opción adicional, se podría utilizar una batería recargable con un sistema de carga.
- 1.9. Debe permitir la configuración de parámetros de forma remota (lectura a demanda, periodo de transmisión, umbrales mínimo-máximo para el envío de alertas).

2. Requerimientos funcionales del Software.

- 2.1. Se debe implementar un servidor con sistema operativo Ubuntu Server versión 22.04 LTS o superior.
- 2.2. Se utilizará un *broker* MQTT. Debe permitir el uso de TLS o usuario y contraseña como método de autenticación.
- 2.3. La base de datos utilizada debe ser del tipo relacional.
- 2.4. Se debe implementar una API-REST con Express en NodeJS.
- 2.5. El motor de reglas y análisis de datos se codificarán con NodeJS.
- 2.6. Se debe utilizar la aplicación de *edge computing* TagoCore. Esta aplicación gestionará las conexiones y tópicos del *Broker* MQTT y generará tablas para la base de datos. También permitirá realizar acciones basadas en los datos recibidos o calculados. Además ejecutará los análisis con los datos almacenados para agregar valor a la información generada.

6. Requerimientos

Los requerimientos del proyecto fueron establecidos en una reunión en la que participaron todos los *stakeholders*. Todos los requerimientos están alineados con las nuevas disposiciones establecidas por el Ministerio de Salud y el Ministerio de Trabajo de la República del Perú, tal como se resumen en la Directiva Administrativa N° 339 - MINSA/DGIESP - 2023. Dicho documento establece los requerimientos mínimos para el sistema de medición de CO₂. A continuación se detallan los requerimientos que se tendrán en cuenta para el proyecto.

1. Requerimientos de la red de comunicación y los equipos.

- 1.1. El protocolo de comunicación para los equipo de medición de CO₂ y el *gateway* debe ser LoRaWAN. El fabricante de dichos equipos debe estar certificado por la LoRa Alliance.
- 1.2. Los equipos deben operar en la banda de frecuencias autorizada para LoRaWAN en la República del Perú, que abarca desde 915 MHz hasta 928 MHz.
- 1.3. La red de comunicación debe tener la capacidad de brindar cobertura total en los ambientes laborales. Se establece como requisito que los valores de RSSI (indicador de la fuerza de la señal recibida) en los equipos de medición sean superiores a -120 dBm.
- 1.4. El *gateway* debe contar con un *network server* embebido y admitir múltiples opciones de backhaul como ethernet, Wi-Fi y red celular.
- 1.5. El *gateway* debe incluir una interfaz de configuración que permita realizar una integración con el sistema de gestión y monitoreo a través de los protocolos HTTP y MQTT.
- 1.6. El equipo de medición de CO₂ debe contar con una pantalla que muestre el valor medido. El rango de medición debe estar comprendido como mínimo entre 400 ppm y 1500 ppm (partículas por millón).
- 1.7. El equipo de medición de CO₂ debe permitir la configuración remota de parámetros, como el período de transmisión y los umbrales mínimo y máximo para el envío de alertas.

2. Requerimientos del sistema de gestión y monitoreo de medidores de CO₂.

- 2.1. Se debe implementar un servidor con sistema operativo Ubuntu Server versión 22.04 LTS o superior.
- 2.2. La base de datos utilizada debe ser del tipo relacional.
- 2.3. Se debe implementar una API-REST con NodeJS.
- 2.4. El análisis de datos se codificarán con NodeJS.
- 2.5. Se debe utilizar la aplicación de *edge computing* TagoCore.
- 2.6. Se debe diseñar una aplicación web con Angular.
- 2.7. La aplicación web debe implementar varios *dashboards* para el *login* de los usuarios, la visualización de los datos, gestión de alarmas y generar reportes con los valores medidos.
- 2.8. La aplicación debe generar alarmas en tiempo real y notificar al usuario en el momento.

3. Requerimientos de documentación.

2.7. Se debe diseñar una aplicación web con Angular. En esta aplicación se debe implementar diferentes *dashboards* que permitan la visualización de los datos, el *login* de los usuarios previamente cargados en la base de datos, gestión del sistema donde el usuario podrá establecer los valores de alarmas y generar reportes con los valores medidos.

3. Requerimientos de documentación.

- 3.1. Se documentará el procedimiento **completo de construcción del prototipo** (desarrollo del *firmware*, ensamblado del prototipo y pruebas en el sitio del cliente).
- 3.2. Se documentará el proceso de levantamiento del sistema de gestión de medidores sobre el servidor (requisitos de *hardware* para el servidor, *software* empleado y procedimiento de instalación).
- 3.3. Todo el código desarrollado será cargado al repositorio de Github de la compañía.
- 3.4. Se elaborará un manual de uso del equipo **y uso de** la aplicación web para los usuarios finales.

4. Requerimiento de *testing*

- 4.1. Se **implementará el prototipo** inicial en las oficinas de la empresa para evaluar el funcionamiento.
- 4.2. Se **validará los valores medidos de CO₂, comparándolo con las mediciones de un equipo comercial.**
- 4.3. Se **realizará la prueba** del sistema de gestión de medidores de CO₂ con el prototipo inicial.

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Se identifican los siguientes roles:

- Cliente: **Mamuel Behar, persona** que **requiere** el proyecto.
- Usuario final: empresas a las que se les brindará el sistema de medición de CO₂. Dentro de las empresas existirá un usuario específico directo quien será responsable del uso de los equipos y del sistema de medición. Para las historias vamos a considerar los siguientes usuarios específicos:
 - Jefe de salud ocupacional de un edificio empresarial.
 - Supervisor de seguridad en una industria.
 - Director de un colegio inicial.
 - Administrador de un banco.
 - Administrador de un centro comercial.

Criterio para la asignación de *story points* basada en la serie de Fibonacci:

Peso	Dificultad	Complejidad	Riesgo
Bajo	1	1	1
Medio	3	5	5
Alto	5	8	13

- 3.1. Se documentará el procedimiento **de configuración de equipos y el protocolo de instalación en el local** del cliente).
 - 3.2. Se documentará el proceso de levantamiento del sistema de gestión **y monitoreo** de medidores sobre el servidor (requisitos de *hardware* para el servidor, *software* empleado y procedimiento de instalación).
 - 3.3. Todo el código desarrollado será cargado al repositorio de Github de la compañía.
 - 3.4. Se elaborará un manual de uso del equipo **de medición y** la aplicación web para los usuarios finales.
- ### 4. Requerimiento de *testing*
- 4.1. Se **debe implementar una prueba** inicial en las oficinas de la empresa para evaluar el funcionamiento.
 - 4.2. Se **debe simular valores anormales del CO₂, para verificar el comportamiento del sistema y la generación de alarmas.**

7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Se identifican los siguientes roles:

- Cliente: **es quien** que **solicitó** el proyecto.
- Usuario final: empresas a las que se les brindará el sistema de medición **y monitoreo** de CO₂. Dentro de las empresas existirá un usuario específico directo quien será responsable del uso de los equipos y del sistema de medición. Para las historias vamos a considerar los siguientes usuarios específicos:
 - Jefe de salud ocupacional de un edificio empresarial.
 - Supervisor de seguridad en una industria.
 - Director de un colegio inicial.
 - Administrador de un banco.
 - Administrador de un centro comercial.

Criterio para la asignación de *story points* basada en la serie de Fibonacci:

Peso	Dificultad	Complejidad	Riesgo
Bajo	1	1	1
Medio	3	5	5
Alto	5	8	13

A continuación se listan las historias de usuario:

1. Como cliente, quiero un procedimiento de configuración e instalación de equipos claro y conciso para lograr una instalación rápida y sencilla en los locales de los usuarios finales.
 - Dificultad: 5
 - Complejidad: 5

A continuación se listan las historias de usuario:

1. Como cliente quiero contar con un equipo fácil de configurar para una rápida instalación en los clientes finales.

- Dificultad: 5
- Complejidad: 5
- Riesgo: 1
- Story points: 13

2. Como jefe de salud ocupacional de un edificio empresarial quiero determinar las áreas con mayor aglomeración de personas dentro del edificio para generar mi planes de control.

- Dificultad: 3
- Complejidad: 5
- Riesgo: 5
- Story points: 13

3. Como supervisor de seguridad en una industria quiero monitorear los niveles de CO₂ en distintos puntos para plantear mis estrategias de control ocupacional.

- Dificultad: 3
- Complejidad: 5
- Riesgo: 5
- Story points: 13

4. Como director de un colegio inicial requiero que el sistema me notifique cuando se supere los límites establecidos para poder generar planes de prevención de contagios de enfermedades respiratorias entre los estudiantes.

- Dificultad: 1
- Complejidad: 5
- Riesgo: 13
- Story points: 21

5. Como administrador de un banco, requiero que el equipo muestre de manera interactiva la calidad del aire y pueda ser visto por los clientes para concienciar sobre el respeto a los aforos establecidos.

- Dificultad: 3
- Complejidad: 5
- Riesgo: 5
- Story points: 13

6. Como administrador de un centro comercial quiero los reportes mensuales de mediciones de CO₂ y el historial de alarmas para poder ajustar mis controles de aforo en las distintas áreas.

- Dificultad: 3
- Complejidad: 8
- Riesgo: 1
- Story points: 13

- Riesgo: 1
- Story points: 13

2. Como jefe de salud ocupacional de un edificio empresarial quiero determinar las áreas con mayor aglomeración de personas dentro del edificio para generar mi planes de control.

- Dificultad: 3
- Complejidad: 5
- Riesgo: 5
- Story points: 13

3. Como supervisor de seguridad en una industria quiero monitorear los niveles de CO₂ en distintos puntos para plantear mis estrategias de control ocupacional.

- Dificultad: 3
- Complejidad: 5
- Riesgo: 5
- Story points: 13

4. Como director de un colegio inicial recibir notificaciones cuando se supere los límites establecidos para poder generar planes de prevención de contagios de enfermedades respiratorias entre los estudiantes.

- Dificultad: 1
- Complejidad: 5
- Riesgo: 13
- Story points: 21

5. Como administrador de un banco, quiero que la aplicación muestre la calidad del aire y pueda ser visto por los clientes para concienciar sobre el respeto a los aforos establecidos.

- Dificultad: 3
- Complejidad: 5
- Riesgo: 5
- Story points: 13

6. Como administrador de un centro comercial, quiero los reportes mensuales de mediciones de CO₂ y el historial de alarmas para poder ajustar mis controles de aforo en las distintas áreas.

- Dificultad: 3
- Complejidad: 8
- Riesgo: 1
- Story points: 13

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Un prototipo funcional de equipo de medición de CO₂.
- Un servidor configurado, con la aplicación web corriendo y listo para su uso.
- Manual de construcción de prototipo. Incluye descripción de actividades y esquemas de construcción.
- Manual de instalación del prototipo y registro de usuarios en la aplicación web.
- Manual de configuración del Servidor. Incluye todos los pasos y requisitos en caso se desee migrar el sistema y aplicación web a otro servidor.
- Manual de uso del equipo y aplicación. Para entrega a los usuarios finales.
- Código fuente del sistema en el repositorio GitHub de la empresa.
- Informe final.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación y definición del proyecto. (50 hs)
 - 1.1. Análisis del mercado, normativas y soluciones similares. (20 hs)
 - 1.2. Definición del alcance, requerimientos y tareas. (10 hs)
 - 1.3. Elaboración del plan de proyecto. (20 hs)
2. Implementación del equipo de medición de CO₂ (hardware). (107 hs)
 - 2.1. Selección y adquisición del sensor a utilizar. (5 hs)
 - 2.1.1 Búsqueda de posibles sensores. (1 hs)
 - 2.1.2 Revisión de características. (2 hs)
 - 2.1.3 Búsqueda y adquisición de un módulo que incluya al sensor. (2 hs)
 - 2.2. Selección y adquisición del microcontrolador y módulo Wi-Fi. (5 hs)
 - 2.2.1 Búsqueda del microcontrolador y módulo Wi-Fi. (1 hs)
 - 2.2.2 Revisión de características. (1 hs)
 - 2.2.3 Búsqueda y adquisición de una tarjeta de desarrollo que incluya al microcontrolador y módulo Wi-Fi. (3 hs)
 - 2.3. Selección y adquisición del housing para el prototipo. (5 hs)
 - 2.4. Armado del prototipo. (20 hs)
 - 2.4.1 Conexión de los módulos que componen el prototipo. (5 hs)
 - 2.4.2 Desarrollo del firmware base para lectura de sensores. (10 hs)
 - 2.4.3 Test de lecturas del sensor. (5 hs)
 - 2.5. Integración del prototipo a la aplicación de edge computing. (62 hs)
 - 2.5.1 Desarrollo del firmware final del equipo. (40 hs)

8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Manual de configuración e instalación de equipos. Incluye descripción de actividades y gráficos.
- Un servidor configurado, con la aplicación web corriendo y listo para su uso.
- Manual de configuración del Servidor. Incluye todos los pasos y requisitos en caso se desee migrar el sistema y aplicación web a otro servidor.
- Manual de uso de la aplicación. Para entrega a los usuarios finales.
- Código fuente del sistema en el repositorio GitHub de la empresa.
- Informe final.

9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación y definición del proyecto. (40 hs)
 - 1.1. Análisis del mercado, normativas y soluciones similares. (10 hs)
 - 1.2. Definición del alcance, requerimientos y tareas. (10 hs)
 - 1.3. Elaboración del plan de proyecto. (20 hs)
2. Dimensionamiento de la red de comunicación y configuración de equipos. (30 hs)
 - 2.1. Configuración del gateway (network server embebido, bandas de frecuencias). (5 hs)
 - 2.2. Configuración del equipo de medición de CO₂ (registro en el network server, bandas de frecuencias). (5 hs)
 - 2.3. Primera prueba de conexión, verificación en los equipos de los niveles de RSSI. (5 hs)
 - 2.4. Corrección de la ubicación del gateway y los equipos con valores de RSSI inferiores al mínimo. Realización de nuevas mediciones y validación (5 horas).
 - 2.5. Documentación del armado del prototipo. (10 hs)
3. Configuración del servidor. (22 hs)
 - 3.1. Instalación de las aplicaciones requeridas en el servidor. (5 hs)
 - 3.1.1 Instalación del sistema operativo. (2 hs)
 - 3.1.2 Instalación de la base de datos MySQL. (0.5 hs)
 - 3.1.3 Instalación del paquete de NodeJS. (0.5 hs)
 - 3.1.4 Instalación de la aplicación TagoCore. (1 hs)
 - 3.1.5 Instalación de Visual Studio Code + plugins requeridos. (1 hs)
 - 3.2. Configuración de TagoCore. (2 hs)
 - 3.2.1 Ejecución de la aplicación. (0.5 hs)
 - 3.2.2 Integración con la base de datos. (0.5 hs)
 - 3.2.3 Instalación de plugin para Broker MQTT sobre TagoCore. (0.5 hs)
 - 3.2.4 Configuración del path de ejecución de NodeJS sobre Tagocore. (0.5 hs)

- 2.5.2 Registro del dispositivo en la aplicación y conexión al *Broker* MQTT. (2 hs)
- 2.5.3 Registro de datos de prueba (registro del valor de CO₂ y nivel de carga de la batería). (10 hs)
- 2.5.4 Visualización de los valores almacenados en la base de datos. (10 hs)
- 2.6. Documentación del armado del prototipo. (10 hs)
- 3. Configuración del servidor. (17 hs)
 - 3.1. Instalación de las aplicaciones requeridas. (5 hs)
 - 3.1.1 Instalación del sistema operativo. (2 hs)
 - 3.1.2 Instalación de la base de datos MySQL. (0.5 hs)
 - 3.1.3 Instalación del paquete de NodeJS. (0.5 hs)
 - 3.1.4 Instalación de la aplicación TagoCore. (1 hs)
 - 3.1.5 Instalación de Visual Studio Code + *plugins* requeridos. (1 hs)
 - 3.2. Configuración de TagoCore. (2 hs)
 - 3.2.1 Ejecución de la aplicación. (0.5 hs)
 - 3.2.2 Integración con la base de datos. (0.5 hs)
 - 3.2.3 Instalación de *plugin* para *Broker* MQTT sobre TagoCore. (0.5 hs)
 - 3.2.4 Configuración del path de ejecución de NodeJS sobre Tagocore. (0.5 hs)
 - 3.3. Creación de las bases de datos adicionales. (5 hs)
 - 3.3.1 Definición de las bases de datos adicionales no gestionadas por Tagocore. (2 hs)
 - 3.3.2 Creación de las bases de datos adicionales. (3 hs)
 - 3.4. Documentación de la configuración del servidor. (5 hs)
- 4. Desarrollo de la API-REST - *backend*. (66 hs)
 - 4.1. Definición de los métodos HTTP a utilizar. (5 hs)
 - 4.2. Implementación de un CRUD (*Create, Read, Update and Delete*) para la base de datos. (40 hs)
 - 4.3. Testeo del CRUD con la base de datos. (5 hs)
 - 4.4. Implementación del método para envío de *emails*. (5 hs)
 - 4.5. Testeo del envío de *emails*. (1 hs)
 - 4.6. Documentación del desarrollo de la API-REST. (10 hs)
- 5. Desarrollo de la aplicación en Angular - *fronted*. (170 hs)
 - 5.1. Programación del *login* de usuarios. (30 hs)
 - 5.2. Programación del *dashboard* de configuración para las alertas del sistema. (30 hs)
 - 5.3. Programación del *dashboard* de visualización de los datos. (40 hs)
 - 5.4. Programación del *dashboard* para la generación de reportes. (40 hs)
 - 5.5. Pruebas y test de la aplicación con datos simulados. (10 hs)
 - 5.6. Pruebas y test de la aplicación con equipo de medición conectado. (10 hs)
 - 5.7. Documentación del desarrollo de la aplicación. (10 hs)
- 6. Desarrollo y programación de análisis y el motor de reglas. (115 hs)
 - 6.1. Motor de reglas por cambio de variable. (20 hs)
 - 6.2. Motor de reglas para envío de notificaciones. (20 hs)

- 3.3. Creación de las bases de datos adicionales. (10 hs)
 - 3.3.1 Definición de las bases de datos adicionales no gestionadas por Tagocore. (6 hs)
 - 3.3.2 Creación de las bases de datos adicionales. (4 hs)
- 3.4. Documentación de la configuración del servidor. (5 hs)
- 4. Conexión del *network server* a TagoCore. (20 hs)
 - 4.1. Registro de los medidores de CO₂ en TagoCore. (1 hs)
 - 4.2. Obtención de los *tokens* HTTP en TagoCore. (0.5 hs)
 - 4.3. Registro de los tokens en el *network server*. (0.5 hs)
 - 4.4. Prueba de conexión inicial. (3 hs)
 - 4.5. *Parseo* de datos recibidos en TagoCore. Validación de los datos obtenidos con los valores mostrados en el equipo. (5 hs)
 - 4.6. Documentación de la conexión del *network server* a TagoCore. (10 hs)
- 5. Desarrollo de la API-REST - *backend*. (95 hs)
 - 5.1. Definición de los métodos HTTP a utilizar. (5 hs)
 - 5.2. Implementación de un CRUD (*Create, Read, Update and Delete*) para la base de datos. (50 hs)
 - 5.3. Testeo del CRUD con la base de datos. (5 hs)
 - 5.4. Implementación del método para envío de *emails*. (20 hs)
 - 5.5. Testeo del envío de *emails*. (5 hs)
 - 5.6. Documentación del desarrollo de la API-REST. (10 hs)
- 6. Desarrollo de la aplicación en Angular - *fronted*. (240 hs)
 - 6.1. Programación del *login* de usuarios. (40 hs)
 - 6.2. Programación del *dashboard* de ubicación y estado de los equipos. (40 hs)
 - 6.3. Programación del *dashboard* de configuración para las alertas del sistema. (40 hs)
 - 6.4. Programación del *dashboard* de visualización de los datos. (40 hs)
 - 6.5. Programación del *dashboard* para la generación de reportes. (40 hs)
 - 6.6. Pruebas y test de la aplicación con datos simulados. (20 hs)
 - 6.7. Pruebas y test de la aplicación con equipo de medición conectado. (10 hs)
 - 6.8. Documentación del desarrollo de la aplicación. (10 hs)
- 7. Desarrollo y programación de análisis de datos. (130 hs)
 - 7.1. Análisis por cambio de variable. (20 hs)
 - 7.2. Análisis para envío de notificaciones. (20 hs)
 - 7.3. Análisis para cálculo de mínimo, máximo y promedio por periodo de tiempo. (20 hs)
 - 7.4. Análisis para generación de reporte de datos. (20 hs)
 - 7.5. Análisis para detección de batería baja y desconexión de dispositivos. (20 hs)
 - 7.6. Configuración de la ejecución de análisis desde TagoCore. (10 hs)
 - 7.7. Pruebas y test con el equipo de medición conectado. (10 hs)
 - 7.8. Documentación del desarrollo y programación de los análisis. (10 hs)

- 6.3. Análisis para calculo de mínimo, máximo y promedio por periodo de tiempo. (20 hs)
- 6.4. Análisis para generación de reporte de datos. (20 hs)
- 6.5. Análisis para detección de batería baja y desconexión de dispositivos. (20 hs)
- 6.6. Configuración de la ejecución de análisis desde TagoCore. (2 hs)
- 6.7. Pruebas y test con el equipo de medición conectado. (3 hs)
- 6.8. Documentación del desarrollo y programación de los análisis y motor de reglas. (10 hs)
- 7. Pruebas finales del sistema de medición en cliente. (20 hs)
 - 7.1. Instalación del equipo de medición en una sala de reuniones de la empresa Loratech S.A.C. (1 hs)
 - 7.2. Instalación de otro equipo medidor de CO₂ que se usará como variable de control. (1 hs)
 - 7.3. Registro del usuario cliente en la aplicación. (1 hs)
 - 7.4. Capacitación al usuario cliente en el uso de la aplicación. (1 hs)
 - 7.5. Validación del cumplimiento de los requerimientos. (5 hs)
 - 7.6. Comparación de resultados frente al otro equipo. (1 hs)
 - 7.7. Redacción de manual de instalación y manual de uso.(10 hs)
- 8. Actividades finales del proyecto. (65 hs)
 - 8.1. Elaboración del informe de resultados. (10 hs)
 - 8.2. Redacción de la memoria final.(40 hs)
 - 8.3. Elaboración de la presentación. (15 hs)

Cantidad total de horas: (610 hs).

10. Diagrama de Activity On Node

En la figura 3 se identifican mediante colores las distintas tareas del proyecto:

En la figura 4 se muestra el diagrama de *Activity on Node*, donde el camino crítico es indicado con líneas rojas.

- 8. Pruebas finales del sistema de medición y monitoreo en cliente. (18 hs)
 - 8.1. Instalación del equipo de medición en una sala de reuniones de la empresa Loratech S.A.C. (1 hs)
 - 8.2. Registro del usuario cliente en la aplicación. (1 hs)
 - 8.3. Capacitación al usuario cliente en el uso de la aplicación. (1 hs)
 - 8.4. Validación del cumplimiento de los requerimientos. (5 hs)
 - 8.5. Redacción del manual de uso.(10 hs)
- 9. Actividades finales del proyecto. (65 hs)
 - 9.1. Elaboración del informe de resultados. (10 hs)
 - 9.2. Redacción de la memoria final.(40 hs)
 - 9.3. Elaboración de la presentación. (15 hs)

Cantidad total de horas: (660 hs).

10. Diagrama de Activity On Node

En la figura 3 se identifican mediante colores las distintas tareas del proyecto:

En la figura 4 se muestra el diagrama de *Activity on Node*, donde el camino crítico es indicado con líneas rojas.