

**Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión**



**Laura Daniela Motta Godoy**

*Universidad del Cauca*

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Programa de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones**

Popayán, noviembre de 2018

**Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión**



Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de Ingeniera en  
Electrónica y Telecomunicaciones

**Laura Daniela Motta Godoy**

Director: Ing. Yamir Hernando Bolaños Muñoz  
Codirector: Esp. Oscar Josué Calderón Cortés

*Universidad del Cauca*

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Programa de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones**

Popayán, noviembre de 2018



## Tabla de contenido

<b>CAPÍTULO 1 - MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>1</b>
1.1. La Red eléctrica y su uso.....	1
1.1.1. Red eléctrica.....	1
1.1.2. Comunicaciones asociadas al servicio de energía eléctrica .....	3
1.2. PLC.....	7
1.2.1. Principio de funcionamiento.....	7
1.2.2. Rangos de frecuencia de trabajo tecnologías PLC .....	9
1.2.3. Tipos de ruido en las redes eléctricas.....	11
1.3. Regulaciones y estándares de PLC .....	13
1.3.1. Regulaciones.....	13
1.3.2. Estándares .....	14
<b>CAPÍTULO 2 - TECNOLOGÍAS PLC OBJETO DE ESTUDIO .....</b>	<b>20</b>
2.1. Tecnologías a considerar.....	20
2.1.1. Kit de Evaluación CY3274 – Cypress .....	21
2.1.2. Kit de desarrollo Semitech Semiconductor SM9410 EVK2 .....	24
2.2. Comparación de los diferentes Kits de evaluación.....	27
2.2.1. Comparación HW .....	27
2.2.2. Comparación SW .....	28
<b>CAPÍTULO 3 – PLAN DE PRUEBAS.....</b>	<b>29</b>
3.1. Descripción general.....	29
3.2. Condiciones de prueba.....	30
3.3. Especificación de los escenarios y casos de prueba.....	32
3.3.1. Escenario de Referencia .....	32
3.3.2. Escenario de Validación .....	37
3.4. Requisitos de datos de prueba.....	38
3.5. Datos a obtener de la prueba.....	39
<b>CAPÍTULO 4 – ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
4.1. Efectos del ruido eléctrico de fondo .....	41
4.1.1. Efecto de una carga – Prueba 1 .....	42
4.1.2. Efecto de la carga 3 en la modulación – Prueba 2.....	49
4.1.3. Efecto de varias cargas del mismo tipo conectadas simultáneamente - Prueba 3 .....	50



4.1.4. Efecto de varias cargas de diferente tipo conectadas simultáneamente – Prueba 4 .....	52
4.2. Efectos del ruido eléctrico impulsivo .....	52
4.2.1. Efecto de una carga – Prueba 1 .....	54
4.2.2. Efecto de una carga en la modulación – Prueba 2.....	54
4.2.3. Efecto de diferentes niveles de ruido impulsivo – Prueba 5 .....	55
4.3. Análisis general de los resultados obtenidos con el plan de pruebas .....	57
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....</b>	<b>59</b>
5.1. Conclusiones .....	59
5.2. Trabajos futuros .....	60
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>61</b>
<b>APÉNDICE 1 – Modulaciones utilizadas por estándares de comunicación PLC .....</b>	<b>65</b>
<b>APÉNDICE 2 – Resultados Datos completos.....</b>	<b>68</b>
<b>APÉNDICE 3 – DISEÑO: Método para Sincronizar Impulsos de Ruido Eléctrico con la Señal de Información .....</b>	<b>184</b>



## Lista de figuras

Figura 1 - 1 Acceso a la electricidad (% de población) .....	1
Figura 1 - 2 Etapas de la red eléctrica.....	3
Figura 1 - 3 Comunicaciones AMI .....	4
Figura 1 - 4 Diagrama de comunicación PLC.....	7
Figura 1 - 5 Proceso para envío/recepción de información vía PLC.....	8
Figura 1 - 6 Ruido eléctrico en la red. ....	11
Figura 1 - 7 Tipos de Ruido eléctrico.....	12
Figura 1 - 8 Aplicaciones de la banda CENELEC.....	14
Figura 1 - 9 Esquema del transmisor utilizando PRIME .....	15
Figura 1 - 10 Esquema del transmisor utilizando G3.....	17
Figura 1 - 11 Esquema del transmisor utilizando IEEE 1901.2.....	18
Figura 2 - 1 Componentes Kit de Evaluación Cypress. ....	22
Figura 2 - 2 PLC Control Panel GUI .....	23
Figura 2 - 3 Semitech Semiconductor SM9410 EVK2. ....	25
Figura 2 - 4 SM2400 Control. ....	26
Figura 3 - 1 Descripción general del plan de pruebas. ....	30
Figura 3 - 2 Elementos a utilizar – Plan de pruebas. ....	32
Figura 3 - 3 Escenario de Referencia.....	33
Figura 3 - 4 Conexiones a realizar Prueba 1 .....	34
Figura 3 - 5 Conexiones a realizar Prueba 4 .....	36
Figura 3 - 6 Secuencia para generación de ruido eléctrico impulsivo .....	37
Figura 3 - 7 Escenario de Validación.....	38
Figura 4 - 1 Indicación de inicio de la transmisión-Tx (Pin TxEnable) vs Señal con ruido eléctrico de fondo-Rx .....	41
Figura 4 - 2 Señal de información-Tx (Pin Transmisión) vs Señal con ruido eléctrico de fondo-Rx .....	42
Figura 4 - 3 Resultados Prueba 1 – Efecto de la Carga 1 (fuente conmutada de computador portátil) .....	42
Figura 4 - 4 Resultados Prueba 1 – Efecto de la Carga 2 (taladro) .....	43
Figura 4 - 5 Resultados Prueba 1 – Efecto de la Carga 3 (bombillo fluorescente) .....	43
Figura 4 - 6 Espectro de frecuencia Transmisión con Cypress.....	44
Figura 4 - 7 Espectro de frecuencia Transmisión con Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2) .....	45
Figura 4 - 8 Espectro de frecuencia Transmisión con Semitech Semiconductor (G3) .....	45
Figura 4 - 9 Espectro de frecuencia Transmisión con Semitech Semiconductor (PRIME) .....	46
Figura 4 - 10 Espectro de frecuencia Carga 1 – Fuente conmutada de computador portátil .....	47
Figura 4 - 11 Espectro de frecuencia Carga 2 – Taladro .....	47
Figura 4 - 12 Espectro de frecuencia Carga 3 – Bombillo Fluorescente .....	48
Figura 4 - 13 Efecto de las diferentes cargas en la comunicación .....	48
Figura 4 - 14 Efecto de una carga en la modulación – Ruido eléctrico de fondo ..	49



Figura 4 - 15 Efecto de varias cargas tipo 1 (fuente conmutada de computador portátil) conectadas simultáneamente .....	50
Figura 4 - 16 Efecto de varias cargas tipo 2 (taladro) conectadas simultáneamente .....	51
Figura 4 - 17 Efecto de varias cargas tipo 3 (bombillo fluorescente) conectadas simultáneamente.....	51
Figura 4 - 18 Efecto de varias cargas de diferente tipo conectadas simultáneamente.....	52
Figura 4 - 19 Señal de indicio de la transmisión-Tx (Pin TxEnable) vs magnitud ruido eléctrico Impulsivo-Rx .....	53
Figura 4 - 20 Señal de indicio de la transmisión-Tx (Pin TxEnable) vs variación ruido eléctrico Impulsivo-Rx .....	53
Figura 4 - 21 Efecto de una carga en la comunicación – Ruido eléctrico impulsivo .....	54
Figura 4 - 22 Efecto de una carga en la modulación – Ruido eléctrico impulsivo .	55
Figura 4 - 23 Efecto de diferentes niveles de ruido impulsivo – Escenario de Referencia .....	56
Figura 4 - 24 Efecto de diferentes niveles de ruido impulsivo – Escenario de Validación .....	56
Figura 4 - 25 Comportamiento general de las tecnologías PLC frente al ruido .....	57
Figura 4 - 26 Comparación general – comportamiento de tecnologías.....	58
Figura 4 - 27 Desviación estándar de los resultados por tecnología.....	58
Figura A1 - 1 Modulación FSK .....	65
Figura A1 - 2 Señal modulada 16QAM.....	67
Figura A3 - 1 Diseño circuital .....	184



## Lista de tablas

Tabla 1 - 1 Etapas de la red eléctrica y valores de tensión en Colombia.....	2
Tabla 1 - 2 Incursión de tecnologías en las etapas de las redes eléctricas .....	6
Tabla 1 - 3 Servicios de AMI y sus requisitos .....	6
Tabla 1 - 4 Rangos de frecuencias tecnologías PLC.....	10
Tabla 1 - 5 Regulaciones y bandas de frecuencias según la región.....	13
Tabla 1 - 6 Especificación de función por bloques - Tx PRIME .....	16
Tabla 1 - 7 Especificación de función por bloques - Tx G3.....	17
Tabla 1 - 8 Comparación de estándares NB PLC.....	18
Tabla 2 - 1 Tecnologías a considerar. ....	21
Tabla 2 - 2 Características HW Cypress. ....	22
Tabla 2 - 3 Parámetros a configurar del Nodo Local (Cypress). ....	23
Tabla 2 - 4 Parámetros a configurar del Mensaje (Cypress).....	24
Tabla 2 - 5 Características HW Semitech Semiconductor. ....	25
Tabla 2 - 6 Parámetros a configurar del Tx Semitech Semiconductor. ....	26
Tabla 2 - 7 Comparación HW tecnologías PLC objeto de estudio. ....	27
Tabla 2 - 8 Comparación SW Kit de evaluación PLC objeto de estudio .....	28
Tabla 3 - 1 Parámetros a configurar (Cypress).....	31
Tabla 3 - 2 Cargas elegidas para el estudio .....	31
Tabla 3 - 3 Parámetros a Analizar - Prueba Preliminares.....	33
Tabla 3 - 4 Posiciones de una carga - Prueba 1.....	34
Tabla 3 - 5 Posiciones de las cargas - Prueba 3 .....	35
Tabla 3 - 6 Combinación de posiciones de las cargas - Prueba 4 .....	35
Tabla 3 - 7 Clasificación de números aleatorios para generación de impulsos.....	36
Tabla 3 - 8 Variación de umbral de decisión para ruido eléctrico impulsivo.....	37
Tabla 3 - 9 Parámetros del mensaje a Tx.....	39
Tabla 3 - 10 Cantidad de datos a comparar por escenario. ....	40
Tabla A1 - 1 Ganancia nominal para las modulaciones PSK.....	66



## Lista de acrónimos

8PSK	<i>8 Phase Shift Keying</i> , Modulación por desplazamiento de fase con ocho estados
ACK	<i>Acknowledgement</i> , Acuse de recibo
ADO	<i>Advanced Distribution Operations</i> , Operaciones avanzadas de distribución
AMI	<i>Advanced Metering Infrastructure</i> , Infraestructura avanzada de medición
AMM	<i>Advanced Asset Management</i> , Gestión avanzada de activos
ARIB	<i>Association of Radio Industries and Businesses</i> , Asociación de Industrias y Negocios de Radio
ATO	<i>Advanced Transmission Operations</i> , Operaciones avanzadas de transmisión
AWGN	<i>Additive White Gaussian Noise</i> , Ruido blanco aditivo gaussiano
BB PLC	<i>Broad Band PLC</i> , Comunicación mediante línea de potencia en banda ancha
bps	bits por segundo
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i> , Modulación por desplazamiento de fase binario
CENELEC	<i>Comité Européen de Normalisation Electrotechnique</i> , Comité Europeo de Normalización Electrotécnica
D8PSK	<i>Differential 8 Phase Shift Keying</i> , Modulación diferencial por desplazamiento de fase con ocho estados
DBPSK	<i>Differential Binary Phase Shift Keying</i> , Modulación diferencial por desplazamiento de fase binaria
DQPSK	<i>Differential Quadrature Phase Shift Keying</i> , Modulación diferencial por desplazamiento de fase en cuadratura
FCC	<i>Federal Communications Commission</i> , Comisión Federal de Comunicaciones
FEC	<i>Forward Error Correction</i> , Corrección de Errores en el Destino
FSK	<i>Frequency Shift Keying</i> , Modulación por desplazamiento de frecuencia
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> , Servicio de envío paquetes vía radio
GUI	<i>Graphical user interface</i> , Interfaz Gráfica de Usuario
HW	Hardware
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i> , Circuito Inter-Integrado
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> , Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> , Organización Internacional de Normalización



ITU	<i>International Telecommunication Union</i> , Unión Internacional de Telecomunicaciones
KV	Kilo Voltios
NB PLC	<i>Narrow Band PLC</i> , Comunicación mediante línea de potencia en banda estrecha
OFDM	<i>Orthogonal Frequency-Division Multiplexing</i> , Multiplexación por división de frecuencias ortogonales
PER	<i>Packet Error Rate</i> , Tasa de error de paquete
PLC	<i>Power Line Communication</i> , Comunicación mediante línea de potencia
PLT	<i>Power Line Telecommunication</i> , Telecomunicaciones por Línea de Potencia
PRIME	<i>PoweRline Intelligent Metering Evolution</i> , Evolución inteligente de medición en la línea de potencia
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i> , modulación de amplitud en cuadratura
QPSK	<i>Quadrature phase-shift keying</i> , Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura
ROBO	<i>ROBust Orthogonal frequency-division multiplexing</i> , Multiplexación robusta por división de frecuencias ortogonales
RSSI	<i>Received Signal Strength Indicator</i> , Indicador de Fuerza de la Señal Recibida
SDL	Sistemas de Distribución Locales
SG	Smart Grid
SMPS	<i>Switched-Mode Power Supply</i> , Módulo de fuente de alimentación conmutada
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i> , Relación señal a ruido
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i> , Interfaz Periférica Serial
STN	Sistema de Transmisión Nacional
STR	Sistemas de Transmisión Regionales
SW	Software
UNB PLC	<i>Ultra Narrow Band PLC</i> , Comunicación mediante línea de potencia en banda ultra estrecha
USB	<i>Universal Serial Bus</i> , Bus universal en serie



# CAPÍTULO 1 - MARCO TEÓRICO

Este capítulo se desarrolla con el objetivo de presentar una base teórica que sirva como soporte para el trabajo a realizar. Se expone la red eléctrica con sus diferentes etapas, además de una breve explicación del proceso de transmisión de datos sobre estas redes como un nuevo uso para la infraestructura existente y cómo las tecnologías de Comunicación mediante Línea de Potencia (PLC, *Power Line Communications*) permiten desarrollar sistemas que apoyen este proceso.

Respecto a estas tecnologías (PLC) se expone la clasificación de frecuencias para los tipos de sistemas, así como algunos factores de la red que es necesario considerar a la hora de realizar alguna implementación debido a la afectación que pueden llegar a causar en la comunicación.

## 1.1. La Red eléctrica y su uso

### 1.1.1. Red eléctrica

La red eléctrica es una de las más extensas y con mayor cobertura a nivel mundial, de acuerdo con los datos presentados por el Banco Mundial, afirma, que en la mayoría de países más del 73,76% de la población tiene acceso a la electricidad [1]; esto se ilustra en la Figura 1 - 1 donde el color azul oscuro representa el mayor porcentaje de acceso y el azul claro, el menor.



Figura 1 - 1 Acceso a la electricidad (% de población).  
Tomado de [1]

Las redes eléctricas están conformadas por diferentes etapas, los cuales realizan una función específica [2], [3]:



- **Generación:** corresponde al proceso de transformación de energía (de cualquier tipo, por ejemplo: eólica, hidráulica, solar) en energía eléctrica. En esta etapa se generan voltajes de 3 kilo Voltios (kV) a 20kV, que posteriormente (para el caso de Colombia), se elevan a voltajes que pueden superar los 500kV [4].
- **Transmisión (o Transporte):** consiste en el transporte de la energía eléctrica desde las centrales de generación hasta la red de distribución, para lo cual debe adecuarse según se requiera alta, media o baja tensión [4]. Para esto se utiliza el Sistema de Transmisión Nacional (STN), el cual opera en tensiones de 220 kV o superiores [5].
- **Distribución:** esta etapa de la red se encarga de llevar la energía a los usuarios en los voltajes requeridos de acuerdo a las necesidades. Este proceso se realiza a través de los Sistemas de Transmisión Regionales (STR) y los Sistemas de Distribución Locales (SDL). Los primeros (STR) operan en el nivel 4 de tensión, es decir entre 220 kV y 57.5 kV; los segundos operan en los niveles de tensión 1, 2 y 3, es decir entre 57.5kV y menos de 1kV.
- **Consumo (o comercialización):** corresponde a la parte final de la red, es decir la acometida eléctrica<sup>1</sup> [6], y dependiendo del tipo de usuarios que requieren el servicio, se tendrán voltajes entre 110 y 220 V esto en el caso de un consumo residencial [7].

La Tabla 1 - 1 presenta las diferentes etapas de la red eléctrica en Colombia, así como los valores de tensión manejados.

*Tabla 1 - 1 Etapas de la red eléctrica y valores de tensión en Colombia*

<b>ETAPAS DE LA RED ELÉCTRICA</b>	<b>VALORES DE TENSIÓN</b>
Generación	3 – 20 kV
Transmisión (o Transporte)	500 – 220 kV
Distribución	Nivel de tensión 1 < 1 kV 1 kV ≤ Nivel de tensión 2 < 30 kV 30 kV ≤ Nivel de tensión 3 < 57,5 kV 57,5 kV ≤ Nivel de tensión 4 < 220 kV
Consumo	110 – 220 V

La Figura 1 - 2 presenta una descripción de la red eléctrica (que trabaja entre 50 y 60Hz dependiendo del país) especificando cada una de las etapas mencionadas.

<sup>1</sup> Hace referencia a la parte de la red que va desde la subestación de distribución, hasta los puntos de conexión destinados para el usuario final.

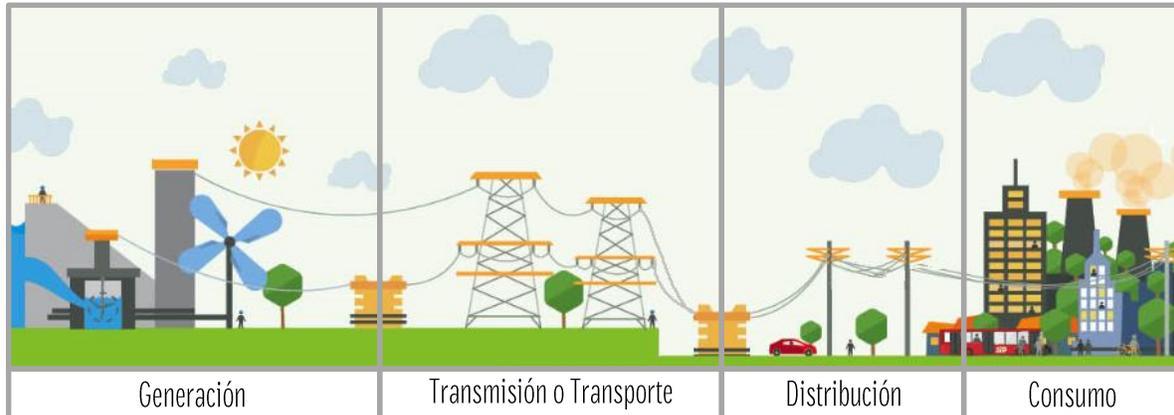


Figura 1 - 2 Etapas de la red eléctrica.  
Tomado de [4]

Teniendo en cuenta que la función inicial de las redes eléctricas fue únicamente el transporte de energía desde las fuentes generadoras hasta los usuarios finales y que no se han realizado cambios considerables en el modelo de la infraestructura desde su concepción hasta ahora, es necesario analizar su estructura y comportamiento para la incursión en nuevos usos o servicios a través de la misma.

#### 1.1.2. Comunicaciones asociadas al servicio de energía eléctrica

Uno de los nuevos usos en los que se involucra la red eléctrica hace referencia a las redes inteligentes (SG, *Smart Grid*). Este es un concepto que abarca todo el sistema de energía (con las diferentes etapas mostradas en la Figura 1 - 2) y busca la optimización del mismo mediante el uso de tecnologías y mecanismos para un aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles.

Las SG están conformadas por diferentes subsistemas, cada uno con funciones específicas [8], [9], estos son:

- Infraestructura de Medición Avanzada (AMI, *Advanced Metering Infrastructure*): permite la comunicación directa entre el operador de red con el medidor en el lado del cliente por lo cual mide, recolecta y analiza información relacionada con el consumo del servicio ofrecido (puede ser de energía eléctrica, agua, gas, entre otros).
- Operaciones avanzadas de distribución (ADO, *Advanced Distribution Operations*): hace uso de la información obtenida por AMI para apoyar el proceso de distribución y ayuda a mejorar las operaciones.
- Operaciones avanzadas de transmisión (ATO, *Advanced Transmission Operations*): usa la información de ADO con el fin de gestionar el tráfico de datos y mejorar las operaciones.



- Gestión avanzada de activos (AAM, *Advanced Asset Management*): hace uso de la información de todos los subsistemas para lograr que la utilización y la operación de la red mejoren.

Ya que una de las tareas de AMI es la recolección de los datos y por ende la comunicación, es este subsistema el que se tendrá en cuenta en la realización del presente trabajo de grado.

Las redes de los subsistemas AMI están conformadas por diferentes segmentos interconectados [10], los cuales requieren que la comunicación sea bidireccional entre el dispositivo de medición del usuario final y la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica [11]. Esta conexión (presentada en la Figura 1 - 3) permite la comunicación a través de la red, por lo cual se facilita la gestión y procesamiento de la información concerniente al consumo de energía.

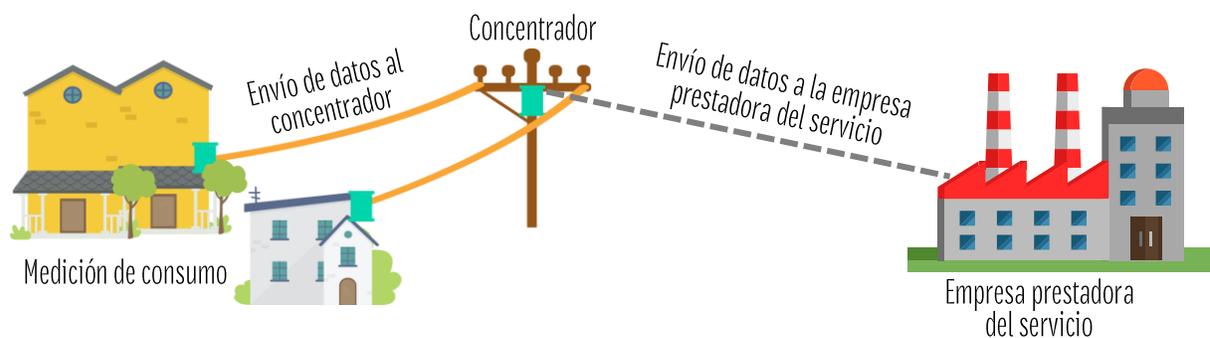


Figura 1 - 3 Comunicaciones AMI  
Basado en [11]

Este tipo de desarrollos brinda beneficios tanto a los proveedores o prestadores del servicio como a los consumidores. En el caso de los proveedores facilita la gestión y mantenimiento de la red, específicamente en procesos como: la conexión/desconexión los equipos de medida y por lo tanto del servicio, la actualización de los clientes y la obtención de datos de forma remota. Por el lado de los clientes, permite que ellos conozcan y monitoreen la información respecto a su consumo del servicio mediante curvas o graficas representativas (de acuerdo a lo establecido por el prestador del servicio).

Además, con la implementación de redes AMI pueden desplegarse también herramientas de diagnóstico y notificación, que permitan la detección de irregularidades en el consumo o la detección de ataques físicos o cibernéticos, permitiendo ahorrar dinero en prevención de daños y costos de mantenimiento para los proveedores de energía y los consumidores.

Uno de los objetivos principales de AMI es mejorar la eficiencia, fiabilidad e integridad de las mediciones obtenidas, para lo cual requiere de tres elementos importantes que son: sistemas de medición, sistemas de recolección/transmisión de medidas y por último, sistemas de gestión/análisis de datos [10], [9].



Además de lo anterior, en la literatura se plantean algunas consideraciones para las redes AMI, con el fin de lograr una comunicación eficiente, algunas de ellas son: la confidencialidad de los datos obtenidos, entrega oportuna de información respecto al consumo, y permitir la comunicación bidireccional [8], [11]; algo muy importante a tener en cuenta es apoyar la expansión futura ya que este tipo de mejoras en las redes deben prever el crecimiento y proyectar su tiempo de vida a largo plazo.

La implementación de redes AMI aún se encuentra en desarrollo, tal como se expone en [10], pues la falta de normatividad, estandarización o un enfoque universal al respecto se constituyen en una limitación para su masificación. Sin embargo, algunos países a nivel mundial han puesto en marcha diferentes sistemas que les permiten mejorar las condiciones de la red, motivados por factores como las necesidades propias, el desarrollo energético o las condiciones de contaminación ambiental.

Algunos ejemplos puntuales son la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá quienes buscan incrementar la eficiencia energética y reducir las emisiones de  $CO_2$ ; o Brasil, China e India donde se requiere un crecimiento de infraestructura para satisfacer la demanda del servicio. En el caso particular de Colombia, tanto las emisiones de  $CO_2$  como los niveles de consumo per cápita no son tan elevados como en otros países, por lo cual la mayor motivación para realizar implementaciones de redes AMI, estaría en mejorar la eficiencia energética y reducir las pérdidas técnicas (que se relacionan con la disipación de energía durante el transporte y los cambios de material o uniones) y no técnicas (debidas a las conexiones no oficiales o alteración de las mediciones de los equipos) que se generan debido a la falta de un control en el uso de la energía a lo largo de la red [12], [13].

Para la implementación de sistemas AMI se utilizan diferentes tecnologías de comunicación tanto inalámbricas (Bluetooth, Servicio de envío paquetes vía radio (GPRS, *General Packet Radio Service*) y ZigBee), como alambradas o cableadas (cable de cobre, fibra óptica, PLC) [14].

Todas estas tecnologías presentan ciertas características y funcionalidades que las convierten en las alternativas más viables de acuerdo a la implementación a realizar.

La Tabla 1 - 2 muestra que PLC y GPRS son las tecnologías con mayor grado de implementación en las diferentes etapas de las redes eléctricas, pero es PLC la más destacada al permitir usar la infraestructura de la red eléctrica disponible para la gestión del consumo de forma paralela a la prestación del servicio [14], [15], por esta razón es más utilizada en las etapas de distribución y consumo.



Tabla 1 - 2 *Incursión de tecnologías en las etapas de las redes eléctricas*  
 Basado en [16]

ETAPA	USO	TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN				
		PLC	Zigbee	WiFi	WiMax	GPRS
Generación	Tradicional	c	b	b	b	a
	De energías renovables	c	b	c	b	a
Transporte	Monitoreo y control de la línea de transmisión	c	b	b	b	a
	Supervisión del aislador	c	b	c	b	a
Distribución	Protección y automatización de la subestación	a	c	b	b	a
	Monitoreo y protección de la línea de distribución	a	c	c	c	b
	Monitoreo y control de equipos	a	b	a	b	a
Consumo	Automatización y control del hogar	a	b	c	c	a
	Automatización y control de la industria	a	b	a	c	a
	Lectura de mediciones automática	a	a	a	c	a
	Vehículos eléctricos	a	a	a	c	a

- a → en uso, algunas soluciones estables se encuentran disponibles.
- b → se encuentra en desarrollo, hay disponibles algunas soluciones en prueba.
- c → no está en uso, pero pueden desarrollarse soluciones utilizando esta tecnología.

En cuanto a los servicios prestados sobre la red eléctrica, se tienen en cuenta tres de ellos que se consideran como básicos que son, lectura de los medidores, transmisión de las mediciones, además de la conexión y desconexión de los equipos de medida, los cuales requieren un ancho de banda con capacidad entre 10 y 500 Kilobits por segundo (Kbps) dependiendo del servicio y un tiempo entre envío de datos que va desde los 5 segundos hasta las 8 horas [8]. En la Tabla 1 - 3 se aprecian algunas características de los servicios, y se destaca de forma general que no requieren un tiempo de respuesta inmediata por ello no demandan un retardo crítico, debido a que importa más la integridad y la precisión de la información que el tiempo de la lectura/recepción de la misma.

Tabla 1 - 3 *Servicios de AMI y sus requisitos*  
 Tomado de [9]

SERVICIO	CAPACIDAD	TIEMPO ENTRE TRANSMISIONES
Lectura de medidores	10 Kbps / medidor (dependiendo del tamaño del paquete y la frecuencia utilizada)	15 minutos
Transmisión de mediciones	10 Kbps / medidor (dependiendo del tamaño del paquete y la frecuencia utilizada)	4 horas (día) 8 horas (noche)
Conexión y desconexión los equipos de medida	500 Kbps	5 segundos

## 1.2. PLC

### 1.2.1. Principio de funcionamiento

La Comunicación mediante Línea de Potencia (PLC), también conocida como Telecomunicaciones por Línea de Potencia (PLT, *Power Line Telecommunication*), es un tipo de tecnología que permite usar las líneas del tendido eléctrico no solo para transportar energía sino también para la transmisión de datos, es decir se intercambia información a través de la red.

Para que esto sea posible, las señales de información y de corriente alterna deben coexistir en el mismo medio, tal como se muestra en la

Figura 1 - 4, donde se representa la señal propia de la red eléctrica que trabaja a bajas frecuencias (50 o 60 Hz según la región) con altos valores de voltaje (110Vac – 480Vac), y la señal de información que maneja valores de frecuencia portadora elevados (del orden de los KHz a los MHz dependiendo de la aplicación) y voltajes pequeños (del orden de los mV). Para que la comunicación sea posible las dos señales deben compartir el canal sin dañarse ni alterarse entre ellas.

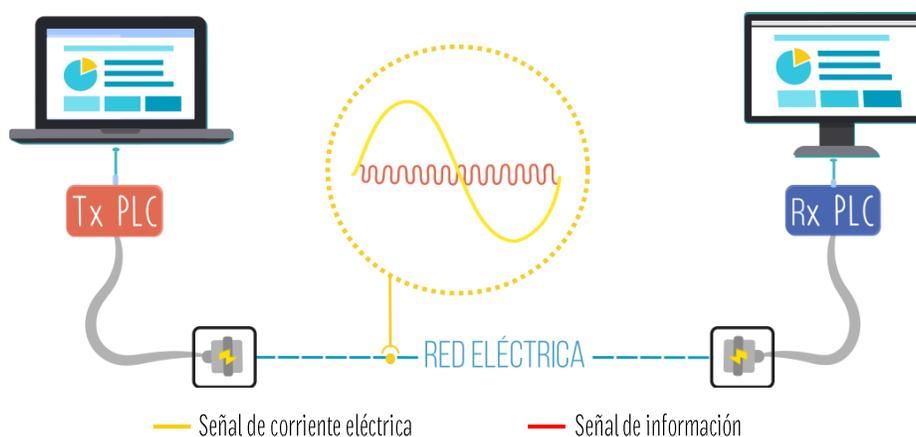


Figura 1 - 4 Diagrama de comunicación PLC.  
Basado en [17]

El principio de trabajo de PLC consiste en la superposición de la señal de información sobre la señal de corriente eléctrica. Esta segunda se transmite a través de la infraestructura de la red que ha sido diseñada para tal fin, gracias a la forma de funcionamiento de PLC es posible enviar y recibir información de forma remota utilizando el mismo medio. Para que la señal PLC pueda circular por la red eléctrica es necesario que tanto los dispositivos de transmisión como de recepción, cuenten con [18]:

- Un filtro que elimine las componentes de baja frecuencia (50-60 Hz) antes de que la señal sea procesada para optar por analizar de forma específica la información pertinente, además de proteger el sistema de los altos valores de voltaje manejados por la señal de corriente eléctrica [18].

- Un Modem de Red Eléctrica (MRE), el cual convierte los datos binarios en una secuencia de señales con frecuencias y niveles de amplitud predefinidos en el caso del transmisor (Tx) y realiza el proceso en sentido contrario en el caso del Receptor (Rx), de esta manera se lleve a cabo el proceso de modulación y demodulación de la señal [18].
- Una Interfaz de Línea de Red Eléctrica (ILRE), que tiene la función de transmitir las señales moduladas en el caso del Tx, e identificar señales que deban ser procesada por el Rx, de forma general, se encarga del proceso de envío y recepción de la información [18].

La Figura 1 - 5 ilustra el proceso que debe realizarse a la información para ser transmitida/ recibida a través de tecnologías PLC, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente.

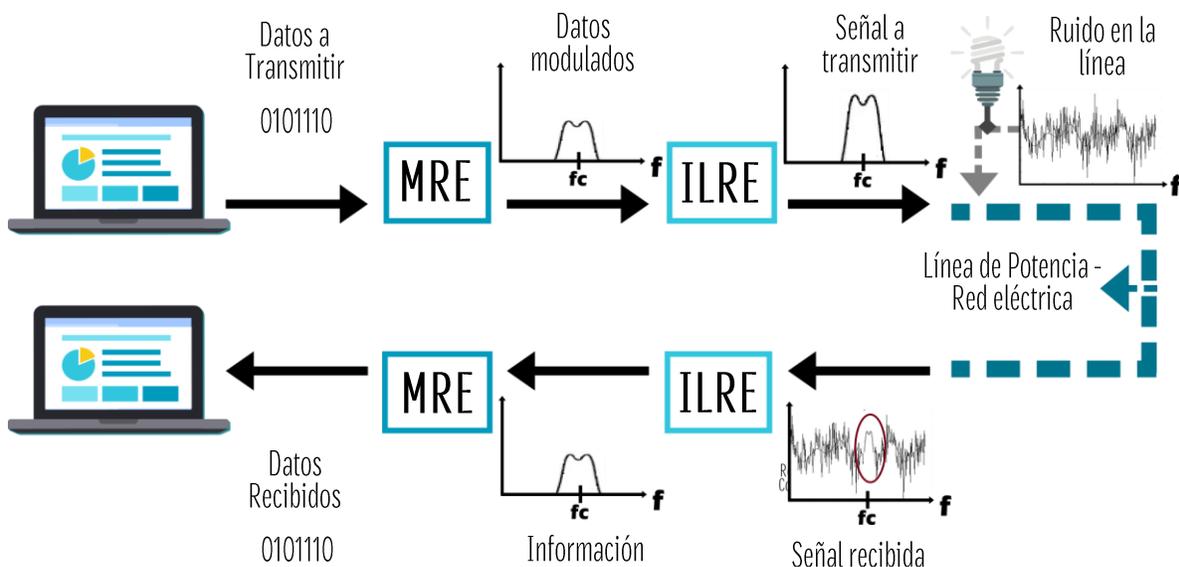


Figura 1 - 5 Proceso para envío/recepción de información vía PLC  
Basado en [18]

La ventaja que presenta esta forma de comunicación y de funcionamiento es la utilización de la infraestructura existente, específicamente las líneas de transmisión o líneas de potencia, para transmitir información de diferentes tipos disminuyendo la brecha de comunicación que generalmente se presenta entre las compañías prestadoras de servicios y los clientes finales, facilitando el establecimiento de la conexión con todos los puntos que se encuentren vinculados a lo largo de la red eléctrica [14], [15].



### 1.2.2. Rangos de frecuencia de trabajo tecnologías PLC

Adicionalmente, de acuerdo a la literatura [14], [19]–[21], es posible clasificar las tecnologías PLC en tres grandes grupos según el rango de frecuencias en que trabajan:

1.1.2.1. *PLC de Banda Ancha (BB PLC, Broad Band PLC)*: son las tecnologías que operan en frecuencias comprendidas entre 1.8MHz- 250MHz y como su nombre lo indica pueden manejar un mayor ancho de banda que los demás. Este tipo de sistemas deben ser capaces de soportar una velocidad de datos del orden de los Mega bits por segundo (Mbps) ya que han sido pensados para aplicaciones relacionadas con el entretenimiento, el acceso a Internet y algunos usos domésticos. El alcance estimado de estos sistemas es de 250 metros sin repetidores [22].

1.1.2.2. *PLC de Banda Estrecha (NB PLC, Narrow Band PLC)*: son sistemas que operan en frecuencias comprendidas entre 3 KHz - 500 KHz. Los sistemas que utilizan tecnologías en esta banda manejan dos tipos de velocidades, las bajas (hasta 10 Kbps) para implementaciones de una sola portadora, y las altas (hasta 1 Mbps), en caso de la utilización de múltiples portadoras. Las tecnologías NB PLC tienen un alcance de hasta 1 Km y presentan menor atenuación que BB PLC debido al rango de frecuencias que utilizan, por esta razón este tipo de sistemas se tienen como primera opción para aplicaciones AMI [16], [22].

1.1.2.3. *PLC de Banda Ultra Estrecha (UNB PLC, Ultra Narrow Band PLC)*: son sistemas que operan en las bandas de frecuencias que van desde 0.3 KHz - 3 KHz; logran velocidades de datos muy bajas, del orden de los bits por segundo (bps) y se utilizan para aplicaciones de control de carga en la red y telemetría. Logran alcanzar distancias de hasta 150 Km [23], no han sido utilizadas para sistemas de medición avanzados debido a su bajo rendimiento [21], [24].

La Tabla 1 - 4 sintetiza las características de los grupos de tecnologías PLC mencionados, en esta se especifica el rango de frecuencias utilizado además de algunos ejemplos de uso relacionados, también se menciona un alcance aproximado para cada grupo, se evidencia que este parámetro presenta una relación inversamente proporcional respecto a la frecuencia de transmisión, esto es debido a que el valor de la atenuación incrementa tanto con la distancia como con la frecuencia, por lo cual el alcance de la transmisión se reduce [25].



Tabla 1 - 4 Rangos de frecuencias tecnologías PLC.

GRUPO	RANGO	EJEMPLO DE USO	ALCANCE
BB PLC	1.8 – 250 MHz	- Entretenimiento del usuario final - Acceso a Internet - Usos domésticos	~ 250 M
NB PLC	3 – 500 KHz	- AMI - Sistemas de redes en el hogar - Sistemas de alarmas y seguridad	~ 1 Km
UNB PLC	0.3 – 3 KHz	- Control de carga en la red - Telemetría	~ 150 Km

Para aprovechar al máximo la capacidad y los beneficios que la tecnología PLC puede ofrecer en la transmisión de datos, es importante considerar las dificultades que podrían presentarse en la comunicación debido a factores que afectan el intercambio de información, pues una vez los datos son introducidos al canal se exponen a algunas adversidades, como son:

- La variabilidad del canal de comunicaciones, la red eléctrica es un medio cambiante ya que se ve afectado por diferentes perturbaciones presentes en la línea que no se pueden determinar de forma general, entre otros factores que tienden a causar inestabilidad en el medio de transmisión [15], [16], [22], [26]. Algunas de ellas son:
  - Diferentes cargas (dispositivos conectados)
  - Estado, tipo, longitud y calibre de los cables utilizados
  - Uniones
  - Desacoples
- La falta de un modelado de canal específico que aplique en cualquier caso, debido a que cada porción de la línea de transmisión presenta unas características específicas es complejo establecer un modelo general, haciendo necesario un proceso de análisis previo a la implementación de algún tipo de servicio con la tecnología PLC, en el cual se determinen las particularidades del medio con el que se va a trabajar [16], [22]. Por esta razón hay que tener en cuenta:
  - La frecuencia portadora de información, ciertas frecuencias presentan mejor respuesta a las características del medio permitiendo una comunicación más estable, de forma tal que la elección de la frecuencia influye en el éxito de la comunicación [15], [26].
  - La hora del día, este factor es importante ya que existen ciertas horas del día conocidas como horas pico, en las cuales el número de usuarios conectados a la red eléctrica de forma simultánea es elevado, incrementando con ello el consumo y por ende el nivel de ruido [15], [26].
  - El multi- trayecto, esto es debido a dos razones, la primera son las diferentes ramificaciones presentes a lo largo de la red (que son inherentes a esta) y la segunda son las uniones imperfectas, que causan la dispersión de la señal [15], [26].

- Empalmes y tipo de material conductor, los empalmes eléctricos o las uniones así como la longitud del conductor causan atenuación, además del cambio en el tipo de material, esto afecta la comunicación debido a que cada material presenta unas características propias a las cuales la información debe adaptarse, sin embargo para la construcción de las redes eléctricas se usa más de un tipo de material, por lo que se genera en la información cierto desgaste al no tener certeza de las características específicas que los datos tendrán que sortear en un recorrido entre origen y destino [15], [26].
- La ausencia de una regulación establecida, los estándares y regulaciones existentes sugieren una forma y método de trabajo en cuanto a algunas características de la comunicación, pero debido a la variabilidad del canal, no siempre se obtendrán los mejores resultados con una implementación en particular [16], [22].
- Los altos niveles de ruido que se presentan en la línea, son causados por fuentes o dispositivos conectados que generan diferentes tipos de ruido eléctrico, estos pueden llegar a anular la comunicación dependiendo del nivel de intensidad o la frecuencia con que ocurren; este factor se considera uno de los más dañinos [16], [22].

En el presente trabajo se considerarán los efectos del ruido eléctrico, el cual se representa en la Figura 1 - 6.

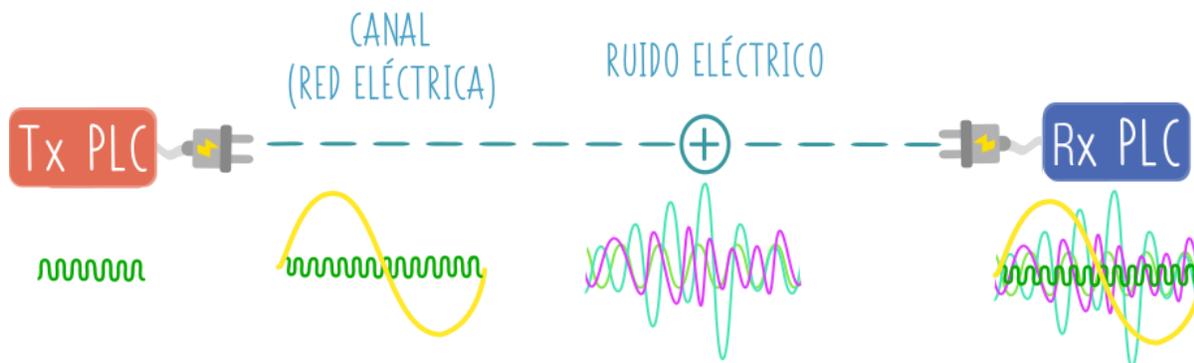


Figura 1 - 6 Ruido eléctrico en la red.

### 1.2.3. Tipos de ruido en las redes eléctricas

El ruido que se presenta en la red eléctrica no es del tipo Ruido Aditivo Blanco Gaussiano (AWGN, *Additive White Gaussian Noise*), ya que se tienen características variantes que no permiten modelarlo como tal, sin embargo en este medio se presentan diferentes tipos de ruido como son [27], [28]:

- El ruido de fondo, que se conforma por los ruidos designados como:
  - Ruido coloreado, que es el resultado de la aparición de varias fuentes de ruido de baja potencia.



- Ruido de banda estrecha, que es debido a señales sinusoidales de amplitud modulada, por ejemplo, emisoras que trabajen en la misma frecuencia que los sistemas a utilizar.
- Ruido impulsivo periódico asíncrono a la frecuencia de la red, que es ocasionado por la conmutación de los componentes de algunos dispositivos como fuentes de alimentación.
- El ruido impulsivo que a su vez está conformado por:
  - Ruido Impulsivo Periódico Síncrono a la Red, que ocurre con los cambios de ciclo de la red, lo que ocasiona la conmutación de diodos rectificadores.
  - Ruido impulsivo asíncrono, que se produce cuando se da la conmutación para activar cargas en la red.

La Figura 1 - 7 presenta la clasificación de los diferentes tipos de ruido de forma sintetizada.



Figura 1 - 7 Tipos de Ruido eléctrico.

Adicionalmente se tiene que el ruido de fondo es estacionario, mantiene las características en su comportamiento en intervalos de tiempo que podrían durar hasta horas, mientras que el ruido impulsivo logra cambiar en cuestión de milisegundos [27], por ello se presenta en la literatura como una de las causas más frecuentes de errores en la comunicación a través de la red eléctrica, además puede alcanzar valores hasta de 50 dB a diferencia del ruido de fondo que se encuentra entre 10 - 15 dB por debajo. Los orígenes del ruido eléctrico pueden deberse a hornos microondas, motores, inversores o fuentes eléctricas, entre otros [17], [27], [29].



En el presente trabajo se considerarán los efectos del ruido eléctrico tanto de fondo como impulsivo, con el fin de analizar las afectaciones que cada uno tiene en sistemas que utilizan tecnologías NB PLC (se examinará este tipo de tecnología PLC, ya que es de las más utilizada para recolección de información en AMI).

### 1.3.Regulaciones y estándares de PLC

Para optar por un correcto funcionamiento de los sistemas que implementan tecnologías PLC, se han establecido algunas regulaciones y estándares que facilitan adecuado su desarrollo, indicando rangos de frecuencias y posibles aplicaciones de acuerdo al contexto o entorno en el que se encontrará el sistema. A continuación, se mencionan algunos ejemplos puntuales.

#### 1.3.1. Regulaciones

Las regulaciones de NB PLC hacen referencia a los rangos de frecuencias que pueden usarse para cada sistema según la región en que se vaya a implementar. Países como Europa, Estados Unidos y Japón manejan sus propias regulaciones, las cuales han sido acogidas por diferentes países de acuerdo a las bandas disponibles en cada uno.

En el caso de Europa se cuenta con la regulación EN 50065, la cual especifica que sus posibles frecuencias de trabajo se encuentran entre 9 - 148.5KHz. En este rango se manejan diferentes bandas conocidas como CENELEC (*Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*, Comité Europeo de Normalización Electrotécnica), se dividen en: CENELEC A (9 – 95 KHz) que es utilizada por las compañías de servicio de energía eléctrica, CENELEC B (95 – 125 KHz) hasta ahora no tiene una aplicación específica, CENELEC C (140 – 148.5 KHz) usada para sistemas de alarmas y seguridad, por último se encuentra CENELEC D (125 – 140 KHz) que generalmente se usa para sistemas de redes en el hogar [20], [21].

En Estados Unidos se trabaja con bandas reguladas por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, *Federal Communications Commission*), estas abarca un rango de frecuencias más amplio que la CENELEC, pues está comprendido entre 9- 490/500 KHz [20], [21].

Adicionalmente existe la banda de frecuencias establecida por la Asociación de Industrias y Negocios de Radio (ARIB, *Association of Radio Industries and Businesses*) que trabaja entre 10 - 450 KHz. Las clasificaciones anteriores se presentan en la Tabla 1 - 5 [20], [21].

Tabla 1 - 5 Regulaciones y bandas de frecuencias según la región  
Basado en [21]

REGIÓN	REGULACIÓN	BANDA
Europa	EN 50065	- CENELEC A (9 – 95 KHz) - CENELEC B (95 – 125 KHz) - CENELEC C (140 – 148.5 KHz) - CENELEC D (125 – 140 KHz) [20]



USA	47 CFR 15 - FCC	9 – 490/500 KHz
Japón	ARIB STD T-84	10 – 450 KHz

Se resalta que la banda CENELEC tiene aplicaciones relacionadas con la energía eléctrica y el hogar, un ejemplo de ello se encuentra en [20], donde se expone cada una de las categorías de esta banda de frecuencias y la parte de la red donde son utilizadas. La Figura 1 - 8 muestra un ejemplo de cómo fluyen los paquetes a través de la red eléctrica.

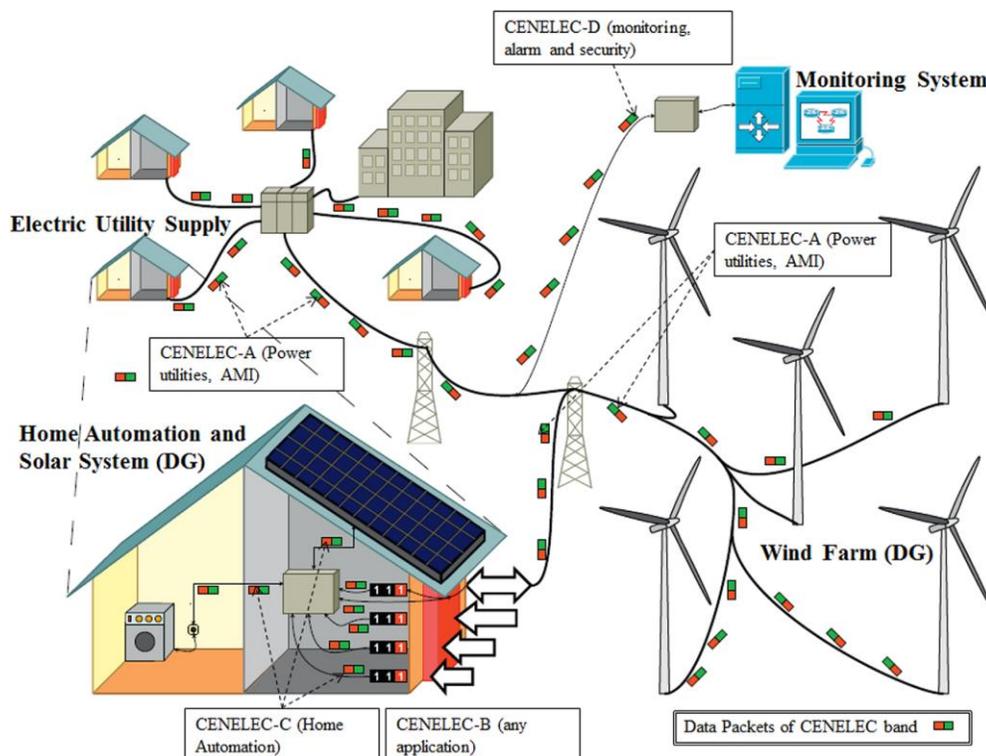


Figura 1 - 8 Aplicaciones de la banda CENELEC  
Tomado de [20]

### 1.3.2. Estándares

En el contexto de sistemas NB PLC han surgido diferentes estándares que establecen una guía junto con las regulaciones, permitiendo un correcto desarrollo de los sistemas de comunicación de acuerdo al contexto y las oportunidades, según [30] las últimas regulaciones de PLC consideran específicamente cuatro estándares: Evolución Inteligente de Medición de la Línea de Potencia (PRIME, *PowerLine Intelligent Metering Evolution*), G3 – PLC, IEEE 1901.2 e ITU-T G.hnem, los cuales brindan orientación respecto a la forma en que se deben realizar los procesos, siendo los primeros tres los más utilizados ya que ITU-T G.hnem utiliza para la comunicación de red IPv6 que aún no se encuentra desplegado completamente. A continuación, se expone un poco más de cada uno de ellos.



### 1.3.2.1. PRIME

El estándar PRIME hace parte de la recomendación G.9904 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, *International Telecommunication Union*), serie G (Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales). La norma en mención se titula “Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexación por división ortogonal de frecuencia – PRIME” [31]. Está basado en acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDM, *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*), es un protocolo proactivo, es decir tiene rutas preestablecidas para la transmisión de información y usa una topología en árbol, designando un nodo coordinador y asumiendo los demás como nodos de servicio. Soporta la banda de frecuencia CENELEC-A.

Considera la posibilidad de que los sistemas trabajen a velocidades de transmisión de datos de hasta 61.4 Kbps con la utilización de Corrección de Errores en el Destino (FEC, *Forward Error Correction*) y de hasta 128 Kbps sin FEC. Soporta esquemas de modulación como DBPSK, DQPSK y D8PSK (en el Apéndice 1 se encuentra una breve descripción de cada una). Actualmente las soluciones PRIME certificadas son brindadas por Texas Instruments, Atmel, ST Semiconductors, Semitech Semiconductor y Cypress, entre otros [8]. Utilizando este estándar se han realizado grandes desarrollos en países como Polonia, España y se tienen proyectos piloto en Rusia, Portugal, Luxemburgo, Reino Unido, Australia [20].

El esquema de un Tx PLC que implemente este estándar se presenta en la Figura 1 - 9, donde se muestran los bloques requeridos para procesar la señal en la capa física.

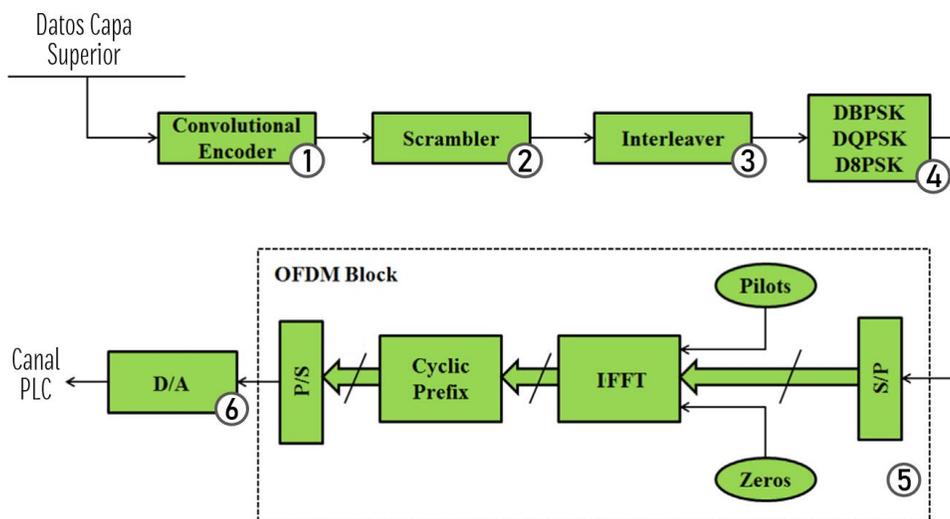


Figura 1 - 9 Esquema del transmisor utilizando PRIME  
Tomado de [20]

Cada uno de estos bloques cumple una función específica en el proceso de adaptación de la señal, la cual se expone de forma breve en la Tabla 1 - 6 [31].



Tabla 1 - 6 Especificación de función por bloques - Tx PRIME

ID	BLOQUE	FUNCIÓN
1	Codificador convolucional	Proteger la información añadiendo redundancia de acuerdo a la tasa de codificación
2	Aleatorizador	Ayuda a que los datos tengan una distribución aleatoria
3	Entrelazador	Se encarga de desplazar un determinado número de veces las filas y las columnas del mensaje, de tal forma que ayude a proteger la información de posibles errores
4	Modulador	Se encarga de realizar la modulación la información.
5	Bloque OFDM	Se encarga de realizar una conversión serie paralelo, calcular la transformada rápida de Fourier inversa, agregar un prefijo cíclico que de cierta manera sirve como banda de guarda para cada símbolo y finalmente convierte de nuevo la señal de paralelo a serie
6	Convertor digital a analógico	Se encarga de que la señal de información pase de digital (1's y 0's) a analógica, con una forma de onda que pueda ser transferida por el medio

### 1.3.2.2. G3

Por su parte el estándar G3-PLC, hace parte de la recomendación ITU-T G.9903 titulado: "Transceptores de comunicación de banda estrecha por la red de suministro eléctrico con multiplexación por división ortogonal de frecuencia - G3-PLC" [32], está basado en OFDM, realiza enrutamiento reactivo, es decir espera a que se realice una solicitud y de acuerdo a ello trata de establecer la mejor ruta para el envío de la información. Soporta las bandas de frecuencia CENELEC-A, CENELEC-B, ARIB y FCC. Maneja velocidades de datos que alcanzan los 46Kbps con FEC para la banda CENELEC-A y hasta 234Kbps para FCC. Es compatible con esquemas de modulación como BPSK, QPSK, DBPSK, DQPSK, D8PSK y 16QAM (en el Apéndice 1 se encuentra una breve descripción de cada una). Las soluciones certificadas según este estándar son ofrecidas por fabricantes como Texas Instruments, Atmel, ST Semiconductors y Maxim Integrated, entre otros [7]. Utilizando este estándar se han realizado grandes desarrollos en países como Francia, Japón y Luxemburgo, además se tienen proyectos piloto en Alemania, Noruega, México, Corea, China, Taiwán, India y Austria [20].

El esquema de un Tx PLC que implemente este estándar se presenta en la Figura 1 - 10 [20], donde se muestran los bloques requeridos para procesar la señal, la función de cada bloque coincide con lo presentado en la Tabla 1 - 6.

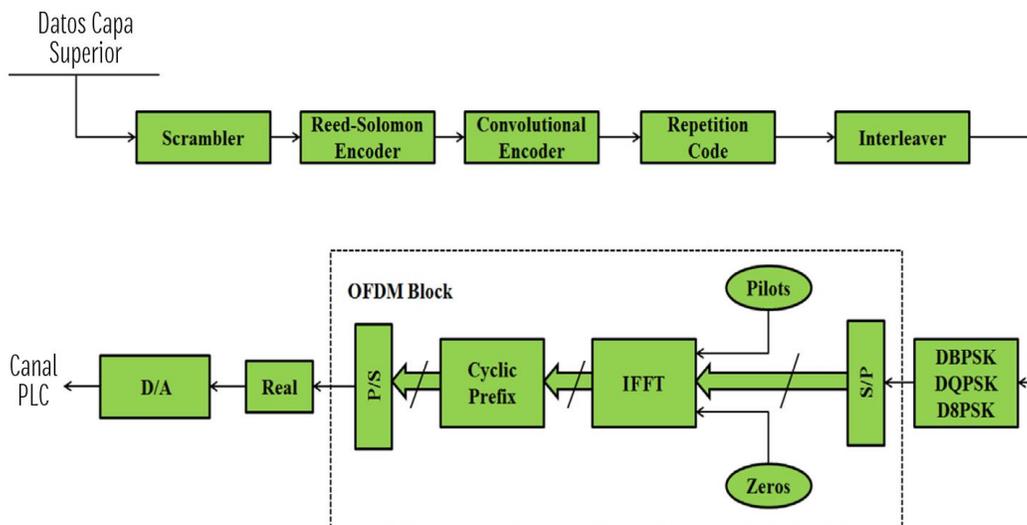


Figura 1 - 10 Esquema del transmisor utilizando G3  
 Tomado de [20]

Este estándar tiene algunos bloques adicionales que se exponen en la Tabla 1 - 7 [32].

Tabla 1 - 7 Especificación de función por bloques - Tx G3

BLOQUE	FUNCIÓN
Codificador Reed-Solomon	proporciona bits de redundancia que permiten al receptor recuperar los bits perdidos a causa del ruido
Código de repetición	Se encarga de repetir los bits codificados un número determinado de veces
Real	Asegurarse que la señal a transmitir contenga únicamente una parte real (dado que así lo define el estándar)

### 1.3.2.3. IEEE 1901.2

A diferencia de los anteriores, este estándar es propio del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*), y es titulado "IEEE 1901.2-2013 - Estándar IEEE para comunicaciones de línea de potencia de banda estrecha de baja frecuencia (menos de 500 KHz) para aplicaciones de red inteligente" [33], el cual soporta las mismas bandas de frecuencia que G3-PLC, así como las velocidades de datos para las bandas CENELEC-A y FCC, puede trabajar con los mismos esquemas de modulación, además de 8PSK (en el Apéndice 1 se encuentra una breve descripción de cada una). Contrario a los anteriores, no se especifica un algoritmo o métrica a seguir para la realización del enrutamiento, en este caso se hace de acuerdo a criterios de la capa física como número de saltos, calidad del enlace o técnica de modulación utilizada [7]. Se tienen proyectos piloto en países como Hong Kong [20].



La Figura 1 - 11 presenta el esquema de un Tx PLC que implemente este estándar, los bloques requeridos para procesar la señal coinciden con los presentados en las tablas 1 - 6 y 1 - 7. Este estándar tiene un bloque adicional, el pre énfasis que se encuentra en el bloque de OFDM, este bloque ayuda a configurar la frecuencia de la señal de transmisión, además de que se puede usar para la conformación espectral de la señal transmitida, compensar la atenuación en la señal a medida que pasa por la línea de potencia o que se realiza la transmisión de la señal a través de un canal ruidoso [20].

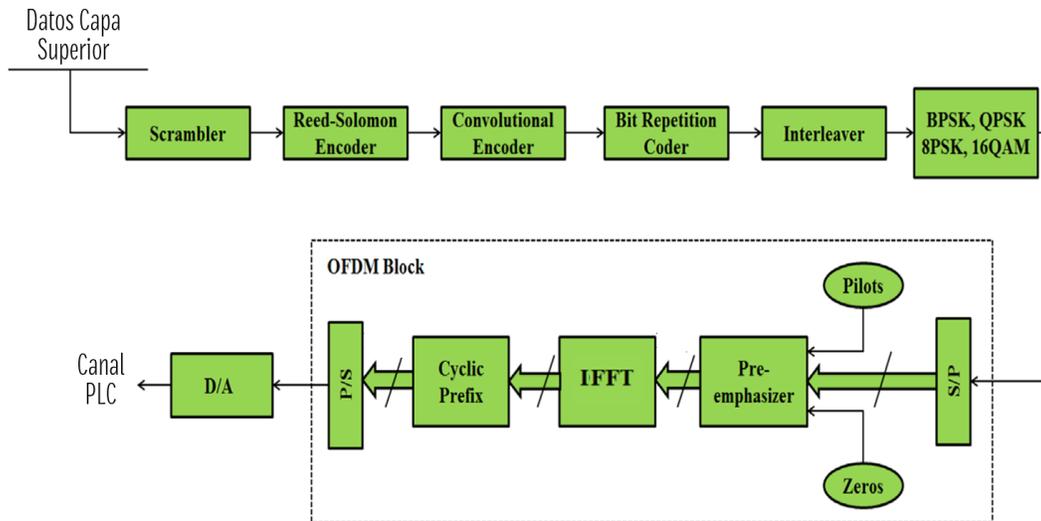


Figura 1 - 11 Esquema del transmisor utilizando IEEE 1901.2  
 Tomado de [20]

La Tabla 1 - 8 presenta una comparación de las características de cada estándar, en la cual se aprecia que cada uno trabaja con características específicas. En cuanto a las bandas de frecuencias soportadas se tiene que el estándar PRIME solo considera la banda CENELEC-A, mientras que tanto el estándar G3 PLC como el IEEE 1901.2. consideran más opciones para una implementación. Se resalta que es el estándar IEEE 1901.2 el que tiene en cuenta un mayor rango de modulaciones a implementar, pero aun así es el que tiene menor cantidad de grandes desarrollos y proyectos piloto.

Tabla 1 - 8 Comparación de estándares NB PLC

CARACTERÍSTICA	ESTÁNDAR		
	PRIME	G3 PLC	IEEE 1901.2
Emitido por	ITU-T	ITU-T	IEEE
Enrutamiento	Proactivo	Reactivo	Depende del medio
Bandas de frecuencia soportada	CENELEC-A	CENELEC-A CENELEC-B ARIB y FCC	CENELEC-A CENELEC-B ARIB y FCC
Velocidad de transmisión (Con FEC)	61.4 Kbps	CENELEC-A: 46 Kbps FCC: 234Kbps	CENELEC-A: 46 Kbps FCC: 234Kbps



Modulación soportada	DBPSK DQPSK D8PSK	BPSK, QPSK, DBPSK, DQPSK, D8PSK y 16QAM	BPSK, QPSK, DBPSK, DQPSK, D8PSK, 8PSK y 16QAM
Grandes desarrollos	Polonia, España	Francia, Japón y Luxemburgo	No hay hasta el momento
Proyectos piloto	Rusia, Portugal, Luxemburgo, Reino unido, Australia	Alemania, Noruega, México, Corea, China, Taiwán, India y Austria	Hong Kong

Según lo anterior, cabe resaltar que las tecnologías objeto de estudio, son de tipo NB PLC y se considerará su comportamiento en escenarios con presencia de ruido eléctrico para lograr establecer la forma en que éste afecta el proceso de comunicación, por ende es necesario conocer las características de cada una, y las posibles variaciones ofrecidas por los fabricantes. A continuación, se exponen las tecnologías PLC objeto de estudio junto con sus principales características.



## CAPÍTULO 2

# TECNOLOGÍAS PLC OBJETO DE ESTUDIO

---

El desarrollo de sistemas de lectura y transmisión de datos a través de la red eléctrica (tipo AMI) es posible gracias a las tecnologías diseñadas para tal fin (PLC). Es importante resaltar que una parte crucial de todo este proceso es que la transmisión sea confiable pues los valores de consumo registrados por los medidores deben llegar al centro de gestión de información sin errores ni alteraciones, garantizando la integridad de los mismos.

El inconveniente con el uso de la tecnología PLC se relaciona con diferentes factores como:

- La incertidumbre respecto al desempeño en el transporte de datos/información debido a la variedad tanto de fabricantes como de dispositivos.
- La documentación técnica disponible es limitada, pues no todos los fabricantes proveen la información necesaria para conocer las características de funcionamiento de los equipos.
- El desconocimiento del efecto que causa el ruido eléctrico generado por las cargas conectadas en la red.

Es por ello que conocer las características, fortalezas y debilidades de estas tecnologías, se vuelve una tarea importante, a fin de establecer posibles formas de trabajo que permitan obtener de ellas el mejor desempeño. A continuación, se describirán las tecnologías PLC objeto de estudio.

### 2.1. Tecnologías a considerar

Para la evaluación de las tecnologías, las empresas fabricantes ofrecen un Kit de entrenamiento, el cual permite realizar pruebas de comunicación y estudiar su comportamiento. Al variar distintos parámetros se podrá ajustar la tecnología a un caso de uso en particular, esto es posible gracias a una aplicación de escritorio (propia de cada tecnología o fabricante) que permite al usuario establecer diferentes configuraciones (estas características no siempre son comunes entre diferentes tecnologías).

En el presente trabajo se consideran tres tecnologías de comunicación PLC<sup>2</sup> de dos fabricantes que son *Cypress* y *Semitec Semiconductor*, para cada una de las cuales se cuenta con un Kit de Evaluación. En la Tabla 2 - 1 se especifican los fabricantes

---

<sup>2</sup> Estas tecnologías fueron adquiridas por el Grupo de I+D en Automática Industrial de la Universidad del Cauca, para el proyecto financiado por Colciencias y desarrollado por la Universidad del Cauca junto con la Compañía Energética de Occidente, con ID de proyecto 110.366.946.288.



y los kits a considerar; en el caso de *Semitec Semiconductor*, se tienen dos diferentes módulos que le permiten cambiar de estándar y banda de trabajo.

Tabla 2 - 1 Tecnologías a considerar.

ID KIT	FABRICANTE	REFERENCIA DEL KIT	ESTÁNDARES	FRECUENCIA DE TRABAJO
1	Cypress	CY3274	-	133 KHz
2	Semitec Semiconductor	SM9410 EVK2/ SM8410-1	G-3, PRIME	CENELEC-A
3		SM9410 EVK2/ SM8410-3	IEEE	FCC

La evaluación de los kits mencionados se realiza en parejas con el fin de tener Tx y Rx del mismo fabricante que permitan establecer comunicación, debido a que cada uno presenta una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI, *Graphical user interface*) y características de funcionamiento particulares que no permiten la interoperabilidad. A continuación, se presentan los kits de evaluación de comunicación PLC, de acuerdo a lo expuesto en los manuales o datasheet de los dispositivos ofrecidos por las empresas fabricantes. Se expondrán las características propias en términos Hardware (HW), así como las funcionalidades Software (SW) que brindan cada una de las GUI y que son indispensables para el proceso de comunicación. [Kit de Evaluación CY3274 – Cypress](#)

A continuación, se presentan de forma general las características HW y SW de este kit de evaluación. (Para mayor información dirigirse a [34]).

### 1.3.3.1. Características HW

Este kit está conformado por una única tarjeta que cuenta con el circuito integrado CY8CPLC20, el cual es capaz de transmitir y recibir datos en valores de tensión de 110 o 240V AC; la tarjeta tiene etapas de acople de la señal PLC y su propia fuente de alimentación con el fin de adaptar la corriente de entrada de AC a la necesidades de cada componente, además, maneja una interfaz I2C (*Inter-Integrated Circuit*) para comunicación con la GUI denominada PLC Control Panel [34]. La alimentación del circuito y la transmisión de la información hacia la red (así como la recepción según el caso) se realiza a través del conector de alimentación AC. Algunos de los componentes de este Kit de evaluación se presentan en la Figura 2 - 1.



Figura 2 - 1 Componentes Kit de Evaluación Cypress.  
Tomado de [34]

Este kit ha sido creado para NB PLC, su diseño es de forma abierta o expuesta por lo que se debe tener precaución a la hora de manipularlo, además puede generar interferencias con equipos cercanos a causa de las radiaciones.

Algunas de las características HW del Kit de evaluación de Cypress tomadas del manual entregado por el fabricante [34], se presentan en la Tabla 2 - 2.

Tabla 2 - 2 Características HW Cypress.

CARACTERÍSTICAS	CY3274
Fuente de alimentación	110 V - 240 V AC
Modulación	FSK
Tipo de sistemas a trabajar	NB PLC
Frecuencia de trabajo	133.3 KHz
Módem para trabajo en línea de alimentación integrado	CY8CPLC20
Velocidad máx. de Transmisión	2400 bps
Corriente de entrada	100mA - 50mA
Temperatura de operación	0 °C a 40 °C
Condición de humedad de funcionamiento	5% - 95% de humedad relativa no condensada
Comunicación	RS232, RJ45, I2C

### 1.3.3.2. Características SW

PLC Control Panel es la GUI ofrecida por este fabricante, se presenta en la Figura 2 - 2, la cual permite realizar la configuración de distintas características del Kit de Evaluación respecto al nodo (ya sea Tx o Rx) y el mensaje a transmitir, además presenta algunas mediciones de ruido en términos del uso de la banda de frecuencias en el canal de comunicación.

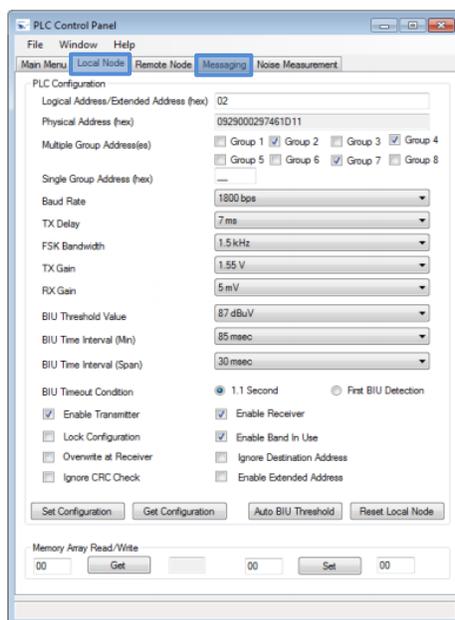


Figura 2 - 2 PLC Control Panel GUI  
 Tomado de [34]

A continuación, se describen las pestañas de la GUI correspondientes al *Nodo Local* y al *Mensaje* por ello se encuentran resaltadas en la Figura 2 - 2, ya que es indispensable configurarlas para establecer comunicación.

En la Tabla 2 - 3 se presenta un resumen de las posibilidades que ofrece la GUI respecto al *Nodo Local*, donde se relaciona el parámetro con las opciones de configuración que pueden manejarse, tanto en Tx como en el Rx.

Tabla 2 - 3 Parámetros a configurar del *Nodo Local* (Cypress).

NOMBRE	OPCIONES
Dirección lógica	Definida por el usuario (Hex)
Dirección Física	Por defecto en cada tecnología (Hex)
Dirección multi grupo	Grupo 1 - 9
Dirección de grupo único	Definida por el usuario (Hex)
Tasa de Baudios	600 a 2400 bps
Retardo de transmisión	7 - 25 ms
FSK BW	1,5 o 3 KHz
Ganancia de TX	55 mV - 3,5 V
Ganancia de RX	5 mV - 125 uV
Valor límite de Banda en Uso (BIU)	70 dBuV - 103 dBuV
Habilitar como Transmisor	(Habilitado o deshabilitado)
Habilitar como Transmisor, Habilitar como Receptor, Bloquear configuración, Habilitar Verificación de Uso de Banda, Sobre escribir paquetes en el receptor, Ignorar dirección de destino, Ignorar verificación de CRC, Habilitar direccionamiento extendido	(Habilitado o deshabilitado)

Teniendo en cuenta que se establecerá comunicación entre dos puntos conectados a la misma línea de red eléctrica, la Tabla 2 - 4 presenta los parámetros a configurar



en el Tx, los cuales se encuentran en la pestaña *Mensaje* y que están relacionados con la comunicación.

Tabla 2 - 4 Parámetros a configurar del Mensaje (Cypress)

NOMBRE	OPCIONES
Tipo de dirección del destino	Lógico, Extendido, Físico, de Grupo
Dirección de destino	Definida por el usuario (Hex)
Tipo de dirección de la fuente	Lógico, Extendido, Físico, de Grupo
Tipo de servicio	Con/Sin ACK
Reintentos	Definida por el usuario
Tiempo de ACK	Tiempo Máximo que el Tx espera por el ACK
Tipo de mensaje	Normal, Requisito de datos, Requisito de respuesta, Mensaje instantáneo, Personalizado
Longitud de la carga útil	0 - 31 bytes
Retardo de transmisión	0 - 999 ms
Carga útil	Definida por el usuario (en algunos casos)
Conteo de escritura	Definida por el usuario
Escritura infinita	(Habilitado o deshabilitado)
Intento de envío de mensajes	(Número de intentos de envío)
Mensajes enviados exitosamente	(Número de envíos exitosos)
Tasa de mensajes enviados exitosamente	(Porcentaje de éxito en el envío)

Además de esto, en el Rx se debe habilitar la recepción de mensajes (ya sea de forma automática o cliqueando el botón de recibo) además ofrece información respecto al número de mensajes recibidos y la tasa por segundo.

#### 1.3.4. Kit de desarrollo Semitech Semiconductor SM9410 EVK2

Esta solución tecnológica, es la segunda generación del kit de evaluación del modem SM2400, diseñada para trabajar con diferentes sistemas de NB PLC, usando estándares como PRIME, G3 e IEEE 1901.2, entre otros.

##### 1.3.4.1. Características HW

Este Kit se compone de una tarjeta base (SM9310) que incluye un módulo de fuente de alimentación conmutada (SMPS, *Switched-Mode Power Supply*), módulo de comunicación PLC (SM8410-X<sup>3</sup>), que contiene el SM2400 un modem con un alto nivel de programabilidad y diferentes esquemas de comunicación, maneja interfaz de comunicación Mini – USB (*Universal Serial Bus*) y una memoria flash SPI (*Serial Peripheral Interface*); la alimentación del circuito y la transmisión de la información hacia la red (así como la recepción según el caso) se realiza a través del conector de alimentación AC. Además de otras funciones que dependen del esquema de modulación y la banda de trabajo que se elijan [35]. La Figura 2 - 3 es una vista del Kit, con algunos de los módulos mencionados.

<sup>3</sup> Estos módulos intercambiables son los que definen el estándar y por ende las características de la transmisión a realizar



Figura 2 - 3 Semitech Semiconductor SM9410 EVK2.  
Tomado de [34]

Las características HW del kit de evaluación se presentan en la Tabla 2 - 5, las cuales han sido tomadas del manual entregado por el fabricante [35].

Tabla 2 - 5 Características HW Semitech Semiconductor.

<b>CARACTERÍSTICAS HW</b>	<b>SM9410 EVK2</b>
Fuente de alimentación	110 V - 240 V AC
Modulaciones	Súper ROBO - ROBO - BPSK QPSK - 8PSK
Tipo de sistemas a trabajar	NB PLC
Frecuencias de trabajo	CENELEC-A, FCC
Indicadores del estado de LED	Indicadores de Transmisión y Recepción
Módem para trabajo en línea de alimentación integrado	SM2400
Temperatura de operación	-40 °C – 105 °C
Comunicación	Mini USB

#### 1.3.4.2. Características SW

En este caso, la GUI para PC incluida se denomina SM2400 Control, a través de la cual se puede realizar la configuración y el control del kit para dar seguimiento a las pruebas o supervisar la comunicación, la GUI se presenta en la Figura 2 - 4.

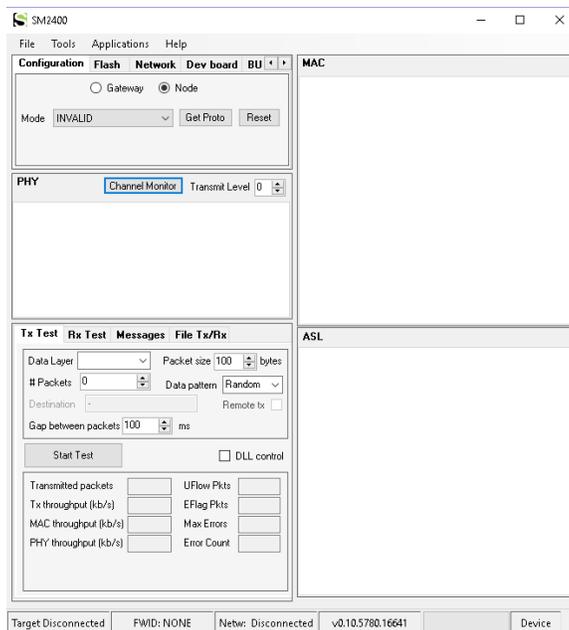


Figura 2 - 4 SM2400 Control.  
 Tomado de [35]

En la Tabla 2 - 6 se presentan los parámetros que se configuran en la GUI respecto al mensaje a transmitir (pueden establecerse únicamente en el Tx), varían de acuerdo al estándar elegido para la comunicación.

Tabla 2 - 6 Parámetros a configurar del Tx Semitech Semiconductor.

Módulo	SM8410-1		SM8410-3
Estándar	PRIME	G3	IEEE 1901.2
Ganancia de TX	0 - (-21dB)		
Modulación	BPSK, QPSK, 8PSK	ROBO (BPSK 4 Repet), BPSK, QPSK, 8PSK	Súper ROBO (BPSK 6 Repet), ROBO (BPSK 4 Repet), BPSK, QPSK, 8PSK
Longitud de la carga útil	1 - 1000 Bytes	1 - 1000 Bytes	1 - 494 Bytes
Núm. Paquetes	1 - 1000000		
Retardo de transmisión	1 - 100000 ms		
Patrón de datos	511, Unos, Ceros, Aleatorio, Alternado, Prueba de caracteres, SM2200, Datos rampa, PRIME		

En el Rx no debe realizarse ninguna configuración en cuanto a los mensajes, la GUI presenta cierta información con respecto a los paquetes recibidos como es la cantidad, los recibidos correctamente o con fallas, los errores presentados en las cabeceras o en la carga útil, así como la pérdida estimada, la tasa de error de paquete (PER, *Packet Error Rate*), el Indicador de Fuerza de la Señal Recibida (RSSI, *Received Signal Strength Indicator*) y la relación señal a ruido (SNR, *Signal to Noise Ratio*).



A continuación, se confronta la información disponible de cada uno de los Kit de Evaluación considerados.

#### 1.4. Comparación de los diferentes Kits de evaluación

Las tecnologías PLC presentadas anteriormente se confrontarán en términos HW y SW con el fin de establecer los parámetros en común que pueden manejarse en la transmisión de datos.

##### 1.4.1. Comparación HW

La tabla 2 - 7 contiene información técnica de los diferentes Kits de evaluación de las tecnologías que se consideran objeto de estudio, en ella se relacionan características como valores de voltaje de alimentación, modulaciones, frecuencias de trabajo, etc., junto a las opciones de configuración ofrecidas por cada una.

Tabla 2 - 7 Comparación HW tecnologías PLC objeto de estudio.

CARACTERÍSTICA	CYPRESS - CY3274	SEMITECH SEMICONDUCTOR - SM9410 EVK2		
		IEEE 1901.2	G3	PRIME
Fuente de alimentación	110 V a 240 V AC			
Modulación	FSK	Súper ROBO, ROBO, BPSK, QPSK, 8PSK	ROBO, BPSK, QPSK, 8PSK	BPSK, QPSK, 8PSK
Tipo de sistemas a trabajar	NB PLC			
Frecuencias de trabajo	133.3 KHz ( $\pm 1.5$ , $\pm 3$ KHz)	FCC	CENELEC-A	FCC
Módem integrado	CY8CPLC20	SM2400		
Velocidad máxima de Transmisión	2400 bps	No especificado		
Temperatura de operación	0 °C a 40 °C	-40 °C a 105 °C		
Condición de humedad	5% a 95% de humedad relativa no condensada	No especificado		
Comunicación con la GUI	I2C	Mini USB		

De esta tabla de comparación se resalta que, además del valor de la fuente de alimentación utilizada por las tecnologías (110 V a 240 V AC) y el tipo de sistema (NB PLC), no hay características en común entre las diferentes tecnologías consideradas. En el caso de la modulación la tecnología de *Cypress* utiliza FSK por defecto, mientras que en el caso de la tecnología de *Semitech Semiconductor* los estándares considerados por el fabricante trabajan con modulaciones en común (BPSK, QPSK, 8PSK) las cuales se tendrán en cuenta para el estudio a realizar. La frecuencia de trabajo en el caso de *Cypress* está predefinida en 133.3 KHz, mientras que la tecnología de *Semitech Semiconductor* únicamente declara las regulaciones



consideradas más no el valor específico de frecuencia de transmisión (esto no es una limitante para realizar el envío de los datos, dado que el firmware entregado por el fabricante se encarga de otorgar a la tecnología las características específicas para su funcionamiento de acuerdo al estándar a utilizar). Las dos tecnologías utilizan circuitos integrados para el procesamiento de la información diferentes por lo cual se trabajará de acuerdo a las posibilidades entregadas por cada uno.

#### 1.4.2. Comparación SW

En esta sección, se comparan los parámetros que se tienen en común para la transmisión. La Tabla 2 - 8 contiene la información de los Kit de evaluación que son objeto de estudio, donde se presentan características como ganancia de transmisión, longitud de la carga útil, número de paquetes, entre otras, frente a las opciones de configuración ofrecidas por cada uno. Se aprecia que aun cuando las características de trabajo tienen rangos de configuración distintos, es posible establecer valores en común que pueden ser tomados como puntos de referencia para el planteamiento de las pruebas y posteriormente la realización de un análisis equitativo para las dos tecnologías.

Tabla 2 - 8 Comparación SW Kit de evaluación PLC objeto de estudio

CARACTERÍSTICA	CYPRESS - CY3274	SEMITECH SEMICONDUCTOR - SM9410 EVK2		
		IEEE 1901.2	G3	PRIME
Ganancia de Transmisión	10 – (-25,2 dB) (55 mV a 3,5 V)	0 - (-21dB)		
Longitud de la carga útil	0 - 31 bytes	1 - 494 Bytes	1 - 1000 Bytes	1 - 1000 Bytes
Núm. Paquetes	Sin limite			
Retardo de transmisión	0 - 999 ms	1 - 100000 ms		
Patrón de datos	Definido por el usuario	511, Unos, Ceros, Aleatorio, Alternado, Prueba de caracteres, SM2200, Datos rampa, PRIME		

De acuerdo a lo que se aprecia en las tablas 2 - 7 y 2 - 8, solo algunas de las características y posibles configuraciones de los Kit de Evaluación se encuentran dentro de los mismos rangos o valores, por lo cual se tomarán como referencia los parámetros que son comunes, además se trabajará con las especificaciones de cada una y se buscará realizar una comparación del comportamiento de las mismas en el proceso de envío de información en escenarios particulares que experimentan la presencia del ruido eléctrico, esto en el contexto de un plan de prueba específico que se describirá en el siguiente capítulo.



## CAPÍTULO 3 – PLAN DE PRUEBAS

---

Este capítulo describe el plan de pruebas desarrollado, que sirvió como insumo para analizar el comportamiento y desempeño de las tecnologías PLC objeto de estudio bajo condiciones de ruido eléctrico en redes de baja tensión.

Para definir el plan de pruebas se opta por adaptar una metodología para procesos SW. Inicialmente se consideraron metodologías sugeridas en la literatura consultada, como la IEEE 829-1983 o la IEEE 829-2008. Sin embargo se evidenció que han sido reemplazadas por una metodología más reciente que es la ISO/IEC/IEEE 29119, específicamente la parte tres (ISO/IEC/IEEE 29119-3-2013) [36], se toma como guía para describir el proceso de documentación que debe seguirse a la hora de realizar pruebas de desarrollos SW; además, contiene elementos útiles que pueden ser adaptados al caso HW. Se elige la sección correspondiente a procesos de prueba dinámicos (sección 7) ya que son estas las que se realizan durante la ejecución del proceso; puntualmente los literales 7.1 a 7.6.

### 3.1. Descripción general

Dado que se busca analizar el comportamiento de las tecnologías PLC objeto de estudio, las pruebas más apropiadas para la ejecución del plan son las de desempeño de la comunicación, ya que se examinará el proceso de transmisión de datos bajo condiciones de ruido eléctrico.

Para ello se organizaron dos escenarios (no simultáneos) en uno de los laboratorios del edificio de ingenierías<sup>4</sup>: el primero denominado de *Referencia*, que consiste en una red que ha sido aislada de la red eléctrica convencional y el segundo denominado de *Validación*, que si se vinculada a la red convencional por lo que se ve afectado por los dispositivos conectados al medio de comunicación y que son ajenos al estudio.

El plan de pruebas a ejecutar contará con diferentes casos y pruebas, los cuales se aplicarán en los dos escenarios mencionados, tal como se expone en la Figura 3 - 1.

---

<sup>4</sup> Laboratorio 315, que se encuentra conectado a la red eléctrica de la facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca.

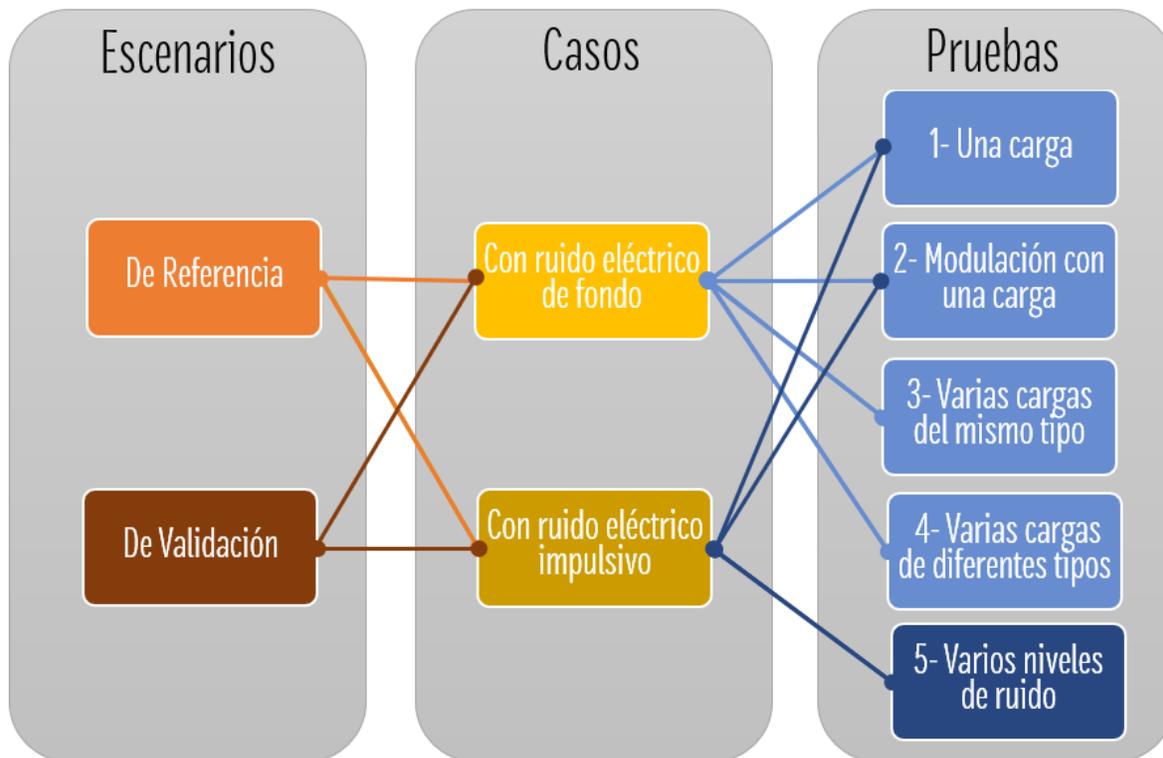


Figura 3 - 1 Descripción general del plan de pruebas.

### 3.2. Condiciones de prueba

En esta sección se exponen los elementos necesarios para el correcto desarrollo del plan de pruebas, estos se presentan en la Figura 3 - 2 relacionados con el mismo numerador que aparecen a continuación (se especifican las configuraciones donde es requerido). Los elementos son:

1. Aislador de red, consiste en un transformador con relación 1:1 el cual se encarga de aislar la red elegida para el estudio de la red eléctrica convencional de acuerdo a las necesidades del escenario.
2. Cable: Se trabaja con un rollo de cable eléctrico calibre 6, compuesto por 4 líneas de 400 m, las cuales permiten tener dos diferentes distancias, los 400 m originales y 800 m en caso de puentear dos de las líneas, de esta manera se obtiene la longitud máxima a considerar en el estudio.
3. GUI: permite la configuración de las tecnologías PLC y por ende la comunicación, además de dar seguimiento a la misma. Es necesario contar con un computador para su ejecución.
4. Cables de conexión de los equipos, kits de evaluación y cargas a la red eléctrica, así como al computador, Arduino o relé (según sea necesario).



5. Kits de Evaluación de tecnologías PLC (dos de cada fabricante – Ver Tabla 2 - 1). A continuación, se presentan las configuraciones elegidas para cada Kit.
- *Kit de evaluación de Cypress:* en el caso de este kit, es necesario asignar valores a los diferentes parámetros ofrecidos por la GUI que se presentan en la Tabla 3 - 1, tanto para Tx como para Rx (Ver Tabla 2 – 3).

Tabla 3 - 1 Parámetros a configurar (Cypress).

NOMBRE	OPCIONES
Dirección lógica	11 (Tx) – 22 (Rx)
Dirección Física	0929081BE8911014 (Tx) – 0929881BE8911A16 (Rx)
Dirección multi grupo	(No es necesario)
Dirección de grupo único	(No es necesario)
Tasa de Baudios	1800 bps
Retardo de transmisión	7 ms
FSK BW	3 KHz
Ganancia de TX	1,25 V
Ganancia de RX	5 mV
Valor límite de Banda en Uso (BIU)	99 dBuV
Habilitar como Transmisor, Receptor, Bloquear configuración, Verificación de Uso de Banda	(Habilitado)
Sobre escribir paquetes en el receptor, Ignorar dirección de destino, Ignorar verificación de CRC, Habilitar direccionamiento extendido	(Deshabilitado)

- *Kit de evaluación de Semitech Semiconductor:* en el caso de este kit, no es necesario configurar puntualmente cada parámetro en ninguno de los nodos (Tx, Rx), en lugar de ello, se carga en cada uno el firmware que provee el fabricante según el estándar que se desee trabajar.
6. Arduino Uno: es el encargado de ejecutar la lógica para la detección de señal que indica que se está realizando una transmisión y de acuerdo a ello determinar la posible activación de la carga, esto se logra con el envío de la señal a un relé.
7. Relé: es el encargado de activar la carga a través de la señal enviada por el Arduino.
8. Cargas: las elegidas para el desarrollo del plan de pruebas se presentan en la Tabla 3 -2.

Tabla 3 - 2 Cargas elegidas para el estudio

ID CARGA	CARGA	TIPO	CARACTERÍSTICAS		
			Voltaje	Corriente	Potencia
1	Fuente conmutada de portátil	Electrónica	100-240 v	1.6 A	~ 176 W
2	Taladro	Inductiva	120v	1.2 A	~ 132 W
3	Bombillo Fluorescente	Electrónica	-	-	15 W

Se eligieron estas cargas en particular, ya que son elementos que se encuentran comúnmente conectados a la red eléctrica y de acuerdo a la literatura [17], [27], [29], se consideran fuentes de ruido eléctrico.

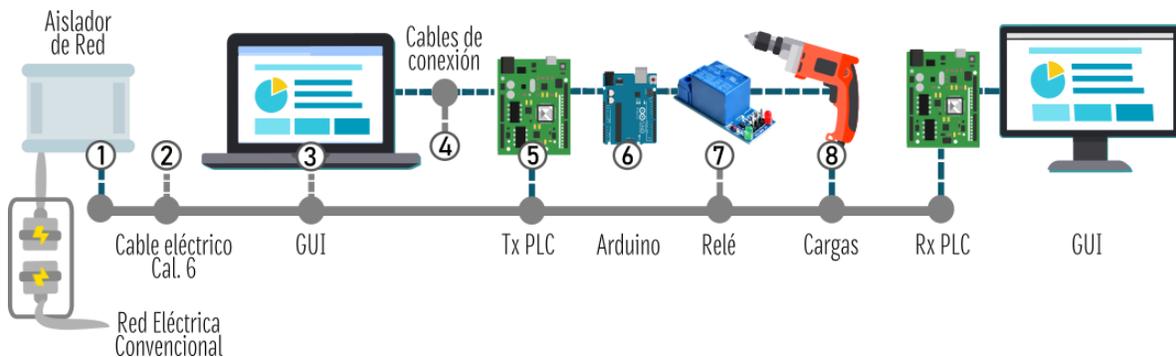


Figura 3 - 2 Elementos a utilizar – Plan de pruebas.

### 3.3. Especificación de los escenarios y casos de prueba

Se tendrán dos escenarios diferentes, en ellos se implementarán los mismos casos de pruebas manejando igualdad en cuanto a número de envíos, distancias y cargas, con el objetivo de analizar y comparar los resultados. Como medio de comunicación se tendrá un cable eléctrico calibre 6, el cual obtiene la alimentación de la red eléctrica de la facultad de ingeniería Civil de la Universidad del Cauca. A continuación, se explica cada uno con más detalle.

#### 3.3.1. Escenario de Referencia

El escenario de *Referencia* hace alusión a una red que no tiene cargas diferentes a las empleadas para el estudio. Esto se consigue mediante la utilización de un transformador aislador de red conectado antes del cable elegido como medio de comunicación en este estudio (Figura 3 - 3), logrando separar la red en dos porciones, así:

- *Antes del transformador:* se tiene una red en la que todos los dispositivos conectados al mismo circuito afectarán las características del medio.
- *Después del transformador:* se tiene una red en la que idealmente solo se cuenta con la presencia de señales de corriente alterna y de la información, además del efecto de las cargas utilizadas para el estudio.

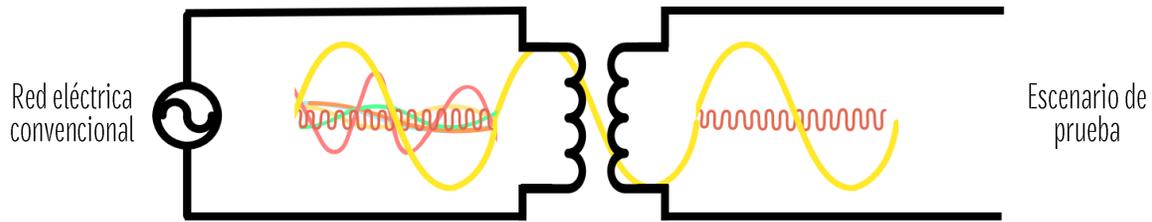


Figura 3 - 3 Escenario de Referencia

Las pruebas se ejecutan de acuerdo a los casos que se exponen a continuación.

### 3.3.1.1. Casos de prueba

Para el desarrollo de las pruebas se establecerá una configuración específica a usar en la transmisión de datos con cada kit de evaluación, dependiendo de las posibilidades ofrecidas por la GUI correspondiente.

Ya que es necesario fijar el punto de partida del proceso a realizar, se llevan a cabo una serie de pruebas preliminares en el medio de comunicaciones con el ánimo de determinar el valor de algunos de los parámetros a considerar dentro del plan de pruebas (para este análisis se hace uso del escenario de *Referencia* y se conectan únicamente las tecnologías PLC objeto de estudio, es decir, se realizan las transmisiones sin presencia de cargas), en este proceso se varió el número de paquetes enviados, la distancia entre Tx-Rx y el tipo de modulación (de acuerdo a las posibilidades de cada tecnología), conforme a lo estipulado en la Tabla 3 - 3.

Tabla 3 - 3 Parámetros a Analizar - Prueba Preliminares

PRUEBA	PARÁMETRO A ESTUDIAR	CONFIGURACIÓN
1	Número de Paquetes	50 – 100 – 1000
2	Distancia entre Tx-Rx	0 m – 400 m – 800 m
3	Modulación	Cypress: FSK Semitech: BPSK, QPSK, 8PSK

Como resultado de las pruebas preliminares y del análisis realizado, se estableció que en ausencia de cargas:

- El número de paquetes enviados no influye en el desempeño de la comunicación, pues con los diferentes valores utilizados la variación no fue considerable, por lo cual se decide trabajar con 100 paquetes.
- La distancia entre Tx-Rx tampoco constituye un valor determinante en la comunicación (bajo las condiciones de prueba especificadas), por lo tanto se decide trabajar con 800m pues se aproxima al alcance máximo de las tecnologías NB PLC, conforme a la teoría [16], [22].
- La modulación sí presentó una variación en cuanto al uso de una de ellas (8PSK), pues se perdieron todos los paquetes enviados con esta modulación al utilizar uno de los estándares permitidos por la GUI de Semitech



Semiconductor (IEEE 1901.2), por lo que no se consideró en el plan de pruebas; al determinar que las modulaciones BPSK y QPSK son las que mejor se comportan en las pruebas, se opta por BPSK ya que es la más robusta [37].

Estos resultados se toman como base para la implementación de todo el plan de pruebas y por lo tanto se manejan los mismos valores para cada una de las tecnologías a considerar.

➤ *Caso con Ruido eléctrico de fondo*

El ruido eléctrico de fondo comprende tres tipos de fuentes diferentes, en este caso se tiene en cuenta el ruido impulsivo periódico asíncrono, el cual se debe a la conmutación causada en los dispositivos por el ciclo de la red, es decir se presenta cada que hay un cambio en la fase de la red del semiciclo negativo al semiciclo positivo [27], [28]. Para asegurar la presencia del ruido eléctrico de fondo, la carga debe estar encendida como mínimo el mismo tiempo que dure la transmisión.

▪ Prueba 1 - Efecto de una carga

El objetivo de esta prueba es determinar el efecto que tiene cada una de las cargas elegidas para el estudio sobre la transmisión de datos a través de la red eléctrica. Para ello se procede a ejecutarla con una carga a la vez, ubicándola en tres posiciones diferentes entre Tx-Rx de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3 - 4.

Tabla 3 - 4 Posiciones de una carga - Prueba 1.

0 m (en Tx)	400 m	800 m (en Rx)
Carga x <sup>5</sup>	Sin Carga	Sin Carga
Sin Carga	Carga x	Sin Carga
Sin Carga	Sin Carga	Carga x

La Figura 3 - 4 presenta un bosquejo de la prueba mencionada con las diferentes posiciones de carga, donde el switch representa la conexión o no de la misma de acuerdo al plan.

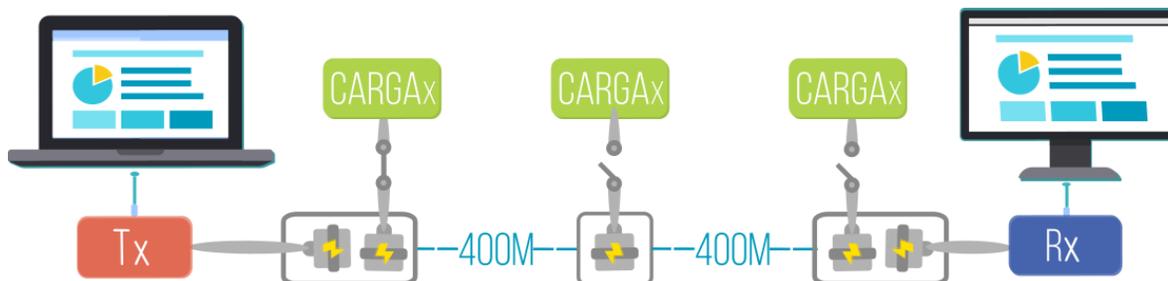


Figura 3 - 4 Conexiones a realizar Prueba 1

<sup>5</sup> Hace referencia a las 3 cargas objeto de estudio que son: carga 1 - Fuente conmutada de computador portátil; carga 2 - taladro; carga 3 - bombillo fluorescente.



▪ [Prueba 2 - Efecto de una carga sobre la modulación](#)

El objetivo de esta prueba es examinar el efecto que genera una carga sobre la transmisión de datos al utilizar una modulación específica, se elige trabajar con el bombillo fluorescente como carga y se procede a ejecutarla con las modulaciones permitidas en cada kit de evaluación (*Cypress: FSK, Semitech Semiconductor: BPSK, QPSK, 8PSK*) para una posterior comparación.

▪ [Prueba 3 - Efecto de varias cargas del mismo tipo conectadas simultáneamente](#)

En esta prueba se busca analizar el efecto que tiene en la comunicación la presencia de dos o tres cargas del mismo tipo conectadas de forma simultánea. Para ello se plantean cuatro posibles variaciones de las cargas entre Tx-Rx, las cuales se especifican en la Tabla 3 - 5. El esquema de conexión coincide con el presentado en la Figura 3 - 4. Este se implementará con cada una de las cargas elegidas para el estudio.

Tabla 3 - 5 Posiciones de las cargas - Prueba 3

NÚM. DE CARGAS CONECTADAS	0 m (en Tx)	400 m	800 m (en Rx)
3	Carga x	Carga x	Carga x
2	Carga x	Sin Carga	Carga x
2	Sin Carga	Carga x	Carga x
2	Carga x	Carga x	Sin Carga

▪ [Prueba 4 - Efecto de cargas de diferentes tipos conectadas simultáneamente](#)

Este caso de prueba es una variación del anterior y se analiza lo que ocurre con los datos cuando hay tres cargas de diferentes tipos conectadas simultáneamente (se tienen en cuenta las tres cargas elegidas para el estudio).

A fin de observar el efecto que tiene la combinación de las cargas, se plantean tres posibles formas de conexión entre Tx-Rx, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3 - 6.

Tabla 3 - 6 Combinación de posiciones de las cargas - Prueba 4

ID COMBINACIÓN	0 m (en Tx)	400 m	800 m (en Rx)
1	Carga 1	Carga 2	Carga 3
2	Carga 3	Carga 1	Carga 2
3	Carga 2	Carga 3	Carga 1

La conexión a realizar es la presentada en la Figura 3 - 5, con las tres posibles posiciones de carga mencionadas.

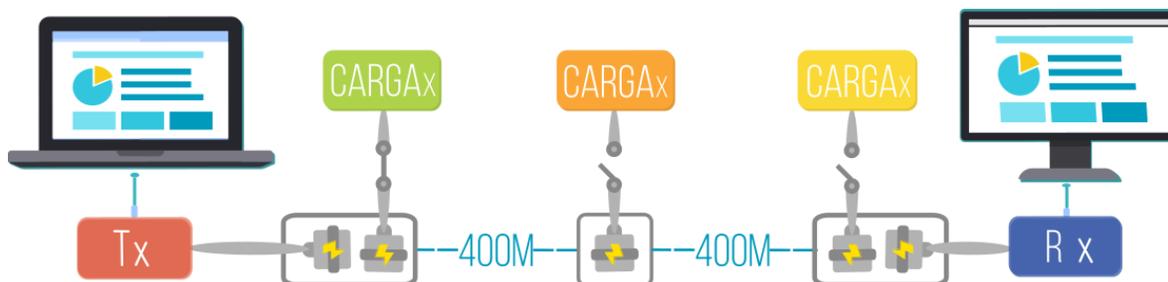


Figura 3 - 5 Conexiones a realizar Prueba 4

➤ *Casos con Ruido eléctrico impulsivo*

En este estudio se considerará el ruido eléctrico impulsivo asíncrono, que se produce con la conmutación de las cargas (es decir el encendido y apagado de la misma) en este caso se tomará una única carga como referencia (Carga 3 – bombillo fluorescente), ya que el efecto deseado es exclusivamente el impulso que se genera al encenderlo (cabe aclarar que el efecto de mantenerla encendida es el evaluado en las pruebas de ruido eléctrico de fondo). Esta conmutación debe darse en el instante en que se esté transmitiendo la información para asegurar que experimenta los efectos del ruido eléctrico inducido. A continuación, se explica el proceso desarrollado para conseguirlo.

Mediante el monitoreo del PIN TxEnable<sup>6</sup> se determina el momento en el que se está llevando a cabo la transmisión y se asigna como entrada a uno de los pines de interrupciones del Arduino UNO (se hace uso de estos pines dado que es la forma más efectiva de realizar una acción a partir de una entrada, pues se ejecuta la función indicada únicamente cuando se detecte la señal por medio de una interrupción externa [38]).

Una vez se tiene certeza del inicio de la transmisión, el paso siguiente es determinar o no el encendido de la carga, que es lo que finalmente generará el ruido eléctrico impulsivo. Para esto se trabaja con un código cargado en el Arduino UNO, que tiene como objetivo generar números aleatorios en un rango de 0 a 250, los cuales se clasifican como se presenta en la Tabla 3 - 7 (Para mayor información dirigirse al Apéndice 2).

Tabla 3 - 7 Clasificación de números aleatorios para generación de impulsos

RANGO	VLR ASIGNADO	ESTADO	ACCIÓN
1 – 125	0	Bajo	La carga se mantiene apagada
126 – 250	1	Alto	La carga se enciende por un lapso de 0,15 segundos y vuelve a apagarse

De esta manera se logra cierta sincronía que permite garantizar que se dará la orden de activación de la carga en el momento justo en que se está realizando la transmisión; esta orden es transferida a un relé que permite el paso de corriente

<sup>6</sup> Este pin se encuentra en cada uno de los kits de evaluación y su objetivo es informar que se está realizando una transmisión, para ello cambia su estado de bajo a alto cuando sea el momento y retornará a su estado inicial en cuanto el envío termine.

hacia la carga. La Figura 3 - 6 presenta un diagrama de la secuencia de pasos para la generación del ruido eléctrico impulsivo.



Figura 3 - 6 Secuencia para generación de ruido eléctrico impulsivo

Una vez se logra el comportamiento esperado, se prosigue con el diseño de tal forma que sea posible analizar el efecto que este tipo de ruido tiene sobre la transmisión de información, para lo cual se establecen pruebas específicas que consideran el efecto de una carga, el efecto de ésta en la modulación (de acuerdo a lo ofrecido por el fabricante) y la cantidad de ruido eléctrico generado. Cada una se explica a continuación.

- [Prueba Efecto de una carga y de esta sobre la modulación](#)

Las pruebas que permiten analizar el efecto de estos parámetros coinciden con las mencionadas anteriormente (Prueba 1 y Prueba 2), ya que la diferencia radica en el tipo de ruido al que se expone la información una vez se encuentra en la red, es posible realizarlas de acuerdo a lo planteado.

- [Prueba 5 - Efecto del ruido eléctrico impulsivo](#)

Con esta prueba se busca apreciar el efecto que la presencia de ruido eléctrico impulsivo tiene sobre la comunicación, por lo cual se variará el umbral de decisión para la generación del ruido de acuerdo a lo especificado en la Tabla 3 - 8.

Tabla 3 - 8 Variación de umbral de decisión para ruido eléctrico impulsivo

PRUEBA	RANGOS PARA ESTADO	
	Bajo	Alto
1	0 – 50	51 – 250
2	0 – 125	126 – 250
3	0 – 200	201 – 250

### 3.3.2. Escenario de Validación

Para el escenario de *Validación*, se toma la misma porción de red utilizada en el escenario de *Referencia* (cable de calibre 6 con un máximo de 800m) con la variante de omitir el uso del transformador con aislador. La Figura 3 - 7 presenta una visión a forma de ejemplo del comportamiento de las señales en este escenario, donde la



información a enviar se verá expuesta a un medio influenciado no solo por el efecto de las cargas elegidas para el estudio, sino también por todo lo que se encuentre conectado al mismo circuito eléctrico. lo que implica que la red se verá afectada por todas las cargas conectadas al mismo circuito eléctrico

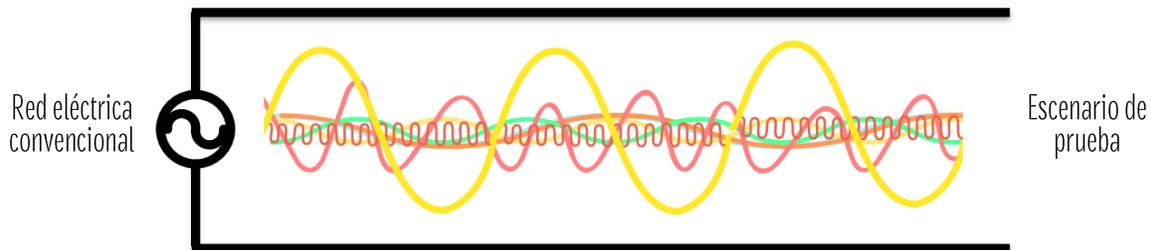


Figura 3 - 7 Escenario de Validación

En este escenario se implementarán los mismos casos y pruebas mencionados anteriormente ya que lo que se busca es analizar el desempeño de las tecnologías en diferentes contextos para posteriormente confrontarlos. Se toman en cuenta estos dos escenarios (de *Referencia* y *Validación*) debido a que se espera que sea el ruido eléctrico generado por las cargas presentes en la red, quien determine el comportamiento o desempeño de las tecnologías para la transmisión de datos por tal razón entre más similares sean las características de los escenarios considerados (longitud, tipo y estado del cable utilizado como medio de comunicación), más evidentes serán los cambios en el comportamiento.

### 3.4. Requisitos de datos de prueba

Para tomar la decisión respecto al mensaje a transmitir se analiza la longitud de carga útil, así como el número de paquetes entre otros parámetros que maneja cada una de las tecnologías (Ver Tabla 2-8) y de acuerdo a ello se hace una elección para cada kit, la cual se expone a continuación:

- Se elige como valor de ganancia de transmisión para *Cypress* 1,25V dado a que se acerca al máximo permitido por *Semitech Semiconductor* (0dB).
- En cuanto a la modulación, *Cypress* trabaja con FSK por defecto mientras que en el caso de *Semitech Semiconductor* se eligieron las modulaciones comunes entre los estándares usados por este kit de evaluación.
- La longitud de la carga útil se elige cerca del máximo permitido por *Cypress* (31 bytes).
- La configuración del retardo de transmisión se probó con diferentes valores, pero no se encontró variación significativa por lo que se opta por trabajar con el valor de 750ms que se acerca al máximo permitido por *Cypress*.
- El patrón de datos se elige luego de buscar un punto medio entre las opciones de las dos tecnologías.



Estas elecciones se resumen en la Tabla 3 - 9.

Tabla 3 - 9 Parámetros del mensaje a Tx.

PARÁMETRO	CYPRESS	SEMITECH SEMICONDUCTOR		
		IEEE 1901.2	G3	PRIME
Ganancia de Transmisión	1,93 dB (1,25 V)	0 dB		
Modulación	FSK	BPSK, QPSK, 8PSK		
Longitud de la carga útil	30 bytes			
Núm. Paquetes	100 – 500 – 1000 (Según la prueba)			
Retardo de transmisión	750 ms			
Patrón de datos	Alternados			

### 3.5. Datos a obtener de la prueba

Una vez se ejecute el plan de pruebas según lo establecido, se contará con la cantidad de datos suficientes para proceder con el análisis objeto del presente trabajo.

De acuerdo al análisis realizado a las GUI de cada Kit de evaluación, se evidenció que:

- La tecnología de *Cypress* únicamente entrega información de la cantidad de paquetes recibidos y la tasa de recepción por segundo.
- En el caso de la tecnología de *Semitech Semiconductor* se conoce un valor de Throughput (que es entregado en el Tx), PER, SNR y RSSI.

Según lo mencionado, se establece como punto de comparación la cantidad de paquetes enviados versus los recibidos, al ser éste el parámetro que se tiene en común entre las tecnologías a considerar. Los demás parámetros entregados por la tecnología de *Semitech Semiconductor*, se analizarán de forma paralela para apreciar cómo la presencia de ruido eléctrico en el medio de comunicaciones puede llegar a afectarlos.

Cabe aclarar que se realizarán diez (10) envíos de paquetes con la misma configuración para cada prueba planteada, esto con el fin promediarlos y trabajar con un solo valor. La Tabla 3 - 10 presenta un resumen de los datos a comparar por escenario; se expone uno solo dado que en ambos escenarios se lleva a cabo de forma similar. Por ejemplo, tomando en cuenta la Prueba 1 (efecto de una carga), se tienen tres variaciones que corresponden a la ubicación de la carga con respecto al Tx, es decir cuando se ubica a 0m, 400m y 800m del mismo, por lo cual son estos tres valores los que se compararán y que se mencionan en la Tabla 3 - 10. Para las demás pruebas se procede con el análisis de forma análoga.



Tabla 3 - 10 Cantidad de datos a comparar por escenario.

PRUEBA	CASOS CON RUIDO											TOTALES
	ELÉC. FONDO								ELÉC. IMPULSIVO			
	1	2	3			4			1	2	5	
DATOS A COMPARAR	3 <sup>7</sup>	3	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	3	3	3	35

Una vez se obtiene la información necesaria, se procede con el análisis que permitirá determinar el efecto que tiene el ruido eléctrico generado por diferentes cargas en el desempeño de la transmisión de datos utilizando tecnologías PLC asociadas a redes de distribución de baja tensión, el cual se presentará en el capítulo siguiente.

<sup>7</sup> Estos datos corresponden a los valores obtenidos de las variaciones de cada prueba y sus respectivos promedios, dependiendo de lo establecido en el plan.



## CAPÍTULO 4 – ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados del efecto que el ruido eléctrico tiene en el desempeño de la comunicación realizada sobre una línea eléctrica con las tecnologías PLC objeto de estudio. El análisis se llevó a cabo con los datos obtenidos en el plan de pruebas. El parámetro a considerar para realizar la comparación es: la cantidad de paquetes enviados versus recibidos. De acuerdo a esto, se tendrá en cuenta el porcentaje de éxito en la transmisión de los paquetes cuando es sometida a diversas clases de ruido y así determinar los beneficios de utilizar las tecnologías según el contexto de una red AMI.

Los resultados se presentan de forma análoga al diseño planteado en el plan de pruebas. Este se llevó a cabo con las tecnologías mencionadas, incluyendo los estándares usados por una de ellas (Kit SM9410 de *Semitech Semiconductor*, ver Tabla 2 – 1) a fin de determinar el comportamiento de cada uno. Los datos obtenidos de la implementación del plan se encuentran en el Apéndice 3.

### 4.1. Efectos del ruido eléctrico de fondo

El efecto del ruido eléctrico de fondo se experimenta al conectar una carga y mantenerla encendida por lo menos el tiempo que dure la transmisión. En las figuras 4 -1 y 4 -2 se evidencia el comportamiento de este tipo de ruido en el dominio del tiempo (tomado en el Rx) frente a la información a enviar por el Tx (utilizando la tecnología *Semitech Semiconductor* con el estándar IEEE 1901.2, a modo de ejemplo). La Figura 4 – 1 representa la señal tomada del Pin TxEnable, (la cual indica el momento en el que se están enviando los datos) mientras que en la Figura 4 - 2 se toma la información desde el Pin de transmisión directamente.

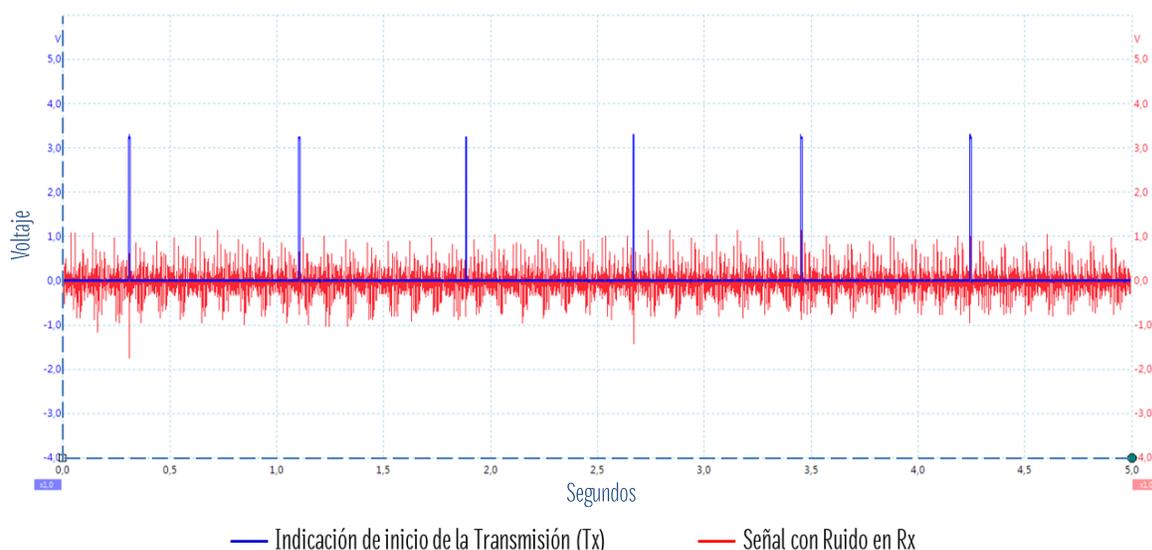


Figura 4 - 1 Indicación de inicio de la transmisión-Tx (Pin TxEnable) vs Señal con ruido eléctrico de fondo-Rx

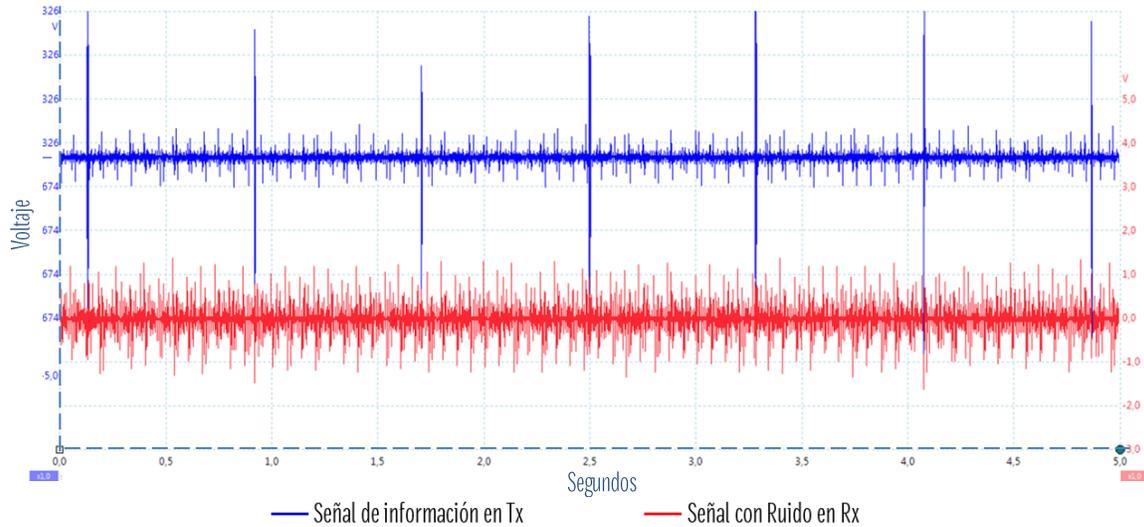


Figura 4 - 2 Señal de información-Tx (Pin Transmisión) vs Señal con ruido eléctrico de fondo-Rx

Se resalta la variación tanto de la magnitud como del comportamiento del ruido eléctrico a lo largo del tiempo; el cual está presente durante toda la transmisión y sus características cambian constantemente, afectando el rendimiento de la comunicación con las diferentes tecnologías.

A continuación, se presenta un análisis enfocado a los resultados obtenidos con cada prueba.

#### 4.1.1. Efecto de una carga – Prueba 1

Las figuras 4 - 3, 4 - 4 y 4 - 5 presentan los resultados obtenidos al utilizar cada tecnología y reflejan cómo las diferentes cargas afectan el proceso de comunicación en los escenarios de *Referencia* y *Validación* con las tres posiciones planteadas para las cargas (a 0, 400 y 800m del Tx).

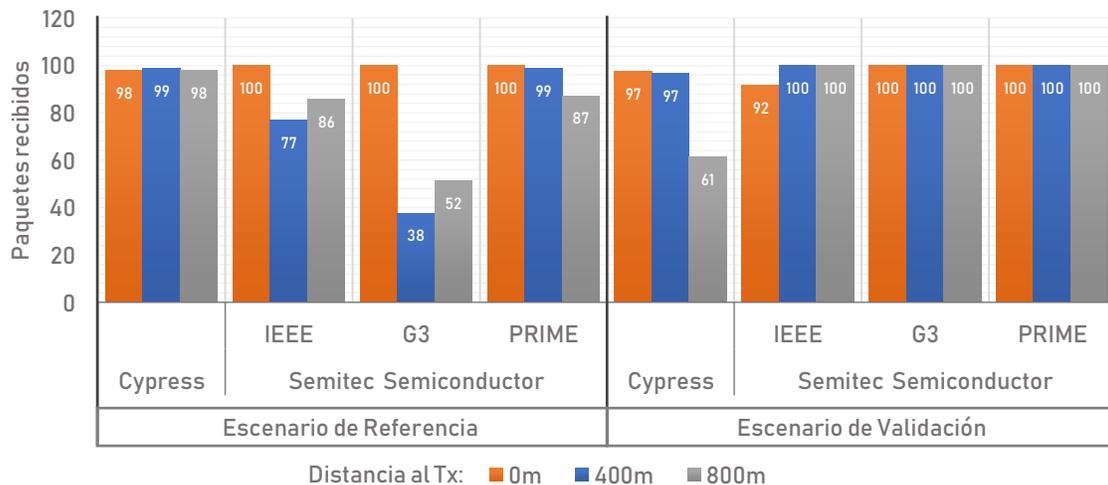


Figura 4 - 3 Resultados Prueba 1 – Efecto de la Carga 1 (fuente conmutada de computador portátil)

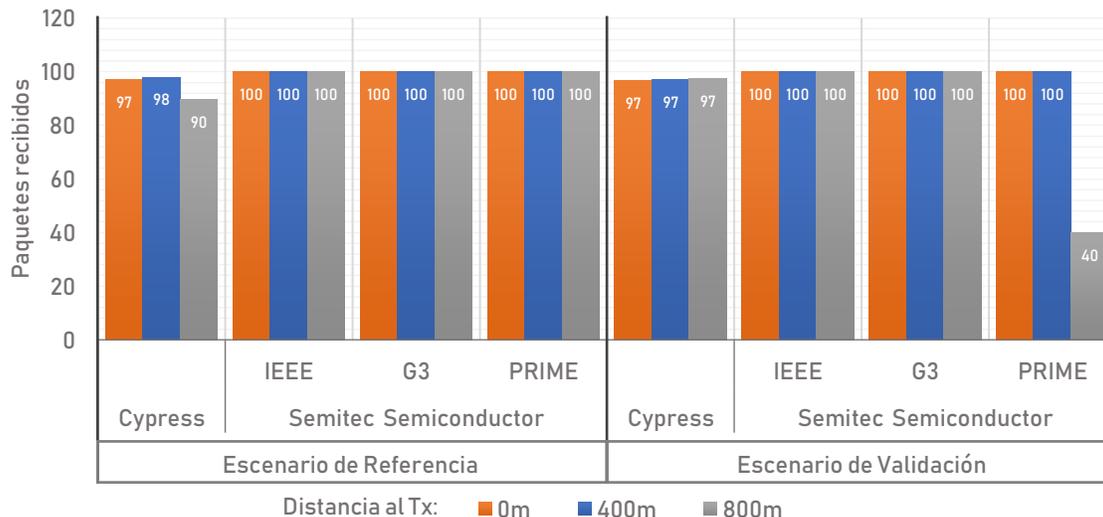


Figura 4 - 4 Resultados Prueba 1 – Efecto de la Carga 2 (taladro)

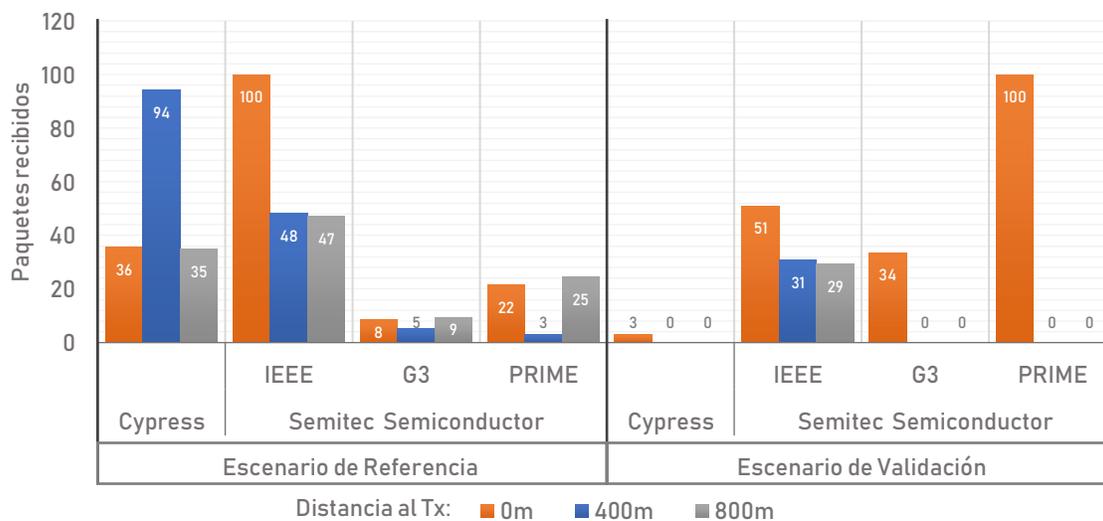


Figura 4 - 5 Resultados Prueba 1 – Efecto de la Carga 3 (bombillo fluorescente)

De las figuras anteriores, cabe resaltar que respecto a las pruebas realizadas con la carga 1 – fuente conmutada de computador portátil (Figura 4 - 3), se evidencia un mejor desempeño de la comunicación en el escenario de *Validación* pues se recibió el 96% de los paquetes enviados frente a un 86% en el escenario de *Referencia*. Acorde a [39], este comportamiento es causado por las impedancias presentes en la red que son debidas a cada una de las cargas conectadas, ya que si el valor de la impedancia resultante de todas ellas llega a ser mayor que la impedancia propia del Rx, el canal se convertirá en un buen medio de comunicación.

Por otro lado, se evidencia que la carga 2 (taladro) es la que menos efectos negativos genera en la comunicación, recibiendo el 99% y 94% de los paquetes en



los escenarios de *Referencia* y *Validación* respectivamente, mientras que con la carga 3 (bombillo fluorescente) se recibió el 36% de los paquetes en el escenario de *Referencia* y el 21% en el de *Validación*. De acuerdo a esto, se concluye, que las mayores pérdidas de paquetes son causadas por la presencia de la carga 3 (bombillo fluorescente) en el medio de comunicación, lo que se debe a su fabricación ya que utiliza componentes electrónicos que al ser conmutados (switcheados) en cada ciclo de la red, generan diferentes niveles de ruido eléctrico.

Se resalta que las consecuencias de la presencia de este tipo de carga (bombillo fluorescente) en una ubicación específica varían para cada tecnología PLC, por ejemplo con *Cypress*, si la carga está ubicada al inicio o al final de la transmisión (en Tx o en Rx), los efectos son mayores que cuando se encuentra en el punto medio, contrario a lo que ocurre con *Semitech Semiconductor* al utilizar los estándares G3 y PRIME, que presenta mayores pérdidas cuando la carga se encuentra ubicada a la misma distancia del Tx que del Rx.

Con el fin de corroborar este comportamiento, se procede a observar el espectro de las transmisiones realizadas con cada tecnología, los cuales se presentan en las figuras 4 - 6 a 4 - 9.

La Figura 4 - 6 presenta el espectro de frecuencia de transmisión con la tecnología de *Cypress*, en la cual se evidencia que el ancho de banda utilizado es de 6KHz que van desde los 130,3 hasta los 136,3 KHz.

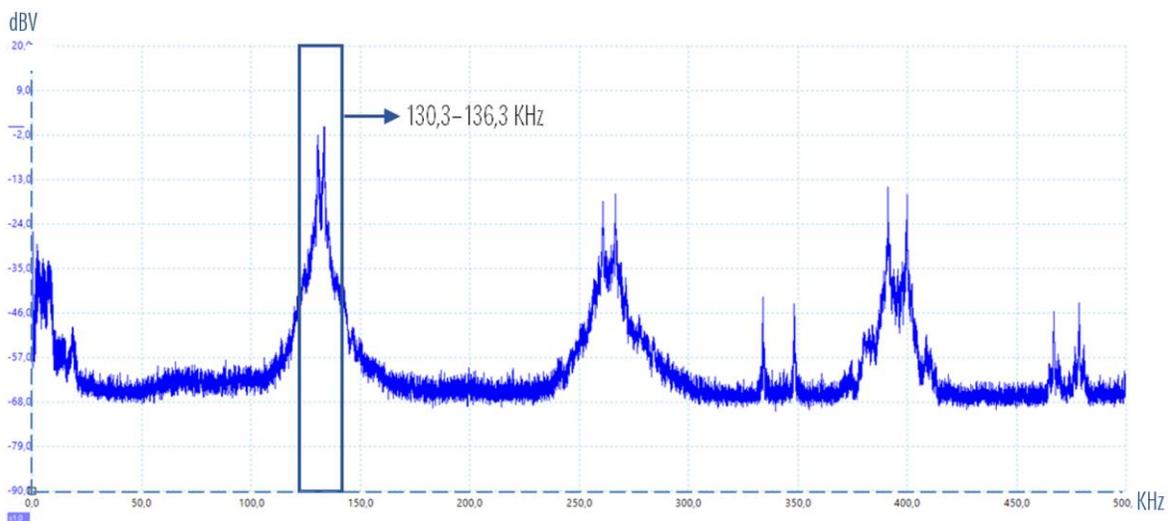


Figura 4 - 6 Espectro de frecuencia Transmisión con *Cypress*

La Figura 4 - 7 presenta el espectro de frecuencia de transmisión con la tecnología de *Semitech Semiconductor*, se evidencia que esta tecnología trabajando con el estándar IEEE 1901.2 utiliza un gran ancho de banda comprendido entre 150 y 491KHz. De acuerdo a la literatura [33] esto se debe a que emplea un intercalador, el cual desplaza los bits codificados un determinado número de veces para protegerlos contra ciertos errores como por ejemplo los que se dan en ráfaga y



podrían dañar símbolos consecutivos del mensaje, alterándolo en gran medida. Esto se constituye en una ventaja del estándar como tal, ya que favorece el envío de información a través de la red eléctrica pues a pesar de implicar un gran ancho de banda para el funcionamiento del sistema, en este tipo de comunicaciones es más importante la precisión e integridad de los datos para que lleguen al destino sin errores ni alteraciones que garantizar la eficiencia espectral de las bandas de frecuencia utilizadas en la transmisión.

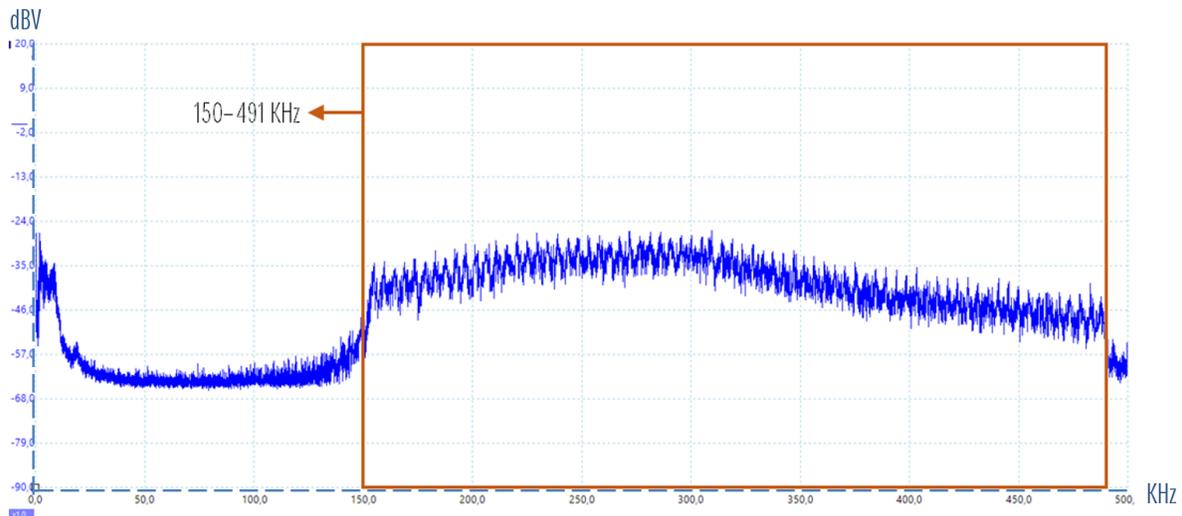


Figura 4 - 7 Espectro de frecuencia Transmisión con Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

La Figura 4 - 8 evidencia que el espectro de frecuencia de transmisión que utiliza la tecnología de *Semitech Semiconductor* trabajando con el estándar G3 está entre 35,15 y 92,25 KHz.

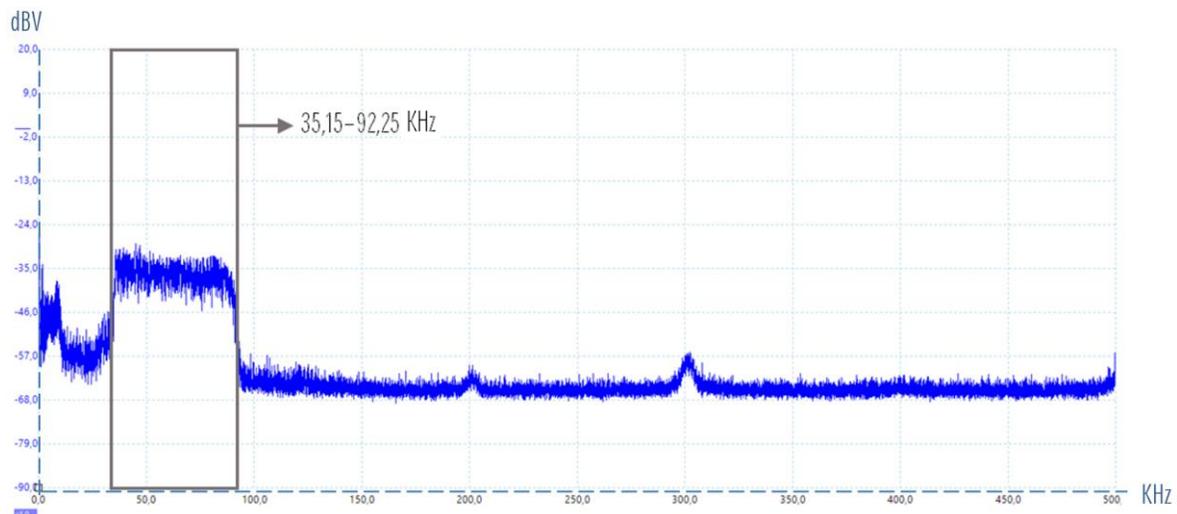


Figura 4 - 8 Espectro de frecuencia Transmisión con Semitech Semiconductor (G3)



La Figura 4 - 9 presenta el espectro de frecuencia de transmisión con la tecnología de *Semitech Semiconductor* trabajando con el estándar PRIME utiliza un gran ancho de banda comprendido entre 42,93 y 89,95 KHz.

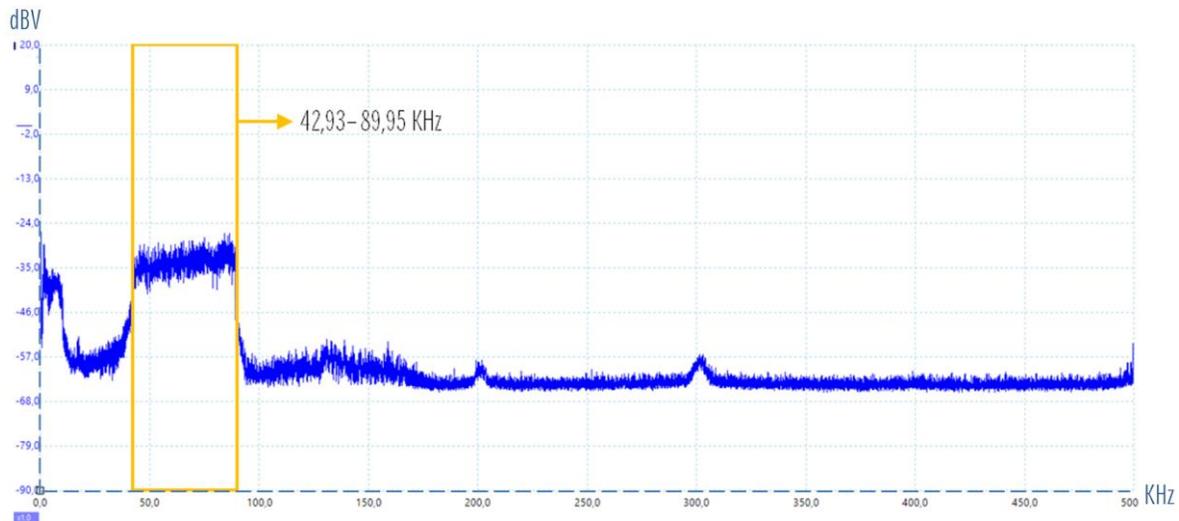


Figura 4 - 9 Espectro de frecuencia Transmisión con *Semitech Semiconductor* (PRIME)

Una vez conocidos los espectros de frecuencia de las transmisiones con las diferentes tecnologías PLC, se realiza el mismo proceso con cada una de las cargas elegidas para el estudio a fin de observar el espectro del ruido generado por estas y compararlos.

Para el caso de la carga 1 (fuente conmutada de computador portátil), Figura 4 - 10, se tiene que la mayor concentración de frecuencias esta aproximadamente entre 60 – 70 KHz, que coincide con el rango de frecuencias de trabajo de la tecnología de *Semitech Semiconductor* con los estándares G3 y PRIME. Es perceptible que los efectos causados por esta carga van a reflejarse en mayor medida al utilizar dichos estándares, esto se evidencia en la Figura 4 - 3, sin embargo, es posible que los picos menores apreciados en otras frecuencias (130, 200, 300 KHz) sean los responsables de algunos errores en la transmisión al emplear el estándar IEEE 1901.2.

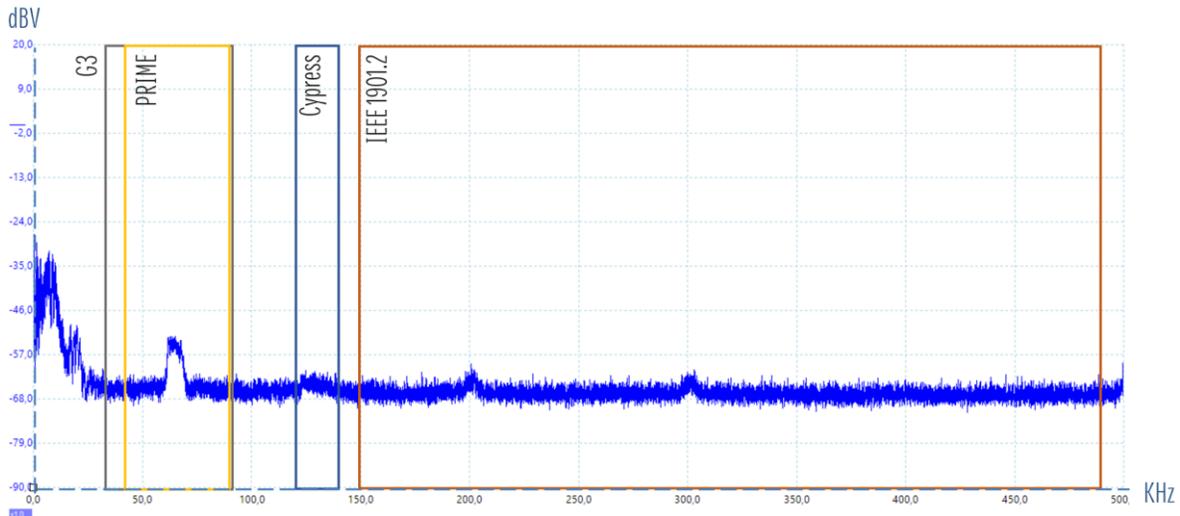


Figura 4 - 10 Espectro de frecuencia Carga 1 – Fuente conmutada de computador portátil

Respecto a la carga 2 (taladro), la Figura 4 - 11 muestra cómo las magnitudes más altas generadas por el ruido se encuentran en frecuencias más bajas que las utilizadas por las tecnologías PLC para la transmisión de información. Por tal razón sus efectos en el proceso de comunicación son mínimos.

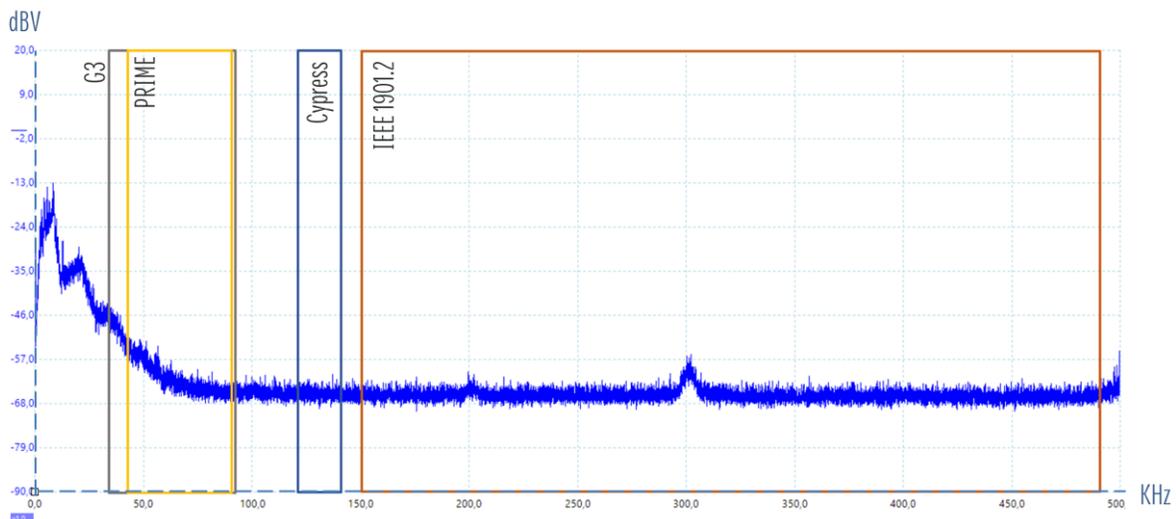


Figura 4 - 11 Espectro de frecuencia Carga 2 – Taladro

La Figura 4 - 12 muestra el efecto de la carga 3 (bombillo fluorescente). Se aprecia que dicho efecto tiene presencia en diferentes frecuencias debido a sus componentes electrónicos pues al ser switcheados con cada ciclo de la red generan ruido eléctrico en un amplio rango de frecuencias, algunas de las cuales coinciden con las empleadas por las tecnologías PLC para la comunicación. De acuerdo a esto y a los resultados obtenidos en la prueba realizada (Figura 4 - 5) puede concluirse que esta carga afecta en mayor medida a las diferentes tecnologías y por ende el proceso de comunicación.

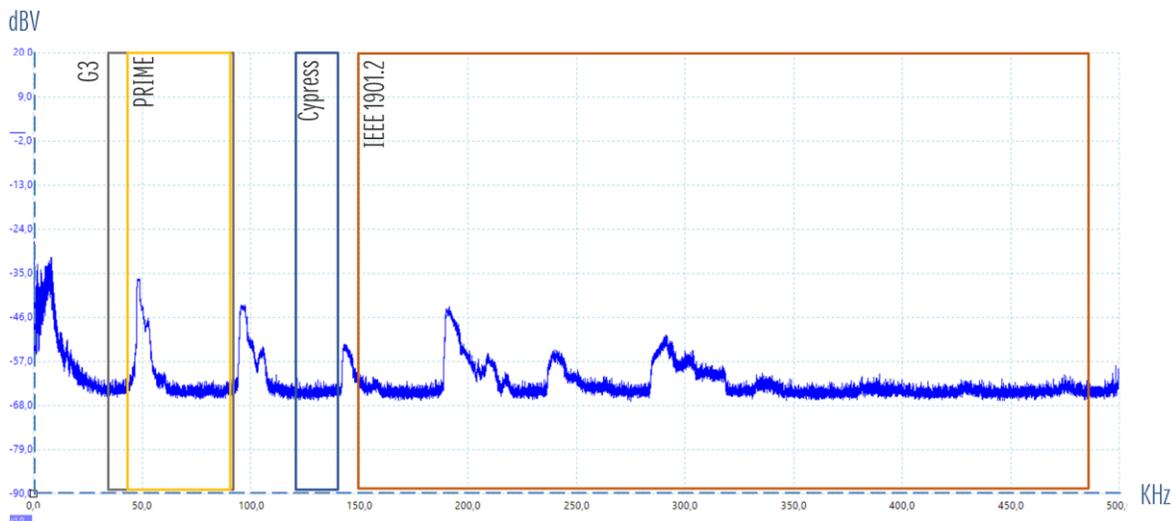


Figura 4 - 12 Espectro de frecuencia Carga 3 – Bombillo Fluorescente

Como se observa en las figuras 4 - 6, 4 - 7, 4 – 8 y 4 - 9, cada tecnología PLC maneja un rango de frecuencias específico para transmitir datos, por lo cual los efectos del ruido eléctrico que se encuentra presente en el medio de comunicación varían en cada una de ellas. Esto se refleja en el número de paquetes recibidos en cada prueba. La Figura 4 - 13 muestra el comportamiento general de las tecnologías PLC frente a las cargas utilizadas para el estudio.

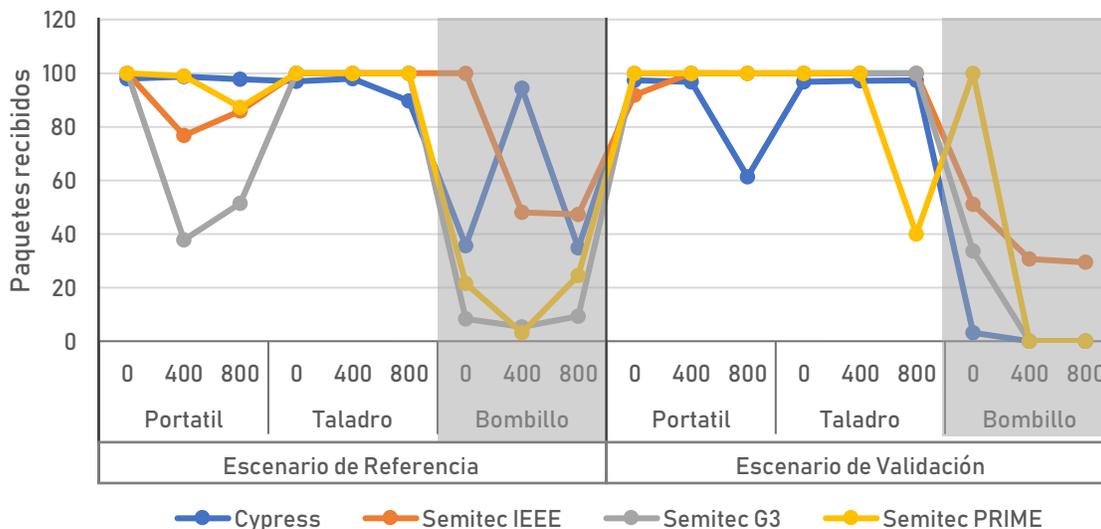


Figura 4 - 13 Efecto de las diferentes cargas en la comunicación

En esta figura se percibe de forma clara que el efecto causado por la carga 3 (bombillo fluorescente) es el más perjudicial, provocando que la cantidad de paquetes recibidos sea menor.

Se destaca que *Cypress* y *Semitech Semiconductor* (bajo el estándar IEEE 1901.2) son las tecnologías que logran enviar y recibir correctamente la mayor cantidad de



paquetes. En el caso de *Cypress* se tiene que, en el escenario de *Referencia* cuando la carga se encuentra situada en la posición media entre Tx y Rx (400m) su influencia en la transmisión es mínima, mientras que cuando se encuentra en las otras dos posiciones los resultados decaen. El comportamiento en el escenario de *Validación* es adverso en todas las pruebas con esta tecnología. Para *Semitech Semiconductor* el comportamiento es similar en ambos escenarios y se tiene que el mínimo efecto es causado cuando la carga se encuentra ubicada junto al Tx, y a medida que la carga se acerca al Rx, la cantidad de paquetes recibidos disminuye.

#### 4.1.2. Efecto de la carga 3 en la modulación – Prueba 2

En esta prueba se variaron las modulaciones de acuerdo a las posibilidades ofrecidas por cada fabricante, en cuanto a *Cypress* la modulación que se maneja por defecto es FSK, mientras que *Semitech Semiconductor* permite el uso de BPSK, QPSK y 8PSK, las cuales se probaron con la carga 3 (bombillo fluorescente) de acuerdo al plan. Los resultados obtenidos se ilustran en la Figura 4 - 14, donde se presentan el número de paquetes recibidos al realizar la transmisión con cada modulación.

Se evidencia que las modulaciones que permiten obtener mejores resultados son FSK con el 97%<sup>8</sup> de éxito en la recepción de paquetes y BPSK con el 80%, además, el estándar que mayores pérdidas presenta de forma general es G3 pues a pesar de que se da un aumento notorio en la cantidad de paquetes recibidos en el escenario de *Validación* (45%) con respecto al de *Referencia* (24%), la cantidad es menor que con los demás estándares. Por otro lado, el uso del estándar IEEE 1901.2 con modulación 8PSK no presenta buenos resultados pues se perdió la totalidad de paquetes enviados en los dos escenarios.

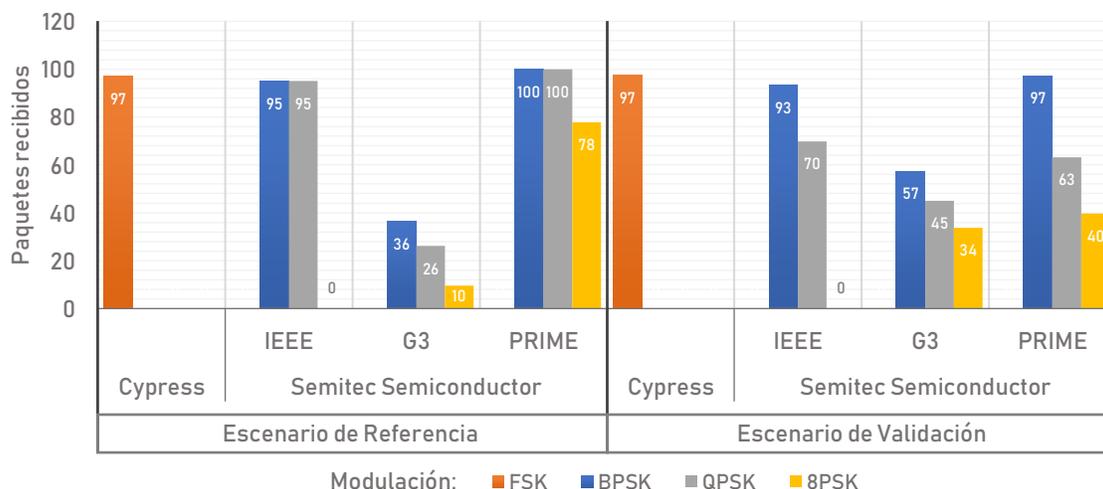


Figura 4 - 14 Efecto de una carga en la modulación – Ruido eléctrico de fondo

<sup>8</sup>Los valores de porcentajes de éxito en el envío de paquetes con cada modulación se obtuvieron al promediar la cantidad de paquetes recibidos en las diferentes pruebas para los dos escenarios.



#### 4.1.3. Efecto de varias cargas del mismo tipo conectadas simultáneamente - Prueba 3

En esta prueba se varió el número de cargas del mismo tipo conectadas a la red de forma simultánea y las distancias a las que se encontraban; se llevó a cabo de acuerdo al plan y los resultados obtenidos se exponen en las figuras 4 - 15, 4 - 16 y 4 - 17. En las figuras se percibe de forma general, una mejora en la transmisión de información en el escenario de *Validación*, lo cual es debido a la variación de las impedancias que representan las cargas conectadas a la red y que son ajenas al estudio como se mencionó anteriormente.

La Figura 4 - 15 presenta los resultados de las pruebas realizadas con el conjunto de cargas de tipo 1 (fuente conmutada de computador portátil), observando que en el escenario de *Referencia* con la tecnología de *Cypress* sólo se obtienen resultados cuando la carga se encuentra tanto al inicio como al fin de la comunicación. Mientras que para *Semitech Semiconductor* el mejor resultado se obtuvo al combinar 2 cargas (ubicadas a 0m y 400m del Rx), utilizando el estándar IEEE 1901.2. Respecto al escenario de *Validación*, el comportamiento de *Cypress* se mantiene y el de *Semitech Semiconductor* varía de forma positiva, ya que los resultados mejoran considerablemente en todas las pruebas.

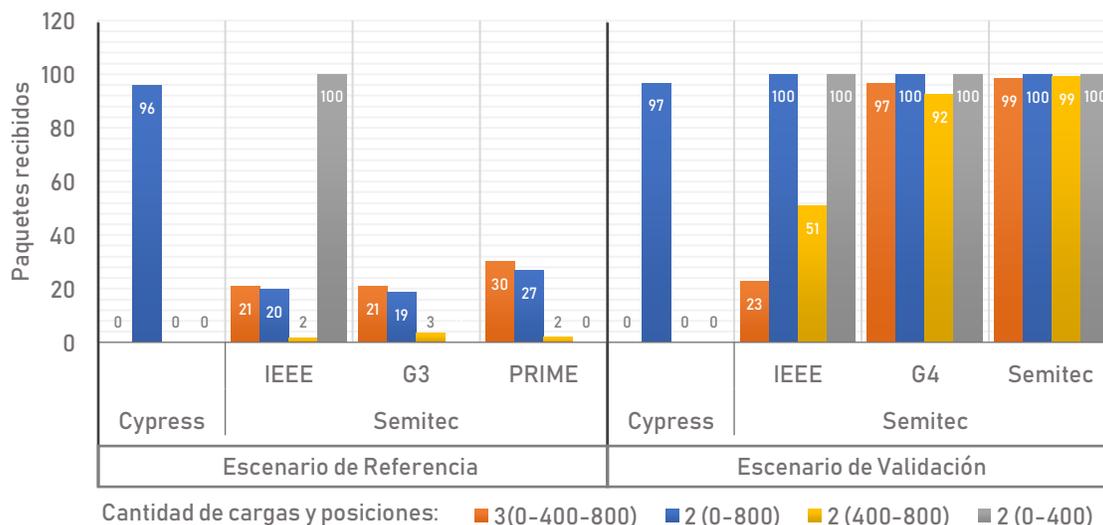


Figura 4 - 15 Efecto de varias cargas tipo 1 (fuente conmutada de computador portátil) conectadas simultáneamente

Similar al comportamiento presentado en la Figura 4 - 4, los efectos de la cargas tipo 2 (taladro) no son significativos en la comunicación ni siquiera cuando se trabaja con conjuntos de cargas del mismo tipo, tal como se aprecia en la Figura 4 - 16.

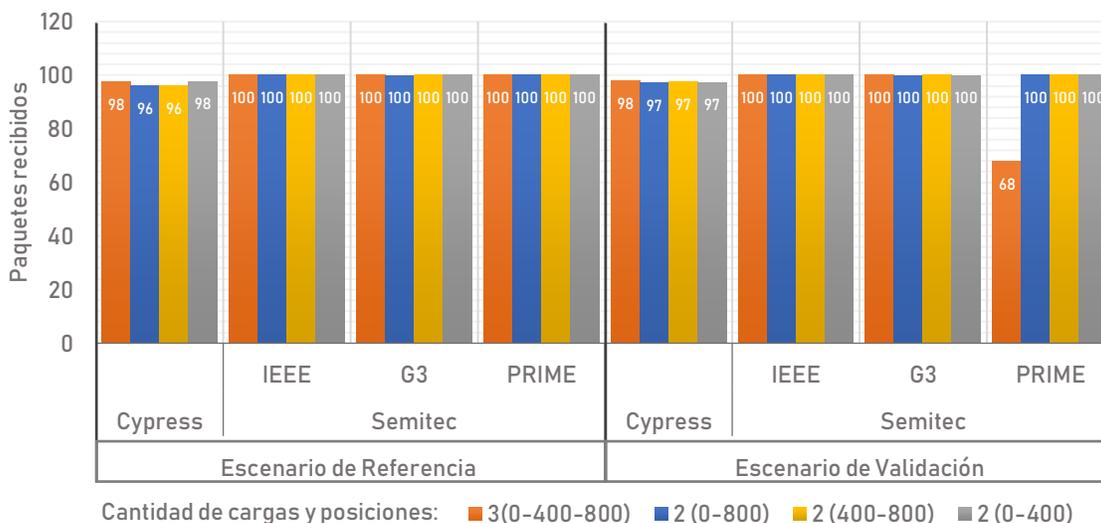


Figura 4 - 16 Efecto de varias cargas tipo 2 (taladro) conectadas simultáneamente

En la Figura 4 - 17 se aprecia que en el escenario de *Referencia* la tecnología de *Cypress* es vulnerable ante los niveles de ruido eléctrico provocados por los conjuntos de cargas tipo 3 (bombillo fluorescente) utilizados para esta prueba, a pesar de que en el escenario de *Validación* se observa una mejora en uno de los resultados obtenidos, no podría atribuirse esto a una ventaja de la tecnología dado que, como se mencionó anteriormente, el medio de comunicación tiende a ser dinámico, varía de acuerdo a las cargas presentes en el mismo y de ello depende su comportamiento [39]. Respecto a *Semitech Semiconductor*, es claro que, a pesar de experimentar una mejora en el comportamiento del escenario de *Validación*, el estándar elegido para la comunicación juega un papel muy importante pues es notorio que el uso de IEEE 1901.2 favorece este proceso, permitiendo que se realice la transmisión con una mayor tasa de éxito que la obtenida con el uso de los demás estándares.

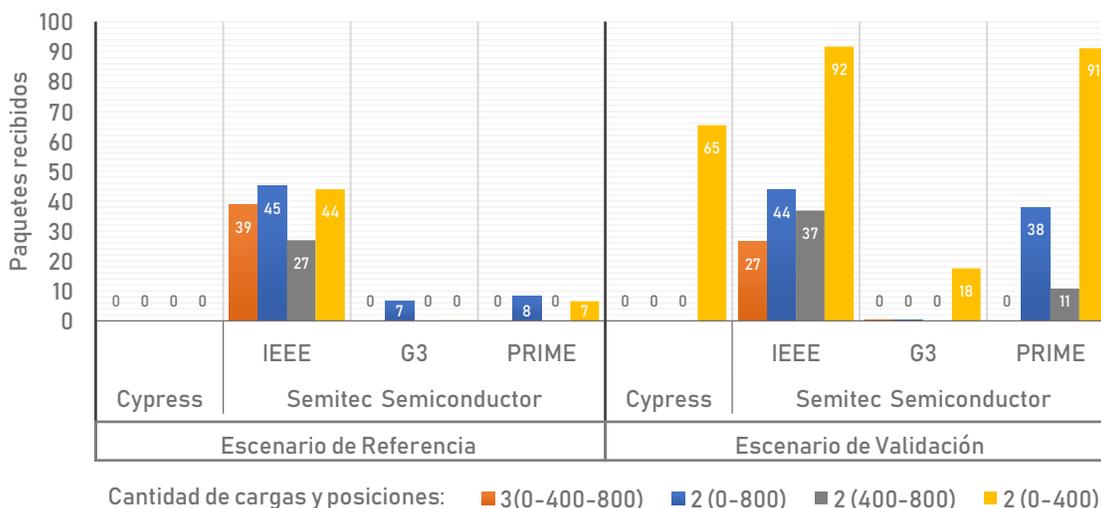


Figura 4 - 17 Efecto de varias cargas tipo 3 (bombillo fluorescente) conectadas simultáneamente



#### 4.1.4. Efecto de varias cargas de diferente tipo conectadas simultáneamente – Prueba 4

Esta prueba se ejecutó de acuerdo al plan por lo que se varió el número de cargas de diferente tipo y las distancias a las que se encontraban conectadas a la red de forma simultánea, los resultados obtenidos se presentan en la Figura 4 - 18. La variabilidad del escenario de *Validación* como medio de comunicación se refuerza con lo mostrado en la figura, pues a pesar de contar con una igualdad tanto en las características de transmisión como en la combinación de cargas utilizadas, se observa una mejora respecto al escenario de *Referencia*. Aun así, cabe resaltar que es la combinación 2 la menos perjudicial para el proceso de envío de información, es decir las pruebas en las que la carga 3 (bombillo fluorescente) se encuentra conectada junto al Rx (800m) tienen resultados menos exitosos que cuando se encuentra cerca del Tx.

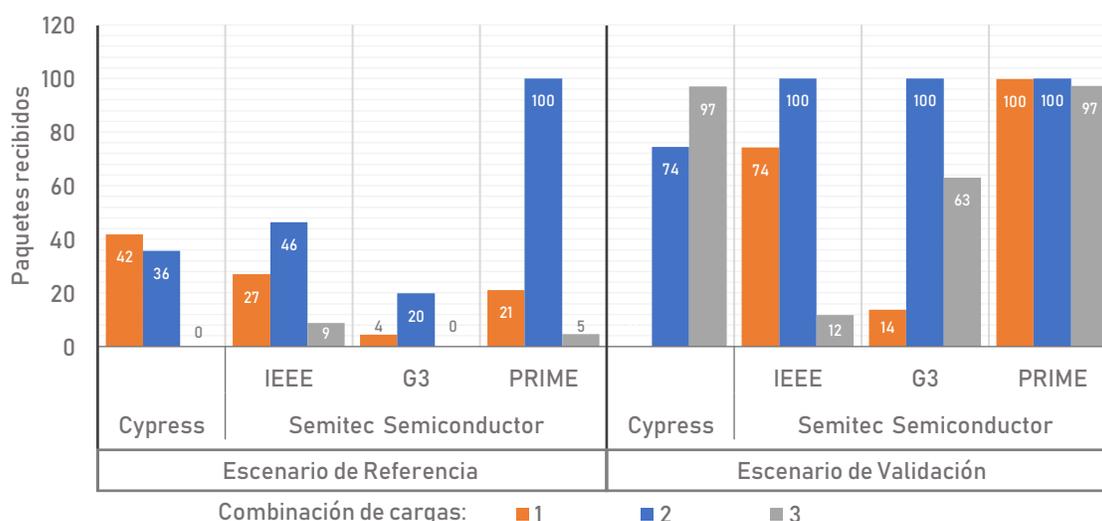


Figura 4 - 18 Efecto de varias cargas de diferente tipo conectadas simultáneamente

#### 4.2. Efectos del ruido eléctrico impulsivo

Este tipo de ruido como su nombre lo indica, corresponde a un impulso el cual se genera al momento de encender la carga, en las figuras a continuación se evidencia el comportamiento de este tipo de ruido en el dominio del tiempo (tomado en el Rx) frente a la indicación de inicio de la Transmisión (vista desde el Tx). La Figura 4 - 19 resalta la gran magnitud del ruido (que en este caso particular alcanza los 28v) y la corta duración del mismo (del orden de los ms), mientras que la señal de información oscila alrededor de los 5v (Figura 4 - 2).

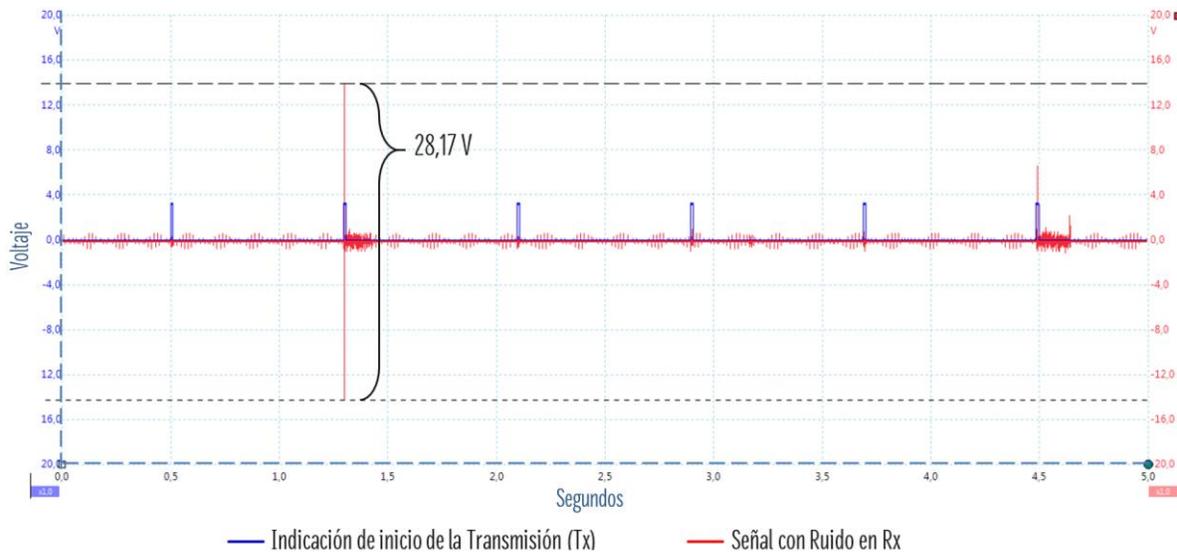


Figura 4 - 19 Señal de inicio de la transmisión-Tx (Pin TxEnable) vs magnitud ruido eléctrico Impulsivo-Rx

La Figura 4 - 20, muestra el comportamiento variante de este tipo de ruido eléctrico pues a pesar de que la acción de encender y apagar la carga se realiza de la misma manera en cada transmisión, sus magnitudes y comportamiento varían en cada caso.

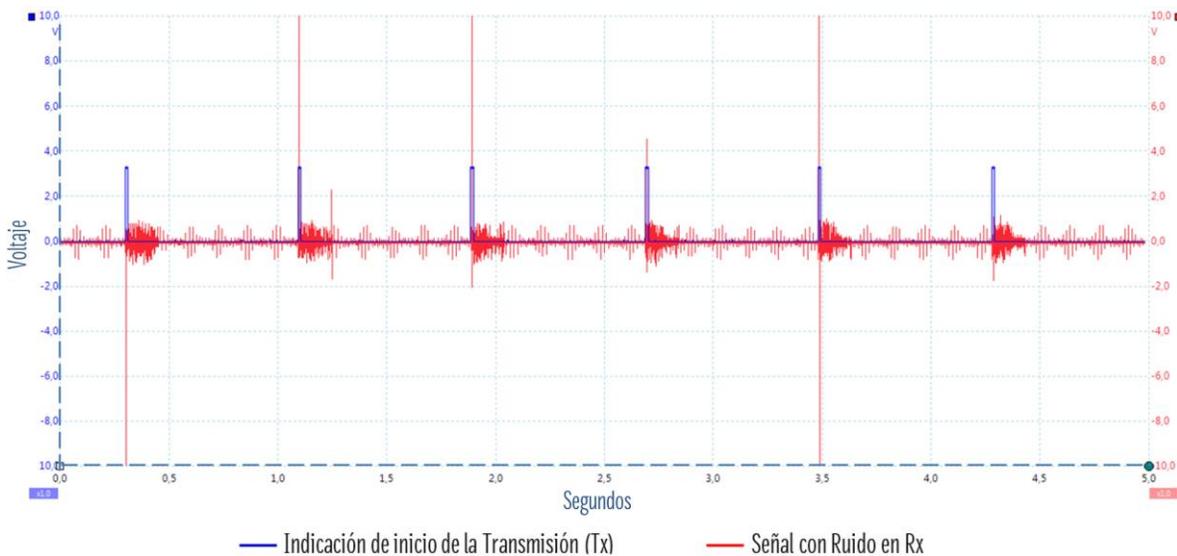


Figura 4 - 20 Señal de inicio de la transmisión-Tx (Pin TxEnable) vs variación ruido eléctrico Impulsivo-Rx

A continuación, se exponen los resultados obtenidos al ejecutar las diferentes pruebas propuestas en el plan con este tipo de ruido eléctrico.



#### 4.2.1. Efecto de una carga – Prueba 1

La carga 3 (bombillo fluorescente) es la elegida para llevar a cabo esta prueba ya que el efecto que se desea observar es el generado por el switcheo únicamente. La Figura 4 - 21 presenta los resultados conseguidos al generar ruido eléctrico de tipo impulsivo mientras se realiza la transmisión, la ocurrencia de los impulsos se determina de forma aleatoria y para esta prueba se trabajó con una probabilidad de ocurrencia de impulso del 50%.

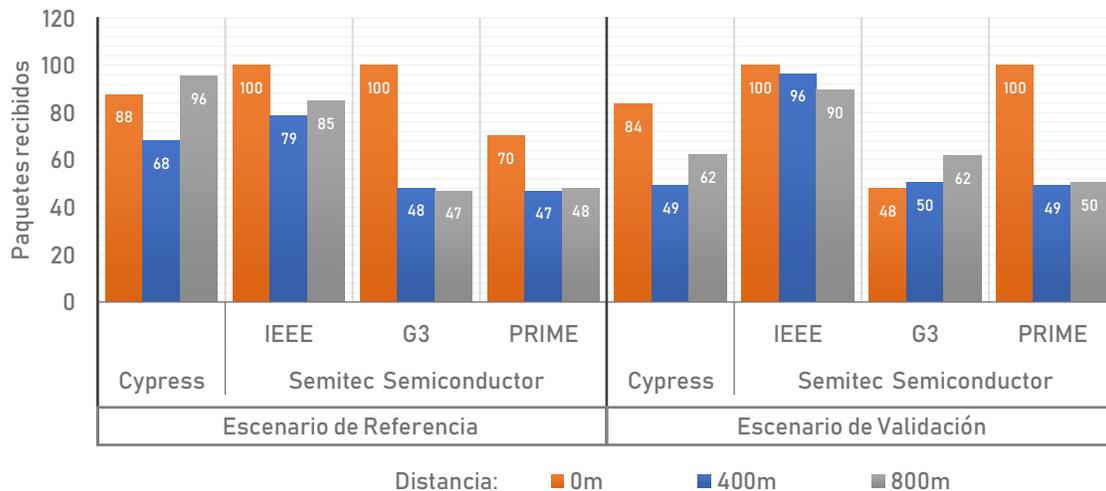


Figura 4 - 21 Efecto de una carga en la comunicación – Ruido eléctrico impulsivo

De estos resultados se destaca que, en la mayoría de ellos (6 de 8) cuando la carga se encuentra más cerca del Tx se experimentan menos efectos negativos en la comunicación. Respecto al escenario de *Referencia* se considera que, las tecnologías que mayor porcentaje de éxito en la recepción de paquetes presentan son *Cypress* con un 84% y *Semitech Semiconductor* al trabajar con el estándar IEEE 1901.2 con un 88%; frente a un 65% y 55% con los estándares G3 y PRIME, respectivamente. En cuanto al escenario de *Validación* se destaca que es la tecnología de *Semitech Semiconductor*, usando estándar IEEE 1901.2 la que recibe una mayor cantidad de paquetes (95% de todos los enviados), aun así, esto no se atribuye como ventaja de la tecnología ya que los resultados obtenidos en este escenario varían de acuerdo a las cargas conectadas en la red.

#### 4.2.2. Efecto de una carga en la modulación – Prueba 2

Al igual que en la prueba anterior, se trabajó con una probabilidad de ocurrencia de impulso del 50% y se observa que la tecnología de *Semitech Semiconductor* configurada con los estándares G3 y PRIME obtiene resultados que son equiparables tanto en el escenario de *Referencia* como en el de *Validación* al usar las diferentes modulaciones, contrario a lo ocurrido con el estándar IEEE 1901.2 que evidencia una variación significativa al transmitir datos empleando cada una de ellas.



De forma general se concluye que la modulación BPSK tiene una mejor respuesta ante la presencia de ruido tanto impulsivo como de fondo (según lo presentado en la Figura 4 - 14), favoreciendo el proceso de comunicación en la red eléctrica. Esto se sustenta con lo expuesto en la Figura 4 - 22.

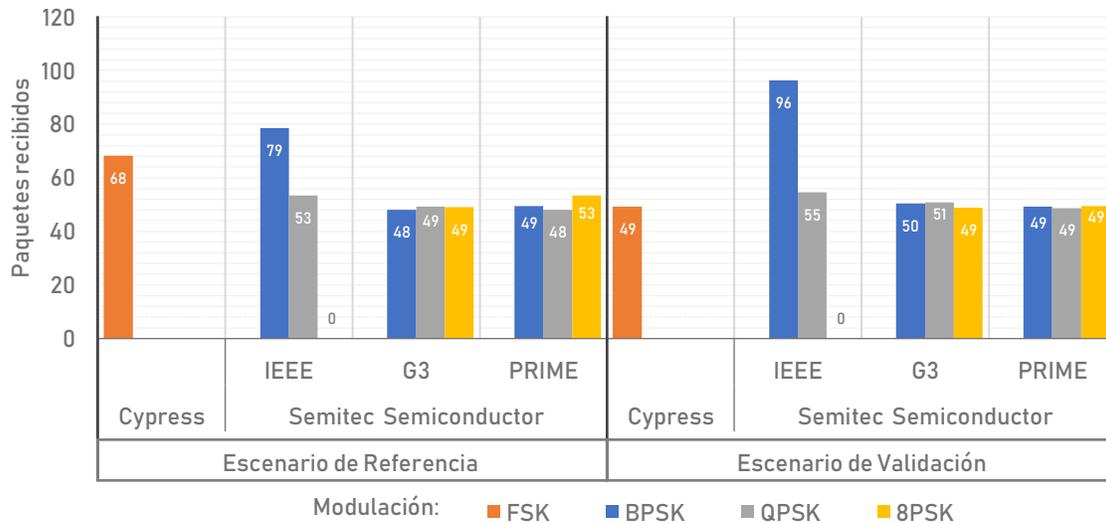


Figura 4 - 22 Efecto de una carga en la modulación – Ruido eléctrico impulsivo

En esta prueba se evidencia que la modulación no es un factor determinante en la comunicación al trabajar con la tecnología de *Semitech Semiconductor* junto con los estándares G3 y PRIME, pues los resultados obtenidos en las tres son similares, a diferencia de lo ocurrido con el estándar IEEE 1901.2, puesto que se obtienen resultados distintos con cada modulación.

#### 4.2.3. Efecto de diferentes niveles de ruido impulsivo – Prueba 5

Esta prueba se realiza generando diferentes cantidades de ruido eléctrico impulsivo mientras se transmiten los paquetes de acuerdo a lo establecido en el plan de pruebas. La Figura 4 - 23 presenta los resultados adquiridos en el escenario de *Referencia*, la cual compara los paquetes recibidos versus los impulsos generados, poniendo en evidencia que la relación de proporcionalidad entre estos parámetros es inversa, ya que a mayor ruido eléctrico impulsivo generado menor cantidad de paquetes recibidos. Los mejores resultados fueron obtenidos con la tecnología de *Semitech Semiconductor* usando el estándar IEEE 1901.2.

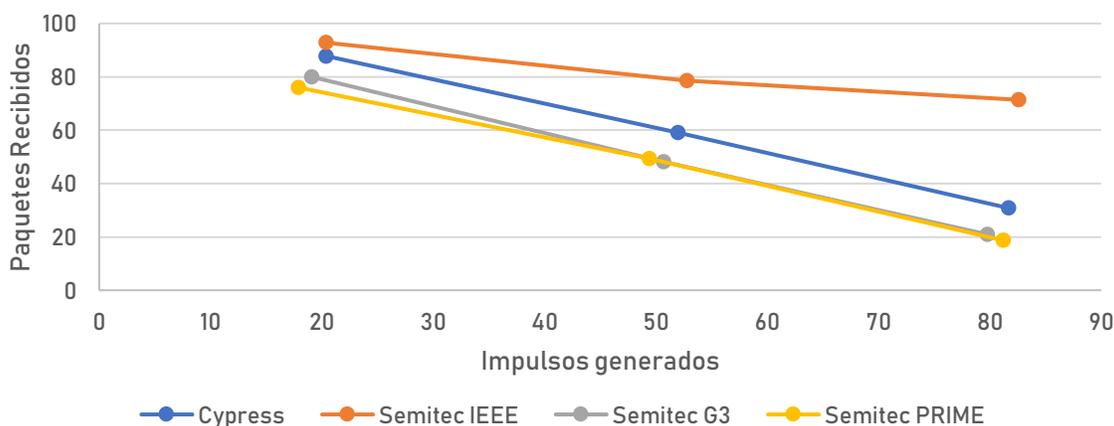


Figura 4 - 23 Efecto de diferentes niveles de ruido impulsivo – Escenario de Referencia

La Figura 4 - 24 ilustra el comportamiento de los paquetes recibidos versus los impulsos generados en el escenario de *Validación*. El uso del estándar IEEE 1901.2 es el que más favorece el proceso de envío de información, con un porcentaje de éxito de 92% en este escenario y de 81% en el de *Referencia*.

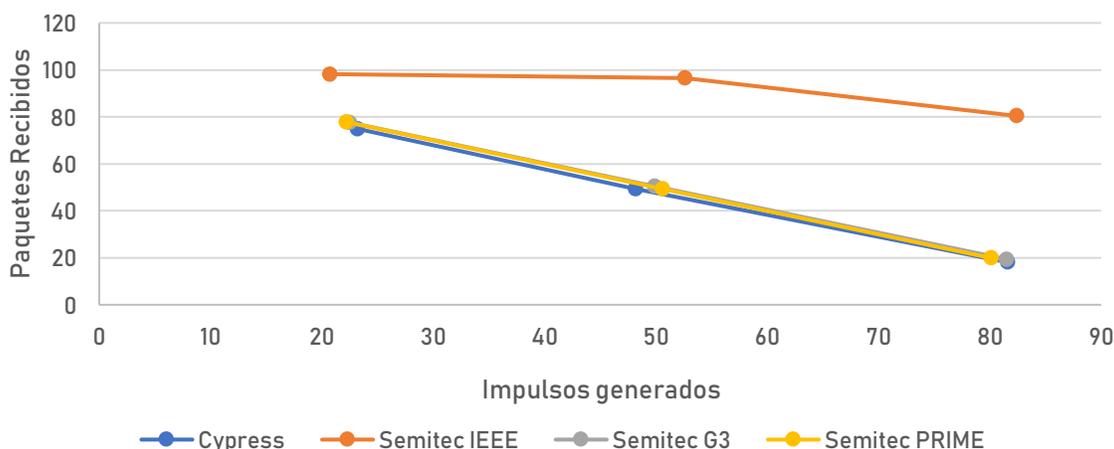


Figura 4 - 24 Efecto de diferentes niveles de ruido impulsivo – Escenario de Validación

Acorde a las Figura 4 - 23 y Figura 4 - 24, se identifica que el comportamiento de algunas tecnologías cambia: *Cypress* decae en un 12% mientras que *Semitech Semiconductor* (configurada con el estándar IEEE 1901.2) mejora aproximadamente el mismo valor, esto es causado por el comportamiento dinámico de la red del escenario de *Validación*, ya que experimenta la influencia de impedancias adicionales que son ajenas al estudio las cuales generan una variación en el medio de comunicación.



### 4.3. Análisis general de los resultados obtenidos con el plan de pruebas

Para el análisis general del comportamiento de las tecnologías PLC frente al ruido eléctrico utilizado en el estudio, se promedian los paquetes recibidos en cada prueba realizada tanto el escenario de *Referencia* como en el de *Validación*, esto se ilustra en la Figura 4 - 25 de tal forma que es posible concluir que el ruido eléctrico de fondo es el que induce mayores pérdidas en la comunicación.

Esto se sustenta en el hecho de que es este tipo de ruido el que se encuentra presente de forma continua en la comunicación porque a pesar de que el ruido eléctrico impulsivo alcanza magnitudes más altas, su efecto solo será visible en cuanto ese impulso logre sincronizarse con el mensaje transmitido.

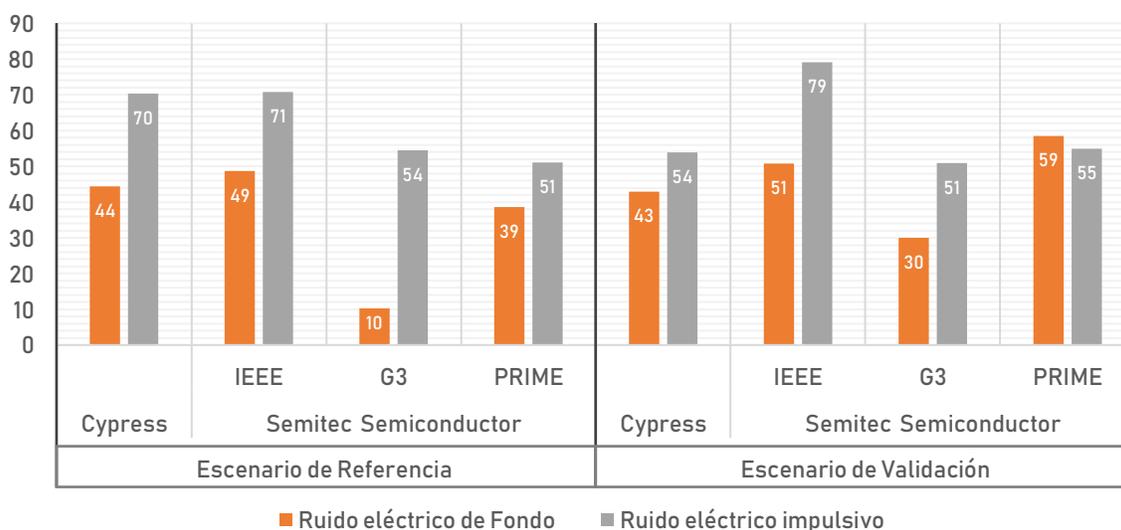


Figura 4 - 25 Comportamiento general de las tecnologías PLC frente al ruido

Por otro lado, la Figura 4 - 26 exhibe el promedio final de paquetes recibidos por tecnología al implementar la totalidad de pruebas planteadas, se calcula la media aritmética de los resultados para los escenarios de *Referencia* y *Validación*. Se resalta cómo la tecnología de *Semitec Semicondutor* utilizando el estándar IEEE 1901.2 es la que mejor comportamiento presenta ante los diferentes tipos de ruido eléctrico utilizados en este estudio.

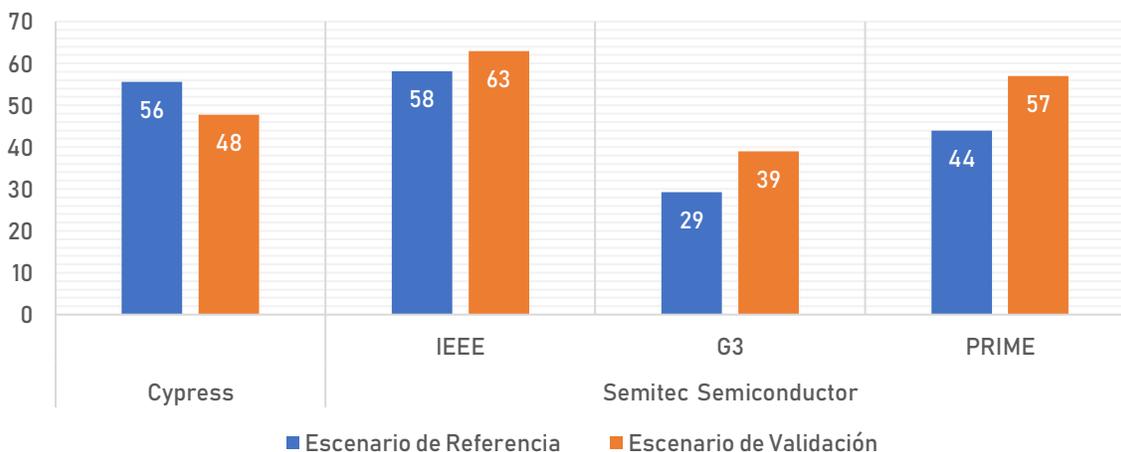


Figura 4 - 26 Comparación general – comportamiento de tecnologías

Se calcula la desviación estándar de los promedios obtenidos a partir de los resultados de cada prueba a fin de examinar el comportamiento de los mismos, la Figura 4 - 27 ilustra estos datos. Se tiene que la tecnología de *Semitec Semiconductor* utilizando el estándar IEEE 1901.2 es la que presenta un menor valor, es decir la variabilidad de sus datos es más pequeña, por tanto, evidenció un comportamiento más estable que las demás en cada prueba realizada.

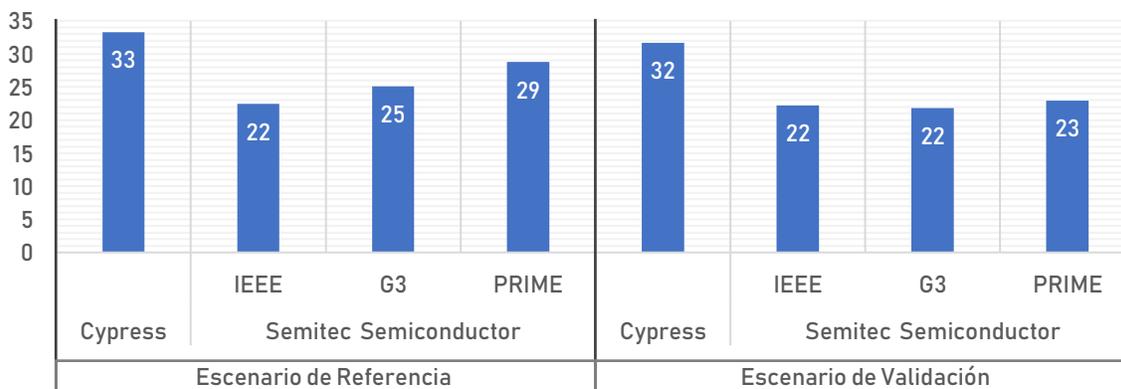


Figura 4 - 27 Desviación estándar de los resultados por tecnología

Finalmente se resalta que todo lo planteado hasta ahora demuestra cómo la tecnología de *Semitec Semiconductor* utilizando el estándar IEEE 1901.2 es la más robusta para llevar a cabo una comunicación a través de la red eléctrica en escenarios con presencia de ruido. Por ello se recomienda su uso en aplicaciones de sistemas de medición remota de energía en baja tensión o subsistemas AMI, que son los encargados de la comunicación directa entre el operador de red y el medidor en el lado del cliente para recolectar la información relacionada con el consumo del servicio ofrecido (puede ser de energía eléctrica, agua, gas, entre otros).



# CAPÍTULO 5

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

---

En este capítulo se presentan las conclusiones y los trabajos futuros, resultado de la realización de este trabajo de grado. Las conclusiones se basan en los objetivos propuestos y en su desarrollo.

### 5.1. Conclusiones

Las conclusiones que se obtuvieron como resultado de la realización del presente trabajo de grado son:

- Factores básicos del intercambio de información como la distancia entre Tx y Rx, el tipo de modulación y la cantidad de paquetes a enviar, presentan una respuesta constante en casos en los que la red eléctrica (de 110 V utilizada para el estudio como medio de comunicación) experimenta niveles ruido mínimos (alrededor de -60 dBV).
- De acuerdo al análisis de los valores entregados por la tecnología de *Semitech Semiconductor* para los parámetros de comunicación Throughput, SNR y RSSI, se concluye que no es posible determinar cómo afecta la presencia de ruido eléctrico en la red sobre ellos, ya que las variaciones no son representativas por lo cual no es posible emitir un juicio al respecto.
- Sobre el escenario de pruebas implementado, fue la tecnología de *Semitech Semiconductor* configurada con el estándar IEEE 1901.2 la que mejor respuesta brindó al proceso de comunicación con presencia de ruido eléctrico (bien sea de tipo impulsivo o de fondo), esto se debe a los mecanismos de prevención de errores que posee el estándar.
- La línea de transmisión utilizada, particularmente el escenario de *Validación*, no puede ser controlada en su totalidad dado que al estar unida a la red eléctrica del edificio de ingenierías de la universidad del Cauca (Facultad de Ingeniería Civil-Electrónica), las cargas que se conectan a ella varían en cantidad, comportamiento e influencia, dificultando así el análisis de desempeño de las tecnologías PLC.
- Respecto al ruido eléctrico de fondo cabe resaltar que su efecto en la comunicación dependerá tanto la composición de la carga como del espectro de frecuencias utilizado por la misma; esto se evidencio en el estudio realizado donde la carga 1 (fuente conmutada de computador portátil) y la carga 3 (bombillo fluorescente) son de tipo electrónica y aun así generan diferentes niveles de afectación en la comunicación.



- En cuanto al ruido eléctrico impulsivo se destaca que siempre y cuando se sincronice con la transmisión, se convertirá en un factor bastante perjudicial pues entre más esté presente, mayores son las pérdidas de paquetes.
- A pesar de que la magnitud del ruido eléctrico impulsivo es mucho mayor que la del ruido eléctrico de fondo, este último puede causar mayores efectos negativos en el proceso de comunicación, debido a que se encuentra presente en el medio por periodos de tiempo largos durante los cuales es posible enviar gran cantidad de datos.

## 5.2. Trabajos futuros

Los trabajos futuros a proponer son:

- Estudio a profundidad del estándar IEEE 1901.2, con el fin de establecer sus beneficios y aplicarlos.
- Diseño y prueba de sistemas PLC utilizando el estándar IEEE 1901.2, que manejen diferentes topologías.
- Realizar el análisis del efecto causado por otras cargas (diferentes a las elegidas para el presente estudio), las cuales hagan uso de diferentes frecuencias.
- Examinar el efecto que tiene en la comunicación trabajar con diferentes configuraciones para la transmisión de datos con las tecnologías PLC.
- Analizar protocolos diferentes a los considerados en el estudio con el objetivo de establecer sus beneficios en la comunicación sobre líneas de potencia (algunos protocolos sugeridos son los propios de Semitech Semiconductor XR y XXR).



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] B.-A. El Banco Mundial, “Acceso a la electricidad (% de población) | Datos | Graph,” 2012. [Online]. Available: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS>.
- [2] Xm, “Descripción del sistema eléctrico colombiano,” 2013. [Online]. Available: <http://www.xm.com.co/Paginas/Mercado-de-energia/descripcion-del-sistema-electrico-colombiano.aspx>.
- [3] Intercolombia, “Cadena de la energía eléctrica,” 2014. [Online]. Available: <http://www.intercolombia.com/Negocio/Paginas/cadena-energia-electrica.aspx>. [Accessed: 14-Feb-2018].
- [4] Grupo de energía de Bogotá, “Energía eléctrica / EEB y Bogotá/ Cadena de Valor - Electricidad.” [Online]. Available: <https://grupoenergiadebogota.com/eeb/index.php/empresa/eeb-y-bogota/energia-electrica>. [Accessed: 24-Aug-2018].
- [5] XM, “Sistema de Transmisión Nacional (STN).” [Online]. Available: <https://www.xm.com.co/Paginas/Transmision/sistema-de-transmision-nacional.aspx>. [Accessed: 24-Oct-2018].
- [6] CODENSA S.A. ESP, “Generalidades 7.2 Acometidas eléctricas | Likinormas,” 2013. [Online]. Available: [http://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas\\_medidores/acometidas\\_electricas/generalidades\\_7\\_2\\_acometidas\\_electricas](http://likinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/acometidas_electricas/generalidades_7_2_acometidas_electricas). [Accessed: 15-Sep-2018].
- [7] “NIVELES DE TENSIÓN DE CONEXIÓN DE CARGAS DE CLIENTES | Likinormas.” [Online]. Available: [http://likinormas.micodensa.com/Norma/otros/niveles\\_tension\\_conexion\\_cargas\\_clientes](http://likinormas.micodensa.com/Norma/otros/niveles_tension_conexion_cargas_clientes). [Accessed: 08-May-2018].
- [8] R. Rashed Mohassel, A. Fung, F. Mohammadi, and K. Raahemifar, “A survey on Advanced Metering Infrastructure,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 63, pp. 473–484, 2014.
- [9] M. Emmanuel and R. Rayudu, “Communication technologies for smart grid applications: A survey,” *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 74. Academic Press, pp. 133–148, 01-Oct-2016.
- [10] M. P. McHenry, “Technical and governance considerations for advanced metering infrastructure/smart meters: Technology, security, uncertainty, costs, benefits, and risks,” *Energy Policy*, vol. 59, pp. 834–842, Aug. 2013.



- [11] A. Sanz, P. J. Pinero, J. M. Idiago, S. Esteban, and J. I. Garcia, "Narrowband power line communications evaluation in complex distribution networks," *2014 IEEE Int. Conf. Smart Grid Commun.*, pp. 266–271, Nov. 2014.
- [12] D. F. Echeverry and C. A. Lozano, "Estudio preliminar sobre la viabilidad de la implementación de Medidores inteligentes de energía en los estratos 1, 2 y 3 de Cali," Universidad del Valle, 2013.
- [13] M. D. Arango-Serna, C. A. Serna-Durán, and G. Pérez-Ortega, "La Gestión de Indicadores Empresariales con Lógica Difusa para la Toma de Decisiones," *Lámpsakos*, vol. 1, no. 8, p. 47, Dec. 2012.
- [14] D. F. Ramírez and S. Céspedes, "Routing in Neighborhood Area Networks: A survey in the context of AMI communications," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 55, pp. 68–80, Sep. 2015.
- [15] S. Souissi, A. Ben Dhia, F. Tlili, and C. Rebai, "OFDM modem design and implementation for narrowband powerline communication," in *5th Conference on Design and Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era, DTIS 2010*, 2010, pp. 1–4.
- [16] A. Usman and S. H. Shami, "Evolution of communication technologies for smart grid applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 19. Pergamon, pp. 191–199, 01-Mar-2013.
- [17] S. L. Stevan, L. D. R. Farias, M. F. C. Barreto, and M. O. Leme, "Empirical Technical feasibility and performance analysis of G3-PLC standard for monitoring in industrial environment," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 14, no. 10, pp. 4241–4248, 2016.
- [18] P. Victor, H. Serna, and V. H. Serna, "Comunicaciones a través de la red eléctrica-PLC," 2011.
- [19] J. Dvořák, J. Novák, and P. Kocourek, "Energy efficient network protocol architecture for narrowband power line communication networks," *Comput. Networks*, vol. 69, pp. 35–50, Aug. 2014.
- [20] B. Masood and S. Baig, "Standardization and deployment scenario of next generation NB-PLC technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 65. pp. 1033–1047, Nov-2016.
- [21] C. Cano, A. Pittolo, D. Malone, L. Lampe, A. M. Tonello, and A. G. Dabak, "State of the Art in Power Line Communications: From the Applications to the Medium," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 34, no. 7, pp. 1935–1952, 2016.
- [22] S. Mudrievskiy, "Power Line Communications: State of the art in research, development and application," *AEU - Int. J. Electron. Commun.*, vol. 68, no. 7,



pp. 575–577, Jul. 2014.

- [23] R. D. Caytiles and S. Lee, “A Survey of Recent Power Line Communication Technologies for Smart Micro Grid,” *Int. J. Softw. Eng. Its Appl.*, vol. 9, no. 12, pp. 251–258, 2015.
- [24] A. A. Aderemi, A. A. Adeyemi, and A. I. Yury, “Power Line Communication Technologies: Modeling and Simulation of PRIME Physical Layer,” in *World Congress on Engineering and Computer Science*, 2012, vol. II.
- [25] E. C. Castillo, H. A. Romo, and J. F. Flórez, “Power Lines as Transmission Lines,” *Rev. Colomb. Tecnol. Av.*, vol. 2, no. 26, pp. 116–120, 2015.
- [26] K. Razazian, A. Niktash, V. Loginov, J. LeClare, T. Lys, and C. Lavenu, “Experimental and field trial results of enhanced routing based on LOAD for G3-PLC,” *IEEE ISPLCA*, pp. 149–154, Mar. 2013.
- [27] M. Korke, N. Hosseinzadeh, and T. Moazzeni, “Performance evaluation of a narrowband power line communication for smart grid with noise reduction technique,” *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 57, no. 4, pp. 1598–1606, Nov. 2011.
- [28] M. Yigit, V. C. Gungor, G. Tuna, M. Rangoussi, and E. Fadel, “Power line communication technologies for smart grid applications: A review of advances and challenges,” *Comput. Networks*, vol. 70, pp. 366–383, Sep. 2014.
- [29] A. H. Najarkolaei, W. Hosny, and J. Lota, “Bit Error Rate Performance in Power Line Communication Channels with,” *Int. Conf. Model. Simul. Bit*, vol. 17, pp. 248–251, 2015.
- [30] K. Sharma and L. M. Saini, “Power-line communications for smart grid: Progress, challenges, opportunities and status,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67. Pergamon, pp. 704–751, 01-Jan-2017.
- [31] ITU-T, “G. 9904: Narrowband orthogonal frequency division multiplexing power line communication transceivers for PRIME networks,” 2012. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9904-201210-I/en>.
- [32] ITU-T, “G.9903: Narrowband orthogonal frequency division multiplexing power line communication transceivers for G3-PLC networks,” 2012. [Online]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9903-201708-I/es>.
- [33] IEEE, “IEEE Standard for Low-Frequency (less than 500 kHz) Narrowband Power Line Communications for Smart Grid Applications,” *IEEE Std 1901.2-2013*. IEEE, pp. 1–269, 2013.
- [34] Cypress Semiconductors, “CY3274 - Cypress High Voltage programmable



- Power Line Communication Development Kit Guide,” 2012, 2012. [Online]. Available: <http://www.cypress.com/file/133716/download>. [Accessed: 20-Sep-2017].
- [35] Semitech Semiconductor Pty. Ltd., “SM9410 EVK User Guide,” 2015. [Online]. Available: <http://www.semitechsemi.com/solutions/sm9410.php>. [Accessed: 20-Sep-2017].
- [36] ISO/IEC/IEEE, “29119-3:2013 - ISO/IEC/IEEE International Standard for Software and systems engineering — Software testing — Part 3: Test documentation,” *ISO/IEC/IEEE 29119-3:2013(E)*, vol. 2013, pp. 1–138, 2013.
- [37] Y. Li, M. Li, Y. Poo, J. Ding, M. Tang, and Y. Lu, “Performance analysis of OOK, BPSK, QPSK modulation schemes in uplink of ground-to-satellite laser communication system under atmospheric fluctuation,” *Opt. Commun.*, vol. 317, pp. 57–61, Apr. 2014.
- [38] Arduino, “External Interrupts,” 2017. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/external-interrupts/attachinterrupt/>.
- [39] ADIY and Cypress, “Cypress Powerline Communication Debugging Tools,” 2013. [Online]. Available: <http://www.cypress.com/file/121121/download>. [Accessed: 09-Aug-2018].



## APÉNDICE 1 – Modulaciones utilizadas por estándares de comunicación PLC

Cada uno de los estándares mencionados considera diferentes tipos de modulación para su implementación, en este apéndice se presenta una breve explicación de cada una de ellas.

Las modulaciones a tratar pueden clasificarse en tres grupos, que son:

- Modulación por desplazamiento de frecuencia, FSK.
- Modulación por desplazamiento de fase (únicamente), M-PSK.
- Modulación por desplazamiento de fase y de amplitud, M-QAM.

A continuación, se presentan algunas características de cada una de acuerdo a lo presentado en [1], [2].

### 1. FSK

Esta modulación trabaja mediante la asignación de frecuencias diferentes a la señal de acuerdo a la información binaria a transmitir, es decir cuando la señal a transmitir contiene un '1' se utiliza una frecuencia de transmisión 1 ( $F_1$ ), si se trata de un '0' se utiliza una  $F_2$ , tal como se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** [3].

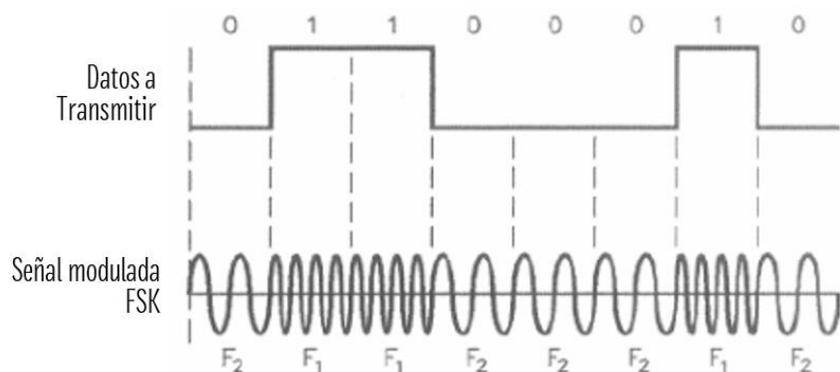


Figura A1 - 1 Modulación FSK

Tomado de [3]

### 2. M-PSK

En el caso de las modulaciones PSK, la representación de los símbolos se realiza mediante cambios de fase en la señal, es decir cuando la transmisión se trata de un '1' la señal tendrá un valor determinado para este parámetro y cuando se trate de un '0', la señal se enviará con otro valor de fase diferente (estos valores se definen de acuerdo a la implementación a realizar).



En este tipo de modulación, cada símbolo contiene un determinado número de bits de acuerdo al nivel de la modulación, el cual está en función de  $M$ , tal como se presenta en la Ecuación 1.

*Ecuación 1 Numero de bits en por símbolo*

$$\text{Núm. bits} = \log_2 M$$

Esto lo que indica es que la señal modulada cambiará de fase en cada símbolo, que según el nivel de modulación puede ser cada 1, 3, 4 bits para las modulaciones.

Los estándares para NB PLC consideran principalmente tres tipos de modulación M-PSK, los cuales son:

- BPSK
- QPSK
- 8PSK

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta la cantidad de bits por símbolo junto a un ejemplo de señal modulada utilizando los tres tipos de modulación M – PSK mencionados.

*Tabla A1 - 1 Ganancia nominal para las modulaciones PSK*

MODULACIÓN	BITS POR SÍMBOLO	SEÑAL MODULADA									
		1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
BPSK	1										
QPSK	2										
8PSK	3										



Las amplitudes de los símbolos se mantienen constantes en cada una, y se varía únicamente la fase. Además, que entre mayor es el nivel de la modulación, más cuidadoso debe ser el proceso de demodulación de la información, pues los símbolos tienden a tener valores muy cercanos.

Este tipo de modulación es beneficioso en casos en los que la amplitud de la señal puede variar debido a las características del medio de transmisión, ya que el sistema podría seguir funcionando sin errores gracias a que la detección de los símbolos no depende de este parámetro.

Las modulaciones diferenciales M-PSK (que para el caso particular de los estándares para NB PLC son DBPSK, DQPSK, D8PSK), realizan el proceso de asignación de valor a la fase de cada símbolo mediante una variación (o diferencia) del valor usado para el símbolo anterior. Por lo cual la forma de onda de la señal modulada coincide con la presentada en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

### 3. M-QAM

Las modulaciones QAM, a diferencia de las anteriores (PSK) para la representación de los símbolos varían la amplitud de la señal además de la fase.

El número de bits por símbolo en esta modulación, también se calcula de acuerdo a la Ecuación 1. Los estándares para NB PLC consideran particularmente 16QAM, la cual trabaja con 4 bits por símbolo de acuerdo a lo mencionado.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta la señal modulada utilizando 16QAM, para una serie de datos específicos a transmitir.

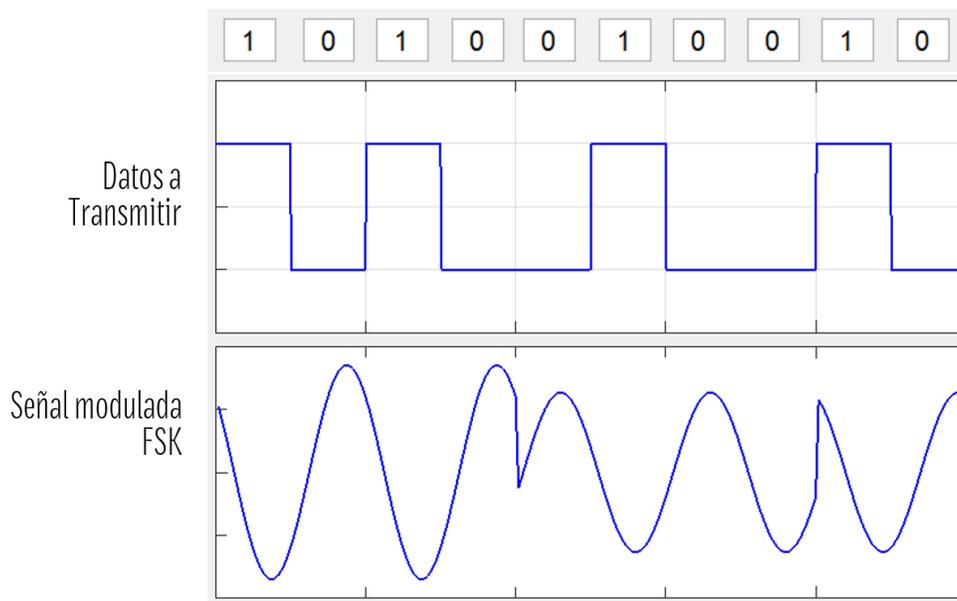


Figura A1 - 2 Señal modulada 16QAM



## APÉNDICE 2 – Resultados

### Datos completos

En este apéndice se exponen en detalle los resultados obtenidos de la implementación del plan de pruebas, se presentan de forma análoga al diseño del plan especificando cada tecnología/estándar con los que fueron obtenidos.

- Escenario de Referencia

1. Resultados – Pruebas preliminares

- I. Variación del número de paquetes enviados

- a. Cypress

Resultados				
Prueba N°	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec
1	100	97	97	0,459840052
2	100	99	99	0,102650667
3	100	95	95	0,086018389
4	100	99	99	0,079505424
5	100	96	96	0,06942928
6	100	100	100	0,06592794
7	100	97	97	0,059009688
8	100	98	98	0,054482712
9	100	97	97	0,049467081
10	100	96	96	0,045299193
Promedio	100	97,4	97,4	0,107163043

Fecha	2-mar			
Resultados				
Prueba N°	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec
1	500	437	437	0,059129312
2	500	437	436	0,294733025
3	500	486	486	0,108627963
4	500	492	492	0,132971084
5	500	497	497	0,169389275
6	500	494	494	0,229964032
7	500	498	498	0,341003276
8	500	495	495	0,626706398
9	500	457	457	0,071118078
10	500	489	489	0,087043814
Promedio	500	478,2	478,1	0,212068626



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha		2-mar		
Resultados				
Prueba N°	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec
1	1000	975	974	0,081867506
2	1000	978	978	0,069827
3	1000	701	701	0,072861155
4	1000	902	902	0,076615761
5	1000	989	989	0,710460804
6	1000	989	989	0,331447511
7	1000	980	980	0,180136031
8	1000	935	935	0,129695198
9	1000	943	943	0,091003562
10	1000	585	585	0,046831932
Promedio	1000	897,7	897,6	0,179074646

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	27-feb	Escenario	Referencia	Kit	Semitech
Configuraciones					
Modulación	Tx Delay	Longitud Carga Útil	Patrón de Datos		
BPSK	750 ms	37	Alternados		

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	100	0	0	0	2	0	102	21
2	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
3	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
4	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
5	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
6	100	100	0	0	0	2	0	101,5	21
7	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
8	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
9	100	100	0	0	0	2	0	101,6	20
10	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,04	0	101,69	20,9

Fecha		28-feb							
Resultados									
Prueba N°	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
1	500	500	0	0	0	1,8	0	102	21
2	500	497	3	0	3	2,1	0,006	101,8	20,1
3	500	500	0	0	0	2,1	0	101,8	21
4	500	499	1	0	1	2,1	0,002	101,8	20
5	500	500	0	0	0	2,1	0	101,8	21
6	500	500	0	0	0	2,1	0	101,8	21
7	500	500	0	0	0	2,1	0	101,8	21
8	500	500	0	0	0	2,1	0	101,8	20,2
9	500	500	0	0	0	2,2	0	101,8	21
10	500	500	0	0	0	2,2	0	101,8	21
Promedio	500	499,6	0,4	0	0,4	2,09	8E-04	101,82	20,73



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha		28-feb							
Resultados									
Prueba N°	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
1	1000	1000	0	0	0	2,1	0	101,9	20,1
2	1000	996	4	0	4	2,1	0,004	101,8	20,1
3	1000	1000	0	0	0	2,1	0	101,9	21
4	1000	1000	0	0	0	2,1	0	101,8	21
5	1000	1000	0	0	0	2,1	0	101,8	21
6	1000	1000	0	0	0	2,1	0	101,8	21
7	1000	1000	0	0	0	2,1	0	101,8	21
8	1000	994	6	0	6	2,1	0,006	101,8	20,1
9	1000	1000	0	0	0	2,1	0	101,8	21
10	1000	1000	0	0	0	2,1	0	101,8	21
Promedio	1000	999	1	0	1	2,1	0,001	101,82	20,73

c. Semitech Semiconductor (G3)

Resultados									
Prueba N°	Pqttes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	100	0	0	0	2	0	102	21
2	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
3	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
4	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
5	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
6	100	100	0	0	0	2	0	101,5	21
7	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
8	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
9	100	100	0	0	0	2	0	101,6	20
10	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,04	0	101,69	20,9

Fecha		27-feb							
Resultados									
Prueba N°	Pqttes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	500	500	0	0	0	1,8	0	102	21
2	500	500	0	0	0	1,7	0	102	21
3	500	500	0	0	0	1,8	0	102	21
4	500	500	0	0	0	1,8	0	102	21
5	500	500	0	0	0	1,7	0	102	21
6	500	500	0	0	0	1,6	0	102	21
7	500	500	0	0	0	1,7	0	102	21
8	500	500	0	0	0	1,6	0	102	21
9	500	500	0	0	0	1,7	0	102	20
10	500	500	0	0	0	1,7	0	102	21
Promedio	500	500	0	0	0	1,71	0	102	20,9



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha		28-feb							
Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	1000	1000	0	0	0	1,8	0	102	21
2	1000	1000	0	0	0	1,7	0	102	21
3	1000	1000	0	0	0	1,7	0	102	21
4	1000	1000	0	0	0	1,6	0	102	21
5	1000	1000	0	0	0	1,8	0	102	21
6	1000	1000	0	0	0	1,7	0	102	21
7	1000	1000	0	0	0	1,6	0	102	21
8	1000	1000	0	0	0	1,7	0	102	21
9	1000	1000	0	0	0	1,7	0	102	20
10	1000	1000	0	0	0	1,9	0	102	21
Promedio	1000	1000	0	0	0	1,72	0	102	20,9

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,6
3	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
4	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,6
5	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
6	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
7	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
8	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
9	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,9
10	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,42	0	98	20,91

Fecha		27-feb							
Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	500	500	0	0	0	1,6	0	98	21
2	500	500	0	0	0	1,6	0	98	21
3	500	500	0	0	0	1,6	0	98	21
4	500	500	0	0	0	1,6	0	98	21
5	500	500	0	0	0	1,6	0	98	21
6	500	500	0	0	0	1,6	0	98	21
7	500	500	0	0	0	1,6	0	98	21
8	500	500	0	0	0	1,5	0	98	21
9	500	500	0	0	0	1,5	0	98	21
10	500	500	0	0	0	1,5	0	98	21
Promedio	500	500	0	0	0	1,57	0	98	21



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha		27-feb							
Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
2	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
3	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
4	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
5	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
6	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
7	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
8	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
9	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	20
10	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	21
Promedio	1000	1000	0	0	0	1,4	0	98	20,9

## II. Variación de la distancia entre Tx-Rx

### a. Cypress

Resultados				
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec
0	100	100	100	0,032907341
0	100	96	96	0,179959449
0	100	97	97	0,140091501
0	100	97	97	0,110001964
0	100	97	97	0,069328697
0	100	100	100	0,0605119
0	100	100	100	0,041309828
0	100	97	97	0,037130559
0	100	97	97	0,03447722
0	100	99	99	0,033522255
Promedio	100	98	98	0,073924071

Resultados				
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec
400	100	98	98	0,459959336
400	100	96	96	0,294733025
400	100	98	98	0,207018903
400	100	96	96	0,174894662
400	100	97	97	0,154626278
400	100	84	84	0,106877947
400	100	98	98	0,557013985526474
400	100	99	99	0,367943146067298
400	100	99	99	0,287020040105948
400	100	99	99	0,232633004682952
Promedio	100	96,4	96,4	0,139811015



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Resultados				
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec
800	100	97	97	0,459840052
800	100	99	99	0,102650667
800	100	95	95	0,086018389
800	100	99	99	0,079505424
800	100	96	96	0,06942928
800	100	100	100	0,06592794
800	100	97	97	0,059009688
800	100	98	98	0,054482712
800	100	97	97	0,049467081
800	100	96	96	0,045299193
Promedio	100	97,4	97,4	0,107163043

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	27-feb	Escenario	Referencia	Kit	Semitech
Configuraciones					
Modulación	BPSK	Retardo Tx	750 ms	Longitud Carga Útil	37
			Patrón de Datos	Alternados	

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,3
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,6
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,4
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,1
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,8
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,5
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,3
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,3
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	20,4
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	20,3
Promedio	100	100	0	0	0	1,81	0	102	20,4

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	2,1	0	102	19,8
400	100	100	0	0	0	2,1	0	102	20
400	100	100	0	0	0	2,1	0	102	20,1
400	100	99	1	0	1	2,1	0	102	18,6
400	100	100	0	0	0	2,1	0	102	19,1
400	100	100	0	0	0	5,5	0	102	18,5
400	100	100	0	0	0	2	0	102	19
400	100	100	0	0	0	2,1	0	102	20,5
400	100	100	0	0	0	2,1	0	102	20,9
400	100	100	0	0	0	2,1	0	102	18,5
Promedio	100	99,9	0,1	0	0,1	7,38	0	102	19,5



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	2	0	102	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
800	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
800	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,5	21
800	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,6	20
800	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,04	0	101,69	20,9

c. Semitech Semiconductor (G3)

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	20
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,9	0	102	20,9

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	2	0	102	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
800	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
800	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,5	21
800	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
800	100	100	0	0	0	2	0	101,6	20
800	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,04	0	101,69	20,9

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,7	0	97,7	20,8
400	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,67	0	97,97	20,98



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Resultados									
Prueba N°	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,6	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,6	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,68	0	98	21

### III. Variación del tipo de modulación

#### a. Cypress

Resultados				
Modul	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec
FSK	100	97	97	0,459840052
FSK	100	99	99	0,102650667
FSK	100	95	95	0,086018389
FSK	100	99	99	0,079505424
FSK	100	96	96	0,06942928
FSK	100	100	100	0,06592794
FSK	100	97	97	0,059009688
FSK	100	98	98	0,054482712
FSK	100	97	97	0,049467081
FSK	100	96	96	0,045299193
Promedio	100	97,4	97,4	0,107163043

#### b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,6	21
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,9	20,6
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,9	20,6
BPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
BPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
BPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
BPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	20,9
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,04	0	101,75	20,91



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	102	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
QPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
QPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,5	21
QPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,6	20
QPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,04	0	101,69	20,9

Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	0	100	0	100	2	1	102	21
8-PSK	100	1	99	0	99	2,1	0,99	101,6	20,9
8-PSK	100	0	100	0	100	2,1	1	101,7	21
8-PSK	100	0	100	0	100	2	1	101,8	21
8-PSK	100	1	99	0	99	2,1	0,99	101,7	21
8-PSK	100	0	100	0	100	2	1	101,8	20,4
8-PSK	100	0	100	0	100	2,1	1	101,6	20,6
8-PSK	100	0	100	0	100	2	1	101,9	21
8-PSK	100	1	99	0	99	2,1	0,99	101,8	21
8-PSK	100	0	100	0	100	2	1	101,8	21
Promedio	100	0,3	99,7	0	99,7	2,05	0,997	101,77	20,89

c. Semitech Semiconductor (G3)

Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,6	21
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,9	20,6
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,9	20,6
BPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
BPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
BPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
BPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	20,9
BPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,04	0	101,75	20,91



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	102	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
QPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
QPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,5	21
QPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
QPSK	100	100	0	0	0	2	0	101,6	20
QPSK	100	100	0	0	0	2,1	0	101,7	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,04	0	101,69	20,9

Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	100	0	0	0	1,8	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	1,7	0	102	20,9
Promedio	100	100	0	0	0	1,71	0	102	20,99

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
BPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,42	0	98	21



Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,6
QPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,6
QPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,9
QPSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,42	0	98	20,91

Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8PSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,5	0	98	21
8PSK	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,46	0	98	21

## 2. Resultados – Pruebas ruido eléctrico de fondo

### Prueba 1 - Efecto de una carga

- Carga 1 - fuente conmutada de computador portátil

#### a. Cypress

Fecha	1-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
0	100	99	99	0,012850681	
0	100	96	96	0,009603961	
0	100	99	99	0,008967065	
0	100	97	97	0,010732816	
0	100	100	100	0,010490613	
0	100	99	99	0,010113143	
0	100	97	97	0,009750068	
0	100	96	96	0,018978586	
0	100	99	99	0,009121059	
0	100	98	98	0,008728345	
Promedio	100	98	98	0,010933634	



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	1-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
400	100	97	97	0,020758206	
400	100	96	96	0,018783141	
400	100	99	99	0,017915268	
400	100	100	100	0,01744553	
400	100	100	100	0,016067323	
400	100	98	98	0,014999599	
400	100	100	100	0,01385089	
400	100	100	100	0,013556011	
400	100	99	99	0,012163398	
400	100	98	98	0,011657864	
Promedio	100	98,7	98,7	0,015719723	

Fecha	6-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
800	100	97	97	0,332118736	
800	100	99	99	0,011450187	
800	100	95	95	0,010842515	
800	100	93	93	0,175079866	
800	100	98	98	0,133639224	
800	100	98	98	0,108151807	
800	100	100	100	0,094136618	
800	100	100	100	0,077165484	
800	100	100	100	0,066714877	
800	100	99	98	0,059107738	
Promedio	100	97,9	97,8	0,106840705	

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	1-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech					
<b>Resultados</b>										
Ub. Carga	Pqttes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,7	16,7
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,9	16,7
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,6	17,1
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,9	16,8
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,7	16,7
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,8	17,5
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,8	16,7
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,9	17,8
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,8	16,9
0	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,7	16,7
Promedio	100	100	100	0	0	0	1,8	0	100,78	16,96



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	1-mar				Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
400	100	79	73	6	2	4	1,8	0,27	87,9	13,2
400	100	77	75	2	1	1	1,8	0,242	88,3	14
400	100	80	74	6	0	6	1,8	0,26	89,9	13,4
400	100	79	74	5	1	4	1,8	0,237	88,6	13,7
400	100	80	75	5	1	4	1,8	0,25	88,4	13,5
400	100	86	83	3	0	3	1,8	0,17	90,1	13,8
400	100	90	83	7	2	5	1,8	0,17	88,4	13,7
400	100	84	79	5	1	4	1,8	0,21	88,8	13,6
400	100	78	74	4	1	3	1,8	0,253	88,8	13,3
400	100	81	78	3	2	1	1,8	0,22	87,9	13,6
Promedio	100	81,4	76,8	4,6	1,1	3,5	1,8	0,228	88,71	13,58

Fecha	1-mar				Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
800	100	93	91	2	2	0	1,8	0,09	87,7	17,3
800	100	94	91	3	2	1	1,8	0,09	87,6	17
800	100	80	75	5	5	0	1,8	0,25	85,5	16,1
800	100	83	78	5	1	4	1,8	0,22	89,2	17,2
800	100	90	88	2	1	1	1,8	0,12	88,5	17
800	100	90	87	3	1	2	1,8	0,13	88,6	16,1
800	100	94	92	2	2	0	1,8	0,08	87,7	17,1
800	100	90	88	2	1	1	1,8	0,12	88,5	17
800	100	93	91	2	1	1	1,8	0,09	89,1	16,3
800	100	83	78	5	3	2	1,8	0,22	87,2	17,1
Promedio	100	89	85,9	3,1	1,9	1,2	1,8	0,141	87,96	16,82

c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	1-mar				Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	96	20,9
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	96	20,9
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	96	20,1
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	95,8	20,6
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	95,8	20
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	96,1	20,8
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	95,8	20,9
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	95,7	20,2
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	95,9	20,3
0	100	100	100	0	0	0	1,6	0	95,9	17,9
Promedio	100	100	100	0	0	0	1,6	0	95,9	20,26



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	1-mar				Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
400	100	100	3	97	0	97	1,6	0,97	95,6	12
400	100	100	100	0	0	0	1,6	0	95,5	14
400	100	100	7	93	1	92	1,6	0,93	95	12,1
400	100	100	81	19	0	19	1,6	0,19	95,7	14,3
400	100	100	14	86	0	86	1,6	0,86	95,4	14,1
400	100	100	17	83	0	83	1,6	0,83	95,5	12
400	100	100	98	2	0	2	1,6	0,02	95,7	14,4
400	100	100	3	97	1	96	1,6	0,97	94,9	12,1
400	100	100	6	94	0	94	1,6	0,94	95,6	12,2
400	100	100	48	52	4	48	1,6	0,52	93,3	11,7
Promedio	100	100	37,7	62,3	0,6	61,7	1,6	0,623	95,22	12,89

Fecha	1-mar				Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
800	100	100	72	28	0	28	1,6	0,28	94,4	14,3
800	100	100	98	2	0	2	1,6	0,02	94,3	14,8
800	100	100	99	1	0	1	1,6	0,01	94,4	14,7
800	100	100	12	88	0	88	1,6	0,88	94,5	12,9
800	100	100	0	0	0	0	1,6	0	94,4	14,6
800	100	100	3	97	0	97	1,6	0,97	94,3	12,9
800	100	100	0	0	0	0	1,6	0	94,2	14,7
800	100	100	93	7	0	7	1,6	0,07	94,4	14,8
800	100	100	55	45	0	45	1,6	0,45	94,5	13,6
800	100	100	83	17	0	17	1,6	0,17	94,2	14,5
Promedio	100	100	51,5	28,5	0	28,5	1,6	0,285	94,36	14,18

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	1-mar				Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
0	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21
Promedio	100	100	100	0	0	0	0	0	98	21



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	1-mar				Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
400	100	100	98	2	1	1	1,4	0,02	94,7	4
400	100	100	100	0	0	0	1,4	0	94,7	4,5
400	100	100	99	1	0	1	1,4	0,01	94,6	4,7
400	100	100	97	3	1	2	1,4	0,03	94,7	4
400	100	100	99	1	0	1	1,4	0,01	94,9	4,1
400	100	99	98	1	0	1	1,4	0,02	95,2	4,4
400	100	100	99	1	1	0	1,4	0,01	94,7	4
400	100	100	100	0	0	0	1,4	0	94,9	4,1
400	100	100	99	1	1	0	1,4	0,01	94,6	4,3
400	100	100	100	0	0	0	1,4	0	94,8	4,2
Promedio	100	99,9	98,9	1	0,4	0,6	1,4	0,011	94,78	4,23

Fecha	1-mar				Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	SNR
800	100	100	80	20	5	15	1,6	0,2	94	6
800	100	100	89	11	0	11	1,6	0,11	95,3	5,8
800	100	100	88	12	4	8	1,4	0,12	94,1	5,9
800	100	100	85	15	4	11	1,4	0,15	94	5,7
800	100	100	93	7	4	3	1,4	0,07	94,2	5,6
800	100	100	82	18	7	11	1,4	0,18	93,4	5,5
800	100	100	90	10	4	6	1,4	0,1	94	5,5
800	100	100	95	5	1	4	1,4	0,05	94,8	5,9
800	100	100	84	16	7	9	1,4	0,157	93,6	6
800	100	100	86	14	4	10	1,4	0,14	94,2	6,2
Promedio	100	100	87,2	12,8	4	8,8	1,44	0,128	94,16	5,81

- Carga 2 - taladro
  - a. Cypress

Fecha	6-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por seg	
0	100	98	98	0,174529413	
0	100	98	98	0,143915757	
0	100	95	95	0,030478161	
0	100	95	95	0,028713667	
0	100	96	96	0,027313011	
0	100	93	93	0,024721375	
0	100	98	98	0,045251528	
0	100	98	98	0,041665912	
0	100	100	100	0,038768065	
0	100	99	99	0,03579528	
Promedio	100	97	97	0,059115217	



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	6-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por seg	
400	100	98	98	0,032810306	
400	100	100	100	0,031308167	
400	100	99	99	0,029258228	
400	100	94	94	0,026358422	
400	100	98	98	0,025628474	
400	100	98	98	0,023834564	
400	100	97	97	0,02260487	
400	100	98	98	0,021854147	
400	100	99	99	0,020292432	
400	100	99	99	0,019564539	
Promedio	100	98	98	0,025351415	

Fecha	6-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por seg	
800	100	97	97	0,018322743	
800	100	88	88	0,032752681	
800	100	98	98	0,016667559	
800	100	99	99	0,016183672	
800	100	97	97	0,015328597	
800	100	68	68	0,010395666	
800	100	89	89	0,012690396	
800	100	94	94	0,012493129	
800	100	83	83	0,010639126	
800	100	84	84	0,010508223	
Promedio	100	89,7	89,7	0,015598179	

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	1-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	1,8	0	101,9	20,9
0	100	100	0	0	0	1,9	0	102	18,4
0	100	100	0	0	0	1,8	0	101,9	21
0	100	100	0	0	0	1,8	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	101,7	20,2
0	100	100	0	0	0	1,9	0	101,8	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	101,7	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	101,8	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	101,9	21
0	100	100	0	0	0	1,9	0	101,8	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,87	0	101,85	20,65



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	1-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	101,9	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	101,9	21
400	100	100	0	0	0	1,8	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	101,9	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	101,6	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	101,9	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	101,9	21
400	100	100	0	0	0	1,9	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,8	0	101,9	20,3
Promedio	100	100	0	0	0	1,88	0	101,9	20,93

Fecha	1-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	1,9	0	101,7	20,9
800	100	100	0	0	0	1,9	0	102	19,2
800	100	100	0	0	0	1,9	0	101,9	21
800	100	100	0	0	0	1,9	0	102	19
800	100	100	0	0	0	1,9	0	101,6	21
800	100	100	0	0	0	1,9	0	101,8	21
800	100	100	0	0	0	1,9	0	101,8	21
800	100	100	0	0	0	1,9	0	101,8	21
800	100	100	0	0	0	1,9	0	101,7	21
800	100	100	0	0	0	1,9	0	101,6	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,9	0	101,79	20,61

c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	1-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,7	0	102	20,9
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
0	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,61	0	102	20,99



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	1-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,8
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,3
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
400	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,91

Fecha	1-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,7
800	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	102	20,9
800	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
800	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
800	100	100	0	0	0	1,7	0	102	20,9
800	100	100	0	0	0	1,7	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,67	0	102	20,95

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	28-feb			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20
0	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20
0	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
0	100	100	0	0	0	1,4	0	98	19,9
0	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,4
0	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,4
0	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,6
0	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,6
0	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,6
0	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
Promedio	100	100	0	0	0	1,42	0	98	20,43



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	28-feb			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,8
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,8
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
400	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
Promedio	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,91

Fecha	1-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,3
800	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,4
800	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
800	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,7
800	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,9
800	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,9
800	100	100	0	0	0	1,4	0	98	21
800	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,9
800	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,9
800	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,7
Promedio	100	100	0	0	0	1,45	0	98	20,56

- Carga 3 - bombillo fluorescente
  - a. Cypress

Fecha	8-mar		Escenario	Referencia	Kit	Cypress	
Resultados							
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
0	100	3	32		0,023799687		
0	100	8	37		0,071249562		
0	100	7	43		0,263786137		
0	100	4	34		0,113427695		
0	100	9	44		0,096856064		
0	100	1	32		0,053949229		
0	100	3	38		0,052550826		
0	100	3	27		0,030754511		
0	100	3	35		0,034697598		
0	100	2	34		0,027887529		
Promedio	100	4,3	35,6		0,076895884		



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	8-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
400	100	92	98	0,064024073	
400	100	91	95	0,037861751	
400	100	91	95	0,027450566	
400	100	88	93	0,024964154	
400	100	89	94	0,02276478	
400	100	87	93	0,021174879	
400	100	91	94	0,020542519	
400	100	90	95	0,016106679	
400	100	83	91	0,014937457	
400	100	91	95	0,015180932	
Promedio	100	89,3	94,3	0,026500779	

Fecha	8-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
800	100	23	34	0,004963642	
800	100	28	35	0,005005257	
800	100	27	34	0,004758017	
800	100	20	32	0,004389466	
800	100	22	35	0,004705224	
800	100	42	42	0,013004307	
800	100	18	36	0,004605672	
800	100	22	34	0,004264003	
800	100	16	31	0,00381299	
800	100	24	36	0,004321138	
Promedio	100	24,2	34,9	0,005382972	

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	7-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	2,1	0	101,8	18,6
0	100	100	0	0	0	2,1	0	101,9	19,2
0	100	100	0	0	0	2,1	0	101,9	19,2
0	100	100	0	0	0	2,1	0	101,6	19,8
0	100	100	0	0	0	2,1	0	101,9	18,2
0	100	100	0	0	0	2,1	0	101,9	18,6
0	100	100	0	0	0	2,1	0	102	18,2
0	100	100	0	0	0	2	0	101,9	17,6
0	100	100	0	0	0	2,1	0	102	18,1
0	100	100	0	0	0	2,1	0	101,9	19
Promedio	100	100	0	0	0	2,09	0	101,88	18,65



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	7-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	55	45	0	45	2,1	0,45	97	9,5
400	100	51	49	0	49	2,1	0,49	97,2	9,1
400	100	45	55	0	55	2,1	0,55	96,6	9,5
400	100	52	48	0	48	2,1	0,48	96,3	10
400	100	39	61	0	61	2,1	0,61	95,9	9,4
400	100	46	54	0	54	2,1	0,54	96,3	9,2
400	100	49	51	0	51	2,1	0,51	96,4	9
400	100	51	49	0	49	2,1	0,49	95,7	8,2
400	100	46	54	0	54	2,1	0,54	95,6	8,4
400	100	47	53	0	53	2,1	0,53	96,4	8,5
Promedio	100	48,1	51,9	0	51,9	2,1	0,519	96,34	9,08

Fecha	7-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	48	52	0	52	2,1	0,52	95,9	8,5
800	100	51	49	0	49	2,1	0,49	95,7	8,6
800	100	47	53	0	53	1,9	0,53	95,8	9,6
800	100	52	48	0	48	2,1	0,48	96,4	9,1
800	100	47	53	0	53	2,1	0,53	97,1	8,7
800	100	38	62	0	62	2,1	0,62	95,3	8,3
800	100	48	52	0	52	2,1	0,52	96,6	9,9
800	100	57	43	0	43	2,1	0,43	96,3	8,4
800	100	41	59	0	59	2,1	0,59	95	9,1
800	100	43	57	0	57	2,1	0,57	95,3	10,3
Promedio	100	47,2	52,8	0	52,8	2,08	0,528	95,94	9,05

c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	7-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	17	83	0	83	1,8	0,83	96,3	12,1
0	100	14	86	5	81	1,8	0,86	93,4	12
0	100	14	86	0	86	1,8	0,86	95,5	11,4
0	100	0	100	0	100	1,8	1	95,7	11,2
0	100	0	100	0	100	1,8	1	95,1	11,2
0	100	0	100	0	100	1,8	1	92,7	10,7
0	100	14	86	0	86	1,8	0,86	94,7	12
0	100	12	88	0	88	1,8	0,88	95,1	11,9
0	100	1	99	0	99	1,8	0,99	95,2	11,5
0	100	12	88	0	88	1,8	0,88	94,8	12
Promedio	100	8,4	91,6	0,5	91,1	1,8	0,916	94,85	11,6



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	7-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	0	100	0	100	1,8	1	88,8	14,1
400	100	10	90	0	90	1,8	0,9	88,2	14,6
400	100	12	88	0	88	1,8	0,88	86	14,6
400	100	10	90	0	90	1,8	0,9	87,6	15,4
400	100	3	97	0	97	1,8	0,97	90,3	13,4
400	100	5	95	0	95	1,8	0,95	88,1	15,2
400	100	3	97	0	97	1,8	0,97	89,7	13,7
400	100	10	90	0	90	1,8	0,9	90,3	15,4
400	100	0	100	0	100	1,8	1	87,9	14
400	100	0	100	0	100	1,8	1	89,1	14,3
Promedio	100	5,3	94,7	0	94,7	1,8	0,947	88,6	14,47

Fecha	7-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	21	79	0	79	1,7	0,79	90,5	15,1
800	100	1	99	0	99	1,7	0,99	90,9	14,3
800	100	11	89	0	89	1,8	0,89	91	14,4
800	100	0	100	0	100	1,7	1	90,7	13,8
800	100	2	98	0	98	1,8	0,98	89,3	13,7
800	100	22	78	0	78	1,8	0,78	91,3	15,4
800	100	0	100	0	100	1,8	1	91,5	13
800	100	5	95	0	95	1,8	0,95	92,1	13,8
800	100	30	70	0	70	1,8	0,7	90	15,6
800	100	1	99	0	99	1,7	0,99	90,4	14,3
Promedio	100	9,3	90,7	0	90,7	1,76	0,907	90,77	14,34

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	7-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	18	82	31	51	1,5	0,82	88,7	5,8
0	100	21	79	35	44	1,5	0,79	87,5	5,8
0	100	23	77	26	51	1,5	0,77	90,1	5,5
0	100	19	81	30	51	1,5	0,81	89,2	5,6
0	100	22	78	20	58	1,5	0,78	92,5	6,9
0	100	23	77	31	46	1,5	0,77	88,9	5,6
0	100	20	80	29	51	1,5	0,8	89,3	5,6
0	100	18	82	33	49	1,5	0,82	88	5,6
0	100	27	73	30	43	1,5	0,73	89,2	5,5
0	100	25	75	31	44	1,5	0,75	88,9	5,5
Promedio	100	21,6	78,4	29,6	48,8	1,5	0,784	89,23	5,74



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	7-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	4	96	52	44	1,5	0,96	82,1	2,9
400	100	3	97	54	43	1,5	0,97	81,5	2,4
400	100	4	96	47	49	1,5	0,96	83,7	3
400	100	2	98	37	61	1,5	0,98	86	3,6
400	100	3	97	42	55	1,5	0,97	84,9	3,3
400	100	2	98	49	49	1,5	0,98	82,7	3
400	100	2	98	42	56	1,5	0,98	84,8	3,3
400	100	3	97	52	45	1,5	0,97	82	2,5
400	100	5	95	53	42	1,5	0,95	81,9	2,6
400	100	3	97	48	49	1,5	0,97	83,3	3,1
Promedio	100	3,1	96,9	47,6	49,3	1,5	0,969	83,29	2,97

Fecha	7-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	26	74	29	45	1,5	0,74	89,7	5,5
800	100	36	64	25	39	1,5	0,64	91	5,4
800	100	32	68	27	41	1,5	0,68	89,8	5,1
800	100	27	73	27	46	1,5	0,73	89,9	5,8
800	100	19	81	31	50	1,5	0,81	89,1	5,4
800	100	15	85	36	49	1,5	0,85	87,8	5,5
800	100	29	71	25	46	1,5	0,71	90,5	5,8
800	100	24	76	27	49	1,5	0,76	89,9	5,7
800	100	21	79	35	44	1,5	0,79	87,5	4,8
800	100	16	84	31	53	1,5	0,84	88,7	5,5
Promedio	100	24,5	75,5	29,3	46,2	1,5	0,755	89,39	5,45

## Prueba 2 - Efecto de una carga sobre la modulación

### a. Cypress

Fecha	24-jul		Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados						
Modulación	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec	
FSK	100	100	96		0,469539	
FSK	100	99	99		0,247483	
FSK	100	97	97		0,14734	
FSK	100	96	96		0,119278	
FSK	100	98	98		0,096412	
FSK	100	94	94		0,078925	
FSK	100	99	99		0,073545	
FSK	100	98	98		0,063977	
FSK	100	98	98		0,057345	
FSK	100	96	96		0,051741	
Promedio	100	97,5	97,1		0,1405585	



b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	24-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	91	1	1	0	0,4	0,09	96,9	17,5
BPSK	100	90	6	6	0	0,4	0,01	94,1	15,9
BPSK	100	92	1	1	0	0,4	0,08	97,2	16,7
BPSK	100	97	2	2	0	0,4	0,03	96,3	17,5
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	97,4	18,1
BPSK	100	94	2	2	0	0,4	0,06	96,3	17,1
BPSK	100	98	0	0	0	0,4	0,02	97,7	19,1
BPSK	100	98	1	1	0	0,4	0,02	96,7	18,3
BPSK	100	95	1	1	0	0,4	0,05	97	17,4
BPSK	100	95	5	5	0	0,4	0,05	94,7	15,6
Promedio	100	95	1,9	1,9	0	0,4	0,041	96,43	17,32

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	94	5	2	3	0,4	0,06	96,2	16,1
QPSK	100	95	4	1	3	0,4	0,05	96,8	16,7
QPSK	100	97	1	0	1	0,4	0,03	97,2	18,1
QPSK	100	95	3	2	1	0,4	0,05	96,3	17,8
QPSK	100	96	4	0	4	0,4	0,04	97,2	17,8
QPSK	100	93	7	2	5	0,4	0,07	96,2	16,4
QPSK	100	98	2	0	2	0,4	0,02	97,1	18
QPSK	100	97	2	0	2	0,4	0,03	97,4	17,7
QPSK	100	90	9	4	5	0,4	0,1	95	16,2
QPSK	100	95	4	0	4	0,4	0,05	97,4	16,4
Promedio	100	95	4,1	1,1	3	0,4	0,05	96,68	17,12

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	0	99	2	97	0,4	1	96,1	16
8-PSK	100	0	99	0	99	0,4	1	97	17,8
8-PSK	100	0	98	2	96	0,4	1	95,8	16,7
8-PSK	100	0	97	0	97	0,4	1	97,1	16,4
8-PSK	100	0	98	0	98	0,4	1	97,1	16,9
8-PSK	100	0	99	1	98	0,4	1	96,7	17,4
8-PSK	100	0	99	1	98	0,4	1	96,7	16,6
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	97,3	18,3
8-PSK	100	0	98	0	98	0,4	1	97,2	17,5
8-PSK	100	0	98	3	95	0,4	1	95,4	15,8
Promedio	100	0	98,5	0,9	97,6	0,4	1	96,64	16,94



c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	24-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	63	37	0	37	0,4	0,37	102	13,7
BPSK	100	28	72	0	72	0,4	0,72	102	14,2
BPSK	100	28	72	0	72	0,4	0,72	102	14,5
BPSK	100	41	59	0	59	0,4	0,59	102	14,4
BPSK	100	32	68	0	68	0,4	0,68	102	14,4
BPSK	100	39	61	0	61	0,4	0,61	102	14,6
BPSK	100	43	57	0	57	0,4	0,57	102	14,4
BPSK	100	60	40	0	40	0,4	0,4	102	13,4
BPSK	100	19	81	0	81	0,4	0,81	102	13,3
BPSK	100	10	90	0	90	0,4	0,9	102	12,9
Promedio	100	36,3	63,7	0	63,7	0,4	0,637	102	13,98

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	6	94	0	94	0,4	0,94	102	14,5
QPSK	100	6	94	0	94	0,4	0,94	102	14,6
QPSK	100	34	66	0	66	0,4	0,66	102	13,1
QPSK	100	31	69	0	69	0,4	0,69	102	13,6
QPSK	100	42	58	0	58	0,4	0,58	102	13,5
QPSK	100	33	67	0	67	0,4	0,67	102	13,7
QPSK	100	4	96	0	96	0,4	0,96	102	14,7
QPSK	100	44	56	0	56	0,4	0,56	102	13,5
QPSK	100	40	60	0	60	0,4	0,6	102	13
QPSK	100	21	79	0	79	0,4	0,79	102	13,4
Promedio	100	26,1	73,9	0	73,9	0,4	0,739	102	13,76

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	23	77	0	77	0,4	0,77	102	13,4
8-PSK	100	17	83	0	83	0,4	0,83	102	13,4
8-PSK	100	19	81	0	81	0,4	0,81	102	13
8-PSK	100	18	82	0	82	0,4	0,82	102	13,6
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	102	14,7
8-PSK	100	3	97	0	97	0,4	0,97	102	14,6
8-PSK	100	3	97	0	97	0,4	0,97	102	14,8
8-PSK	100	6	94	0	94	0,4	0,94	102	14,7
8-PSK	100	2	98	0	98	0,4	0,98	102	14,6
8-PSK	100	4	96	0	96	0,4	0,96	102	14,6
Promedio	100	9,5	90,5	0	90,5	0,4	0,905	102	14,14



d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	24-jul			Escenario	Referencia		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	7,2
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	7,2
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	7,4
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	8,1
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	8,5
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	7,7
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	6,9
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	6,9
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	6,9
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	7,1
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	98	7,39

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,2
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,7
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,3
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,1
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,3
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,5
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,8
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,1
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,7
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14,47

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	82	18	0	18	0,3	0,18	98	14,5
8-PSK	100	80	20	0	20	0,3	0,2	98	14,3
8-PSK	100	77	23	0	23	0,3	0,23	98	13,8
8-PSK	100	78	22	0	22	0,3	0,22	98	14,2
8-PSK	100	87	13	0	13	0,3	0,12	98	14,4
8-PSK	100	79	21	0	21	0,3	0,21	98	14
8-PSK	100	76	24	0	24	0,3	0,24	98	14,4
8-PSK	100	71	29	0	29	0,3	0,29	98	13,9
8-PSK	100	71	29	0	29	0,3	0,29	98	13,8
8-PSK	100	78	22	0	22	0,3	0,22	98	14,2
Promedio	100	77,9	22,1	0	22,1	0,3	0,22	98	14,15



### Prueba 3 - Efecto de varias cargas del mismo tipo conectadas simultáneamente

- Carga 1 - fuente conmutada de computador portátil
  - a. Cypress

Fecha	14-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	

Fecha	15-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (0-800)	100	89	97	0,409254078	
2	100	98	98	0,09792108	
2	100	97	97	0,082536471	
2	100	96	96	0,028739179	
2	100	99	99	0,056364451	
2	100	96	96	0,04290658	
2	100	94	94	0,034554254	
2	100	93	93	0,032545936	
2	100	92	92	0,030630467	
2	100	96	96	0,030257626	
Promedio	100	95	95,8	0,084571012	

Fecha	15-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (400-800)	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	21-jul	Escenario	5	Kit	Cypress
Resultados					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (0-400)	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	14-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech				
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	10	13	9	4	2	0,891	69,6	5,9
3	100	20	13	9	4	2,2	0,798	68,7	7
3	100	22	14	12	2	2,1	0,778	68,4	7,1
3	100	26	16	10	6	2,1	0,74	71,3	7
3	100	29	12	7	5	2,1	0,707	75,5	9,2
3	100	26	13	8	5	2,1	0,74	71,3	7,7
3	100	13	9	6	3	2,1	0,847	68,6	6,6
3	100	29	14	10	4	2,1	0,707	71,2	7,4
3	100	14	22	12	10	2,1	0,849	65,8	5,4
3	100	19	10	8	2	2,2	0,81	71	7,1
Promedio	100	20,8	13,6	9,1	4,5	2,11	0,787	70,14	7,04

Fecha	14-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech				
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	26	11	4	7	1,8	0,74	81,1	11,6
2	100	12	6	3	3	1,8	0,868	78,3	10,3
2	100	20	12	2	10	1,8	0,775	84,4	10,9
2	100	21	10	1	9	1,8	0,79	84,3	11,3
2	100	21	8	3	5	1,8	0,788	80,3	12,2
2	100	26	13	4	9	1,8	0,726	80,7	11,2
2	100	15	17	5	12	1,8	0,85	77,9	8,8
2	100	21	12	1	11	1,8	0,784	84,1	11,3
2	100	20	8	2	6	1,8	0,789	80,4	11,4
2	100	15	15	3	12	1,8	0,84	81,9	9,6
Promedio	100	19,7	11,2	2,8	8,4	1,8	0,795	81,34	10,86



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	3	36	5	31	1,9	0,957	72,8	5,1
2	100	2	55	13	42	2,2	0,965	74,1	3,6
2	100	2	47	9	38	2,2	0,959	73	3,3
2	100	0	32	7	25	2,2	1	75,1	3
2	100	1	50	8	42	2,2	0,98	76,2	4
2	100	1	33	6	27	2,1	0,971	74,8	3,6
2	100	1	52	13	39	2,1	0,981	69,5	3,2
2	100	2	49	8	41	2,1	0,961	72,9	3,9
2	100	0	38	10	28	2,1	1	70,5	3,2
2	100	3	41	5	36	2,2	0,957	78,1	4,1
Promedio	100	1,5	43,3	8,4	34,9	2,13	0,973	73,7	3,7

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	0,4	0	67,1	12
2	100	100	0	0	0	0,4	0	66,9	12,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	67,6	12
2	100	100	0	0	0	0,4	0	67,2	12,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	67,9	12,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	67,6	12,7
2	100	100	0	0	0	0,4	0	67,5	12,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	67,8	12,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	67,1	12,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	67,6	12
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	67,43	12,22

c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	3	97	11	86	1,8	0,97	95,2	7,1
3	100	33	67	7	60	1,8	0,67	97,7	7,6
3	100	10	90	17	73	1,8	0,9	91,5	7
3	100	53	47	11	36	1,8	0,47	95,2	7,3
3	100	17	83	11	72	1,8	0,83	95,2	7,6
3	100	2	98	7	91	1,8	0,98	97,7	7,4
3	100	19	81	6	75	1,8	0,81	98,9	7,7
3	100	3	97	12	85	1,8	0,97	94,6	7,4
3	100	15	84	6	78	1,8	0,85	98,2	8,2
3	100	55	43	8	35	1,8	0,45	96,9	7,7
Promedio	100	21	78,7	9,6	69,1	1,8	0,79	96,11	7,5



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	21	79	0	79	1,8	0,79	102	11,9
2	100	36	64	2	62	1,8	0,64	100,8	11,1
2	100	34	66	2	64	1,8	0,66	100,8	11,4
2	100	5	95	5	90	1,8	0,95	98,9	11
2	100	4	96	0	96	1,8	0,96	102	12,1
2	100	22	78	1	77	1,8	0,78	101,4	12
2	100	26	74	0	74	1,8	0,74	102	12,2
2	100	27	72	1	71	1,8	0,73	101,4	11,4
2	100	9	91	0	91	1,8	0,91	102	12
2	100	3	97	0	97	1,8	0,97	102	13,7
Promedio	100	18,7	81,2	1,1	80,1	1,8	0,813	101,33	11,88

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	9	76	16	60	1,8	0,91	90,3	4,5
2	100	5	85	12	73	1,8	0,949	93,7	4,5
2	100	1	69	16	53	1,8	0,986	87,8	3,9
2	100	2	83	16	67	1,8	0,977	90,3	4
2	100	1	99	9	90	1,8	0,99	96,4	4,1
2	100	1	99	7	92	1,8	0,99	97,7	4,6
2	100	4	84	15	69	1,8	0,955	91,4	4,2
2	100	5	83	15	68	1,8	0,949	91,4	4,4
2	100	4	88	19	69	1,8	0,957	89,2	3,9
2	100	1	94	13	81	1,8	0,989	93,5	3,9
Promedio	100	3,3	86	13,8	72,2	1,8	0,965	92,17	4,2

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	0	100	0	100	1,8	0,99	97,7	4,6
2	100	0	100	0	100	1,8	0,955	91,4	4,2
2	100	0	100	0	100	1,8	0,949	91,4	4,4
2	100	0	100	0	100	1,8	0,74	102	12,2
2	100	0	100	0	100	1,8	0,73	101,4	11,4
2	100	0	100	0	100	1,8	0,91	102	12
2	100	0	100	0	100	1,8	0,47	95,2	7,3
2	100	0	100	0	100	1,8	0,83	95,2	7,6
2	100	0	100	0	100	1,8	0,98	97,7	7,4
2	100	0	100	0	100	1,8	0,81	98,9	7,7
Promedio	100	0	100	0	100	1,8	0,836	97,29	7,88



d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	29	54	19	35	1,6	0,71	91,11	2,2
3	100	37	48	28	20	1,6	0,619	88,1	2,1
3	100	25	57	31	26	1,6	0,75	86,7	1,7
3	100	38	48	19	29	1,6	0,62	91,4	2,4
3	100	27	59	27	32	1,6	0,73	88,6	2,2
3	100	34	49	29	20	1,6	0,66	87,8	2,3
3	100	21	66	29	37	1,6	0,788	88	2,3
3	100	27	60	28	32	1,6	0,73	88,6	2,2
3	100	28	61	37	24	1,6	0,717	85,7	1,9
3	100	35	55	29	26	1,6	0,646	88,6	2,3
Promedio	100	30,1	55,7	27,6	28,1	1,6	0,697	88,461	2,16

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	24	74	31	43	1,6	0,76	88,7	3,8
2	100	23	75	26	49	1,6	0,77	90	4
2	100	27	73	25	48	1,6	0,73	90,5	4,4
2	100	28	70	34	36	1,6	0,72	87,8	3,4
2	100	23	74	35	39	1,6	0,763	87,6	3,7
2	100	35	64	31	33	1,6	0,65	89	4,1
2	100	24	74	25	49	1,6	0,76	90,6	4,5
2	100	20	79	38	41	1,6	0,8	86,7	3,8
2	100	32	68	22	46	1,6	0,68	91,4	3,9
2	100	32	67	31	36	1,6	0,68	88,6	3,9
Promedio	100	26,8	71,8	29,8	42	1,6	0,731	89,09	3,95

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	1	43	36	7	1,6	0,977	76,9	0,9
2	100	4	39	35	4	1,6	0,953	74,3	0,9
2	100	1	5	45	10	1,6	0,982	74,1	0,7
2	100	2	53	48	5	1,6	0,964	72	0,9
2	100	1	42	35	7	1,6	0,977	74,3	0,9
2	100	2	43	39	4	1,6	0,956	72,3	0,9
2	100	4	52	44	8	1,6	0,931	74,7	0,9
2	100	1	51	43	8	1,6	0,981	73,5	0,4
2	100	2	56	49	7	1,6	0,966	73,6	0,4
2	100	1	56	48	8	1,6	0,982	72,9	1
Promedio	100	1,9	44	42,2	6,8	1,6	0,967	73,86	0,79



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	21-jul			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	0	100	44	8	1,6	0,931	74,7	0,9
2	100	0	100	43	8	1,6	0,981	73,5	0,4
2	100	0	100	35	39	1,6	0,763	87,6	3,7
2	100	0	100	31	33	1,6	0,65	89	4,1
2	100	0	100	28	20	1,6	0,619	88,1	2,1
2	100	0	100	31	26	1,6	0,75	86,7	1,7
2	100	0	100	19	29	1,6	0,62	91,4	2,4
2	100	0	100	27	32	1,6	0,73	88,6	2,2
2	100	0	100	35	4	1,6	0,953	74,3	0,9
2	100	0	100	45	10	1,6	0,982	74,1	0,7
Promedio	100	0	100	33,8	20,9	1,6	0,798	82,8	1,91

- Carga 2 - taladro

- a. Cypress

Fecha	21-mar		Escenario	Referencia	Kit	Cypress	
Resultados							
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
3	100	99	99		0,29486207		
3	100	97	97		0,192745311		
3	100	98	98		0,145307119		
3	100	96	96		0,053824029		
3	100	99	99		0,049450117		
3	100	97	97		0,044219095		
3	100	98	98		0,040832461		
3	100	94	94		0,033394663		
3	100	100	100		0,375789787		
3	100	97	97		0,2204229		
Promedio	100	97,5	97,5		0,145084755		

Fecha	21-mar		Escenario	Referencia	Kit	Cypress	
Resultados							
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
2 (0-800)	100	94	94		0,12435849		
2	100	96	96		0,098280816		
2	100	99	99		0,081830883		
2	100	96	96		0,066634303		
2	100	96	96		0,049483522		
2	100	95	95		0,038064455		
2	100	98	98		0,03611907		
2	100	94	94		0,032082244		
2	100	96	96		0,030416848		
2	100	96	96		0,026604609		
Promedio	100	96	96		0,058387524		



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	22-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (400-800)	100	94	94	0,261097653	
2	100	95	95	0,167744245	
2	100	99	99	0,135441891	
2	100	95	95	0,08988735	
2	100	91	91	0,074669995	
2	100	97	97	0,065067141	
2	100	98	98	0,054725522	
2	100	99	99	0,049393503	
2	100	97	97	0,039770723	
2	100	95	95	0,033739958	
Promedio	100	96	96	0,097153798	

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	21-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	100	0	0	0	2,1	0	101,8	21
3	100	100	0	0	0	2	0	101,9	21
3	100	100	0	0	0	2	0	102	20,8
3	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
3	100	100	0	0	0	2	0	102	21
3	100	100	0	0	0	2	0	101,8	21
3	100	100	0	0	0	2	0	101,7	21
3	100	100	0	0	0	2	0	102	21
3	100	100	0	0	0	2	0	101,9	21
3	100	100	0	0	0	2	0	101,9	21
Promedio	100	100	0	0	0	2,01	0	101,88	20,98

Fecha	14-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	19,7
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,7
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	18,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	19,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	19,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	19,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,4
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,72	19,42



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	18,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	19,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	20
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	18,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	18,8	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	20
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	93,45	19,34

Fecha	23-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	18,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,4	19,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	20
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	19,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	19,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	19,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,1
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,53	19,31

c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	21-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,5
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,9
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,9
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,8
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,9
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,7
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
3	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,8
Promedio	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,85



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	14-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	99	1	0	1	1,6	0,01	102	20,9
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
Promedio	100	99,9	0,1	0	0,1	1,6	0,001	102	20,99

Fecha	21-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21

Fecha	23-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	1,6	0	102	16,7
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	17,1
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,9
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	20,8
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	21
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	17,1
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	17,3
2	100	100	0	0	0	1,6	0	102	18
Promedio	100	100	0	0	0	1,6	0	102	19,09



d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	21-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	100	0	0	0	1,4	0	96,8	19,2
3	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,6
3	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,6
3	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,8
3	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,7
3	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,6
3	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,8
3	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,7
3	100	100	0	0	0	1,5	0	97,7	20,6
3	100	100	0	0	0	1,4	0	98	20,7
Promedio	100	100	0	0	0	1,44	0	97,85	20,53

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	100	0	0	0	1,4	0	98	16,4
2	100	100	1	1	0	1,3	0,01	97,7	17,1
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	17,7
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,3
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	17,7
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,3
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,4
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,2
Promedio	100	100	0,1	0,1	0	1,39	0,001	97,97	17,81

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,2
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,1
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,5
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,5
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,5
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,2
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,3
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,4
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	17,9
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	17,4
Promedio	100	100	0	0	0	1,4	0	98	18,2



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	23-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	1,5	0	98	16,9
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	17,9
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	17,9
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	17,4
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	17,7
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	18,3
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	18,4
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,6
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,6
2	100	100	0	0	0	1,5	0	98	20,8
Promedio	100	100	0	0	0	1,5	0	98	18,65

- Carga 3 - bombillo fluorescente

a. Cypress

Fecha	9-mar		Escenario	Referencia	Kit	Cypress	
Resultados							
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
Promedio	100	0	0	0			

Fecha	8-mar		Escenario	Referencia	Kit	Cypress	
Resultados							
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec			
2 (0-800)	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
Promedio	100	0	0	0			



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	9-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (400-800)	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	

Fecha	9-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (0-400)	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	12-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech				
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	43	57	3	54	1,8	0,57	87,6	7
3	100	44	56	1	56	1,8	0,56	87,1	6,8
3	100	33	67	4	33	1,8	0,67	84,7	7,1
3	100	40	60	4	56	1,8	0,6	85	7,3
3	100	34	66	4	62	2,1	0,66	84,4	6,6
3	100	36	64	3	61	2,1	0,64	84,7	6,3
3	100	36	64	4	60	2,1	0,64	84	6,7
3	100	41	59	4	55	2,1	0,59	85	5,8
3	100	40	60	2	58	1,8	0,6	88,1	7
3	100	41	59	3	56	1,8	0,59	87,3	7,4
Promedio	100	38,8	61,2	3,2	55,1	1,92	0,612	85,79	6,8



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	12-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	47	53	0	53	1,8	0,53	96	13,5
2	100	47	53	0	53	1,8	0,53	96,5	14,3
2	100	40	60	0	60	1,8	0,66	95,7	13,5
2	100	48	52	0	52	1,7	0,52	95,1	13
2	100	38	62	0	62	2,1	0,62	94,7	12,4
2	100	46	54	0	54	2,1	0,54	95,3	12,6
2	100	43	57	0	57	2,1	0,57	94,6	12,1
2	100	48	52	0	52	2,1	0,52	95	12,8
2	100	50	50	0	50	2,1	0,5	94,2	12,9
2	100	44	56	0	56	2,1	0,56	94,3	11,8
Promedio	100	45,1	54,9	0	54,9	1,97	0,555	95,14	12,89

Fecha	12-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	32	68	10	58	2,1	0,68	81,9	6,8
2	100	22	78	12	66	2,1	0,78	80,9	7,3
2	100	27	73	8	65	2,1	0,73	82	6,7
2	100	35	65	10	55	2,1	0,65	82	5,7
2	100	21	79	12	67	2,1	0,79	79,7	5,6
2	100	33	67	14	53	2,1	0,67	80,4	6,6
2	100	20	80	21	59	2,1	0,8	76	5,5
2	100	32	68	11	57	2,1	0,68	81,8	5,9
2	100	25	75	12	63	2,1	0,75	80,2	5,9
2	100	22	77	14	63	2,1	0,78	79,2	5,6
Promedio	100	26,9	73	12,4	60,6	2,1	0,731	80,41	6,16

Fecha	23-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	55	45	0	45	1,9	0,45	96,5	12,5
2	100	48	52	0	52	2,1	0,52	94	12
2	100	39	61	0	61	2,2	0,61	95	11,9
2	100	40	60	0	60	1,9	0,6	93	11,3
2	100	38	62	0	62	1,9	0,62	94	10,9
2	100	43	57	0	57	1,9	0,57	93,1	11,1
2	100	44	56	0	56	2,1	0,56	94,3	11,1
2	100	48	52	0	52	2,2	0,52	94,8	10,9
2	100	44	56	0	56	2,1	0,56	93,3	11,5
2	100	41	59	0	59	2	0,59	93,5	10,7
Promedio	100	44	56	0	56	1,81	0,56	94,15	11,39



c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	12-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	0	100	4	96	1,8	1	96,8	8,6
3	100	0	100	2	98	1,8	1	97,4	9
3	100	0	99	2	97	1,8	1	97,9	8,9
3	100	0	100	3	97	1,8	1	97	8,3
3	100	0	100	1	99	1,7	1	98,3	8,6
3	100	0	100	2	98	1,8	1	98,1	8,8
3	100	0	100	4	96	1,8	1	96,5	8,3
3	100	0	100	2	98	1,8	1	98,1	9,1
3	100	0	100	2	98	1,8	1	97,6	9,1
3	100	0	100	2	98	1,8	1	97,1	8,7
Promedio	100	0	99,9	2,4	97,5	1,79	1	97,48	8,74

Fecha	12-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	2	98	1	97	1,8	0,98	99,7	13
2	100	29	71	1	70	1,8	0,71	99,2	14,2
2	100	0	100	0	100	1,8	1	100,1	13,1
2	100	0	100	0	100	1,8	1	100	12,7
2	100	18	82	0	82	1,8	0,82	99,8	13,6
2	100	0	100	1	99	1,8	1	99,2	12,5
2	100	1	99	0	99	1,8	0,99	99,8	12,6
2	100	12	88	0	88	1,8	0,88	99,6	13,4
2	100	0	100	0	100	1,8	1	99,7	12,3
2	100	4	96	0	96	1,8	0,96	99,4	12,9
Promedio	100	6,6	93,4	0,3	93,1	1,8	0,934	99,65	13,03

Fecha	12-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	0	100	1	99	1,8	1	89,7	9,1
2	100	0	100	3	97	1,7	1	89,7	8,9
2	100	0	100	6	94	1,8	1	88,4	8,8
2	100	0	100	6	94	1,8	1	89,5	8,8
2	100	0	100	3	97	1,8	1	89,3	8,9
2	100	0	100	3	97	1,8	1	90,1	8,9
2	100	0	100	2	98	1,8	1	90,5	9
2	100	0	100	5	95	1,8	1	87,6	8,7
2	100	0	100	7	93	1,8	1	86,6	8,6
2	100	0	100	6	94	1,8	1	90	8,9
Promedio	100	0	100	4,2	95,8	1,79	1	89,14	8,86



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	23-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	1	99	0	99	1,8	0,99	97,8	13,3
2	100	0	100	0	100	1,7	1	97,8	13,2
2	100	0	100	1	99	1,7	1	96,9	12
2	100	0	100	1	99	1,8	1	95,9	11,8
2	100	0	100	1	99	1,7	1	96,6	13,3
2	100	0	100	2	98	1,7	1	95,6	12
2	100	0	100	0	100	1,7	1	97	12,9
2	100	0	100	0	100	1,8	1	96,9	13,3
2	100	0	100	0	100	1,8	1	96,7	12,1
2	100	0	100	0	100	1,7	1	97,2	12,5
Promedio	100	0,1	99,9	0,5	99,4	1,74	0,999	96,84	12,64

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	8-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	0	100	50	50	1,6	1	82,9	2,9
3	100	0	100	52	48	1,6	1	82,5	2,9
3	100	0	100	57	43	1,6	1	80,9	2,6
3	100	0	100	44	56	1,6	1	84,7	3,1
3	100	0	100	49	51	1,6	1	83,2	2,5
3	100	0	100	44	56	1,6	1	84,6	2,8
3	100	0	100	63	37	1,6	1	79,5	2,4
3	100	0	100	52	48	1,6	1	82,2	2,6
3	100	0	100	56	44	1,6	1	81	2,5
3	100	0	100	48	52	1,6	1	83,3	2,9
Promedio	100	0	100	51,5	48,5	1,6	1	82,48	2,72

Fecha	12-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	11	89	43	46	1,6	0,89	84,9	4,2
2	100	7	93	33	60	1,6	0,93	87,9	4,9
2	100	4	96	47	49	1,6	0,96	83,8	3,7
2	100	8	92	47	45	1,6	0,92	83,5	3,7
2	100	6	94	40	54	1,6	0,94	85,9	4,1
2	100	9	91	42	49	1,6	0,91	85,1	4,4
2	100	12	88	38	50	1,6	0,88	86,5	4,1
2	100	6	94	34	60	1,6	0,94	87,6	4,6
2	100	9	91	41	50	1,6	0,91	85,4	4,4
2	100	10	90	41	49	1,6	0,9	85,5	4,1
Promedio	100	8,2	91,8	40,6	51,2	1,6	0,918	85,61	4,22



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	12-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	0	100	86	14	1,5	1	72,1	0,6
2	100	0	100	86	14	1,5	1	71,7	0,7
2	100	0	100	88	12	1,5	1	72,3	0,5
2	100	0	100	89	11	1,5	1	71	0,5
2	100	0	100	87	13	1,5	1	71,4	0,6
2	100	0	100	83	17	1,5	1	72,9	0,6
2	100	0	100	93	7	1,5	1	69,9	0,3
2	100	0	100	87	13	1,5	1	71,7	0,7
2	100	0	100	85	15	1,5	1	72	0,8
2	100	0	100	83	17	1,5	1	73,3	1
Promedio	100	0	100	86,7	13,3	1,5	1	71,83	0,63

Fecha	23-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	6	94	51	43	1,4	0,94	82,1	2,8
2	100	7	93	54	39	1,5	0,93	80,8	3
2	100	5	95	53	42	1,5	0,95	81,7	2,9
2	100	9	91	51	40	1,5	0,91	82,2	2,6
2	100	4	96	58	38	1,5	0,96	80,2	2,2
2	100	5	95	46	49	1,4	0,95	83,6	3
2	100	5	95	63	32	1,5	0,95	78,9	2,2
2	100	7	93	56	37	1,4	0,93	80,2	2,8
2	100	10	90	57	33	1,5	0,9	80,5	2,2
2	100	7	93	54	39	1,5	0,93	81,4	2,6
Promedio	100	6,5	93,5	54,3	39,2	1,47	0,935	81,16	2,63

### Prueba 4 - Efecto de cargas de diferentes tipos conectadas simultáneamente

#### a. Cypress

Fecha	16-mar		Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados						
Combinac	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec		
1	100	52	52	0,249174283		
1	100	59	59	0,157005622		
1	100	38	38	0,07100187		
1	100	43	43	0,058993534		
1	100	40	40	0,019111931		
1	100	43	43	0,019048158		
1	100	34	34	0,014199121		
1	100	41	41	0,016225305		
1	100	38	38	0,014234785		
1	100	30	30	0,009763074		
Promedio	100	41,8	41,8	0,062875768		



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	16-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Combinac	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2	100	8	47	0,013461105	
2	100	0	21	0,00558941	
2	100	0	22	0,005502508	
2	100	0	22	0,005154719	
2	100	0	30	0,006810401	
2	100	0	28	0,006125354	
2	100	0	48	0,066609192	
2	100	1	59	0,06149861	
2	100	0	38	0,034723329	
2	100	1	42	0,034192137	
Promedio	100	1	35,7	0,023966676	

Fecha	16-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados					
Combinac	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
3	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	16-mar	Escenario	Referencia	Kit	Semitech				
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	26	74	6	68	1,7	0,74	88,1	9
1	100	29	70	11	59	1,7	0,71	85,8	8,2
1	100	29	71	12	59	1,7	0,71	84,9	8,3
1	100	27	72	13	59	1,7	0,73	83,5	9,2
1	100	25	75	8	67	1,7	0,75	86,9	8,4
1	100	31	69	6	63	1,7	0,69	88,1	8,8
1	100	23	77	15	62	1,7	0,77	82,7	8,2
1	100	31	67	10	57	1,7	0,69	86,3	8
1	100	23	77	18	59	1,7	0,77	80,9	8,1
1	100	25	75	11	64	1,7	0,75	84,7	8,8
Promedio	100	26,9	72,7	11	61,7	1,7	0,731	85,19	8,5



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2	100	65	17	5	12	1,7	0,35	85,9	8,7
2	100	50	37	10	27	1,7	0,5	83,5	7,7
2	100	48	27	4	23	1,8	0,52	85,7	8,1
2	100	52	30	8	22	1,7	0,48	83,7	7,7
2	100	36	38	6	32	1,7	0,64	84,8	7,2
2	100	46	31	1	30	1,7	0,535	87,8	8,3
2	100	41	36	6	30	1,7	0,59	85,4	7,5
2	100	46	37	3	34	1,8	0,535	86,7	8,1
2	100	40	39	5	34	1,7	0,6	85,3	8,2
2	100	40	50	12	38	1,7	0,6	82	6,9
Promedio	100	46,4	34,2	6	28,2	1,72	0,535	85,08	7,84

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	3	26	8	18	1,7	0,897	74,8	5,3
3	100	11	56	11	45	1,7	0,889	77,5	5,6
3	100	9	59	18	41	1,7	0,909	74,3	5,2
3	100	10	56	10	46	1,7	0,808	78,5	5,5
3	100	7	41	10	31	1,7	0,885	77,1	5,2
3	100	13	53	10	43	1,7	0,869	80	5,7
3	100	11	57	9	48	1,7	0,889	80,7	5,9
3	100	10	51	10	41	1,8	0,896	78,9	5,6
3	100	7	61	14	47	1,7	0,897	76,7	5,5
3	100	7	31	9	22	1,7	0,885	75,3	5,2
Promedio	100	8,8	49,1	10,9	38,2	1,71	0,882	77,38	5,47

c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	5	95	0	95	1,6	0,95	101,7	13,2
1	100	5	95	0	95	1,6	0,95	101,4	12,9
1	100	0	100	0	100	1,6	1	101,6	12,5
1	100	0	100	0	100	1,6	1	101,6	12,5
1	100	10	90	0	90	1,6	0,9	101,6	14
1	100	12	88	0	88	1,6	0,88	101,7	14
1	100	0	100	0	100	1,6	1	101,3	12,3
1	100	0	100	0	100	1,6	1	101,5	12,5
1	100	6	94	0	94	1,6	0,94	101,4	13,1
1	100	6	94	0	94	1,6	0,94	101,5	12,8
Promedio	100	4,4	95,6	0	95,6	1,6	0,956	101,53	12,98



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2	100	6	94	15	79	1,6	0,94	92,7	7,6
2	100	4	96	4	92	1,6	0,96	99,5	8,7
2	100	7	93	17	76	1,6	0,93	91,5	7,4
2	100	5	95	16	79	1,6	0,95	92,1	7,5
2	100	14	86	18	68	1,6	0,86	90,8	7,6
2	100	24	76	5	71	1,6	0,76	98,9	9,4
2	100	67	33	1	32	1,6	0,33	101,4	9
2	100	46	54	3	51	1,6	0,54	100,7	9,7
2	100	23	77	19	58	1,6	0,77	90,2	7,3
2	100	2	98	26	72	1,6	0,98	85,9	6,6
Promedio	100	19,8	80,2	12,4	67,8	1,6	0,802	94,37	8,08

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	0	100	10	90	1,6	1	95,5	5
3	100	0	98	6	92	1,6	1	98,1	5,3
3	100	0	100	7	93	1,6	1	97,6	5,4
3	100	0	93	41	52	1,6	1	74,7	1,9
3	100	0	100	24	76	1,6	1	86,9	4,3
3	100	0	95	36	59	1,6	1	79,8	2,8
3	100	0	100	8	92	1,6	1	96,9	5,4
3	100	0	92	29	63	1,6	1	82,3	3,5
3	100	0	94	36	58	1,6	1	79	3,3
3	100	0	98	48	50	1,6	1	71,9	2,4
Promedio	100	0	97	24,5	72,5	1,6	1	86,27	3,93

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	24	76	31	45	1,4	0,76	88,7	4,9
1	100	24	76	28	48	1,4	0,76	89,5	5,3
1	100	22	78	26	52	1,4	0,78	90,2	5,4
1	100	16	84	33	51	1,4	0,84	88	4,8
1	100	20	80	30	50	1,4	0,8	89	5,3
1	100	21	79	30	49	1,4	0,79	89	4,9
1	100	22	78	23	55	1,4	0,78	91,1	5,6
1	100	17	83	27	56	1,4	0,83	89,9	5,4
1	100	20	80	29	51	1,4	0,8	89,3	5,8
1	100	25	75	26	49	1,4	0,75	89,9	5,2
Promedio	100	21,1	78,9	28,3	50,6	1,4	0,789	89,46	5,26



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,7
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,9
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,6
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,6
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	12,1
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	12
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,6
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,6
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,3
2	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,1
Promedio	100	100	0	0	0	1,4	0	98	11,65

Fecha	16-mar			Escenario	Referencia	Kit	Semitech		
Resultados									
Combinac	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	5	98	56	39	1,4	0,95	80,6	2,3
3	100	6	94	54	40	1,4	0,94	81	3
3	100	3	97	54	43	1,4	0,97	81	3
3	100	3	97	61	36	1,4	0,97	79,1	2,2
3	100	8	92	54	38	1,4	0,2	81,1	2,8
3	100	5	95	54	41	1,4	0,95	80,9	2,7
3	100	7	93	61	32	1,4	0,93	78,9	2,3
3	100	4	96	52	44	1,4	0,96	81,8	2,5
3	100	2	98	56	42	1,4	0,98	80,7	2,9
3	100	3	97	57	40	1,4	0,97	80	2,5
Promedio	100	4,6	95,7	55,9	39,5	1,4	0,882	80,51	2,62

### 3. Resultados – Pruebas ruido eléctrico impulsivo

#### Prueba 1 - Efecto de carga

##### a. Cypress

Fecha	29-may			Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados							
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec		
0	100	93	93	49	0,021713		
0	100	91	91	56	0,020289		
0	100	93	93	55	0,019984		
0	100	90	90	49	0,018707		
0	100	94	94	42	0,018798		
0	100	96	96	46	0,01858		
0	100	91	91	46	0,016512		
0	100	84	84	58	0,014739		
0	100	73	73	46	0,012253		
0	100	71	71	50	0,011551		
Promedio	100	87,6	87,6	49,7	0,0173126		



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	30-may	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
400	100	59	59	52	0,0375
400	100	66	66	54	0,038232
400	100	66	66	49	0,035246
400	100	60	60	60	0,029561
400	100	75	75	51	0,140399
400	100	70	70	51	0,098616
400	100	76	76	44	0,087228
400	100	74	74	43	0,071243
400	100	65	65	51	0,053907
400	100	71	71	49	0,050847
Promedio	100	68,2	68,2	50,4	0,0642779

Fecha	29-may	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
800	100	95	95	43	0,104028
800	100	97	97	49	0,08602
800	100	98	98	57	0,075777
800	100	96	96	50	0,064305
800	100	96	96	50	0,039945
800	100	92	92	57	0,032603
800	100	96	96	49	0,031933
800	100	96	96	57	0,030009
800	100	92	92	53	0,027312
800	100	97	97	55	0,027273
Promedio	100	95,5	95,5	52	0,0519205

b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	29-may	Escenario	Referencia	Kit	Semitech					
<b>Resultados</b>										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
0	100	100	0	0	0	0,3	0	101,5	21	56
0	100	100	0	0	0	0,3	0	101,6	21	46
0	100	100	0	0	0	0,3	0	101,6	20,9	58
0	100	100	0	0	0	0,3	0	101,5	21	41
0	100	100	0	0	0	0,3	0	101,7	21	51
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	20,7	48
0	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,7	20,7	50
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	21	49
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	21	56
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	21	39
Promedio	100	99,9	0,1	0	0,1	0,35	0,001	101,62	20,93	49,4



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	29-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
400	100	78	22	0	22	0,4	0,22	101,8	20,7	50
400	100	76	24	0	24	0,4	0,24	101,7	20,6	58
400	100	82	18	0	18	0,4	0,18	101,6	21	57
400	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,6	21	52
400	100	76	24	0	24	0,4	0,24	101,7	20,9	62
400	100	83	17	0	17	0,4	0,17	101,8	21	48
400	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,7	21	47
400	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,8	21	53
400	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,8	20,9	47
400	100	73	27	0	27	0,4	0,27	101,7	21	54
Promedio	100	78,5	21,5	0	21,5	0,4	0,215	101,72	20,91	52,8

Fecha	29-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
800	100	86	14	0	14	0,4	0,14	101,7	21	43
800	100	88	12	0	12	0,4	0,12	101,7	21	43
800	100	82	18	0	18	0,3	0,18	101,7	21	57
800	100	83	17	0	17	0,4	0,17	101,7	21	52
800	100	89	11	0	11	0,4	0,11	101,7	21	48
800	100	84	16	0	16	0,4	0,16	101,8	21	50
800	100	82	18	0	18	0,4	0,18	101,6	21	58
800	100	86	14	0	14	0,4	0,14	101,8	21	44
800	100	86	14	0	14	0,4	0,14	101,6	21	46
800	100	83	17	0	17	0,4	0,17	101,8	21	48
Promedio	100	84,9	15,1	0	15,1	0,39	0,151	101,71	21	48,9

c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,6	60
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,2	53
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,4	45
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,6	46
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,3	52
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,3	43
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,8	42
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,7	44
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,2	57
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,2	50
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,33	49,2



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
400	100	50	50	0	50	0,4	0,5	101,7	13,1	49
400	100	45	55	0	55	0,4	0,55	101,5	12,7	55
400	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,7	11,6	57
400	100	45	55	0	55	0,4	0,55	101,4	12,7	54
400	100	60	40	0	40	0,4	0,4	101,6	15	40
400	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,3	12,4	56
400	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,7	13,9	45
400	100	46	54	0	54	0,4	0,54	101,5	13	48
400	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,3	12,3	56
400	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,7	13,9	47
Promedio	100	48,1	51,9	0	51,9	0,4	0,519	101,54	13,06	50,7

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
800	100	41	59	0	59	0,4	0,59	101,7	12,3	52
800	100	53	47	0	47	0,4	0,55	101,6	14,4	47
800	100	48	52	0	52	0,4	0,52	101,7	13,2	50
800	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,8	12,8	56
800	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,7	13,9	49
800	100	48	52	0	52	0,4	0,52	101,7	13,4	52
800	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,6	13	57
800	100	52	48	0	48	0,4	0,48	101,8	14	48
800	100	44	56	0	56	0,4	0,56	101,8	12,9	54
800	100	46	54	0	54	0,4	0,54	101,6	13,2	53
Promedio	100	46,9	53,1	0	53,1	0,4	0,539	101,7	13,31	51,8

d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	24-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
0	100	70	30	30	0	0,3	0,3	89,6	13,9	51
0	100	69	31	31	0	0,3	0,31	89,1	13,1	57
0	100	71	29	29	0	0,3	0,29	89,7	13,7	52
0	100	65	35	35	0	0,3	0,35	88,1	13,1	50
0	100	76	24	24	0	0,3	0,24	90,8	14,5	51
0	100	72	28	28	0	0,3	0,28	90	13,9	52
0	100	73	27	27	0	0,3	0,27	89,9	14,2	46
0	100	69	31	31	0	0,3	0,31	88,7	13,4	50
0	100	72	28	28	0	0,3	0,28	89,6	14,2	45
0	100	66	34	34	0	0,3	0,34	87,8	12,4	56
Promedio	100	70,3	29,7	29,7	0	0,3	0,297	89,37	13,64	51



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	24-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
400	100	49	51	45	6	0,3	0,51	84,5	10,5	51
400	100	44	56	50	6	0,3	0,56	83,3	9,6	56
400	100	39	60	54	6	0,3	0,61	81,9	8,7	60
400	100	43	56	47	9	0,3	0,57	83,8	9,4	56
400	100	54	46	39	7	0,3	0,46	86,3	11,6	46
400	100	44	53	45	8	0,3	0,56	84,3	9,9	51
400	100	42	58	49	9	0,3	0,58	83,3	9,1	58
400	100	57	42	36	6	0,3	0,43	87,3	12,4	43
400	100	49	49	43	6	0,3	0,51	84,8	10,8	49
400	100	48	52	43	9	0,3	0,52	85,3	10,5	52
Promedio	100	46,9	52,3	45,1	7,2	0,3	0,531	84,48	10,25	52,2

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
800	100	56	44	36	8	0,3	0,44	87,2	12	44
800	100	45	55	47	8	0,3	0,55	83,9	9,7	54
800	100	48	52	48	4	0,3	0,52	83,6	10	53
800	100	53	47	37	10	0,3	0,47	87,1	11,5	46
800	100	40	57	44	13	0,3	0,6	84,6	9,1	57
800	100	50	49	38	11	0,3	0,5	86,7	11,1	50
800	100	46	54	47	7	0,3	0,54	84,4	10,2	54
800	100	49	51	45	6	0,3	0,51	84,7	10,6	51
800	100	40	60	51	9	0,3	0,6	82,8	8,9	59
800	100	53	47	40	7	0,3	0,47	86,2	11,5	46
Promedio	100	48	51,6	43,3	8,3	0,3	0,52	85,12	10,46	51,4

## Prueba 2 - Efecto de carga sobre la modulación

### a. Cypress

Fecha	30-may			Escenario	Referencia	Kit	Cypress
Resultados							
Mod	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec		
FSK	100	59	59	52	0,0375		
FSK	100	66	66	54	0,038232		
FSK	100	66	66	49	0,035246		
FSK	100	60	60	60	0,029561		
FSK	100	75	75	51	0,140399		
FSK	100	70	70	51	0,098616		
FSK	100	76	76	44	0,087228		
FSK	100	74	74	43	0,071243		
FSK	100	65	65	51	0,053907		
FSK	100	71	71	49	0,050847		
Promedio	100	68,2	68,2	50,4	0,0642779		



b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Carga - Bombillo Fluorescente			
Configuraciones			
Distancia entre Tx-Rx	Retardo Tx	Longitud Carga Útil	Patrón de Datos
800	750 ms	37	Alternados

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
BPSK	100	78	22	0	22	0,4	0,22	101,8	20,7	50
BPSK	100	76	24	0	24	0,4	0,24	101,7	20,6	58
BPSK	100	82	18	0	18	0,4	0,18	101,6	21	57
BPSK	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,6	21	52
BPSK	100	76	24	0	24	0,4	0,24	101,7	20,9	62
BPSK	100	83	17	0	17	0,4	0,17	101,8	21	48
BPSK	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,7	21	47
BPSK	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,8	21	53
BPSK	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,8	20,9	47
BPSK	100	73	27	0	27	0,4	0,27	101,7	21	54
Promedio	100	78,5	21,5	0	21,5	0,4	0,215	101,72	20,91	52,8

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
QPSK	100	50	50	0	50	0,4	0,5	101,8	21	50
QPSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,4	21	51
QPSK	100	54	46	0	46	0,4	0,46	101,5	21	49
QPSK	100	56	44	0	44	0,4	0,44	101,5	21	46
QPSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,6	21	50
QPSK	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,6	21	59
QPSK	100	62	38	0	38	0,4	0,38	101,6	21	40
QPSK	100	54	46	0	46	0,4	0,46	101,6	21	48
QPSK	100	54	46	0	46	0,4	0,46	101,8	20,1	45
QPSK	100	58	42	0	42	0,4	0,42	101,6	21	44
Promedio	100	53,3	46,7	0	46,7	0,4	0,467	101,6	20,91	48,2

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,6	21	57
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,6	21	53
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,7	18,9	54
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	21	45
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,3	21	56
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,6	21	56
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	18,5	54
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	21	49
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	18,6	52
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	20,3	43
Promedio	100	0	100	0	100	0,4	1	101,68	20,23	51,9



c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
BPSK	100	50	50	0	50	0,4	0,5	101,7	13,1	49
BPSK	100	45	55	0	55	0,4	0,55	101,5	12,7	55
BPSK	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,7	11,6	57
BPSK	100	45	55	0	55	0,4	0,55	101,4	12,7	54
BPSK	100	60	40	0	40	0,4	0,4	101,6	15	40
BPSK	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,3	12,4	56
BPSK	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,7	13,9	45
BPSK	100	46	54	0	54	0,4	0,54	101,5	13	48
BPSK	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,3	12,3	56
BPSK	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,7	13,9	47
Promedio	100	48,1	51,9	0	51,9	0,4	0,519	101,54	13,06	50,7

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
QPSK	100	50	50	0	50	0,4	0,5	101,4	13,1	50
QPSK	100	52	48	0	48	0,4	0,48	101,7	13,6	48
QPSK	100	47	53	0	53	0,4	0,53	101,6	12,4	53
QPSK	100	40	60	0	60	0,4	0,6	101,1	12	60
QPSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,7	13,5	49
QPSK	100	60	40	0	40	0,4	0,4	101,7	15	39
QPSK	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,5	11,9	55
QPSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,4	13,5	49
QPSK	100	45	55	0	55	0,4	0,55	101,8	11,9	54
QPSK	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,5	13,4	47
Promedio	100	49,2	50,8	0	50,8	0,4	0,508	101,54	13,03	50,4

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
8-PSK	100	52	48	0	48	0,4	0,48	100,1	14	45
8-PSK	100	45	55	0	55	0,4	0,55	99,8	12,8	56
8-PSK	100	49	51	0	51	0,4	0,51	101,1	13,2	51
8-PSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,1	13,3	48
8-PSK	100	52	48	0	48	0,4	0,48	101	13,6	48
8-PSK	100	56	44	0	44	0,4	0,44	101,4	14,1	44
8-PSK	100	46	54	0	54	0,4	0,54	101	12,9	54
8-PSK	100	37	63	0	63	0,4	0,63	100,9	11	63
8-PSK	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,4	13,7	47
8-PSK	100	49	51	0	51	0,4	0,51	101,6	13,1	50
Promedio	100	49	51	0	51	0,4	0,51	100,94	13,17	50,6



d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	25-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
BPSK	100	59	40	19	21	0,4	0,41	92,2	11,7	40
BPSK	100	38	61	37	24	0,4	0,62	86,8	8	60
BPSK	100	51	47	13	34	0,4	0,49	85,6	10,8	45
BPSK	100	50	50	28	22	0,4	0,5	89,6	10,3	50
BPSK	100	49	50	33	17	0,4	0,51	88	9,9	51
BPSK	100	46	53	17	36	0,4	0,54	92,8	9,9	53
BPSK	100	46	52	14	38	0,4	0,54	94,3	10,8	51
BPSK	100	49	51	30	21	0,4	0,51	89	10,2	51
BPSK	100	49	50	24	26	0,4	0,51	90,7	10,3	51
BPSK	100	57	43	28	15	0,4	0,43	89,6	11,2	42
Promedio	100	49,4	49,7	24,3	25,4	0,4	0,506	89,86	10,31	49,4

Fecha	26-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
QPSK	100	51	48	17	31	0,4	0,49	92,8	13,1	48
QPSK	100	50	50	13	37	0,4	0,5	94,1	13,1	50
QPSK	100	50	50	4	46	0,4	0,5	96,8	14	47
QPSK	100	50	50	13	37	0,4	0,5	94,1	13,4	50
QPSK	100	45	54	27	27	0,3	0,55	90,5	12,2	55
QPSK	100	55	44	28	16	0,3	0,45	89,5	12,6	45
QPSK	100	46	53	27	26	0,3	0,54	89,8	11,7	54
QPSK	100	47	53	26	27	0,3	0,53	90,4	11,9	54
QPSK	100	39	60	33	27	0,3	0,61	88	9,9	62
QPSK	100	47	52	35	17	0,3	0,53	87,4	11	52
Promedio	100	48	51,4	22,3	29,1	0,34	0,52	91,34	12,29	51,7

Fecha	26-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
8-PSK	100	50	50	32	18	0,3	0,5	88,4	11,6	51
8-PSK	100	43	57	25	32	0,3	0,57	90,7	11,5	59
8-PSK	100	44	56	33	23	0,3	0,56	88,1	10,9	58
8-PSK	100	50	49	42	7	0,3	0,5	85,3	11	52
8-PSK	100	56	44	35	9	0,3	0,44	87,5	12,2	48
8-PSK	100	46	48	22	26	0,3	0,54	91	12,2	51
8-PSK	100	54	46	28	18	0,3	0,46	89,6	12,7	47
8-PSK	100	99	49	50	14	36	0,51	93,8	12,9	55
8-PSK	100	41	58	25	33	0,3	0,59	90,4	11,1	63
8-PSK	100	50	50	8	42	0,3	0,5	95,6	13,7	52
Promedio	100	53,3	50,7	30	22,2	3,87	0,517	90,04	11,98	53,6



## Prueba 5 - Efecto del ruido eléctrico impulsivo

### a. Cypress

Fecha	1-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Uno >	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
50	100	33	33	89	0,01332
50	100	33	33	83	0,012048
50	100	30	30	77	0,01047
50	100	22	21	82	0,006958
50	100	37	37	75	0,011599
50	100	28	28	83	0,008343
50	100	31	31	86	0,051908
50	100	42	42	81	0,056588
50	100	26	26	82	0,029315
50	100	27	27	79	0,026191
Promedio	100	30,9	30,8	81,7	0,022674

Fecha	30-may	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Uno >	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
125	100	59	59	52	0,0375
125	100	66	66	54	0,038232
125	100	66	66	49	0,035246
125	100	60	60	60	0,029561
125	100	75	75	51	0,140399
125	100	70	70	51	0,098616
125	100	76	76	44	0,087228
125	100	74	74	43	0,071243
125	100	65	65	51	0,053907
125	100	71	71	49	0,050847
Promedio	100	68,2	68,2	50,4	0,0642779

Fecha	6-mar	Escenario	Referencia	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Uno >	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
200	100	93	93	15	0,073449
200	100	90	90	17	0,061347
200	100	81	81	29	0,049207
200	100	90	90	19	0,049404
200	100	89	89	20	0,043989
200	100	82	82	26	0,037474
200	100	85	85	20	0,048573
200	100	92	92	16	0,033382
200	100	90	90	16	0,030407
200	100	86	86	26	0,027084
Promedio	100	87,8	87,8	20,4	0,0454316



b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	28-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
50	100	75	25	0	25	0,4	0,25	101,7	21	86
50	100	78	22	0	22	0,4	0,22	101,8	21	82
50	100	74	26	0	26	0,4	0,26	101,7	21	81
50	100	75	25	0	25	0,4	0,25	101,7	21	77
50	100	73	27	0	27	0,4	0,27	101,7	20,6	86
50	100	78	22	0	22	0,4	0,22	101,6	21	81
50	100	70	30	0	30	0,4	0,3	101,5	20,7	85
50	100	59	41	0	41	0,4	0,41	101,7	20,7	86
50	100	65	35	0	53	0,4	0,35	101,8	21	79
50	100	67	33	0	33	0,4	0,33	101,6	21	83
Promedio	100	71,4	28,6	0	30,4	0,4	0,286	101,68	20,9	82,6

Fecha	28-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
125	100	78	22	0	22	0,4	0,22	101,8	20,7	50
125	100	76	24	0	24	0,4	0,24	101,7	20,6	58
125	100	82	18	0	18	0,4	0,18	101,6	21	57
125	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,6	21	52
125	100	76	24	0	24	0,4	0,24	101,7	20,9	62
125	100	83	17	0	17	0,4	0,17	101,8	21	48
125	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,7	21	47
125	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,8	21	53
125	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,8	20,9	47
125	100	73	27	0	27	0,4	0,27	101,7	21	54
Promedio	100	78,5	21,5	0	21,5	0,4	0,215	101,72	20,91	52,8

Fecha	28-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
200	100	92	8	0	8	0,4	0,08	101,4	21	20
200	100	93	7	0	7	0,4	0,07	101,7	19	21
200	100	91	9	0	9	0,4	0,09	101,6	21	27
200	100	92	8	0	8	0,4	0,08	101,7	21	14
200	100	88	12	0	12	0,4	0,12	101,7	21	24
200	100	98	2	0	2	0,4	0,02	101,5	21	15
200	100	94	6	0	6	0,4	0,06	101,7	21	17
200	100	92	8	0	8	0,4	0,08	101,7	21	27
200	100	93	7	0	7	0,4	0,07	101,8	21	23
200	100	95	5	0	5	0,4	0,05	101,6	18,4	16
Promedio	100	92,8	7,2	0	7,2	0,4	0,072	101,64	20,54	20,4



c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	26-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
50	100	23	77	0	77	0,4	0,77	100,3	10	77
50	100	15	85	0	85	0,4	0,85	100,7	7,9	85
50	100	17	83	0	83	0,4	0,83	100,7	8,6	83
50	100	16	84	0	84	0,4	0,84	99,9	8,6	84
50	100	24	76	0	76	0,4	0,76	100,7	9,5	76
50	100	28	72	0	72	0,4	0,72	101	10	72
50	100	23	77	0	77	0,4	0,77	100,7	8,9	77
50	100	20	80	0	80	0,4	0,8	100,8	9,6	80
50	100	16	84	0	84	0,4	0,84	100,1	9,2	84
50	100	27	73	0	73	0,4	0,73	100,7	11,6	80
Promedio	100	20,9	79,1	0	79,1	0,4	0,791	100,56	9,39	79,8

Fecha	26-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
125	100	50	50	0	50	0,4	0,5	101,7	13,1	49
125	100	45	55	0	55	0,4	0,55	101,5	12,7	55
125	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,7	11,6	57
125	100	45	55	0	55	0,4	0,55	101,4	12,7	54
125	100	60	40	0	40	0,4	0,4	101,6	15	40
125	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,3	12,4	56
125	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,7	13,9	45
125	100	46	54	0	54	0,4	0,54	101,5	13	48
125	100	43	57	0	57	0,4	0,57	101,3	12,3	56
125	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,7	13,9	47
Promedio	100	48,1	51,9	0	51,9	0,4	0,519	101,54	13,06	50,7

Fecha	26-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
200	100	76	24	0	24	0,4	0,24	101,7	17,4	21
200	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,5	18,1	19
200	100	74	26	0	26	0,4	0,26	101,4	17,3	21
200	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,7	17,9	20
200	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,4	18,1	20
200	100	89	11	0	11	0,4	0,11	101,6	19,4	11
200	100	87	13	0	13	0,4	0,13	101,7	19	13
200	100	75	25	1	24	0,4	0,25	100,8	17,1	25
200	100	76	24	0	24	0,4	0,24	101,7	17,2	24
200	100	83	17	0	17	0,4	0,17	101,5	18,4	17
Promedio	100	80	20	0,1	19,9	0,4	0,2	101,5	17,99	19,1



d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	26-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
50	100	15	85	25	60	0,3	0,85	91,1	5,3	85
50	100	13	86	32	54	0,3	0,87	88,5	4,7	86
50	100	18	82	43	39	0,3	0,82	85,6	5,3	82
50	100	15	85	70	15	0,3	0,85	77,1	3,7	85
50	100	22	77	17	60	0,3	0,78	92,8	7	78
50	100	25	75	27	48	0,3	0,75	89,9	6,9	75
50	100	23	76	28	48	0,3	0,77	89,5	6,7	77
50	100	23	76	32	45	0,3	0,77	89,5	6,9	77
50	100	17	83	30	53	0,3	0,83	89,2	5,6	83
50	100	16	83	15	68	0,3	0,84	93,5	6,1	84
Promedio	100	18,7	80,8	31,9	49	0,3	0,813	88,67	5,82	81,2

Fecha	26-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
125	100	59	40	19	21	0,4	0,41	92,2	11,7	40
125	100	38	61	37	24	0,4	0,62	86,8	8	60
125	100	51	47	13	34	0,4	0,49	85,6	10,8	45
125	100	50	50	28	22	0,4	0,5	89,6	10,3	50
125	100	49	50	33	17	0,4	0,51	88	9,9	51
125	100	46	53	17	36	0,4	0,54	92,8	9,9	53
125	100	46	52	14	38	0,4	0,54	94,3	10,8	51
125	100	49	51	30	21	0,4	0,51	89	10,2	51
125	100	49	50	24	26	0,4	0,51	90,7	10,3	51
125	100	57	43	28	15	0,4	0,43	89,6	11,2	42
Promedio	100	49,4	49,7	24,3	25,4	0,4	0,506	89,86	10,31	49,4

Fecha	26-may			Escenario	Referencia	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
200	100	72	20	10	10	0,3	0,217	94,7	16,8	17
200	100	81	18	11	7	0,3	0,19	94,7	17,4	16
200	100	81	16	12	4	0,3	0,19	94,3	17,7	13
200	100	81	18	15	3	0,3	0,19	93,5	17,3	17
200	100	69	27	21	6	0,3	0,281	91,4	15,2	21
200	100	69	27	15	12	0,3	0,31	93,3	15,4	22
200	100	75	25	11	14	0,3	0,25	93,7	16,2	24
200	100	73	22	12	10	0,3	0,232	94,2	16,5	15
200	100	84	16	9	7	0,3	0,16	95,3	17,9	16
200	100	75	23	17	6	0,3	0,25	93,1	16,5	18
Promedio	100	76	21,2	13,3	7,9	0,3	0,227	93,82	16,69	17,9



- Escenario de Validación

1. Resultados – Pruebas preliminares

- I. Variación del número de paquetes enviados

- a. Cypress

Fecha	19-jun	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec
100	100	100	100		0,419451
100	100	96	96		0,246937
100	100	98	98		0,171013
100	100	100	100		0,127883
100	100	96	96		0,093321
100	100	97	97		0,074608
100	100	96	96		0,06386
100	100	100	100		0,054359
100	100	96	96		0,047315
100	100	97	97		0,044048
Promedio	100	97,6	97,6		0,1342795

Fecha	9-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec
500	500	489	489		7,680648
500	500	485	485		7,617821
500	500	481	481		0,400552
500	500	491	491		0,250762
500	500	486	486		0,181215
500	500	483	483		0,143388
500	500	478	478		0,11622
500	500	356	356		0,074349
500	500	485	485		0,083554
500	500	477	477		0,072247
Promedio	500	471,1	471,1		1,6620756

Fecha	30-may	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec
1000	1000	966	966		0,252058
1000	1000	979	979		0,712496
1000	1000	969	969		0,670737
1000	1000	953	953		0,137301
1000	998	659	659		0,08074
1000	1000	974	974		0,509661
1000	1000	975	975		0,637237
1000	1000	963	963		0,330024
1000	1000	984	984		0,227097
1000	1000	632	632		0,110906
Promedio	999,8	905,4	905,4		0,3668257



b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	5-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,8
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	20,3
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	20,9
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20
100	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,8

Fecha	6-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
500	500	500	0	0	0	0,4	0	101,8	21
500	500	500	0	0	0	0,4	0	101,2	20,2
500	500	498	1	1	0	0,4	0,004	101,2	19,7
500	500	500	0	0	0	0,4	0	101,5	18,2
500	500	500	0	0	0	0,4	0	101,5	19,5
500	500	500	0	0	0	0,8	0	101,4	18,4
500	500	499	0	0	0	0,8	0,002	101,6	20,2
500	500	500	0	0	0	0,8	0	101,3	20,6
500	500	500	0	0	0	0,8	0	101,3	20,1
500	500	500	0	0	0	0,8	0	101,5	18,2
Promedio	500	499,7	0,1	0,1	0	0,6	6E-04	101,43	19,61

Fecha	6-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1000	1000	998	0	0	0	0,8	0,002	101,2	19,3
1000	1000	1000	0	0	0	0,8	0	101,1	20,4
1000	1000	1000	0	0	0	0,8	0	101,4	20,4
1000	1000	1000	0	0	0	0,8	0	101,1	20,4
1000	1000	998	1	1	0	0,8	0,002	101,3	20,2
1000	1000	1000	0	0	0	0,8	0	101,2	20,4
1000	1000	1000	0	0	0	0,8	0	101,2	20,3
1000	1000	1000	0	0	0	0,8	0	101,4	18,9
1000	1000	1000	0	0	0	0,8	0	101,2	20,4
1000	1000	999	1	1	0	0,4	0,001	101,5	19,8
Promedio	1000	999,5	0,2	0,2	0	0,76	5E-04	101,26	20,05



c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	12-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,8
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
100	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,9
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,37

Fecha	13-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	21
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	18,8
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	21
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	21
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	21
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	21
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	19,6
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	21
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	21
500	500	500	0	0	0	0,4	0	102	21
Promedio	500	500	0	0	0	0,4	0	102	20,64

Fecha	12-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	101,9	18
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	102	20,6
1000	1000	1000	0	0	0	0,5	0	102	21
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	101,8	19,9
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	101,9	20,5
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	102	21
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	101,9	20,2
1000	1000	999	1	1	0	0,4	0,001	101,9	20,9
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	102	20
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	102	21
Promedio	1000	999,9	0,1	0,1	0	0,41	1E-04	101,94	20,31



d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	14-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,8
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	20,1
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,8
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	20
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,9
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,9
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,7
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,9
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,8
100	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	98	18,89

Fecha	19-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
500	500	500	0	0	0	0,3	0	98	21
500	500	500	0	0	0	0,3	0	98	20,5
500	500	500	0	0	0	0,3	0	98	20,7
500	500	500	0	0	0	0,3	0	98	6,6
500	500	500	0	0	0	0,3	0	98	15,9
500	500	500	0	0	0	0,3	0	98	14,6
500	500	500	0	0	0	0,3	0	98	16,7
500	500	500	0	0	0	0,3	0	98	18,5
500	500	498	2	2	0	0,4	0,004	97,9	15,4
500	500	498	2	2	0	0,4	0,004	97,9	20,5
Promedio	500	499,6	0,4	0,4	0	0,32	8E-04	97,98	17,04

Fecha	15-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Núm. Paquetes	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	98	21
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	98	21
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	98	21
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	98	21
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	97	20,3
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	96,8	4,8
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	98	20,9
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	98	
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	98	12,7
1000	1000	1000	0	0	0	0,4	0	98	13,7
Promedio	1000	1000	0	0	0	0,4	0	97,78	15,64



## II. Variación de la distancia entre Tx-Rx

### a. Cypress

Fecha	19-jun	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec
0	100	100	100		0,483475
0	100	98	98		0,237787
0	100	95	95		0,15479
0	100	97	97		0,12382
0	100	96	96		0,091715
0	100	98	98		0,08051
0	100	96	96		0,062907
0	100	96	96		0,049419
0	100	95	95		0,042758
0	100	98	98		0,041084
Promedio	100	96,9	96,9		0,1368265

Fecha	19-jun	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec
400	100	100	100		0,511631
400	100	98	98		0,250429
400	100	99	99		0,165358
400	100	98	98		0,121443
400	100	95	95		0,093917
400	100	100	100		0,084959
400	100	98	98		0,069537
400	100	97	97		0,053438
400	100	97	97		0,048439
400	100	98	98		0,044635
Promedio	100	98	98		0,1443786

Fecha	19-jun	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Distancia	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec
800	100	100	100		0,419451
800	100	96	96		0,246937
800	100	98	98		0,171013
800	100	100	100		0,127883
800	100	96	96		0,093321
800	100	97	97		0,074608
800	100	96	96		0,06386
800	100	100	100		0,054359
800	100	96	96		0,047315
800	100	97	97		0,044048
Promedio	100	97,6	97,6		0,1342795



b. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	5-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,5	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,8	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,6	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,9	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,4	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,1	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,7	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,8	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,1	
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,79	

Fecha	5-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,9	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,9	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,8	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,5	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,4	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,2	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,3	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,9	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,6	
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,85	

Fecha	6-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	17,9	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	17,7	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	17,8	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,1	17,1	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	20,1	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	17,3	
800	100	99	0	0	0	0,4	0,01	101,7	19,7	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,3	20	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,4	20,3	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	20,2	
Promedio	100	99,9	0	0	0	0,4	0,001	101,54	18,81	



c. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	14-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	

Fecha	14-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,3	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,7	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,7	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,5	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,4	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,7	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,7	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,5	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,4	
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102		
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,69	

Fecha	2-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,8	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,9	
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,37	



d. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	19-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	

Fecha	19-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21	

Fecha	14-jun			Escenario	Validación			Kit	Semitech	
Resultados										
Distancia	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,8	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	20,1	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,8	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	20	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,9	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,9	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,7	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,9	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,8	
800	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16	
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	98	18,89	



### III. Variación del tipo de modulación

#### e. Cypress

Fecha	19-jun		Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>						
Modulación	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec	
FSK	100	100	100		0,419451	
FSK	100	96	96		0,246937	
FSK	100	98	98		0,171013	
FSK	100	100	100		0,127883	
FSK	100	96	96		0,093321	
FSK	100	97	97		0,074608	
FSK	100	96	96		0,06386	
FSK	100	100	100		0,054359	
FSK	100	96	96		0,047315	
FSK	100	97	97		0,044048	
Promedio	100	97,6	97,6		0,1342795	

#### f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	5-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
<b>Resultados</b>									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	17
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	17,9
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	17,3
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	18,8
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	18
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	18,6
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,8
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	19,8
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	18,8
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	19,3
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,59	18,53

Fecha	6-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
<b>Resultados</b>									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	17
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	17,9
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	17,3
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	18,5
QPSK	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,5	18,8
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	18
QPSK	100	98	2	0	2	0,4	0,02	101,8	18,1
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	20,2
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	18,8
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	19,3
Promedio	100	99,7	0,3	0	0,3	0,4	0,003	101,56	18,39



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	12-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	0	100	0	100	0,8	1	101,7	18,7
8-PSK	100	0	100	0	100	0,8	1	101,6	19,3
8-PSK	100	0	100	0	100	0,8	1	101,7	20,1
8-PSK	100	0	100	0	100	0,8	1	101,7	18,6
8-PSK	100	0	100	0	100	0,8	1	101,7	19,8
8-PSK	100	1	99	0	99	0,4	0,99	101,5	19,8
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,4	20,2
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	19,8
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	20,1
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,6	19,8
Promedio	100	0,1	99,9	0	99,9	0,6	0,999	101,65	19,62

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	5-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,8
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,9
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,37

Fecha	14-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,5
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,9
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,2
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,4
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,5
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,1
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,6
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	15,6
QPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	15,4
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,32



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	14-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,4
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,84

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	14-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,8
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	20,1
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,8
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	20
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,9
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,9
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,7
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,9
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,8
BPSK	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	98	18,89

Fecha	14-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
QPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21



Fecha	6-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
8-PSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,95

## 2. Resultados – Pruebas ruido eléctrico de fondo

### Prueba 1 - Efecto de una carga

- Carga 1 - fuente conmutada de computador portátil
- e. Cypress

Fecha	9-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress
Resultados						
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec	
0	100	96	96		0,053651	
0	100	100	100		0,050392	
0	100	96	96		0,045026	
0	100	97	97		0,041969	
0	100	96	96		0,038815	
0	100	95	95		0,036938	
0	100	98	98		0,035173	
0	100	100	100		0,034067	
0	100	98	98		0,031683	
0	100	98	98		0,030154	
Promedio	100	97,4	97,4		0,0397868	

Fecha	5-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress
Resultados						
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec	
400	100	100	98		0,235421	
400	100	100	96		0,121213	
400	100	100	91		0,078643	
400	100	100	97		0,07143	
400	100	100	95		0,061901	
400	100	100	99		0,058582	
400	100	100	96		0,050778	
400	100	100	98		0,046734	
400	100	100	100		0,044392	
400	100	100	97		0,040099	
Promedio	100	100	96,7		0,0809193	



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	5-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
Resultados					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec
800	100	100	96		0,036594
800	100	100	50		0,009435
800	100	100	53		0,011313
800	100	100	49		0,009682
800	100	100	50		0,009056
800	100	100	74		0,020038
800	100	100	68		0,017499
800	100	100	65		0,016036
800	100	100	57		0,013582
800	100	100	51		0,011409
Promedio	100	100	61,3		0,0154644

f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	5-jul	Escenario	Validación	Kit	Semitech				
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	94	6	6	0	0,4	0,06	92,4	16,4
0	100	97	0	0	0	0,4	0,03	95,7	17,5
0	100	92	5	5	0	0,4	0,08	92,8	16,7
0	100	93	1	1	0	0,4	0,07	95,2	17,5
0	100	90	6	6	0	0,4	0,1	92,2	16,5
0	100	92	2	2	0	0,4	0,08	94,6	17,4
0	100	92	2	2	0	0,4	0,08	94,5	18
0	100	85	6	6	0	0,4	0,15	92	16,7
0	100	91	5	5	0	0,4	0,09	92,8	16,9
0	100	91	2	2	0	0,4	0,09	94,5	18,3
Promedio	100	91,7	3,5	3,5	0	0,4	0,083	93,67	17,19

Fecha	5-jul	Escenario	Validación	Kit	Semitech				
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	0,4	0	78,9	15,8
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,2	16,4
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,4	16,7
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,3	15,5
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,4	15
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,5	16,8
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,3	16,3
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,6	17
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,6	16,4
400	100	100	0	0	0	0,4	0	79,6	15,5
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	79,38	16,14



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	5-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	0,4	0	80,1	14,9
800	100	100	0	0	0	0,4	0	78	15,5
800	100	100	0	0	0	0,4	0	78	15,6
800	100	100	0	0	0	0,4	0	78,1	14,7
800	100	100	0	0	0	0,4	0	78	14,7
800	100	100	0	0	0	0,4	0	78	15
800	100	99	1	1	0	0,4	0,01	77,7	15,2
800	100	100	0	0	0	0,4	0	78,1	14,7
800	100	100	0	0	0	0,4	0	78	15,6
800	100	100	0	0	0	0,4	0	78	13,7
Promedio	100	99,9	0,1	0,1	0	0,4	0,001	78,2	14,96

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	19-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	0,4	0	100,8	20,3
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	99	1	1	0	0,4	0,01	101,4	20,7
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,9
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,3
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,3
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
Promedio	100	99,9	0,1	0,1	0	0,4	0,001	101,82	20,45

Fecha	29-may			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	16,4
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,5
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,1
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,1
400	100	100	0	0	0	1,8	0	102	17,5
400	100	100	0	0	0	1,8	0	102	16,9
400	100	100	0	0	0	1,8	0	102	19,3
400	100	100	0	0	0	1,8	0	102	18,2
400	100	99	1	1	0	1,8	0,01	102	18
Promedio	100	99,9	0,1	0,1	0	1,1	0,001	101,99	18,2



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	19-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,7
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,8
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,7
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,3	20,3
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,2
800	100	99	1	1	0	0,4	0,01	100,7	19,7
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,8
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,9
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,4	20,6
Promedio	100	99,9	0,1	0,1	0	0,4	0,001	101,73	20,57

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	19-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21

Fecha	19-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	12,6
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	13,1
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	12,6
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	13,9
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	13,4
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	14
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	13,1
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	13
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	13,8
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	13,05



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	19-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19,2
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	18,9
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	18,9
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19,2
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19,1
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19,2
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19,4
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19,4
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19,5
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	19,18

- Carga 2 - taladro

e. Cypress

Fecha	10-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress	
Resultados							
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
0	100	98	98		0,143203		
0	100	96	96		0,108509		
0	100	93	93		0,087527		
0	100	98	98		0,078692		
0	100	99	99		0,06992		
0	100	96	96		0,060094		
0	100	95	95		0,05176		
0	100	98	96		0,04835		
0	100	97	97		0,044121		
0	100	99	99		0,041686		
Promedio	100	96,9	96,7		0,0733862		

Fecha	10-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress	
Resultados							
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
400	100	96	96		0,036915		
400	100	98	98		0,035186		
400	100	97	97		0,032571		
400	100	97	97		0,030828		
400	100	96	96		0,028903		
400	100	94	94		0,026787		
400	100	100	100		0,027159		
400	100	97	97		0,025178		
400	100	97	97		0,02403		
400	100	99	99		0,023053		
Promedio	100	97,1	97,1		0,029061		



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	5-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
800	100	94	94	1,476443	
800	100	97	97	1,523564	
800	100	98	98	1,539271	
800	100	98	98	1,539271	
800	100	99	99	1,554977	
800	100	98	98	1,539271	
800	100	100	100	1,570684	
800	100	94	94	1,476443	
800	100	97	97	1,523564	
800	100	99	99	1,554977	
Promedio	100	97,4	97,4	1,5298465	

f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	5-jul	Escenario	Validación	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,4	18,9
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,3	19,5
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,3	18,6
0	100	99	1	1	0	0,4	0,01	100,7	18,4
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	17,6
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	19,6
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	19
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	18,7
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	18,1
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,5	19,8
Promedio	100	99,9	0,1	0,1	0	0,4	0,001	101,4	18,82

Fecha	5-jul	Escenario	Validación	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	20
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,3	19,5
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,1	20
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,1	19,7
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	19,4
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,3	19,5
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101	19,4
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,3	19,5
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	19,7
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,2	19,7
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,19	19,64



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	5-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	18,9
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,2
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	19,1
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	16,9
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,1
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,4
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,4
800	100	99	1	1	0	0,4	0,01	101	18,2
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,6	19,3
800	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,4
Promedio	100	99,9	0,1	0,1	0	0,4	0,001	101,68	18,89

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	9-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,4
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,1
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
0	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,15

Fecha	5-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
400	100	100	0	0	0	0,4	0	101,4	20,3
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
400	100	99	1	1	0	0,4	0,01	101,4	20,4
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,5
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,8
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
400	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,9
Promedio	100	99,9	0,1	0,1	0	0,4	0,001	101,88	20,79



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	5-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,7
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,6
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,5
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,7
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,6
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,9
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,9
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,8
800	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,57

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	6-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21

Fecha	6-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
400	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	6-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
800	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
800	100	0	100	0	100	0,3	1	98	21
800	100	0	100	0	100	0,3	1	98	21
800	100	0	100	0	100	0,3	1	98	21
800	100	0	100	0	100	0,3	1	98	20,9
800	100	0	100	0	100	0,3	1	98	21
800	100	0	100	0	100	0,3	1	98	21
Promedio	100	40	60	0	60	0,3	0,6	98	20,99

- Carga 3 - bombillo fluorescente

e. Cypress

Fecha	20-jun		Escenario	Validación	Kit	Cypress	
Resultados							
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
0	100	2	2		0,008414		
0	100	3	6		0,003044		
0	100	1	1		0,000356		
0	100	1	2		0,003512		
0	100	0	1		0,000344		
0	100	1	4		0,001548		
0	100	0	1		0,000407		
0	100	1	1		0,000443		
0	100	2	9		0,004152		
0	100	3	4		0,002235		
Promedio	100	1,4	3,1		0,0024455		

Fecha	20-jun		Escenario	Validación	Kit	Cypress	
Resultados							
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
400	100	0	0		0		
Promedio	100	0	0		0		





Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	20-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	28	72	7	65	0,4	0,72	87,6	5,4
800	100	29	71	14	57	0,4	0,71	84,8	5,9
800	100	33	67	9	58	0,4	0,67	88,1	5,4
800	100	35	65	11	54	0,4	0,65	86	4,9
800	100	34	66	12	54	0,4	0,66	86,4	4,7
800	100	27	72	12	60	0,4	0,73	85,2	4,8
800	100	36	64	7	57	0,4	0,64	88,4	5,1
800	100	17	83	9	74	0,4	0,83	85,6	5
800	100	22	78	9	69	0,4	0,78	86,2	3,5
800	100	33	67	9	58	0,4	0,67	87,5	5,1
Promedio	100	29,4	70,5	9,9	60,6	0,4	0,706	86,58	4,98

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	20-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	99	1	0	1	0,4	0,01	102	20
0	100	61	39	0	39	0,4	0,39	102	17,7
0	100	74	26	0	26	0,4	0,26	102	21
0	100	43	57	0	57	0,4	0,57	102	20,7
0	100	1	99	0	99	0,4	0,99	102	15,5
0	100	9	98	0	98	0,4	0,98	102	20,3
0	100	0	100	0	100	0,4	1	102	18,2
0	100	24	76	0	76	0,4	0,76	102	20,5
0	100	7	93	0	93	0,4	0,93	102	18,2
0	100	18	82	0	82	0,4	0,82	102	20,3
Promedio	100	33,6	67,1	0	67,1	0,4	0,671	102	19,24

Fecha	20-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	0	100	3	97	0,4	1	96,3	8,5
400	100	0	100	11	89	0,4	1	91,2	8,3
400	100	0	100	0	100	0,4	1	97,3	9,1
400	100	0	100	1	99	0,4	1	97	9,1
400	100	0	100	4	96	0,4	1	94,7	9
400	100	0	100	0	100	0,4	1	97,7	9,4
400	100	0	100	2	98	0,4	1	96,8	9,1
400	100	0	100	10	90	0,4	1	92,1	7,9
400	100	0	100	0	100	0,4	1	98,6	9,1
400	100	0	100	6	94	0,4	1	94,3	7,9
Promedio	100	0	100	3,7	96,3	0,4	1	95,6	8,74



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	20-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	0	100	0	100	0,4	1	99,4	9,8
800	100	0	100	0	100	0,4	1	99,3	9,8
800	100	0	100	0	100	0,4	1	98,9	9,9
800	100	0	100	1	99	0,4	1	98,6	9,5
800	100	0	100	0	100	0,4	1	98,8	9,8
800	100	0	100	0	100	0,4	1	99	9,6
800	100	0	100	4	96	0,4	1	97,1	8,8
800	100	0	100	2	98	0,4	1	97,8	9
800	100	0	100	7	93	0,4	1	95,6	8,2
800	100	0	100	0	100	0,4	1	99,5	9,4
Promedio	100	0	100	1,4	98,6	0,4	1	98,4	9,38

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	20-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,9
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,9
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,8
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	17,1
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,9
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,9
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,7
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,9
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	17
0	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,7
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	98	16,88

Fecha	20-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
400	100	0	65	47	18	0,4	1	76,1	1,3
400	100	0	67	53	14	0,4	1	74,6	1,4
400	100	0	63	53	10	0,4	1	72,8	1
400	100	0	60	51	9	0,4	1	72,8	1
400	100	0	69	52	17	0,4	1	75,5	1,2
400	100	0	60	52	8	0,4	1	72,2	1,1
400	100	0	61	43	18	0,4	1	77,2	1,7
400	100	0	65	53	12	0,4	1	74,4	1,6
400	100	0	60	54	6	0,4	1	71,2	0,9
400	100	0	61	51	10	0,4	1	73,6	1,4
Promedio	100	0	63,1	50,9	12,2	0,4	1	74,04	1,26



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	19-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
800	100	0	66	53	13	0,4	1	74,7	1
800	100	0	70	47	23	0,4	1	77,9	2
800	100	0	81	59	22	0,4	1	76,5	1,2
800	100	0	86	65	21	0,4	1	75,6	1,4
800	100	0	87	68	19	0,4	1	74,7	1,6
800	100	0	88	59	29	0,4	1	77,8	1,5
800	100	0	84	60	24	0,4	1	78,3	1,3
800	100	0	88	57	31	0,4	1	79,2	2,2
800	100	0	90	69	21	0,4	1	75,2	1,2
800	100	0	87	59	28	0,4	1	77,1	1,5
Promedio	100	0	82,7	59,6	23,1	0,4	1	76,7	1,49

## Prueba 2 - Efecto de una carga sobre la modulación

### e. Cypress

Fecha	24-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress	
Resultados							
Modulación	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
FSK	100	97	97		0,216343		
FSK	100	96	96		0,146879		
FSK	100	98	98		0,122102		
FSK	100	99	99		0,100802		
FSK	100	97	97		0,083876		
FSK	100	97	97		0,074514		
FSK	100	97	97		0,06676		
FSK	100	96	96		0,060077		
FSK	100	98	98		0,059352		
FSK	100	99	99		0,051553		
Promedio	100	97,4	97,4		0,0982258		

### f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	24-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	88	2	2	0	0,4	0,12	96,4	18,7
BPSK	100	98	0	0	0	0,4	0,02	97,3	18
BPSK	100	96	0	0	0	0,4	0,04	97,3	18,1
BPSK	100	96	2	2	0	0,4	0,04	95,9	17,7
BPSK	100	96	0	0	0	0,4	0,04	97,3	18,1
BPSK	100	96	1	1	0	0,4	0,04	96,6	17,7
BPSK	100	92	1	1	0	0,4	0,08	96,6	18,7
BPSK	100	91	0	0	0	0,4	0,09	97,3	18,4
BPSK	100	93	1	1	0	0,4	0,07	96,3	17,9
BPSK	100	88	4	4	0	0,4	0,12	94,9	17,1
Promedio	100	93,4	1,1	1,1	0	0,4	0,066	96,59	18,04



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	20-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	83	13	4	9	0,4	0,17	94,5	17,3
QPSK	100	70	16	10	6	0,4	0,278	96,3	15,9
QPSK	100	68	17	1	16	0,4	0,313	96,4	15,6
QPSK	100	71	21	4	17	0,4	0,283	94,5	14,2
QPSK	100	79	12	2	10	0,4	0,21	95,8	17,5
QPSK	100	78	10	2	8	0,4	0,22	95,6	18,1
QPSK	100	79	8	1	7	0,4	0,21	96,4	18,6
QPSK	100	73	12	1	11	0,4	0,27	96,3	16,9
QPSK	100	19	72	70	2	0,4	0,798	94,3	16,4
QPSK	100	79	5	0	5	0,4	0,21	97,1	17,3
Promedio	100	69,9	18,6	9,5	9,1	0,4	0,216	95,72	16,78

Fecha	20-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	0	93	3	90	0,4	1	94,9	16
8-PSK	100	0	88	0	88	0,4	1	96,9	18,7
8-PSK	100	0	84	1	84	0,4	1	96,3	16,9
8-PSK	100	0	90	1	89	0,4	1	96,3	16,7
8-PSK	100	0	90	3	87	0,4	1	94,8	18
8-PSK	100	0	84	2	82	0,4	1	95,8	14,6
8-PSK	100	0	95	1	94	0,4	1	96,2	18,2
8-PSK	100	0	91	1	90	0,4	1	96,2	18,2
8-PSK	100	0	97	5	92	0,4	1	93,9	16,7
8-PSK	100	0	86	3	83	0,4	1	95	15,4
Promedio	100	0	89,8	2	87,9	0,4	1	95,63	16,94

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	24-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	60	40	0	40	0,4	0,4	102	13,3
BPSK	100	40	60	0	60	0,4	0,6	102	13,2
BPSK	100	75	25	0	25	0,4	0,25	102	13,2
BPSK	100	64	36	0	36	0,4	0,36	102	13,3
BPSK	100	55	45	0	45	0,4	0,45	102	11,8
BPSK	100	52	48	0	48	0,4	0,48	102	12,9
BPSK	100	53	47	0	47	0,4	0,47	102	13,1
BPSK	100	49	51	0	51	0,4	0,51	102	13
BPSK	100	67	33	0	33	0,4	0,33	102	13,2
BPSK	100	59	41	0	41	0,4	0,41	102	13,3
Promedio	100	57,4	42,6	0	42,6	0,4	0,426	102	13,03



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	12-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	21	79	0	79	0,4	0,79	102	13,5
QPSK	100	40	60	0	60	0,4	0,6	102	13,9
QPSK	100	96	4	0	4	0,4	0,04	102	11,7
QPSK	100	43	57	0	57	0,4	0,57	102	13,8
QPSK	100	29	71	0	71	0,4	0,71	102	13,8
QPSK	100	28	72	0	72	0,4	0,72	102	13,9
QPSK	100	27	73	0	73	0,4	0,73	102	13,9
QPSK	100	33	67	0	67	0,4	0,67	102	13,5
QPSK	100	90	10	0	10	0,4	0,1	102	11,3
QPSK	100	44	56	0	56	0,4	0,56	102	14
Promedio	100	45,1	54,9	0	54,9	0,4	0,549	102	13,33

Fecha	12-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	29	71	0	71	0,4	0,71	102	12,9
8-PSK	100	25	75	0	75	0,4	0,75	102	13,8
8-PSK	100	28	72	0	72	0,4	0,72	102	14
8-PSK	100	53	47	0	47	0,4	0,47	102	11,4
8-PSK	100	23	77	0	77	0,4	0,77	102	13,2
8-PSK	100	58	42	0	42	0,4	0,42	102	11,7
8-PSK	100	20	80	0	80	0,4	0,8	102	13,8
8-PSK	100	66	34	0	34	0,4	0,34	102	11,5
8-PSK	100	25	75	0	75	0,4	0,75	102	14
8-PSK	100	11	89	0	89	0,4	0,89	102	11,3
Promedio	100	33,8	66,2	0	66,2	0,4	0,662	102	12,76

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	24-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
BPSK	100	99	1	0	1	0,4	0,01	98	12,1
BPSK	100	92	8	0	8	0,3	0,08	98	12
BPSK	100	98	2	0	2	0,3	0,02	98	12,4
BPSK	100	98	2	0	2	0,3	0,02	98	12
BPSK	100	100	0	0	0	0,3	0	98	12
BPSK	100	99	1	0	1	0,3	0,01	98	12,1
BPSK	100	98	2	0	2	0,3	0,02	98	11,6
BPSK	100	96	4	0	4	0,3	0,04	98	12
BPSK	100	98	2	0	2	0,3	0,02	98	12,1
BPSK	100	95	5	1	4	0,3	0,05	97,7	11,5
Promedio	100	97,3	2,7	0,1	2,6	0,31	0,027	97,97	11,98



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	20-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
QPSK	100	57	43	2	41	0,4	0,43	92,6	12,1
QPSK	100	66	34	2	32	0,4	0,34	92,5	13,4
QPSK	100	63	37	5	32	0,4	0,37	92,1	13,5
QPSK	100	62	38	3	35	0,4	0,38	92,1	12,8
QPSK	100	67	33	4	29	0,4	0,33	92,1	12,8
QPSK	100	64	36	5	31	0,4	0,36	91,8	13,2
QPSK	100	64	36	7	29	0,4	0,36	91,2	12,7
QPSK	100	60	40	4	36	0,4	0,4	91,8	13,2
QPSK	100	61	39	1	38	0,4	0,39	92,8	12,7
QPSK	100	68	32	1	31	0,4	0,32	92,7	12,6
Promedio	100	63,2	36,8	3,4	33,4	0,4	0,368	92,17	12,9

Fecha	20-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
8-PSK	100	46	54	1	53	0,4	0,54	92,7	13,8
8-PSK	100	45	55	0	55	0,4	0,55	92,6	14,2
8-PSK	100	31	69	1	68	0,4	0,69	92,6	13,7
8-PSK	100	43	57	1	56	0,4	0,57	92,5	13,5
8-PSK	100	44	56	1	55	0,4	0,56	92,5	13,9
8-PSK	100	34	66	0	66	0,4	0,66	92,8	13,4
8-PSK	100	35	65	4	61	0,4	0,65	91,9	12,9
8-PSK	100	34	66	1	65	0,4	0,66	92,6	13,5
8-PSK	100	46	54	3	51	0,4	0,54	91,8	13,3
8-PSK	100	39	61	1	60	0,4	0,61	92,7	13,8
Promedio	100	39,7	60,3	1,3	59	0,4	0,603	92,47	13,6

### Prueba 3 - Efecto de varias cargas del mismo tipo conectadas simultáneamente

- Carga 1 - fuente conmutada de computador portátil
- e. Cypress

Fecha	12-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress	
Resultados							
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
3	100	0	0		0		
Promedio	100	0	0		0		



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	11-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (0-800)	100	100	100	0,403152	
2	100	100	100	0,202751	
2	100	99	99	0,147679	
2	100	52	77	0,091024	
2	100	94	96	0,088218	
2	100	100	100	0,07152	
2	100	99	99	0,063599	
2	100	97	97	0,056805	
2	100	100	100	0,052318	
2	100	99	99	0,0471	
Promedio	100	94	96,7	0,1224166	

Fecha	11-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (400-800)	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	

Fecha	11-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (0-400)	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	



f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	12-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	30	55	45	10	0,4	0,7	47,8	3,4
3	100	27	46	32	14	0,4	0,71	55,1	7,3
3	100	25	49	29	20	0,4	0,75	50,3	4,5
3	100	36	39	7	32	0,4	0,636	56,1	6,2
3	100	34	34	4	30	0,4	0,66	57	6,6
3	100	18	48	6	42	0,4	0,82	55,1	6,4
3	100	20	51	6	45	0,4	0,794	56,2	5,8
3	100	19	47	7	40	0,4	0,806	55,3	6
3	100	10	61	25	36	0,4	0,888	54,3	5,7
3	100	9	53	12	41	0,4	0,903	53,4	5
Promedio	100	22,8	48,3	17,3	31	0,4	0,767	54,06	5,69

Fecha	11-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	71,4	16,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	70,9	18,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	70,7	18
2	100	100	0	0	0	0,4	0	71,1	18,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	68,8	18
2	100	100	0	0	0	0,4	0	68,8	18
2	100	100	0	0	0	0,4	0	68,8	18,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	68,6	17,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	68,8	17,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	68,6	17,3
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	69,65	17,81

Fecha	11-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	42	13	13	0	0,4	0,58	58,2	4
2	100	38	15	15	0	0,4	0,62	57,4	4,1
2	100	59	1	1	0	0,4	0,404	63,2	5,1
2	100	51	2	2	0	0,4	0,49	62,7	5
2	100	55	2	2	0	0,4	0,444	62,8	4,8
2	100	66	4	4	0	0,4	0,34	62,4	4,6
2	100	43	10	10	0	0,4	0,538	59,2	4
2	100	49	1	1	0	0,4	0,505	63,3	5,3
2	100	55	2	1	1	0,4	0,439	63,1	5,1
2	100	50	12	12	0	0,4	0,5	59	3,8
Promedio	100	50,8	6,2	6,1	0,1	0,4	0,486	61,13	4,58



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	11-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	0,4	0	69,5	12,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	70,2	12,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	70,2	12,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	70,1	12,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	69,6	12,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	69,7	12,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	70,8	12,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	70,5	12,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	69,8	12,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	70,3	12,2
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	70,07	12,28

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	12-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	98	2	2	0	0,4	0,02	94,8	11,9
3	100	96	4	4	0	0,4	0,04	93,8	11,7
3	100	99	1	1	0	0,4	0,01	95,3	12
3	100	100	0	0	0	0,4	0	95,9	11,9
3	100	93	7	7	0	0,4	0,07	92,2	11,4
3	100	91	9	9	0	0,4	0,09	91,3	11,2
3	100	92	8	8	0	0,4	0,08	91,3	11,5
3	100	100	0	0	0	0,4	0	95,8	12
3	100	99	1	1	0	0,4	0,01	95,1	13,4
3	100	98	2	2	0	0,4	0,02	94,6	13,2
Promedio	100	96,6	3,4	3,4	0	0,4	0,034	94,01	12,02

Fecha	9-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,9
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,54



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	9-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	93	7	7	0	0,4	0,07	95,6	10,7
2	100	93	7	7	0	0,4	0,07	96,1	11,1
2	100	90	9	8	1	0,4	0,1	94,9	10,2
2	100	96	4	4	0	0,4	0,04	97,4	11
2	100	93	7	7	0	0,4	0,07	96,1	10,7
2	100	98	2	1	1	0,4	0,02	99,3	10,3
2	100	94	6	5	1	0,4	0,06	97	10,7
2	100	81	19	10	9	0,4	0,19	94,3	10,1
2	100	94	6	6	0	0,4	0,06	96,2	10,3
2	100	91	5	5	0	0,4	0,09	96,7	10
Promedio	100	92,3	7,2	6	1,2	0,4	0,077	96,36	10,51

Fecha	12-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	20
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	20,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	16
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,5
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,98	18,6

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	6-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	94	6	2	4	0,4	0,06	96,2	7,1
3	100	99	1	0	1	0,4	0,01	97	8,2
3	100	99	1	0	1	0,4	0,01	96,6	8,1
3	100	99	1	0	1	0,4	0,01	96,9	7,6
3	100	100	0	0	0	0,4	0	96,8	6,2
3	100	99	1	0	1	0,4	0,01	97	6,5
3	100	99	1	0	1	0,4	0,01	96,9	6
3	100	99	1	0	1	0,4	0,01	96,6	6,6
3	100	98	2	0	2	0,4	0,02	96,9	6,7
3	100	99	1	1	0	0,4	0,01	96,6	6,4
Promedio	100	98,5	1,5	0,3	1,2	0,4	0,015	96,75	6,94



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	6-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	100	0	0	0	0,3	0	97,7	20,8
2	100	100	0	0	0	0,3	0	97,7	20,6
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,7
2	100	100	0	0	0	0,3	0	96,6	19,7
2	100	100	0	0	0	0,3	0	97,7	20,3
2	100	100	0	0	0	0,3	0	97,4	19,9
2	100	99	1	1	0	0,3	0,01	96,8	19,6
2	100	100	0	0	0	0,3	0	97,4	20,4
2	100	99	1	1	0	0,3	0,01	96,8	19,8
2	100	100	0	0	0	0,3	0	96,6	19
Promedio	100	99,8	0,2	0,2	0	0,3	0,002	97,27	20,08

Fecha	6-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	98	2	2	0	0,3	0,02	96,4	4,9
2	100	98	2	2	0	0,3	0,02	97	4,9
2	100	98	2	0	2	0,3	0,02	96,8	4,8
2	100	98	2	1	1	0,3	0,02	96,4	3,9
2	100	98	1	0	1	0,3	0,02	96,3	3,5
2	100	100	0	0	0	0,3	0	96,4	4,4
2	100	100	0	0	0	0,3	0	96,4	4,3
2	100	100	0	0	0	0,3	0	96,6	4,1
2	100	100	0	0	0	0,3	0	96,5	3,6
2	100	100	0	0	0	0,3	0	96,7	4,2
Promedio	100	99	0,9	0,5	0,4	0,3	0,01	96,55	4,26

Fecha	6-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,8
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	21
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
2	100	100	0	0	0	0,3	0	97,7	20,6
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	20,9
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	97,97	20,87



- Carga 2 - taladro

e. Cypress

Fecha	19-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
3	100	98	98	0,531955	
3	100	99	99	0,275852	
3	100	95	95	0,186733	
3	100	100	100	0,149631	
3	100	97	97	0,117616	
3	100	99	99	0,096882	
3	100	97	97	0,082805	
3	100	96	96	0,07221	
3	100	99	99	0,066718	
3	100	98	98	0,261934	
<b>Promedio</b>	100	97,8	97,8	0,1842336	

Fecha	19-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (0-800)	100	99	99	0,034766	
2	100	97	97	0,030503	
2	100	97	97	0,029078	
2	100	97	97	0,027713	
2	100	98	98	0,026815	
2	100	97	97	0,025415	
2	100	98	98	0,024574	
2	100	95	95	0,022841	
2	100	95	95	0,021933	
2	100	98	98	0,021858	
<b>Promedio</b>	100	97,1	97,1	0,0265496	

Fecha	20-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (400-800)	100	98	98	0,168552	
2	100	96	96	0,130389	
2	100	98	98	0,11025	
2	100	98	98	0,094641	
2	100	99	99	0,083586	
2	100	96	96	0,072098	
2	100	99	99	0,066618	
2	100	96	96	0,058448	
2	100	97	97	0,051566	
2	100	97	97	0,047576	
<b>Promedio</b>	100	97,4	97,4	0,0883724	



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	20-jul	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (0-400)	100	97	97	0,044011	
2	100	95	95	0,039056	
2	100	100	100	0,03855	
2	100	98	98	0,035705	
2	100	95	95	0,032391	
2	100	97	97	0,031371	
2	100	97	97	0,029818	
2	100	100	100	0,028802	
2	100	98	98	0,026918	
2	100	95	95	0,024913	
Promedio	100	97,2	97,2	0,031535	

f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	19-jul	Escenario	Validación	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	20,9
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,3
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	21
3	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,3
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,63

Fecha	19-jul	Escenario	Validación	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	19,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	19,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	21
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,78	20,44



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	19-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	20,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	18,7
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,8
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,77	20,51

Fecha	19-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Paquetes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	M Header Recibidos	M Payload Recibidos	Throughput Kbps	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	20,7
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	20,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,7	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	20,2
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,81	20,8

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	20-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,9	9,4
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,9	9,3
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,8	9,6
3	100	100	0	0	0	0,4	0	94	9,3
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,9	9,5
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,8	19,2
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,9	9,1
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,9	9,1
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,9	9,2
3	100	100	0	0	0	0,4	0	93,8	9,3
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	93,88	10,3



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	12-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	101,4	20,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	99	1	1	0	0,4	0,01	101,4	20,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	101,4	20,8
Promedio	100	99,9	0,1	0,1	0	0,4	0,001	101,82	20,84

Fecha	13-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	100	17,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	18,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	18,7
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,9
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,04

Fecha	13-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	0,4	0	100,1	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	21
2	100	99	1	1	0	0,4	0,01	99,5	17,7
2	100	99	1	1	0	0,4	0,01	99,4	17,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	17,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100,1	20,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100,1	21
2	100	100	0	0	0	0,4	0	100	20,9
Promedio	100	99,8	0,2	0,2	0	0,4	0,002	99,92	19,9



### h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	20-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	56	44	26	18	0,4	0,44	87,9	11,8
3	100	66	34	18	16	0,4	0,34	90	13,1
3	100	72	28	11	17	0,4	0,28	92	14,6
3	100	69	31	13	18	0,4	0,31	91,4	14,2
3	100	69	31	8	23	0,4	0,31	92,6	13,8
3	100	69	31	13	18	0,4	0,31	91,1	13,1
3	100	69	31	16	15	0,4	0,31	90,4	12,5
3	100	72	28	12	16	0,4	0,28	91,5	13,9
3	100	73	27	15	12	0,4	0,27	90,8	13,3
3	100	63	37	18	19	0,4	0,37	90,2	12,7
Promedio	100	67,8	32,2	15	17,2	0,4	0,322	90,79	13,3

Fecha	12-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	98	12,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	12,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	12,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	13,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	13,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	12,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	13,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	13
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	13,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	12,2
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	98	12,88

Fecha	12-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	100	0	0	0	0,4	0	98	9,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	10,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	10,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	9,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	12,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	10
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	10,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	10,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	11,9
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	11,2
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	98	10,66



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	12-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	100	0	0	0	0,4	0	98	13,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	20,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,8
2	100	100	0	0	0	0,4	0	98	20
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	98	19,12

- Carga 3 - bombillo fluorescente

e. Cypress

Fecha	22-jun		Escenario	Validación	Kit	Cypress	
Resultados							
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
3	100	0	0	0			
Promedio	100	0	0	0			

Fecha	22-jun		Escenario	Validación	Kit	Cypress	
Resultados							
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec			
2 (0-800)	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
2	100	0	0	0			
Promedio	100	0	0	0			



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	22-jun	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (400-800)	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
2	100	0	0	0	
Promedio	100	0	0	0	

Fecha	22-jun	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Cantidad	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Msg Rx por sec	
2 (0-400)	100	54	71	0,053947	
2	100	52	76	0,050574	
2	100	50	67	0,040612	
2	100	52	72	0,038986	
2	100	51	76	0,037185	
2	100	46	67	0,030301	
2	100	60	80	0,033261	
2	100	32	53	0,020598	
2	100	12	13	0,011431	
2	100	53	79	0,02429	
Promedio	100	46,2	65,4	0,0341185	

f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	22-jun	Escenario	Validación	Kit	Semitech				
<b>Resultados</b>									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	25	75	19	56	0,4	0,75	76,8	4,4
3	100	33	67	22	45	0,4	0,67	77,8	4,2
3	100	32	68	18	50	0,4	0,68	79,3	4,7
3	100	17	83	15	68	0,4	0,83	76,6	4,2
3	100	23	77	17	60	0,4	0,77	76,9	4,5
3	100	28	72	22	50	0,4	0,72	76,3	4,7
3	100	23	77	21	56	0,4	0,77	76,2	5,3
3	100	31	69	18	51	0,4	0,69	79,2	5,5
3	100	28	72	19	53	0,4	0,72	77,6	4
3	100	26	74	17	57	0,4	0,74	76,6	4,4
Promedio	100	26,6	73,4	18,8	54,6	0,4	0,734	77,33	4,59



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	21-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	45	55	0	55	0,4	0,55	95,7	12,2
2	100	40	60	0	60	0,4	0,6	94,9	12,5
2	100	50	50	0	50	0,4	0,5	96,1	11
2	100	33	67	0	67	0,4	0,67	93,7	12,5
2	100	45	55	1	54	0,4	0,55	95,3	11,9
2	100	42	58	0	58	0,4	0,58	95,3	12,8
2	100	44	56	0	56	0,4	0,56	95	11,7
2	100	47	53	0	53	0,4	0,53	95,6	11,5
2	100	46	54	0	54	0,4	0,54	94,7	11,3
2	100	47	53	0	53	0,4	0,53	95,6	12,3
Promedio	100	43,9	56,1	0,1	56	0,4	0,561	95,19	11,97

Fecha	21-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	36	60	6	54	0,4	0,64	87,5	8,7
2	100	41	58	1	57	0,4	0,59	90,2	10,2
2	100	38	53	2	51	0,4	0,616	90,2	9,9
2	100	31	67	5	62	0,4	0,69	88,4	8,7
2	100	48	51	1	50	0,4	0,52	91,5	9,8
2	100	30	70	2	68	0,4	0,7	88,4	9,4
2	100	36	61	2	59	0,4	0,64	90	9,4
2	100	27	68	2	66	0,4	0,73	88,7	8,7
2	100	44	55	2	53	0,4	0,56	90,7	9,2
2	100	38	56	3	53	0,4	0,62	89,5	9,6
Promedio	100	36,9	59,9	2,6	57,3	0,4	0,631	89,51	9,36

Fecha	21-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	98	0	0	0	0,4	0,02	96,5	14,3
2	100	96	1	1	0	0,4	0,04	95,7	13,7
2	100	92	4	4	0	0,4	0,08	94,1	12,9
2	100	89	2	2	0	0,4	0,11	94,9	14
2	100	95	1	1	0	0,4	0,05	95,3	13,6
2	100	88	3	3	0	0,4	0,12	94	13,6
2	100	88	8	8	0	0,4	0,12	91,4	12,5
2	100	90	3	3	0	0,4	0,1	94	12,8
2	100	88	5	5	0	0,4	0,12	93	12,5
2	100	93	3	3	0	0,4	0,07	94,2	13
Promedio	100	91,7	3	3	0	0,4	0,083	94,31	13,29



g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	22-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	0	100	34	66	0,4	1	74,7	2,9
3	100	0	99	44	55	0,4	1	68,9	2,5
3	100	0	100	32	68	0,4	1	74,1	3,4
3	100	1	99	12	87	0,4	0,99	85	4,5
3	100	0	100	22	78	0,4	1	79,6	3,7
3	100	0	99	8	91	0,4	1	85,3	4,7
3	100	0	100	18	82	0,4	1	81,3	3,8
3	100	0	100	20	80	0,4	1	82,2	3,8
3	100	0	100	8	92	0,4	1	86	4,5
3	100	0	99	27	72	0,4	1	75,5	3,4
Promedio	100	0,1	99,6	22,5	77,1	0,4	0,999	79,26	3,72

Fecha	21-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	0	100	0	100	0,4	1	100,3	14,7
2	100	0	100	0	100	0,4	1	100,1	14,3
2	100	0	100	0	100	0,4	1	99,9	12,8
2	100	0	100	0	100	0,4	1	99,6	13
2	100	1	99	0	99	0,4	0,99	100	14,4
2	100	0	100	0	100	0,4	1	99,7	13,1
2	100	0	100	0	100	0,4	1	87,2	4,4
2	100	0	100	34	66	0,4	1	87,8	4,6
2	100	0	100	42	58	0,4	1	85,2	4,1
2	100	0	100	37	63	0,4	1	86,8	4,7
Promedio	100	0,1	99,9	11,3	88,6	0,4	0,999	94,66	10,01

Fecha	20-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	0	100	3	97	0,4	1	96,6	8,8
2	100	0	100	0	100	0,4	1	99,1	9,4
2	100	0	100	1	99	0,4	1	97,8	9,1
2	100	0	100	1	99	0,4	1	98,3	9
2	100	0	100	0	100	0,4	1	98,7	9,6
2	100	0	100	2	98	0,4	1	97,7	9,1
2	100	0	100	0	100	0,4	1	98,8	9
2	100	0	100	2	98	0,4	1	97,3	9
2	100	0	100	2	98	0,4	1	97,1	8,8
2	100	0	100	0	100	0,4	1	99,1	9,1
Promedio	100	0	100	1,1	98,9	0,4	1	98,05	17,55



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	20-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	22	78	1	77	0,3	0,78	102	11,9
2	100	15	85	0	85	0,4	0,85	102	11,9
2	100	9	91	1	90	0,4	0,91	101,4	12,6
2	100	20	80	0	80	0,4	0,8	102	12,7
2	100	21	79	0	79	0,4	0,79	102	12,7
2	100	13	87	0	87	0,4	0,87	102	12,5
2	100	19	81	0	81	0,4	0,81	102	12,6
2	100	18	82	0	82	0,4	0,82	102	12,2
2	100	22	78	0	78	0,4	0,78	102	12
2	100	17	83	2	81	0,4	0,83	100,8	11,9
Promedio	100	17,6	82,4	0,4	82	0,39	0,824	101,82	12,3

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	21-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	0	55	55	0	0,3	1	0	0
3	100	0	48	48	0	0,3	1	0	0
3	100	0	59	59	0	0,3	1	0	0
3	100	0	54	54	0	0,3	1	0	0
3	100	0	51	51	0	0,3	1	0	0
3	100	0	59	59	0	0,3	1	0	0
3	100	0	53	52	1	0,3	1	68,7	0,2
3	100	0	53	53	0	0,3	1	0	0
3	100	0	59	59	0	0,3	1	0	0
3	100	0	51	51	0	0,3	1	0	0
Promedio	100	0	54,2	54,1	0,1	0,3	1	6,87	0,02

Fecha	21-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-800)	100	42	58	19	39	0,3	0,58	92,5	7,1
2	100	50	50	58	34	0,3	0,5	79,2	1,6
2	100	38	62	21	41	0,3	0,38	91,7	6,9
2	100	34	66	23	43	0,3	0,66	91,1	6,5
2	100	35	65	20	45	0,3	0,65	92	6,8
2	100	37	63	21	42	0,3	0,63	91,7	6,3
2	100	40	60	20	40	0,3	0,6	92	6,9
2	100	35	65	23	42	0,3	0,65	91,3	6,7
2	100	34	66	22	44	0,3	0,66	91,9	6,7
2	100	35	65	22	43	0,3	0,65	91,4	6,4
Promedio	100	38	62	24,9	41,3	0,3	0,596	90,48	6,19



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	21-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (400-800)	100	6	94	26	68	0,3	0,94	90,1	5,8
2	100	10	90	30	60	0,3	0,9	88,5	5,3
2	100	10	90	31	59	0,3	0,9	88,1	5,2
2	100	9	91	28	63	0,3	0,91	89	5,1
2	100	9	91	36	55	0,3	0,91	87	4,4
2	100	21	79	25	54	0,3	0,79	90,5	5,3
2	100	10	90	30	60	0,3	0,9	88,8	4,5
2	100	10	90	32	58	0,3	0,9	88,1	5,7
2	100	11	89	35	54	0,3	0,89	87,3	4,6
2	100	13	87	25	62	0,3	0,87	90,3	5,1
Promedio	100	10,9	89,1	29,8	59,3	0,3	0,891	88,77	5,1

Fecha	21-jun			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
Resultados									
Cantidad	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2 (0-400)	100	91	9	3	6	0,3	0,09	97,1	11,3
2	100	91	9	0	9	0,3	0,09	98	11,6
2	100	95	5	1	4	0,3	0,05	97,7	11,3
2	100	89	11	3	8	0,3	0,11	97,1	11,2
2	100	95	5	1	4	0,3	0,05	97,7	11,3
2	100	90	10	3	7	0,3	0,1	97,1	11,1
2	100	90	10	4	6	0,3	0,1	96,8	10,8
2	100	90	10	3	7	0,3	0,1	97,1	11,1
2	100	86	14	1	13	0,3	0,14	97,7	11,4
2	100	95	5	3	2	0,3	0,05	97,1	11,2
Promedio	100	91,2	8,8	2,2	6,6	0,3	0,088	97,34	11,23

## Prueba 4 - Efecto de cargas de diferentes tipos conectadas simultáneamente

### e. Cypress

Fecha	9-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress
Resultados						
Combinación	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
1	100	0	0		0	
Promedio	100	0	0		0	



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	10-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>						
Combinación	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec	
2	100	55	55		0,012016	
2	100	57	57		0,01206	
2	100	52	52		0,010607	
2	100	97	97		0,031364	
2	100	62	62		0,012492	
2	100	89	89		0,021908	
2	100	85	85		0,02006	
2	100	90	90		0,020454	
2	100	84	84		0,018464	
2	100	73	73		0,015385	
Promedio	100	74,4	74,4		0,017481	

Fecha	20-jul		Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>						
Combinación	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos		Msg Rx por sec	
3	100	98	98		0,250152	
3	100	96	96		0,173924	
3	100	98	98		0,045262	
3	100	98	98		0,040926	
3	100	94	94		0,360954	
3	100	99	99		0,173254	
3	100	93	93		0,127385	
3	100	99	99		0,111451	
3	100	97	97		0,093227	
3	100	98	98		0,164605	
Promedio	100	97	97		0,154114	

f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	10-jul			Escenario	Validación	Kit	Semitech		
<b>Resultados</b>									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	73	2	2	0	0,4	0,27	74,3	10,5
1	100	67	8	8	0	0,4	0,33	71	9,5
1	100	68	7	7	0	0,4	0,32	72	9,9
1	100	80	2	2	0	0,4	0,2	74,4	10,5
1	100	69	5	5	0	0,4	0,303	73,2	10,1
1	100	72	7	7	0	0,4	0,265	71,9	9,9
1	100	74	4	4	0	0,4	0,26	73,5	10,5
1	100	78	7	7	0	0,4	0,22	72,7	9,6
1	100	79	4	4	0	0,4	0,21	73,5	10,3
1	100	83	3	3	0	0,4	0,17	73,7	10,6
Promedio	100	74,3	4,9	4,9	0	0,4	0,255	73,02	10,14



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	11-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,1
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,3
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,5
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	82	17,31

Fecha	11-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	7	4	1	3	0,4	0,92	87,3	8,2
3	100	15	13	6	7	0,4	0,85	80,9	7,4
3	100	21	12	11	1	0,4	0,79	74,5	7,3
3	100	20	15	9	6	0,4	0,722	78,4	7,1
3	100	38	7	6	1	0,4	0,612	84,9	8,4
3	100	2	1	1	0	0,4	0,969	74	6
3	100	1	3	0	3	0,4	0,857	91,5	9
3	100	2	2	2	0	0,4	0,926	66	4,5
3	100	6	1	1	0	0,4	0,922	84,6	7,3
3	100	6	0	0	0	0,4	0,935	91,7	8,5
Promedio	100	11,8	5,8	3,7	2,1	0,4	0,85	81,38	7,37

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	10-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	17	83	1	82	0,4	0,83	101,2	12,3
1	100	13	87	0	87	0,4	0,87	101,9	11,8
1	100	3	97	0	97	0,4	0,97	101,9	12,2
1	100	4	96	4	92	0,4	0,96	99,5	11,3
1	100	7	93	2	91	0,4	0,93	100,8	10,3
1	100	16	84	1	83	0,4	0,84	101,3	11,9
1	100	34	66	0	66	0,4	0,66	101,9	10,6
1	100	14	86	1	85	0,4	0,86	101,3	12,2
1	100	14	86	2	84	0,4	0,86	100,7	11,5
1	100	15	85	2	83	0,4	0,85	100,6	12,2
Promedio	100	13,7	86,3	1,3	85	0,4	0,863	101,11	11,63



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	10-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,6
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,5
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,7
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,2
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	17
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,7
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	20,4
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18
2	100	100	0	0	0	0,4	0	102	18
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	102	19,46

Fecha	10-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	62	38	0	38	0,4	0,38	102	12,5
3	100	55	45	0	45	0,4	0,45	102	13,4
3	100	70	30	0	30	0,4	0,3	102	12,6
3	100	67	33	0	33	0,4	0,33	102	13,4
3	100	82	18	0	18	0,4	0,18	102	12,5
3	100	89	11	0	11	0,4	0,11	102	11,6
3	100	59	41	0	41	0,4	0,41	102	13,5
3	100	48	52	0	52	0,4	0,52	102	13,8
3	100	53	47	0	47	0,4	0,47	102	13,4
3	100	44	56	0	56	0,4	0,56	102	13,6
Promedio	100	62,9	37,1	0	37,1	0,4	0,371	102	13,03

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	10-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
1	100	98	2	0	2	0,3	0,02	98	13,9
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,4
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	12,3
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,9
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,7
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,5
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,9
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	12,1
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,9
1	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,6
Promedio	100	99,8	0,2	0	0,2	0,3	0,002	98	12,02



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	10-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	16,4
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,4
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,5
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,7
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,5
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,5
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,6
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,5
2	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,6
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	15,57

Fecha	10-jul			Escenario	Validación		Kit	Semitech	
Resultados									
Combinación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR
3	100	92	8	1	7	0,3	0,08	97,7	11
3	100	98	2	0	2	0,3	0,02	98	11,3
3	100	97	3	0	3	0,3	0,03	98	11,1
3	100	95	5	0	5	0,3	0,05	98	11
3	100	99	1	0	1	0,3	0,01	98	11,1
3	100	96	4	1	3	0,3	0,04	97,7	10,8
3	100	98	2	0	2	0,3	0,02	98	11,2
3	100	97	3	2	1	0,3	0,03	97,4	11,3
3	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,6
3	100	100	0	0	0	0,3	0	98	11,8
Promedio	100	97,2	2,8	0,4	2,4	0,3	0,028	97,88	11,22

### 3. Resultados – Pruebas ruido eléctrico impulsivo

#### Prueba 1 - Efecto de carga

##### e. Cypress

Fecha	30-may			Escenario	4,1		Kit	Cypress	
Resultados									
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec				
0	100	88	88	45	0,042855				
0	100	81	81	50	0,036518				
0	100	82	82	57	0,034244				
0	100	82	82	44	0,031862				
0	100	84	84	53	0,030204				
0	100	84	84	52	0,028296				
0	100	83	83	52	0,02619				
0	100	84	84	51	0,023661				
0	100	86	86	48	0,022911				
0	100	83	83	51	0,021184				
Promedio	100	83,7	83,7	50,3	0,0297925				



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	30-may	Escenario	4,1	Kit	Cypress
Resultados					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
400	100	40	40	59	0,281364
400	100	47	47	45	0,137141
400	100	54	54	41	0,107946
400	100	47	47	51	0,060733
400	100	49	49	49	0,051888
400	100	51	51	47	0,046646
400	100	59	59	39	0,046467
400	100	49	49	50	0,033695
400	100	53	53	47	0,03246
400	100	44	44	54	0,024047
Promedio	100	49,3	49,3	48,2	0,0822387

Fecha	30-may	Escenario	4,1	Kit	Cypress
Resultados					
Ub. Carga	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
800	100	67	67	55	0,016173
800	100	59	59	50	0,013678
800	100	65	65	45	0,014523
800	100	55	55	53	0,011668
800	100	56	56	51	0,011322
800	100	59	59	52	0,011566
800	100	59	59	48	0,11226
800	100	69	69	47	0,012534
800	100	73	73	42	0,012779
800	100	61	61	55	0,010285
Promedio	100	62,3	62,3	49,8	0,0226788

f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	5-jun	Escenario	Validación	Kit	Semitech					
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,1	45
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21	46
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	19,4	48
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	19	58
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21	56
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21	55
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21	52
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	21	49
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21	53
0	100	100	0	0	0	0,4	0	101,8	19,5	55
Promedio	100	100	0	0	0	0,4	0	101,85	20,3	51,7



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	29-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
400	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,9	19,6	60
400	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,8	18,8	49
400	100	95	5	0	5	0,4	0,05	101,9	18,8	47
400	100	95	5	0	5	0,4	0,05	101,9	21	55
400	100	99	1	0	1	0,4	0,01	102	21	50
400	100	96	4	0	4	0,4	0,04	101,9	19,2	54
400	100	96	4	0	4	0,4	0,04	101,9	21	48
400	100	98	2	0	2	0,4	0,02	101,9	21	55
400	100	93	7	0	7	0,4	0,07	101,9	19,4	49
400	100	94	6	0	6	0,4	0,6	101,9	21	59
Promedio	100	96,4	3,6	0	3,6	0,4	0,09	101,9	20,08	52,6

Fecha	5-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
800	100	89	11	0	11	0,4	0,11	102	19,7	49
800	100	81	19	0	19	0,4	0,19	101,9	19,7	55
800	100	91	9	0	9	0,4	0,09	101,9	19,7	57
800	100	91	9	0	9	0,4	0,09	101,9	19,4	48
800	100	91	9	0	9	0,4	0,09	101,9	19,5	49
800	100	84	16	0	16	0,4	0,16	101,9	20,9	57
800	100	92	8	0	8	0,4	0,08	101,9	20,1	54
800	100	91	9	0	9	0,4	0,09	102	19,7	45
800	100	90	10	0	10	0,4	0,1	101,9	19,5	55
800	100	95	5	0	5	0,4	0,5	101,8	20,9	49
Promedio	100	89,5	10,5	0	10,5	0,4	0,15	101,91	19,91	51,8

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
0	100	39	61	0	61	0,4	0,61	102	19,2	61
0	100	46	54	0	54	0,4	0,54	102	19,4	54
0	100	52	48	0	48	0,4	0,48	102	19,8	50
0	100	45	55	0	55	0,4	0,55	102	19,4	58
0	100	49	51	0	51	0,4	0,51	102	19,6	51
0	100	45	55	0	55	0,4	0,55	102	19,4	55
0	100	49	51	0	51	0,4	0,51	102	19,7	50
0	100	54	46	0	46	0,4	0,46	102	19,9	46
0	100	47	53	0	53	0,4	0,53	102	19,8	53
0	100	54	46	0	46	0,4	0,46	102	19,7	49
Promedio	100	48	52	0	52	0,4	0,52	102	19,59	52,7



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
400	100	42	58	0	58	0,4	0,58	101,4	11,6	58
400	100	48	52	0	52	0,4	0,52	101,6	12,5	52
400	100	50	50	0	50	0,4	0,5	100,9	10,9	49
400	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,8	12,6	49
400	100	47	53	0	53	0,4	0,53	101,6	12,3	53
400	100	47	53	0	53	0,4	0,53	101,6	12,6	53
400	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,5	13,5	49
400	100	57	43	0	43	0,4	0,43	101,8	13,6	44
400	100	57	43	0	43	0,4	0,43	101,9	13,3	45
400	100	54	46	0	46	0,4	0,46	101,8	13,2	47
Promedio	100	50,4	49,6	0	49,6	0,4	0,496	101,59	12,61	49,9

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
800	100	70	30	0	30	0,4	0,3	101,8	12,3	57
800	100	59	41	0	41	0,4	0,41	101,7	11,9	61
800	100	70	30	0	30	0,4	0,3	101,8	13,4	50
800	100	54	46	0	46	0,4	0,46	101,9	14,5	46
800	100	56	44	0	44	0,4	0,44	101,8	15	44
800	100	44	56	0	56	0,4	0,56	101,7	12,3	60
800	100	63	37	0	37	0,4	0,37	101,7	13,6	48
800	100	64	36	0	36	0,4	0,36	101,8	13,6	50
800	100	68	32	0	32	0,4	0,32	101,9	14	45
800	100	71	29	0	29	0,4	0,29	101,9	13,9	45
Promedio	100	61,9	38,1	0	38,1	0,4	0,381	101,8	13,45	50,6

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	16,7	53
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	17,7	42
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	16,3	58
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	17,3	50
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	16,7	54
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	17,3	49
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	16,8	55
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	16,7	55
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	17,3	47
0	100	100	0	0	0	0,3	0	98	16,9	51
Promedio	100	100	0	0	0	0,3	0	98	16,97	51,4



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	31-may			Escenario	Validación	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
400	100	47	53	23	30	0,4	0,53	91,1	10,9	52
400	100	48	52	29	23	0,4	0,52	89,3	10,7	52
400	100	48	52	25	27	0,4	0,52	90,5	11,1	52
400	100	47	53	34	19	0,4	0,53	87,7	10,5	53
400	100	48	52	27	25	0,4	0,52	89,9	10,9	52
400	100	51	49	28	21	0,4	0,49	89,6	11,4	49
400	100	48	52	29	23	0,4	0,52	89,3	10,9	52
400	100	53	47	26	21	0,4	0,47	90,2	11,8	47
400	100	44	56	28	28	0,4	0,56	89,7	10	56
400	100	59	41	25	16	0,4	0,41	90,5	12,9	41
Promedio	100	49,3	50,7	27,4	23,3	0,4	0,507	89,78	11,11	50,6

Fecha	31-may			Escenario	Validación	Kit	Semitech			
Resultados										
Ub. Carga	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
800	100	48	52	32	20	0,3	0,52	88,4	10,7	53
800	100	52	48	28	20	0,3	0,48	89,8	11,5	48
800	100	48	52	29	23	0,3	0,52	89,3	10,7	52
800	100	56	44	21	23	0,3	0,44	91,7	12,4	46
800	100	53	47	20	27	0,3	0,47	92	11,9	47
800	100	52	48	27	21	0,3	0,48	89,9	11,4	48
800	100	58	42	23	19	0,3	0,42	91,6	12,9	42
800	100	40	60	30	30	0,3	0,6	89	9,2	60
800	100	47	53	26	27	0,3	0,53	90,2	10,7	53
800	100	50	50	31	19	0,3	0,5	88,9	11,2	50
Promedio	100	50,4	49,6	26,7	22,9	0,3	0,496	90,08	11,26	49,9

## Prueba 2 - Efecto de carga sobre la modulación

### e. Cypress

Fecha	30-may		Escenario	4,1	Kit	Cypress
Resultados						
Modulación	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec	
FSK	100	40	40	59	0,281364	
FSK	100	47	47	45	0,137141	
FSK	100	54	54	41	0,107946	
FSK	100	47	47	51	0,060733	
FSK	100	49	49	49	0,051888	
FSK	100	51	51	47	0,046646	
FSK	100	59	59	39	0,046467	
FSK	100	49	49	50	0,033695	
FSK	100	53	53	47	0,03246	
FSK	100	44	44	54	0,024047	
Promedio	100	49,3	49,3	48,2	0,0822387	



f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	25-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
BPSK	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,9	19,6	60
BPSK	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,8	18,8	49
BPSK	100	95	5	0	5	0,4	0,05	101,9	18,8	47
BPSK	100	95	5	0	5	0,4	0,05	101,9	21	55
BPSK	100	99	1	0	1	0,4	0,01	102	21	50
BPSK	100	96	4	0	4	0,4	0,04	101,9	19,2	54
BPSK	100	96	4	0	4	0,4	0,04	101,9	21	48
BPSK	100	98	2	0	2	0,4	0,02	101,9	21	55
BPSK	100	93	7	0	7	0,4	0,07	101,9	19,4	49
BPSK	100	94	6	0	6	0,4	0,6	101,9	21	59
Promedio	100	96,4	3,6	0	3,6	0,4	0,09	101,9	20,08	52,6

Fecha	25-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
QPSK	100	55	45	0	45	0,4	0,45	101,8	21	55
QPSK	100	50	50	0	50	0,4	0,5	101,8	21	60
QPSK	100	60	40	0	40	0,4	0,4	101,9	21	50
QPSK	100	50	50	0	50	0,4	0,5	101,8	21	60
QPSK	100	55	45	0	45	0,4	0,45	101,7	21	55
QPSK	100	60	40	0	40	0,4	0,4	101,8	21	46
QPSK	100	55	45	0	45	0,4	0,45	101,8	21	48
QPSK	100	49	51	0	51	0,4	0,51	101,8	20,8	55
QPSK	100	56	44	0	44	0,4	0,44	101,9	20,1	45
QPSK	100	55	45	0	45	0,4	0,45	101,7	21	51
Promedio	100	54,5	45,5	0	45,5	0,4	0,455	101,8	20,89	52,5

Fecha	25-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	19,9	49
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	20,9	49
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,7	20,5	52
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,9	20,9	50
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,7	21	53
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	19	51
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,9	18,8	56
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	21	62
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	21	51
8-PSK	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	19,4	54
Promedio	100	0	100	0	100	0,4	1	101,8	20,24	52,7



g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	1-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
BPSK	100	42	58	0	58	0,4	0,58	101,4	11,6	58
BPSK	100	48	52	0	52	0,4	0,52	101,6	12,5	52
BPSK	100	50	50	0	50	0,4	0,5	100,9	10,9	49
BPSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,8	12,6	49
BPSK	100	47	53	0	53	0,4	0,53	101,6	12,3	53
BPSK	100	47	53	0	53	0,4	0,53	101,6	12,6	53
BPSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,5	13,5	49
BPSK	100	57	43	0	43	0,4	0,43	101,8	13,6	44
BPSK	100	57	43	0	43	0,4	0,43	101,9	13,3	45
BPSK	100	54	46	0	46	0,4	0,46	101,8	13,2	47
Promedio	100	50,4	49,6	0	49,6	0,4	0,496	101,59	12,61	49,9

Fecha	1-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
QPSK	100	50	50	0	50	0,4	0,5	101,8	12,5	50
QPSK	100	46	54	0	54	0,4	0,54	101,6	12,4	54
QPSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,6	13,4	49
QPSK	100	52	48	0	48	0,4	0,48	101,6	13,4	48
QPSK	100	53	47	0	47	0,4	0,47	101,6	13,3	47
QPSK	100	55	45	0	45	0,4	0,45	101,6	13,6	45
QPSK	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,6	13	49
QPSK	100	47	53	0	53	0,4	0,53	101,6	12,2	53
QPSK	100	55	45	0	45	0,4	0,45	101,6	13,6	45
QPSK	100	48	52	0	52	0,4	0,52	101,8	12,4	52
Promedio	100	50,8	49,2	0	49,2	0,4	0,492	101,64	12,98	49,2

Fecha	1-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
8-PSK	100	36	64	0	64	0,4	0,64	101,8	10,3	64
8-PSK	100	46	54	0	54	0,4	0,54	101,9	12	54
8-PSK	100	52	48	0	48	0,4	0,48	101,6	13,4	48
8-PSK	100	48	52	0	52	0,4	0,52	101,7	13,7	52
8-PSK	100	48	52	0	52	0,4	0,52	101,7	12,2	52
8-PSK	100	53	47	0	47	0,4	0,47	100,4	13,6	47
8-PSK	100	49	51	0	51	0,4	0,51	101,7	12,6	51
8-PSK	100	55	45	0	45	0,4	0,45	101,5	13,9	45
8-PSK	100	56	44	0	44	0,4	0,44	101,8	13,5	44
8-PSK	100	46	54	0	54	0,4	0,54	101,8	12	53
Promedio	100	48,9	51,1	0	51,1	0,4	0,511	101,59	12,72	51



### h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	25-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
BPSK	100	47	53	23	30	0,4	0,53	91,1	10,9	49
BPSK	100	48	52	29	23	0,4	0,52	89,3	10,7	48
BPSK	100	48	52	25	27	0,4	0,52	90,5	11,1	55
BPSK	100	47	53	34	19	0,4	0,53	87,7	10,5	51
BPSK	100	48	52	27	25	0,4	0,52	89,9	10,9	43
BPSK	100	51	49	28	21	0,4	0,49	89,6	11,4	63
BPSK	100	48	52	29	23	0,4	0,52	89,3	10,9	49
BPSK	100	53	47	26	21	0,4	0,47	90,2	11,8	51
BPSK	100	44	56	28	28	0,4	0,56	89,7	10	44
BPSK	100	59	41	25	16	0,4	0,41	90,5	12,9	54
Promedio	100	49,3	50,7	27,4	23,3	0,4	0,507	89,78	11,11	50,7

Fecha	2-jun			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Modulación	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
QPSK	100	48	52	23	29	0,3	0,52	91,1	11,9	53
QPSK	100	38	62	31	31	0,3	0,62	88,7	9,8	63
QPSK	100	51	49	28	21	0,3	0,49	89,8	12,3	49
QPSK	100	54	46	18	28	0,3	0,46	92,6	13	48
QPSK	100	46	54	33	21	0,3	0,54	88,5	11,3	55
QPSK	100	40	60	28	32	0,3	0,6	89,6	10,4	60
QPSK	100	51	49	27	22	0,3	0,49	89,9	12	49
QPSK	100	56	44	30	14	0,3	0,44	89	12,5	44
QPSK	100	53	47	29	18	0,3	0,47	89,3	12,4	47
QPSK	100	50	50	36	14	0,3	0,5	87,2	11,4	50
Promedio	100	48,7	51,3	28,3	23	0,3	0,513	89,57	11,7	51,8

### Prueba 5 - Efecto del ruido eléctrico impulsivo

#### e. Cypress

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Cypress		
Resultados										
Uno >	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec					
50	100	16	16	86	0,074662					
50	100	18	18	83	0,048379					
50	100	18	18	82	0,033065					
50	100	17	17	83	0,025227					
50	100	20	20	80	0,024541					
50	100	23	23	77	0,023856					
50	100	13	13	82	0,011195					
50	100	18	18	82	0,013757					
50	100	17	17	82	0,011558					
50	100	21	21	79	0,012861					
Promedio	100	18,1	18,1	81,6	0,0279101					



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	31-may	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Uno >	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
125	100	40	40	59	0,281364
125	100	47	47	45	0,137141
125	100	54	54	41	0,107946
125	100	47	47	51	0,060733
125	100	49	49	49	0,051888
125	100	51	51	47	0,046646
125	100	59	59	39	0,046467
125	100	49	49	50	0,033695
125	100	53	53	47	0,03246
125	100	44	44	54	0,024047
Promedio	100	49,3	49,3	48,2	0,0822387

Fecha	31-may	Escenario	Validación	Kit	Cypress
<b>Resultados</b>					
Uno >	Paquetes Enviados	Enviados Satisfac	Mensajes Recibidos	Activ. Carga	Msg Rx por sec
200	100	80	80	18	0,041446
200	100	76	76	20	0,035995
200	100	74	74	22	0,032307
200	100	79	79	20	0,031594
200	100	78	78	20	0,028654
200	100	65	65	34	0,022439
200	100	81	81	17	0,026454
200	100	68	68	29	0,021132
200	100	76	76	19	0,022723
200	100	72	72	33	0,383004
Promedio	100	74,9	74,9	23,2	0,0645748

f. Semitech Semiconductor (IEEE 1901.2)

Fecha	31-may	Escenario	Validación	Kit	Semitech					
<b>Resultados</b>										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
50	100	85	15	0	15	0,4	0,15	101,9	21	85
50	100	81	19	0	19	0,4	0,19	101,9	18,8	88
50	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,9	19,4	75
50	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,9	21	79
50	100	81	19	0	19	0,4	0,19	101,8	21	84
50	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,9	19	83
50	100	87	13	0	13	0,4	0,13	102	19,2	78
50	100	64	36	0	36	0,4	0,36	102	19	83
50	100	88	12	0	12	0,4	0,12	101,8	21	84
50	100	79	21	0	21	0,4	0,21	101,9	21	85
Promedio	100	80,4	19,6	0	19,6	0,4	0,196	101,9	20,04	82,4



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
125	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,9	19,6	60
125	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,8	18,8	49
125	100	95	5	0	5	0,4	0,05	101,9	18,8	47
125	100	95	5	0	5	0,4	0,05	101,9	21	55
125	100	99	1	0	1	0,4	0,01	102	21	50
125	100	96	4	0	4	0,4	0,04	101,9	19,2	54
125	100	96	4	0	4	0,4	0,04	101,9	21	48
125	100	98	2	0	2	0,4	0,02	101,9	21	55
125	100	93	7	0	7	0,4	0,07	101,9	19,4	49
125	100	94	6	0	6	0,4	0,6	101,9	21	59
Promedio	100	96,4	3,6	0	3,6	0,4	0,09	101,9	20,08	52,6

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
200	100	98	2	0	2	0,4	0,02	101,9	18,7	27
200	100	96	4	0	4	0,4	0,04	101,8	21	25
200	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21	17
200	100	96	4	0	4	0,4	0,04	101,9	19,4	20
200	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21	22
200	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,9	20,9	16
200	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,8	20,5	16
200	100	95	5	0	5	0,4	0,05	101,9	21	25
200	100	99	1	0	1	0,4	0,01	101,8	21	21
200	100	100	0	0	0	0,4	0	101,9	21	18
Promedio	100	98,2	1,8	0	1,8	0,4	0,018	101,87	20,55	20,7

g. Semitech Semiconductor (G3)

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
50	100	17	85	2	83	0,4	0,833	100,3	8,9	83
50	100	20	80	0	80	0,4	0,8	101,3	7,8	82
50	100	25	75	0	75	0,4	0,75	101,6	8,5	77
50	100	16	84	0	84	0,4	0,84	101,3	8,7	84
50	100	16	84	0	84	0,4	0,84	101,6	7,4	84
50	100	18	82	0	82	0,4	0,82	101,5	7,6	82
50	100	11	89	0	89	0,4	0,89	101,3	6,8	89
50	100	17	83	0	83	0,4	0,83	101,9	7,1	83
50	100	28	72	0	72	0,4	0,72	101,8	8,2	76
50	100	26	74	0	74	0,4	0,74	101,4	8,9	75
Promedio	100	19,4	80,8	0,2	80,6	0,4	0,806	101,4	7,99	81,5



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
125	100	42	58	0	58	0,4	0,58	101,4	11,6	58
125	100	48	52	0	52	0,4	0,52	101,6	12,5	52
125	100	50	50	0	50	0,4	0,5	100,9	10,9	49
125	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,8	12,6	49
125	100	47	53	0	53	0,4	0,53	101,6	12,3	53
125	100	47	53	0	53	0,4	0,53	101,6	12,6	53
125	100	51	49	0	49	0,4	0,49	101,5	13,5	49
125	100	57	43	0	43	0,4	0,43	101,8	13,6	44
125	100	57	43	0	43	0,4	0,43	101,9	13,3	45
125	100	54	46	0	46	0,4	0,46	101,8	13,2	47
Promedio	100	50,4	49,6	0	49,6	0,4	0,496	101,59	12,61	49,9

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
200	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,6	18	20
200	100	82	18	0	18	0,4	0,18	101,6	18,1	18
200	100	72	28	0	28	0,4	0,28	101,6	16,4	28
200	100	78	22	0	22	0,4	0,22	101,8	17,4	23
200	100	70	30	0	30	0,4	0,3	101,5	16,1	30
200	100	80	20	0	20	0,4	0,2	101,9	17,7	20
200	100	83	17	0	17	0,4	0,17	101,8	18,2	17
200	100	77	23	0	23	0,4	0,23	101,6	17,2	23
200	100	73	27	0	27	0,4	0,27	101,6	16,7	27
200	100	81	19	0	19	0,4	0,19	101,7	17,9	19
Promedio	100	77,6	22,4	0	22,4	0,4	0,224	101,67	17,37	22,5

h. Semitech Semiconductor (PRIME)

Fecha	31-may			Escenario	Validación		Kit	Semitech		
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
50	100	18	82	53	29	0,4	0,82	82,8	4,9	82
50	100	18	82	52	30	0,4	0,82	81,9	4,8	82
50	100	18	82	47	35	0,4	0,82	83,9	4,8	82
50	100	20	80	43	37	0,4	0,8	85,1	5,2	80
50	100	21	79	53	26	0,4	0,79	82,4	5,3	79
50	100	22	78	47	31	0,4	0,78	83,9	5,6	78
50	100	23	77	33	44	0,4	0,77	88,3	6,3	77
50	100	17	83	51	32	0,4	0,83	82,7	4,7	83
50	100	25	75	45	30	0,4	0,75	84,5	6,2	75
50	100	17	83	49	34	0,4	0,83	83,3	4,7	83
Promedio	100	19,9	80,1	47,3	32,8	0,4	0,801	83,88	5,25	80,1



Análisis comparativo entre tecnologías *Power Line Communication* en el contexto de sistemas de medición remota de energía en baja tensión  
 Laura Daniela Motta Godoy

Fecha	31-may			Escenario	Validación	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
125	100	47	53	23	30	0,4	0,53	91,1	10,9	52
125	100	48	52	29	23	0,4	0,52	89,3	10,7	52
125	100	48	52	25	27	0,4	0,52	90,5	11,1	52
125	100	47	53	34	19	0,4	0,53	87,7	10,5	53
125	100	48	52	27	25	0,4	0,52	89,9	10,9	52
125	100	51	49	28	21	0,4	0,49	89,6	11,4	49
125	100	48	52	29	23	0,4	0,52	89,3	10,9	52
125	100	53	47	26	21	0,4	0,47	90,2	11,8	47
125	100	44	56	28	28	0,4	0,56	89,7	10	56
125	100	59	41	25	16	0,4	0,41	90,5	12,9	41
<b>Promedio</b>	100	49,3	50,7	27,4	23,3	0,4	0,507	89,78	11,11	50,6

Fecha	31-may			Escenario	Validación	Kit	Semitech			
Resultados										
Uno >	Pqtes Enviados	Pqt Buenos Recibidos	Pqt Mal Recibidos	Cabeceras Mal	Carga útil Mal	Throughput (Kbps)	PER	RSSI	SNR	Activ. Carga
200	100	74	26	20	6	0,4	0,26	92,2	15,4	26
200	100	76	24	16	8	0,4	0,24	93	16	24
200	100	76	24	15	9	0,4	0,24	93,5	16,2	24
200	100	71	29	17	12	0,4	0,29	92,9	15,3	29
200	100	77	23	11	12	0,4	0,23	94,7	16,6	23
200	100	81	19	10	9	0,4	0,19	95	17,3	19
200	100	79	21	9	12	0,4	0,21	95,3	17	21
200	100	85	15	8	7	0,4	0,15	95,6	18,1	15
200	100	84	16	11	5	0,4	0,16	94,7	17,8	16
200	100	75	25	13	12	0,4	0,25	94,1	16	25
<b>Promedio</b>	100	77,8	22,2	13	9,2	0,4	0,222	94,1	16,57	22,2



## APÉNDICE 3 – DISEÑO: Método para Sincronizar Impulsos de Ruido Eléctrico con la Señal de Información

Para apreciar de forma clara el efecto que el ruido eléctrico de tipo impulsivo tiene sobre la comunicación en la red, es necesario asegurar que haya una sincronización entre este y el mensaje (Información), ya que de otra manera la red podría estar transportando los dos de manera simultánea sin que llegara a afectar o incidir en la información.

Por lo anterior, se diseñó un método que permita garantizar que el impulso se presentará una vez se haya iniciado la transmisión. Se requiere una parte HW y una SW, las cuales se especifican a continuación.

### 1.1. Diseño HW

Para asegurar que se trabajará únicamente cuando se esté transmitiendo información, se monitorea continuamente el Pin TxEnable del módulo de comunicación PLC, que es quien inicia la comunicación, este genera una señal digital cuyo nivel lógico permite determinar el momento de inicio y fin de cada envío. El comportamiento de la información entregada por este pin es estable, es decir, no presenta picos aleatorios que puedan confundir al sistema.

Inicialmente se probó la conexión directa de la señal proveniente del pin TxEnable al pin de interrupción del Arduino, pero en algunos casos se generaba pérdida de información, al parecer por problemas en adaptación de impedancias; para corregir esto se eligió trabajar con un optoacoplador ya que funciona como un interruptor activado por luz el cual evita las fallas al mantener cada parte del circuito aislada físicamente. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta el diseño del circuito utilizado en la implementación del plan de pruebas.

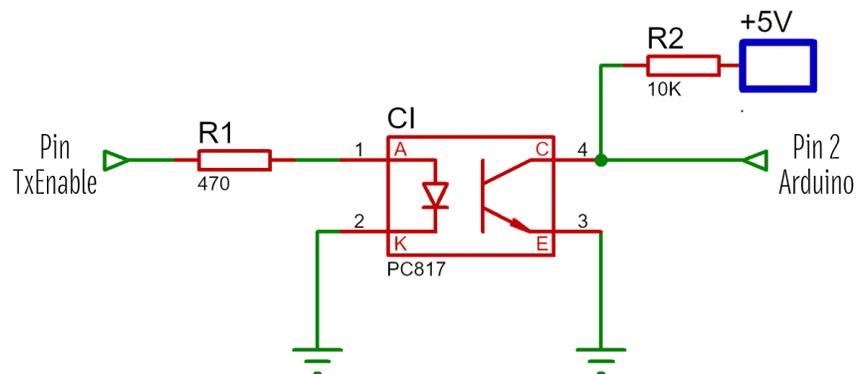


Figura A3 - 1 Diseño circuital



## 1.2. Diseño SW

Para la parte SW se hizo uso de la interfaz y el lenguaje propio de Arduino (basado en C++), y se diseñó un programa que, en primera instancia, generara números aleatorios, los cuales se interpretan de acuerdo al umbral de decisión presentado en la Tabla 3 - 7. Posteriormente se transfiere la decisión de activación o no de la carga mediante un relé, quien se encarga de proporcionar la alimentación eléctrica suficiente para que se encienda el tiempo requerido (se estableció una duración de 15 ms) y posteriormente suspenderla para evitar alterar paquetes adyacentes sin ser necesario.

A continuación, se detalla el código generado para el sistema.

### 1.2.1. Código utilizado

```
// DEFINICIÓN E INICIALIZACIÓN DE VARIABLES
int aux = 0;
byte rnd = 0;
int Ruido = 0;
int Flanco = 0;
int bandera = 0;
int Activado = 0;
int Activar = 0;
int Prender = 0;
int PinActivar = 7; //Pin que activa la carga
const int intPin = 2; //Pin con el que se activa la interrupción

// CONFIGURACIÓN
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(PinActivar, OUTPUT);
  pinMode(intPin, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(intPin), DetectarFlanco, RISING);
}

// FUNCIÓN PARA OBTENER EL "RUIDO"
byte randomAnalog(int analogInput){ //Esta función recibe como parámetro, el puerto del cual se leerá la el ruido
  for(int i = 0; i < 8; i++){
    aux = analogRead(analogInput)%3 << i;
    rnd += aux;
  }
  return rnd;
}

// FUNCIÓN PARA ACTIVAR CARGA
int ActivarCarga(){
  Ruido=randomAnalog(4); //Llama a la función para obtener el ruido y lo almacena en la variable
  if (Ruido < 125){
    Prender = 0;
  }
}
```



```
else{
  Prender = 1;
}
return Prender;
}

// PROGRAMA PRINCIPAL
void loop()
{
  if (Flanco == 1){ //Si detecta la información, llama a la función que determina si se debe o no activar la carga
    Serial.println("Informacion detectada");
    Activar = ActivarCarga();
    Serial.print("Activar = ");
    Serial.println(Activar);
    if (Activar == 1){
      Activado++;
      digitalWrite(PinActivar, LOW);
      Serial.println("Carga activada");
      delay(150);
      digitalWrite(PinActivar, HIGH);
      Serial.println("Carga desactivada");
      Serial.print("activado: ");
      Serial.println(Activado);
    }
    delay(100);
    Flanco = 0; //Se pone en 0 la bandera para identificar el momento en el que se detecte nuevamente
    información, ya que la interrupción la pondría en 1
    interrupts(); //Función que habilita las interrupciones hasta nuevo aviso
  }
}

//FUNCIÓN INTERRUPCIÓN PARA DETECTAR LA INFORMACIÓN
void DetectarFlanco() {
  Flanco = 1; //Bandera que indica que se detectó la información
  bandera ++;
  noInterrupts(); //Función que deshabilita las interrupciones hasta nuevo aviso
}
```