

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. INTRODUCCIÓN

Los resultados finales del desarrollo e implementación del sistema de adquisición y transmisión de datos se presentan en este capítulo, además se mencionan sugerencias para implementar el sistema en toda la parroquia de San Antonio de Ibarra.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS Y RESULTADOS

A continuación se menciona las pruebas y resultados del desarrollo, e implementación del sistema de adquisición y transmisión inalámbrica de lecturas de registradores electrónicos monofásicos.

4.2.1. INTERFAZ ELECTRÓNICA ENCARGADA DE LA ADQUISICIÓN DE kWh DE LOS REGISTRADORES ELECTRÓNICOS.

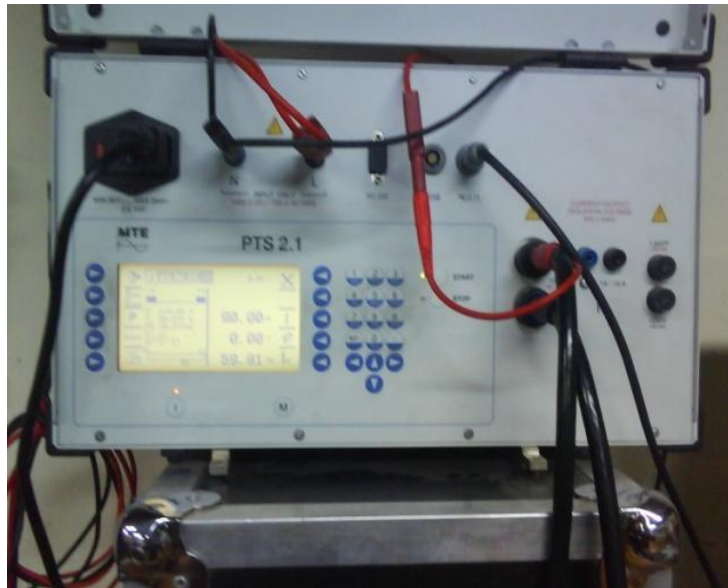
Para comprobar la operatividad de la interfaz de adquisición y transmisión de datos se accedió a las instalaciones de EMELNORTE S.A. para utilizar equipos que ayuden a verificar el correcto funcionamiento del dispositivo.

La interfaz electrónica fue sometida a ambientes extremos de adquisición de lecturas; cabe mencionar que los registradores electrónicos monofásicos soportan una carga máxima de 100 A, el mismo que es un caso extremo; si bien los registradores son fabricados para soportar esta carga casi nunca se obtiene este valor.

La interfaz de adquisición de datos fue sometida a cargas eléctricas empezando desde 1A hasta los 100 A; para realizar estas pruebas se utilizo equipos que

crean una carga fantasma, estos equipos son utilizados por personal técnico de la empresa para comprobar el correcto funcionamiento de los registradores. En la *Figura 48* se observa el equipo utilizado.

Figura 48. Equipo Simulador de Carga Eléctrica. EMELNORTE S. A.

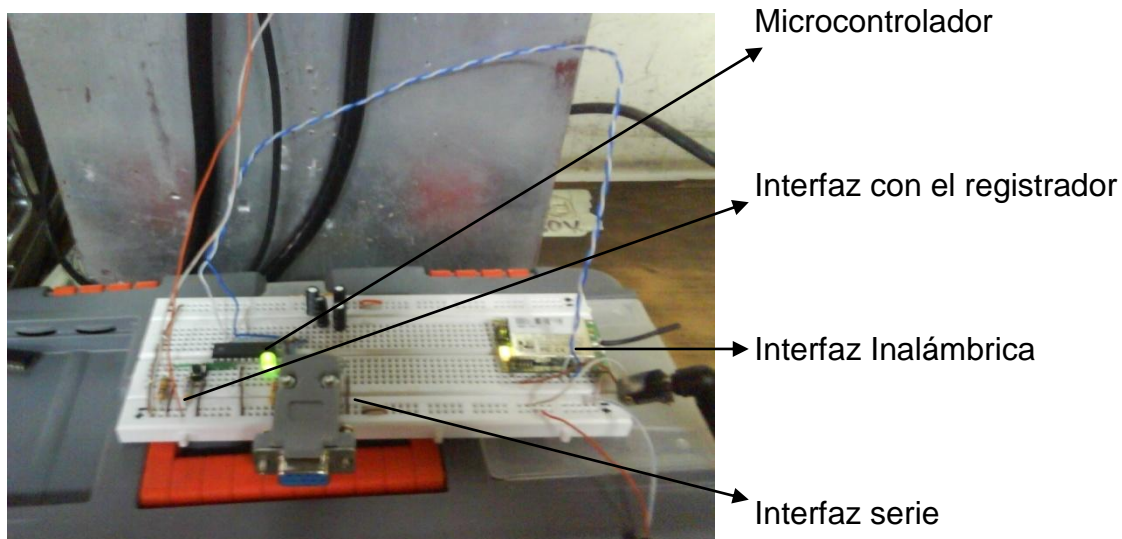


Fuente: Laboratorio de Medidores de Ibarra – EMELNORTE S. A.

Para realizar las pruebas se desarrolló el circuito de adquisición y transmisión de lecturas. La *Figura 49 a)* muestra el circuito utilizado y la *Figura 49 b)* muestra el registrador electrónico conectado al equipo de prueba y al módulo de adquisición y transmisión de lecturas.

En la *Figura 50* se observa la adquisición de lecturas hacia un equipo terminal de EMELNORTE S.A. en presencia de funcionarios y trabajadores de la Empresa.

Figura 49. Pruebas para la Adquisición y Transmisión Inalámbrica de Lecturas



a) Circuito prueba para la adquisición de datos

Fuente: Los autores



b) Pruebas con el registrador y el módulo de transmisión de datos

Fuente: Los autores

Figura 50. Adquisición Inalámbrica de datos a un equipo terminal en presencia de personal de EMELNORTE S.A.



Fuente: Los autores

➤ **Resultados**

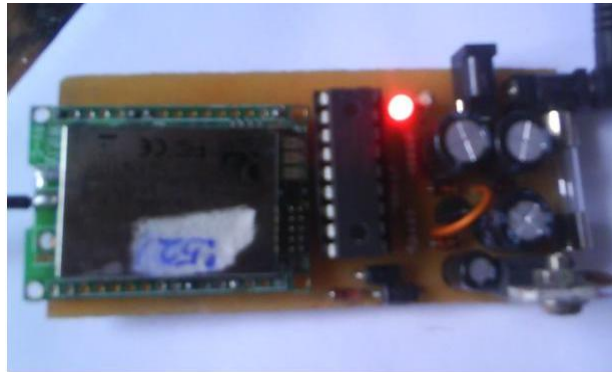
Luego de realizar las pruebas respectivas, la interfaz de adquisición de datos no presento problemas logrando ser totalmente operativa y obtener en tiempo real la lectura del registrador con una precisión exacta incluso con impulsos de kWh.

4.2.2. INSTALACIÓN DE LA INTERFAZ DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE LECTURAS EN LOS REGISTRADORES DE SAN ANTONIO DE IBARRA.

La instalación de la interfaz Electrónica se inició con la implementación en el primer domicilio esta prueba se la realizó en el mes de Octubre de 2009, se presentaron problemas ya que la caja que alojaba a la placa no tuvo el suficiente respaldo para ser instalada en exteriores, este resultado lo obtuvimos a 2 semanas de la fecha de instalación, cabe recalcar que durante este tiempo no se encontraron errores en la recolección de datos.

La recolección de datos se la realizó con ayuda de la interfaz inalámbrica trabajando en modo AP. En la *Figura 51* se muestra el circuito utilizado en esta implementación.

Figura 51. Placa del circuito de adquisición de datos sin protección para exteriores.



Fuente: Los autores

Para superar este problema se modificó el espacio y la ubicación de los elementos en la placa del circuito para poder alojarlos en una caja de exteriores. La *Figura 52* muestra el circuito modificado para adaptarlo en cajas de exteriores.

Figura 52. Placa del circuito para cajas de exteriores



Fuente: Los autores

Una vez superado este inconveniente se procedió a instalar la interfaz inalámbrica con caja para exteriores en los registradores de los domicilios. En el primer domicilio se la instaló en el mes de Febrero de 2010 y los dos domicilios restantes se las instalaron en el mes de Marzo de 2010. La *Figura 53 a) b) c)* muestra la

instalación de la interfaz de adquisición y transmisión de lecturas en los registradores.

Figura 53. Instalación de la interfaz de adquisición y transmisión de lecturas en los Registradores de Energía Eléctrica, con respaldo del personal de EMELNORTE S. A.



a) Registrador 3



b) Registrador 2



c) Registrador 1

➤ Resultados

A partir de esta implementación no se presentaron problemas en ninguno de los registradores, siendo el circuito de adquisición y transmisión de lecturas confiable para la adquisición de las mismas.

4.2.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA.

La implementación de la red inalámbrica se la desarrollo desde el mes de Octubre del 2009, empezando por el enlace desde San Antonio de Ibarra hasta EMELNORTE S. A.

Para el enlace entre San Antonio de Ibarra y EMELNORTE S.A. no se presentaron inconvenientes siendo el enlace totalmente operativo. La *Figura 54* y *55* muestran la instalación de los equipos para el radioenlace.

Figura 54. Instalación de equipos de radioenlace en EMELNORTES.A.



Fuente: Los autores

Figura 55. Instalación de equipos de radioenlace en San Antonio.



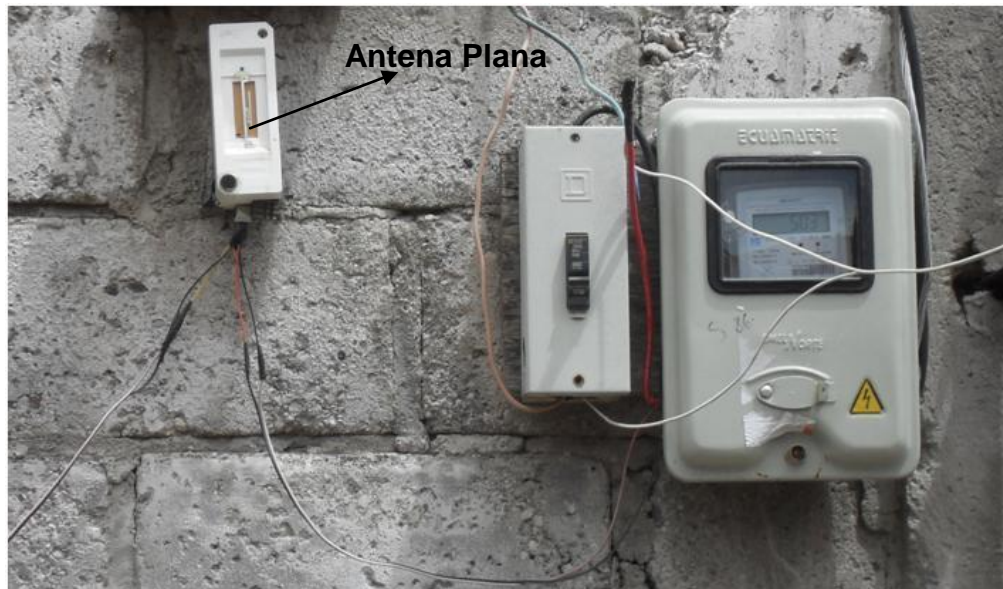
Fuente: Los autores

En la implementación de la red Inalámbrica se instalaron los registradores que forman parte de la misma, en lugares determinados que permitan conocer su desempeño. El primer registrador se ubica debajo del concentrador, el segundo registrador se ubica aproximadamente a 30 m. del concentrador y el tercer registrador se ubica aproximadamente a 210 m. del concentrador.

Con este ambiente de trabajo se obtuvieron los siguientes resultados:

Primer registrador. Consta de una interfaz inalámbrica WIZ610wi ,utiliza una antena plana de 2 dBi de ganancia; al estar ubicado a una distancia aproximada de 3 m., debajo del concentrador se observó que la intensidad de la señal es suficiente para la aplicación que corre en este dispositivo que es recolectar las lecturas. La *Figura 56* muestra esta implementación.

Figura 56. Ubicación del registrador 1 por debajo del concentrador. Nótese la antena plana implementada en este registrador.



Fuente: Los autores

Segundo Registrador. Consta de una interfaz inalámbrica WIFLY, utiliza como antena un dipolo de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda y está ubicado aproximadamente a 30m del concentrador, se observó que la intensidad de la señal en este punto es excelente sin presentar mayores inconvenientes en la adquisición de lecturas. La *Figura 57* muestra la implementación.

Figura 57. Ubicación del registrador 2 aproximadamente a 30m del concentrador. Nótese la antena de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda implementada en este registrador.



Fuente: Los autores

Tercer Registrador. Consta de una interfaz inalámbrica WIZ610WI, utiliza una antena omnidireccional de 3Bdi, se encuentra ubicado aproximadamente a 210 m. del concentrador; se observó que la intensidad de la señal disminuye pero la misma es suficiente para la aplicación. La *Figura 58* muestra esta implementación.

Figura 58. Ubicación del registrador 3 aproximadamente a 210m del concentrador. Nótese la antena omnidireccional implementada en este registrador.



Fuente: Los autores

➤ **Resultados**

La red inalámbrica implementada es totalmente operativa, además logró representar los ambientes en los cuales trabajará un sistema implementado a gran escala, obteniendo resultados suficientemente favorables para la implementación. Se debe mencionar que las dos interfaces inalámbricas; el módulo WIZ610WI y el módulo WIFLY demostraron ser completamente operativas al momento de brindar una interfaz entre los registradores y el concentrador, existen algunas diferencias en el desempeño de los dos módulos las cuales se muestran en el *Cuadro 19*.

Cuadro 19. Diferencias entre los módulos WIZ610WI y WIFLY

| | WIZ610WI | WIFLY |
|---|-----------------------|---------------------------|
| Potencia de Tx (dbm) | 14 | 12 |
| Sensibilidad (dbm) | -76 | -85 |
| Seguridad | WEP,WPA,WPA2 | NO |
| Modo de Operación | Cliente, AP, WDS. | Cliente |
| Administración | HTTP, Telnet, Serial. | Serial. |
| Actualización Firmware | SI | SI |
| Conector Antena Ext. | SI | NO |
| Consumo de energía | ≈ 550 mA. | ≈ 110 mA Tx, ≈ 40 mA Rx. |
| Consumo de energía con la placa de adquisición de datos | ≈ 650 mA. | ≈ 210 mA Tx, ≈ 140 mA Rx. |
| Precio | Igual | Igual |

Fuente: Los autores

Como se mencionaba anteriormente las dos interfaces inalámbricas resultaron ser operativas, pero se debe tomar en cuenta características adicionales que brinda cada interfaz. La interfaz WIZ610wi es un dispositivo que brinda facilidades para la administración del mismo como es HTTP, además posee seguridad y puede operar en diferentes modos; a diferencia de la interfaz WIFLY que opera en modo cliente y tiene como administración solo la interfaz serial. También se debe considerar aspectos como la potencia de Tx, la sensibilidad de Rx, la adaptación de antenas externas, y consumo de energía, el cual es considerablemente alto en el módulo WIZ610wi con referencia al módulo WIFLY, el consumo de energía en el WIZ610wi se justifica por los distintos modos de operación en los que trabaja, por lo tanto la implementación de la interfaz WIZ610wi logra un excelente desempeño en las capas de acceso e interconexión ya que brinda características importantes para el correcto desempeño en las mismas. Mientras que la implementación del módulo WIFLY es factible solo en la capa de acceso porque cuenta con características para el desenvolvimiento en esta capa, siempre y cuando se realice una actualización de firmware, la cual debe brindar seguridades por lo menos basadas en WPA.

Por lo expuesto se recomienda técnicamente la implementación del módulo WIZ610wi, ya que el módulo WIFLY no presta características de seguridad, las mismas que se observaron en la implementación. Para que el módulo WIFLY forme parte de la red, esta, no debe poseer autenticación.

4.2.4. TOMA DE LECTURAS

El Cuadro 20 muestra la toma de lecturas de los registradores.

Cuadro 20. Toma de toma de lecturas

| Fecha | Nº Medidor | Lectura Visual | Lectura por adquisición remota de datos (KWh) | Lectura EMELNORTE S.A (kWh) |
|------------|------------|----------------|---|-----------------------------|
| 02/02/2010 | 152294 | 174 | 174 | |
| 10/02/2010 | 152294 | 197 | 198 | |
| 16/02/2010 | 152294 | 216 | 216 | |
| 22/02/2010 | 152294 | 231 | 232 | |
| 02/03/2010 | 152294 | 252 | 252 | |
| | 132112 | 345 | 345 | |
| | 140934 | 782 | 782 | |
| 13/03/2010 | 152294 | 266 | 267 | |
| | 132112 | 415 | 416 | |
| | 140934 | 783 | 783 | |
| 19/03/2010 | 152294 | 299 | 300 | |
| | 132112 | 442 | 443 | |
| | 140934 | 783 | 783 | |
| 27/03/2010 | 152294 | 332 | 333 | |
| | 132112 | 361 | 362 | |
| | 140934 | 784 | 784 | |
| 05/04/2010 | 152294 | 373 | 373 | 373 |
| | 132112 | 509 | 510 | 15086 |
| | 140934 | 785 | 785 | 785 |
| 09/04/2010 | 152294 | 387 | 388 | |
| | 132112 | 534 | 535 | |
| | 140934 | 785 | 785 | |
| 09/06/2010 | 152294 | 598 | 599 | 598 |
| | 132112 | 800 | 801 | 15378 |
| | 140934 | 793 | 793 | 793 |

Fuente: Los autores

El cuadro anterior muestra el registro de las lecturas recolectadas, se observa que en el registrador N° 132112 las lecturas visual y por adquisición remota de datos son diferentes a las lecturas tomadas por EMELNORTE S.A., las mismas que se tomaron del registrador electromecánico N° M266010 conectado en paralelo con el registrador digital, se puede comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo de adquisición de datos revisando el consumo que se ha generado *Ver Anexo 2*. Además se observa que las lecturas tomadas por adquisición remota de datos son iguales o mayores en 1 kWh a la lectura visual, la razón es que al momento de instalar el dispositivo de adquisición de datos el microcontrolador se lo programa con 1 kWh adicional a la lectura visual, ya que los registradores electrónicos solo muestran los kWh sin decimales y menos aún con impulsos, es esta particularidad la que permite que se programe al microcontrolador de esta manera.

A continuación se muestra un ejemplo:

- Lectura Visual de registrador 355 kWh
- Decimas e impulsos del registrador se desconoce
- Se procede a grabar el microcontrolador con 356 kWh con cero décimas y cero impulsos.

La toma de lecturas correspondientes al periodo del 5 de Abril 2010 y 9 de Junio 2010 coincide con las fechas correspondientes a la toma de lecturas en la zona de San Antonio de Ibarra por parte de la empresa eléctrica. En el *Anexo 2* se presenta el valor de las lecturas del sistema comercial de EMELNORTE S. A. de los registradores analizados.

En las fechas mostradas anteriormente se adquirieron las lecturas remotamente las cuales coincidieron con las lecturas tomadas por parte del personal de EMELNORTE S. A.

➤ **Resultados**

La toma de lecturas resulto ser completamente operativa sin detectarse errores al momento de la adquisición.

4.3. AMPLIACIÓN DE LA COBERTURA DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE LECTURAS.

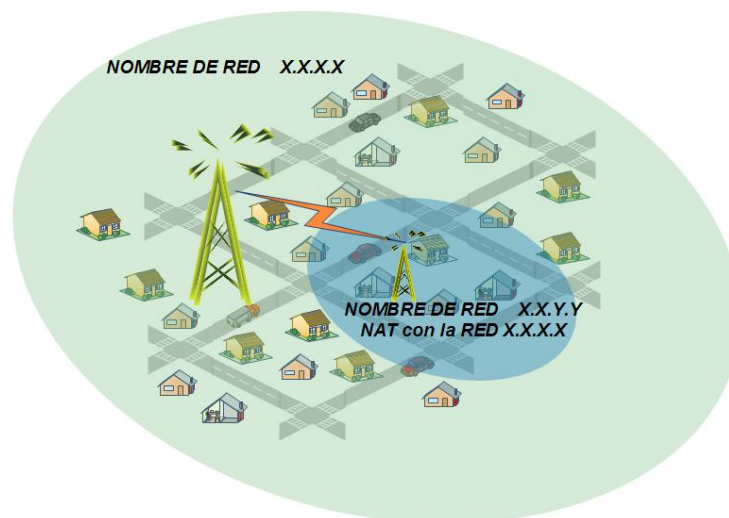
Una vez realizada la implementación del plan piloto en San Antonio de Ibarra se menciona la ampliación de la cobertura de la red, la cual no se limita solo al área física, también toma en cuenta el aumento de abonados en la zona.

Para el diseño de la ampliación de cobertura del sistema se mencionan las siguientes características.

4.3.1. NAT

Al aumentar usuarios aumentará la demanda de direcciones IP como solución se propone hacer uso de equipos inalámbricos en la capa de Interconexión que brinden la capacidad de realizar NAT, con sus clientes. La *Figura 59* muestra este ambiente.

Figura 59. Uso de NAT para ampliación de abonados.



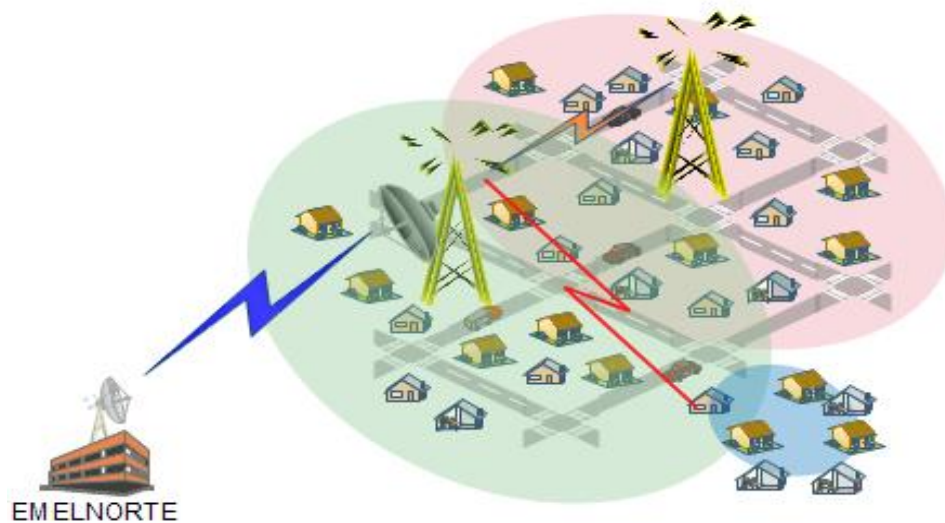
Fuente: Los autores

4.3.2. AMPLIACIÓN DE LA COBERTURA DE LA RED

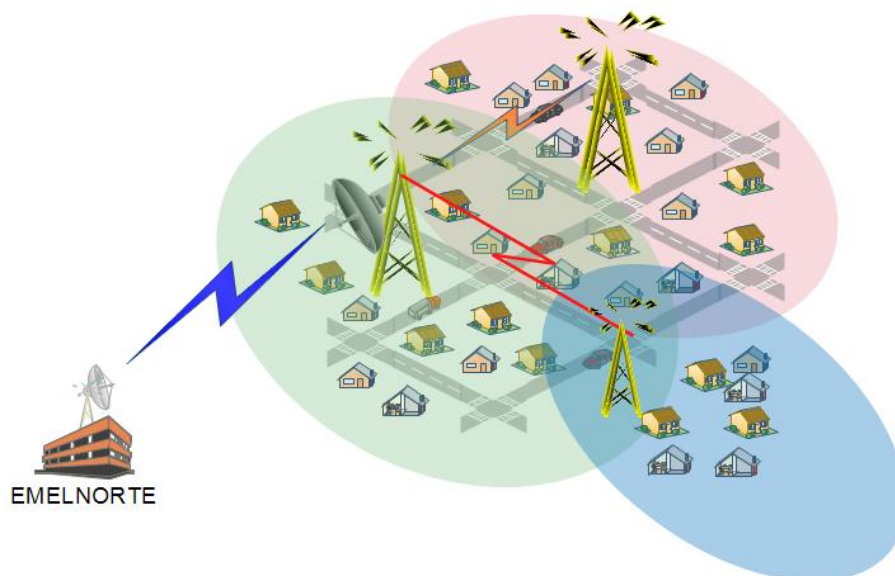
Como se menciona anteriormente se puede hacer uso de las mismas interfaces inalámbricas instaladas en los registradores para que funcionen como repetidores en la capa de interconexión logrando la ampliación de la red, además se deberá

realizar un análisis en los ambientes que se decida usar esta opción ya que se debe resolver si es factible hacer funcionar al registrador como AP con una antena de más ganancia o a su vez implementar un equipo con más características que funcione como concentrador en la capa de Distribución. La *Figura 60* muestra este ambiente.

Figura 60. Ampliación de cobertura



a) Ampliación de la cobertura con registrador electrónico funcionando como AP.

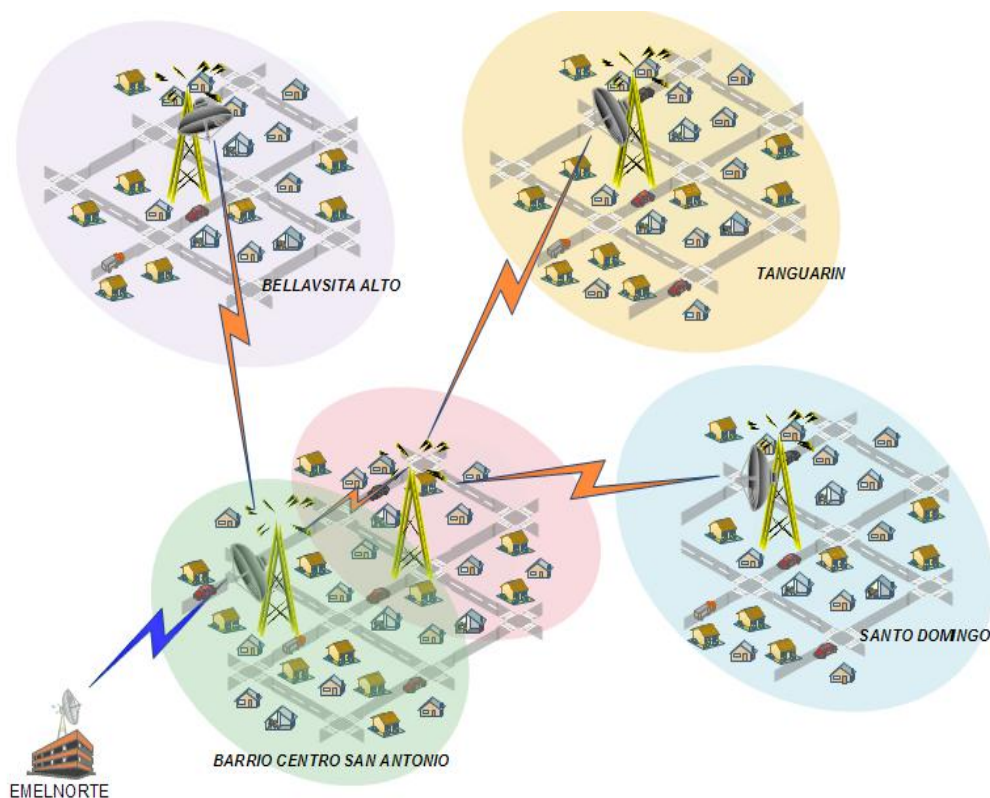


b) Ampliación de cobertura con equipo en la capa de distribución.

4.3.3. AMPLIACIÓN DE RED A LOS DIFERENTES BARRIOS DE LA PARROQUIA DE SAN ANTONIO DE IBARRA

Teniendo como base los equipos Instalados en el Centro de la parroquia de San Antonio se puede ampliar el sistema a todos los barrios que componen dicha parroquia, y haciendo uso de un enlace a cada uno de estos barrios en la capa de Distribución se logrará integrar los demás sistemas de adquisición inalámbrica de datos. En la *Figura 61* se puede observar este ambiente.

Figura 61. Ampliación de Red a los diferentes barrios de la Parroquia de San Antonio de Ibarra



Fuente: Los autores

4.3.4. REGISTRADORES QUE NECESITAN REUBICACIÓN

Para aumentar la sensibilidad de las interfaces electrónicas se puede instalar una antena de más ganancia o reubicar al registrador electrónico a un lugar donde la

señal sea de mejor calidad. La *Figura 62* muestra un ejemplo de registradores que necesitan reubicación, ya q se encuentra en el interior del domicilio.

Figura 62. Registradores que necesitan reubicación



Fuente: Los autores