

Formato de Entregables – Puntos de Control (PC)

Asignatura: Proyectos V – Ingeniería Mecatrónica

Universidad Modelo

1. Datos Generales

- Integrantes:

- Angel David Vázquez Mayo

- Proyecto: Sistema De Detección De Incrustaciones Calcáreas

- Punto de Control: PC0

- Fecha de entrega: 17/9/2025

2. Objetivo del Entregable

El Punto de Control 0 (PC0) representa la fase inicial y obligatoria del proyecto, donde se sientan las bases para todo el desarrollo futuro. En esta etapa, el equipo debe evidenciar su comprensión del reto mediante la presentación y análisis de la problemática a resolver, estableciendo objetivos claros y realizando una investigación exploratoria sobre el tema. Con base en lo anterior, se formula una idea de solución inicial, se justifica su pertinencia, se analizan su viabilidad y funciones, y se organiza el equipo de trabajo. Este entregable consolida las fases de "Empatizar" y "Definir" del Design Thinking, asegurando que el proyecto comience con un fundamento sólido y bien definido.

3. Desarrollo del Entregable

Planteamiento del Problema

La Península de Yucatán se caracteriza por tener una de las aguas más "duras" del mundo. Esta condición se debe a las altas concentraciones de minerales disueltos, principalmente carbonatos de calcio y magnesio, que se infiltran en el manto acuífero a través del subsuelo. Debido a la elevada dureza del agua en la región, la precipitación de estos minerales genera incrustaciones adherentes, comúnmente conocidas como "sarro", en las superficies internas de tuberías y equipos que utilizan agua.

Consecuencias Directas:

Este fenómeno, aunque gradual, tiene un impacto tangible y perjudicial en la infraestructura residencial y comercial. Las principales consecuencias son:

- **Formación de Incrustaciones:** Se generan depósitos adherentes, comúnmente conocidos como "sarro", en las superficies internas de tuberías y equipos.
- **Obstrucción y Pérdida de Eficiencia:** Este fenómeno resulta en la obstrucción parcial de las líneas de flujo, una pérdida significativa en la eficiencia de transferencia de calor (especialmente en calentadores) y un incremento en los costos de bombeo y mantenimiento.
- **Acumulación en Almacenamiento:** También se observa una notable acumulación de estos depósitos minerales en tanques de almacenamiento de agua.

La principal dificultad que enfrentan los usuarios es que la acumulación de sarro es un problema invisible. Sus efectos se manifiestan de forma paulatina y no son evidentes hasta que el daño es significativo, ya sea a través de una falla completa del equipo o un aumento notorio en las facturas de energía.

¿Cómo podemos hacer visible este problema invisible, dándole al usuario una herramienta para medir y controlar la pérdida de eficiencia antes de que el impacto económico sea severo?

Justificación del Proyecto

La justificación de este proyecto radica en su potencial para cambiar el paradigma de mantenimiento de reactivo a preventivo y basado en datos. El sistema propuesto busca proteger equipos críticos como calentadores y lavadoras contra fallas prematuras y la pérdida de eficiencia energética. Al alertar al usuario sobre la necesidad de mantenimiento de manera oportuna, se pueden lograr ahorros económicos significativos, extender la vida útil de los electrodomésticos y fomentar un uso más eficiente de la energía.

Este sistema ofrece una solución de alto valor al permitir la toma de decisiones basada en datos reales, optimizando los ciclos de mantenimiento, protegiendo la inversión en electrodomésticos y contribuyendo al ahorro energético.

El proyecto se considera viable dentro del contexto académico por las siguientes razones:

- **Tecnología Accesible:** Los sensores para medir sólidos disueltos, temperatura, flujo y presión son componentes electrónicos comerciales de costo asequible y amplia disponibilidad.
- **Enfoque No Invasivo:** La propuesta de un sistema no invasivo elimina la necesidad de modificar o dañar la infraestructura de plomería existente, lo que reduce drásticamente la complejidad, el costo y el riesgo de la instalación.
- **Escalabilidad:** El concepto es escalable, pudiendo iniciar con un prototipo funcional para un solo punto de monitoreo y expandirse a futuro.

Idea de Proyecto y Propuesta de Solución

La propuesta consiste en el desarrollo de un *sistema de monitoreo no invasivo* que mide en tiempo real los indicadores indirectos de la acumulación de incrustaciones calcáreas. Dado que la medición directa del espesor del sarro dentro de las tuberías es técnicamente inviable en un entorno residencial, la solución se enfoca en monitorear de forma continua los efectos secundarios que este provoca en el sistema

El sistema se compondrá de varios módulos interconectados que analizarán diferentes variables para construir un diagnóstico integral del estado de la red hidráulica:

- **Módulo de Calidad de Agua:** Se utilizará un Sensor de Sólidos Disueltos (TDS) para medir la concentración de minerales en el agua, estableciendo la "dureza" en tiempo real.
- **Módulo de Temperatura:** Se monitoreará la temperatura del agua en el tinaco para correlacionar la influencia estacional con la aceleración en la formación de sarro.
- **Módulo de Flujo y Presión:** Se medirán los PSI y el caudal para detectar las variaciones que indican una obstrucción progresiva en las tuberías.
- **Módulo de Análisis de Uso:** Se registrarán los patrones de uso para entender cómo el comportamiento del usuario impacta en la velocidad de acumulación de las incrustaciones.

Objetivos Preliminares del Proyecto

Para guiar el desarrollo y definir claramente el alcance de la solución propuesta, se establecen los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Desarrollar un sistema de monitoreo no invasivo que mida en tiempo real la calidad del agua para alertar al usuario sobre la necesidad de mantenimiento preventivo.

Objetivos Específicos:

- Identificar los signos tempranos y métodos de diagnóstico para evaluar la severidad de la acumulación de sarro en las tuberías.
- Proteger los equipos críticos (calentadores, lavadoras, etc.) contra la pérdida de eficiencia energética y las fallas prematuras causadas por el sarro.

4. Evidencias

Bin Mustapha, S. (2014). Design and setup the sampling system to modify and reduce the deposition in sampling fluid pipe lines by reducing the pressure drop. *Journal of biofertilizers & biopesticides*, 05(01), 1–4. <https://doi.org/10.4172/2157-7544.1000131>

Chowdury, M. S. U., Emran, T. B., Ghosh, S., Pathak, A., Alam, M. M., Absar, N., Andersson, K., & Hossain, M. S. (2019). IoT based real-time river water quality monitoring system. *Procedia Computer Science*, 155, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.08.025>

Guo, X., Zhao, L., Cao, Z., & Deng, J. (2026). The development and application of transient-based leak detection methods in pressurized liquid pipelines: A review. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 257(118867), 118867. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.118867>

Muryanto, S., Bayuseno, A. P., Ma'mun, H., Usamah, M., & Jotho. (2014). Calcium carbonate scale formation in pipes: Effect of flow rates, temperature, and Malic acid as additives on the mass and morphology of the scale. *Procedia chemistry*, 9, 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2014.05.009>

Salehin, S., Meem, T. A., Islam, A. J., & Al Islam, N. (2023). Design and development of a low-cost IoT-based water quality monitoring system. En *Lecture Notes in Electrical Engineering* (pp. 709–721). Springer Nature Singapore.

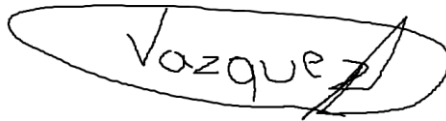
5. Conclusiones parciales

En esta fase inicial del proyecto, el equipo ha logrado un avance significativo al establecer las bases conceptuales y estratégicas de nuestra propuesta. Se realizó una investigación exhaustiva para definir con claridad el problema de la acumulación de sarro, un desafío relevante y tangible en la Península de Yucatán. A partir de ahí, se desarrolló una justificación sólida que articula el valor del proyecto, enfocándose en un cambio hacia el mantenimiento preventivo y el ahorro energético.

La propuesta de solución fue delineada a través de un sistema de monitoreo no invasivo, detallando los módulos tecnológicos y las variables clave a medir (TDS, temperatura, flujo y presión). Finalmente, se establecieron objetivos claros y alcanzables que guiarán las siguientes etapas del desarrollo.

6. Firma/Responsable del equipo

Vázquez Mayo Angel David

A handwritten signature, "Vazquez", is enclosed within a hand-drawn oval. A diagonal line is drawn across the signature from the bottom right towards the top right.

Formato de Entregables – Puntos de Control (PC)

Asignatura: Proyectos V – Ingeniería Mecatrónica

Universidad Modelo

1. Datos Generales

- Integrantes:

- Angel David Vázquez Mayo

- Proyecto: Sistema De Detección De Incrustaciones Calcáreas

- Punto de Control: PC1

- Fecha de entrega: 17/9/2025

2. Objetivo del Entregable

El Punto de Control 1 (PC1) se centra en la planificación detallada y la administración del proyecto, sirviendo como la fase donde la idea inicial se transforma en un plan de acción concreto. En este entregable, el equipo debe evidenciar un plan de trabajo exhaustivo que defina claramente todas las etapas, tareas y acciones a realizar, junto con un cronograma de ejecución y la asignación de responsabilidades a cada miembro. Además, se debe presentar una definición de los recursos necesarios y una descripción precisa del proyecto que establezca sus objetivos, características, delimitaciones y los módulos a desarrollar.

3. Desarrollo del Entregable

Planificación Detallada y Estrategia de Riesgos

El objetivo fundamental de este proyecto es el desarrollo de un sistema de monitoreo no invasivo que, mediante la medición de variables indirectas como la calidad del agua y la presión del sistema, alerte al usuario sobre la necesidad de mantenimiento preventivo antes de que la acumulación de incrustaciones genere un impacto económico severo.

A continuación, se presentarán los objetivos específicos y el alcance delimitado del proyecto, un plan de trabajo detallado con su cronograma, la lista de recursos requeridos, las especificaciones funcionales y, de manera crucial, un análisis preliminar de los riesgos potenciales junto con sus respectivas estrategias de mitigación. Este documento servirá como la hoja de ruta formal que guiará el desarrollo y la implementación del prototipo a lo largo de los siguientes semestres.

Objetivos del Proyecto del prototipado

Objetivo General:

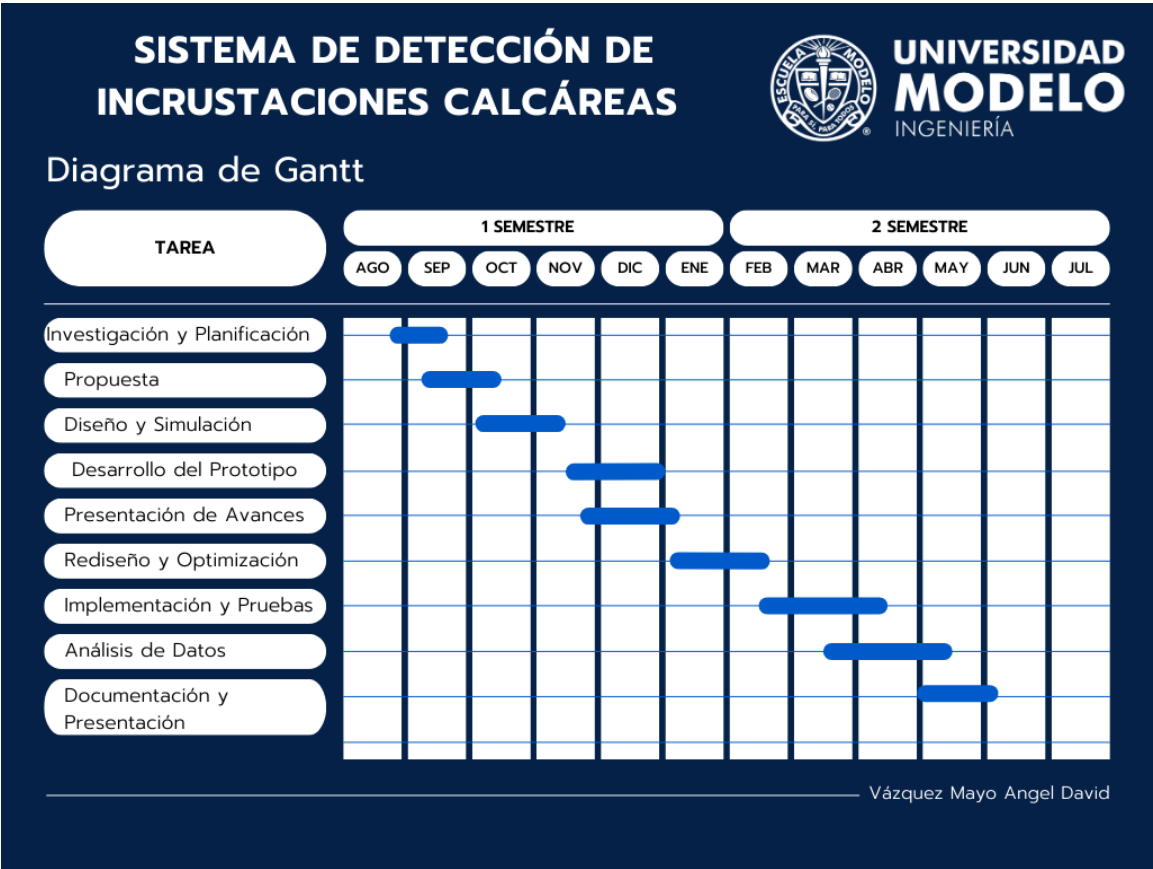
- Desarrollar un sistema de monitoreo no invasivo que mida en tiempo real la calidad del agua para alertar al usuario sobre la necesidad de mantenimiento preventivo.

Objetivos Específicos:

- Identificar los signos tempranos y métodos de diagnóstico para evaluar la severidad de la acumulación de sarro en las tuberías.
- Proteger los equipos críticos (calentadores, lavadoras, etc.) contra la pérdida de eficiencia energética y las fallas prematuras causadas por el sarro.

Plan de Trabajo y Cronograma

Diagrama de Gantt



Cronograma Detallado del Proyecto (2025-2026)

El presente plan de trabajo se ha estructurado para una ejecución de dos semestres académicos, con fecha de inicio el 29 de agosto de 2025. El cronograma tiene como finalidad guiar el desarrollo del proyecto desde su conceptualización hasta la presentación y validación final, asegurando el cumplimiento de los puntos de control (PC) estipulados en la metodología de la institución.

Desarrollo del Prototipo Funcional (Otoño 2025)

Objetivo Semestral: Materializar el concepto del proyecto en un prototipo funcional en su versión alfa. Dicho prototipo deberá validar la viabilidad técnica de la metodología de monitoreo propuesta para la detección de los efectos de las incrustaciones calcáreas.

Fase 1: Investigación y Planificación Profunda (29 de agosto - 1 de octubre de 2025)

Durante el periodo inicial, el esfuerzo se concentrará en la consolidación de los fundamentos teóricos y administrativos del proyecto. Se ejecutará una revisión bibliográfica exhaustiva y un análisis de las soluciones tecnológicas comerciales existentes para identificar el estado del arte y las áreas de oportunidad. De forma simultánea, se procederá

con la selección final de los componentes electrónicos, específicamente los sensores de Sólidos Disueltos Totales (TDS), flujo, presión y temperatura. Esta fase culminará con la elaboración de una lista de materiales (BOM) y un presupuesto detallado.

Finalización y entrega de la documentación correspondiente a los Puntos de Control 0 y 1 (PC0 y PC1), la cual incluye la definición formal del problema, la propuesta de valor y un plan de trabajo pormenorizado con su respectiva matriz de gestión de riesgos.

Fase 2: Diseño y Simulación (1 de octubre - 7 de noviembre de 2025)

Esta fase se enfocará en la materialización digital del prototipo. Se empleará software de diseño asistido por computadora (CAD) para el modelado tridimensional de la carcasa y de los soportes no invasivos destinados al acoplamiento con la tubería. Paralelamente, se diseñarán los esquemáticos del circuito electrónico y se realizarán simulaciones de su comportamiento para validar el diseño y anticipar su rendimiento antes del ensamblaje físico.

Cumplimiento de los Puntos de Control 2 y 3 (PC2 y PC3), mediante la presentación del diseño conceptual, los diagramas electrónicos, los resultados de las simulaciones y las especificaciones técnicas del proyecto para su revisión y aprobación formal.

Fase 3: Desarrollo del Prototipo Alfa (10 de noviembre - 5 de diciembre de 2025)

Una vez aprobados los diseños, esta fase se dedicará a la construcción del primer prototipo físico. Se iniciará con la adquisición de todos los componentes electrónicos y materiales de construcción. El trabajo subsecuente consistirá en el ensamblaje del hardware, la soldadura de los circuitos en una placa de prototipado y la programación del microcontrolador para la correcta adquisición y procesamiento de los datos provenientes de los sensores.

Obtención de un prototipo en versión alfa, completamente ensamblado y con la capacidad de realizar mediciones funcionales en un entorno de laboratorio controlado.

Fase 4: Pruebas Preliminares y Presentación de Avances (8 de diciembre - 19 de diciembre de 2025)

El periodo final del semestre se asignará a la ejecución de pruebas iniciales y a la preparación del informe de cierre semestral. Se efectuarán las calibraciones iniciales de los sensores y se realizarán pruebas de funcionalidad en un banco de pruebas para verificar que la operación del prototipo se alinea con las especificaciones de diseño.

Realización de la "Presentación 1 de avances", en la cual se demostrará el prototipo alfa y se expondrán los resultados de las pruebas preliminares, cumpliendo así con los requerimientos parciales de los **Puntos de Control 4 y 5 (PC4 y PC5)**.

Refinamiento, Implementación y Validación (Primavera 2026)

Objetivo Semestral: Evolucionar el prototipo alfa a una versión beta robusta y optimizada. Dicha versión será implementada en pruebas de larga duración para la recolección y análisis de datos que validen la hipótesis del proyecto, culminando con la presentación de un producto tecnológico completo.

Fase 5: Rediseño y Optimización (20 de enero - 20 de febrero de 2026)

A partir de la retroalimentación obtenida y los resultados de la fase anterior, este periodo se dedicará a la mejora integral del prototipo. Las tareas incluirán la optimización del código fuente para mejorar la eficiencia energética y la implementación de un sistema de registro de datos (datalogging) para almacenamiento local o en la nube. Se refinará también el diseño de la carcasa para optimizar su montaje, estética y protección contra el entorno.

Se obtendrá un prototipo en versión beta, caracterizado por su mayor robustez y fiabilidad, preparado para su implementación en pruebas extendidas.

Fase 6: Implementación y Pruebas de Larga Duración (23 de febrero - 24 de abril de 2026)

Esta representa la fase de validación experimental más importante del proyecto. El prototipo beta será instalado en un entorno de prueba semi-realista, el cual simulará condiciones de uso residencial. El sistema operará de forma continua durante un periodo de varias semanas, con el objetivo principal de recolectar un volumen significativo de datos que permitan la observación de tendencias a largo plazo.

Generación de un conjunto de datos (dataset) completo y detallado, que refleje el comportamiento de las variables monitoreadas a lo largo de un periodo de tiempo representativo.

Fase 7: Análisis de Datos y Validación del Modelo (27 de abril - 15 de mayo de 2026)

Con el conjunto de datos recolectado, el enfoque se transfiere al análisis cuantitativo. Se procesará la información para identificar correlaciones estadísticas significativas entre las variables medidas. El objetivo es desarrollar y validar un modelo algorítmico que sea capaz de interpretar estas correlaciones para generar alertas de mantenimiento preventivo de manera precisa y oportuna.

Elaboración de un informe de análisis de datos que presente la validación del modelo de detección y la efectividad general del sistema.

Fase 8: Documentación y Presentación Final (18 de mayo - 29 de mayo de 2026)

Las últimas semanas del proyecto se dedicarán a la consolidación de toda la labor realizada. Se redactará la memoria técnica final, el manual de usuario y se preparará el material de exposición para la feria de proyectos.

Cumplimiento de los Puntos de Control 6 y 7 (PC6 y PC7), donde se demostrará un prototipo completamente funcional, validado y documentado.

Recursos Necesarios

- **Hardware:**
 - Microcontrolador con conectividad Wi-Fi (Ej. ESP32).
 - Sensor de Sólidos Disueltos Totales (TDS).
 - Sensor de Temperatura sumergible (Ej. DS18B20).
 - Sensor de Flujo de agua y/o Sensor de Presión diferencial.
 - Fuente de alimentación, PCB, cableado y componentes electrónicos pasivos.
 - Materiales para impresión 3D de la carcasa (PLA/PETG).
- **Software:**
 - Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) para programación (Ej. Arduino IDE con PlatformIO).
 - Software de diseño CAD (Ej. Fusion 360, SolidWorks).
 - Plataforma IoT para visualización de datos
- **Infraestructura:**
 - Banco de pruebas con circuito cerrado de tubería de PVC.
 - Bomba de agua pequeña.
 - Acceso a herramientas de electrónica (cautín, multímetro) e impresora 3D.

Especificaciones, Restricciones y Delimitaciones

Para definir con precisión los límites del proyecto, se establecen los siguientes puntos:

Especificaciones Funcionales:

1. El sistema deberá medir la concentración de Sólidos Disueltos Totales.
2. El sistema deberá registrar la presión del sistema con una resolución mínima.
3. El sistema deberá ser capaz de enviar una alerta al usuario cuando las variables monitoreadas indiquen un riesgo de acumulación de sarro.

Restricciones del Proyecto:

1. El costo total de los componentes del prototipo no deberá exceder un presupuesto predefinido.
2. El montaje del dispositivo en la tubería debe ser de carácter no invasivo, sin requerir cortes ni perforaciones en la instalación existente.
3. El diseño está limitado a tuberías de uso residencial estándar (PVC de $\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{4}$ ").

Delimitaciones (Alcance):

1. El sistema es una herramienta de diagnóstico y alerta; no realiza ninguna acción de tratamiento o eliminación de las incrustaciones.
2. El prototipo está diseñado para operar en condiciones de agua a temperatura ambiente y baja presión, correspondientes a un entorno residencial.
3. La correlación entre los datos de los sensores y el espesor real de sarro será un modelo estimado basado en efectos indirectos, no una medición directa.

Gestión de Riesgos

se ha realizado un análisis para identificar los riesgos potenciales que podrían impactar el desarrollo del proyecto. Estos se han clasificado en dos categorías principales: riesgos internos, que son inherentes a la ejecución del proyecto, y riesgos externos, que provienen de factores fuera del control directo del equipo.

Riesgos Internos (Directamente Relacionados con el Proyecto)

- **Riesgo 1:** La correlación entre la caída de presión/flujo y la cantidad de sarro resulta ser no lineal o demasiado compleja para modelar de forma fiable.
 - **Categoría:** Implementación.
 - **Análisis:** Probabilidad Alta, Impacto Alto. La validación del proyecto depende de esta correlación.
 - **Estrategia de Mitigación:** Se establecerá una línea base precisa con tubería limpia y se realizarán pruebas incrementales con obstrucciones artificiales de volumen conocido para crear una curva de calibración. El modelo final se enfocará en la detección de tendencias a lo largo del tiempo en lugar de valores absolutos instantáneos.
- **Riesgo 2:** Inexactitud o deriva en la calibración del sensor de Sólidos Disueltos Totales (TDS) a lo largo del tiempo.
 - **Categoría:** Técnico.
 - **Análisis:** Probabilidad Media, Impacto Alto. Mediciones incorrectas invalidarían los datos recolectados.
 - **Estrategia de Mitigación:** Se realizará una calibración inicial del sensor utilizando soluciones estándar de TDS de concentraciones conocidas. Se implementará en el software una rutina de auto-calibración o recordatorios periódicos para que el usuario realice una calibración manual.

- **Riesgo 3:** Retrasos en la adquisición de componentes electrónicos específicos, especialmente los sensores de flujo importados.
 - **Categoría:** Logístico.
 - **Análisis:** Probabilidad Media, Impacto Medio. Podría retrasar significativamente el cronograma.
 - **Estrategia de Mitigación:** Se realizará la orden de compra de todos los componentes críticos al inicio del proyecto (Fase 1). Se identificarán previamente de dos a tres proveedores alternativos. El diseño del PCB se mantendrá flexible para aceptar modelos de sensores alternativos con huellas (footprints) similares.

Riesgos Externos (Factores Fuera del Control del Proyecto)

- **Riesgo 4:** Aumento súbito en el costo o escasez de componentes electrónicos clave (microcontroladores, sensores) debido a fluctuaciones del mercado global o problemas en la cadena de suministro.
 - **Categoría:** Económico / Cadena de Suministro.
 - **Análisis:** Probabilidad Media, Impacto Alto. Podría detener la fase de construcción o exceder el presupuesto.
 - **Estrategia de Mitigación:** Se priorizará la adquisición de todos los componentes críticos en la Fase 1 del proyecto para asegurar tanto la disponibilidad como el costo. Se seleccionarán componentes que tengan sustitutos directos de diferentes fabricantes para no depender de un único proveedor.
- **Riesgo 5:** Interrupción del proyecto debido a eventos climáticos extremos, particularmente durante la temporada de huracanes en la región, resultando en cortes de energía prolongados o daños a la infraestructura de prueba.
 - **Categoría:** Ambiental / Climático.
 - **Análisis:** Probabilidad Baja (dentro de un semestre específico), Impacto Alto. Podría causar la pérdida de datos y retrasos significativos.
 - **Estrategia de Mitigación:** Se mantendrán copias de seguridad periódicas y automáticas de todo el software y la documentación en servicios en la nube. El prototipo físico será diseñado para ser fácilmente desmontable y resguardado en caso de una alerta meteorológica. Se incorporará un margen de tiempo de contingencia en el cronograma, especialmente en las fases de pruebas de larga duración.

- **Riesgo 6:** Falta de aceptación o comprensión de la tecnología por parte del usuario final. El sistema puede ser técnicamente funcional, pero si el usuario no confía en las alertas, las considera una molestia o no sabe cómo interpretarlas, el proyecto fracasa en su objetivo de habilitar el mantenimiento preventivo.
 - **Categoría:** Social / Adopción de Usuario.
 - **Análisis:** Probabilidad Media, Impacto Alto. La funcionalidad técnica del prototipo es irrelevante si no conduce a una acción correctiva por parte del usuario.
 - **Estrategia de Mitigación:** Se aplicarán principios de Diseño Centrado en el Usuario (DCU) en el desarrollo de la interfaz de alertas. Se creará una guía de inicio rápido, simple y visual, que explique el significado de cada notificación y las acciones recomendadas. Durante la Fase 7 (Análisis de Datos), se pondrá especial atención en la calibración del algoritmo para minimizar los "falsos positivos" y evitar la "fatiga de alarmas" que llevaría al usuario a ignorar las notificaciones.

4. Evidencias

Differential pressure flow measurement. (s/f). Endress.com. Recuperado el 3 de octubre de 2025, de <https://www.es.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-caudal/differential-pressure-flow-measurement>

Erun Environmental Protection. (s/f). *Total Dissolved Solids (TDS) meter: Your ultimate guide to water quality testing.* Erunwas.com. Recuperado el 3 de octubre de 2025, de <https://www.erunwas.com/news-detail/id-109.html>

Jayaraman, P., Nagarajan, K. K., Partheeban, P., & Krishnamurthy, V. (2024). Critical review on water quality analysis using IoT and machine learning models. *International Journal of Information Management Data Insights*, 4(1), 100210. <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2023.100210>

Schaal, S. (2025, mayo 9). Mitigating risks in the electronics supply chain. *Luminovo.com*. <https://luminovo.com/resources/blog/mitigating-risks-in-the-electronics-supply-chain-best-practices>

What is User Centered Design (UCD)? — updated 2025. (2016, junio 5). The Interaction Design Foundation; Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design>

5. Conclusiones parciales

En esta fase del proyecto, el equipo ha logrado un avance fundamental al traducir la conceptualización del problema (PC0) en una hoja de ruta detallada y estructurada. Se ha realizado un esfuerzo considerable en la planificación del proyecto, definiendo con claridad las fases de desarrollo, desde la investigación inicial hasta la validación final, abarcando un cronograma de dos semestres.

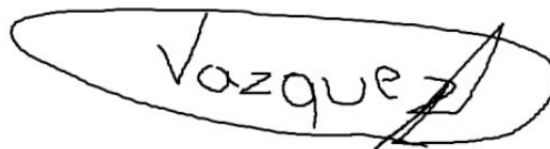
Consideramos que se cumplieron de manera integral los objetivos planteados para el entregable PC1. El documento presentado incluye:

- **Un Plan de Trabajo detallado:** Se presenta un cronograma completo, visualizado en un Diagrama de Gantt, que desglosa el proyecto en 8 fases específicas, cada una con sus propios objetivos y plazos definidos.
- **Definición de Recursos:** Se ha elaborado una lista completa de los recursos de hardware, software e infraestructura necesarios para la construcción y prueba del prototipo.
- **Alcance y Especificaciones:** Se establecieron claramente las especificaciones funcionales, las restricciones (como el presupuesto y el carácter no invasivo) y las delimitaciones del sistema.
- **Gestión de Riesgos:** Se realizó un análisis proactivo de riesgos internos y externos, identificando su probabilidad e impacto, y se plantearon estrategias de mitigación concretas para cada uno.

Este entregable establece una base sólida y bien documentada que guiará la ejecución del proyecto en los próximos meses, asegurando que todos los miembros del equipo tengan una comprensión clara de los objetivos, plazos y responsabilidades.

6. Firma/Responsable del equipo

Vázquez Mayo Angel David



Formato de Entregables – Puntos de Control (PC)

Asignatura: Proyectos V – Ingeniería Mecatrónica

Universidad Modelo

1. Datos Generales

- Integrantes:

- Angel David Vázquez Mayo

- Proyecto: Sistema De Detección De Incrustaciones Calcáreas

- Punto de Control: PC2

- Fecha de entrega: 15/11/2025

2. Objetivo del Entregable

Definir el listado de requerimientos funcionales, parámetros de diseño y restricciones que establecen el alcance y las características de la solución, justificando las necesidades seleccionadas.

3. Desarrollo del Entregable

Análisis Cualitativo de Alternativas

Dado que el sistema debe monitorear el flujo, la calidad del agua (TDS) y la temperatura directamente en la línea de suministro, la instalación será invasiva (requiere cortar la tubería). Se analizaron las siguientes alternativas para implementar esta solución:

Alternativa 1: Múltiples Componentes Comerciales Separados

Descripción: Utilizar componentes de plomería estándar (T's de PVC) para instalar por separado un sensor de flujo roscado (ej. YF-S201), una sonda de temperatura (ej. DS18B20) y una sonda de TDS.

Análisis: Esta opción es de bajo costo, pero es extremadamente voluminosa. Requiere múltiples cortes y uniones (al menos 3), lo que multiplica los puntos de falla y el riesgo de fugas. La instalación es compleja y poco estética.

Alternativa 2: Sensor Industrial Multi-parámetro

Descripción: Adquirir un sensor industrial "todo en uno" que mida flujo, conductividad y temperatura en una sola unidad.

Análisis: Es una solución robusta y precisa, pero su costo es prohibitivo para una aplicación residencial y un prototipo académico, excediendo el presupuesto por un amplio margen.

Alternativa 3: Módulo Integrado con Carcasa Personalizada (Opción Seleccionada)

Descripción: Diseñar y fabricar (mediante impresión 3D) una carcasa personalizada que integre todos los componentes necesarios en una sola pieza compacta. Esta carcasa aloja los componentes internos (turbina, imán y sensor de efecto Hall) de un sensor de flujo económico y, además, incluye los puertos diseñados a medida para las sondas de TDS y temperatura.

Análisis: Esta es la solución óptima. Aunque es invasiva (requiere un corte), consolida 3 componentes en 1. Esto reduce drásticamente los puntos de falla (de 3 uniones a 1), simplifica la instalación, optimiza el flujo de agua y mantiene el costo bajo al reutilizar los componentes electrónicos de sensores económicos.

Justificación de la Selección: Se elige la Alternativa 3 porque representa la mejor solución de ingeniería: optimiza el diseño para la integración de sensores, reduce drásticamente la complejidad de la instalación y los puntos de falla, y mantiene el costo del prototipo al mínimo, todo dentro de la restricción de una instalación "en línea".

Listado de Requerimientos y Especificaciones

Basado en la Alternativa 3, se definen las siguientes especificaciones:

Requerimientos Funcionales (Lo que el sistema *hace*)

- El sistema debe medir el caudal de agua (L/min) mediante una turbina interna y un sensor de efecto Hall.
- El sistema debe medir la concentración de Sólidos Disueltos Totales (ppm) del agua que fluye por él.
- El sistema debe medir la temperatura del agua (°C) en el mismo punto de medición.
- El sistema debe transmitir las señales eléctricas de los tres sensores a un microcontrolador externo para su procesamiento.

Parámetros de Diseño (Cómo es el sistema)

- La carcasa del módulo será fabricada en material PETG mediante impresión 3D, seleccionado por su mayor resistencia a la temperatura y menor absorción de humedad que el PLA.
- El diseño es un módulo "en línea", diseñado para ser insertado en la tubería principal.
- El módulo integra en una sola pieza la turbina de flujo, la sonda de TDS y la sonda de temperatura.
- La instalación requiere cortar la tubería de PVC para insertar el módulo.
- El sellado de las uniones de la carcasa se garantiza mediante el uso de empaques (o-rings) y tornillos de acero inoxidable.

Restricciones (Los límites del proyecto)

- El sistema es una herramienta de diagnóstico y alerta; no realiza ninguna acción de tratamiento o eliminación de sarro.
- El costo total de los componentes del prototipo debe ser bajo, manteniéndose dentro del presupuesto de una persona de clase media-baja.
- El diseño del prototipo está enfocado para tubería de PVC residencial estándar (ej. ½ pulgada).
- El prototipo será validado en un banco de pruebas controlado; no se instalará en una vivienda en esta fase.

4. Evidencias

Referencias Técnicas (Datasheets):

- ESP32 Datasheet (Microcontrolador):
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- Gravity: Analog TDS Sensor (Sonda TDS):
https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_TDS_Sensor_Meter_For_Arduino_V1_0_SKU_SEN0244
- DS18B20 Digital Thermometer (Sonda de Temperatura):
<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- YF-S201 Water Flow Sensor (Componentes internos de flujo):
https://www.seeedstudio.com/document/pdf/YF-S201_Water_Flow_Sensor_datasheet.pdf

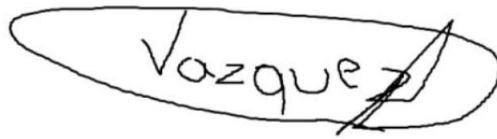
5. Conclusiones parciales

En este Punto de Control, el equipo ha logrado un avance técnico crucial. Se cumplió el objetivo de definir los requerimientos del proyecto al no solo listar las especificaciones, sino al proponer una solución de hardware optimizada (Alternativa 3) que resuelve los problemas de las soluciones comerciales estándar.

La decisión de diseñar una carcasa personalizada e integrada, aunque invasiva, es una solución de ingeniería superior que reduce costos y puntos de falla. Las especificaciones funcionales, parámetros de diseño y restricciones están ahora claramente definidos, permitiéndonos pasar con confianza del diseño conceptual (PC2) al diseño a detalle y las simulaciones (PC3).

6. Firma/Responsable del equipo

Vázquez Mayo Angel David

A handwritten signature in black ink, reading "Vazquez", is enclosed within a hand-drawn oval. A diagonal line is drawn across the right side of the oval, intersecting the signature.

Formato de Entregables – Puntos de Control (PC)

Asignatura: Proyectos V – Ingeniería Mecatrónica

Universidad Modelo

1. Datos Generales

- Integrantes:

- Angel David Vázquez Mayo

- Proyecto: Sistema De Detección De Incrustaciones Calcáreas

- Punto de Control: PC3

- Fecha de entrega: 15/11/2025

2. Objetivo del Entregable

Definir la arquitectura del sistema mediante diagramas, un modelo de "caja negra" y la especificación de los flujos de información y energía. Además, se busca realizar un análisis cuantitativo preliminar para validar la selección de componentes y revisar el plan de trabajo original.

3. Desarrollo del Entregable

Modelo de "Caja Negra" del Sistema

El modelo de "caja negra" define las fronteras del sistema, mostrando qué entra y qué sale sin detallar el funcionamiento interno.

- **Entradas:**

- **Flujo de Material:** Agua de la red hidráulica (Tubería de ½").
- **Flujo de Energía:** Alimentación eléctrica (5V DC).
- **Flujo de Información:** Conexión a la red Wi-Fi (SSID y contraseña).

- **Sistema:**
 - Sistema de Detección de Incrustaciones Calcáreas (SDIC).
- **Salidas:**
 - **Flujo de Material:** Agua de la red hidráulica (sin alteración).
 - **Flujo de Información (Datos):** Paquetes de datos (JSON) enviados a la plataforma IoT con mediciones de Flujo (L/min), Dureza (ppm) y Temperatura (°C).
 - **Flujo de Información (Alertas):** Notificación "push" al dispositivo móvil del usuario.

3.2 Determinación de Flujos

1. Flujo de Material (Agua):

- El agua entra al **Módulo de Detección Híbrido (MDH)**.
- Pasa a través de la turbina del sensor de flujo.
- Entra en contacto con las sondas de TDS y Temperatura.
- Sale del módulo y continúa su camino por la tubería. El sistema es solo de monitoreo y no altera la composición del agua.

2. Flujo de Energía (Eléctrico):

- Una fuente de alimentación (ej. eliminador USB de 5V) energiza la **Unidad de Procesamiento Central (UPC)**, donde se aloja el microcontrolador ESP32.
- El ESP32, a su vez, alimenta a los tres sensores (Flujo, TDS, Temp) a través de sus pines de 5V o 3.3V.

3. Flujo de Información (Datos):

- **Interno (Hardware):**
 - El sensor de Flujo envía una **señal digital de pulsos** al ESP32.
 - El sensor de TDS envía una **señal analógica (0-2.3V)** al ESP32.
 - El sensor de Temperatura (DS18B20) envía **datos digitales** a través del protocolo "1-Wire" al ESP32.
- **Externo (IoT):**

- El ESP32 procesa las señales y las empaqueta (ej. JSON).
- El ESP32 se conecta al router Wi-Fi local.
- Envía los datos al *broker* de la plataforma IoT (ej. MQTT).
- La plataforma almacena, procesa (para generar alertas) y muestra los datos en un *dashboard*.

3.3 Diagramas de Sistema y Arquitectura

La arquitectura del sistema se divide en tres capas principales:

1. **Capa de Hardware (El Prototipo):** Es el dispositivo físico instalado en la tubería.
 - **Módulo de Detección Híbrido (MDH):** La carcasa que contiene los sensores de flujo, TDS y temperatura.
 - **Unidad de Procesamiento (UPC):** El microcontrolador **ESP32**, que actúa como cerebro, lector de sensores y comunicador Wi-Fi.
2. **Capa de Comunicación (Red):**
 - Utiliza el **Wi-Fi** doméstico existente y el protocolo **MQTT** (Message Queuing Telemetry Transport) para el envío de datos de forma ligera y eficiente.
3. **Capa de Software (Nube y Usuario):**
 - **Plataforma IoT:** Un servicio en la nube (ej. Ubidots, Blynk, o similar) que recibe, almacena, y procesa los datos.
 - **Interfaz de Usuario:** Un *dashboard* o aplicación móvil donde el usuario visualiza los gráficos históricos y recibe las alertas.

(Ver Diagrama de Bloques en la sección 4. Evidencias)

3.4 Análisis Cuantitativo Preliminar

Este análisis valida que los componentes seleccionados son técnicamente capaces de cumplir con los requerimientos.

- **Compatibilidad del ESP32:**
 - **Sensor de Flujo (YF-S201):** Genera pulsos digitales. El ESP32 tiene múltiples pines GPIO que pueden configurarse como interrupciones para contar estos pulsos con alta precisión.
 - **Sensor de TDS (Gravity):** Emite una señal analógica (0-2.3V). El ESP32 posee un conversor Analógico-Digital (ADC) de 12 bits, más que suficiente para leer este voltaje con la resolución necesaria.

- **Sensor de Temperatura (DS18B20):** Usa el protocolo "1-Wire". El ESP32 es totalmente compatible con este protocolo mediante librerías estándar.
- **Volumen de Datos:**
 - Si se envía una lectura (Flujo, TDS, Temp) cada 5 minutos:
 - Datos por envío: ~100 bytes (en formato JSON).
 - Datos por día: $(100 \text{ bytes/envío}) * (12 \text{ envíos/hora}) * (24 \text{ horas/día}) = 28,800 \text{ bytes} \approx \mathbf{28.8 \text{ kB por día}}$.
 - **Conclusión:** El volumen de datos es extremadamente bajo y no representa un problema para el Wi-Fi doméstico ni para las cuotas gratuitas de las plataformas IoT.

3.5 Revisión del Plan del Proyecto (PC1)

Tras completar el diseño conceptual (PC3), se revisó el cronograma original. El diseño del "Módulo de Detección Híbrido" (MDH) era la tarea de mayor riesgo técnico. Al estar esta etapa resuelta, confirmamos que el plan de trabajo original **se mantiene vigente**.

- La fase de "**Diseño y Simulación**" (PC3) se da por completada.
- El cronograma para el "**Desarrollo del Prototipo Alfa**" (PC4) y las "**Pruebas Preliminares**" (PC5) sigue siendo realista. No se requieren ajustes al plan de trabajo.

4. Evidencias



Ilustración 1 Diagrama de Sistema

5. Conclusiones parciales

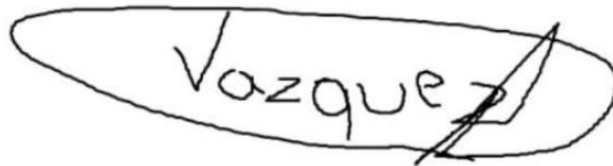
Se ha cumplido con éxito el objetivo del PC3. El proyecto ahora cuenta con una arquitectura conceptual sólida que define la interacción entre el hardware, la red y el software.

Se ha definido el modelo de "caja negra" y los flujos de material, energía e información. El análisis cuantitativo preliminar confirma la viabilidad técnica de los componentes seleccionados (ESP32, TDS, Flujo, Temp). Finalmente, la revisión del cronograma concluye que el plan original se mantiene válido. El proyecto está listo para pasar a la siguiente fase: Diseño a Detalle (PC4), que consistirá en la impresión 3D del módulo y el ensamblaje del circuito electrónico. breve del equipo sobre el avance alcanzado en este PC.

Aclarar si se cumplieron los objetivos planteados para este entregable.

6. Firma/Responsable del equipo

Vázquez Mayo Angel David

A handwritten signature "Vazquez" is enclosed within a hand-drawn oval. A diagonal line is drawn across the right side of the oval, crossing over the signature.