



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO
INÁLAMBRICO PARA DETECCIÓN Y ALARMA CONTRA
INCENDIO UTILIZANDO TECNOLOGÍA ZIGBEE**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el
bachiller:

ROBERTO RIOS PACHECO

ASESOR: LUIS ANGELO VELARDE CRIADO

Lima, AGOSTO del 2009

RESUMEN

Los sistemas de alarma contra incendio se encuentran desarrollados para cumplir el objetivo de detectar eventos de incendio en áreas estructurales de inmuebles que no son monitoreados de forma constante por un personal de mantenimiento, seguridad o por los inquilinos propios. Actualmente las tecnologías más usadas están determinadas por sistemas convencionales e inteligentes contra incendio caracterizado por una transmisión de datos por cables de 2 o 4 hilos. A través del siguiente trabajo se realizará un diseño de una red de alarma contra incendio completamente inalámbrica entre la interconexión de los dispositivos de iniciación, panel de control y dispositivos de anunciación pertenecientes a una red de área personal configurado a través de un protocolo de comunicaciones (Zigbee) de bajo consumo de energía. El objetivo principal es diseñar una red inteligente de detección con capacidad de direccionar cada uno de los componentes para reconocer áreas del inmueble de forma totalmente independiente a través de un entorno inalámbrico, de igual manera la gestión y organización de los datos obtenidos en panel de control basado en un microcontrolador anexo a un módulo coordinador.

La tesis se encuentra basada en cuatro capítulos. En el primer capítulo se establece un estudio de la realidad nacional y sus aspectos normativos referido a seguridad contra incendios. En el segundo capítulo se muestra los conceptos generales de las redes de alarma así como las diferencias entre los tipos de sistemas. En el tercer capítulo se da a conocer las aplicaciones diversas de la tecnología zigbee y su intervención directa en el diseño de la red. En el cuarto capítulo se muestra la presentación de pruebas realizadas con los módulos Maxstream y los parámetros simulación de la red inteligente.

Se concluye que el uso de una red de detección y alarma contra incendios utilizando tecnología zigbee posee un alto rendimiento comparando sus características con la de un sistema de detección inteligente usados hoy en día.



INDICE

| | |
|---|----|
| <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| | |
| <u>CAPITULO 1: SISTEMAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS APLICADOS EN EL AMBITO NACIONAL Y PROBLEMÁTICAS.</u> | |
| | |
| 1.1 Sistemas de seguridad y realidad nacional: | 3 |
| 1.2 Entorno General de los sistemas de seguridad contra incendio. | 3 |
| 1.3 Sostenibilidad Económica. | 4 |
| 1.4 Aspectos Específicos. | 4 |
| 1.4.1 Normativa implicada a sistemas contra incendio. | 4 |
| 1.4.2 Recursos Tecnológicos. | 5 |
| 1.5 Medio Organizacional | 6 |
| 1.6 Los Sistemas Convencionales de detección y alarma | 6 |
| 1.7 Soluciones de acuerdo al área de diseño. | 7 |
| | |
| <u>CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO APLICADO A SISTEMAS CONVENCIONALES DE DETECCIÓN Y ALARMA CONTRA INCENDIOS.</u> | |
| | |
| 2.1 Aspectos Informativos | 10 |
| 2.1.1 Tecnologías Utilizadas. | 11 |
| 2.1.2 Tecnologías de Iniciación | 12 |
| 2.1.3 Conexiones Utilizadas | 13 |
| 2.2 Modelo Teórico | 14 |
| 2.3 Conceptos Generales | 15 |
| 2.3.1 Sistemas de detección y alarma contra Incendio | 15 |
| 2.3.2 Tipos de Sistemas | 15 |
| 2.3.3 Áreas del Sistema | 16 |
| 2.3.4 Incendio | 17 |

| | | |
|-------|--------------------------------|----|
| 2.3.5 | Iniciación Automática y Manual | 17 |
| 2.3.6 | Módulos | 18 |
| 2.3.7 | Notificación | 19 |
| 2.3.8 | Comunicaciones | 21 |
| 2.4 | Aspectos Técnicos Básicos | 21 |

CAPITULO 3: TECNOLOGÍA ZIGBEE PARA DOMÓTICA, APLICACIONES EN EL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Ubicación de Dispositivos | 23 |
| 3.2 | Modelo aplicativo y características | 24 |
| 3.3 | Dispositivos de la red Zigbee | 25 |
| 3.3.1 | Coordinador de Red | 26 |
| 3.3.2 | Dispositivos de Función Completa y Reducida | 26 |
| 3.4 | Rangos de Alcance y Variables Comparativas Xbee y Xbee-Pro | 28 |
| 3.5 | Comandos | 29 |
| 3.5.1 | Diferencias entre los modos de Funcionamiento | 30 |
| 3.5.2 | Especificaciones Técnicas Zigbee | 30 |
| 3.6 | Fundamentos de Elaboración | 31 |
| 3.6.1 | Ciclo de Trabajo | 31 |
| 3.7 | Detalles Asociados | 35 |
| 3.8 | Requerimientos del Sistema | 37 |

CAPITULO 4: DISEÑO Y PARÁMETROS DEL SISTEMA:

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Criterios de diseño | 40 |
| 4.2 | Desarrollo del sistema | 41 |
| 4.2.1 | Configuraciones de la red de Alarma contra Incendio | 41 |
| 4.2.2 | Diseño de dispositivos de iniciación | 45 |
| 4.2.3 | Diseño del Panel de Control | 56 |
| 4.2.4 | Lógica de dispositivo de iniciación | 58 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2.5 | Lógica de panel de control | 59 |
| 4.2.6 | Lógica de señal de notificación | 61 |
| 4.3 | Análisis de las etapas del sistema | 64 |
| 4.3.1 | Objetivo del análisis de etapas | 64 |
| 4.4 | Módulos de Prueba | 64 |
| 4.4.1 | Configuración de parámetros de la red | 67 |
| 4.5 | Distribución general del sistema | 68 |
| 4.5.1 | Área de iniciación | 69 |
| 4.5.2 | Área Panel de Control | 78 |
| 4.5.3 | Área de anunciación | 85 |
| 4.6 | Parámetros de envío de datos y cambio de direcciones de destino | 87 |
| 4.7 | Visualización de Datos | 87 |
| 4.8 | Cotización de la red con tres paneles diversos contra incendio | 88 |
| | <u>CONCLUSIONES</u> | 90 |
| | <u>RECOMENDACIONES</u> | 92 |
| | <u>FUENTES</u> | 93 |
| | <u>ANEXOS</u> | |



INTRODUCCIÓN

Toda estructura inmobiliaria desde las más pequeñas hasta las más imponentes y desarrolladas poseen sectores que presentan un peligro potencial de acuerdo a las aplicaciones desarrolladas dentro del área o a la falta de supervisión y mantenimiento de las mismas. Por ello los aportes de la electrónica permiten desarrollar sistemas automatizados para prevenir desastres de diversa índole predominantes en estas áreas vulnerables.

Actualmente la realidad nacional indica un clima de conformismo respecto al mantenimiento de los estándares de seguridad conformes a las normas indicadas, inclusive se presenta con gran frecuencia casos de construcciones de alta envergadura con sistemas de seguridad electrónica que presentan falencias debido a ser implantados en un área demasiado exigente para su capacidad, o simplemente se aprecia la ausencia de los mismos.

Últimamente se presentaron gran cantidad de accidentes y eventos penosos en el país donde se demuestra la ausencia de sistemas de seguridad en una gran cantidad de estructuras y edificaciones. Los incendios se presentan generalmente por un evento súbito o simplemente por una expansión lenta y progresiva de áreas que no son monitoreadas ni vigiladas, es por ello la importancia de la participación de un dispositivo automático que detecte las áreas en peligro para posteriormente realizar la alerta generalizada hacia todos los residentes.

El presente trabajo pretende realizar un aporte a través del diseño de una red inalámbrica centralizada utilizando un protocolo basado en radio frecuencia (Zigbee), realizar los estudios pertinentes y efectuar una relación directa entre los módulos de prueba y los componentes de un sistema de alarma contra incendio. Dado a que uno de los principales problemas en el diseño de redes de incendio convencionales e inteligentes es el cableado estructurado de la red, debido a la saturación en los tubos de PVC transportadores del cable de acuerdo al recorrido del mismo por los diferentes pisos del edificio o vivienda, una alternativa óptima es realizar una red inalámbrica y demostrar que los efectos a largo plazo pueden ser mejores en rendimiento, seguridad, y capacidad para mejorar día tras día a través de un mecanismo capaz de expandirse

tanto en dispositivos como en aplicaciones a través de la programación de microcontroladores.

La red de detección y alarma contra incendios con configuración Zigbee posee una gran cantidad de ventajas debido a la capacidad de adoptar una gran cantidad de equipos dentro de una red de área personal por lo cual el proceso de investigación se hizo mucho mas interesante día a día debido a la gran cantidad de aplicaciones que se puede obtener con esta tecnología para la domótica y automatización de edificios de acuerdo a avances en los procesos de programación con el microcontrolador Atmega8 muy utilizado por el sector estudiantil de la universidad y el acoplamiento de diversas etapas para adaptar sistemas a los requerimientos de otros. El proyecto busca obtener resultados realizando las comparaciones pertinentes con los sistemas contra incendio utilizados hoy en día y demostrar que es un sistema óptimo y manejable.

El presente trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos describiendo inicialmente un ambiente de información basado en la realidad nacional en el rubro específico de los sistemas de detección y alarma contra incendio así como los conceptos fundamentales y modos de funcionamiento de los dispositivos de anunciación e iniciación de la red, el marco teórico y las características de las configuraciones del sistema. Posteriormente se detalla de forma técnica las características de la tecnología Zigbee basado en el fundamento de diseño de la red del sistema de alarma contra incendio, requerimientos del sistema, análisis de hardware y software, pruebas del entorno de entrenamiento, simulaciones, programación de la red, análisis descriptivo del diseño de la red fomentado en una evaluación completa y la presentación de los parámetros y etapas de comunicación.

CAPITULO 1: SISTEMAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS APLICADOS EN EL AMBITO NACIONAL Y PROBLEMÁTICAS.

1.1 Sistemas de seguridad y realidad nacional

En los últimos años el país sufrió una gran cantidad de eventos penosos y de alta magnitud los cuales pudieron ser evitados con estándares de seguridad más adecuados. El problema más grave reside en la actitud de las personas al no tomar las medidas necesarias para evitar incendios o accidentes lamentables, refugiando estas causas en problemas económicos o falta de accesibilidad. Es por ello necesario un sistema de detección y alarma contra incendios accesible y preciso para aumentar los niveles de seguridad tomados por cada uno de los habitantes del país aumentando las aplicaciones en los sistemas e innovando nuevas tecnologías.

Desafortunadamente aparte de los gobiernos los usuarios finales como las empresas de construcción, ingenieros, grupos inmobiliarios, arquitectos y dueños de edificios no consideran la instalación de dispositivos de detección de humo y fuego como una inversión sino como un gasto, esto debido al conformismo o a la plena confianza de que la estructura no necesariamente se vea influenciada por un riesgo de incendio, evitando tomar las medidas necesarias.

Un sistema de detección y alarma contra incendios disminuye la probabilidad de que se produzcan tragedias, dando un mayor nivel de seguridad y tranquilidad. Sin embargo las normas de seguridad no se cumplen estrictamente en nuestro país, el documento mas vinculado a seguridad en el Perú es el Reglamento Nacional de Construcción (RNC) el cual no ha sido actualizado en los últimos años. Sin embargo existen sectores industriales y empresas nacionales y transnacionales que están adoptando oficialmente las normas de la National Fire Protection Association (NFPA) dirigiendo sus expectativas hacia un mercado más sofisticado con modernos sistemas de detección de humo incrementando su participación en el mercado.

1.2 Entorno General de los sistemas de seguridad contra incendio

En Latinoamérica el mercado de sistemas de seguridad contra incendio no tenia una mayor eficiencia hasta 1991, cuando las primeras empresas multinacionales empezaron a desarrollar operaciones regionales. Desde entonces gran cantidad de

marcas extranjeras ingresaron al mercado. Mas allá de la influencia externa el desarrollo de los sistemas fue debido a la entrada de empresas multinacionales durante el inicio del proceso de globalización, lo cual dio como resultado la regulación de muchas normas internas, incluyendo aquellas relacionadas a la seguridad contra incendios. Sin embargo Latinoamérica es un mercado nuevo el cual se encuentra retrasado con respecto a Norteamérica, Asia y Europa, pero no necesariamente debido a restricciones económicas.

1.3 Sostenibilidad Económica

El mercado de detección de humo y fuego en Latinoamérica generó en el 2005 una suma de 78 millones de dólares en ingresos. Las razones residen en la enmienda legislativa hecha en los países para adoptar normas internacionales (NFPA), así como también a través de empresas de educación llevando a cabo un conjunto de seminarios, congresos y exposiciones respecto a las ventajas e implicancias de tener un sistema de seguridad contra incendios adecuado según el área de diseño. Para el año 2007 el porcentaje de crecimiento se aumentó a 84.6 millones de dólares teniendo un alto impacto en los sectores andino y sur.

Con respecto a los detectores de humo, son los detectores fotoeléctricos los que poseen una tendencia creciente, abarcando el 70% del presupuesto de ingreso, dando a tomar usos secundarios a los detectores de ionización y de temperatura representándose una sustitución tecnológica.

1.4 Aspectos Específicos

Es conveniente presentar ciertos aspectos que influyen directamente en el diseño de una red de alarma contra incendio así como ciertos recursos que el medio actual ofrece.

1.4.1 Normativa implicada a sistemas contra incendio

La implementación de sistemas de seguridad contra incendios en las diversas estructuras e instituciones, ya sea en viviendas, departamentos, oficinas y en el sector industrial se encuentran regidas por un organismo regulador que determina normas específicas según sea el caso en el área de diseño a implementar, en el Perú la implementación de sistemas de seguridad contra incendios se encuentran

influenciados por las normas de la asociación nacional de protección contra el fuego (NFPA) que recomienda y da las pautas necesarias para aumentar los índices de seguridad en el diseño y desarrollo de una red de alarmas.

La NFPA es reconocida alrededor del mundo como una autoridad principal de conocimientos técnicos, datos y consejos para el consumidor sobre la problemática del fuego y la protección y prevención. Los informes y resúmenes del departamento de Investigaciones de Incendios de la NFPA documentan incidentes incendiarios técnicamente significantes. Los investigadores de la NFPA responden a la escena del incidente y documentan las circunstancias hasta el momento del incendio, explosión, u otro evento, así como la respuesta al incidente por parte de los servicios de emergencia.

1.4.2 Recursos Tecnológicos

Actualmente los sistemas de detección y alarma contra incendio son sistemas automatizados basados en una unidad principal que controla y administra los datos de todos los eventos que se estén generando cuando se detecta un incendio. La unidad de procesos es conocida como panel de control o FACP (Fire Alarm Control Panel) la cual recibe y envía datos a los periféricos, asimismo transporta la alimentación necesaria para el funcionamiento de los dispositivos de iniciación y anunciación.

Los dispositivos de iniciación son equipos listados o no listados por pruebas de laboratorio UL (Underwriters Laboratorios) FM (Factory Manual) que dan el punto de inicio en un sistema de detección y alarma, pues se encuentran monitoreando constantemente el espacio de una estructura debido a la alimentación suministrada por el panel de control o fuentes remotas anexas. Estos dispositivos se encuentran representados por sensores fotoeléctricos, Velocimétricos, de ionización o de haz de luz proyectada (Beam detectors) utilizados para áreas de mayor tamaño de detección (fabricas, almacenes) [13]. Luego de enviar una señal de aviso al panel después de detectar un probable incendio, el panel gestiona los datos y envía las señales programadas por un personal capacitado a los anunciadores.

Los dispositivos de anunciación cumplen con el objetivo de alarmar a la población y a los residentes para la pronta evacuación de las instalaciones de una forma calmada y ordenada. Estos dispositivos se encuentran representados por Luces Estroboscópicas, cornetas, campanas entre otros. Debido a que necesita una gran cantidad de energía

para la reproducción de la alarma, cuenta con fuentes remotas que son activadas por un releo controlado por una señal enviada por el panel de control. Los procesos de colocación, ubicación y distribución de los dispositivos se encuentra regidos por la normativa de la NFPA para conservar los índices de seguridad adecuados.

1.5 Medio Organizacional

La industria de los sistemas de alarma contra incendio en el Perú esta determinada por empresas importadoras de equipos para la implementación en áreas industriales, viviendas, departamentos y estructuras propensas al desenvolvimiento de un desastre. Para ello la implementación debe ser efectuada por un personal técnico y profesional calificado, debido a que la seguridad de muchas personas se encuentra implicada en el diseño de las redes de alarma. Para ello es necesario tener en cuenta todos los posibles riesgos de falla en el diseño según el área de implementación de acuerdo a las normativas correspondientes a las áreas de iniciación y anunciación.

1.6 Los Sistemas Convencionales e Inteligentes de detección y alarma

El panel de control proporciona alimentación eléctrica a los detectores, recibe información de los mismos y genera una señalización adecuada a la información recibida. El uso del panel de control depende del tipo de sistema que se esté usando de acuerdo al área de trabajo, para ello se diferencian dos tipos de sistemas: El sistema convencional y el sistema inteligente o direccionable. La diferencia fundamental entre estos sistemas radica en la identificación de la ubicación de los dispositivos de iniciación. En un sistema convencional la detección es asumida de acuerdo a áreas o zonas de iniciación compuestas por un número determinado de detectores o estaciones manuales. El panel de control solo identifica la zona donde se genera la detección. Este tipo de sistema es generalmente utilizado para áreas abiertas de amplia visión para el público en general como ambientes amplios, zonas de oficina con separadores de drywall (pared seca) de media altura entre ellas, pasillos, hall de edificios, entre otros.[4]

Los equipos de detección inteligente son caracterizados principalmente por el direccionamiento de cada una de las unidades de iniciación. Cada una de las unidades independientemente poseen una dirección cifrada capaz de ser reconocida por el panel de control; tras ser identificada al realizarse la comparación de la base de datos programada o de acuerdo a un algoritmo, el panel de control toma la decisión de

emanar las señales de anunciación y actuar según el sistema de seguridad, área de diseño y demás parámetros realizados por el programador.

A diferencia de los equipos de detección inteligente, los sistemas convencionales poseen una tecnología mas sencilla para el transporte de la señal, debido a que poseen una salida de corriente continua estimulados por el cierre de un rele normalmente abierto que se encuentra ubicado en los sensores de humo fotoeléctricos, esto implica que cada uno de los sensores no poseen bases de soporte inteligentes para el envío de una señal codificada a un panel de control que lo reconozca sino envía una señal continua estandarizada y filtrada a un módulo de zonificación direccionado para el reconocimiento.

1.7 Soluciones de acuerdo al área de diseño

En las estructuras inmobiliarias, mayormente orientadas a departamentos y viviendas de más de un piso, existen conductos dispuestos verticalmente que se utilizan para el suministro de agua, gas, red eléctrica entre otros, hasta la distribución en conductos horizontales pertenecientes a los diversos pisos y áreas del local. La distribución se realiza generalmente a través de tuberías. Los conductos verticales detallados anteriormente son denominados de forma técnica con el nombre de montantes e intervienen directamente en el diseño de un red de alarma contra incendio.

Actualmente en la implementación y diseño de sistemas convencionales de detección y alarma contra incendio la disposición de cables utilizados para el diseño de una red se aglomera en las tuberías ubicadas en las montantes siendo a veces necesario atentar contra la estructura del edificio para solucionar ciertos problemas, del mismo modo la cantidad de cables que pasen por los tubos de PVC suelen sobrepasar las normas establecidas.

Estos problemas pueden causar un aumento significativo en los presupuestos debido a que el uso del cable es relativo de acuerdo a las infraestructuras, siendo algunas veces beneficioso, como en otras un serio problema. Los problemas resaltan al cumplir con los estándares de la NFPA que sugieren accesorios de acuerdo a la distancia del cable como tubos de PVC, abrazaderas, cajas cuadradas y rectangulares, tubos flexibles entre otros, así como la mano de obra los cuales elevan el presupuesto al cotizar un diseño de ingeniería. [9]

Actualmente en los conjuntos de viviendas o departamentos los sistemas de seguridad utilizados son muy escasos y de bajo presupuesto, se utilizan paneles convencionales bastante simples no adecuados según las áreas de diseño, para ello es necesario la actualización y mejora de los paneles con tecnologías anexas como un sistema centralizado que trabaje en paralelo con el sistema de seguridad ya implementado. Asimismo hacer un mejor manejo de la administración de los datos debido a que un sistema centralizado obtiene toda la información del desenvolvimiento del incendio, registrando los datos en una computadora personal o en la memoria de un microcontrolador, comprobando el comportamiento y avance del fuego en el incendio y analizando los registros obtenidos lo cual ayudará a la investigación de las causas de origen y expansión.

Los estudios del diseño del sistema centralizado inalámbrico se realizará de acuerdo a las características de un conjunto departamental de 4 pisos, las características de los departamentos nos indicarían el requerimiento de un panel de 16 zonas con un promedio de 3 sensores por vivienda cumpliendo con los requerimientos exigidos por la NFPA. Sin embargo tras las características del Sistema Inalámbrico utilizando tecnología Zigbee bastará utilizar módulos de bajo consumo y buen desempeño por parte de la familia Maxstream Series para obtener un sistema de características de paneles Inteligentes contra incendio desempeñando un mejor rendimiento a un bajo precio.

Se concluye que actualmente de acuerdo a los estudios realizados con respecto al mercado de las tecnologías de seguridad contra incendio es apreciable un incremento en la adquisición de productos y equipos por parte de la población debido a los procesos para el desarrollo de conciencia de seguridad tomados por parte de los grupos industriales y población en general, viéndose los principales avances en la zona andina de Latinoamérica, esto debido a la decisión de cumplir con los requerimientos normativos determinados por la NFPA para el aumento de los índices de seguridad.

De acuerdo a las características en el área de diseño a estudiar, departamentos de 4 pisos, es conveniente para un uso cotidiano la utilización de un sistema convencional de 16 zonas mas no un sistema inteligente de detección debido a razones de costo y relacionando proporcionalmente al tamaño del área de diseño sin embargo la efectividad es diferente dado a que un sistema inteligente determina mayores condiciones de seguridad debido a los beneficios otorgados, mejor manejo de un área

específica, y la independencia de las mismas; sin embargo el presupuesto sería mas elevado. El sistema centralizado inalámbrico a diseñar dará un mayor grado de complejidad al sistema debido a las funciones que deberá cumplir, como el registro de datos en un computador personal , determinar independientemente las direcciones de cada uno de los dispositivos de iniciación, listado horario de sucesos respectivos para el análisis de expansión del fuego por parte de cada uno de los sensores, características inteligentes a sistemas de detección simple, pues los sensores tendrán emisores que serán reconocidos vía inalámbrica y cuya información será anunciada en un computador personal y almacenados en un microcontrolador por medio de un interfaz basado en la programación de los mismos.



CAPITULO 2: CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO APLICADO A SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ALARMA CONTRA INCENDIOS.

2.1 Aspectos Informativos

Un problema clásico en el transcurso de la vida cotidiana es la falta de prevención, el exceso de confianza, la certeza de estar íntegramente seguros cuando aparentemente la realidad es otra. La falta de prevención es un problema que se hace presente en el país, diversos sucesos de características trágicas se manifestaron en los últimos años, incendios de amplia magnitud y expansión que se pudieron evitar con un sistema de seguridad adecuado. La mayoría de los incendios se producen por un corto circuito en áreas no vigiladas.

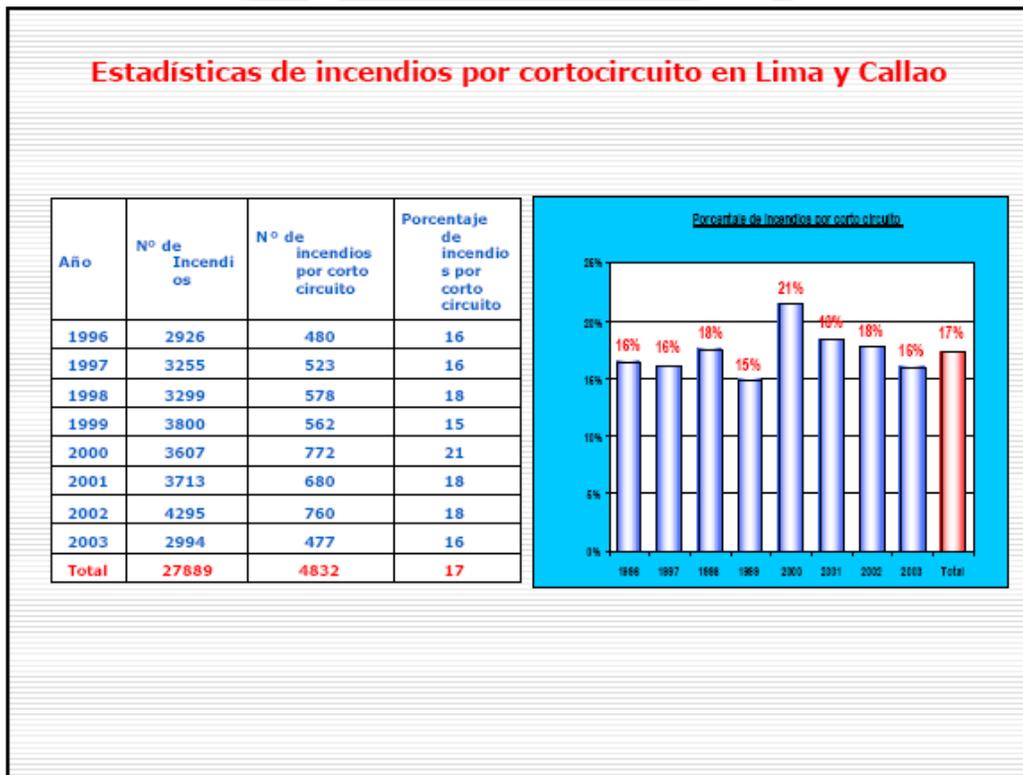


Fig. N°1. Estadísticas de incendio por cortocircuito

Fuente: OSINERG

Estadística de Emergencias Atendidas a nivel Lima, Callao e Ica
Tipo de Emergencia - 2008

| TIPO DE EMERGENCIA | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| INCENDIO | 679 | 629 | 627 | 546 | 466 | 435 | 511 | 482 | 504 | 484 | 490 | 679 | 6532 |

Estadística de Emergencias Atendidas a nivel Nacional
Tipo de Emergencia - 2008

| TIPO DE EMERGENCIA | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | TOTAL |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-------|
| INCENDIO | 906 | 801 | 773 | 803 | 768 | 827 | 969 | 1123 | 1158 | 905 | 750 | 959 | 10742 |

Fig. N 2. Emergencias de incendio atendidas por los bomberos en el 2008

Fuente: <http://www.bomberosperu.gob.pe/Estadisticas>

Actualmente el proceso de detección esta basado en sistemas inteligentes automatizados actuando de acuerdo a una programación determinada para la ubicación de los puntos afectados. Durante el origen de un incendio el primer objetivo es la detección y la ubicación en la que se está desarrollando, para ello es necesario un sistema de detección basada en el monitoreo a través de dispositivos de detección automática y estaciones manuales ubicados en los diversos sectores comprendidos en un local y evaluar su estado. En ciertos países entra en régimen la gestión de los datos obtenidos por los paneles en una base de datos codificada para el registro de todos los sucesos producidos. Referente al monitoreo en cada uno de los estados de Estados Unidos, el código internacional de construcción requiere alarmas contra incendio y sistemas de rociadores para ser aprobados y monitoreados por la estación supervisora además los sistemas deben ser conectados a una estación central de bomberos.

2.1.1 Tecnologías utilizadas

Los fabricantes contribuyen cada día para el desarrollo de nuevos métodos e innovaciones tecnológicas para lograr una detección instantánea libre de falsas alarmas las cuales suelen ser producidas por perturbaciones ambientales. Estas tecnologías se desarrollaron ampliamente considerándose una gran diferencia respecto a las técnicas usadas pocos años atrás. El centro de procesos del sistema se encuentra basado en un panel del control siendo el equipo más importante de todo el sistema pues el diseño de la red depende del mismo. El panel de control proporciona alimentación eléctrica a los detectores, recibe información de los mismos y genera una señalización adecuada a la información recibida. Para el óptimo manejo del panel es necesario identificar la información sobre la alarma (tipo de dispositivo, ubicación, etc.),

silenciar el panel y las sirenas para evitar pánico o una evacuación innecesaria por causa de una falsa alarma.

2.1.2 Tecnologías de Iniciación

El aumento de la producción de detectores analógicos y la reducción de costos en la industria de los microprocesadores ha logrado que cada detector tenga un microprocesador en el cual se encuentren almacenados los algoritmos para el recorte de señales, suavizado, compensación automática de suciedad y mejorar la velocidad de respuesta y reducción de falsas alarmas. Estos microprocesadores evalúan la actividad de la cámara de luz fotoeléctrica y toman una decisión inteligente de acuerdo a la intensidad de luz obtenida ante los diversos factores ambientales. [16] Los sensores fotoeléctricos típicamente suelen ser muy sensibles ante la acumulación de polvo y suciedad, siendo éstos factores importantes para la generación de eventos indeseados. Los datos del comportamiento de la cámara fotoeléctrica se supervisan y se analizan para determinar el punto de referencia de transición, con ello la evaluación de los datos y el punto de referencia de cambio proporciona un proceso de filtrado que compensa los factores ambientales de una forma considerable para evitar falsas alarmas.[11]

El proceso de comunicación de los sensores fotoeléctricos convencionales se efectúa por el contacto de relees generados después de la detección para el envío de la señal anunciadora al panel o a la tarjeta de expansión de zonas y la selección de cable es de acuerdo a las características del detector. Los dispositivos de detección inteligente proporcionan una señal analógica o digital al panel utilizando comunicaciones direccionables. [11] El dato es analizado y un valor promedio es determinado y registrado. Esto sirve para comparar los valores presentes con los valores de promedio y tiempo. La evaluación de datos inteligente esta conformada por el monitoreo de cada valor promedio de los sensores ante los puntos de referencia de cambio para compensar la suciedad o polvo. Las bases de los detectores direccionables contienen direcciones electrónicas las cuales monitorean el estatus del sensor fotoeléctrico, de ionización o de calor. Cada salida del sensor es digitalizada y transmitida al panel de control cada cuatro segundos.

2.1.2 Conexiones Utilizadas

Un tema muy importante en el diseño de una red de alarma contra incendio es la distribución del cable de cobre que parte del panel hacia los dispositivos de iniciación y los periféricos anunciadores. Los problemas surgen por el espacio que el cable ocupe dado a que existen estructuras que para que cumplan con las condiciones de la NFPA es necesario el uso de una mayor cantidad de cable, tanto en sistemas convencionales como en sistemas inteligentes.

En los sistemas convencionales los lazos parten del panel hasta las zonas correspondientes los cuales al terminar la cobertura culminan en una resistencia de fin de línea. Para ello los cables a utilizar deben enviar y recibir tanto la información como la alimentación a los dispositivos desde el panel de control con cables de 4 hilos. En las estructuras modernas los cables son llevados por medio de tubos de PVC de $\frac{3}{4}$ " a 1" pulgada, (aproximadamente un máximo de 13 cables) interconectando distintos pisos y es en la montante de los edificios donde se aglomera la mayor cantidad de cable y donde se originan mas problemas. Por ello es importante un buen diseño en ingeniería para evitar una acumulación potencial que impida continuar y poner en riesgo la implementación.

Las tecnologías inalámbricas para los dispositivos de iniciación son de gran ayuda si al ahorro de cable se refiere, pero necesita un constante mantenimiento. Los detectores inalámbricos son importantes para el ahorro del cableado y evitar problemas de distribución ideal para edificaciones de roca o mármol o edificios que desean preservar sus diseños de pared. Ciertos paneles utilizan dispositivos de traslación llamados RFX Gateway que permiten una comunicación entre los sensores con el panel de forma inteligente. Cada Gateway soporta un total de 80 detectores inalámbricos y monitorean señales de aproximadamente 60 pies de radio. Los Gateway obtienen datos y transmite información al circuito de línea de señal del panel y esto permite que cada uno de los dispositivos tenga una única dirección ayudando a la detección de una manera más eficiente. Asimismo existen protocolos de comunicación que pueden ser aplicados a estas tecnologías como el protocolo Zigbee el cual permite una comunicación inalámbrica de baja potencia permitiendo una comunicación entre los nodos y el dispositivo. Este protocolo genera bajas tasas de información y un bajo consumo de batería y puede contar con un total de 64000 nodos superando ampliamente los 8 nodos del Bluetooth.

2.2 Modelo Teórico

La disposición de los dispositivos de iniciación y el cableado condicionan notoriamente el presupuesto destinado al diseño de una red de alarma contra incendio. Aproximadamente el 40% del presupuesto en el diseño está determinado por la mano de obra, entubado y el recorrido del cable obviando los dispositivos, accesorios, paneles y sensores.

Es conveniente un sistema que ahorre recursos dando resultados óptimos de acuerdo a la infraestructura en pie. Un sistema inalámbrico centralizado evitará el uso de cables para la interconexión de los sensores de humo fotoeléctricos o de ionización convencionales a una unidad de procesos representada por un computador personal o un microcontrolador. Esta tecnología puede ser también utilizada por sensores fotoeléctricos no listados e independientes, es decir, sensores que no necesiten de un panel de control para su funcionamiento. El sistema centralizado evaluará todos los sucesos obtenidos por estos sensores para administrarlos y archivarlos para una posterior investigación. El sistema también podrá ser utilizado en sistemas convencionales sencillos con comunicación física y que cuenten con un panel de control siendo un complemento para obtener un sistema mucho más preciso y complejo.

El inicio de la comunicación será estimulada con el cierre del circuito de los sensores convencionales cuando se haya detectado humo, empezando la transmisión de un emisor anexado al sensor. Las tecnologías de comunicación pueden utilizar un diverso conjunto de protocolos de alto nivel y bajo consumo como los zigbee para la transmisión de datos. La comunicación será determinada por el mismo lenguaje donde será necesaria una estandarización de protocolos por medio de nodos de comunicaciones que permitan interconectar redes con protocolos y arquitecturas muy diferentes en todos los niveles de comunicación. Con ello la gestión de datos de ubicación, supervisión y alarma puede ser administrada por un computador personal característico del sistema centralizado en paralelo con el panel de control determinado por un módulo coordinador para la confirmación del envío de la señal de alarma así como de forma independiente utilizando únicamente módulos coordinadores y routers Zigbee con el acoplamiento de microcontroladores.

El sistema estará apto para adoptar nuevas tecnologías de monitoreo y anunciación para posteriores investigaciones y aplicaciones conservando los protocolos de comunicación para su funcionamiento en caso de la expansión del sistema.

El uso del panel de control depende del tipo de sistema que se esté usando de acuerdo al área de trabajo, para ello diferenciamos dos tipos de sistemas: El sistema convencional y el sistema inteligente o direccionable. La diferencia fundamental entre estos sistemas radica en la identificación de la ubicación de los dispositivos de iniciación. En un sistema convencional la detección es asumida de acuerdo a áreas o zonas de iniciación compuestas por un número determinado de detectores o estaciones manuales. El panel de control solo identifica la zona donde se genera la detección. Este tipo de sistema es generalmente utilizado para áreas abiertas de amplia visión para el público en general como ambientes amplios, zonas de oficina con separadores de drywall (pared seca) de media altura entre ellas, pasillos, hall de edificios, entre otros. Sin embargo el sistema está apto para ser actualizado y mejorado adoptando tecnologías inalámbricas basando solamente el uso de los sensores para el cierre del rele de comunicación e iniciar un sistema completamente inalámbrico, inteligente, y de alto desempeño.

2.3 Conceptos Generales

Un sistema de alarma define una gama de conceptos que deben ser aclarados antes de realizar un diseño específico en cualquier área de diseño, para ello a continuación se realiza una descripción de ellos.

2.3.1 Sistema de detección y alarma contra incendios

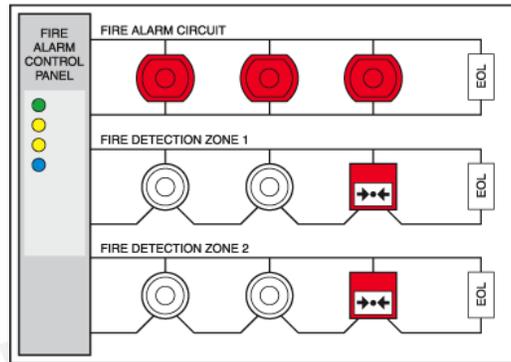
Es un sistema de protección activo que detecta la presencia de fuego para posteriormente iniciar un estado de notificación a los ocupantes, convocando un servicio en contra de la expansión del fuego y controlando todos los sistemas de alarma de una edificación para realizar una pronta evacuación.

2.3.2 Tipos de sistemas

Existen dos tipos de sistemas de incendio utilizados en el mercado actualmente cada uno determinado en la manera de cómo se transmite la señal de alerta y monitoreo de los dispositivos de iniciación hacia el panel administrador. Se describirán a continuación.

2.3.2.1 Sistema de detección Convencional

La detección es identificada a través de zonas. El panel o centro de procesos reconoce el área afectada como un bloque de dispositivos de iniciación (una zona puede estar compuesta por varios sensores fotoeléctricos, estaciones manuales, sensores de aniego, módulos de expansión entre otros).



FigN 3 Sistema convencional con 2 zonas de iniciación y una zona de anulación. Fuente: NFPA

2.3.2.2 Sistema de detección Inteligente

La detección es identificada de forma autónoma por parte de los dispositivos de iniciación de una forma direccionable, el panel o centro de procesos reconoce el área afectada de acuerdo a un solo dispositivo de iniciación. Los sensores fotoeléctricos y dispositivos de iniciación inteligentes poseen una codificación única la cual es reconocida por el panel de control para su observación en los visualizadores del propio panel.

2.3.3 Áreas del Sistema:

Se cuentan con dos áreas comprendidas en la relación que poseen los dispositivos con el medio exterior. Se presentan a continuación.

2.3.3.1 Área de Iniciación

Basada en el monitoreo de dispositivos de detección manual o automático para el próximo envío de la señal de detección al panel de control.

2.3.3.2 Área de Anunciación

Basado en el funcionamiento de los dispositivos de notificación sonora y visible para las personas con el propósito de alertar sobre un posible caso de incendio y guiarlas de una forma segura a las rutas de escape mas cercanas.

2.3.4 Incendio

Ocurrencia de fuego no controlada y altamente peligrosa debido a la fuerza de expansión generado por tres factores, el combustible, el comburente y la energía de activación. [16]

2.3.5 Iniciación automática y manual

Basada en el funcionamiento de sensores fotoeléctricos y estaciones manuales respectivamente.

2.3.5.1 Sensores Fotoeléctricos

Son detectores que permiten la detección de partículas de humo (utilizando el principio de dispersión lumínica) por acción de una difracción de un haz de luz.



Fig N°4. Sensor Fotoeléctrico HOCHIKI

Fuente : www.cctv-seguridad.com.mx

2.3.5.2 Sensores Iónicos

Permiten la detección de partículas visibles o invisibles de humo o gases originados por sustancias en combustión.

2.3.5.2 Estaciones Manuales

Dispositivos de iniciación manual normalmente abiertos, son interruptores de enlace de señal con el panel de control. La iniciación se realiza con el movimiento de una palanca para la activación.



Fig N°5. Estación Manual HOCHIKI

Fuente: www.cctv-seguridad.com.mx

2.3.6 Módulos

Los módulos de alarmas contra incendio desempeñan funciones de soporte en una red de alarma que parten desde el aumento de zonas convencionales hasta el manejo, monitoreo y control de accesorios.

2.3.6.1 Módulos de expansión

Usado en sistema de detección del tipo convencional para aumentar el número de zonas de detección. El número de zonas es limitado de acuerdo al panel utilizado.

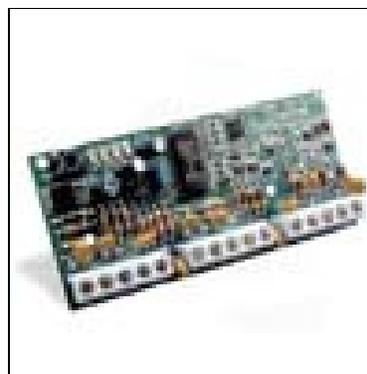


Fig N°6.. Tarjeta de expansión de 16 Zonas DSC

Fuente: www.dsc.com

2.3.6.2 Módulos Supervisores

Utilizados para el monitoreo de equipos ajenos a los dispositivos de iniciación de incendio, encontramos los Módulos IAM supervisor para el monitoreo de válvulas en cuartos de bomba, sensores de flujo, de presión entre otros que envían una señal de detección al panel.

2.3.6.3 Módulos de control

Utilizado para controlar dispositivos que se encuentran distribuidos en cualquier parte de la edificación con el envío de la señal desde el panel para la apertura de un relé de control. Estos módulos pueden ser utilizados para el control de cuartos de bomba, bloqueo de ascensores durante la etapa de incendio etc.

2.3.7 Notificación

Es la última etapa de un sistema de alarma contra incendio. Comunica un evento de incendio a los habitantes del inmueble a través de señales

2.3.7.1 Visible

Sistemas compuestos por dispositivos que guían al personal hacia las zonas de evacuación mas cercanas de una forma visible, sin comprometer su integridad, esta representado por luces estroboscópicas, y luces de emergencia.



Fig N°7. Luz Estroboscópica SEGO

Fuente: www.sego.com.pe

2.3.7.2 Audible

Sistemas compuestos por dispositivos que guían al personal hacia las zonas de evacuación mas cercanas de forma sonora sin comprometer su integridad, representado por cornetas, campanas.



Fig N°8. Cornetas Estroboscópicas Honeywell

Fuente: www.sego.com.pe

2.3.7.1 Módulos Xbee

Los módulos Xbee son dispositivos que operan por radiofrecuencia para enlazar y comunicarse con otros dispositivos zigbee a diferentes distancias sin necesidad de un cableado específico. Consumen una cantidad mínima de energía y transmite datos entre dispositivos remotos. Existe una gran cantidad de dispositivos pertenecientes a la familia Maxstream como los módulos Series 1, Series2, Pro; cuyas diferencias recaen fundamentalmente en el rango de alcance de envío de datos, potencia, consumo de energía y la configuración de la red de área personal.



Fig N°9. Módulos Xbee para comunicación por radiofrecuencia

Fuente : Manual de producto RF Modules Zigbee

2.3.8 Comunicaciones

Existen diversas formas de comunicación entre los dispositivos de iniciación, notificación y módulos hacia el panel de control. Se describen a continuación.

2.3.8.1 Alámbrica

La comunicación de los datos entre los dispositivos de iniciación al panel son efectuados por cables de 2 y 4 hilos de acuerdo a la tecnología inteligente o convencional respectivamente.

2.3.8.2 Inalámbrica

Tecnología utilizada para el manejo y transporte de información de los dispositivos de iniciación en un sistema centralizado hacia una unidad de procesamiento y gestión de datos sin necesidad de cables de cobre a través de traductores de protocolos y diversos métodos de movimiento de información.

2.4 Aspectos Técnicos Básicos:

- **Interconexiones tipo A y B:** Este tipo de interconexiones están caracterizadas por el recorrido del cable de iniciación. En la configuración tipo A, el cable parte del panel de control alimentando a los detectores y dispositivos de iniciación y culmina el recorrido retornando al panel de control, mientras que la configuración tipo B es utilizada mayormente en sistemas de detección convencional partiendo el cable desde el panel y culminando en una resistencia de fin de línea (EOL).
- **Sistema Centralizado:** Para la gestión de los datos obtenidos por los sensores se obtiene información determinando los protocolos de los dispositivos de iniciación y con una programación oportuna controlar las áreas de supervisión y notificación administrado por un computador personal o un microcontrolador maestro.
- **Alimentación:** Los paneles de control de sistemas contra incendio debe ser provisto de por lo menos 2 fuentes de alimentación independientes y confiables. Una fuente primaria y una fuente secundaria (en espera). La Primaria obtenida de un tablero de energía eléctrica general y la secundaria

de 24V por 2 baterías de 12 V conectadas en serie con la capacidad de un alto envío de corriente, para la alimentación tanto de sensores como de equipos anunciadores en caso de un siniestro.

En un sistema centralizado utilizando protocolos zigbee, los paneles serán reemplazados por dispositivos de iniciación conectados a un microcontrolador maestro, por lo tanto, todos los dispositivos poseerán una fuente de alimentación independiente.

Debido a que existe siempre una probabilidad para que se desenvuelva un incendio en las diversas áreas estructurales y condiciones ambientales así como la necesidad de administrar los datos recibidos por los dispositivos de iniciación; es necesario un sistema de seguridad de detección y alarma contra incendio centralizado, utilizando comunicación inalámbrica para el envío de la información a una unidad de procesos, para posteriormente evacuar al personal fuera de las instalaciones afectadas para el desarrollo de un registro de sucesos. Los dispositivos de iniciación para el monitoreo de humo de un local deben poseer una salida ajustada a un relé para la activación de los emisores inalámbricos. Un sistema centralizado vía inalámbrica administra ordenadamente los sucesos ocurridos durante el monitoreo de los sensores de humo dentro de un entorno correspondiente a un computador personal dando lugar al almacenamiento de los archivos y la elaboración de una base de datos. Un sistema centralizado puede actuar paralelamente con el sistema de alarma contra incendio basado en un panel de control convencional simple otorgando la capacidad de convertir un sistema simple de detección en uno más complejo y completo, esto es con el objetivo de incrementar las tendencias de uso de sistemas de alarmas contra incendio convencionales simples en conjuntos residenciales por su accesibilidad y mayor eficiencia debido al sistema centralizado a usar.

CAPITULO 3: TECNOLOGÍA ZIGBEE PARA DOMÓTICA, APLICACIONES EN EL SISTEMA Y REQUERIMIENTOS.

3.1 Ubicación de Dispositivos

En el desarrollo del proyecto es necesaria una evaluación métrica de las dimensiones del local previsto para la instalación de la red de detección y alarma contra incendios. Dado a que la distribución de los equipos se encuentra completamente regida bajo las normas de la NFPA los cuales determinan factores importantes de ubicación de los mismos. El sustento se encuentra reflejado en pruebas de laboratorio las cuales testifican la distribución más óptima.

La distribución de los dispositivos de iniciación automáticos en áreas residenciales de acuerdo a los organismos reguladores de la protección contra el fuego NFPA se encuentran caracterizados por el distanciamiento entre sensores evaluado en una longitud aproximada de 9 metros ubicados en los techos. La distancia de los sensores fotoeléctricos a las paredes debe ser de aproximadamente 4.5 metros. La distancia es relativamente aproximada debido a que no necesariamente las dimensiones de un local serán múltiplos de 4.5 metros en los perímetros para una ubicación perfecta entre los sensores, en el caso de no cumplirse la cantidad de sensores debe necesariamente exceder el estándar propuesto. Todas las unidades métricas nombradas anteriormente se encuentran determinadas por los organismos reguladores pertinentes.

En el caso de las estaciones manuales o dispositivos de iniciación manual, la posición se encuentra determinada a rutas de escape próximas como puertas, y pasillos a una altura de 1.2 metros del piso acompañado de una luz estroboscópica ubicada a 2.1 metros del piso en el mismo nivel horizontal de la estación manual. La distribución de las luces orientará al personal para la evacuación más cercana por lo que la ubicación de las mismas no se encuentra determinada aleatoriamente, sino debe ser ubicada en los sectores más cercanos a las salidas y rutas de escape.

Los visualizadores remotos o de un panel de incendio deben estar ubicados en una zona de recepción o vigilancia, en caso de conjuntos departamentales dado a que debe estar completamente alejado de las zonas que poseen mayor probabilidad de incendio siendo monitoreados por un personal constantemente para la confirmación.

3.2 Modelo aplicativo y características

En el presente trabajo se presenta una solución de diseño óptima para la domótica. Actualmente el diseño de red por sensores convencionales se encuentra estructurada por comunicación basada en cableado para la distribución de los sensores a tarjetas expansoras, paneles, y anunciadores, de la misma forma en el caso de los dispositivos inteligentes, cotizando costos elevados principalmente en aspectos de mano de obra, entubado, cableado e inclusive el daño del inmueble como se dan en casos de ruptura de las paredes para el anexo de los cables entre dos ambientes diferentes. Es por ello que la implementación con tecnología inalámbrica, de bajo consumo de energía, alta eficiencia de envío, y mayor rendimiento y durabilidad, competirá directamente con las tecnologías utilizadas cotidianamente.

El entorno global del trabajo gira alrededor del protocolo Zigbee, una tecnología basada en la alianza de una gran cantidad de empresas fabricantes de semiconductores para el desarrollo de una tecnología inalámbrica de bajo coste, alto desempeño y ahorradora de energía.

Este protocolo se encuentra basado en el estándar IEEE 802.15.4 el cual determina el control de acceso de redes de baja tasa de transmisión de datos en las redes de área personal inalámbricas donde la implementación debe regirse en 3 intervalos de banda de frecuencia: 868-868,8 MHz Europa; 902-928 Mhz Norte America y 2400-2483,5 Mhz en todo el mundo.

Se presenta el siguiente cuadro comparativo las características de radio de las señales. Dado a su baja tasa de envío presenta características fundamentales para un entorno en baja relación señal a ruido.

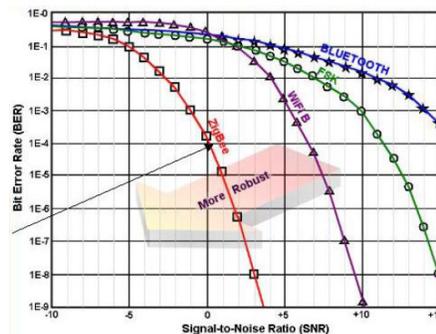


Fig N°10. Comparación de señal de Ruido entre tecnologías inalámbricas

Fuente: Manual de Producto v8.x1x.Beta Protocolo Zigbee

Debido a que el protocolo trabaja con bajas tasas de envío sirve de gran apoyo para el desarrollo de la red de alarma contra incendios debido a que los sensores de humo se encuentran en permanente monitoreo. La vinculación de la transformación de la señal analógica del sensor a un protocolo de comunicación inalámbrica se efectúa solo si ocurre un evento, y con un aviso único de alerta, por el cual el envío de información es único por cada sensor, demostrando una gran compatibilidad con la tecnología por el uso eficaz de la transmisión a baja tasa de envío, reduciendo el consumo de potencia significativamente. En las redes Zigbee se pueden realizar una interacción hasta 254 nodos con 255 subconjuntos por lo cual se puede llegar a una interconexión inalámbrica de aproximadamente 64770 dispositivos otorgando una gran cantidad de topologías disponibles, esto respalda positivamente al sistema en diseño pues los sistemas inteligentes cotidianos utilizados actualmente poseen límites de dispositivos, los cuales para la apertura de nuevas conexiones que superen a la cantidad establecida requerirá de transformadores, fuentes, paneles remotos y nuevos agentes que elevaran el costo de la red teniendo en cuenta que en un sistema cableado la energía decrece con la distancia. Sin embargo, cuando existan caídas posibles en los nodos de red, los dispositivos zigbee serán capaces de tomar rutas alternativas para llegar al destino manejando la transmisión a través de la malla.[24]

El protocolo se encuentra compuesto por circuitos de alta precisión. Los elegidos a trabajar son los módulos Xbee series2 dado a su amplio alcance de captación de señal, el cual filtra de forma adecuada las perturbaciones de las paredes, voltajes elevados entre otros factores que alteran el manejo conveniente de la señal transmisora de información. De la misma forma la PAN ID es detectada automáticamente a diferencia de los Series 1 que deben ser configuradas en el software de desarrollo XCT-U y asignarla al módulo coordinador. La disposición del envío de información es de tipo malla, todos los módulos considerados como routers pueden ser diseccionados y recibir la información de los demás módulos pertenecientes a la red, sin embargo es el coordinador el que administra la recepción de los datos. Por ello es necesario determinar los tipos de dispositivos que se asignará a cada uno de los módulos,

3.2 Dispositivos de la red Zigbee

La red Zigbee está comprendida por dispositivos los cuales desempeñan diversas funciones definidas en la gestión de envío de información, ahorro de energía, uso de una red privada de transmisión, direcciones de envío y recepción programadas entre

otros. Los módulos de la red pueden desempeñarse como dispositivos de función reducida o como módulos coordinadores.

3.3.1 Coordinador de Red

Es el equipo que consumirá la mayor cantidad de potencia debido a que será el que administre de forma permanente todos los datos recibidos por los demás equipos pertenecientes a la red. Se encuentra en constante monitoreo de todos los posibles sucesos que pueden ocurrir durante el transcurso del tiempo hasta determinar un evento además administra el modo para la comunicación de otros dispositivos interrelacionándolos unos con otros. La diferencia de un coordinador de red y los dispositivos de función completa y función reducida reside en el firmware del módulo los cuales son distintos a los firmwares de los routers y los dispositivos de finalización.

El coordinador es necesario para el arranque de la red zigbee el cual dispone la posibilidad de elección del canal de radiofrecuencia a utilizar de los posibles 17 que se encuentran dentro del espacio radioeléctrico, por ello es necesario la medición en la cual se determine en que canal hay una menor densidad de energía para evitar las interferencias que puedan afectar al mejor desempeño de la red, por ello el coordinador se encarga de escoger, vía usuario o aleatoriamente el identificador de la red a utilizarse para el sincronismo de los demás módulos dentro de una red cerrada. Tras este suceso el coordinador actuaría como un router. La elección de canales e identificadores de red se efectúa principalmente para no invadir redes zigbee colindantes a la red en trabajo.

3.3.2 Dispositivos de Función Completa y Reducida

Los dispositivos de función completa pueden funcionar como administradores de red, los cuales poseen la capacidad para desempeñar la función de router o para entablar contacto directo con los usuarios. Los dispositivos de función reducida poseen funciones limitadas con bajo coste y simplicidad, funciona principalmente para la comunicación de sensores y envío de señales simples como actuadores de la red.

En la siguiente configuración se puede apreciar una tecnología de Zigbee Maxstream tipo malla el cual será utilizado en el presente trabajo[23]. El coordinador es el que establece los parámetros de red, la asignación de canal del espectro radioeléctrico y a la vez se encontrará en completo y constante monitoreo de los demás dispositivos dado a que en el caso de una red de alarma contra incendio el manejo y gestión de

todos los datos reside principalmente en una unidad de procesos que determine y reconozca sucesos y paralelamente enviar información de alerta para los casos de alarma.

El tipo de configuración determinando el manejo de routers y dispositivos de finalización (End Devices) será relativo de acuerdo a las características del área de diseño. De realizarse una configuración con Maxstream series 2 en un inmueble de amplias dimensiones el uso de routers como repetidoras de información sería muy eficiente en el diseño de la red, dado a que el uso de módulos de Xbee PRO resulta relativamente alto para la implementación en cada uno de los sensores fotoeléctricos, sin embargo con el uso de módulos Xbee y con routers repetidores sin ser anexados a los sensores fotoeléctricos y colocados en las montantes de la estructura ayudará al flujo directo de la información reestructurando cualquier tipo de pérdida de señal.

En el caso de inmuebles como conjuntos departamentales de 3 o 4 pisos la señal de un radio con perturbaciones de 40 metros en tecnología Xbee Maxstream bastará para una comunicación completa y sin necesidad de repetidoras, esto quiere decir, que los sensores fotoeléctricos que serán vinculados a los microcontroladores se comunicarán a los módulos Zigbee en configuración end device sin repetidoras, la configuración End Device ayudará plenamente al ahorro de energía en modo de sueño, esperando la ocurrencia de un suceso para efectuar el reconocimiento y actuar según sea el caso.

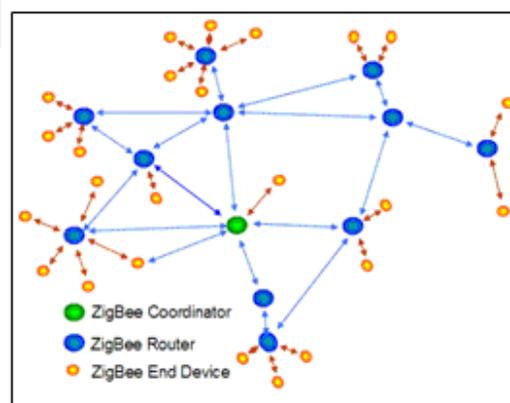


Fig N°11. Configuración de comunicaciones asumido por el módulo coordinador con topología tipo malla.

Fuente : Freescale Semiconductor

El equipo dedicado a gestionar y administrar las ordenes obtenidas por la comunicación e interacción de los módulos es el panel de control el cual será el coordinador del sistema, una ventaja de ello es que el mismo panel de control puede

estar anexado a un propio sensor de incendio dado a que todo el desarrollo va a estar comandado por el microcontrolador principal cuyo código puede aceptar tranquilamente un sensor de incendio más anexado al mismo. Los routers dedicados al monitoreo están definidos por los dispositivos de iniciación así como los dispositivos de anunciación que actúan de acuerdo al panel de control.

3.4 Rangos de Alcance y Variables comparativas Xbee y Xbee-Pro

Los módulos Maxstream de Zigbee difieren en sus niveles de alcance según el modelo especificado. A continuación se muestra una tabla comparativa de niveles de alcance y consumo de potencia.

Table 1-01. Specifications of the XBee/XBee-PRO OEM RF Modules

| Specification | XBee | XBee-PRO |
|--|--|---|
| Performance | | |
| Indoor/Urban Range | up to 100 ft. (30 m) | Up to 300' (100 m) |
| Outdoor RF line-of-sight Range | up to 300 ft. (100 m) | Up to 1 mile (1500 m) |
| Transmit Power Output (software selectable) | 1mW (0 dBm) | 60 mW (18 dBm) conducted, 100 mW (20 dBm) EIRP* |
| RF Data Rate | 250,000 bps | 250,000 bps |
| Serial Interface Data Rate (software selectable) | 1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported) | 1200 - 115200 bps (non-standard baud rates also supported) |
| Receiver Sensitivity | -92 dBm (1% packet error rate) | -100 dBm (1% packet error rate) |
| Power Requirements | | |
| Supply Voltage | 2.8 – 3.4 V | 2.8 – 3.4 V |
| Transmit Current (typical) | 45mA (@ 3.3 V) | If PL=0 (10dBm): 137mA(@3.3V), 139mA(@3.0V) PL=1 (12dBm): 155mA (@3.3V), 153mA(@3.0V) PL=2 (14dBm): 170mA (@3.3V), 171mA(@3.0V) PL=3 (16dBm): 188mA (@3.3V), 195mA(@3.0V) PL=4 (18dBm): 215mA (@3.3V), 227mA(@3.0V) |
| Idle / Receive Current (typical) | 50mA (@ 3.3 V) | 55mA (@ 3.3 V) |
| Power-down Current | < 10 µA | < 10 µA |
| General | | |
| Operating Frequency | ISM 2.4 GHz | ISM 2.4 GHz |
| Dimensions | 0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm) | 0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm) |
| Operating Temperature | -40 to 85° C (industrial) | -40 to 85° C (industrial) |
| Antenna Options | Integrated Whip, Chip or U.FL Connector | Integrated Whip, Chip or U.FL Connector |

Tabla N°1. Cuadro comparativo de especificaciones Xbee y Xbee PRO

Fuente: Manual de Producto product-manual_XBee_OEM_RF-Modules

Las especificaciones indican que los módulos XBee poseen un alcance de radiofrecuencia de aproximadamente 100 metros en espacios libres y de 30 metros cuando existen diversas perturbaciones que obstruyan el flujo continuo de la señal originando desvanecimiento. Las aplicaciones de los equipos se encuentran muy ligadas al área de la domótica, debido a que la señal a transmitir no especifica información compleja, sino información suficiente para la administración y automatización de un local a través de la gestión y administración de un módulo principal. Los alcances de señal de los módulos XBee pueden entablar una buena aplicación en zonas departamentales de poco alcance debido a que áreas cubiertas de

señal en el radio de 30 metros bastan para la automatización completa e inalámbrica de un inmueble, a diferencias del XBee PRO el cual no es completamente utilizado en zonas departamentales si es que a módulos series 2 de configuración tipo malla se refiere. [23]

3.5 COMANDOS

Cada módulo se comunica con cualquiera de los otros módulos, emitiendo broadcasts o direccionando un módulo remoto. Esto requiere que todos los módulos tengan su correspondiente receptor constantemente encendido, debido que cualquiera puede recibir un mensaje en cualquier momento, pero permite mantener mensajes entre todos los módulos. En el modo con coordinador, uno de los módulos se configura para el rol de coordinador y está siempre alerta, pudiendo los remotos permanecer en modo bajo consumo por un tiempo determinado, el que se calcula para minimizar el consumo. Todas las comunicaciones de los remotos son hacia el coordinador. Éste, puede almacenar hasta dos mensajes para un remoto, hasta que este último, al retornar a funcionamiento normal, interroga al coordinador si tiene algún mensaje para él. La configuración de los módulos se realiza mediante comandos AT, pudiendo operar fundamentalmente en uno de dos modos:

- Transparente
- API

En el presente trabajo se describirá un diseño realizado con comandos AT en la ejecución de órdenes para la asignación de dirección y el reconocimiento mutuo entre dispositivos Maxstream. De acuerdo al modo Transparente, el módulo Maxstream recibe información a través del puerto serial UART de entidades externas, realizando posteriormente una comunicación con el modulo remoto comandado como destinatario. Toda la configuración de cambios fueron realizados con comandos AT debido a su mayor simplicidad en la comunicación con microcontroladores.[23] El modo API se recomienda principalmente para los módulos que deben realizar tareas de coordinador dado a que se envían archivos únicos que viajan dentro de un framing completamente detallado que permite el envío de los mensajes de los componentes de la red.

3.5.1 Diferencias entre los modos de Funcionamiento

En el modo de comandos AT se puede configurar el módulo a través de simples comandos, si se necesita una comunicación entre dos equipos zigbee el módulo iniciador debe recibir por el puerto de entrada serial la cadena ‘+++’ para posteriormente general una salida transferida de modo de datos a modo de comandos y entablar la comunicación. La versión se revierte cuando se logra alcanzar el módulo de destino donde el modo de comando retorna al modo de datos para transferir a la unidad externa, en la salida serial del módulo receptor, toda la información emanada de la unidad externa del modulo emisor. Todos los datos que ingresaron por el puerto serial de entrada del módulo emisor serán recibidos a la salida del puerto serial del módulo receptor.

El módulo de comandos API genera un propio protocolo de comunicación, no existe el modo de datos y comandos ya que se genera el envío de una trama conteniendo la información completa con cabecera elevando un poco el nivel de complejidad sin embargo eleva a su vez la velocidad de comunicación en el envío de un emisor a varios receptores.

3.5.2 Especificaciones Técnicas Zigbee:

Se presenta un cuadro de asignación de pines de entrada y salida para un módulo Xbee Series 1

Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules
(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

| Pin # | Name | Direction | Description |
|-------|------------------------|-----------|---|
| 1 | VCC | - | Power supply |
| 2 | DOUT | Output | UART Data Out |
| 3 | DIN / CONFIG | Input | UART Data In |
| 4 | DO8* | Output | Digital Output 8 |
| 5 | RESET | Input | Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns) |
| 6 | PWM0 / RSSI | Output | PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator |
| 7 | PWM1 | Output | PWM Output 1 |
| 8 | [reserved] | - | Do not connect |
| 9 | DTR / SLEEP_RQ / DI8 | Input | Pin Sleep Control Line or Digital Input 8 |
| 10 | GND | - | Ground |
| 11 | AD4 / DIO4 | Either | Analog Input 4 or Digital I/O 4 |
| 12 | CTS / DIO7 | Either | Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7 |
| 13 | ON / SLEEP | Output | Module Status Indicator |
| 14 | VREF | Input | Voltage Reference for A/D Inputs |
| 15 | Associate / AD5 / DIO5 | Either | Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5 |
| 16 | RTS / AD6 / DIO6 | Either | Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6 |
| 17 | AD3 / DIO3 | Either | Analog Input 3 or Digital I/O 3 |
| 18 | AD2 / DIO2 | Either | Analog Input 2 or Digital I/O 2 |
| 19 | AD1 / DIO1 | Either | Analog Input 1 or Digital I/O 1 |
| 20 | AD0 / DIO0 | Either | Analog Input 0 or Digital I/O 0 |

Tabla N°2. Asignación de entradas y salidas del módulo Xbee

Fuente: Manual de Producto product-manual_XBee_OEM_RF-Modules

El flujo de datos de los módulos Zigbee realizado por el puerto serial UART considerado en los pines 2 y 3 como entradas y salidas los cuales deben obtener una lógica asíncrona, para ello debe existir una lógica de compatibilidad al emanar la información.

3.6 Fundamentos de Elaboración

El área de diseño es importante para la implementación y elaboración de una red de alarma contra incendios. Si se refiere a una implementación en una vivienda o en un conjunto de departamentos la tecnología inalámbrica resulta eficiente, práctica, duradera, y que demuestra modernidad e innovación.

Como se notó anteriormente los módulos inalámbricos necesitan primero una conexión física directa con una agente externo que envíe un información interna antes del proceso de transmisión inalámbrica. Todo el proceso es secuencial, y se necesita la actividad consecuente de diversos dispositivos.

En una red de alarma contra incendios los dispositivos iniciadores basados en sensores fotoeléctricos listados y aprobados con certificación UL FM generarán el comienzo del ciclo de transmisión de datos. El esquema se encuentra determinado en la información de un suceso a un ente externo al módulo para una nueva comunicación cíclica con Maxstream. El ente externo se encuentra determinado a través de un microcontrolador de la compañía ATMEL con frecuencia de reloj de 8 Mhz capaz de soportar la aplicación a desempeñar. Debido al manejo de datos, velocidad y eficiencia de este microcontrolador, y a la simplicidad de un envío de datos de bajo nivel de transmisión no se sufrirá de inconvenientes de rendimiento de equipos sobre todo por el área lógica de control.

3.6.1 Ciclo de Trabajo

Como se notó anteriormente, los sensores fotoeléctricos inician el sistema de información demostrando la ocurrencia de un suceso de incendio. De acuerdo a especificaciones técnicas de sensores convencionales independientes al ocurrir una detección los filtros de los sensores envían información interna hacia una zona de transición, los cuales súbitamente cierran un relee de contacto que envían una señal de salida de 8 voltios de acuerdo al sensor utilizado. Esta señal analógica debe ser modificada, alterándola con rectificadores para obtener una señal de bajo voltaje y la

corriente que cumpla con los requerimientos necesarios para utilizarla como señal de entrada al microcontrolador y procesar la información. Para ello la comunicación debe ser unida físicamente a un PIN configurado de entrada vía programación.

El primer nivel del ciclo se completa con la transmisión de un evento al microcontrolador, dando paso al segundo nivel del ciclo, siendo éste un nivel de gran importancia y donde predomina el flujo de la información. Es aquí donde se presenta la mayor ventaja del desarrollo de la aplicación de tecnologías inalámbricas debido a que los sensores convencionales independientes no son direccionados de fábrica, dado a que trabaja por zonas comprendidas con la implementación de tarjetas expansoras de zonas que se encuentran comunicadas directamente a un panel de control. En el presente trabajo, los sensores serán direccionados vía microcontrolador, el cual contendrá en la base de datos una dirección única y característica asignada a cada sensor de acuerdo al usuario o programador. La dirección será parte de la trama de información que será enviada inalámbricamente a través de los módulos Xbee Maxstream de un Emisor a un Receptor único que será el coordinador del sistema.

El proceso de comunicación del microcontrolador con los módulos Zigbee se realizarán vía puerto serial por los pines UART para ello es necesaria la configuración vía programación del microcontrolador para el uso de los registros de comunicaciones USART que se utilizan para la comunicación serial del microcontrolador con computadores personales convencionales a través de un entorno denominado hyperterminal. Lógicamente el entorno hyperterminal no será utilizado en el proyecto debido a que la comunicación microcontrolador – Zigbee representa individualmente cada sensor fotoeléctrico del inmueble, por ello para evitar el uso de computadores personales para el envío de información se complementa sólo con el uso de un microcontrolador y un módulo Zigbee por cada sensor fotoeléctrico para generar un dispositivo de iniciación inteligente y direccionado a partir de un sensor convencional.

A continuación se presenta un esquema del flujo de comunicaciones:

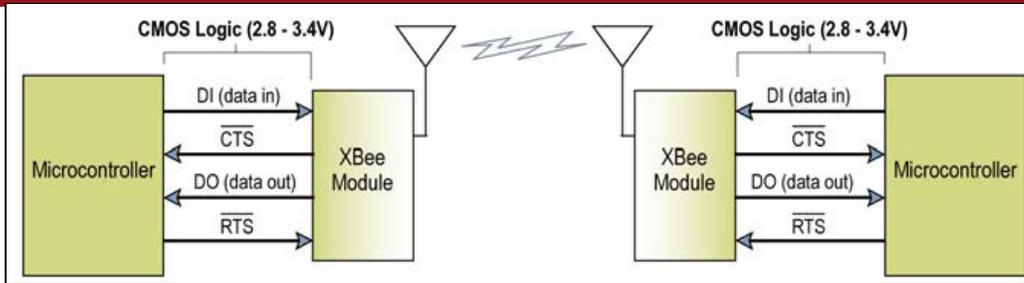


Fig N°12. Comunicación entre microcontrolador y módulo Xbee por puerto Seria y emisión de información
 Fuente: Manual de Producto product-manual_XBee_OEM_RF-Modules

Los datos entran del microcontrolador al módulo Zigbee a través del PIN 3 como una señal serial asíncrona, cuya señal debe mantenerse en alta cuando aún no se reciba parámetros de entrada "Idle (high)". Se solicita un bit de inicio para el envío de la trama de datos siendo el primero el bit menos significativo para finalizar con una señal en alta culminando la comunicación (bit de parada), Para ello el módulo UART considera también las tareas de paridad y tiempos de retardo. Para ello existe un control de flujo de información CTS cuya función es la de indicar cuando los registros del buffer se encuentra a 17 bits de estar completamente lleno. Cuando esto ocurre el PIN CTS pasa a estar a nivel alto el cual controlaría por ordenes prioritarias al controlador para evitar el envío de mas datos. Debido a que el trabajo presente solo maneja direcciones de valor no tan elevado, puesto que se efectúa en canales diferentes de espacio radioeléctrico, con ruta personalizada las direcciones se ven reducidas, conllevando a un menor espacio solicitado para el almacenamiento de las direcciones.

Cuando los datos son recibidos por el pin del UART la data es almacenada posteriormente es expulsada por el pin de salida para reconfirmación por parte del microcontrolador, este proceso es dado para que exista la seguridad de comunicación en el reconocimiento de ambos equipos.

A continuación se presenta la trama serial de ingreso:

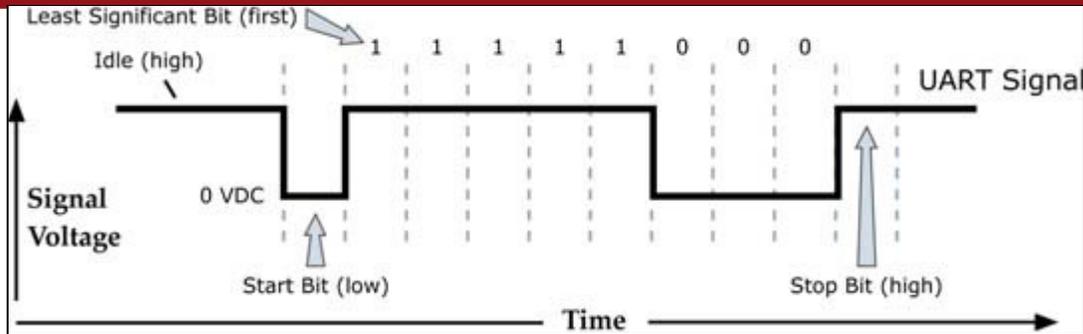


Fig N°13. Trama serial de ingreso UART para módulos Xbee

Fuente: Manual de Producto product-manual_XBee_OEM_RF-Modules

Es necesario saber que los datos son almacenados en los Buffers correspondientes a los pines de entrada UART del módulo Zigbee hasta el momento en que no se reciban caracteres en una determinada cantidad de tiempo, cuando la cantidad excede los 100 caracteres recibidos y cuando se procedió respectivamente el proceso de envío y confirmación para la relación entre el módulo con el microcontrolador (modo de secuencia de comandos GT+CC+GT).

Para que exista una comunicación exitosa, la configuración correcta de los canales de envío de información, el diseño de una pequeña red de área local vía inalámbrica. Con el diseño del PAN (Personal Area Network) los equipos serán reconocidos entre sí como pertenecientes a un mismo estándar y se podrá iniciar la comunicación sin interferir con redes aledañas. Para ello el coordinador es necesario para el arranque de la red Zigbee., con ello el coordinador se encarga de seleccionar el canal de RF a utilizar de los 17 canales disponibles de acuerdo al espacio radioeléctrico en el que exista una menor cantidad de energía. Con ello se efectuará la transmisión de la información direccionada de los sensores de incendio en una red cerrada privada. Si los equipos están configurados con un parámetro de identificador de red (PANID) determinado se evitará que uno de los dispositivos se conecte a una red cercana con una PANID distinto. Los equipos al ser encendidos se conectarán con la primera red Zigbee que encuentre.

Debido a que el coordinador será el administrador y a la vez el dispositivo que monitoreará constantemente a los dispositivos routers conectados a los sensores fotoeléctricos deberá ser configurado para la formación de la red de área personal (PAN) asignándose un identificador de PAN. La elección del canal puede ser asignado aleatoriamente, sin embargo en series 1 el canal debe ser asignado por el usuario. Posteriormente la configuración de los dispositivos pertenecientes a la malla que se

encontraran en modo de sueño (Sleep Mode) para el ahorro de energía serán configurados como finalizadores (End Devices). La aplicación del dispositivo debe obtener de la lista de canales la configuración para escanear los canales especificados. El resultado debe contener una lista de red (Network List) detallando los PAN activos en la red. Al igual que el Router, se realizan varias peticiones de descubrimiento para saber cuantos elementos son los que hay en la red. La aplicación del dispositivo debe comparar la lista de canales con la lista de red para deducir a qué red debe unirse. En el algoritmo debe indicarse entre otras cosas: el modo de operación de la red, identificación del router o coordinador de la red, capacidad del Router o coordinador, coste de enrutamiento, etc. El entorno indicado para la asignación de los comandos y definición de canales y redes de área personal es el X-CTU donde se podrá observar y configurar según la conveniencia del usuario. En el coordinador el parámetro ID debe encontrarse con la configuración 0xFFFF para que el identificador de red sea tomado aleatoriamente, caso contrario será asignado por una dirección específica.

Los módulos conectados a los sensores deben estar configurados como equipos de finalización o End device. Un End device siempre esta asociado a un Router, por lo que no hace nada mientras se encuentra en modo dormido (sleep) hasta que obtiene un evento de prueba, haciendo un pulso de iniciación (Polling) al Router al cual se encuentra asociado para determinar si es cierto el nuevo suceso. De esta forma el consumo de energía por parte de los routers será menor ya que el monitoreo no es constante, a diferencia del módulo coordinador cuyo monitoreo es permanente esperando la señal de los dispositivos asociados para la coordinación de la red.

3.7 Detalles Asociados

El diseño de la red inalámbrica para detección y alarma contra incendios utilizando la tecnología Zigbee con módulos Maxstream Series 2 difiere en ciertos puntos con las redes de alarma de incendio usadas hoy en día. Los sensores fotoeléctricos de las redes convencionales utilizan una salida que comunica las operaciones vía física alámbrica hacia tarjetas expansoras de zonas que posteriormente dirige la información a un panel de control que reconoce la zona multiplexada por una tarjeta expansora, (una zona conformada por varios sensores). Este tipo de tecnologías es muy utilizado para pasillos, espacios abiertos, salas de convenciones entre otros, obteniendo un monto considerable del presupuesto en la mano de obra, entubado y cableado,

teniendo ciertos inconvenientes según el proceso de diseño sobre todo en las montantes, que es donde se aglomera la mayor cantidad de cable.

Los detalles asociados al diseño de la red nueva residen principalmente en los cambios a nivel de dispositivos de iniciación, la implementación de tarjetas que contengan la zona de reconocimiento de eventos, y procesamiento de dirección basado en un proceso de rectificación para lograr el voltaje necesario para la alimentación del microcontrolador durante el evento exitoso, y el proceso de comunicación y envío de dirección (información a transmitir) por parte del microcontrolador en relación a los módulos Zigbee. Estos componentes, rectificador, microcontrolador y modulo Zigbee estarían compartidos en una misma tarjeta anexada al sensor fotoeléctrico de detección de humo, alimentados por una misma fuente de alimentación basada en una batería. Debido a que cada uno de los sensores poseerá una dirección la cual será reconocida por el coordinador se considera un sistema de incendios inteligente con tecnología Maxstream el cual en cuestión de un balance económico, el sistema resultará mucho mas barato de implementar y con una gran eficiencia.

Los sistemas y redes de detección y alarma poseen una unidad de procesos o panel para el reconocimiento y la toma de decisiones, sin embargo en el sistema implantado no será necesario un panel de incendios, al disponerse de un módulo coordinador, anexado a un microcontrolador la transferencia de información (dirección del dispositivo de iniciación) será determinada y reconocida por el módulo Maxstream coordinador a través de el ID de módulo para la determinación de pertenencia del mismo canal y proceder con la aceptación, posteriormente lograr la comunicación serial con el microcontrolador coordinador (transmisión de modulo coordinador a microcontrolador coordinador) el cual reconocerá la dirección a través de una tabla o base de datos de las direcciones posibles a reconocer programadas por el usuario. Se realiza la comparación y se envía la toma de decisión. La toma de decisión efectuada por el microcontrolador coordinador, registrará los sucesos ocurridos y tomados por prioridad de llegada en una base de datos guardados en la memoria RAM del microcontrolador, la cual será de libre disponibilidad de revisión por parte del usuario. Esta aplicación es importante para el reconocimiento e historial de los procesos ocurridos durante el desenvolvimiento del incendio, y reconocer el punto de inicio del siniestro así como los procesos de expansión del fuego para analizar los puntos vulnerables de la estructura y realizar los estudios necesarios para mejorar los

estándares de seguridad. Todos los sucesos archivados podrán ser observados por un visualizador LCD accesible al usuario.

3.8 Requerimientos del sistema:

El sistema contra incendio en estudio requiere un conjunto de elementos para las diversas etapas de comunicación en las áreas de iniciación, panel de control y notificación. Existen coincidencias en la disposición de ciertos componentes en todas las áreas debido a la similitud en las etapas de comunicación serial, sin embargo para las aplicaciones específicas, propias de cada área, se presentarán diversas configuraciones que se requerirán para buen desempeño del sistema.

Microcontrolador: Es necesario para la gestión de envío de información, uso de puerto USART para configuración de parámetros en modo de comando, almacenamiento de valores binarios en los registros, visualizador de tramas de envío, uso de periféricos para recepción y emisión de señales digitales para áreas de iniciación y notificación del sistema.

Se optó por el microcontrolador ATMEGA8(L) de 8 bits con arquitectura Harvard de 8 Mhz de frecuencia perteneciente a la familia de microcontroladores de ATMEL.

Permite una rápida ejecución de las instrucciones que se ejecutan en un solo ciclo de reloj consiguiendo 1 MIPS por Mhz permitiendo al diseñador del sistema optimizar su consumo de energía versus la velocidad de procesamiento, con un voltaje de alimentación de 2.7 a 5.5 Voltios. Cuenta con un módulo programable para comunicación serial y puertos programables de entrada/salida que serán útiles para el desarrollo del sistema.

Módulo Xbee: El módulo Xbee define la identificación de la red de área local y la emisión de los datos en código ASCII que envía el microcontrolador por el puerto serial, para ello la comunicación comprendida entre los puertos de recepción y transmisión deben poseer una resistencia de 4K para la disipación de potencia y el envío óptimo de información.

Debido al área de diseño comprendida en un edificio de 4 pisos no es necesario el uso de la serie Xbee Pro debido a que con la serie estándar cumple con los requerimientos

suficientes para una cobertura completa del inmueble con posibilidad a repetidoras regeneradoras de señal.

Tarjetas de Interfase Serial para PC Xbee: Para el análisis de la comunicación entre módulos es indispensable el uso de la tarjeta de interfase, pues a través de ella se observará en un entorno PC la trama serial que es ingresada dentro de la red. La tarjeta contiene un módulo Xbee para la recepción de las señales de la red y confirmar una transmisión exitosa en el desarrollo del sistema. De igual forma, será utilizada como un visualizador centralizado para observar los eventos de incendio y respuestas del panel de control en la computadora asignada.

Detector de humo Fotoeléctrico Independiente Lexing: Debido a que se trata de una red inalámbrica es indispensable el uso de sensores fotoeléctricos listados independientes alimentado con baterías. La batería utilizada es de 9V la cual servirá para alimentar paralelamente a los componentes pertenecientes al dispositivo asignado por área. El detector tiene un microcontrolador MC145010 con una salida de 8 V en estado de alerta la cual deberá ser regulada con la mínima cantidad de ruido posible hacia la entrada del microcontrolador, para ello se requiere del manejo de amplificadores operacionales cuya salida genere el voltaje requerido por el ATMEGA8(L)

Diodos emisores de luz: Para el análisis de los parámetros y configuración en modo transparente el código generado en el ATMEGA definirá ciertos eventos de aceptación por parte del módulo, para ello es importante el manejo de diodos emisores de luz para determinar en el diseño y evaluación los eventos internos del código cuando no esté presente la tarjeta de interfase.

Pulsadores: Los dispositivos diseñados en el sistema tendrán un punto de arranque para la configuración de los parámetros así como para el envío de señal de reseteo por parte del panel de control, es importante el uso de pulsadores ya que para el código bastará un flanco de subida en la entrada de los pines del microcontrolador.

Dispositivo anunciador de 12V: Se contará con un dispositivo anunciador de 12V con luz estroboscópica System Sensor P2R debido al óptimo manejo de corriente en estado de alarma bordeando los 300 a 500 mA con un nivel sonoro adecuado a un área residencial colocada en cada piso del inmueble. Las baterías a utilizar en ésta área difieren con las áreas de iniciación y panel de control.

Reguladores de Voltaje: Para adaptar la alimentación inicial de cada uno de los dispositivos a los valores indicados trabajando paralelamente.



CAPITULO 4: DISEÑO Y PARÁMETROS DEL SISTEMA:

4.1 Criterios de diseño.

El diseño de una red de alarma contra incendio asociado a las características de los dispositivos Zigbee elegidos para el sistema fue basado en una serie de criterios que apoyan en el desarrollo de un sistema programable, seguro y con la cobertura adecuada de dispositivos.

Se optó por el desarrollo de una red en un edificio de cuatro pisos debido a que los dispositivos elegidos para la comunicación son pertenecientes a la serie Xbee Series1 siendo éstos de menor costo comparados a la serie Xbee-Pro que los duplican en precio. En un edificio de cuatro pisos para aplicaciones en domótica no existe la necesidad del uso de dispositivos Xbee Pro debido a que el rango de cobertura es excesivo para dicha área de diseño.

Todos los dispositivos tendrán una comunicación con un microcontrolador que manejará la lógica del funcionamiento de cada uno de ellos en las diversas áreas de comunicación existentes para posteriormente mandar la información inalámbricamente de un punto a otro e iniciar la interacción. Se optó para la red el uso del microcontrolador ATMEGA 8 debido a que cuenta con una cantidad de entradas y salidas que se adecua a los requerimientos del sistema así como el bajo consumo de energía que requiere.

El diseño de los sensores fotoeléctricos ofrece una dirección independiente a cada uno de ellos que será reconocida por el panel de control. La asignación de las direcciones será de forma manual y programable por el usuario o el personal de instalación definiendo la familia asignada y el área en incendio. Se tomó este criterio para establecer un estándar en el diseño de los sensores y además realizar la programación desde los mismos y no desde el panel. La asignación manual de la dirección de cada uno de los sensores será definida por una entrada de 8 bits basado en una serie de interruptores pequeños siendo los 4 bits mas significativos la asignación del área y los 4 bits menos significativos la asignación de la familia afectada. Los datos serán interpretados y evaluados por el panel de control. Para las evaluaciones del sistema y corroboración de los datos se asignó en cada una de las viviendas del edificio el apellido de las familias que habitan en ellas.

Los criterios establecidos anteriormente se verán distribuidos en el presente documento tanto en el diseño como en las evaluaciones.

4.2 Desarrollo del sistema.

Se notó en los capítulos anteriores que el sistema debe responder con la mayor rapidez y confiabilidad, a la vez que exista un entorno de programación accesible a cualquier persona. La intención del diseñador es que exista una configuración por parte de un personal calificado en el sistema y que los dispositivos puedan ser manipulados alterando la información de envío según sea más conveniente.

4.2.1 Configuraciones de la red de Alarma contra Incendio.

Se presentará la configuración de red de un edificio de 4 pisos de 4 departamentos por piso. La distribución respeta las normas de seguridad internacional respaldada por la NFPA donde estipula una separación mínima de sensores cada 4.5 metros y señalización de luces estroboscópicas con estaciones manuales en la zona de los pasillos de cada piso. El propósito de las configuraciones es realizar un análisis comparativo entre una red convencional con la red inteligente zigbee para una futura cotización y evaluación del presupuesto obtenido en cada una de ellas.

La red convencional que se mostrará (fig. 15) cuenta con un panel de control de 32 zonas como máximo, sin embargo, el panel soporta inicialmente un máximo de ocho zonas. En el caso de éste panel convencional DSC832 no será posible independizar los ambientes de cada sensor fotoeléctrico debido a la falta de zonas disponibles dado a que son tres sensores fotoeléctricos por departamento y dos por pasillo dando un total de 56 zonas.

Por ello las zonas serán asignadas a un departamento completo comprendido en 3 sensores con su respectiva resistencia de fin de línea (EOL) por departamento, y zonas comprendidas en el pasillo y en las escaleras dando un total de 6 zonas por piso y 24 zonas en total. Para la expansión de zonas es necesario el uso de tarjetas de expansión de 8 zonas por piso (fig. 16) alimentadas por el panel de control para poder anexar el cable a cada uno de los sensores fotoeléctricos de forma serial y comunicarlos con el puerto de zona de la tarjeta. La configuración típica ideal es la de la instalación de una tarjeta expansora por piso (TE) sin embargo dado a que son 24 zonas se puede instalar solo 2 tarjetas expansoras en los pisos 2 y 3 y comunicar los

cables de las borneras sobrantes hasta el piso 4 lo cual sugiere un mayor esfuerzo de mano de obra y diseño pues los cables viajaran largos tramos por las tuberías en las montantes del edificio. A continuación se mostrará la configuración de red del sistema de incendio convencional y la distribución de dispositivos.

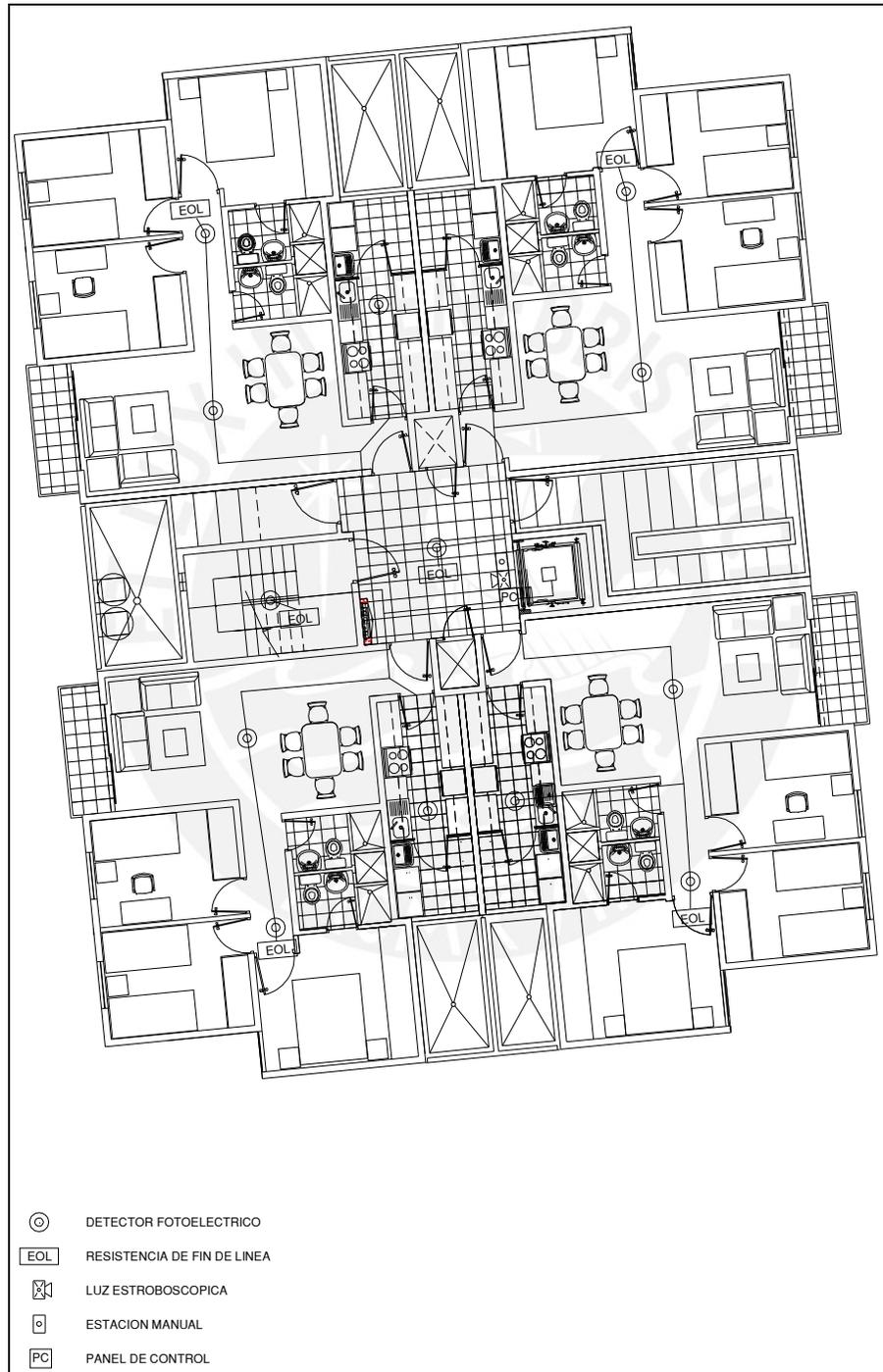


Fig N°14. Esquema de la configuración de la red convencional de detección y alarma contra incendios en el piso 1 de un edificio de 4 pisos

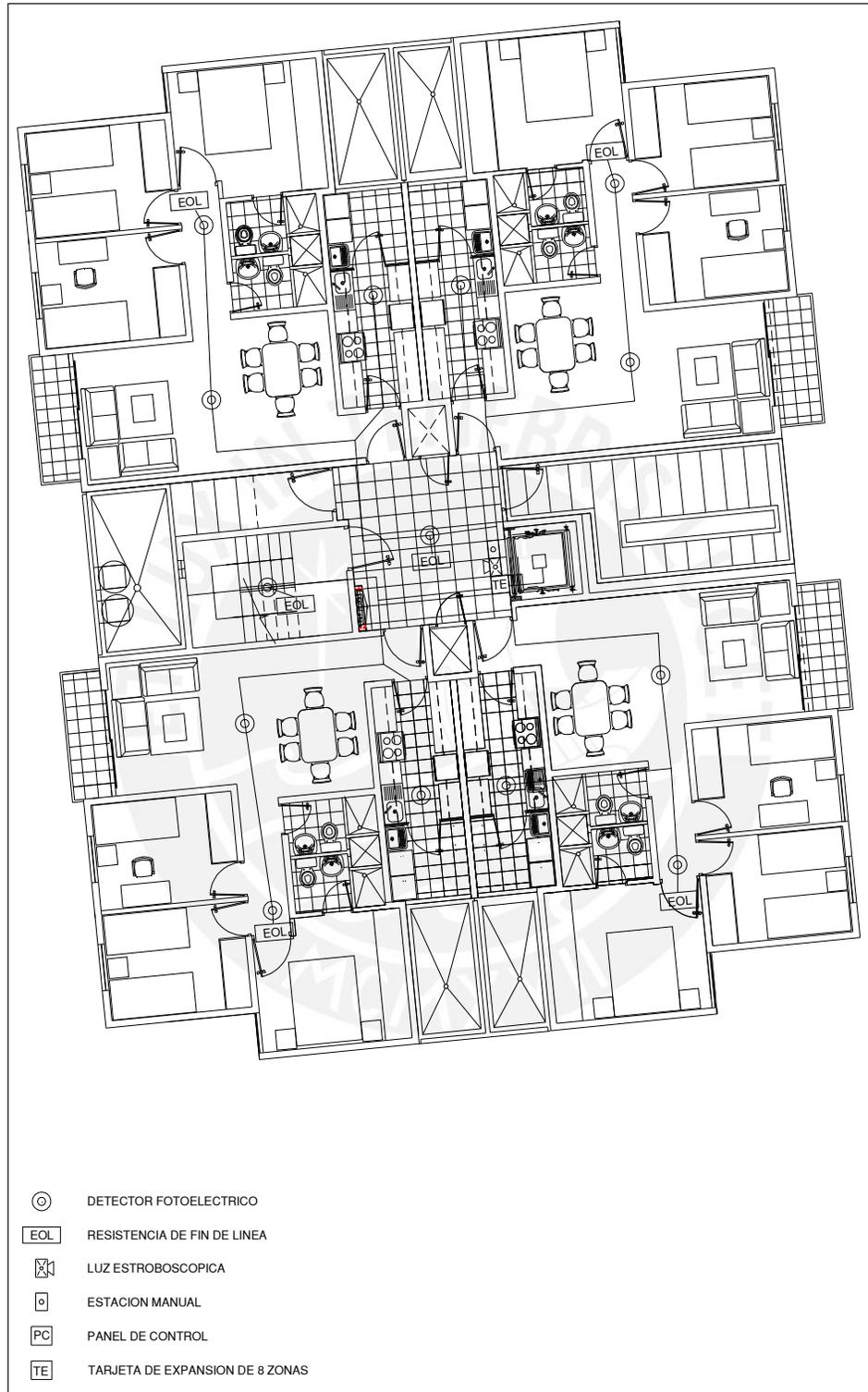


Fig N°15. Esquema de la configuración de la red convencional de detección y alarma contra incendios en los pisos 2,3 y 4 de un edificio de 4 pisos

A continuación se presentará la configuración de red inteligente Zigbee y la distribución de dispositivos en un edificio de 4 pisos.

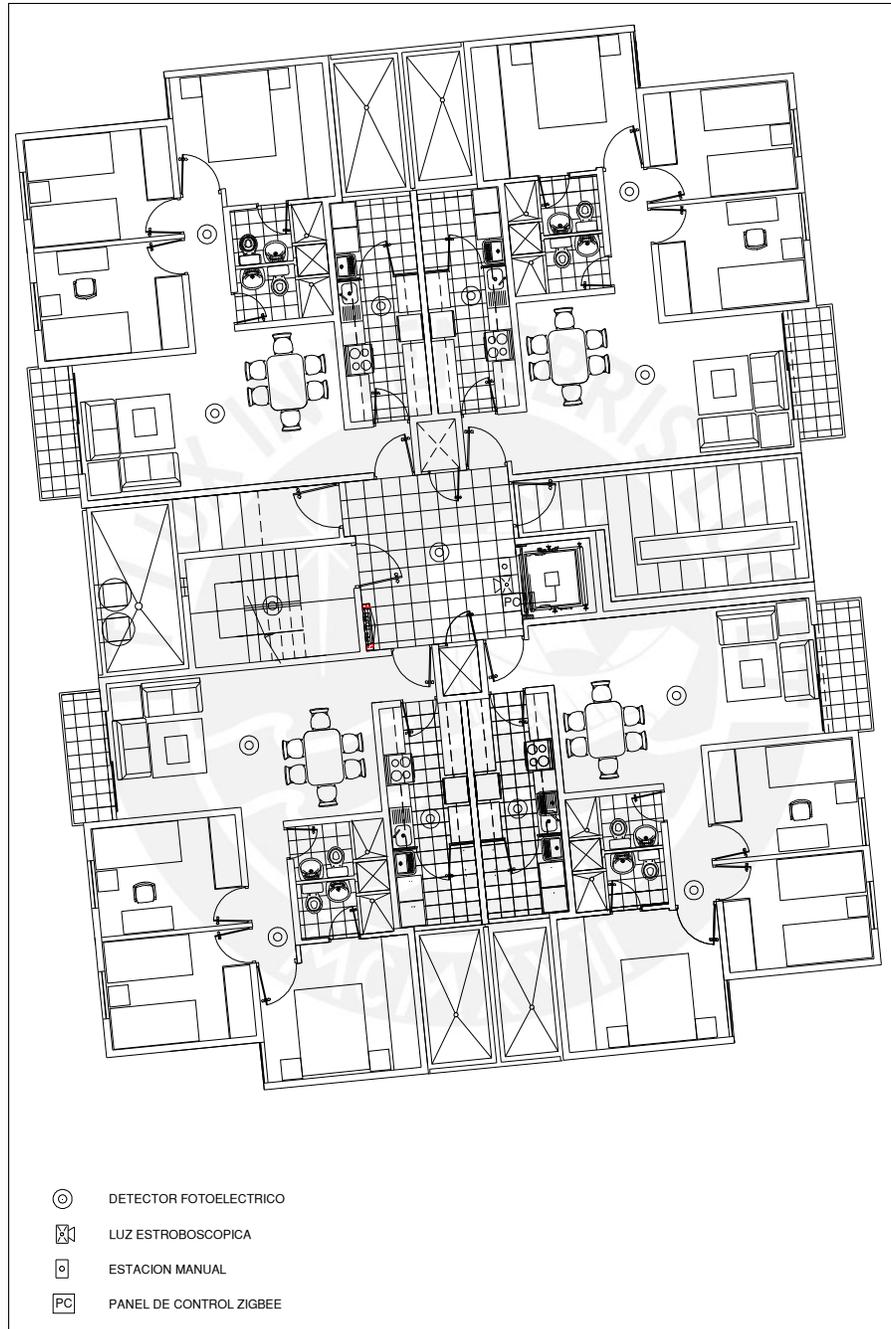


Fig N°16. Esquema de la configuración de la red de detección y alarma contra incendios con tecnología Zigbee en un edificio de 4 pisos con configuración típica en todos los pisos.

La configuración Zigbee posee la diferencia de evitar el cableado entre sensores, panel de control y luces anunciadoras. Además los ambientes se encuentran completamente independizados dando la posibilidad al panel de control de determinar el lugar exacto en donde se está generando el incendio. Las especificaciones técnicas del módulo Xbee Series 1 indican que no existirá inconveniente con el envío de los datos en un edificio de 4 pisos. La instalación es mucho más sencilla y posee características similares a paneles de incendio inteligentes y de alto costo.

4.2.2 Diseño de dispositivos de iniciación:

Se realizara un análisis completo del diseño y acoplamiento de los diversos componentes pertenecientes al sistema de iniciación de la red partiendo de la adaptación de la salida del sensor fotoeléctrico con el microcontrolador Atmega8 hasta la comunicación con el módulo Xbee.

4.2.2.1 Sensor Fotoeléctrico:

El punto de arranque del sistema está determinado por el sensor fotoeléctrico Lexing LX98A. El desempeño del sensor reside en el chip MC145010. El MC145010 es un componente de detección de incendios de bajo consumo con características digitales y analógicas, que respaldan las especificaciones listadas UL217 y UL268. La distribución de dispositivos óptima del microcontrolador MC145010 se encuentra especificada como se muestra a continuación:

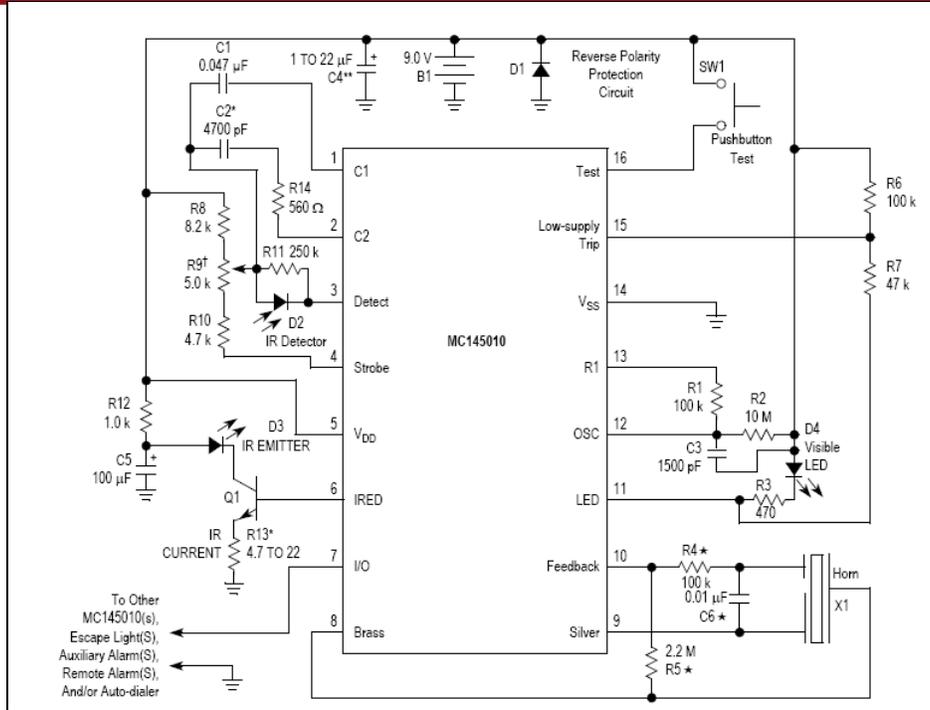


Fig N °17. Esquema de conexión microcontrolador MC145010 para funcionamiento

Fuente: Manual de Producto MC145010 Freescale Semiconductor

Lo condensadores en los pines 1 y 2 (C1 y C2 respectivamente) definen la amplificación de ganancia del circuito integrado. C1 determinando la ganancia del circuito en el momento de presionar el botón de prueba y la sensibilidad de la cámara de prueba. De la misma forma el condensador C2 determina la ganancia y sensibilidad pero no en los modos de prueba. Los pines 3 y 4 son de detección y estrobo. El pin 3 está vinculado al cátodo de los fotodiodos externos los cuales poseen baja capacitancia y poca corriente de fuga, el ingreso es digitalizado por el octocoplador a la entrada del integrado. El pin 4 provee voltaje regulado de referencia Vdd. Al generarse un evento de detección de humo. La salida del pin correspondiente al infrarrojo proveen pulsos de la corriente de base del transistor NPN como vehículo de la emisión infrarroja. Es en la celda fotoeléctrica donde se obstruirá con humo el haz infrarrojo proyectado en el interior activando y generando una salida de corriente continua que puede ser utilizada a través de las junturas del transistor sin embargo para el aspecto de diseño será mas conveniente y práctico utilizar la salida digital del pin7 para la entrada del microcontrolador del dispositivo de iniciación dado a que es una señal continua y estable que puede ser distribuida fácilmente a los requerimientos técnicos propios del ATMEGA8 a utilizar.

La salida I/O (pin7) puede ser utilizada para conectar una gran cantidad de dispositivos cableados, por lo cual bastará para el diseño dado a que se le debe anexar simplemente a una entrada del microcontrolador como muestra de alerta de un incendio a través de un flanco de subida continuo de 8 voltios.

4.2.2.2 Direccionamiento Programable:

Es necesario retomar los aspectos teóricos explicados anteriormente y tener en cuenta que el propósito primordial de este sistema es utilizar sensores independientes convencionales y formar una red inteligente. Es por ello que los sensores deben tener una dirección que sea reconocida por un agente externo a los dispositivos de iniciación para la gestión de datos (Panel).

Esta configuración de diseño se presenta en etapas que permiten anexar una dirección por periféricos externos manuales (Interruptores) de acuerdo al criterio del usuario y del diseñador de la red. Los dispositivos de iniciación pertenecientes a la red en diseño se encuentran basados en el funcionamiento serial de un sensor de incendio, un microcontrolador y un módulo de comunicaciones Xbee Series 2.

4.2.2.3 Fundamento de direcciones programables:

Se asume la disposición de sensores programables debido a que si los sensores tuvieran una dirección propia sin capacidad a asignación, la lógica del panel de control tendría que ser alterada constantemente de acuerdo a las direcciones de los sensores y a la cantidad de sensores que la red disponga, aumentando la dificultad de programación y suprimiendo ciertas ventajas importantes. Estableciendo un estándar de iniciación el código de programación resulta más accesible definiendo un algoritmo único y claro de reconocimiento en el panel para no alterar constantemente su desempeño.

La red tendrá un estándar base para la configuración de las direcciones, determinado en una entrada de 8 bits en el sensor, en donde los bits más significativos determinarán el ambiente del local dando una posibilidad de 16 ambientes diversos; y los bits menos significativos determinarán qué familia está siendo afectada por humo o fuego dando también una posibilidad de 16 resultados ideal para un departamento de 4 pisos con 4 viviendas por piso.

Los interruptores se encontraran conectados a los pines del puerto B del microcontrolador ATMEGA8 y estos entrarán en vigencia de forma inmediata que el sistema haya sido encendido guardándose en el registro de dirección y en memoria RAM antes de efectuarse la comunicación entre el módulo Xbee y el microcontrolador ATMEL.

A continuación se presenta un esquema del dispositivo programable del sensor de incendio, así como la lógica binaria respectiva.

El esquema del edificio esta determinado por familias que representen cada área habitacional. Se presenta la distribución de familias

| | | |
|--------|------------|-------------|
| Piso 4 | Castro | Rivadeneira |
| | Quispe | Zúñiga |
| Piso 3 | Montoya | Rivera |
| | Ríos | Escudero |
| Piso 2 | Carrasco | Gutiérrez |
| | Chirinos | Arévalo |
| Piso 1 | Carranza | Marquina |
| | Villanueva | Altamirano |

Tabla N°3. Disposición de familias en pisos

Los bits menos significativos representan el nombre de la familia, estos bits serán asignados de forma manual por los usuarios previa coordinación con el diseñador de la red para la distribución de los sensores en los lugares pertinentes y programados.

Se presenta el esquema de asignación de bits por familia:

| | |
|-------------|----------|
| Altamirano | xxxx0001 |
| Villanueva | xxxx0010 |
| Marquina | xxxx0011 |
| Carranza | xxxx0100 |
| Arevalo | xxxx0101 |
| Chirinos | xxxx0110 |
| Gutierrez | xxxx0111 |
| Carrasco | xxxx1000 |
| Escudero | xxxx1001 |
| Rios | xxxx1010 |
| Rivera | xxxx1011 |
| Montoya | xxxx1100 |
| Zuniga | xxxx1101 |
| Quispe | xxxx1110 |
| Rivadenevra | xxxx1111 |
| Castro | xxxx0000 |

Tabla N°4. Asignación de bits programables para cada una de las familias del departamento de 4 pisos

Asimismo los bits mas significativos representan el área innata o la más próxima en donde esté ocurriendo el incendio, para ello la distribución de áreas y ambientes será la siguiente:

| | |
|-------------|----------|
| Sala | 0001xxxx |
| Comedor | 0010xxxx |
| Dormitorio1 | 0011xxxx |
| Dormitorio2 | 0100xxxx |
| Dormitorio3 | 0101xxxx |
| Cocina | 0110xxxx |
| Pasillo | 0111xxxx |

Tabla N°5. Asignación de bits programables para ambientes del departamento de 4 pisos

Fuente: Manual de Producto product-manual_XBee_OEM_RF-Modules

De esta forma tenemos una capacidad máxima de 256 sensores en el diseño de esta red distribuidos uniformemente y de forma típica en cada uno de los departamentos

individuales, sin embargo en el diseño se tomarán 56 detectores para que no exista redundancia en el desempeño de los sensores fotoeléctricos, esta cantidad es asumida debido a que existen 16 familias con 3 sensores por vivienda con distribución típica individual y 2 sensores por piso en área de pasillo entre departamentos y escaleras dando un total de 14 detectores por piso. De acuerdo a la gama de ambientes si se trata de departamentos más espaciosos se puede abarcar a una mayor cantidad de detectores por familia abarcando todos los ambientes posibles.

4.2.2.4 Etapa Sensor – ATMEGA 8

La salida del sensor según las especificaciones técnicas de la hoja de fabricante posee una salida de corriente baja, la cual puede dificultar la comunicación por la inestabilidad del sistema, incluso producir falsas alarmas. La salida del sensor como se explico anteriormente es de 8V, al reducir el voltaje una posibilidad es usar un divisor común de voltaje a través de un manejo de resistencias, sin embargo se necesitaría una resistencia de salida bastante alta para compensar el voltaje elevado a reducir. Es importante tener en cuenta que para la señal de entrada del microcontrolador se debe de tener cuidado con los niveles de ruido provocado por las resistencias altas, dado a que activaría el sistema y se detectaría una falsa alarma, para ello lo mas conveniente será el manejo de un amplificador operacional TL081 para la comunicación con el microcontrolador con una configuración de circuito restador, con ello se calcula las resistencias indicadas para otorgar el voltaje solicitado y con suficiente corriente para los requerimientos del microcontrolador.

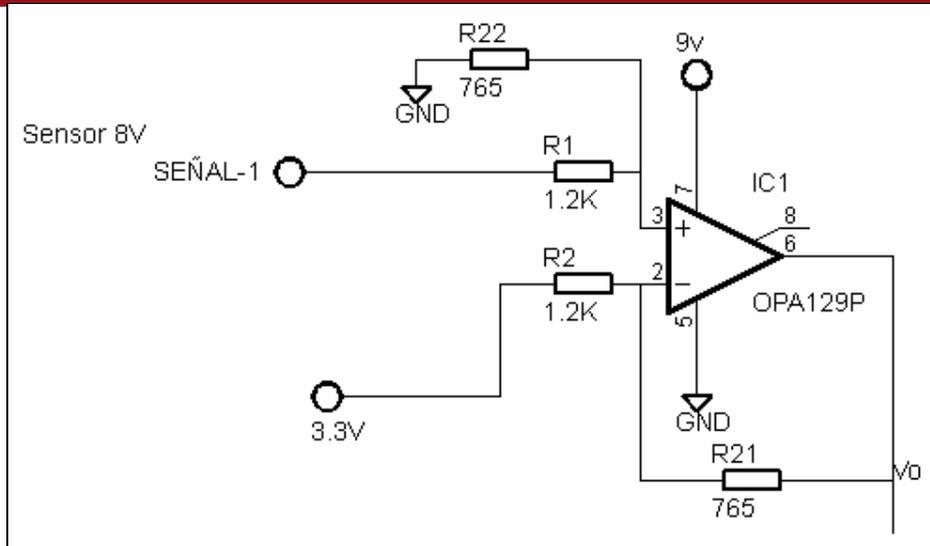


Fig N°18 Circuito restador de voltaje para comunicación Detector – Microcontrolador.

Donde $V_0 = 3V$; $V_0 = \frac{R2}{R1} (V_{01} - V_{02})$; $3V = \frac{R2}{1.2K} (8V - 3.3V)$

$R2 = 0.765 K$

La polaridad negativa conectada a tierra para evitar voltajes negativos en la salida del Amplificador operacional el cual puede ocasionar mayores consecuencias con el microcontrolador.

El Voltaje de 3.3V viene suministrado por el regulador de voltaje que se tendrá en el diseño.

4.2.2.5 Pulsadores de arranque:

Para el dispositivo que inicie la comunicación manual entre el microcontrolador y el zigbee se necesitará un dispositivo filtrador anti-choque que evitará la oscilación de la onda de entrada producida por el pulsador y sus resortes.

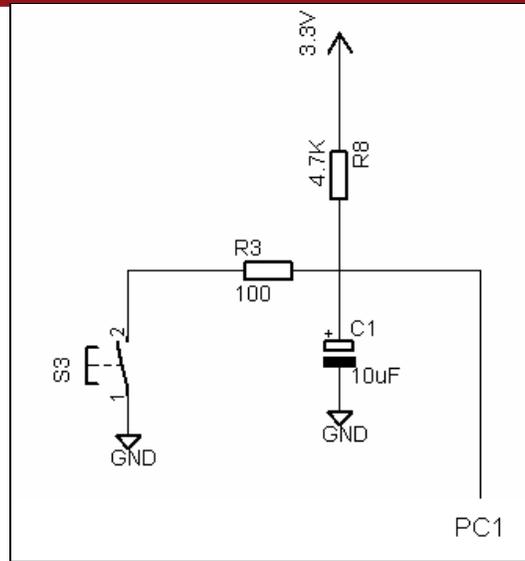


Fig N°19 Circuito pulsador anti-choque

4.2.2.6 Salida de diodos de luz

Es importante en el desarrollo y diseño el manejo de leds para establecer un orden en la verificación del desempeño del dispositivo, en este caso los leds indicarán al usuario que la comunicación del módulo Xbee con el microcontrolador haya sido realizada exitosamente de acuerdo a los parámetros del programador y el código en lenguaje ensamblador. Se procede con el manejo de transistores para evitar salidas altas de corriente por parte del microcontrolador

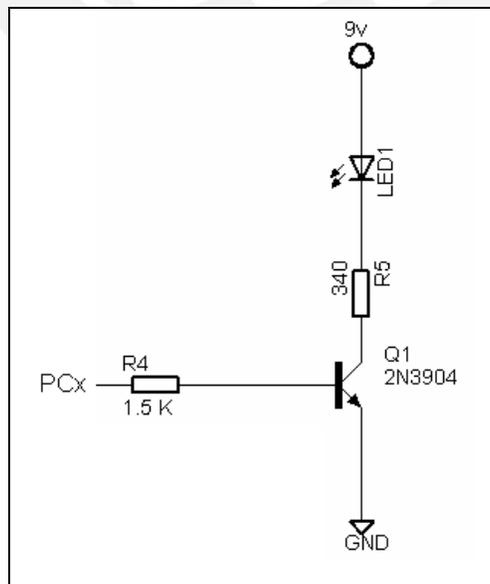


Fig N°20. Circuito de diodo emisor de luz para salida del microcontrolador

Se realizan los cálculos para obtener una corriente de colector de 20 mA para el encendido de los diodos de luz.

$$9V - V_{led} - R \cdot 20mA - 0.2V = 0 ; \quad R = 340\Omega$$

4.2.2.7 Interruptores de dirección

La asignación de la dirección del detector fotoeléctrico será definida de forma manual de acuerdo a interruptores que energizaran las entradas del puerto B del microcontrolador ATMEGA-8. El circuito para el ingreso de los parámetros de dirección binaria será el siguiente.

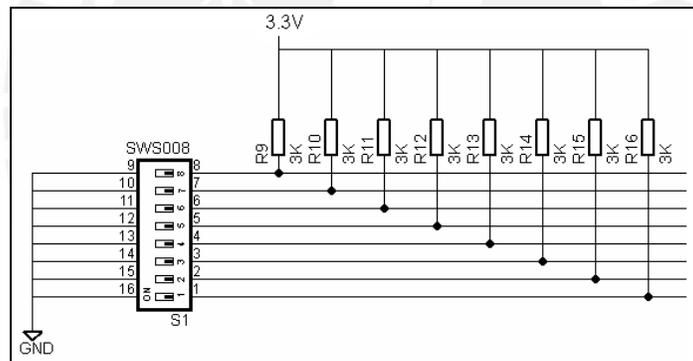


Fig N°21. Circuito de direccionamiento programable

4.2.2.8 Regulador de Voltaje

Alimentado después de la etapa de regulación de voltaje para el ingreso de la dirección estandarizada por parte del usuario. Para la regulación del voltaje se incluirá un dispositivo LM317 para obtener 3.3 V en diversos puntos necesarios del sistema. De acuerdo a los cálculos de regulación respectivos se halló el valor de las resistencias.

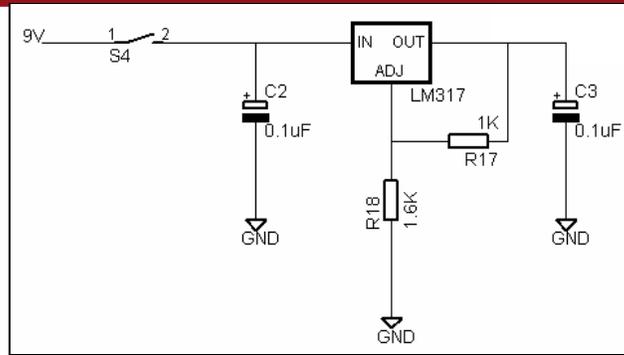
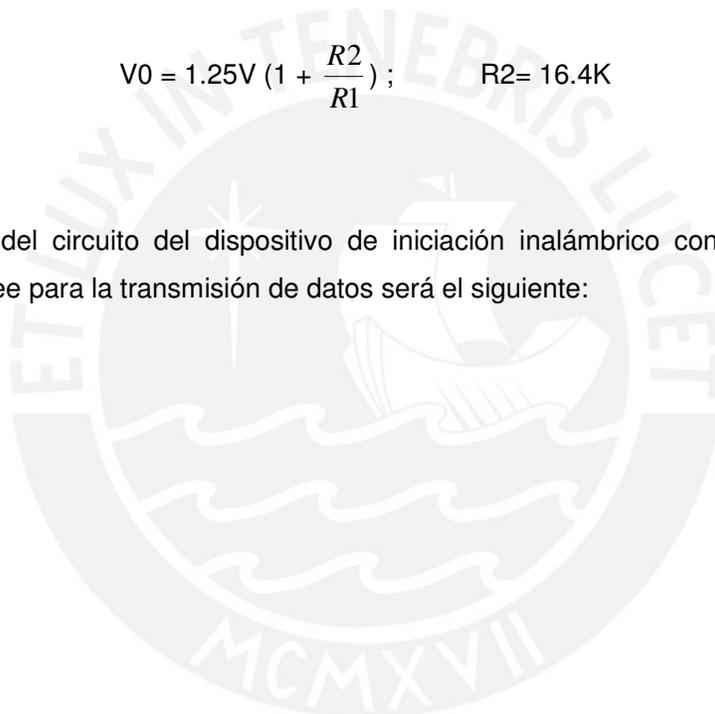


Fig N°22. Circuito Regulador a 3.3V para alimentación de componentes del sistema.

Suponiendo $R17 = 10K$

$$V0 = 1.25V \left(1 + \frac{R2}{R1} \right); \quad R2 = 16.4K$$

El esquema del circuito del dispositivo de iniciación inalámbrico con configuración emisora zigbee para la transmisión de datos será el siguiente:



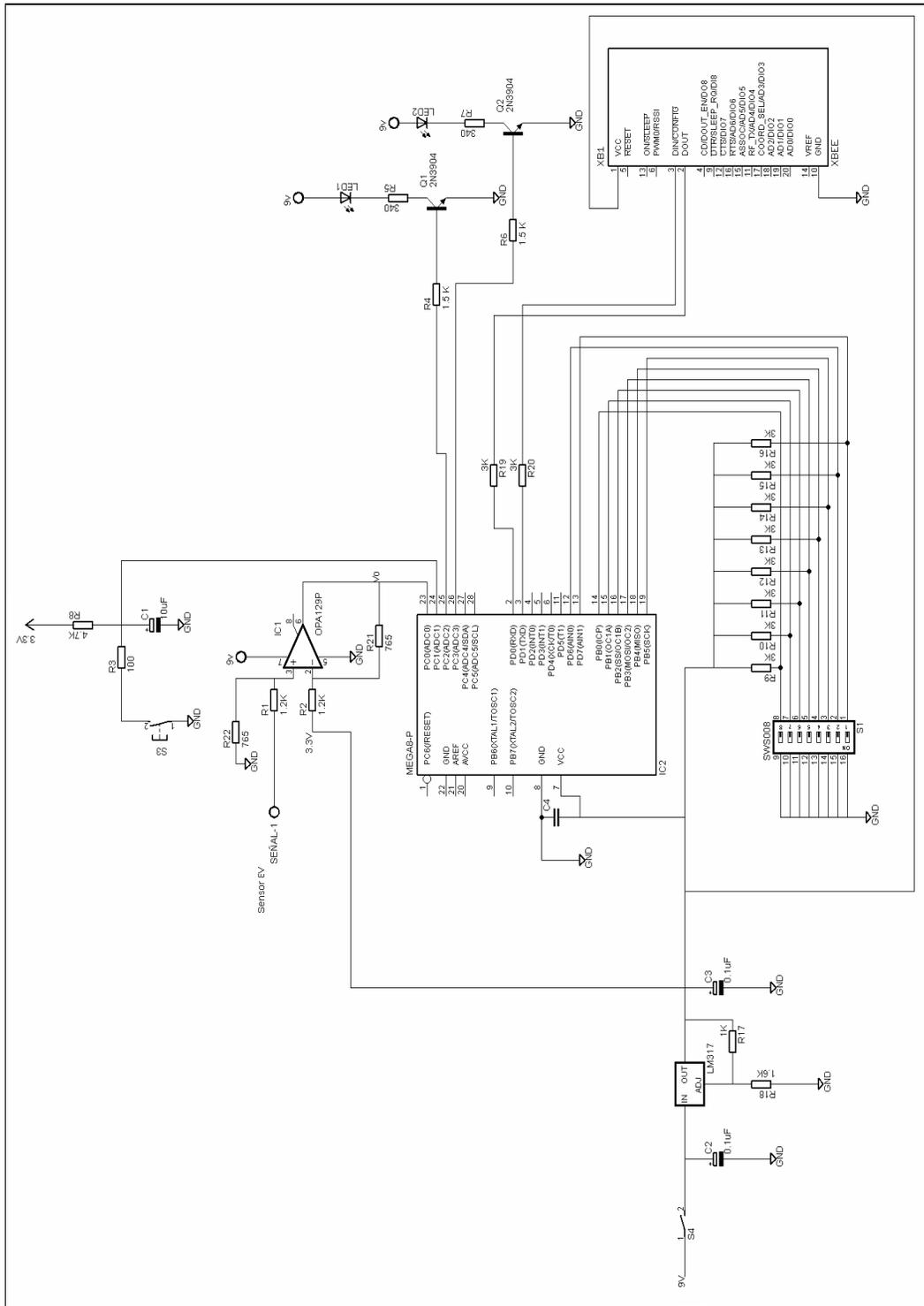


Fig N°23. Esquema de dispositivo de iniciación

El esquema mostrado muestra la etapa de iniciación de comunicaciones, donde la fuente de alimentación proviene de una batería de 9 la cual pasará por una etapa de regulación para la alimentación de los dispositivos que ocuparán poco espacio anexado al sensor fotoeléctrico. El puerto PBx del microcontrolador corresponderá a la dirección del dispositivo la cual deberá estar designada antes de encender el sistema. El pulsador de configuración en modo AT estará designado por el puerto PC1 en donde el microcontrolador enviará la trama de configuración así como la dirección y la espera de RESET por parte del microcontrolador del PANEL. El puerto PC0 recibirá la señal de transición por parte del sensor fotoeléctrico; PC2 y PC3 son leds indicadores de los envíos de trama y configuración de modo AT culminada, respectivamente. Como se explicó anteriormente los pines PD0 y PD1 corresponden a la transmisión serial que enviará y recibirá los caracteres ASCII (comunicación ATMEGA -Xbee).

4.2.3 Diseño del Panel de Control:

El panel de control no posee mayor complejidad en la implementación de dispositivos, debido a que se excluyen los interruptores de direcciones programables que se incluyeron en los sensores fotoeléctricos. Sin embargo la complejidad en la programación en lenguaje ensamblador dispuesto en el microcontrolador es de mayor índole dado a que gestionará todos los procesos y la toma de decisiones. Se anexan pulsadores para el inicio de la configuración de comandos AT y para el RESET general del sistema PB0 y PB3 respectivamente.

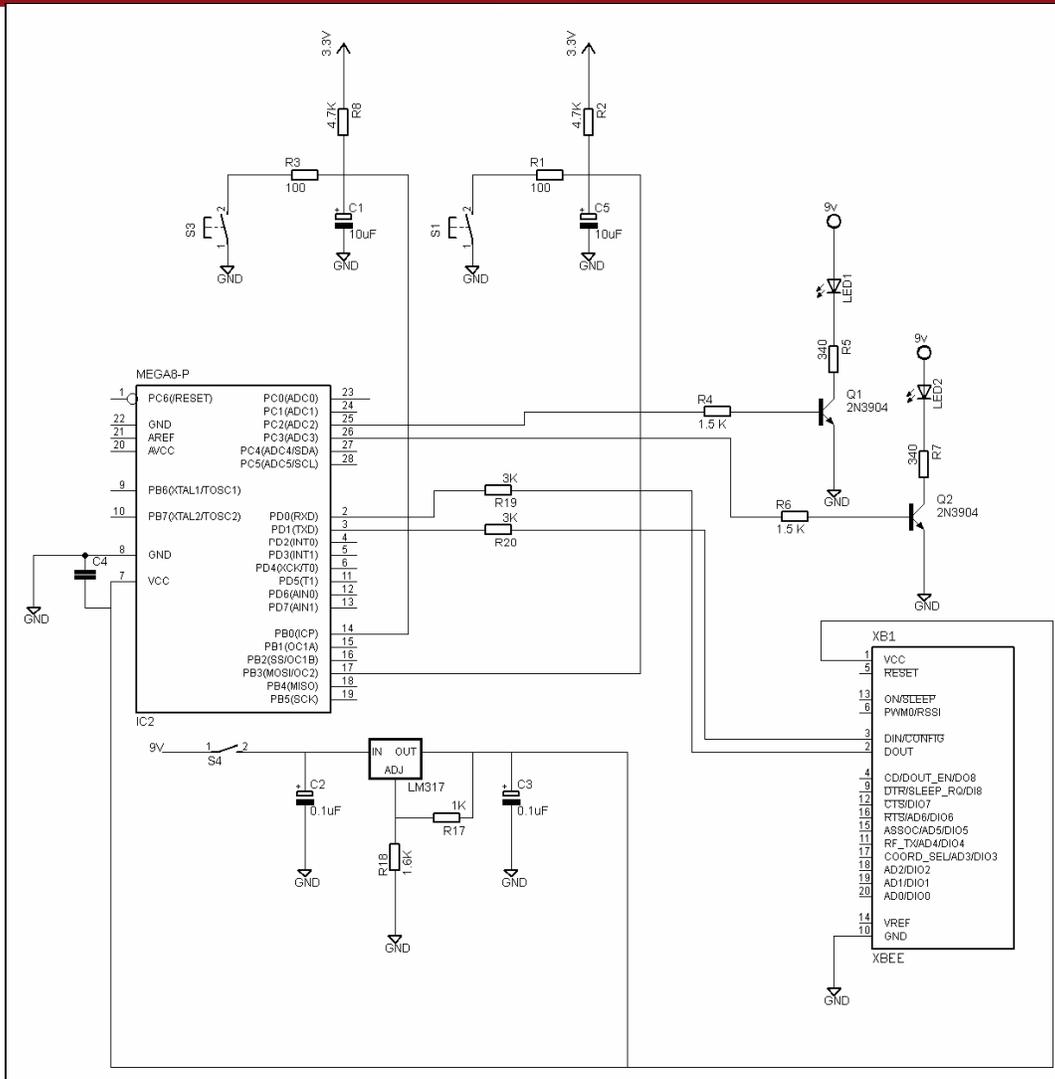


Fig N°24. Diagrama esquemático del panel de control

EL visualizador contará con un modulo Maxstream Xbee que contará con una interfase para PC y se conectará por el puerto Serial de un computador con el software X-CTU el cual monitoreará todos los procesos en un entorno de aplicación. Los encargados de seguridad del inmueble tendrán acceso al computador para el análisis de los sistemas.



Fig N°25. Tarjeta de Interfase Xbee – PC con salida serial.

4.2.4 Lógica de dispositivo de iniciación:

La programación de los microcontroladores en lenguaje ensamblador dará a conocer la respuesta electrónica automática a realizar de acuerdo a los estímulos recibidos por el medio exterior. A continuación se presenta el diagrama de flujo correspondiente a la lógica de funcionamiento de la etapa Atmel – Xbee para la comunicación del sensor fotoeléctrico con el panel de control.

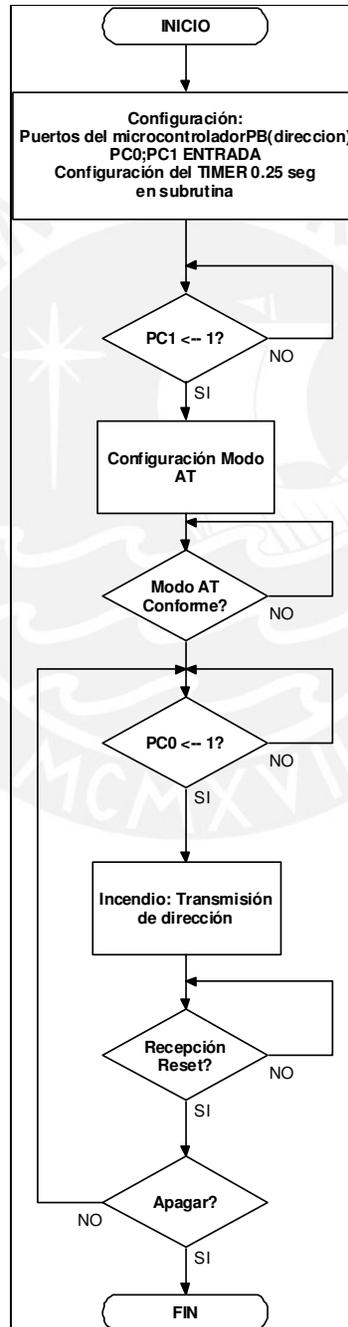


Fig N°26. Diagrama de flujo de funcionamiento de dispositivo de iniciación.

En las pruebas realizadas se analizó que para la emisión de datos por parte del microcontrolador es necesario generar un retardo ligero entre caracteres para que no existan conflictos en la transmisión de datos desde el microcontrolador hasta el módulo Xbee2 debido a que la frecuencia del microcontrolador trabaja con un rendimiento diferente que inclusive puede afectar la trama de velocidad de transmisión y generar solapamientos y descoordinar el sistema. Por ello para la emisión de caracteres se asumió un retardo de 0.25 seg.

Para la configuración del modo AT se envía la trama “+++”, tras activarse un pulsador para esperar la respuesta por parte del Módulo Xbee “OK” donde posteriormente se define el nombre del dispositivo que ingresa directamente a la red de área personal determinando una dirección de destino con el comando ATDL. De esta forma se encontrará definido el universo de dispositivos ingresando a la red. Cuando ya se encuentre sincronizado el comando AT el microcontrolador se encontrará en estado de monitoreo permanente para la transición del MC14501 el cual al detectar un incendio se enviará una señal de 8V regulada por el OPAMP a 3.3V a un pin del puerto C donde el algoritmo asociado al microcontrolador enviará de forma serial a todos los dispositivos (Topología Malla) la dirección del microcontrolador. Tras este suceso, al ingresar al modo AT se modificará la configuración de envío por parte del sensor fotoeléctrico, solamente enviarán datos de dirección al panel de control, mas no se enviará a todos los dispositivos, esto se debe a que se pueden presentar conflictos al momento del envío o coincidencias que pueden alterar el funcionamiento de los sensores. Para evitar que la topología malla envíe información a todos los dispositivos, se coloca los bits menos significativos de la dirección de destino por medio del comando ATDL, se asignará al panel la dirección “1E” donde recibirá la información. Solo el panel procesará la información pues los microcontroladores de iniciación desempeñan la función única de enviar la dirección que le corresponde y solamente reconocer un carácter ('\$') en el caso de que se genere la interrupción RESET por parte del panel de control, el cual hará que el proceso regrese al estado de monitoreo por parte de todos los microcontroladores pertenecientes a la red de área personal.

4.2.5 Lógica del panel de control:

Se presenta el diagrama de flujo correspondiente a la lógica de funcionamiento de la etapa Atmel – Xbee para la comunicación del panel de control (microcontrolador ATMEL), con el módulo Xbee.

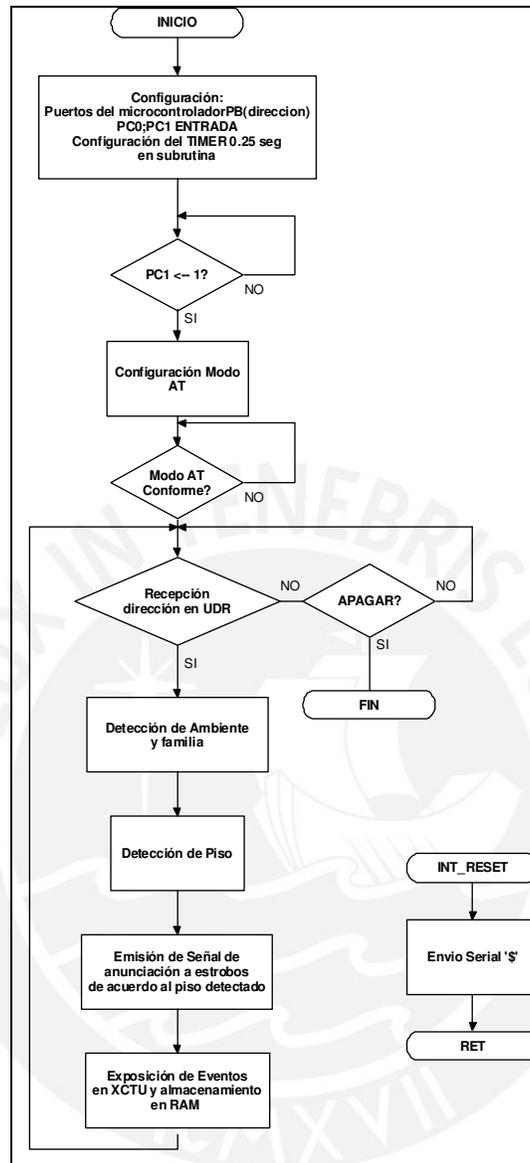


Fig. N°27. Diagrama de Flujo funcionamiento Panel de Control.

El panel de control del sistema es el dispositivo encargado de gestionar y enviar la información a todo el sistema. De la misma forma, para la digitación de los caracteres es recomendable que existan retardos de envío de forma serial, el rango óptimo bordea entre 0.1 seg. y 0.25 seg. El dispositivo entra en configuración de modo AT al presionar de igual manera el pulsador anexo a la entrada del microcontrolador PC1. Como se citó anteriormente, los equipos routers determinados por los dispositivos de iniciación fotoeléctricos enviarán las direcciones del sensor (dirección programable por el usuario) a una única dirección de red (dirección Terminal del equipo Maxstream) determinado por el PANEL (1E) por ello es necesario definir la dirección del mismo. Se

tiene la capacidad de 16 bits de dirección, sin embargo se utilizará los 8 bits menos significativos en hexadecimal (1E), para ello el comando AT a utilizar es ATMY para definir únicamente en el panel de control ésta dirección. Después de configurar el modo AT es necesario salir del modo de configuración por el comando ATCN, esto es importante debido a que si se empieza a realizar el monitoreo de un suceso de incendio el microcontrolador respondería al suceso, pero de forma interna dentro del modo de configuración AT, sin transferir los datos a los dispositivos por radiofrecuencia. Posteriormente después de salir del modo de configuración de dirección de red del panel, el mismo se encuentra monitoreando algún suceso, el suceso será enviado de forma serial por el dispositivo de iniciación hacia la dirección 1E, con ello el panel, de acuerdo a los algoritmos programados en el microcontrolador, será capaz de reconocer la familia, el ambiente de fuego, y el piso en el que está ocurriendo el incendio. La toma de datos de acuerdo al piso determinará el envío respectivo a las bocinas que se encuentran ubicadas en cada uno de los pisos.

4.2.6 Lógica de Señal de Notificación:

El panel de control realizara el envío de la señal a los anunciadores remotos a través de un numero en carácter ASCII el cual definirá el piso en donde se activarán las luces estroboscópicas:

'1' = piso 1

'2' = piso 2

'3' = piso 3

'4' = piso 4

Las luces estroboscópicas que también tendrán un microcontrolador reconocerán esta señal y actuarán de acuerdo al carácter que envíe el microcontrolador. El panel de control enviará de acuerdo a normativa NFPA los datos de activación de las señales de anunciación de acuerdo al siguiente esquema.

Incendio piso 1 = Anunciadores Piso 1,2,3,4

Incendio piso 2 = Anunciadores Piso 2,3,4

Incendio piso 3 = Anunciadores Piso 3,4

Incendio piso 4 = Anunciadores piso 4

Esta topología y disposición de sonido se realiza debido a que el piso 1 es el único medio de escape del local por ello todo el edificio debe estar enterado del incendio o probable incendio, de forma correlativa si el piso es superior se activará los medios sonoros a partir del piso hasta la parte superior, debido a que las rutas de escape son obviamente los pisos que se encuentren en el nivel mas bajo, por ello se debe alertar a las familias de los pisos superiores, esto se realiza para evitar en caso de un incendio en el ultimo piso el desalojo completo en un conjunto habitacional de pequeñas dimensiones, dando la probabilidad de que ocurran percances o accidentes en las escaleras o las rutas de escape debido al apuro o a la anarquía. De igual forma, existirá un pulsador de alarma general que activará todas las luces cuando el vigilante se percate de la magnitud de los hechos. Para ello se envía un carácter estratégico '!' que solo será reconocido o gestionado por las luces estroboscópicas en el algoritmo del microcontrolador anexo.

Para la construcción del dispositivo de anunciación remoto se utilizara la equipo anunciador SSP2R de System Sensor. La selección es recomendable debido a que utiliza voltajes en DC de 12/24 Voltios; por ello en el sistema se utilizará con desempeño de 12 V para la emisión de sonido y luminosidad. El grado de intensidad es programable y en estado de alerta la corriente total generada por la luz estroboscópica y la bocina se encuentra en el intervalo de 250 a 400 mA, es por ello necesario el uso de un transistor Darlingtong TIP125 configuración NPN ,el cual, tras una pequeña señal de transición (salida ATMEGA8) puede permitir el paso de gran cantidad de corriente entre colector y emisor , lo suficiente para alimentar al anunciador System Sensor.

4.3 Análisis de las etapas del Sistema

Para el análisis del sistema es necesario realizar una relación entre el diseño ya realizado con los parámetros de entrada y salida del sistema. Debido a las características del sistema y a las variables de acuerdo a una configuración específica para implementación de una red de alarma contra incendio, la red tendrá una topología tipo estrella para la interacción de los dispositivos iniciadores con el panel de control coordinador, visualizadores y los parámetros de salida caracterizado por luces estroboscópicas y dispositivos de anunciación realizando una operación secuencial y progresiva.

Para la comunicación inalámbrica y la interconexión de los dispositivos se realizará un vínculo entre cada uno de ellos con la tecnología zigbee, esto quiere decir, que todos los componentes que necesitan comunicar su estado y el envío de una señal de datos o de energía necesitarán una interconexión física y programable con los módulos Zigbee y con un microcontrolador Atmega8 que administrará la toma de decisiones, almacenamiento de caracteres y ser portadores de las direcciones de los dispositivos, para posteriormente estandarizar un código de direcciones propio cuyo dispositivo coordinador basado en el módulo Zigbee coordinador y el atmega8 respectivo de dicho módulo pueda recibir sin inconvenientes la dirección proveniente de un dispositivo de iniciación o de una estación manual, reconocerlo y posteriormente mandar la señal de anunciación a las señales de alarma.

4.3.1 Objetivo del análisis de etapas.

Evaluar y desarrollar a través del protocolo inalámbrico de comunicaciones inalámbricas Zigbee una red centralizada contra incendio con características similares a sistemas de alarma inteligentes utilizados en diferentes estructuras inmobiliarias, direccionando sensores independientes de menor precio y estructurándolos dentro de una red gestionada por un panel de control basado en un microcontrolador coordinador. De la misma forma evaluar en cada una de las etapas las características eléctricas y simulaciones en los diversos entornos para el estudio del funcionamiento.

4.4 Módulos de Prueba

Para la configuración de los parámetros de la red, la asignación a cada uno de los módulos con un nombre de llamada, la identificación del canal, el espacio ocupado en

el espectro radioeléctrico y la red de área personal es necesario el uso de un entorno vía software para la configuración del hardware comprendido en los módulos de finalización y el módulo coordinador.

Se utilizó el X-CTU para realizar las primeras pruebas de comunicación vía puerto serial, para la autenticación y confirmación del envío de datos en el proceso de interacción de los módulos, asignando caracteres de coordinador y de end devices a los módulos de prueba. Para ello se utilizaron 2 computadoras personales utilizando el COM1 de cada una de ellas, se confirmó el funcionamiento y la obtención de datos tanto de emisión como de recepción por parte de los 2 puertos. Con ello se identifica el correcto funcionamiento de los módulos de comunicación Maxstream. Las pruebas de alcance calificaron correspondientemente dentro de estructuras de uso cotidiano de viviendas, por lo que es conveniente su implementación.

Para la configuración de los parámetros de acuerdo a los requerimientos del módulo se definió un vínculo de sincronización entre el computador personal y el módulo de prueba.

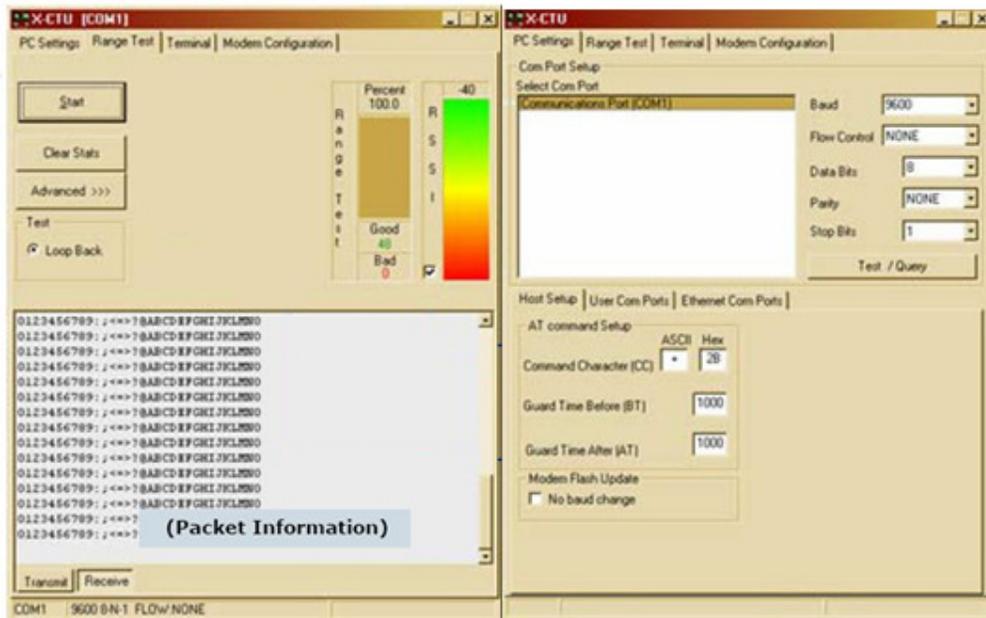


Fig. N°29. Test de Rango y Muestreo

Fuente : Manual de Producto Xbee

Generalmente este tipo de pruebas se realiza con un sondeo continuo de la comunicación entre 2 dispositivos utilizando un dispositivo que retorna la misma señal enviada (loop back) para analizar el flujo de comunicaciones. Se generó la configuración de 9600 baudios, con 8 bits de datos y sin paridad para la comunicación serial entre el PC y el módulo de prueba, el cual denotará las mismas características de configuración con el microcontrolador. Como se puede apreciar el barrido y muestreo es exitoso al iniciar el test de prueba de comunicación, con ello se puede asegurar que el módulo se encuentra en óptimas condiciones y listo para utilizar.

A continuación se apreciará la comunicación del módulo de prueba utilizando el Software proveniente de la familia Maxstream X-CTU para Zigbee anexada a los puertos Seriales de un computador personal donde se demuestra la comunicación serial determinada por el receptor.

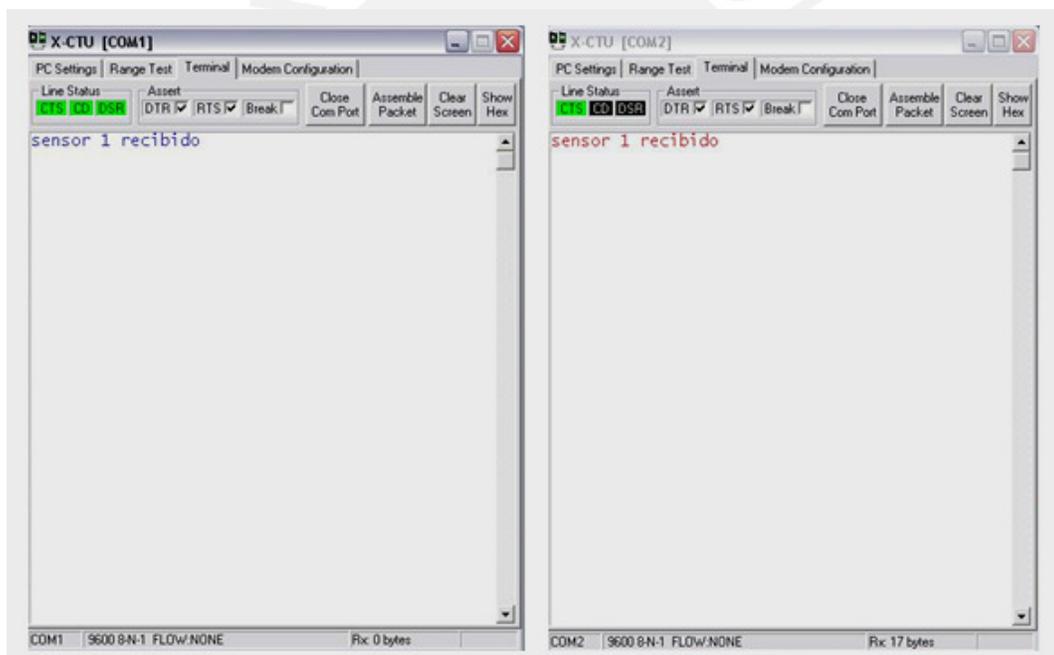


Fig. N°30. Pruebas de comunicación serial Zigbee Emisión y Recepción.

La comunicación fue realizada a partir del COM 1 de las computadoras para ello fue necesario el uso de los módulos de prueba de Zigbee Series 1, la configuración de la red de Área Personal así como la solicitud de las direcciones propias y las direcciones de destino de la red. Con ello el envío del dato de una señal de monitoreo será exitosa y se realizará la comunicación de forma inmediata.

Para ello también se realizaron pruebas de las comunicaciones en diversos computadores portátiles en distintas áreas para la comunicación de los módulos de radiofrecuencia a través del hiperterminal y el X - CTU. Con estas pruebas se analizó la comunicación inmediata de PC a PC, simulando el resultado final del sistema. Debido a que la comunicación de la PC con el módulo Zigbee se realizó de forma serial la simulación completa entre microcontroladores obtendrá los mismos resultados de acuerdo al puerto USART del Atmega8 confirmando el funcionamiento correcto del sistema y la alta probabilidad de un proyecto exitoso. Sin embargo las pruebas se encuentran relativamente limitadas con los módulos de trabajo Zigbee Maxstream Series 1 dado a que Series 2 encuentra mayor desenvolvimiento respecto a las pruebas en malla, que es lo mas característico en nuestro sistema.

4.4.1 Configuración de Parámetros de la red

En el X-CTU es necesario para los módulos Zigbee Series 1 la configuración manual de una red PAN para la generación de una identificación de red (PAN ID) generando el espacio radioeléctrico a elegir, la dirección del módulo coordinador así también como la designación de los módulos en estado sleep y routers de forma independiente. A continuación se presenta los principales parámetros de configuración ubicado en la casilla de configuración de modem del software de aplicación.

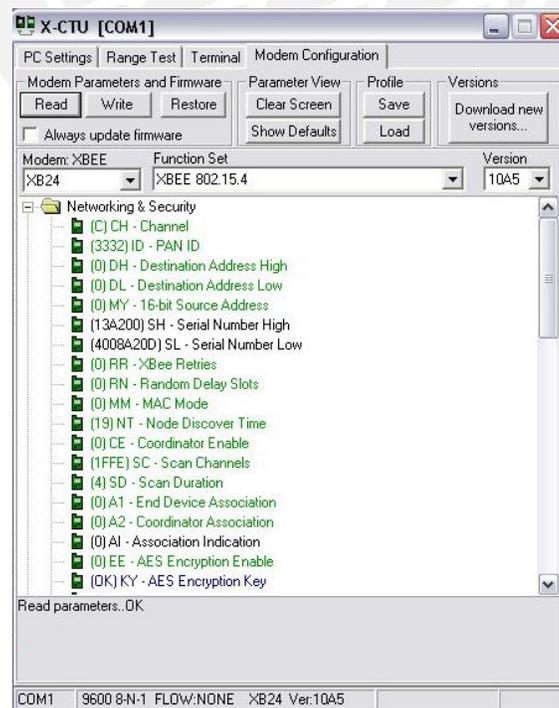


Fig N°31 Parámetros de configuración

Este entorno de configuración permite cambiar las direcciones de destino, dirección propia de los dispositivos de comunicación zigbee. El propósito principal de el sistema es que éstas configuraciones sean automatizadas por el uso del microcontrolador. Dadas las definiciones anteriores la configuración del módulo coordinador difiere simplemente al de los routers modulares por la generación de la red de área personal y la sincronización de los componentes. Se puede apreciar la asignación por parte del coordinador COM1 de la red PAN ID seleccionada y así como las direcciones propias MY y las de destino enviadas y configuradas tanto desde la parte más significativa a la menos significativa (DH, DL), asociaciones de routers y coordinadores. Existe una gran cantidad de direcciones de destino óptimas a usar debido a la modularidad del sistema, se presenta un sistema amplio y expansible a una cantidad bastante alta de dispositivos, en este caso la mayoría abarcada por sensores y dispositivos de iniciación de una red de alarma contra incendios. Estas direcciones serán modificadas de acuerdo a la programación efectuada por el microcontrolador por el puerto serial.

La diferencia fundamental de configuración de los módulos coordinadores con Maxstream Series 2 se caracteriza por la configuración automática estandarizada por el fabricante para la detección del canal y el espacio radioeléctrico a utilizar, a diferencia del Series 1 que se debía configurar previamente con el X-CTU. En los parámetros de Zigbee Series 1 se apreciaban direcciones por defecto con numeración hexadecimal sin embargo los módulos series 2 poseen una nomenclatura de mayor contacto con el programador. Para una información completa sobre los detalles de programación y especificaciones de la tecnología consultar con el manual del equipo y las fichas técnicas ubicadas en los anexos del documento.

4.5 Distribución General del sistema

La evaluación del sistema centralizado se encuentra dividida en las siguientes etapas de comunicación.

- Etapa de comunicación entre el sensor fotoeléctrico y el Microcontrolador (área de iniciación).
- Etapa de comunicación entre el Microcontrolador y el módulo Zigbee Maxstream Series 2. (área de iniciación).
- Etapa de comunicación Módulo Zigbee Maxstream Series 2 Router (iniciación) con módulo Zigbee Maxstream Series 2 Coordinador (área de iniciación-panel).

- Etapa de comunicación Módulo Zigbee Maxstream Series 2 Coordinador (Panel de Control) con microcontrolador coordinador (Panel de Control) para recepción.
- Etapa de comunicación Microcontrolador Coordinador (Panel de Control) con Módulo Zigbee Maxstream Series 2 Coordinador (Panel de Control) para emisión y reenvío de señal anunciadora.
- Etapa de comunicación de Módulo Zigbee Maxstream Series 2 Coordinador (Panel de Control) con Módulo Zigbee Maxstream Series 2 (área de anunciación).
- Etapa de comunicación de Módulo Zigbee Maxstream Series 2 (área de anunciación) con Microcontrolador anunciador.
- Etapa de comunicación del Microcontrolador anunciador con luces y señales sonoras de anunciación.

El sistema está segmentado en 3 áreas, cada una con sus correspondientes etapas de comunicación. Las áreas están distribuidas por el área de iniciación, panel de control, y área de anunciación.

4.5.1 Área de Iniciación

Como se pudo apreciar de acuerdo a las características de las diversas comunicaciones del sistema, el proceso serial procede de forma ordenada comenzando por la detección de un suceso de incendio por ello se debe determinar y diseñar una sub-área de detección cuya finalidad será de gestionar la actividad por parte de los sensores fotoeléctricos.

4.5.1.1 Etapa de comunicación entre el sensor fotoeléctrico y el Microcontrolador (área de iniciación)

Los sensores fotoeléctricos convencionales poseen una apertura por relee al detectar un incendio, la capa de detección se estimula generando una pequeña señal continua y analógica de acuerdo a las tecnologías fotoeléctricas avanzadas pertinentes. Los sensores poseen una cabeza de sensor de larga duración para mantener un buen flujo y acceso del humo.

Los contactos de activación poseen características de NO (normalmente abiertos) por ello al generarse un evento se cerrará el circuito emanando la señal que tendrá

necesariamente que pasar por una etapa de regulación para acomodar a las características necesarias; requisitos para las entradas digitales del Atmega8.

El sensor de humo posee una corriente en reposo de 35uA y en señal de alarma de 16 mA determinando una alta eficiencia en el ahorro de energía y pilas, claramente de acuerdo a los datos obtenidos en las especificaciones técnicas es necesario un mantenimiento de las baterías cada 6 meses. Es necesario resaltar que para la etapa del área de iniciación tanto los dispositivos de iniciación, etapa de confirmación de detección y envío de señal al módulo (microcontrolador) y la etapa de comunicación se encontrarán alimentados por una batería la cual alimentará respectivamente a la tarjeta madre que subdividirá correspondientemente la alimentación en 3 bloques en donde la alimentación de cada etapa será prudente y respetando las indicaciones y requerimientos. En estado de alerta del MC145010 posee una salida de corriente bordeando un intervalo de 4 a 16 mA y un valor de salida con otros dispositivos de 8V, por ello, para la rectificación y adaptación a 3.3V para la entrada del microcontrolador es necesario efectuar un divisor de voltaje, sin embargo dado al voltaje y requerimientos la resistencia de salida sería muy alta la cual al menor ruido puede generar una falsa señal de alarma al microcontrolador causando la activación del sistema. Es por ello el uso de un amplificador operacional para evitar los ruidos en el ingreso de la señal al microcontrolador.

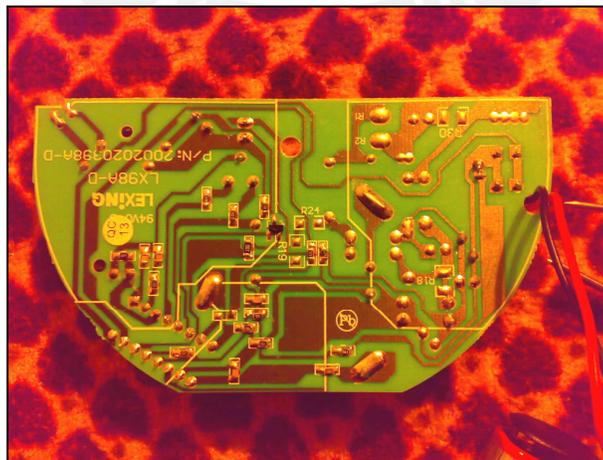


Fig. N°32. Placa electrónica de sensor fotoelectrico Lexing

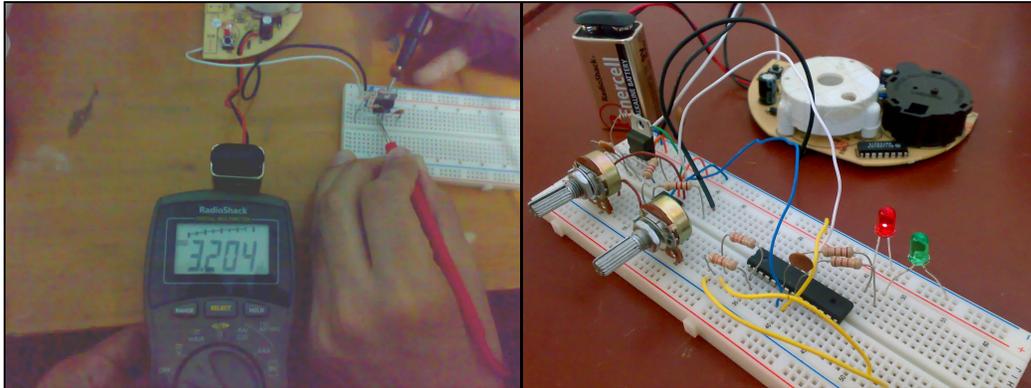


Fig. N°33. Pruebas de Regulador a salida de batería e conexión con microcontrolador.



Fig. N°34. Pruebas de salida del amplificador operacional en estado de detección con pulsador de testeo

El propósito de utilizar una misma batería en las 3 etapas generalmente se encuentra caracterizado en el ahorro de espacio, ergonometría, ahorro en el consumo de insumos y recursos así como el diseño de una tarjeta estética libre de contrariedades y con mayor accesibilidad en el manejo de cualquier usuario.

4.5.1.2 Etapa de comunicación entre el Microcontrolador y el módulo Zigbee Maxstream Series 2. (Área de iniciación)

Como se pudo describir en el capítulo anterior los módulos Zigbee pueden trabajar en 2 modos de funcionamiento, el asignado al proyecto será el modo AT por lo cual éste debe ser configurado. El proceso de configuración debe ser realizado no Manualmente

sino por medio de una interacción entre el microcontrolador y el Módulo Zigbee antes de que se genere cualquier comunicación. La interconexión entre los microcontroladores anexados a las fuentes de iniciación será desarrollada vía puerto USART para establecer una comunicación serial para general el envío de alerta y posteriormente convocar la comunicación hacia el Módulo culminando serialmente el estado Sleep Mode que poseían para el ahorro de energía. La interconexión física une los puertos de transmisión y recepción USART (PD0, PD1) del ATMEGA con las entradas seriales del Zigbee (PD2, PD3).

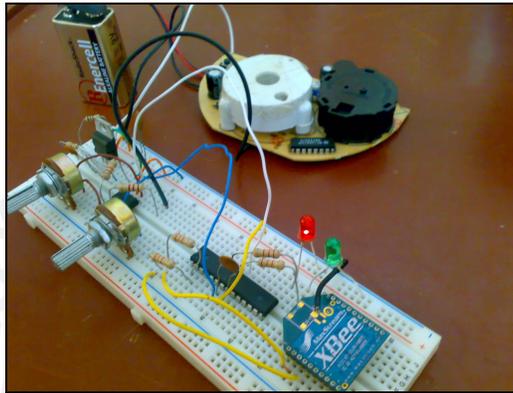


Fig. N°35 Disposición de componentes de diseño para dispositivos de iniciación con sensor Lexing para uso y pruebas en X-CTU

La alimentación del sistema es con una batería de 9 voltios, que alimenta al sensor e indirectamente a los demás dispositivos. La señal regulada de 3.3 V realizada por el LM317 alimenta al microcontrolador, módulo y al restador del amplificador operacional. La comunicación serial será anexada a través de los pines 2 y 3 de microcontrolador y módulo con unas resistencias de 4K para la disipación de potencia. Para las pruebas en una PC y el análisis completo se anexo la tarjeta de interfase con la computadora, para observar la configuración en modo transparente y el envío de caracteres.



Fig. N°36 Diagrama de comunicación serial para configuración AT entre Módulo Maxstream y Microcontrolador Atmega8 usando el XCTU

Como se observa en la figura, se realiza la configuración AT con el envío de caracteres por parte del microcontrolador hacia el módulo Xbee, para la observación de la comunicación se utiliza las interfaces grabadoras de prueba DIGI XBIB-R compatibles con los módulos para comunicarlo con un computador personal y ver la trama de envío con topología malla entre módulo-microcontrolador y módulo-módulo. Se envía la trama por parte del microcontrolador por las entradas PD2 y PD3 del módulo Xbee configurado y sincronizado a 9600bps, si no existe sincronización se corre el riesgo de enviar datos que no correspondan a los indicados. El entorno interno del módulo asume el envío serial del microcontrolador con letras azules, simulando la digitación por parte del programador por el puerto serial (color azul) y la respuesta del módulo (color rojo) indica que fue recibido la información con éxito, los parámetros recibidos vía infrarroja por los demás dispositivos infrarrojos también se expresarán de la misma forma.

Debido a que los sensores fotoeléctricos enviarán la información a un único medio administrativo (panel de control) para su procesamiento es necesario fijar una única dirección de destino. Se utilizaron los bits menos significativos para asignar la dirección (1E = dirección de coordinador) con el comando ATDL, posteriormente se reconfirma la aceptación. El comando ATCN fue necesario para salir del modo de configuración transparente AT dado a que si los módulos siguen en dicho modo, no son capaces de transmitir dato alguno a los demás.

4.5.1.3 Simulación VMLAB

Para el estudio del comportamiento de los periféricos del microcontrolador del sistema fue necesario el uso de una aplicación para evaluar los retardos, tiempos de respuesta evaluación de la trama serial y almacenamiento de registros de eventos. Tener en cuenta que los leds de prueba virtual se encuentran en lógica negada de acuerdo al archivo .prj ingresado. Los respectivos códigos de programación se encuentran en los anexos del trabajo de tesis.

A continuación se evaluará el comportamiento del sistema en base al tiempo de prueba de la simulación en VMLAB para la comunicación entre el microcontrolador y el módulo Xbee.

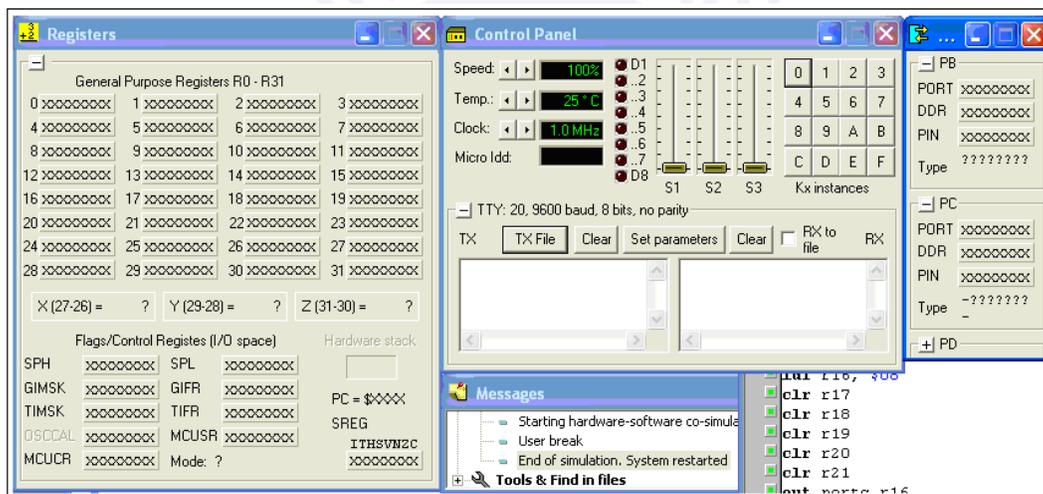


Fig. N°37 Entorno de Simulación VMLAB

El entorno de simulación describirá la programación con los periféricos del sistema. Dispondremos de un pequeño panel donde se observarán las salidas de los leds, los registros utilizados en el sistema, las entradas y puertos y la comunicación serial a 9600 baudios con 8 bits sin paridad para el sincronismo con el módulo Xbee. Esta simulación demuestra los efectos resultado de la programación del Microcontrolador ATMEL y su desenvolvimiento dentro del sistema de detección.

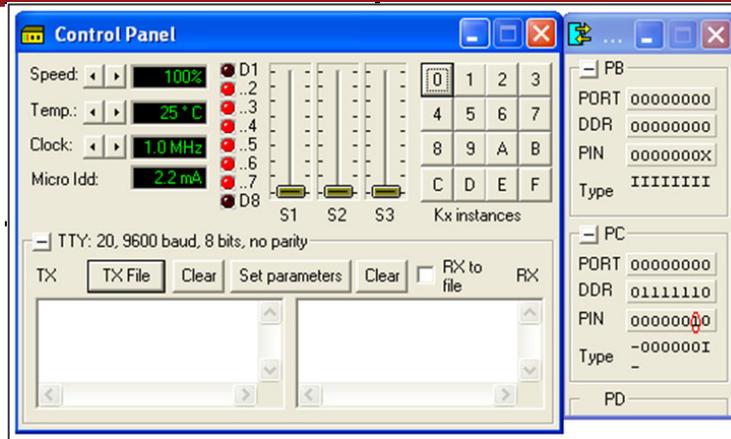
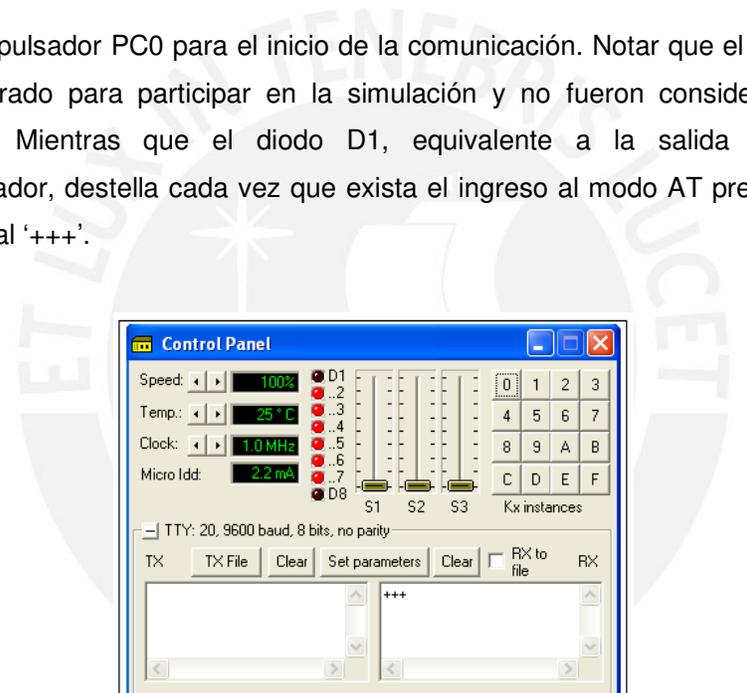


Fig. N°38 Simulación en VMLAB para la activación de la configuración de modo AT par módulo Xbee

Se activa el pulsador PC0 para el inicio de la comunicación. Notar que el diodo D8 no está configurado para participar en la simulación y no fueron considerados en el archivo prj. Mientras que el diodo D1, equivalente a la salida PC3 en el microcontrolador, destella cada vez que exista el ingreso al modo AT previo envío de la trama serial '+++'.


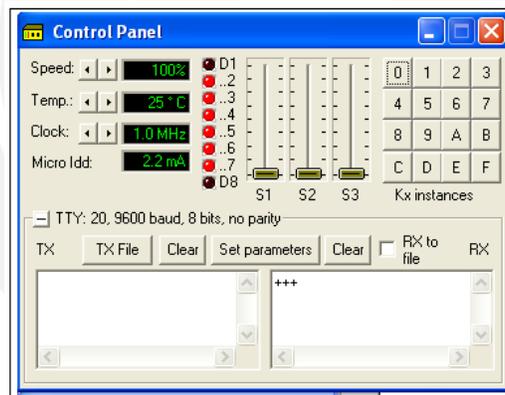


Fig. N°39 Ingreso de caracteres ASCII por el USART para ingresar al Modo AT en VMLAB

Se procede al envío de los caracteres automáticamente por parte del microcontrolador a través de manejos de tablas con caracteres ASCII en la memoria de datos para ingresar en el modo AT ("+++") cada uno espaciado por un intervalo de 0.15 segundos. EL Microcontrolador se encontrará a la espera del OK por parte del Módulo Xbee, caso contrario después de 2 segundos se considerará como un estado fallido y se retornará a un nuevo envío de caracteres. Se considerara la primera letra de 'OK' ('O') para la confirmación ingresado en el espacio de transmisión hacia el ATMEGA8.

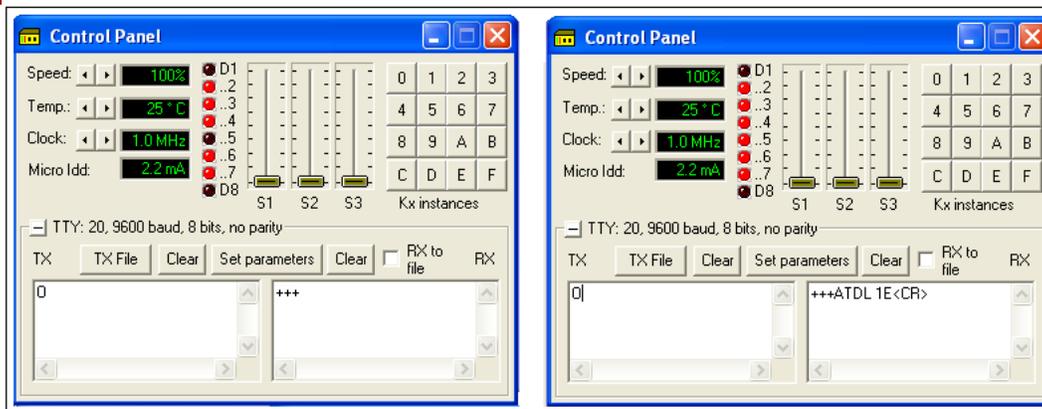


Fig. N°40 Izquierda: Simulación de aceptación de ingreso a modo AT en recepción de carácter 'O' por parte del módulo Xbee; Derecha: Ingreso automático de parámetros para definir dirección de destino por parte del microcontrolador

Después de recibir el carácter 'O' se activa un led de confirmación OK en el diodo D5 equivalente a PC3 del microcontrolador. Posteriormente se realiza el envío de la dirección de destino para el panel de control del sistema (1E) dado a que los sensores fotoeléctricos envían información únicamente al panel. Se culmina el comando con un carry return para aceptar la siguiente confirmación del módulo).

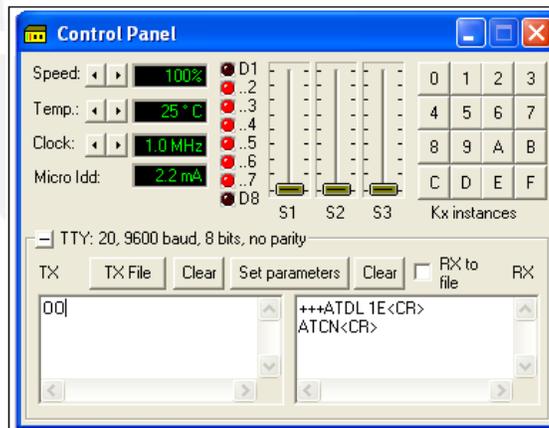


Fig. N°41 Segunda Aceptación del módulo Xbee reconociendo dirección de destino en recepción de segundo carácter 'O'; envío de cierre de modo AT con comando ATCN.

Tras recibir la segunda confirmación el programa enviará el comando ATCN para salir del modo AT y proceder con el monitoreo del detector de humo. Se cierra el comando con un carry return a la espera de la tercera confirmación.

El microcontrolador se encontrará en monitoreo hasta que ocurra un evento de incendio el cual se estimulará con una señal continua de energía por el puerto PC0 configurado con el botón '1' del entorno a través del archivo .prj para la simulación.

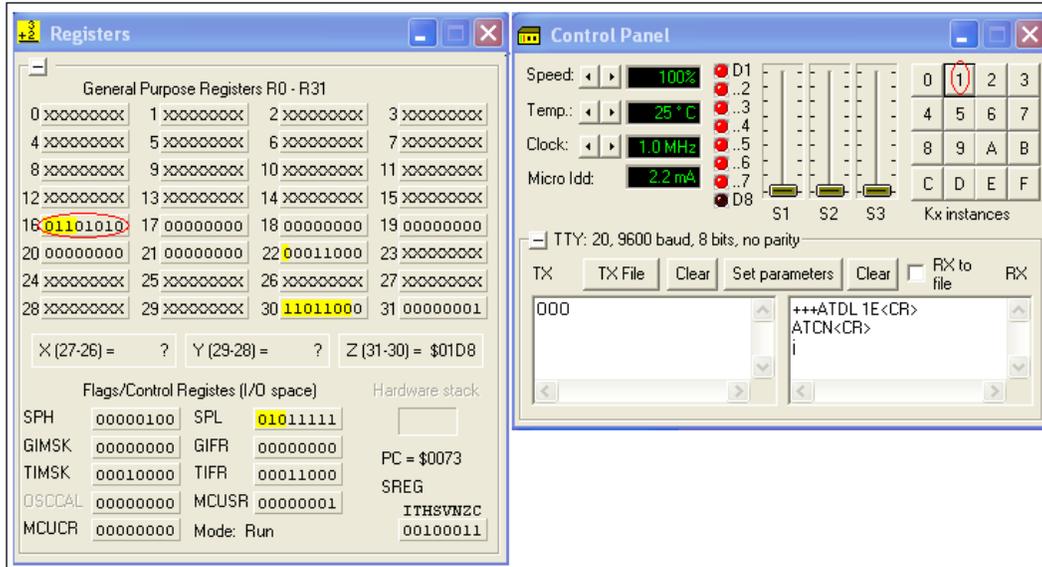


Fig. N°42 Transición de monitoreo a detección; envío de dirección del detector fotoeléctrico ubicado en registro R16 por puerto serial almacenado por dirección programable.

Posteriormente se realiza el envío de la dirección que se encuentra almacenada en el registro R16 proveniente de los 8 interruptores ingresados por el usuario, en este caso la dirección es 0b01101010 = 6A. Separando el significado del estándar pertenecería a la Familia Ríos en el área de la cocina (0110 = Cocina; 1010 = Familia Ríos). Dado a que el envío es serial, el buffer interno del ATMEGA se almacena con los datos proporcionados por el registro y envía un código ASCII en este caso sería la letra 'j' el cual será reconocido por el panel de control para el descifrado. La prueba en el XCTU muestra el envío del carácter 'j' por parte del microcontrolador:



Fig. N°43 Envío de carácter ASCII con la información de la dirección en entorno X-CTU dato recibido por microcontrolador.

4.5.1.4 Etapa de comunicación Módulo Zigbee Maxstream Series 2 Router (iniciación) con módulo Zigbee Maxstream Series 2 Coordinador (área de iniciación-panel)

La comunicación de los módulos Zigbee y su interacción en el sistema se encuentra netamente basada en el envío de señales de radiofrecuencia de bajo consumo caracterizado por el envío del protocolo según el modo AT de funcionamiento. Además dentro del Canal ubicado en el espectro de radiofrecuencia elegido, y en la red de área personal definido. El transporte de la información es casi inmediato. La simulación de envío será expuesta en el tema del panel de control.

4.5.2 Área Panel de Control

El Panel de control recibe los datos obtenidos después de una señal de incendio, detectará y reconocerá los caracteres enviados por los dispositivos de iniciación en código ASCII para luego ser procesado y gestionar una respuesta inmediata.

4.5.2.1 Etapa de comunicación Módulo Zigbee Maxstream Series 2 Coordinador (Panel de Control) con microcontrolador coordinador (Panel de Control) para recepción

El módulo Zigbee Coordinador debe estar previamente definido para el modo de funcionamiento, la misión de este módulo es recibir los caracteres e información del módulo correspondiente al área de iniciación y reenviarlo al microcontrolador para su procesamiento vía puerto serial.

Inicialmente el microcontrolador envía los parámetros de configuración como se describió anteriormente, en donde las pruebas se realizan en el X-CTU. A diferencia que en los dispositivos routers (sensores infrarrojos), en el panel de control se define una dirección única programada para la recepción de la dirección de todos los detectores fotoeléctricos. ATMY permite definir la dirección que será asignada al panel de control. Posteriormente se sale del modo AT. Todos los comandos y caracteres que permitieron la configuración son enviados de forma automática por el microcontrolador por el puerto serial.

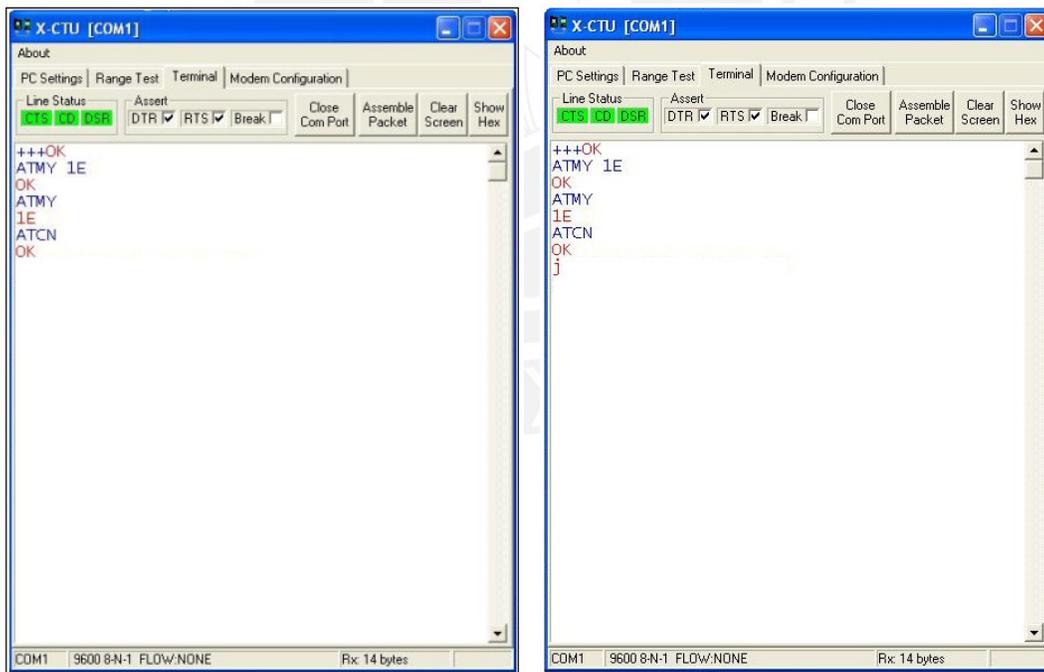


Fig. N°44 Recepción exitosa de carácter enviado por módulo de dispositivo de iniciación Xbee en entorno terminal de visualización X-CTU del módulo del panel de control.

Luego de entrar en modo AT el módulo Xbee del panel de control estará en estado de alerta ante cualquier carácter que se envíe dentro de la PAN ID, en el caso de las pruebas realizadas se envió el dato del incendio en el piso 3, ambiente de la cocina,

perteneciente a la Familia Ríos (6A = 106 = 'j') desde el detector fotoeléctrico (Observar Fig. 44) se puede observar una recepción exitosa.

4.5.2.2 Simulación del microcontrolador del Panel de Control en VMLAB.

El microcontrolador Coordinador recibirá un parámetro de entrada (la dirección del sensor fotoeléctrico), por ello el mismo debe estar monitoreando constantemente la información recibida por el puerto serial USART y posteriormente archivar toda la información recibida dentro de la memoria para generar una comparación con la base de datos registrada en otro segmento del espacio de datos de la memoria RAM. Los códigos de todos los sensores fotoeléctricos que entraron en actividad estarán almacenados en la memoria RAM, estos pueden ser modificados desde el punto de vista programador como usuario, dado a que la programación es sencilla y el almacenamiento de las direcciones son de poca capacidad al referirse a una cantidad minúscula de sensores como en el caso de departamentos y viviendas

A continuación se observa la interacción simulada del microcontrolador con el módulo Xbee para la configuración de la dirección del panel en modo transparente AT para los detalles de prueba de conexión.

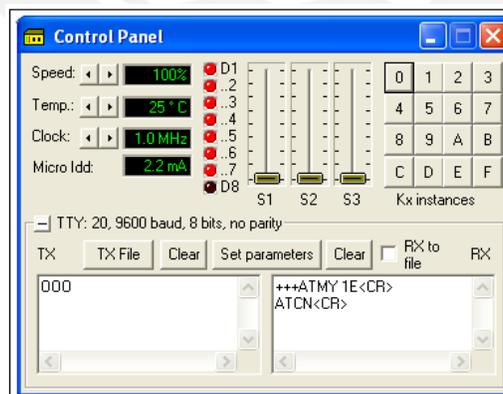


Fig N°45 Configuración de dirección única de panel de control para la recepción de caracteres del módulo de iniciación

Al ingresar por el puerto serial el carácter 'j' el microcontrolador responde de la siguiente manera:

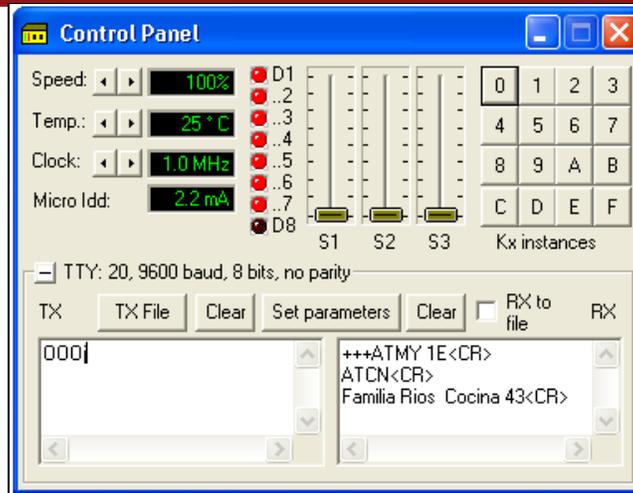


Fig N°46 Respuesta del microcontrolador tras el envío serial del carácter ASCII representante de la dirección ambiente y familia afectada.

El microcontrolador reconoce el parámetro asignado a la familia (\$6A = "j") así como el piso en el que está ocurriendo el incendio (PISO 3) es por ello que al recibir la dirección envía los caracteres 4 y 3 en ASCII los cuales serán únicamente reconocidos por los módulos correspondientes a las señales anunciadoras. Los caracteres enviados por parte del panel de control correspondientes a las letras de las palabras del nombre de las familias no afectarán ni a los sensores fotoeléctricos ni a las señales anunciadoras debido a que el único parámetro recibido permitido a reconocer será el que corresponde al reseteo de todo el sistema ("\$" = RESET) que será enviado únicamente por el panel de control. El nombre de la familia se muestra debido a que en el área de vigilancia y control de los edificios se tendrá que monitorear los sucesos a través de un computador personal con el X-CTU en funcionamiento. La simulación fue efectuada en un módulo visualizador de datos conectado a un computador personal, para observar la trama de respuesta por parte del panel de control.

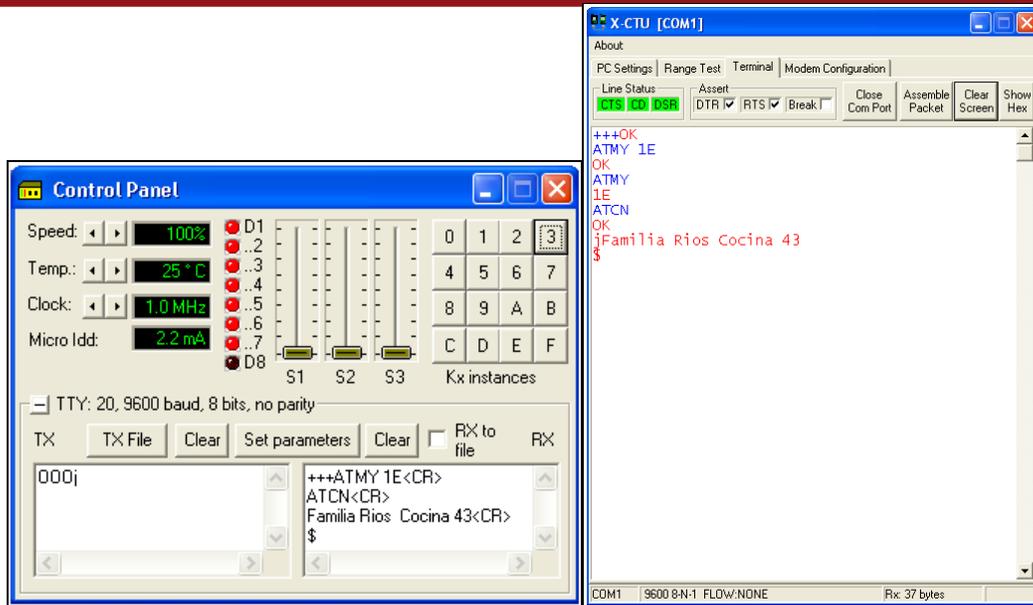


Fig N°47 Análisis de respuesta del Panel de Control tras recibir un carácter de un dispositivo de iniciación tomada del X-CTU anexado a módulo Xbee visualizador

El reset de los dispositivos de anunciación e iniciación será efectuado por un pulsador periférico conectado en el pin PB3 del microcontrolador del panel de control (observar botón 3) el cual al ser presionado simplemente se enviará un carácter ASCII “\$” que sera expuesto a la red para ser reconocido por los detectores y luces estroboscópicas.

4.5.2.3 Registro de Datos

El sistema posee una característica resaltante la cual es la del almacenamiento de datos dentro de la memoria. Con ello se puede evaluar el avance del incendio, los puntos vitales de las estructuras y el estudio de las soluciones a seguir. Al generarse el incendio y enviarse inalámbricamente los datos de direcciones, estos paralelamente al reconocimiento de los sensores por parte del microcontrolador coordinador serán almacenados en la memoria interna del microcontrolador con un orden de prioridad de tiempo. Con ello al reiniciar el sistema cuando el incendio halla sido controlado, el puntero principal del código del microcontrolador apuntará al inicio del registro para evaluar cual fue el primer sensor que se activó y el avance de los mismos. El algoritmo se encuentra basado en el almacenamiento y avanzar posteriormente a la inmediata dirección siguiente de la memoria en orden de prioridad horaria.

El panel de control tiene la capacidad de almacenar en memoria RAM las direcciones para posteriormente ser monitoreada cuando el operador lo desee para observar el orden de la expansión del incendio, así como para determinar el origen del mismo. El inicio del almacenamiento se realizará en la dirección \$100 de la memoria de datos.

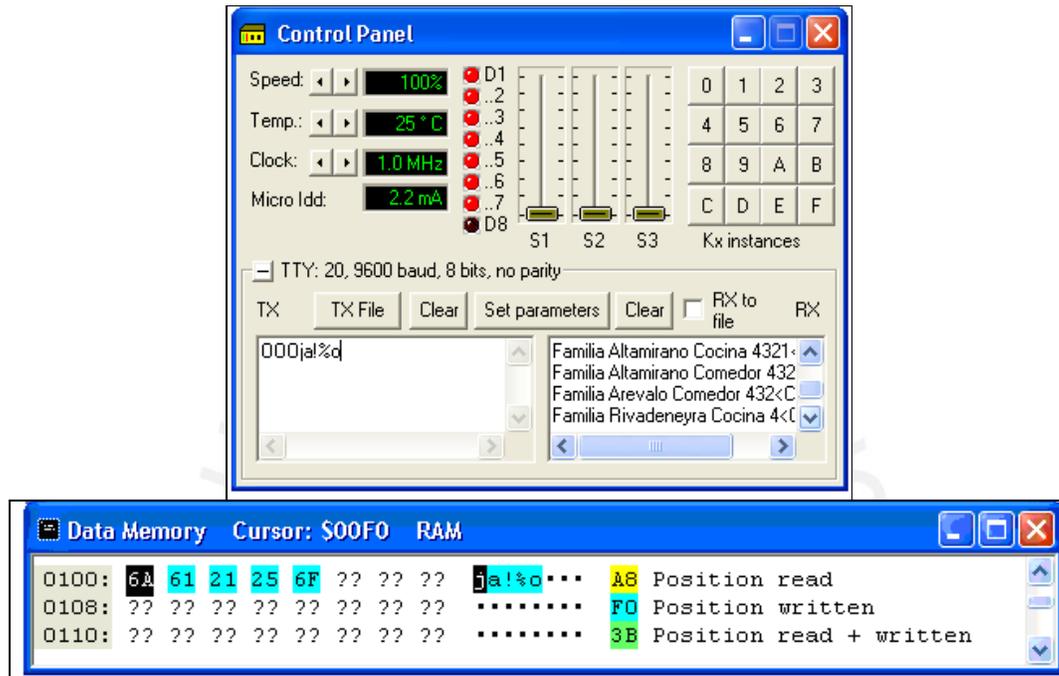


Fig N°489 Almacenamiento de direcciones a partir de dirección \$100 de la memoria RAM

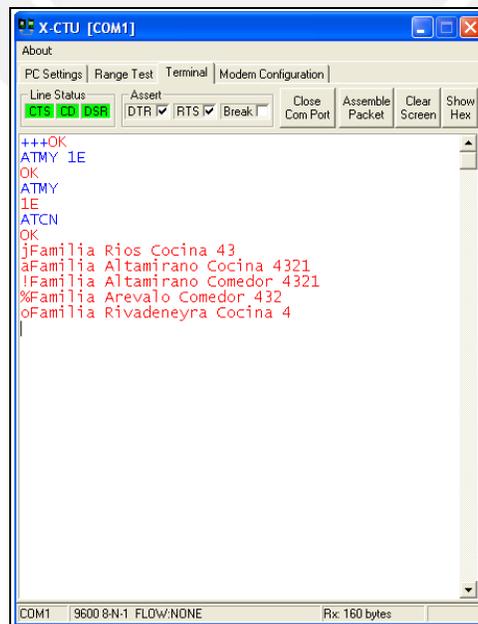


Fig N°49 Respuesta de Panel de Control a la recepción de diversas direcciones por parte del detector fotoeléctrico tomada de interfase X-CTU visualizadora por interconectado con módulo Xbee

4.5.2.4 Etapa de comunicación Microcontrolador Coordinador (Panel de Control) con Módulo Zigbee Maxstream Series 2 Coordinador (Panel de Control) para emisión y reenvío de señal anunciadora

La etapa de comparación es de vital importancia, en ella se reconocerán si los datos enviados corresponden a un evento de incendio dentro de nuestra propia red o una falsa alarma, por ello debe generarse un constante monitoreo y proceder con algoritmos de reconocimiento y descarte. Ante una comparación exitosa se salta a una subrutina de envío de información por parte del microcontrolador, expulsando por la red un carácter característico para la señal anunciadora (1, 2, 3, 4) como se definió en el capítulo anterior. Estos números están en codificación ASCII y serán enviados por el puerto serial, SOLAMENTE serán reconocidos por los módulos Maxstream destinados a las señales sonoras y de luz, esto quiere decir, los módulos anunciadores del piso 1 entrarán en funcionamiento de alerta al recibir el código ASCII '1' del sistema coordinador (panel de control) y así respectivamente con cada uno de los pisos.

Los módulos Zigbee también poseen un código de envío dado para la interrelación entre módulos por ello la dirección destino del módulo coordinador es relativa, dado a que se debe enviar a diversas luces estroboscópicas, y no de forma generalizada a una sola, por ello el envío de la señal depende a las condiciones del incendio, condicionando el envío de acuerdo al sensor detectado para establecer un orden de acuerdo a los estándares de seguridad. Ej.: un incendio registrado en el piso 12 de un edificio debe generar un alarma a los últimos pisos más no a los primeros debido a que se puede generar una anarquía completa en el proceso de evacuación con resultados trágicos. Por ello la configuración de la dirección de envío será programada por el Atmega8 hacia el microcontrolador de acuerdo a la base de datos interna modificando las direcciones de destino de acuerdo al código proveniente de los fabricantes de Maxstream vía Serial. Estos cambios serán originados exclusivamente al microcontrolador y módulo coordinador debido a que los módulos iniciadores enviarán la información a una sola dirección. Por ello no será necesario el cambio de direcciones una vez asignada la dirección de envío principal (coordinador-panel de control).

4.5.3 Área de Anunciación:

El área de anunciación monitoreará la señal emanada por el panel de control de estado de alerta y la señal de reset. Solo existirá reconocimiento de las señales ofrecidas por el panel de control, no existirá reconocimiento por parte de los dispositivos de iniciación ni por los dispositivos de anunciación entre sí.

4.5.3.1 Etapa de comunicación de Módulo Zigbee Maxstream Series2 Coordinador (Panel de Control) con Módulo Zigbee Maxstream Series2 (área de anunciación)

De acuerdo a la asignación de la dirección de destino las luces estroboscópicas estarán preparadas para la recepción de la señal, de acuerdo al envío de la información proveniente del módulo coordinador con una dirección asignada y reasignada de acuerdo al área de incendio en activación o el piso definido. Las luces estroboscópicas serán incentivadas por la transición del microcontrolador anunciador ubicado en el puerto PB1 del microcontrolador.

4.5.3.2 Etapa de comunicación de Módulo Zigbee Maxstream Series2 (área de anunciación) con Microcontrolador anunciador.

La función de esta etapa corresponde a la transferencia de información designada por el Panel de control al microcontrolador que alimentara a las luces estroboscópicas hacia el microcontrolador para su gestión. El dato asignado por el puerto serial es el piso del edificio en código ASCII y será reconocido por el microcontrolador debido a que serán programados según el piso en que se encuentren.

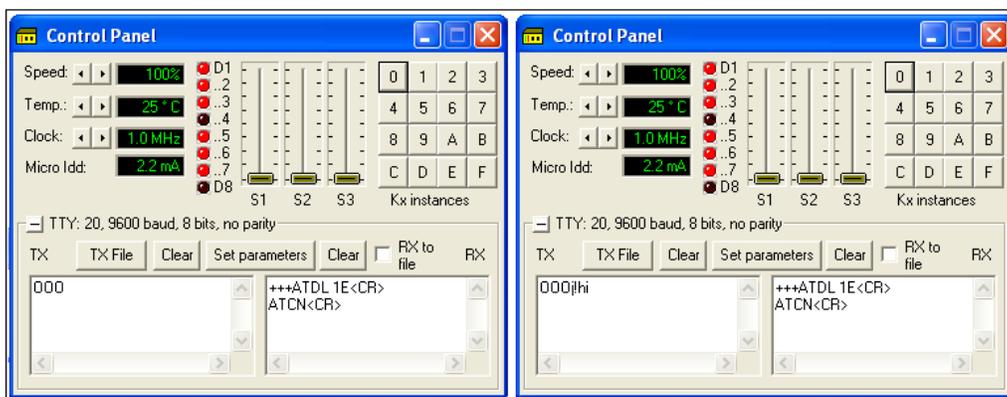


Fig N°50 Pruebas de microcontrolador anunciador; el código ignora a diversos parámetros que no sean los códigos de los pisos y reseteo del sistema.

De acuerdo a la programación de los microcontroladores anunciadores, la información recibida por el puerto serial solo será tomada en cuenta si se trata del piso programado al mismo (en este caso Piso 3) o si se envía la señal de reinicio (\$). A continuación observamos que el microcontrolador activa el puerto PC1 (representado por el diodo 2) al recibir el ASCII '3'. Al recibir el código "\$" el código regresa a una etiqueta que limpia los registros y las salidas de los puertos, con ello la salida PC1 no se energiza y las señales anunciadoras dejan de alertar.

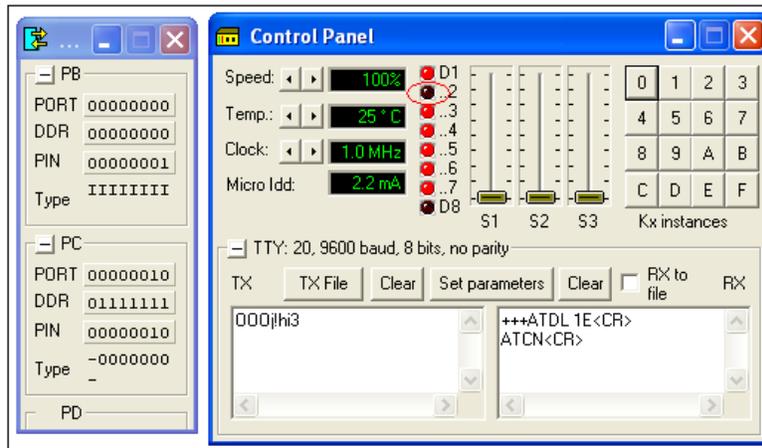


Fig N°51 Activación de dispositivos de anunciación tras recibir el carácter representante ('3') al piso del dispositivo.

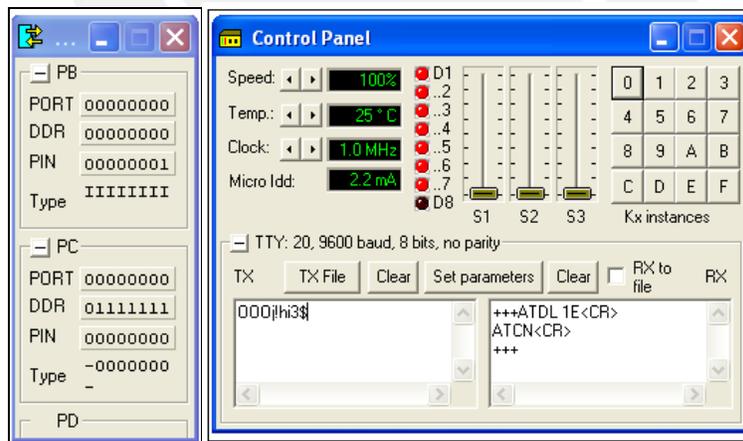


Fig N°52 Reset enviado por el panel de control, las bocinas detienen su funcionamiento.

4.5.3.3 Etapa de comunicación del Microcontrolador anunciador con luces y señales sonoras de anunciación

Es la etapa culminante del proceso serial de comunicación inalámbrica de la red de alarma contra incendio. El microcontrolador al reconocer el evento, mandará una señal continua que generará la transición de un contacto para el transporte de la energía proveniente de una batería de gran capacidad para la alimentación de las luces estroboscópicas colocadas en los sitios pertinentes de acuerdo a las normas de seguridad.

4.6 Parámetros de envío de datos y cambio de direcciones destino

Los parámetros de envío se encuentran netamente asociados al modo AT para ello el microcontrolador vía USART tendrá que realizar una configuración interna antes de enviar los datos de dirección.

Al enviar el código “+++” desde el microcontrolador al módulo, el sistema responderá con una aprobación OK<CR> para posteriormente entrar al modo de comando. Posteriormente después de la respuesta del Módulo zigbee se debe generar el modo de comando AT por lo tanto el microcontrolador debe volver a interactuar con el sistema con el envío del parámetro ATDL <ENTER>, el sistema responderá leyendo la dirección de destino baja. Como se puede observar existe una interactividad entre los módulos y el Atmega8, por lo que para la configuración de un cambio de dirección de destino es necesario enviar el parámetro ATDL 1E, ATWR para escribir en la memoria no volátil y ATCN para salir del modo de comando, este tipos de parámetros servirá y será de gran importancia sobre todo en el módulo coordinador que tiene que enviar una señal a las estaciones receptoras correspondientes a las áreas de anunciación pertinentes a actuar de acuerdo a los sensores fotoeléctricos activados.

4.7 Visualización de Datos

El panel de control debe ser instalado en la zona más segura del edificio, pues será visualizado por parte del personal de seguridad para advertir a las familias del recinto. La visualización será efectiva a través de un computador personal con el X-CTU activado con el terminal activado de esta forma se podrá observar todas las tramas de envío de direcciones, por lo tanto se observará las familias en emergencia y el ambiente afectado en el computador. Notar que solo el panel poseerá la placa interfaz

conectada a la computadora, para poder procesar y definir la red de área personal, y visualizar los parámetros y cambios que ocurran en la red. Los demás equipos solamente estarán conectados a los dispositivos de anunciación e iniciación como se detalló anteriormente.

4.8 Cotización de la red con tres paneles diversos contra Incendio

El cálculo comparativo de presupuestos de las redes de alarma contra incendio se encuentra basado en la distribución de tres sistemas distintos de red para un edificio de 4 pisos. Inicialmente se efectúa el análisis de costos basado en la configuración de una red convencional contra incendio que consta de un panel de 32 Zonas DSC832. Son factores importantes en el cálculo el cableado estructurado, mano de obra, metraje y planificación para optimizar la administración y ahorro de cable, entubado, ye instalación de accesorios para la implementación de una red.

El presupuesto de la red de alarma del sistema inteligente contra incendios se encuentra basado de una manera similar a la del panel convencional. Los dispositivos son más costosos debido a la forma de envío de los datos del panel a los equipos y porque cada uno de los sensores posee bases que asignan la dirección respectiva independientemente a cada uno, sin embargo la distribución del cable resulta menos compleja que la de un panel convencional.

El costo de la red zigbee reside principalmente en la distribución de los sensores independientes con batería propia y en los componentes obtenidos para el diseño de la adaptación de sensores fotoeléctricos a la red inalámbrica.

Los paneles utilizados en las redes cotizadas son los siguientes:

- Panel Convencional de 32 zonas DSC832
- Panel Centralizado con módulos Xbee Series1, tecnología Zigbee.
- Panel Inteligente DSC 4008 máximo 200 equipos direccionables.

El diseño fue realizado en un edificio de cuatro pisos, cuatro viviendas por piso donde se distribuyen tres sensores por vivienda, un sensor ubicado en las escaleras, un sensor en la separación de viviendas y una señal anunciadora anexada a una estación manual por piso de acuerdo al diseño descrito anteriormente.

| Producto | Unidades | Precio por unidad en dólares | Subtotal | Total |
|---|----------|------------------------------|----------|--------|
| Sistema convencional de detección y alarma | | | | |
| Panel convencional DSC 832 | 1 | 122.5 | 122.5 | |
| Sensores de humo fotoeléctricos convencionales | 56 | 16 | 896 | |
| Tarjetas expansoras de 8 zonas | 3 | 45 | 135 | |
| Baterías de 12 V | 2 | 6 | 12 | |
| Estaciones manuales | 4 | 10 | 40 | |
| Luces estroboscópicas anunciadoras | 4 | 12 | 48 | |
| Cable Telefónico | 2 | 38 | 76 | |
| Accesorios de implementación | 1 | 300 | 300 | |
| Mano de Obra | 1 | 200 | 200 | 1829.5 |
| Sistema Centralizado Zigbee | | | | |
| Módulo de Programación | 1 | 80 | 80 | |
| Sensores Independientes Batería Propia | 56 | 7 | 392 | |
| Módulos Zigbee | 56 | 20 | 1120 | |
| Micro Controlador ATMEGA 8 | 56 | 3 | 168 | |
| Luces estroboscópicas anunciadoras | 4 | 12 | 48 | |
| | | | | 1808 |
| Sistema Inteligente de detección y alarma | | | | |
| Panel DSC 4008 - 200 equipos direccionables | 1 | 500 | 500 | |
| Sensores de humo fotoeléctricos inteligentes | 56 | 28 | 1568 | |
| Bases de sensores de humo fotoeléctricos inteligentes | 56 | 13 | 728 | |
| Baterías 24V | 2 | 9 | 18 | |
| Estaciones Manuales Direccionables | 4 | 23 | 92 | |
| Luces estroboscópicas Anunciadoras. | 4 | 20 | 80 | |
| Cable Disp Inteligente AWG (Rollo) | 4 | 80 | 320 | |
| Accesorios | 1 | 300 | 300 | |
| Mano de obra | 1 | 300 | 300 | |
| | | | | 3906 |

Tabla N°6. Cuadro comparativo de presupuestos de 3 redes de alarma contra incendio con tecnologías diferentes.

CONCLUSIONES

- 1) La red de alarma diseñada con tecnología Zigbee es un sistema cerrado contra incendios que cumple con las normas indicadas en los estándares de seguridad debido a la cobertura manejada en la comunicación de los dispositivos, la respuesta rápida del panel de control ante los eventos y la distribución y ubicación correcta de los equipos.
- 2) Debido a que los sistemas de alarma contra incendio predominantes en el país se encuentran basados en cableado estructurado de 2 a 4 hilos de comunicaciones es viable realizar un nueva interfase de comunicaciones entre dispositivos de iniciación y anunciación de manera inalámbrica pues se evita el proceso de cableado entre los dispositivos de red, lo cual genera un alto costo en la implementación.
- 3) La comunicación inalámbrica en sistemas de detección y alarma contra incendios solucionará los problemas de aglomeración de cable en las montantes de las viviendas y edificios así como los problemas de diseño de la red debido a que el medio de comunicación es por radiofrecuencia.
- 4) La tecnología Zigbee es altamente recomendable para aplicaciones en domótica debido a que la información a enviar vía inalámbrica no implica una trama de mucha complejidad, centrado mayormente al intercambio de direcciones o parámetros manejables vía microcontrolador.
- 5) El sistema centralizado de detección y alarma contra incendio con tecnología Zigbee desempeña las mismas aplicaciones y posee las mismas características que un sistema de detección inteligente con dispositivos de iniciación de bases direccionables.
- 6) La tecnología Zigbee permite la participación de una alta cantidad de dispositivos de iniciación y anunciación dentro de una red de área personal de acuerdo a características de modularidad y expansión de nodos.
- 7) Los módulos Zigbee Pro pueden desempeñar sus funciones de comunicación de una forma correcta dentro de un área residencial, dado a su amplio rango alcance, sin embargo el precio comparativo a los Zigbee convencionales Series 1 y Series 2 excede a casi el doble de lo normal. Dado a que se implanta un integrado de Maxstream por dispositivo, no es rentable la comunicación en un área residencial.
- 8) La configuración de direcciones de destino por parte de los dispositivos de iniciación evita la recepción de las tramas seriales por parte de otros

dispositivos ajenos al panel de control, evitando falsas alarmas o errores del sistema.

- 9) El uso de repetidoras a través de los Routers End Devices es factible y recomendable dentro de los inmuebles para la regeneración de la señal y el envío entre zonas de complicada accesibilidad, generalmente aplicada en las montantes de los edificios.
- 10) La aplicación de una batería general por bloque de dispositivos tanto en las áreas de iniciación como anunciación es esencial para la elaboración de tarjetas que anexen las diversas etapas de comunicación debido a que los dispositivos poseen diseños electrónicos separados por las etapas de comunicación que necesitan de una fuente de alimentación común para el ahorro de espacio y una mejor presentación de diseño.
- 11) El uso de sensores fotoeléctricos independientes facilitará el diseño de la red inalámbrica debido al aprovechamiento de la batería para anexar las 2 etapas de comunicación en forma consecutiva.
- 12) El uso de sensores de bases no direccionables consumen una gran cantidad de energía debido a la necesidad de alimentación por 2 o 4 hilos por parte del panel de control convencional de incendios respectivo, condicionando la duración de la batería y el desempeño del sistema.
- 13) Los valores de costo entre el sistema de incendio Xbee comparado a un sistema convencional son muy similares sin embargo el sistema Xbee tiene la capacidad de independizar ambientes y ser reconocidos para una mayor precisión, comparable a sistemas inteligentes direccionables contra incendio.

RECOMENDACIONES

- 1) Para la comunicación serial entre el microcontrolador y el Módulo Zigbee es necesario anexar una resistencia de 4k entre los terminales para estabilizar el voltaje de salida del microcontrolador con la entrada del puerto serial asíncrono del Módulo.
- 2) Es recomendable para la obtención de mejores resultados en la elaboración de una red de alarmas contra incendios utilizar los circuitos Xbee Series 2 debido a la disposición de realizar topologías tipo malla el cual permitirá al módulo coordinador la interacción con todos los sensores fotoeléctricos, de la misma forma la interacción entre sensores para extensiones de redes por zonas.
- 3) El uso de la serie Xbee Series-PRO excederá notoriamente la capacidad de rango en la elaboración de una red de alarma en viviendas y departamentos, debido a su gran alcance de comunicación. Dado a que cada uno de los sensores fotoeléctricos se encontrará anexado a un integrado Maxstream, la Serie Xbee será suficiente para la interacción entre los dispositivos.
- 4) Es importante generar un leve retardo entre el envío de caracteres ASCII debido a probables desfases en la frecuencia entre el microcontrolador y el módulo Xbee, un retardo recomendable es de 0.1 segundos.
- 5) Para las simulaciones la visualización de la trama de datos es importante, para ello es recomendable el uso de las tarjetas de interfaz con X-CTU ajeno al sistema para analizar el envío de caracteres en la computadora como espectador.
- 6) El uso de diodos emisores de luz para determinar la aceptación de la trama AT y el estado de monitoreo es importante para analizar si el sistema se encuentra ya en estado de alerta o si hubieron problemas en la configuración de los dispositivos iniciadores.

FUENTES

[1] AMERICAN NATIONAL STANDARD

1993 “NFPA 72, National Fire Alarm Code”

[2] NFPA JOURNAL LATINOAMERICADO

2007 “Situación Actual del Mercado latinoamericano de sistemas de detección contra incendios”

http://www.nfpajournal-latino.com/?activeSeccion_var=50&art=194

[3] EVANS, D. D. Y STROUP, D. W

1986 “Methods to Calculate Response Time of Heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings,” (NBSIR 85-3167)

National Institute of Standards and Technology (formerly National Bureau of Standards), Center for Fire Research, Gaithersburg, MD 20889.

[4] COTE, A.

1992 “NFPA Fire Protection Handbook” 17h Edition

National Fire Protection Association, Quincy, MA 1992.

[5] KOKKALA, M.

1992 “Measurements of the Characteristic Lengths of Smoke Detectors,”

Fire Technology, Vol. 28, No. 2, National Fire Protection Association, Quincy, MA

[6] NEWMAN, J. S.

1988 “Principles for Fire Detection,”

Fire Technology, Vol. 24, No. 2, Páginas.116–127, 1988.

[7] BABRAUSKAS, V., LAWSON, J. R., WALTON, W. D., AND TWILLEY, W. H.

1982 “Upholstered Furniture Heat Release Rates Measured with a Furniture Calorimeter,”

National Institute of Standards and Technology (formerly National Bureau of Standards), Center for Fire Research, Gaithersburg, MD 20889.

[8] BRYAN, J.L.

1982 “Fire Suppression and Detection Systems”

New York, Mac Millan Publishing Co., Inc.

[9] NORMA TECNOLÓGICA DE LA EDIFICACIÓN NTE-IPF/1974

1974 “Instalaciones de protección contra el fuego”

Boletines Oficiales del Estado Marzo

[10] CEPREVEN

1985 “Regla Técnica para las instalaciones de detección automática de incendios”

Madrid, Editorial Cepreven.

[11] SIMPLEX TECHNOLOGIES

2000 “Conventional Detectors and Control Panels”

http://www.simplexfire.com.au/Ancillaries/conventional_devices/simplex

[12] UFSA

2001 “Sistemas de alarma para incendio”

<http://www.usfa.dhs.gov/downloads/pyffspanish/alarmsys.html>

[13] DSC

2005 DSC Control Panel Technical Specification

<http://www.dsc.com/Default.aspx?id=54>

[14] UTN F.R. Santa Fe

1998 “RIESGO DE INCENDIO”

<http://www.frsf.utn.edu.ar>

[15] ATP

2004 “SENTIDO COMÚN Y PREVISIÓN DE RIESGOS DE INCENDIO EN LOCALES CON EXIGENCIAS ACÚSTICAS”

<http://www.atp.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1193>

[16] EDUARDO EGUILUZ

1999 “Tendencias en detección de Incendio”

http://www.notiseg.com.mx/pdf/incendio/tendencias_incendio_arturo_serrano_olivares.pdf

[17] IEEE

2005 “Network-based fire-detection system via controller area network for smart home automation”

<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/30/29849/01362504.pdf>

[18] ROSO-CONTROL

2000 "IDC5 Signals"

http://www.roso-control.com/_Download/Cursos/MDK-B28/Cap_No_02.pdf

[19] EMILIO TURMO SIERRA

2004 "Detectores de humo"

http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_215.htm

[20] "ZIGBEE RF MODULES"

<http://www.rfm.com/products/zigbee.shtml>

[21] "ZIGBEE ALLIANCE"

<http://www.zigbee.org/en/index.asp>

[20] DIGI

<http://www.digi.com/>

[21] PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

2005 "Manual de Laboratorio de Sistemas Digitales"

[22] BOYLESTAD Y NASHELSKY

2003 "Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos"

Pearson, México 2003

[23] Maxstream

"Manual de Producto v8.x1x.Beta Protocolo Zigbee"

[24] Maxstream

"Quick start guide manual"

[25] DEC ELECTRONICS

"Zigbee Modules"

<http://www.decelectronics.com/html/XBEE/XBEE.htm>