**Marco Metodológico**

**A. Gestión del Proyecto**

El presente proyecto se fundamenta en el diseño e implementación de un sistema automatizado para la clarificación de efluentes contaminados mediante floculación con agentes orgánicos (principalmente *Moringa Oleífera*). La gestión del proyecto se estructuró en torno a cuatro ejes principales: definición del problema, delimitación del alcance, asignación de roles del personal y planeación de fases de desarrollo.

**Definición del problema:** El tratamiento de agua mediante coagulantes sintéticos presenta elevados costos, riesgos ambientales y limitaciones operativas. La población en zonas marginadas enfrenta la imposibilidad de acceder a tecnologías de clarificación seguras, confiables y de bajo costo

En este contexto, se requiere un sistema autónomo, sostenible y de fácil operación que garantice parámetros de potabilización conforme a normativas nacionales (NTU, TDS, DBO, DQO).

**Alcance del proyecto:** El prototipo se concibe para operar en comunidades rurales e industrias de bajo recurso tecnológico, garantizando la reducción de turbidez, sólidos suspendidos y contaminantes químicos en agua residual

Se contempla la escalabilidad hacia aplicaciones industriales y la integración futura de tecnologías IoT e inteligencia artificial.

**Roles del personal:**

* **Director del proyecto:** Responsable de la planificación estratégica y supervisión general.
* **Equipo de investigación (bioquímica y mecatrónica):** Encargado del diseño del sistema electromecánico, instrumentación de sensores y pruebas de calidad de agua.
* **Equipo de software y control:** Implementación de algoritmos en sistemas embebidos, integración de interfaz de usuario y monitoreo remoto.
* **Equipo de campo:** Ejecución de muestreos, validación de resultados y ajuste de parámetros operativos.
* **Colaboradores externos (académicos e industriales):** Validación experimental, aportación de lineamientos normativos y asesoría en transferencia tecnológica.

**B. Plan de Métricas**

El plan de métricas se diseñó con el fin de garantizar calidad, productividad y eficiencia durante el ciclo de vida del proyecto.

1. **Métricas de calidad del agua (producto final):**
   * **Turbidez (NTU):** ≤ 5 NTU post-proceso.
   * **Sólidos disueltos totales (TDS):** ≤ 500 mg/L.
   * **DBO y DQO:** reducción mínima del 80% frente a la muestra inicial.
   * **pH y temperatura:** dentro de rango normativo para agua potable (6.5 – 8.5).
2. **Métricas de productividad del proyecto:**
   * Cumplimiento de entregables por fase (diseño CAD, prototipo funcional, validación experimental).
   * Tiempo promedio de iteración de pruebas ≤ 2 semanas.
   * Porcentaje de reutilización de componentes modulares ≥ 70%.
3. **Métricas de proceso (gestión y desarrollo):**
   * **Eficiencia del prototipo:** tiempo promedio de clarificación ≤ 30 min por lote de 10 L.
   * **Disponibilidad del sistema:** ≥ 95% en pruebas de operación continua.
   * **Errores en software embebido:** < 5 defectos críticos por iteración.

**C. Plan de Trabajo basado en Técnica Scrum**

Dada la complejidad interdisciplinaria del proyecto y la necesidad de contar con resultados iterativos, se seleccionó el marco ágil **Scrum** como técnica de gestión. Esta elección permite adaptarse a cambios de requisitos, garantizar entregables funcionales en corto plazo y facilitar la colaboración de equipos de ingeniería, investigación y campo.

**Selección de la técnica Scrum:**

Scrum favorece la flexibilidad frente a incertidumbres técnicas y normativas, fomenta la interacción constante entre el equipo y stakeholders, y asegura la entrega de prototipos incrementales que se pueden evaluar mediante métricas de calidad del agua.

**Roles Scrum en el proyecto:**

* **Product Owner (PO):** Director del proyecto.
* **Scrum Master:** Investigador principal de control y automatización.
* **Development Team:** Ingenieros mecánicos, electrónicos, de software y equipo de campo.

**Definición de Sprints:** Se contemplan seis sprints de 3 semanas cada uno (18 semanas totales), estructurados de la siguiente manera:

* **Sprint 1:** Levantamiento de requerimientos y diseño conceptual.
* **Sprint 2:** Modelado matemático y simulación del proceso de floculación.
* **Sprint 3:** Desarrollo del subsistema mecánico (CAD + FEA).
* **Sprint 4:** Desarrollo del subsistema electrónico y de control (sensores + firmware).
* **Sprint 5:** Integración del prototipo funcional en laboratorio.
* **Sprint 6:** Validación y optimización en campo.

**Eventos y artefactos Scrum:**

* **Eventos:** Daily Scrum, Sprint Planning, Sprint Review y Sprint Retrospective.
* **Artefactos:** Product Backlog, Sprint Backlog e Incremento funcional del prototipo.

Este enfoque asegura un proceso iterativo con retroalimentación constante, minimizando riesgos técnicos y maximizando el impacto del sistema en su aplicación real.

**D. Herramientas de Control Inicial**

Para garantizar la trazabilidad y mejora continua, se estableció un ecosistema de herramientas digitales:

* **Jira Software:** gestión ágil de tareas, control de backlog y seguimiento de sprints.
* **GitHub Projects:** control de versiones del código fuente y documentación técnica.
* **SonarQube:** métricas de calidad del software embebido, detección de errores y deuda técnica.
* **MATLAB/Simulink:** modelado dinámico de procesos de floculación y simulación de control automático.

El uso conjunto de estas herramientas permite integrar la gestión ágil con la medición de calidad y productividad, asegurando un prototipo replicable y con potencial de transferencia tecnológica.