



# Sistema de monitoreo para equipos de captura de CO<sub>2</sub>

Autor:

Ing. Alena Grebneva

Director:

Mg. Ing Milton Eduardo Sosa (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de Proyectos  
entre el 25 de abril de 2023 y el 13 de junio de 2023.*

## Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .	7
3. Propósito del proyecto . . . . .	7
4. Alcance del proyecto . . . . .	8
5. Supuestos del proyecto. . . . .	8
6. Requerimientos . . . . .	8
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	9
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	9
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	10
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	10
11. Diagrama de Gantt . . . . .	11
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	14
13. Gestión de riesgos . . . . .	14
14. Gestión de la calidad . . . . .	15
15. Procesos de cierre . . . . .	16

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento y asignación del director	25 de abril de 2023
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	8 de mayo de 2023

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 25 de abril de 2023

Por medio de la presente se acuerda con la Ing. Alena Grebneva que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo para equipos de captura de CO<sub>2</sub>” y consistirá en el desarrollo de un prototipo para un sistema capaz de monitorear a distancia los equipos de captura de CO<sub>2</sub> pertenecientes al proyecto *Green Backbone*, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 h de trabajo y \$XXX, con fecha de inicio el 25 de abril de 2023 y fecha de presentación pública en Marzo de 2024.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Mg. Ing. Eddie Jose Sierra Higuerey  
Fundador de *Green Backbone*

Mg. Ing Milton Eduardo Sosa  
Director del Trabajo Final

## 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente trabajo forma parte de la iniciativa de sostenibilidad *Green Backbone* (en adelante GB) cuyo objetivo es hacer frente a los efectos de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y descarbonizar el aire que respiramos.

La emisión de GEI que se produce en actividades humanas, tales como la quema de hidrocarburos y la industrialización, se asocia con el cambio climático y tiene efectos significativos en los sistemas naturales y humanos en todo el mundo, por ejemplo, el aumento del nivel del mar, el derretimiento de glaciares y la alteración de los patrones climáticos. Estos efectos a su vez pueden tener un impacto importante en la seguridad alimentaria, en la disponibilidad de agua y en la salud humana.

Para hacer frente a esta problemática algunos actores globales (países, compañías e instituciones) acordaron implementar estrategias para reducir paulatinamente la emisión de los GEI hacia el año 2030 y llegar al año 2050 con emisión cero (también conocido como *net zero*).

Sin embargo, estos esfuerzos han demostrado no ser suficientes y por ello en los últimos años han surgido iniciativas para el desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan remover grandes cantidades de dióxido de carbono (entre 100 y 1.000 Gt de CO<sub>2</sub>) presente en la atmósfera y alcanzar el *net zero* más rápidamente.

El proyecto GB es liderado por el Mg. Ing. Eddie Jose Sierra Higuerey y surgió en Bogotá (Colombia), en el año 2021, como uno de los participantes de la competencia global *XPRIZE Carbon Removal*, donde se ofrecía un premio económico a quienes desarrollen y demuestren la eficiencia de soluciones tecnológicas para secuestrar y retener el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera y los océanos.

Durante la competencia los miembros del equipo de GB desarrollaron un proceso químico innovador para capturar CO<sub>2</sub> del aire y demostró su funcionamiento en un prototipo de pequeña escala. En este proceso el aire del ambiente se inyecta con un compresor en un reactor que contiene desechos orgánicos y luego se lo hace circular por un tren de fotobiorreactores. El CO<sub>2</sub> queda retenido en ambas etapas del proceso y se puede comercializar como materia prima.

Para capturar grandes volúmenes de CO<sub>2</sub> mediante la implementación a gran escala del proceso químico desarrollado, el equipo de GB de Bogotá comenzó a construir en el año 2022 un prototipo comercial al que se denominó "GB005 Unidad Ángel", que se estima que podrá capturar 3,3 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Esta unidad permitirá validar las tecnologías, mejorar el diseño y atraer inversionistas al proyecto.

Para la unidad GB005 se solicitó a la autora del trabajo desarrollar un dispositivo que registre y muestre en un display LCD los niveles de concentración de CO<sub>2</sub> en la entrada y la salida de aire del equipo, para evaluar el rendimiento del proceso de captura. A este dispositivo se adicionaron sensores de temperatura y pH para monitorear los biorreactores, así como un módulo sensor de luz y relés para controlar el encendido y apagado de la unidad. En la Figura 1 se muestra el diagrama en bloques del dispositivo, al que se denomina nodo de medición.

En una instancia de trabajo anterior al curso del posgrado se definió qué microcontrolador y sensores se van a utilizar y se propuso la conexión de todos los elementos. Asimismo, se desarrolló un firmware básico para poder monitorear los niveles de CO<sub>2</sub> y mostrar las mediciones en un display. En el presente trabajo se tomará esta base de diseño para mejorar el firmware propuesto.

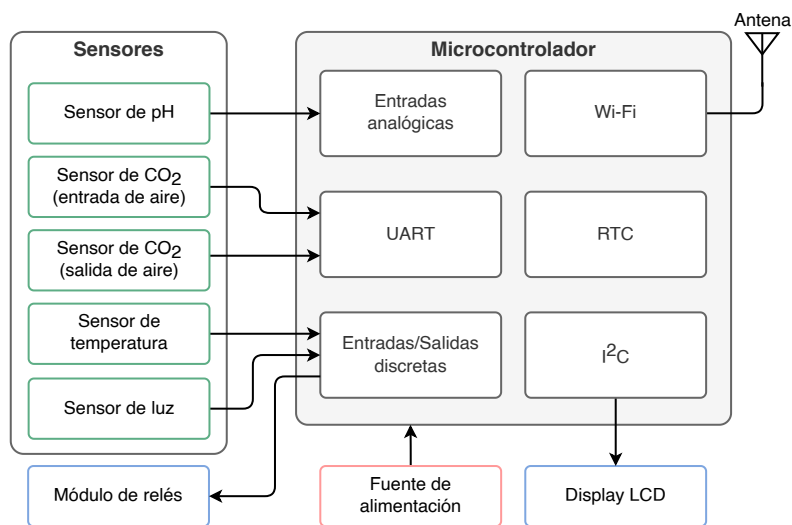


Figura 1. Diagrama en bloques del nodo de medición.

A futuro, cuando se logre un diseño eficiente y se obtenga financiación, GB proyecta la construcción en serie de nuevas unidades en diferentes tamaños y capacidades de captura, para comercializar tanto en Colombia, como en el resto del mundo. Por ello, además del nodo de monitoreo para cada unidad, se necesita una plataforma capaz de recolectar y almacenar datos operativos de todas las unidades instaladas, sin importar donde se localicen físicamente.

Como la primera unidad de GB aún se encuentra en etapa de desarrollo, la propuesta del presente trabajo es un prototipo para evaluar su desempeño, agregar funciones de comunicación inalámbrica al nodo para que envíe las mediciones de los sensores hacia un broker MQTT (*Message Queues Telemetry Transport*) y desarrollar la infraestructura del sistema de monitoreo.

En la Figura 2 se muestra una arquitectura tentativa del sistema donde se tiene el nodo de medición, un broker MQTT donde se enviarán los datos de las mediciones y un entorno de desarrollo para la aplicación que leerá los datos del broker y con estos permitirá visualizar el funcionamiento general de la unidad, en tiempo real, a través del servidor de aplicación y almacenar la información operativa en una base de datos de tiempo real.

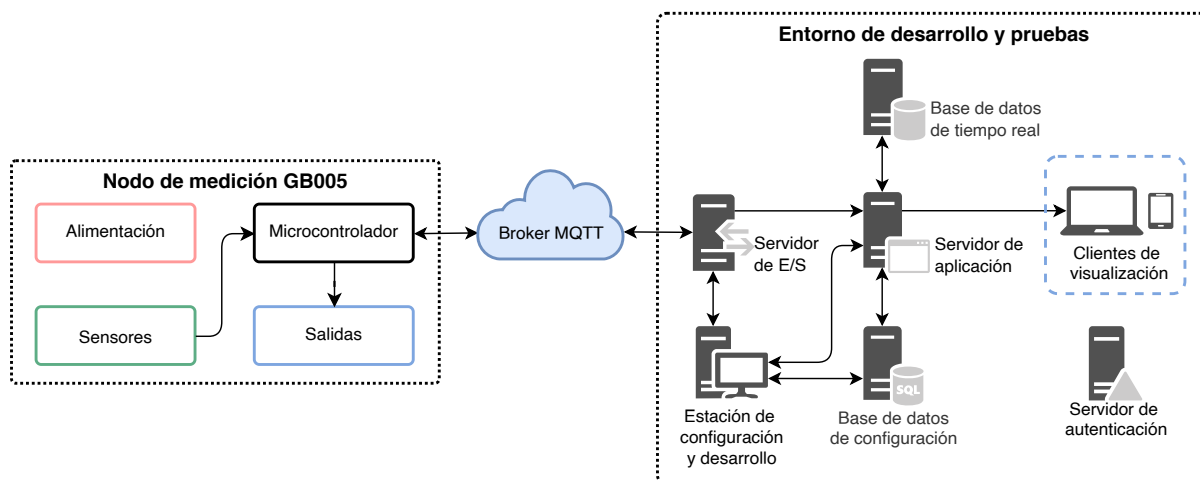


Figura 2. Arquitectura del sistema.

Actualmente existen diferentes soluciones de mercado para implementar aplicaciones IoT. En el presente trabajo, para desarrollar el sistema de monitoreo, se empleará el software *AVEVA System Platform* (ASP) ya que es una solución ampliamente utilizada en la industria con continuo desarrollo y soporte.

El ASP soporta el protocolo MQTT, tiene un entorno gráfico que permite la implementación de aplicaciones de visualización y una base de datos histórica para almacenar las mediciones de los sensores. Además por ser la autora del presente trabajo empleada de la empresa que comercializa la solución, tiene acceso a una licencia de desarrollo sin cargo, lo que permite reducir costos y tiempo de desarrollo del proyecto.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Mg. Ing. Eddie Jose Sierra Higuerey	Green Backbone/AVEVA	Fundador de GB
Responsable	Ing. Alena Grebneva	FIUBA	Alumna
Colaboradores	-	-	Empleados de GB/AVEVA
Orientador	Mg. Ing Milton Eduardo Sosa	FIUBA	Director del trabajo final
Usuario final	-	-	Equipo de GB y sus clientes

- Cliente: Eddie Sierra, creó GB como emprendimiento personal y es el principal interesado en el desarrollo de la aplicación de monitoreo. Trabaja en AVEVA y está tratando de impulsar la visibilidad de GB dentro de AVEVA y empresas asociadas para conseguir financiamiento e interesados. Actualmente se ocupa de todas las cuestiones constructivas de la unidad Ángel, con lo cual no dispone de tiempo para hacer un seguimiento detallado del desarrollo. Su prioridad es que el desarrollo tenga el menor costo posible. Vive en Colombia y se debe considerar la diferencia horaria para programar reuniones con él.
- Orientador: Milton Sosa, ayudará con la definición de los requerimientos y alcance del proyecto. Se encuentra viviendo en Europa y se debe considerar la diferencia horaria para programar reuniones con él.
- Usuario final: los miembros del equipo de GB y sus clientes utilizarán la plataforma desde diferentes partes del mundo para visualizar el estado de funcionamiento y rendimiento de las unidades.

## 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar e implementar el prototipo para una plataforma de monitoreo que permita visualizar en tiempo real y almacenar el historial de los datos operacionales de la unidad GB005 y las unidades futuras del proyecto *Green Backbone*, con el objetivo de visualizar el estado de funcionamiento de las unidades, evaluar el rendimiento de estas y programar su mantenimiento y recambio de consumibles.

#### 4. Alcance del proyecto

El proyecto incluye:

- Supuesto 1
- Supuesto 2...

El proyecto no incluye:

- Supuesto 1
- Supuesto 2...

¿Qué se incluye y que no se incluye en este proyecto?

Se refiere al trabajo a hacer para entregar el producto o resultado especificado.

Explicitar todo lo quede comprendido dentro del alcance del proyecto.

Explicitar además todo lo que no quede incluido ( “El presente proyecto no incluye...” )

#### 5. Supuestos del proyecto

“Para el desarrollo del presente proyecto se supone que: ...”

- Supuesto 1
- Supuesto 2...

Por ejemplo, se podrían incluir supuestos respecto a disponibilidad de tiempo y recursos humanos y materiales, sobre la factibilidad técnica de distintos aspectos del proyecto, sobre otras cuestiones que sean necesarias para el éxito del proyecto como condiciones macroeconómicas o reglamentarias.

#### 6. Requerimientos

Los requerimientos deben numerarse y de ser posible estar agruparlos por afinidad, por ejemplo:

1. Requerimientos funcionales
  - 1.1. El sistema debe...
  - 1.2. Tal componente debe...
  - 1.3. El usuario debe poder...
2. Requerimientos de documentación



- 2.1. Requerimiento 1
- 2.2. Requerimiento 2 (prioridad menor)
3. Requerimiento de testing...
4. Requerimientos de la interfaz...
5. Requerimientos interoperabilidad...
6. etc...

Leyendo los requerimientos se debe poder interpretar cómo será el proyecto y su funcionalidad.

Indicar claramente cuál es la prioridad entre los distintos requerimientos y si hay requerimientos opcionales.

No olvidarse de que los requerimientos incluyen a las regulaciones y normas vigentes!!!

Y al escribirlos seguir las siguientes reglas:

- Ser breve y conciso (nadie lee cosas largas).
- Ser específico: no dejar lugar a confusiones.
- Expresar los requerimientos en términos que sean cuantificables y medibles.

## 7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Descripción: En esta sección se deben incluir las historias de usuarios y su ponderación (*history points*). Recordar que las historias de usuarios son descripciones cortas y simples de una característica contada desde la perspectiva de la persona que desea la nueva capacidad, generalmente un usuario o cliente del sistema. La ponderación es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo.

El formato propuesto es: como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”

Se debe indicar explícitamente el criterio para calcular los *story points* de cada historia

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de uso
- Diagrama de circuitos esquemáticos
- Código fuente del firmware

- Diagrama de instalación
- Informe final
- etc...

## 9. Desglose del trabajo en tareas

El WBS debe tener relación directa o indirecta con los requerimientos. Son todas las actividades que se harán en el proyecto para dar cumplimiento a los requerimientos. Se recomienda mostrar el WBS mediante una lista indexada:

1. Grupo de tareas 1
  - 1.1. Tarea 1 (tantas h)
  - 1.2. Tarea 2 (tantas hs)
  - 1.3. Tarea 3 (tantas h)
2. Grupo de tareas 2
  - 2.1. Tarea 1 (tantas h)
  - 2.2. Tarea 2 (tantas h)
  - 2.3. Tarea 3 (tantas h)
3. Grupo de tareas 3
  - 3.1. Tarea 1 (tantas h)
  - 3.2. Tarea 2 (tantas h)
  - 3.3. Tarea 3 (tantas h)
  - 3.4. Tarea 4 (tantas h)
  - 3.5. Tarea 5 (tantas h)

Cantidad total de horas: (tantas h)

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 h.

## 10. Diagrama de Activity On Node

Armar el AoN a partir del WBS definido en la etapa anterior.

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semicríticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color, como se muestra en el siguiente ejemplo:



Figura 3. Diagrama de *Activity on Node*.

## 11. Diagrama de Gantt

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de Gantt, entre los cuales destacamos:

- Planner
- GanttProject
- Trello + *plugins*. En el siguiente link hay un tutorial oficial:  
<https://blog.trello.com/es/diagrama-de-gantt-de-un-proyecto>
- Creately, herramienta online colaborativa.  
<https://creately.com/diagram/example/ieb3p3ml/LaTeX>
- Se puede hacer en latex con el paquete *pgfgantt*  
<http://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/pgfgantt/pgfgantt.pdf>

Pegar acá una captura de pantalla del diagrama de Gantt, cuidando que la letra sea suficientemente grande como para ser legible. Si el diagrama queda demasiado ancho, se puede pegar primero la “tabla” del Gantt y luego pegar la parte del diagrama de barras del diagrama de Gantt.

Configurar el software para que en la parte de la tabla muestre los códigos del EDT (WBS).  
Configurar el software para que al lado de cada barra muestre el nombre de cada tarea.  
Revisar que la fecha de finalización coincida con lo indicado en el Acta Constitutiva.

En la figura 4, se muestra un ejemplo de diagrama de Gantt realizado con el paquete de *pgfgantt*. En la plantilla pueden ver el código que lo genera y usarlo de base para construir el propio.



Figura 4. Diagrama de Gantt de ejemplo



Figura 5. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

**IMPORTANTE:** No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

## 13. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos de forma negativa)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).
- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):

■ Ocurrecia (O):

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como  $RPN=S \times O$ )

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a...

Nota: los valores marcados con (\*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

## 14. Gestión de la calidad

Elija al menos diez requerimientos que a su criterio sean los más importantes/críticos/que aportan más valor y para cada uno de ellos indique las acciones de verificación y validación que permitan asegurar su cumplimiento.

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
  - Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente. Detallar
  - Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido. Detallar

Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, mediciones, etc. Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como “caja blanca”, es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno. En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como “caja negra”, es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.

## 15. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:  
- Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.