



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Anexo I
Estructura de Presentación de Propuestas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad Politécnica

**CONVOCATORIA PARA PRESENTACIÓN DE
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

FORMULARIO DE PRESENTACIÓN

PERFIL DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

1. Título del Proyecto. Investigador/a Principal y Coinvestigadores

**SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOS EN SALAS LIMPIAS DE UN
SERVICIO DE NUTRICIÓN PARENTERAL**

2. Resumen del proyecto

Con el objetivo de diseñar un sistema de monitoreo de parámetros físicos y registro de datos relacionados a la calidad del aire en salas limpias de un servicio de nutrición parenteral, se realizó desde julio hasta diciembre de 2023, una investigación aplicada con un enfoque mixto. Durante la elaboración de la propuesta, se examinaron los procedimientos de medición, los distintos parámetros a medir y la obtención de datos de los parámetros relacionados con el monitoreo de la calidad del aire en salas limpias en un servicio de nutrición parenteral.- El diseño del sistema abarcó la fabricación de placas electrónicas, la programación para el funcionamiento de los sensores y el desarrollo de una interfaz gráfica para la visualización y reporte de las mediciones de temperatura, humedad relativa, conteo de partículas, velocidad del aire, caudal de aire y tasa de renovación. Además, se evaluó la viabilidad financiera para su implementación. Este sistema ha demostrado la facilidad de tener un monitoreo continuo y el registro de datos en un formato de reporte para la visualización de los resultados con un costo viable, de fácil portación y con resultados estimativos a los equipos vigentes en el mercado. Como recomendación para investigaciones futuras, se sugiere el desarrollo del software para la compatibilidad de la interfaz gráfica con dispositivos móviles y computadoras para facilitar la evaluación del aire en salas controladas del hospital.

Palabras Claves: 1 Salas limpias, 2 Partículas, 3 temperatura, 4 Humedad, 5 Velocidad del aire.

3. Equipo de investigadores

Nombre	Formación / grado Académico	Sede/Grupo de Investigación/C arrera	Función y actividad en el proyecto
César Yegros	Ing. Biomédica / Doctorado	Asunción / G.I.I.B.	Investigador principal / Coordinación, ejecución, difusión y rendición del proyecto



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

Eladio Quintana	Ing. Biomédica / Maestría	Asunción G.I.I.B.	/ Investigador en formación / Realización de trabajos de investigación, recopilación e implementación técnica del proyecto
Hugo Barrios	Ing. Electrónica / Grado	Asunción G.I.I.B.	/ Investigador principiante / Realización de trabajos de campo y desarrollo del proyecto
David Santacruz	Ing. Electrónica / Grado	Asunción G.I.I.B.	/ Investigador principiante / Realización de trabajos de campo y desarrollo del proyecto

4. Área y especialidad de la propuesta

Ingeniería y tecnología / Ingeniería Médica / Instrumentación biomédica.

Para la Política en Ciencias y Tecnología del CONACYT se alinea con el Objetivo Estratégico 3; orientar los conocimientos y capacidades generadas en la I+D a la atención de desafíos económicos, sociales y ambientales del Paraguay, quintuplicar el número de patentes otorgadas a residentes en el país, lograr financiamiento de la I+D por parte del sector empresas equivalente al 35% del total.

Así también se alinea al Plan de Desarrollo, PND 2030 con el punto II. CRECIMIENTO ECONÓMICO INCLUSIVO, en el punto de: Competitividad e innovación; y con el Plan Estratégico Institucional de la FPUNA en el Eje 2 – Crecimiento económico inclusivo y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible se alinea con Salud y Bienestar.

5. Objetivos del proyecto

Objetivo General

Diseñar un sistema de monitoreo de parámetros físicos para salas limpias de un servicio de Nutrición parenteral.

Objetivos Específicos



1. Investigar los parámetros físicos asociados a tener en cuenta para control de calidad del aire en salas limpias en los sectores de Nutrición parenteral.
2. Establecer los requerimientos técnicos necesarios para el desarrollo del prototipo.
3. Desarrollar el software de visualización de la adquisición de datos recibidos de los módulos con sensores, con la finalidad de recolectar, procesar y almacenar.
4. Evaluar el funcionamiento del prototipo mediante la comparación con equipos calibrados.
5. Estimar la viabilidad financiera a partir del análisis de costo para el desarrollo e implementación del sistema.

Se recomienda formular un solo objetivo general y dos a tres objetivos específicos necesarios para lograr el objetivo general. Los objetivos específicos deberán ser alcanzables con la metodología propuesta.

6. Resultados esperados y los medios para verificarlos

1. Parámetros físicos investigados, asociados a tener en cuenta para control de calidad del aire en salas limpias en los sectores de Nutrición parenteral.
2. Requerimientos técnicos establecidos, necesarios para el desarrollo del prototipo.
3. Desarrollo del software de visualización de la adquisición de datos recibidos de los módulos con sensores, con la finalidad de recolectar, procesar y almacenar.
4. Evaluación del funcionamiento del prototipo mediante la comparación con equipos calibrados.
5. Estimación de la viabilidad financiera a partir del análisis de costo para el desarrollo e implementación del sistema.

La verificación se hará con la implementación del prototipo terminado.

7. Antecedentes y Justificación

En la actualidad, la gestión eficiente de ambientes controlados, especialmente en el área de salud, ha adquirido una relevancia crítica. La calidad del aire en espacios cerrados no solo impacta la comodidad y la productividad, sino que también desempeña un papel fundamental en la preservación de condiciones óptimas para la salud.

A nivel internacional, la gestión de parámetros físicos en áreas con ambiente controlado, como en los servicios de nutrición parenteral, ha evolucionado significativamente con el desarrollo de sistemas avanzados de monitoreo. En Estados Unidos, un estudio realizado por Johnson y Patel (2021) implementó un sistema de control automatizado para regular la temperatura y la humedad en instalaciones médicas críticas, logrando una reducción notable en las tasas de



contaminación. En Alemania, Müller et al. (2020) desarrollaron un sistema de monitoreo en tiempo real que integra sensores de presión y flujo de aire, mejorando la seguridad y eficiencia en la preparación de soluciones parenterales. En el contexto local, en el país aún enfrenta retos en la implementación de tecnologías de monitoreo integradas, lo que hace necesario el desarrollo de soluciones adaptadas a las necesidades específicas de las unidades de salud, garantizando así la seguridad y eficacia en los tratamientos de nutrición parenteral.

En la actualidad, la adquisición de equipos para un sistema de monitoreo de parámetros: temperatura, humedad, conteo de partículas, tasa de renovación de aire, velocidad del aire y caudal del aire suministrado tienen un alto coste, esto hace que las salas limpias no cuenten con un sistema de monitoreo. Teniendo en cuenta que el registro de datos de la mayoría de los equipos de monitoreo no es digital, estos retrasan el trabajo para tener un buen registro y control de los parámetros citados anteriormente

Así mismo, durante la investigación en el departamento de nutrición parenteral de un hospital de referencia público, se evidencio la falta de un sistema de monitoreo y registro de datos actualizados.

8. Materiales y Métodos

El proyecto se basa en el diseño de un sistema de monitoreo que no se encuentra disponible en el mercado, el cual contribuya al control de la calidad del aire en una sala limpia de un departamento de nutrición parenteral, es decir que permita al Profesional de la salud medir, visualizar en tiempo real, registrar, y almacenar parámetros relacionados a la calidad del aire, los cuales son temperatura, humedad, conteo de partículas, tasa de renovación de aire, velocidad el aire de inyección y caudal de aire suministrado. El sistema consta de un prototipo físico de medición y registro junto con un software de apoyo para la visualización en tiempo real y almacenamiento de los datos.

Se realizó una extensa revisión técnica sobre los parámetros específicos destinados para el monitoreo en salas o ambientes controlados, para la elaboración y construcción del prototipo en general. Se pudo observar que existen en el mercado local y regional equipos destinados al monitoreo de salas controladas, pero no se encontró evidencia de un dispositivo multidisciplinar capaz de realizar monitoreo y registrar los parámetros más importantes en un solo dispositivo completamente portátil a la hora de realizar las mediciones de los parámetros, los cuales son: la temperatura, humedad, conteo de partículas, caudal y renovación del aire del ambiente, controlada de manera simultánea; y poder obtener un reporte para cada medición de parámetro realizado.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

El equipo consta de 4 partes, siendo una de ellas el panel de control, en la cual se visualiza la interfaz gráfica y se genera la orden para el inicio del monitoreo a cada uno de los 3 módulos restantes. Cada módulo consta de un microcontrolador programado con un sensor, los cuales se encargan de: el primer módulo para la medición de la temperatura y humedad, el segundo para la medición del caudal y renovación del aire, y el tercer módulo para el conteo de partículas suspendidas en el aire.

Los sensores están bajo el control de un microprocesador ESP32 D1 MINI. Este microcontrolador se encarga de recibir orden de lectura de parte del panel de control para la lectura del sensor correspondiente, y luego enviar los datos obtenidos por medio del protocolo de comunicación MQTT al panel de control, el cual interactúa con el usuario a través de un software de apoyo que sirve como interfaz para visualizar, procesar y almacenar los parámetros.

Se pretende que el diseño del sistema sea de fácil transporte y cómodo a la hora de su implementación para el usuario y realizar el monitoreo de un ambiente controlado.



El diagrama en bloque del diseño de la propuesta se presenta en la figura 1.

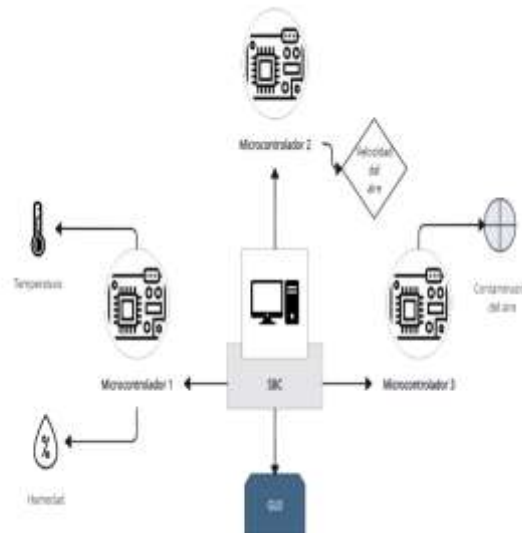


Figura N° 1: Diagrama en bloques del sistema

El sistema está controlado por el SBC (ordenador monoplaca) y por microcontroladores. En los siguientes puntos se encuentra el desempeño general de las funciones del SBC:

- El SBC emite las señales para el funcionamiento de microcontroladores y sensores,
- Recepción de datos que son captados por los sensores en los microcontroladores,
- Visualización de los datos en pantalla táctil,
- El procesamiento y almacenamiento de datos para el posterior registro de estos en el software del ordenador.

9. Relevancia de la propuesta

La propuesta contribuye al avance en instrumentación biomédica mediante el desarrollo de un sistema portátil e integrado para el monitoreo de parámetros físicos en salas limpias de nutrición parenteral. Su innovación radica en la integración multisensorial de bajo costo, frente a las soluciones comerciales actuales, facilitando la digitalización del registro de datos críticos. El proyecto atiende una necesidad local, mejora la calidad y seguridad en ambientes hospitalarios, y fomenta la generación de soluciones tecnológicas nacionales. Se alinea estratégicamente con el PND 2030, las políticas de I+D del CONACYT y los ODS en Salud y Bienestar.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

10. Plan del trabajo

Tiempo de duración en meses: 04 meses

Inicio del proyecto: 02 de junio de 2025

Finalización del proyecto: 25 de octubre de 2025

Resultado esperado	Actividades principales	Indicadores de éxito	Medios de Verificación	Supuestos/ imponderables	Tiempo de ejecución (semana N°)
Contrato firmado / Gestiones para realización de primer desembolso	Presentación de documentos y firma de contrato para primer desembolso	Gestiones realizadas en tiempo y forma	Contrato firmado / presentación de factura	Falta de predisposición de las partes / Burocracias en los procesos	1, 2
Organización interna para elaboración de proyecto realizada.	Reunión de equipo de trabajo	Reuniones realizadas	Acta de reuniones	Falta de predisposición de las partes	3
Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	Adquisición de componentes y partes necesarias para la elaboración del proyecto	Compras realizadas	Facturas de compra	Falta de proveedores locales	3, 4, 5
Proyecto SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOS EN SALAS LIMPIAS DE UN SERVICIO DE NUTRICIÓN PARENTERAL desarrollado	Elaboración del hardware y software necesarios	Prototipo desarrollado	Planillas de avance	Falta de equipos / imprevistos con el hardware durante la elaboración	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13
Operatividad del prototipo	Pruebas de funcionamiento del prototipo	Pruebas realizadas	Planillas de verificación	Imprevistos en las pruebas	12, 13, 14
Presentación de informe final	Elaboración de los resúmenes y conclusiones s/ SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOS EN SALAS LIMPIAS DE UN SERVICIO DE NUTRICIÓN PARENTERAL	Informe final concluido	Informe final entregado	Presentación de imprevistos	14, 15



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

11. Presupuesto

	Descripción del bien o servicio	Especificaciones básicas	Actividad	Subtotal Guaraníes
1	Raspberry pi modelo 4	Ordenador de tipo SBC con sistema operativo Linux. Cantidad 2	Componentes para elaboración del proyecto	2.000.000
2	Conector HDMI	Conector de interfaz multimedia de alta definición	Componentes para elaboración del proyecto	100.000
3	Pantalla Touchscreen LCD RP14	Sistema de posicionamiento absoluto transparente con detector y localizador de alta precisión	Componentes para elaboración del proyecto	1.000.000
4	Placa controladora de comunicación	Módulo de comunicación con WIFI y Bluetooth de 38 pines, de alta capacidad	Componentes para elaboración del proyecto	440.000
5	Kit de resistencias de 150 piezas	Combo de Resistencias de 150 unidades con valores de 1ohm a 1Mohm	Componentes para elaboración del proyecto	110.000
6	ESP32 D1 mini	Mini microcontrolador programable	Componentes para elaboración del proyecto	300.000
7	Kit de Capacitores electrolíticos	Condensador electrolítico de diversos valores	Componentes para elaboración del proyecto	100.000
8	Sensor PMS5003	Sensor de concentración de materia particulada	Componentes para elaboración del proyecto	500.000
9	Sensor MPXV7001DP	Sensor de presión diferencial	Componentes para elaboración del proyecto	700.000
10	Elevador de voltaje XL6009	Convertidor elevador de voltaje ajustable DC-DC	Componentes para elaboración del proyecto	110.000
11	Tubo Pitot	Elemento para medición de velocidad de fluido	Componentes para elaboración del proyecto	100.000
12	OLED 0.96"	Mini display	Componentes para elaboración del proyecto	160.000
13	RP14 CASE	Carcasa para Raspberry Pi 4	Componentes para elaboración del proyecto	320.000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

14	DHT22	Sensor digital de temperatura y humedad	Componentes para elaboración del proyecto	120.000
15	Batería recargable	Paquete de 4 baterías recargable de 3.7 V de gran capacidad	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	280.000
16	Porta batería 18650	Porta batería de baterías recargables de 3.7 V	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	300.000
17	Reductor de tensión	Circuito adaptador de tensión	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	30.000
18	Espadines	Componentes de contacto	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	70.000
19	Ácido	Elemento para elaboración de circuitos en placas de cobre	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	70.000
20	Módulo de carga 1S	Circuito de carga	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	70.000
21	Módulo de carga 2S	Circuito de carga	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	160.000
22	Indicador de carga de batería	Circuito con led incorporado manejado por microcontrolador	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	100.000
23	Terminales	Componentes de contacto	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	200.000
24	Material Alto Impacto	Material plástico muy resistente	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	50.000
25	Velcro	Elemento de sujeción	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	120.000
26	Impresión 3D	Servicio de diseño e impresión 3D de prototipo	Accesorio para elaboración del proyecto	500.000
27	Multímetro	Instrumento de comprobación utilizado para medir dos o más valores eléctricos, principalmente tensión (voltios), corriente (amperios) y resistencia (ohmios).	Medidores para elaboración del proyecto	552.000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

28	Fuente	Fuente de alimentación de CC variable, fuente de alimentación regulada de conmutación ajustable (30 V 0-10A)	Componentes para elaboración del proyecto adquiridos	650.000
	Total			9.212.000 Gs.

12. Estrategia de comunicación

Los resultados de investigación serán publicados en revistas científicas indexadas y/o presentadas en eventos académicos o científicos nacionales o internacionales.

13. Referencias bibliográficas

1. BROOK, R. D., RAJAGOPALAN, S., POPE, C. A., BROOK, J. R., BHATNAGAR, A., & DIEZ-ROUX, A. V. (2020). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 141(5), e173-e195. DOI: <https://doi.org/10.17615/fwet-2z17>
2. COLLADO, Mario Calleja. Monitorización de sensores con arduino utilizando el protocolo MQTT [en línea]. Trabajo de grado, Universitat Politècnica de Catalunya, 2019 [consultado el 8 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/134193/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. GARCÍA ZAMBRANO, José Agustín; SACOTO MACHARE, Alex Antonio; SORIANO, Guillermo. Diseño del sistema de automatización para el sistema de climatización por agua helada para hospitales en Guayaquil. 2021. Tesis Doctoral. ESPOL. FIMCP
4. HERKLE, Matthias. Kontextsensitiver digitaler Raum – Der Kontext macht den Inhalt - forwerts. forwerts [en línea]. 24 de enero de 2020 [consultado el 9 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.forwerts.com/kontextsensitiver-digitaler-raum-der-kontext-macht-den-inhalt/>
5. INARANJA, M., CASTRO, I., & MARTÍNEZ, M. (2018). Formas farmacéuticas estériles: mezclas intravenosas, citostáticos, nutrición parenteral. Obtenido de https://www.sefh.es/sefhdescargas/archivos/Formasfarmaceuticasesteriles.FarmaciaHospitalaria2002capitulo2.7.2487_506.pdf
6. I-SCOOP. IoT Platforms: Definitions, Capabilities, Types and Market. 2023. Available at: <https://www.i-scoop.eu/iot-platforms-definitions-capabilities-types-market>
7. LEKIĆ, Milica; GARDAŠEVIĆ, Gordana. IoT sensor integration to Node-RED platform. En 2018 17th International Symposium Infoteh-Jahorina (Infoteh). IEEE, 2018
8. Mamani Ortiz, Marisol Marcela. (2019). Competencias de enfermería en la preparación y administración de nutrición parenteral total. Tesis de Maestría, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/21142>.
9. OpenJS Foundation. Node-RED: Low-code programming for event-driven applications. 2024. Available at: <https://nodered.org/>
10. Serway, R. A., & Vuille, C. Fundamentos de física. 10ª ed. México: Cengage Learning, 2014. 1174 p. ISBN 9786075226335
11. Single-Supply, Rail-to-Rail, Low Cost. (s.f.). Instrumentation Amplifier, U.S.A. <http://www.analog.com>
12. Van Tran, V., Park, D., & Lee, Y.-C. (2020). Contaminación del aire interior, enfermedades humanas relacionadas y tendencias recientes en el control y la mejora de la calidad del aire interior. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2927. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082927>
13. White, F. M. Mecánica de fluidos. 7ª ed. México: McGraw-Hill, 2011. 896 p. ISBN 9786071505298