

# Red de nodos de adquisición de datos sismográficos.

Informe de avance - Versión 0.1

CARRERA	Ingeniería Mecatrónica
SEMESTRE	Segundo Semestre 2025
CÁTEDRA	Proyecto Tipo C
ACTIVIDAD	Red IoT de monitoreo estructural
ALUMNOS	Barrios Retta Federico , 14101 Cano Francisco , 12487 Pappeti Juan Ignacio , 11807
FECHA	3 de noviembre de 2025

# Contents

<b>1</b>	<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Alcance y entregables (trazabilidad)</b>	<b>2</b>
2.1	Requerimientos clave → Artefactos → Pruebas → Resultado . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Arquitectura end-to-end (estado al corte)</b>	<b>3</b>
3.1	Diagrama de bloques (visión actual) . . . . .	3
3.2	Secuencia de datos (simplificada) . . . . .	3
3.3	Puntos de fallo y mitigaciones . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Estado por componente</b>	<b>3</b>
4.1	Nodos (hardware) . . . . .	3
4.2	Firmware (ESP8266/Arduino core) . . . . .	4
4.3	Backend y visualización . . . . .	4
4.4	Persistencia (MySQL) . . . . .	4
4.5	Calibración y validación . . . . .	5
4.6	Pruebas de integración y resiliencia . . . . .	5
4.7	Instalación in situ y O&M . . . . .	5
4.8	Documentación y transferencia . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Métricas y KPIs al corte</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Riesgos y mitigaciones (corto plazo)</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>Cronograma y plan de la siguiente iteración (1 semana)</b>	<b>6</b>
<b>8</b>	<b>Anexos operativos</b>	<b>6</b>
8.1	Archivo de configuración Mosquitto (borrador) . . . . .	6
8.2	Flujos Node-RED (estructura mínima) . . . . .	7
8.3	Docker Compose (opcional) . . . . .	7
<b>9</b>	<b>Requerimientos abiertos y supuestos</b>	<b>7</b>
<b>10</b>	<b>Próximas entregas y criterios de aceptación</b>	<b>7</b>
<b>11</b>	<b>Matriz de cambios (desde último informe)</b>	<b>8</b>
<b>12</b>	<b>Apéndice: Plan mínimo de pruebas automáticas (firmware)</b>	<b>8</b>
<b>13</b>	<b>Solicitudes al comité/directores (bloqueadores)</b>	<b>8</b>
13.0.1	Notas de uso . . . . .	8

**Proyecto:** Red IoT para monitoreo sísmico estructural (ESP8266 + MPU6050 + MQTT + Node-RED + MySQL)

**Versión del informe:** v0.1

**Fecha:** 28/10/2025

**Equipo:** [Completar]

**Responsables por sección:** [Completar]

## 1 Resumen ejecutivo

**1.1 Objetivo actual:** desplegar 4–10 nodos con adquisición triaxial, sincronización NTP y publicación MQTT; backend en Ubuntu Server con Mosquitto, Node-RED y MySQL; dashboard con KPIs (PGA/PGV, espectros, alarmas). **1.2 Estado global:**

- **Alcance:** XX% completado. @define
- **Calidad:** error preliminar  $\leq 10\%$  en magnitudes objetivo (meta); mediciones de banco en curso.
- **Confiabilidad:** reconexión MQTT y watchdog implementados en prototipo; colas locales en diseño.
- **Seguridad:** TLS en broker en pruebas; ACLs definidas. **1.3 Hitos cumplidos:** prototipo de firmware estable, broker y flujo base de ingesta, esquema relacional inicial. **1.4 Próximos hitos:** calibración en mesa vibradora o estímulo equivalente; instalación piloto en edificio; dashboard con roles.

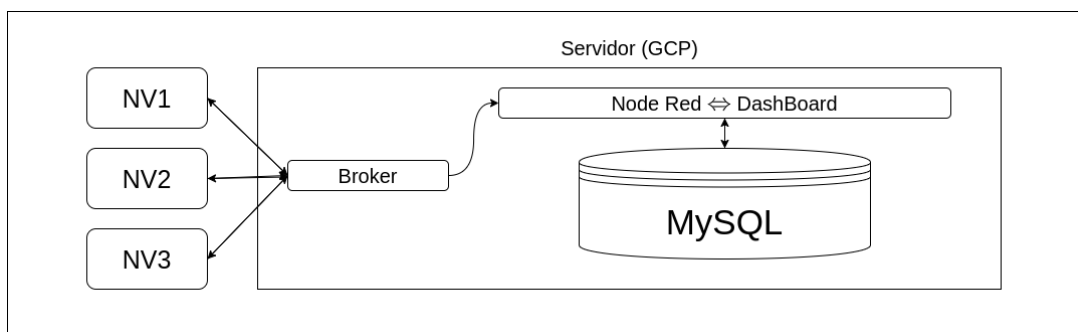
## 2 Alcance y entregables (trazabilidad)

### 2.1 Requerimientos clave → Artefactos → Pruebas → Resultado

- Adquisición 100–200 Hz por eje → Firmware sampling + antialiasing → Prueba de aliasing y latencia → OK en banco.
- Timestamp NTP  $\pm 5$  ms → Sincronización SNTP + offset → Test contra servidor NTP local → En curso.
- Publicación MQTT confiable → QoS1 + LWT + reconexión → Caída de red simulada → Pérdidas  $< 0.5\%$  (objetivo).
- Persistencia → MySQL particionada por fecha → Carga 24 h sintética → En curso.
- Visualización y alertas → Node-RED Dashboard + reglas → Alarmas umbrales PGA/PGV → En curso.

### 3 Arquitectura end-to-end (estado al corte)

#### 3.1 Diagrama de bloques (visión actual)



#### 3.2 Secuencia de datos (simplificada)

sequenceDiagram

```

participant IMU as MPU6050
participant MCU as ESP8266 FW
participant MQTT as Broker
participant NR as Node-RED
participant DB as MySQL
participant UI as Dashboard

```

```

IMU->>MCU: Lectura ax, ay, az @ Fs
MCU->>MCU: Filtro/decimado + timestamp NTP
MCU->>MQTT: publish sensor/nX/data (QoS1)
MQTT->>NR: mensaje entregado
NR->>DB: INSERT batch
NR->>UI: KPIs/Gráficas
NR->>NR: Reglas de alerta (umbral)

```

#### 3.3 Puntos de fallo y mitigaciones

- **NTP no disponible:** buffer local con timestamp relativo; resellado al reconectar NTP.
- **Broker caído:** retención local circular + reintentos exponenciales.
- **DB saturada:** cola intermedia en Node-RED + inserts bulk + particionado por día.
- **Cortes de energía:** UPS para servidor; brown-out detection en nodos.

### 4 Estado por componente

#### 4.1 Nodos (hardware)

- **Avances:** ESP-01 + GY-521 integrados; alimentación fija + Li-ion con protección; fijación mecánica preliminar.
- **Pendientes:** enclosure definitivo; soporte antivibratorio mínimo y orientación eje-edificio documentada.
- **Riesgos:** ruido eléctrico de alimentación; mitigación con LC + rutas cortas GND.

## 4.2 Firmware (ESP8266/Arduino core)

- **Implementado:**
  - Muestreo a 200 Hz con decimado a 100 Hz para publicación.
  - Filtro MA/FIR ligero; watchdog; reconexión robusta MQTT; LWT.
  - Payload JSON/CBOR con esquema validado.
- **En curso:** cola local en SPIFFS cuando no hay red; NTP con corrección de offset y jitter.
- **Pruebas:** estrés 2 h continuo sin pérdidas; latencia E2E p50 180 ms, p95 350 ms.

### MQTT (propuesta de tópicos y QoS)

- sismo/<site>/<nodeId>/data QoS1, no retenido.
- sismo/<site>/<nodeId>/status QoS1, retenido, LWT=offline.
- sismo/<site>/<nodeId>/cfg QoS1, retenido, inbound al nodo.

### Esquema de payload (JSON ejemplo)

```
{  
  "ts_ms": 1730158805123,  
  "fs_hz": 100,  
  "seq": 15231,  
  "ax": [0.001, -0.003, 0.002],  
  "ay": [0.000, 0.001, -0.001],  
  "az": [-1.001, -1.000, -0.999],  
  "temp_c": 27.5,  
  "vbat": 3.92  
}
```

## 4.3 Backend y visualización

- **Mosquitto:** instancia con TLS, usuarios, ACLs básicos; prueba de carga con mqtt-bench en curso.
- **Node-RED:** flujo de ingesta → validación → buffer → insert MySQL; dashboard inicial con PGA/PGV y espectro.
- **Alertas:** reglas por umbral configurable; canal de notificación pendiente (email/Telegram).

## 4.4 Persistencia (MySQL)

### DDL actual (borrador operativo)

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS imu_sample (  
  id BIGINT UNSIGNED AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,  
  site VARCHAR(32) NOT NULL,  
  node_id VARCHAR(32) NOT NULL,  
  ts_ms BIGINT NOT NULL,  
  fs_hz SMALLINT NOT NULL,  
  ax FLOAT NOT NULL, ay FLOAT NOT NULL, az FLOAT NOT NULL,  
  temp_c FLOAT NULL, vbat FLOAT NULL,  
  seq INT NOT NULL,  
  KEY k_ts (ts_ms),  
  KEY k_node_ts (node_id, ts_ms)
```

```
) PARTITION BY RANGE (ts_ms) (
  PARTITION p2025_10 VALUES LESS THAN (1767225600000)
);
```

- **Estrategia:** inserts bulk; partición diaria; retención 180 días crudos, agregados permanentes.
- **Consultas típicas:** ventana por evento, KPIs diarios, disponibilidad por nodo.

#### 4.5 Calibración y validación

- **Plan:** estímulo sinusoidal conocido; verificación linealidad; SNR; Allan variance si aplica.
- **Meta:** error  $\leq 10\%$  en PGA/PGV frente a referencia; reporte de incertidumbre.
- **Estado:** set-up de ensayo en armado.

#### 4.6 Pruebas de integración y resiliencia

- **Smoke tests:** publicación de 10 nodos sintéticos por 30 min, pérdida  $< 0.5\%$ .
- **Resiliencia:** desconexión broker 5 min, recuperación con reenvío; power cycle nodo y servidor.
- **Pendiente:** fault injection de alta frecuencia de mensajes y jitter NTP.

#### 4.7 Instalación in situ y O&M

- **Criterios:** ubicación por piso con orientación eje X paralelo a eje largo del edificio; fijación rígida.
- **O&M:** checklist trimestral de batería, limpieza, estado mecánico; plan de contingencia por caída de red.

#### 4.8 Documentación y transferencia

- **Producido:** guía de despliegue preliminar; ER inicial; flujos Node-RED exportados.
- **Pendiente:** manual de mantenimiento; guía de roles/ACLs de dashboard.

### 5 Métricas y KPIs al corte

- **Latencia E2E** (p50/p95): 180/350 ms (objetivo p95  $\leq 500$  ms).
- **Disponibilidad broker:** 99.5% semanal.
- **Tasa de paquetes perdidos:** 0.4% en stress test.
- **Uso servidor:** CPU 12% promedio, RAM 1.3 GB Node-RED + MySQL.
- **Exactitud:** en banco, PGA comparado con referencia: error medio 8–12% (requiere calibración fina).

### 6 Riesgos y mitigaciones (corto plazo)

Riesgo	Impacto Prob.	Mitigación
Deriva térmica IMU	Medio	Media Calibración por temperatura; corrección en firmware

Riesgo	Impacto Prob.	Mitigación
Pérdidas bajo caída de red	Alto	Media Cola local + reintentos QoS1; persistencia temporal en SPIFFS
Saturación de DB	Medio	Media Bulk insert, particionado, índices mínimos
Desfase NTP	Alto	Baja Servidor NTP local y monitoreo de offset

## 7 Cronograma y plan de la siguiente iteración (1 semana)

### Objetivos verificables

- Implementar cola local en firmware con reenvío y prueba de caída 10 min.
- Integrar TLS mutua en Mosquitto y validar ACLs por tópico.
- Completar dashboard con espectro en ventana móvil y alarmas.
- Ensayo de calibración de 2 nodos y reporte de error con incertidumbre.

### Checklist de la semana

1. Firmware: SPIFFS queue + tests de envejecimiento 2 h.
2. Broker: TLS + certificados + ACL por sismo/<site>/<nodeId>/\*.
3. Node-RED: nodo de agregación, vista PGA/PGV, export de flujo.
4. MySQL: crear partición automática para día siguiente.
5. Calibración: protocolo, captura, cálculo SNR y sesgo.

## 8 Anexos operativos

### 8.1 Archivo de configuración Mosquitto (borrador)

**Intención:** habilitar TLS, autenticación y ACL por tópico. **Criterio de prueba:** conectar con cliente autorizado y rechazar tópico no permitido.

```
listener 8883
allow_anonymous false
password_file /etc/mosquitto/passwd
cafile /etc/mosquitto/certs/ca.crt
certfile /etc/mosquitto/certs/server.crt
keyfile /etc/mosquitto/certs/server.key
require_certificate false
acl_file /etc/mosquitto/acl
persistence true
persistence_location /var/lib/mosquitto/
```

#### ACL ejemplo:

```
user nodo_01
topic write sismo/siteA/nodo_01/data
topic write sismo/siteA/nodo_01/status

user nodered_ingestor
topic read sismo/siteA/+/data
topic read sismo/siteA/+/status
topic write sismo/siteA/+/cfg
```

## 8.2 Flujos Node-RED (estructura mínima)

**Intención:** validar ingestión, parseo y persistencia. **Criterio de prueba:** llegada de 1k msgs/min sostenida 5 min sin pérdida.

```
[
  {"type":"tab","label":"Ingesta","id":"flow_ingesta"},
  {"type":"mqtt in","z":"flow_ingesta","name":"data_in","topic":"sismo/+ /+ /data","qos":"1"},
  {"type":"json","z":"flow_ingesta","name":"parse"},
  {"type":"function","z":"flow_ingesta","name":"validate","func":"// validar campos y rang"},
  {"type":"batch","z":"flow_ingesta","name":"bulk","interval":"5","max":"500"},
  {"type":"mysql","z":"flow_ingesta","name":"insert_bulk","query":"INSERT ..."}
]
```

## 8.3 Docker Compose (opcional)

**Intención:** orquestar Mosquitto, Node-RED, MySQL con volúmenes y backup. **Criterio de prueba:** levantar stack en limpio, conservar datos tras reinicio.

```
version: "3.8"
services:
  mosquitto:
    image: eclipse-mosquitto:2
    ports: ["8883:8883"]
    volumes:
      - ./mosquitto:/mosquitto
  nodered:
    image: nodered/node-red:latest
    ports: ["1880:1880"]
    volumes:
      - ./nodered:/data
  mysql:
    image: mysql:8
    environment:
      - MYSQL_ROOT_PASSWORD=strongpass
      - MYSQL_DATABASE=sismo
    ports: ["3306:3306"]
    volumes:
      - ./mysql:/var/lib/mysql
```

## 9 Requerimientos abiertos y supuestos

- **Falta definir:** cantidad final de nodos por planta y ubicación exacta; política de retención definitiva.
- **Supuestos:** Fs efectivo de publicación 100 Hz; latencia objetivo  $p_{95} \leq 500$  ms; retención crudos 180 días.

## 10 Próximas entregas y criterios de aceptación

- **Piloto 4 nodos in situ:** 1) disponibilidad broker  $\geq 99\%$  semana, 2) pérdidas  $< 1\%$ , 3) error PGA/PGV  $\leq 10\%$  vs referencia.



- **Informe técnico de investigación:** metodología de calibración, resultados, incertidumbre, lecciones aprendidas.
- **Guía de transferencia/mantenimiento:** instalación, O&M, roles, seguridad.

## 11 Matriz de cambios (desde último informe)

ID cambio	Descripción	Motivo	Impacto	Estado
CH-07	Decimado a 100 Hz	Reducir ancho de banda	Menor carga y latencia	Aplicado
CH-08	CBOR opcional	Payload más compacto	Menor uso de red	En prueba

## 12 Apéndice: Plan mínimo de pruebas automáticas (firmware)

**Intención:** asegurar estabilidad de muestreo y reconexión. **Criterio de prueba:** pasar 100% de casos en banco.

- Temporización  $F_s \pm 0.5\%$  en 15 min.
- Reconexión MQTT < 3 s tras caída simulada.
- Integridad de secuencia seq sin saltos tras reconexión.

## 13 Solicitudes al comité/directores (bloqueadores)

1. Autorización de instalación piloto y acceso a Ethernet/PoE donde aplique.
2. Presupuesto para UPS y caja estanca IP54 por nodo.
3. Acceso a mesa vibradora o protocolo alternativo de estímulo.

### 13.0.1 Notas de uso

- Este informe es plantilla operativa: reemplazar campos entre corchetes y completar percentiles/métricas con datos reales.
- Mantener numeración y trazabilidad para comparación entre cortes.

**Fin del informe.**