

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Alcances	3
1.4. Estructura del Trabajo	3
2. Marco Teórico	4
2.1. Micro-red	4
2.1.1. Ventajas de una Micro-red	4
2.1.2. Dificultades en la Implementación	5
2.1.3. Arquitectura de Control	5
2.1.4. Control Jerárquico en Micro-redes	6
2.2. Protocolos de Comunicación	8
2.2.1. Modbus	8
2.2.1.1. Query-Response Cycle	8
2.2.1.2. Modbus en Puertos Seriales	9
2.2.1.3. Modbus con comunicación TCP/IP	10
2.2.2. IEC 60870-5	12
2.2.3. DNP 3	13
2.2.4. IEC 61850	14
2.2.5. Gateway	17
2.3. Sistemas SCADA	18
2.3.1. SIMATIC WinCC V7	18
2.3.2. eSCADA	20
2.3.3. EcoStruxure™ Power Operation	22
2.3.4. VTScada	23
2.3.5. Comparación Técnica	25
3. Arquitectura y Caso de Estudio	27
3.1. Arquitectura del Sistema	27
3.1.1. Aplicaciones del Sistema	28
3.1.2. Caso de Estudio	28
3.1.2.1. Topología de la Micro-red	28
3.1.2.2. Elementos de Red	29
3.1.2.3. Canales de Comunicación	29

3.1.2.4.	Dispositivos de Campo	30
4.	Desarrollo y resultados	31
4.1.	Librerías Utilizadas	31
4.2.	Interfaz Hombre-Máquina	31
4.2.1.	Objetos Gráficos	32
4.2.1.1.	FrameObject	32
4.2.1.2.	LineObject	33
4.2.2.	Objetos de Datos	33
4.2.2.1.	Paneles Fotovoltaicos	34
4.2.2.2.	Linea de Transmisión	34
4.2.2.3.	Subestaciones	36
4.2.2.4.	Transformadores	36
4.2.2.5.	Consumo	37
4.2.3.	Otros Objetos	37
4.2.3.1.	Alarma	37
4.2.3.2.	Alarm Manager	37
4.2.3.3.	Historical Data	38
4.2.4.	Base de Datos	38
4.2.4.1.	Datos de Red	38
4.2.4.2.	Datos de Medición	38
4.2.4.3.	Algoritmo de Adquisición de Datos	39
4.3.	Implementación de la Micro-red del Laboratorio	40
4.3.1.	Validación en un Entorno Simulado	44
4.3.2.	Validación Experimental en el Laboratorio	50
4.3.2.1.	Perfil de Tensión de la Micro-red	51
4.3.2.2.	Conexión de Carga Trifásica	52
5.	Conclusiones	55
5.1.	Trabajo Futuro	56
	Bibliografía	56
	Anexo	59