



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA  
CASA UNAM**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO MECATRÓNICO**

**P R E S E N T A:**

**SALVADOR SARABIA VÁSQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. VALENTE VÁSQUEZ TAMAYO  
2015**



Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dedicatorias

A mi padre *Marcelino* quien me demostró que a pesar de los problemas que uno pueda tener siempre hay que levantarse y recuperar lo que uno más quieren en la vida.

A mi madre *Natalia* quien me enseñó a mantener la cabeza siempre en alto a pesar de lo terrible que se vea la situación.

A mi hermana *Natalia* quien ahora se ha convertido en una mujer capaz de dominar sus miedos y ella sabe que siempre puede contar conmigo.

A la *Universidad Nacional Autónoma de México* en donde siempre encontraba sus puertas abiertas para expresar mis ideas con libertad, desde la preparatoria hasta mi último semestre y sobre todo espero algún día regresarle todo lo que me dio para que yo haya llegado a este momento.

A la grandiosa *Facultad de Ingeniería* en cuyas aulas me permitió conocer a los más grandes ingenieros que pueda tener este hermoso país, así como encontrar a mis grandes amigos.

A mis profesores, *Alejandro Reivich, Serafín Castañeda, Francisco Salgado, Vicente Borja, Patricio Zamudio, Silvina Hernández, Jesús Savage, Billy Flores, Pilar Corona* y a todos aquellos que me motivaron a no darme por vencido y seguir en el camino en la formación de un profesional.

A mi asesor y maestro *Valente Vázquez* de quien no solo recibí sus valiosos consejos, también una oportunidad de demostrar mis conocimientos y ayudarlo en el planteamiento de un nuevo proyecto del cual veo un gran futuro.

## DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM

A todo el equipo de *CASA UNAM*, en especial al jefe del proyecto *Santiago Mota* y la coordinadora de Ingeniería *Ángeles Rodríguez* quienes dieron su voto de confianza para que viviera la gran experiencia de trabajar en un proyecto como este.

A los integrantes del equipo de control y automatización *Emilio Hernández* y *Carlos Canchola* quienes no podían concebir la idea de no aparecer en este trabajo.

Y finalmente a todos los amigos que hice durante los 5 años que estuvimos juntos: *Mijaíl, Zimri, Vero, Ángel, Lau, Pedro, Arturo, Dieguito, Pepe, Antonio, Isaac* y *los que hagan falta...*

*¡Nunca los olvidaré!*

## Agradecimientos

En lo particular quiero agradecer a la empresa de insumos eléctricos y electrónicos *Schneider Electric* quien aportó el material y a los asesores de trabajo necesarios para que las áreas de eléctrica y control pudiesen desarrollar su trabajo de forma satisfactoria.

También agradezco a la empresa de componentes electrónicos *LabElectrónica* y a su asesora *Sandra Banales* por cedernos los componentes electrónicos para la construcción de los sistemas de monitoreo y por respaldarnos hasta los últimos momentos.

Así mismo a la *Facultad de Arquitectura* y a la *División de Posgrado de la Facultad de Ingeniería* por brindarnos el espacio necesario para realizar nuestras actividades durante la etapa de construcción del proyecto.

Y finalmente una gran mención al *Instituto de Ingeniería* en donde se me abrieron las puertas para conseguir una beca, un espacio para probar y crear mis ideas, mi trabajo de investigación y sobre todo asentar las bases necesarias para iniciar mi vida profesional.

### **Resumen**

El siguiente trabajo tiene como principal propósito documentar la mayoría de las acciones realizadas por el área de automatización del proyecto CASA UNAM para lograr concebir una solución viable sobre el manejo de variables de confort en cara a la participación del equipo México en el Solar Decathlon Europe 2014. Se hace mención de los problemas que presentan las zonas a controlar y un procedimiento de acción basado en sensores, microcontroladores y actuadores que ayudaran a resolver la problemática planteada.

Finalmente a manera de epilogo se expondrá el posible futuro que podría presentar los próximos diseños ya basados en un modelo reducido de bajo costo pensado en un tentativo plan de negocios cuya meta será convencer a la población de los beneficios que pueden obtener al usar en su vida diaria sistemas automatizados.

*“...“Las nueve y cuarto”, cantó el reloj, “la hora de la limpieza”.*

*De las guaridas de los muros, salieron disparados los ratones mecánicos. Las habitaciones se poblaron de animalitos de limpieza, todos de goma y metal.*

*Tropezaron con las sillas moviendo en círculos los abigotados patines, frotando las alfombras y aspirando delicadamente el polvo oculto. Luego, como invasores misteriosos, volvieron de sopetón a las cuevas. Los rosados ojos eléctricos se apagaron. La casa estaba limpia...”*

**Fragmento del cuento “Vendrán lluvias suaves”, parte de la serie de relatos “Crónicas marcianas”, Ray Bradbury, Estados Unidos, 1950**

**Contenido**

**Introducción ..... 9**

**Capítulo 1. ¿Qué es CASA UNAM? ..... 11**

**Identificación del problema ..... 15**

**Objetivos ..... 17**

**Capítulo 2: Descripción de la metodología de diseño ..... 18**

**Capítulo 3. Diseño de la microcomputadora ..... 31**

**Descripción general ..... 31**

**Diagrama de bloques ..... 36**

**Diagrama de flujo..... 38**

**Diagrama de tiempo ..... 39**

**Sistema de interacción con el usuario ..... 39**

**Diagrama de bloques ..... 39**

**Diagrama de flujo..... 41**

**Capítulo 4. Comunicación mediante Bluetooth..... 42**

**Red de comunicaciones ..... 42**

**Protocolo de comunicación implementado en la red ..... 42**

**Capítulo 5. Programación del monitoreo, control y automatización ..... 44**

**Algoritmo de adquisición de datos..... 44**

**Algoritmo de control y secuencias de salida ..... 45**

**Capítulo 6. Interfaz de usuario con el sistema ..... 50**

**Interfaz apoyada con equipos móviles..... 50**

**Resultados obtenidos ..... 56**

**Nueva implementación..... 57**

<b>Conclusiones .....</b>	<b>59</b>
<b>Comentarios adicionales .....</b>	<b>59</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>61</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo 1. Plano Esquemático CASA .....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo 2. Plano electrónico del módulo de monitoreo por Bluetooth ....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo 4. Hoja de especificaciones Bluetooth .....</b>	<b>67</b>
<b>Anexo 5. Hoja de especificaciones sensor de Temperatura LM35 .....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 6. Hoja de especificaciones sensor CO2.....</b>	<b>70</b>
<b>Anexo 7 Hoja de especificaciones sensor AMT 1001 .....</b>	<b>71</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Necesidades del cliente.....	22
Tabla 2. Jerarquización de los requerimientos.....	23
Tabla 3. Diversas propuestas para resolver problemáticas de diseño.....	29
Tabla 4. Rangos de algunas variables de confort.....	32
Tabla 5. Propiedades de los sensores elegidos para el sistema.....	33
Tabla 6. Características Arduino NANO.....	34
Tabla 7. Diagrama de tiempos módulo de monitoreo.....	39
Tabla 8. División de la cadena de mensaje.....	42
Tabla 9. Comandos Bluetooth alternos.....	43

## Índice de Figuras

Figura 1. Plano General CASA UNAM.....	11
Figura 2. Metodología de French (1985).....	19
Figura 3. Árbol de objetivos.....	24
Figura 4. Diagrama de funciones general sistema de control y automatización CASA UNAM.....	25
Figura 5. Diagrama de funciones del área de confort.....	26
Figura 6. Diagrama de funciones del área de iluminación.....	27
Figura 7. Diagrama de funciones del área hidráulica.....	27
Figura 8. Etapa de alimentación.....	35
Figura 9. Etapa de regulación.....	35
Figura 10. Diagrama de bloques sistema de monitoreo.....	36
Figura 11. Diagrama de flujo módulo de monitoreo.....	38
Figura 12. Interacción usuario-máquina.....	40
Figura 13 Diagrama de flujo de tareas.....	41
Figura 14. Entradas y salidas asociadas.....	45
Figura 15. Captura de pantalla App CASA.....	53
Figura 16. Ventana de Control "Indom".....	54
Figura 17. Nuevo Sistema de gestión domótico.....	57

### Introducción

Han pasado dos años y medio desde que en el verano del 2012 un grupo de alumnos pertenecientes a la Facultad de Arquitectura, encabezados por el arquitecto Santiago Mota, ganaron un lugar para entrar a un concurso único en un su tipo: El SDE (*Solar Decathlon Europe* por sus siglas en inglés) que convoca a estudiantes y profesores de diversas universidades para el desarrollo de “casa sustentables” que posteriormente competirán en 10 diferentes categorías y serán exhibidas en un lugar conocido como “Villa Solar”.

En aquel entonces nadie sabía exactamente como sería el diseño final, no había idea de los sistemas que se debían integrar ni siquiera había un logo oficial ni fundamento alguno para conseguir patrocinadores, no había el suficiente personal ni asesores que ayudasen a concretar ideas.

Teniendo el tiempo limitado, aquellos primerizos alumnos empezaron a buscar ayuda en los diversos institutos y escuelas pertenecientes a la Universidad levantando la mano la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Ciencias Políticas y la Escuela Nacional de Trabajo Social de cuyas aulas saldrían los integrantes del creciente equipo México.

Una vez teniendo a la gente indicada en el lugar indicado se buscó una razón, un motivo por el cual el proyecto no se quedase estancado en solo un concurso sino que en verdad ayude a resolver una problemática de la sociedad mexicana. Particularmente se eligió las condiciones de vida de Iztapalapa, una de las 16 delegaciones que forman parte de la Ciudad de México. Las razones principales por las que esta zona fue considerada caso de estudio son la sobrepoblación, la falta de abastecimiento de agua, problemas de transporte, entre otras razones.

Tras varios meses de largas juntas, exhaustivas presentaciones, tediosas discusiones y cambios de última hora fue presentado ante los medios de comunicación

y directivos de la Universidad, el día 30 de enero del 2014 en el Museo Universitario de Ciencias y Arte (MUCA), el proyecto conocido como CASA UNAM. A partir de ese momento y durante los siguientes seis meses se aprovechó el espacio designado para evaluar varios aspectos de la construcción de prototipo: desde la organización de los cuadrillas de trabajo hasta el embalaje de todo el proyecto.

Finalmente el 13 de junio del mismo año, el equipo partió hacia la ciudad de Versalles en donde permaneció durante más de cinco semanas en las etapas de montaje, competición y demostración obteniendo tres grandes premios: tercer lugar en sustentabilidad, segundo lugar en urbanismo y el primer lugar en ingeniería y construcción.

Pero después de tantas presentaciones y eventos sociales la gente se pregunta ¿Cuál fue el trabajo que los llevo a ir tan lejos? ¿Por qué tal motivación? y sobre todo ¿En qué beneficia a la sociedad el desarrollo de este tipo de actividades? Cada una de estas preguntas y otras más serán contestadas en las siguientes cuartillas en donde se expone de forma particular el trabajo realizado por parte del equipo de “control y automatización” enfocado en la autorregulación de actividades dentro de las paredes

Adicionalmente se puntualizaran los principales conceptos de la domótica enfocado a espacios habitables, se describirá la solución ofrecida por parte del equipo para el SD y la continuación de forma independiente del desarrollo de una nueva propuesta comercial sobre la implementación de un sistema demótico de bajo costo considerando algunas propiedades del concepto de sustentabilidad y ecología.

## Capítulo 1. ¿Qué es CASA UNAM?

CASA UNAM es un sistema constructivo basado en el montaje de módulos ligeros, funcionales y habitables que son capaces de adaptarse a espacios ubicados dentro de construcciones ya existentes como por ejemplo las azoteas de domicilios y edificios siendo áreas comúnmente desaprovechadas de manera parcial o totalmente por los habitantes de la zona. El Project Manual creado por el equipo México (2014) contiene toda la historia que involucra a tan singular idea.

De las múltiples ideas que se tenían planeadas para llevar a cabo el proyecto se eligió una en particular siendo la propuesta presentada por el equipo México para el *Solar Decathlon Europe 2014* cuyas características se describen de manera resumida en la figura 1:

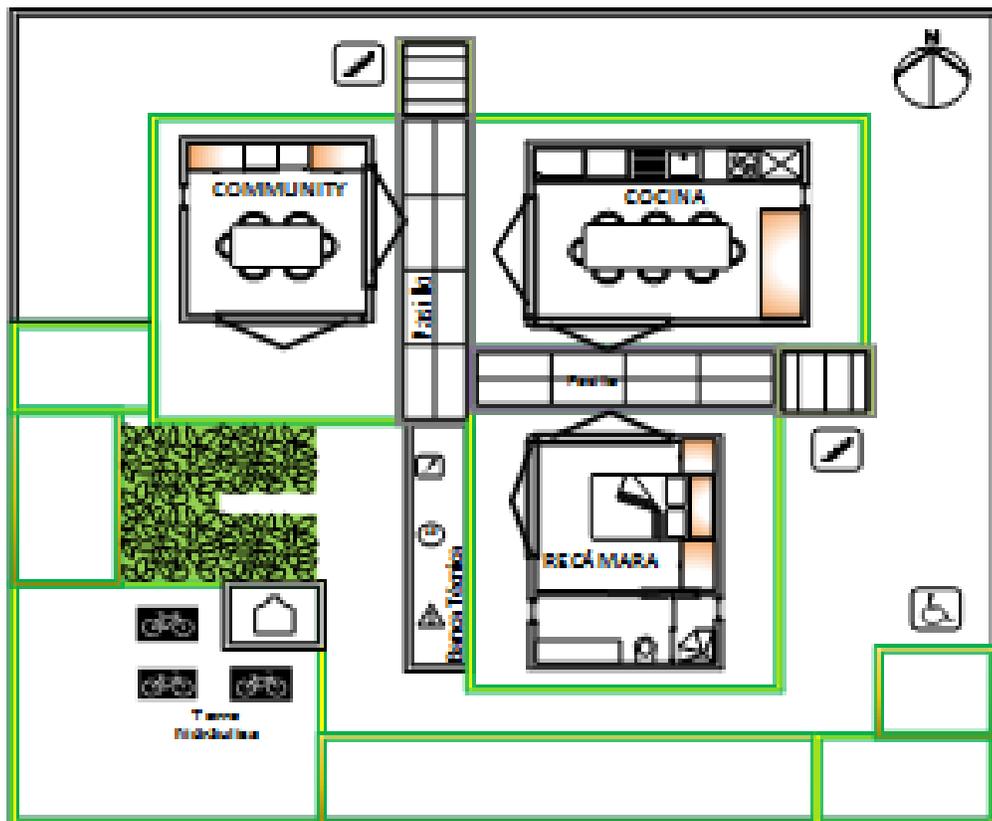


Figura 1. Plano General CASA UNAM

Arquitectónicamente CASA cuenta con cinco grandes áreas que brindan un espacio digno y confortable para la convivencia de una familia de cuatro integrantes siendo descritas a continuación:

- *Módulos:* Se trata de tres zonas distribuidas en el espacio confinado, destinadas a los residentes para que puedan realizar sus actividades diarias. Cada uno de los módulos cuenta con el mobiliario, luminaria y controles apropiados según las tareas para las que fueron diseñados.
- *Accesos:* Tomando en cuenta las diversas capacidades motrices que pudiesen tener los futuros inquilinos se tomaron en cuenta dos formas para ingresar a los habitáculos: A través de escalones o haciendo uso de una rampa distribuida alrededor del inmueble. .
- *Banca Técnica:* Un sitio localizadas en medio de los módulos que contiene a los equipos de control eléctrico e hidráulico que hacen posible la realización de las diversas tareas dentro del hogar. Este espacio está dividido en primera instancia por la banca eléctrica que cuenta las protecciones eléctricas y de control. A continuación se encuentra la banca hidráulica la cual cuenta con dos separaciones: una para el calentador eléctrico de respaldo y otra para la cisterna de aguas negras, la cual forma parte del sistema de saneamiento propuesto.
- *Torre hidráulica:* Una zona ubicada cerca de la banca técnica, la cual tiene como función principal contener gran parte del sistema hidráulico que proporciona agua caliente y fría a los tres módulos habitables.
- *Áreas verdes:* Forman parte del sistema de humedales donde el agua usada en las tareas dentro del hogar y que es reciclada sirva para la irrigación de plantas de cultivo.

Ingenierilmente CASA cuenta con 5 grandes áreas que dan soporte a todas las tareas que se realicen dentro de los habitáculos. Estas áreas son:

- *Civil:* Estructuralmente hablando, CASA tiene una base en forma tetraedral conocida como “tridilosa” formada por barras de acero galvanizado la cual brinda una superficie de construcción sólida, ligera y modular, siendo capaz de soportar hasta 200 [Kg] por metro cuadrado (éste dato está en función del material ocupado). Los postes con los que cuenta la base en la parte inferior son conocidos como buzones que ayudan a estabilizar y a dar altura a la base de tridilosa.
- *Térmica:* Existen dos vías que permiten tener un cierto nivel de confort: El sistema pasivo que lo conforman las mismas paredes de los habitáculos. Éstos están formados por una estructura metálica cuya función es la de sostener los paneles de yeso y madera, así como los techos denominados “galletas”. El interior de los muros se encuentra relleno de un material llamado “Rolan” cuya función es de ser un aislante termoacústico, es decir mantienen la temperatura cercana a ellas así como absorbe las vibraciones acústicas en el ambiente. Las puertas desplegadas permiten una mayor entrada de aire al ser abiertas en su totalidad y mantienen la temperatura dentro de los habitáculos al permanecer completamente cerradas.
- *Eléctrica:* Una red de 110V (alimentación en México) acondicionada para la protección de cargas que van desde laptops, un lavatrastos, una estufa de inducción, un horno eléctrico, un calentador eléctrico de respaldo, una lavadora, además de tener un sistema de entretenimiento que consiste en un proyector, un amplificador de audio y un reproductor Blu-Ray así como una red Wi-Fi y una luminaria LED para cada área de la residencia.
- *Fotovoltaica:* Dos redes con aproximadamente 34 paneles fotovoltaicos que están distribuidas sobre los techos que forman parte de los tres módulos capaces

de generar hasta 5kW/h. El sistema incluye un inversor con capacidad de conectarse a la red eléctrica de la zona en la cual se instale e incluye sus respectivas protecciones.

- *Hidráulica:* Quizá uno de los sistemas más complejos con los que cuenta el proyecto, la propuesta se divide en tres áreas: el sistema de almacenamiento de agua, la torre hidráulica y la planta de saneamiento. El sistema de almacenamiento recibe el agua que llega del registro proveniente de la zona donde se instale y también acumula el agua captada por las lonas pluviales

El agua que sale de dicha zona está conectada a las bombas mecánicas que aparecen a los alrededores de la torre hidráulica. Estas bombas son impulsadas por las ruedas de las bicicletas que se conecten al mecanismo de impulsión. Los calentadores solares cuentan con un sensor de temperatura que al detectar un valor 3°C más arriba que el agua fría activan una válvula eléctrica que manda el flujo y la orden de activación al calentador eléctrico de respaldo.

- *Control e Instrumentación:* Esta área es la razón por la cual se desarrolla el presente trabajo. CASA cuenta con diversos sistemas que ayudan a resolver varias actividades dentro de sus espacios, pero dichas acciones no se pueden cumplir si no se tiene un procedimiento confiable, capaz y eficiente de controlar los diversos equipos que resuelvan esas tareas.

Para el *Solar Decathlon Europe 2014*, el equipo de Control presentó un concepto de automatización que consiste en dos partes: un equipo llamado "CLIPSAL" patrocinado por la empresa Schneider Electric que consiste en un conjunto de dispositivos entre periféricos de entrada y salida conectados por un protocolo de comunicación que ayudan a gestionar el encendido y apagado de varias unidades como pueden ser luminarias, equipo de sonido, los ERV y equipos de encendido *On/Off*.

### Identificación del problema

Al describir de manera particular las diversas áreas operativas presentes en CASA UNAM se han encontrado diversos puntos en los cuales debe de intervenir algún dispositivo o equipo que ayude a realizar las tareas encomendadas por los servicios instalados dentro del sistema constructivo.

Son cuatro los sectores que se tomarán como caso de estudio para determinar las distintas soluciones que resuelvan las problemáticas encontradas. Adicionalmente, se incluirá un quinto sector que en las primeras sesiones del proyecto se manejó superficialmente pero no fue contemplado en el diseño final, sin embargo tiene una gran relevancia entre las familias de la Ciudad de México.

Las áreas tomadas en cuenta para este trabajo de investigación son las siguientes:

- **Iluminación:** Se necesita un sistema de luminarias que entre en servicio cuando las condiciones ambientales no permitan un espacio de trabajo agradable. Dependiendo de la ocasión, el sistema de iluminación deberá apagarse automáticamente así como trabajar bajo distintos escenarios inclusive que sirvan para indicar alguna advertencia o mensajes de ayuda.
- **Confort:** No existe algún sistema pasivo contemplado en el diseño que haga circular el aire del interior al exterior y viceversa ni tampoco alguno que sea capaz de calentar o enfriar los habitáculos. Por todo lo anterior se propuso un aparato conocido como ventilador de recuperación de energía (ERV por sus siglas en inglés) que permita solventar dicha problemática. Sin embargo, para que dicho equipo funcione de manera automatizada es necesario contar con un sistema de instrumentación que mide las condiciones y calidad del aire dentro del inmueble. Como complemento se puede contemplar la automatización de los textiles que envuelven los exteriores de cada módulo como soporte a este punto.

- *Hidráulica:* Cada tinaco o cisterna debe de contener un dispositivo que indique el nivel de agua así como una válvula que permita o cancele la circulación de agua en las tuberías. Si las condiciones climáticas no permiten que los calentadores térmicos lleven a una temperatura mayor del que se encuentra el agua contenida en los tinacos es necesario activar el calentador eléctrico de respaldo para cumplir con dicha tarea. Adicionalmente, debe de existir una serie de dispositivos que controle el flujo de agua que va del tanque de saneamiento a los humedales para tareas de irrigación.
- *Entretención:* La propuesta no presenta una unificación clara entre sus componentes por lo que se debe considerar elementos y/o interfaces que interactúen de mejor forma con el usuario.
- *Seguridad:* Una de las grandes prioridades entre las familias mexicanas es el bienestar de sus integrantes, un hogar debe de ser un lugar seguro en todos los aspectos, desde un gran refugio contra las inclemencias del clima hasta una señal de ayuda sobre alguna emergencia. El proyecto original solo contempla salidas de emergencia pero no existe un protocolo de acción en caso de algún siniestro en específico. Tampoco existen muchas alternativas para las personas discapacitadas en caso de presentarse un siniestro por lo que a lo largo de los siguientes capítulos se propondrán soluciones tomando en cuenta los principios de la domótica.

## Objetivos

Dado las problemáticas de gestión de equipos y recursos contemplados para el proyecto CASA UNAM el presente trabajo tiene como principal objetivo:

*“Generar un sistema de control de acciones tipo domótico que permita ayudar al usuario a realizar sus tareas cotidianas dentro de un espacio habitable de carácter sustentable.”*

Para dar soporte a la investigación se tienen contemplados los siguientes objetivos específicos:

*“Usar una metodología de diseño que ayude a plantear de manera eficiente la solución del problema.”*

*“Fabricar un prototipo funcional del resultado generado al usar dicha metodología de diseño.”*

## Capítulo 2: Descripción de la metodología de diseño

Durante los cinco años que cubre el plan de estudios de la carrera de ingeniería mecatrónica se ha mencionado infinidad de veces la palabra “diseño”, sin embargo, no se detiene a señalar su verdadero significado aplicado a esta disciplina de formación profesional.

Varios autores manejan el término como un plan, otros una estrategia, una teoría e inclusive como una ciencia que ayuda a resolver un problema. Una de las definiciones puntualizas sobre lo que es el diseño es la mencionada por Budynas y Nisbett:

*“Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema en particular”.*

Así como existen diversas definiciones sobre lo que es el diseño, también existen diferentes metodologías, particularmente se cita la frase de Amalio A. Rey (2006) sobre su percepción:

*“La metodología era lo que faltaba para pasar del Diseño al Pensamiento del Diseño, de oficio técnico a metodología para innovar.”*

En un plano más concreto, una metodología es un procedimiento o forma de diseñar, como la propuesta por Genrich Altshuller conocida como “la Teoría para Resolver Problemas de Inventiva (TRIZ por sus siglas en ruso) cuya principal característica es la de analizar en diversos niveles las propiedades del problema antes de buscarle una solución, TRIZ tiene una serie de herramientas para poder ayudar al diseñador a encontrar una respuesta basada en una lista de principios de solución para el caso presentado.

De forma particular se hablará de los trabajos realizados por Michael French (1992) en los cuales describe una de las formas más frecuentes de diseñar basándose en 8 pasos los cuales a su vez se agrupan en 4 etapas como lo expone Jorge Ángeles (2012) y se visualizan ambas ideas en la figura 2:

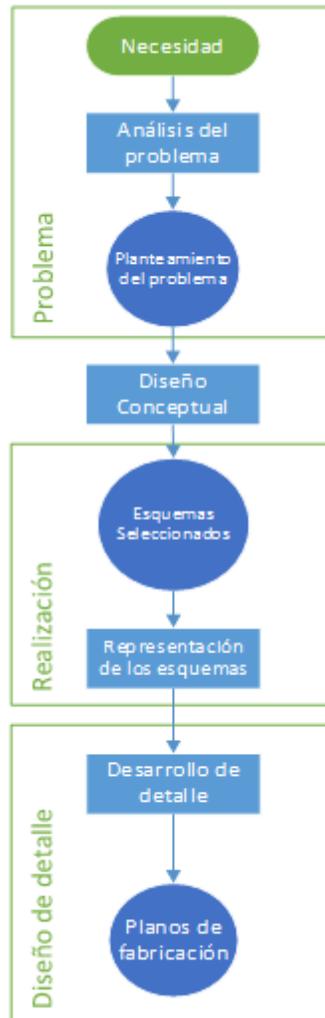


Figura 2. Metodología de French (1985)

Dicho lo anterior, las cuatro etapas de la metodología de French se enlistan a continuación:

1. *Análisis del problema:* El paso más importante para encontrar la solución a un problema es su propio planteamiento, de aquí aparecen las preguntas ¿Qué es lo que se presenta?, ¿Cómo se presenta?, ¿Porque se presenta? Y ¿Para qué resolverlo? Todo lo anterior sirve para identificar las necesidades del cliente e interpretar los requerimientos con el fin de encontrar las funciones y subfunciones que se requieran cubrir.
2. *Diseño conceptual:* Con las acciones determinadas en la etapa anterior se generan diversas ideas generadas a partir de las combinaciones de las diferentes formas de realizar las funciones descritas. Es en este punto donde se puede hacer uso de alguna otra metodología para ayudar a resolver alguna contrariedad entre los sistemas.
3. *Realización:* Una vez obtenidas las múltiples variantes se empiezan a dibujar esquemas o bocetos de su posible forma, operación y su posible implementación. Inclusive se recomienda que se elaboren prototipos funcionales para estudiar su posible comportamiento o simplemente se observe la ejecución de alguna función.
4. *Diseño de detalle:* Finalmente si el nuevo producto diseñado realiza las tareas requeridas se prosigue a elaborar o seleccionar piezas que requieran una fabricación más detallada, elaborar planos de fabricación, de ensamble e inclusive de funcionamiento así como posibles manuales de operación y mantenimiento.

Para mantener un orden del proceso seguido desde las necesidades del cliente hasta la realización de planos se debe de generar una memoria de diseño con el

propósito de justificar todo el proceso seguido para la obtención de la solución obtenida.

Complementando las ideas anteriores, existen algunas herramientas para poder definir de mejor manera la etapa de “*diseño conceptual*”. La primera parte es definir las necesidades del cliente, las cuales deben de ser interpretadas por el diseñador de tal forma que se generen enunciados que den pauta a los requerimientos de la solución

Tomando en cuenta los puntos descritos en el capítulo correspondiente al “*Planteamiento del problema*” se prosigue a la interpretación de las necesidades como se muestra en la tabla 1:

<b>Cliente: CASA UNAM</b>		
<b>Domicilio: Estudio MUCA, Facultad de Arquitectura, UNAM</b>		
<b>Teléfonos: 5585726408</b>		
<b>Fecha: 7 Enero del 2014</b>		
<b>Tipo de usuario: Familia (4 integrantes, 2 adultos y 2 niños)</b>		
	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
<b>Aplicaciones</b>	La luz del sol no es la suficiente para tener buenas condiciones de trabajo.	La casa se ilumina en condiciones de poca visibilidad.
	El Sol es la única fuente de energía permisible (Además de la obtenida por la toma eléctrica de la red externa)	La casa usa equipos exclusivamente eléctricos
	El clima afecta las condiciones de temperatura dentro de los habitáculos.	La casa se calienta o se enfría dependiendo de las condiciones del clima.
	Hay ocasiones en las cuales los electrodomésticos se quedan	La casa activa o desactiva las alimentaciones de los electrodomésticos.

	encendidos y no hay alguien cerca quien lo apague.	
	Hay veces cuando algunos se requiera usar agua fría o agua caliente, sin embargo ambas condiciones se deben mantener siempre	La casa abastece de agua caliente o fría a los servicios que lo requieran.
	Es tedioso extender y contraer manualmente los textiles exteriores.	La casa controla el funcionamiento de los textiles
	Las plantas ubicadas en los alrededores dependen del agua para sobrevivir y el usuario no tiene tiempo para regarlas	La casa distribuye el agua tratada a las áreas verdes cuando se requiera.
<b>Sugerencias</b>	Puede que en algún momento el inmueble sea habitado por personas con capacidades diferentes	Los equipos montados responden a cualquier tipo de usuario.
	Activar de manera simultánea varios sistemas dependiendo de la ocasión	La casa genera escenarios según las condiciones del cliente.
	Tener un equipo de audio y video para ser colocado en un espacio diseñado para reunir a la familia para ver alguna película o simplemente escuchar música.	La casa provee de contenido multimedia al habitáculo correspondiente.
	Alguna señal de alarma sería fantástica si se presenta alguna emergencia	La casa emite algún tipo de señal de auxilio en caso de presentarse un problema.

Tabla 1. Necesidades del cliente.

Una vez obtenidas las necesidades solicitadas por el cliente, estas serán organizadas de forma jerárquica tomando en cuenta la prioridad que tiene. Para obtener un mejor análisis se puede aplicar ponderaciones a cada enunciado como aparecen en la tabla 2:

<b>Jerarquización de los requerimientos del proyecto</b>			
<b>Requerimientos</b>			<b>Importancia</b>
<b>Funcionalidad</b>	Automatización de sistemas.	Enrollamiento de textiles.	10
		Riego de áreas verdes.	9
		Energización de electrodomésticos.	3
		Sistema de alerta.	8
	Control de sistemas.	Confort de temperatura.	1
		Buena luminosidad de interiores.	2
		Control de temperatura de agua para servicios.	4
	Entretenimiento	Soporte multimedia.	6
		Generación de escenarios.	7
	<b>Extras</b>	Instalaciones pensadas para todo tipo de usuario.	

Tabla 2. Jerarquización de los requerimientos

Posteriormente sigue la “clarificación de los objetivos”, donde se definen las intenciones que el diseño de la solución debe de cumplir. Durante todo el proceso de trabajo las metas pueden ir variando sin embargo es necesario plantear una base para encontrar soluciones. Los objetivos pueden expresarse en un esquema que contenga ramificaciones. Las ramificaciones de los objetivos responderán a la pregunta ¿Cómo cumplirla? o ¿Por qué cumplirla?, como se muestra en la figura 3:

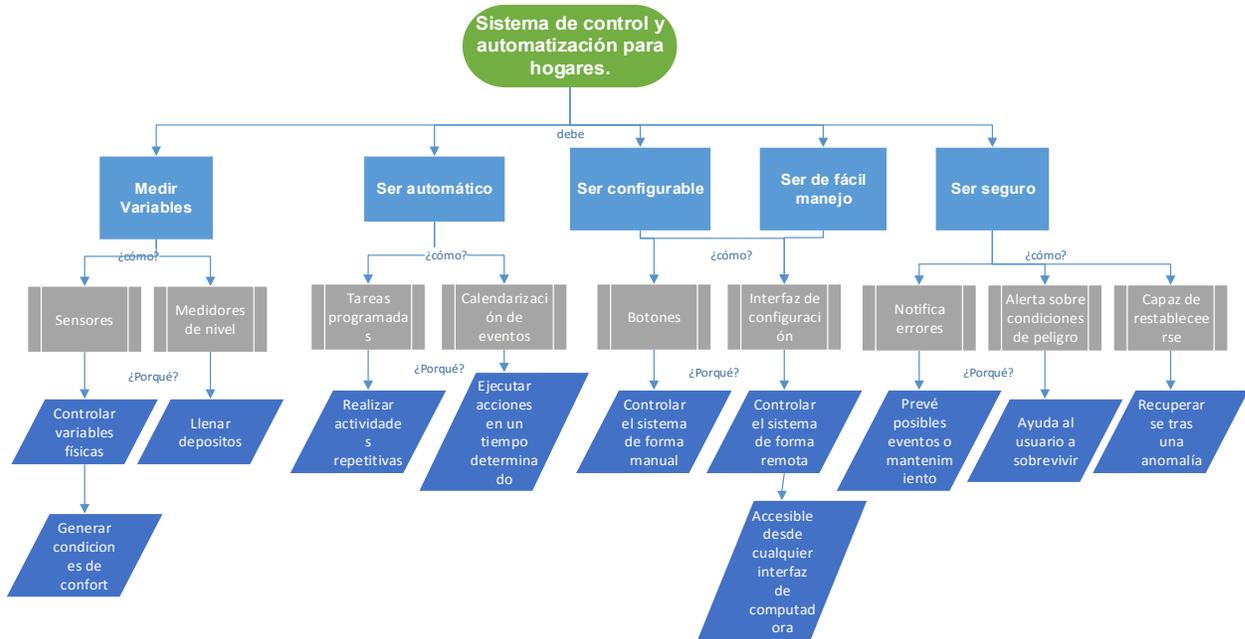


Figura 3. Árbol de objetivos

Los objetivos se representan como acciones y las acciones dan lugar a funciones que se pueden definir como las metas que debe realizar para lograr cumplir dichas tareas.

El diagrama de funciones es una herramienta de diseño que permite tomar en cuenta todas las obligaciones consideradas para resolver la problemática. En la figura 4 se pueden analizar de izquierda a derecha, las entradas que son necesarias para iniciar el proceso de solución, posteriormente las entradas son relacionadas con las acciones que requieran la puesta en marcha del proceso y finalmente se ubican las salidas que son el resultado el proceso de solución.

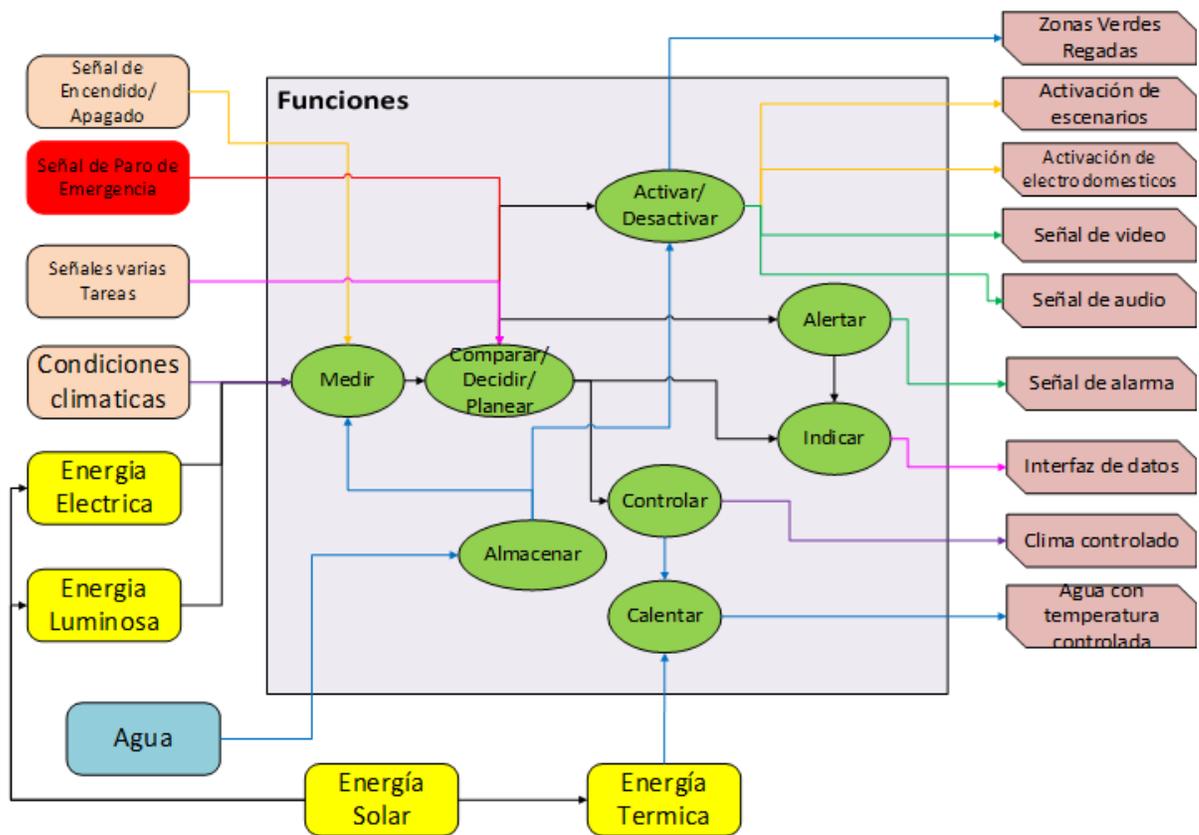


Figura 4. Diagrama de funciones general sistema de control y automatización CASA UNAM

También se pueden desarrollar diagramas de funciones para cada tarea analizando de una forma más particular cada proceso. Los siguientes esquemas describen de forma más particular el funcionamiento de tres sistemas que son parte importante del área de control y automatización.

En primer lugar, la figura 5 explica el comportamiento del sistema de climatización activo dentro de los habitáculos. De derecha a izquierda aparecen las señales de entrada que son dadas por sensores o elementos que son imprescindibles para que el sistema de funcionamiento empiece en operación.

El proceso por el que se debe de pasar para obtener el clima deseado incluye el sensado del ambiente tomando en cuenta los principios de la domótica, posteriormente los datos se analizan para que un dispositivo tome la decisión de ejecutar una acción dependiendo de las condiciones iniciales. Finalmente se presentan tres posibles tareas que van desde mostrar las actividades realizadas al usuario hasta la capacidad de activar o desactivar elementos para lograr el ambiente deseado. Por supuesto que el resultado está limitado a los actuadores y al consumo energético.

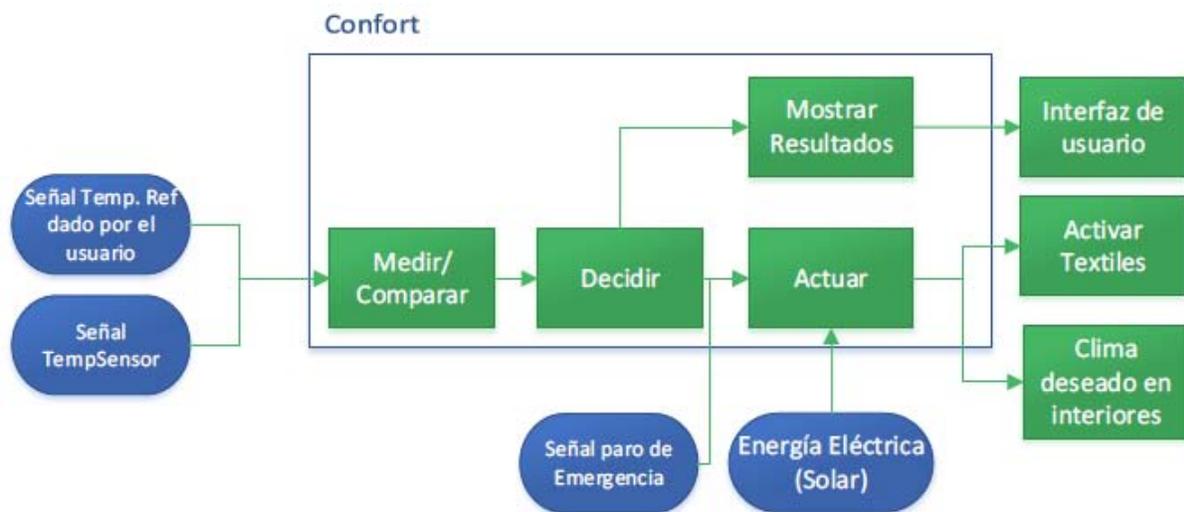


Figura 5. Diagrama de funciones del área de confort

La figura 6 muestra ahora el sistema de iluminación activo de CASA, la particularidad de este esquema es la cantidad de entradas que condicionan la activación de las luminarias, estas van desde interruptores manuales, sensores de presencia e iluminación hasta actividades programadas e interfaces inalámbricas. Algunas de las entradas forman parte de algunas acciones, otras se usan para aplicar condiciones de inicio y otras aparecen hasta la puesta en marcha del sistema. Las luminarias forman parte importante de los llamados “escenarios” que son condiciones variables que se le pueden aplicar al entorno para alguna particularidad.

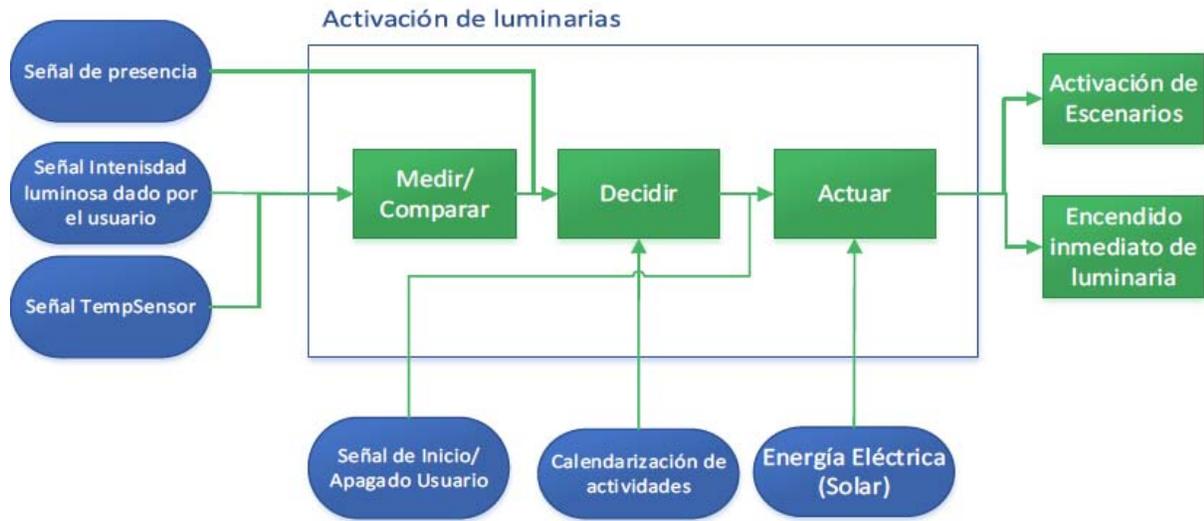


Figura 6. Diagrama de funciones del área de iluminación

La figura 7 hace referencia al funcionamiento del sistema de agua potable presente en cada módulo de CASA UNAM. La parte correspondiente a la colección y manejo de aguas residuales no se engloba en el dibujo debido a que es tratado como un sistema independiente a pesar de usar agua como sustancia de trabajo.

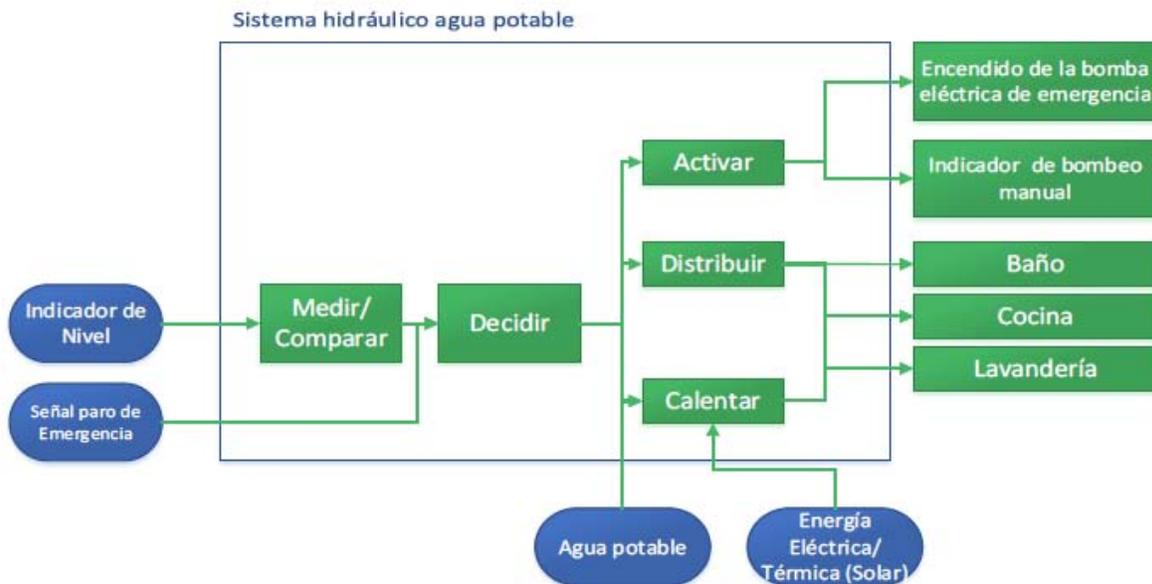
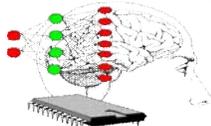


Figura 7. Diagrama de funciones del área hidráulica

## DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM

De nueva cuenta las entradas constan de señales para toma de decisiones como son los indicadores de nivel, el fluido de trabajo que es el agua potable y la energía para iniciar el proceso, en este punto intervienen dos fuentes de alimentación provenientes del sol (energía eléctrica y térmica). Las funciones involucradas tienen varias salidas asociadas como es el caso de la distribución que tiene que llevar el líquido necesario cuando el usuario la requiera.

La última herramienta que se ocupará para la etapa de diseño conceptual es la denominada “árbol de clasificación de conceptos”. Esta utilidad toma como base las funciones obtenidas en el punto anterior y se colocan en una tabla la cual contendrá las posibles soluciones o formas de realizar la acción definida. Las soluciones pueden ser representadas con símbolos o pequeños esquemas que ayudan a identificar con mayor claridad el recurso pensado. La finalidad de obtener esta tabla es la de combinar propuestas para obtener una gran cantidad de posibles implementaciones para lograr cumplir con los objetivos planteados. La tabla 3 muestra de manera muy resumida algunas ideas planteadas para la selección de soluciones paletadas en el proyecto CASA:

<b>Propuestas de Diseño</b>				
<b>Función</b>	<b>Propuesta 1</b>	<b>Propuesta 2</b>	<b>Propuesta 3</b>	<b>Propuesta 4</b>
<b>MEDIR (Variable físicas)</b>	Sensor salida Analógico. 	Sensor salida digital	Transductor con etapa de acondicionamiento	
<b>MEDIR (Nivel de un fluido)</b>		Regla graduada	Indicador de Nivel.	
<b>CONTROLAR</b>	Programación de rutinas	Por tiempos. 	Calendarización de actividades dada por el usuario 	Programas Basados en Algoritmos 

## DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM

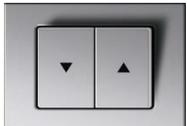
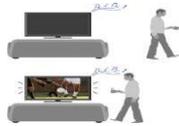
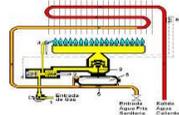
<b>MOSTRAR (Notificaciones)</b>	Encendido LED's 	Interfaz de usuario Web 	Interfaz de Usuario (App). 	Pantalla de Notificaciones 
<b>ACTIVAR (Equipos eléctricos y dispositivos)</b>	Interruptor Manual 	Señal Inalámbrica 	Sensores de presencia 	
<b>ALERTAR (Eventos)</b>	Señal acústica	Señal luminosa	Mensaje en interfaz	
<b>CALENTAR (agua)</b>	Calentador Eléctrico (Resistencia eléctrica) 	Calentador Térmico (Energía Solar) 	Calentador basado en combustible en 	
<b>DESPLEGAR Contenido multimedia</b>	TV + PC + Media Center		Home Theater	
	descodificador de señales			

Tabla 3. Diversas propuestas para resolver problemáticas de diseño

A partir de lo anterior, la solución dada por el equipo en cuestión de servicios considera los siguientes puntos:

- Obtención de energía eléctrica y de energía térmica a partir del Sol y conexión automática a la toma de energía dispuesta por la compañía de electricidad en caso de emergencia.
- Generación de agua caliente a través de paneles térmicos y en caso de ser necesario la activación del calentador eléctrico de respaldo.

## DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM

- Control de Clima basado en Ventiladores de Recuperación de Energía (ERV) evitando incluir sistema de calefacción y aire acondicionado.
- Llenado de la torre hidráulica a partir de bombas mecánicas impulsadas por bicicleta y en caso de agotarse en agua dentro de los cuatro tinacos se activará una bomba eléctrica de respaldo.
- Electrodomésticos cuya fuente de energía es meramente eléctrica (Estufa de inducción, horno eléctrico, refrigerador, lavadora, secadora eléctrica, bomba eléctrica de respaldo más equipos de medición, control y entretenimiento).
- Una distribución de luminarias ahorradoras de energía (Basadas en tecnología LED y focos incandescentes) en cada habitáculo, así como en exteriores.
- Sistema de entretenimiento basado en un proyector y reproductor Blu-Ray (Mejora significativa dada durante los siguientes capítulos).
- Riego al sistema de humedades usando el agua tratada de la planta de saneamiento de forma controlada.

### Capítulo 3. Diseño de la microcomputadora

El propósito de contar con un sistema de monitoreo dentro de las instalaciones de CASA UNAM es para analizar y comprender como se comporta el entorno donde se desenvuelve el usuario para realizar las acciones pertinentes en pro de mejorar las condiciones de confort con los que cuenta la domótica. Las variables más utilizadas para determinar la situación dentro de un entorno de convivencia son: la temperatura del ambiente, la humedad y la concentración de  $CO_2$ . Adicionalmente se necesitan un sensor de temperatura para exterior y un sensor de humedad para el sistema de riego de CASA.

#### Descripción general

Dentro de una diversa gama de sensores se seleccionó un sensor por cada tarea que se necesitaba. Las señales son consideradas como de tipo estático ya que la variación entre los valores va siendo gradual conforme pasa el día, es decir, los cambios entre los datos son tan lentos que no necesitan de poderosos y veloces sistemas de instrumentación para seguir su ritmo de variación.

Para poder tener una referencia estándar sobre los rangos en los que tiene que operar un sistema de control con las características se tomó en cuenta la NOM-002-STPS-2010 “condiciones de seguridad y prevención contra incendios en los centros de trabajo” en su apartado “los factores recomendados para la selección de detectores” son:

1. Temperatura: Detectores de flama y humo hasta  $50^{\circ}C$ , en los detectores termostáticos la temperatura de disparo debe superar a la del ambiente entre  $10$  y  $30^{\circ}C$ .
2. Humedad: Los límites de humedad serán especificados por el fabricante. Un alto valor de humedad puede generar falsas alarmas.

3. El humo, polvo y aerosoles: Este tipo de partículas pueden provocar alarmas no deseadas en detectores de humo.
4. Como regla se recomienda un detector por cada 80[m<sup>2</sup>] de techo y una separación mínima de 9 [m] entre cada uno.

Ahora considerando los rangos de operación dados por la CEDOM para el manejo de ciertas variables físicas.

<b>Variable de confort</b>	<b>Rango de operaciones</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Temperatura</b>	En condiciones de ambiente cerrado, debe haber un rango de 17°C a 27°C en trabajos sedentarios y de 14° a 25°[C]	Si la temperatura de la piel es mayor a la temperatura radiante media, el cuerpo cede calor, en caso contrario el cuerpo recibe calor
<b>Humedad</b>	Humedad relativa entre los 30% a 70%, en caso de riesgo por electricidad el valor debe ser inferior a 50%	Cuando más humedad haya en el ambiente menor será la transpiración del cuerpo. Para medir este tipo de variables se recomienda considerar humedad relativa
<b>Velocidad del aire</b>	0.25 [m/s] en trabajos sedentarios y 0.35 [m/s] en otros casos	Aplica en el uso de aire acondicionado

Tabla 4. Rangos de algunas variables de confort

Los criterios de selección para elegir los sensores adecuados fueron: resolución, rango, señal de salida, etapa de acondicionamiento, tiempo de entrega y costo. Las características de los sensores se describen en la tabla 5:

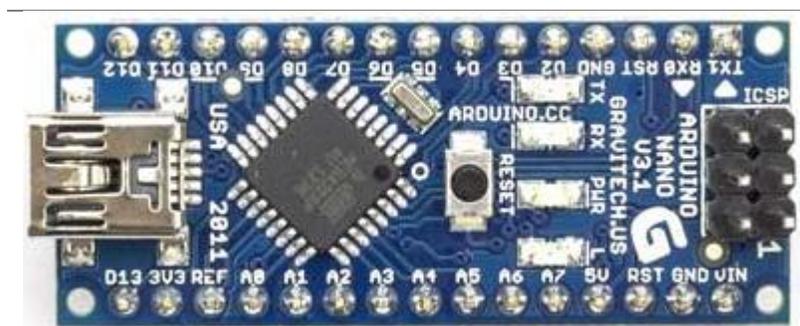
## DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM

Sensor	Cantidad	Alimentación	Salida	Descripción	Función
<b>Temperatura y humedad</b> <b>Mmt1001</b> 	1 x módulo	4-5.5 VDC.	Salida de 0.6 - 2.7 VDC.	Temperatura 0 a 50 °C. Humedad desde 20 hasta 90%RH. Precisión +/- 1%RH.	Medir temperatura y porcentaje del ambiente [%] para activar ERV o generar mensaje de alarma.
<b>Concentración de co2</b> <b>Mg811</b> 	1 x módulo	Voltaje de alimentación 6VDC. Disipa 1,2W.	Voltaje de salida desde 0 a 2V. Salida a relevar para alarma.	No necesita ninguna etapa de acondicionamiento o adicional. Rango desde 350 hasta 10,000 ppm. Salida basada en:	Medir concentración de CO2 usado con dos propósitos, activar ERV, alertar al usuario de un posible incendio. $y = 2 * 10^{-6} * x^2 - 0.0177 * x + 325.19$
<b>Humedad de tierra.</b> 	2 Exterior.	Entrada de 3.3 a 5 VDC.	Salida Analógica hasta 5 VDC Salida digital (Comparator LM393).	El sensor genera una señal analógica para ser usada en el sistema de monitoreo y también una salida digital para conectar directamente etapa de potencia.	Si $H_T \leq 30\%$ activar sistema de riego.
<b>Interruptores de nivel</b> 	1 x tinaco	Interrupor.	Cierra circuito.	Conexión directa a la motobomba.	Localizados en los interiores de los tinacos con el propósito de alertar el bajo nivel del agua en la torre.

Tabla 5. Propiedades de los sensores elegidos para el sistema

El siguiente paso a tomar en cuenta es el microcontrolador. Coloquialmente el microcontrolador es el cerebro de los módulos de monitoreo. Se define como un conjunto de circuitos electrónicos agrupados en un solo encapsulado limitado a tareas muy específicas. El encapsulado puede incluir la unidad de procesamiento, el reloj, entradas y salidas (sean digitales o analógicas), la memoria de acceso aleatorio, y la memoria de solo lectura.

Considerando el número de entradas y salidas de la microcomputadora, así como la forma en la que enviará datos a los demás dispositivos, se optó por usar una solución de *Atmel Corporation* y distribuida bajo el nombre de *Arduino Nano* cuyas características descritas en la tabla 6 lo hacen idóneo para la tarea que se desea realizar.



**Arduino nano**

<i>Requerimientos</i>	<i>Características</i>
4 Entradas analógicas	8 Entradas analógicas
2 Entradas digitales	14 Pines I/O
3 Salidas analógicas	6 Salidas con PWM
4 Salidas digitales	14 Pines I/O
1 Canal de envío de datos	Comunicación Serial RX-TX, SPI e I2C

Tabla 6. Características Arduino NANO

## DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM

Al concretar la cantidad de entradas y salidas del sistema, los tipos de I/O y la forma de comunicación entre los sistemas se prosigue ahora con la etapa de alimentación que consiste en distribuir los voltajes necesarios para cada uno de los dispositivos descritos anteriormente. En la figura 8 aparecen la etapa de conversión de voltaje y protecciones contracorrientes en caso de alguna variación en el sistema eléctrico. La corriente del transformador está en función de la suma de las corrientes de las cargas dentro de los módulos: 500mA para los módulos y puede aumentar hasta 1ª dependiendo de las cargas que se quieran usar.

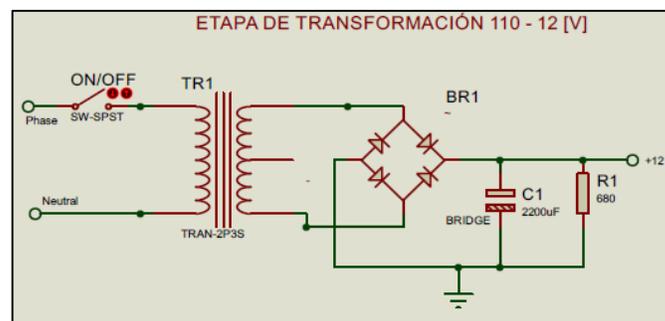


Figura 8. Etapa de alimentación

Posteriormente aparecen los elementos reguladores de voltaje. En la figura 9 se muestra el circuito que conforman al área de regulación: 5[V] para sensores, 5[V] para controlador y 12[V] para elementos de potencia.

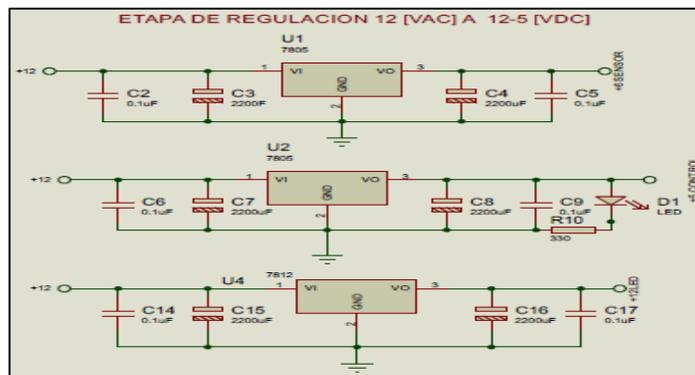


Figura 9. Etapa de regulación

La estructura entre los sistemas es de tipo descentralizado, es decir, cada lugar que sea el caso de estudio tendrá sistema de medición específico, sin embargo, se compartirán la información con el propósito de ejecutar acciones debidas para accionar los actuadores que tengan en común.

### Diagrama de bloques

El diagrama de bloques para los módulos de monitoreo se describe en la figura 10:

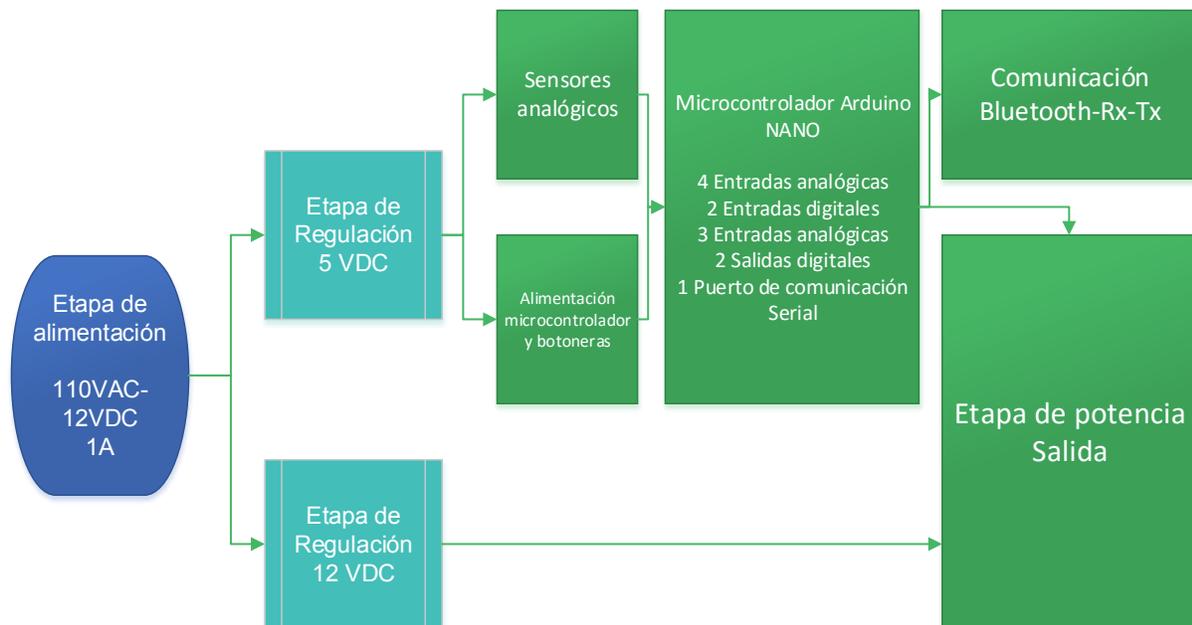


Figura 10. Diagrama de bloques sistema de monitoreo

De izquierda a derecha:

- **Etapa de alimentación:** Este paso es de gran importancia, sin ella simplemente no habría energía eléctrica en los circuitos. El transformador recibe un voltaje de 120 [V] AC y los transforma a 12 [V] AC con ayuda de un puente rectificador. En este punto aparecen las protecciones (fusible tipo europeo y un varistor para contrarrestar picos) y como filtro pasivo para la entrada de la siguiente etapa.

- *Etapa de regulación:* En esta zona el voltaje de salida del puente rectificador pasa por un circuito regulador que tiene una señal de alimentación de 5 o 12 [V] DC según sea el caso.
- *Etapa de Sensado:* Con sus respectivos voltajes de operación y etapas de acondicionamiento incluidos, los sensores están listos para tomar lecturas y enviar la señal capturada a los puertos correspondientes del microcontrolador.
- *Etapa de adquisición de datos:* La señal es adquirida por los convertidores AD. Los ADC del *Arduino* tienen una resolución de 10 bits, es decir, la señal captada se codifica en una palabra de 10 dígitos binarios o un valor máximo de 1023 en decimal.

## Diagrama de flujo

Todos los sistemas de monitoreo tienen la función exclusiva de leer señales analógicas y de enviarlos al respectivo maestro, para ello necesitan previamente esperar hasta 10 minutos para tomar la primera lectura correcta, esto es debido a que el sensor de CO2 necesita por lo menos esa cantidad de tiempo para empezar a tener valores aceptables. El muestreo realizado por el Arduino NANO ocurre cada minuto y a partir de ese tiempo empieza el envío de información.

La figura 11 describe paso por paso las operaciones que debe de hacer el módulo desde que se energiza por primera vez hasta la transmisión de las primeras cadenas información hacia su respectiva antena.

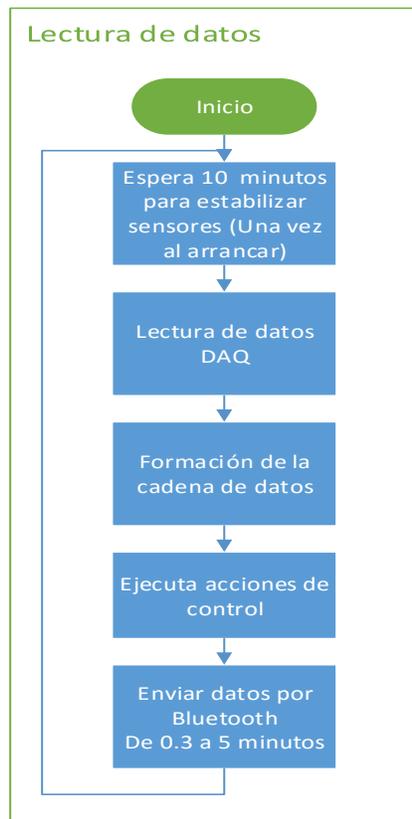


Figura 11. Diagrama de flujo módulo de monitoreo

*Diagrama de tiempo*

La tabla 7 muestra en una línea de tiempo los estados de activación y reposo del microcontrolador. De esta manera se observa lo que pasa cada minuto en los módulos de monitoreo:

**Diagrama de tiempos. Acciones de monitoreo**

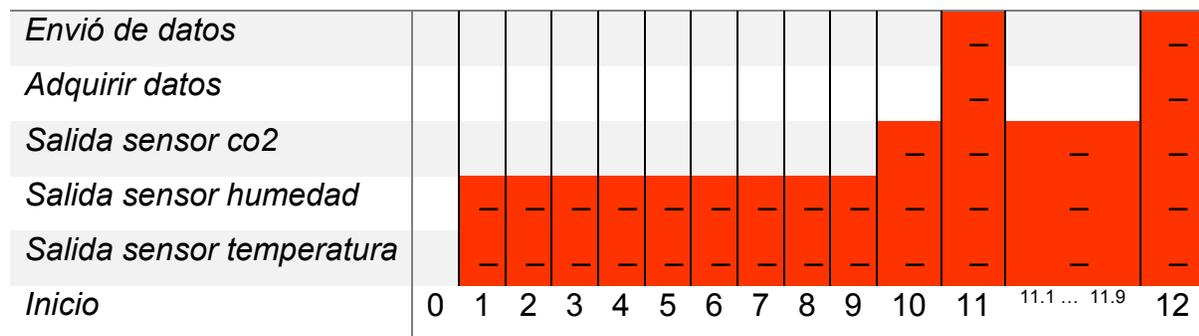


Tabla 7. Diagrama de tiempos módulo de monitoreo

**Sistema de interacción con el usuario**

El usuario es el verdadero centro de acción dentro del habitáculo, sin su intervención simplemente el sistema domótico implementado no tendría caso. Por ello los siguientes puntos tratan los momentos más importantes en los cuales el usuario funge como pieza fundamental en la ejecución de tareas dentro de CASA.

*Diagrama de bloques*

El esquema en la figura 12 mantiene en el centro de operaciones al usuario. Con ayuda de las interfaces del sistema domótico el usuario puede operar los dispositivos a su antojo. La red de los módulos de monitoreo contiene una interfaz desarrollado para dispositivos móviles que permite desde mostrar los valores captados por los sensores hasta la capacidad de cambiar los datos de puntos de ajuste.

## DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM

Los sensores permiten tener un control automático mientras el usuario está presente o no en la vivienda. El calendario también ayuda a ejecutar acciones al llegar una fecha específica y sobre todo dar soporte al sistema de seguridad desconectando dispositivos o generando escenarios para simular actividad en la casa.

Finalmente los interruptores manuales ayudan a ejecutar las tareas en caso de que falle la comunicación inalámbrica, con esto se logra que cualquier persona pueda interactuar con la casa sin tener que recurrir a una pantalla.

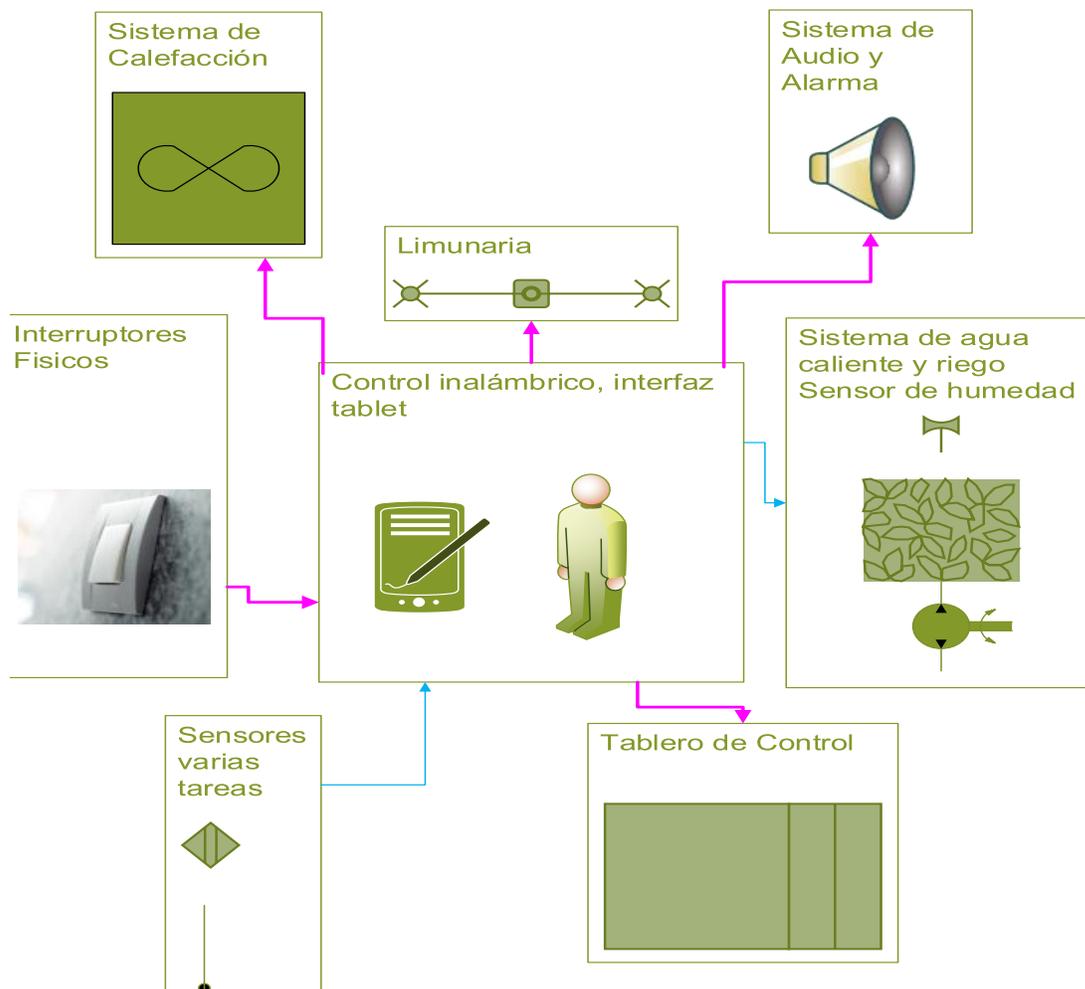


Figura 12. Interacción usuario-máquina

*Diagrama de flujo*

La figura 13 describe la ejecución de tareas en torno al usuario. La gran variable de decisión es la existencia de personas a los alrededores de las habitaciones. Si el usuario se encuentra presente dentro del inmueble, los interruptores manuales y remotos tendrán prioridad sobre los sensores. Las tareas asignadas a etapas de control seguirán su rutina según la programación otorgada. En caso de que nadie se encuentre a los alrededores solo se ejecutarán las tareas que se tengan prioridad como el encendido de luminarias exteriores a cierta hora del día, la simulación de actividades dentro del hogar o la activación del sistema de riego.

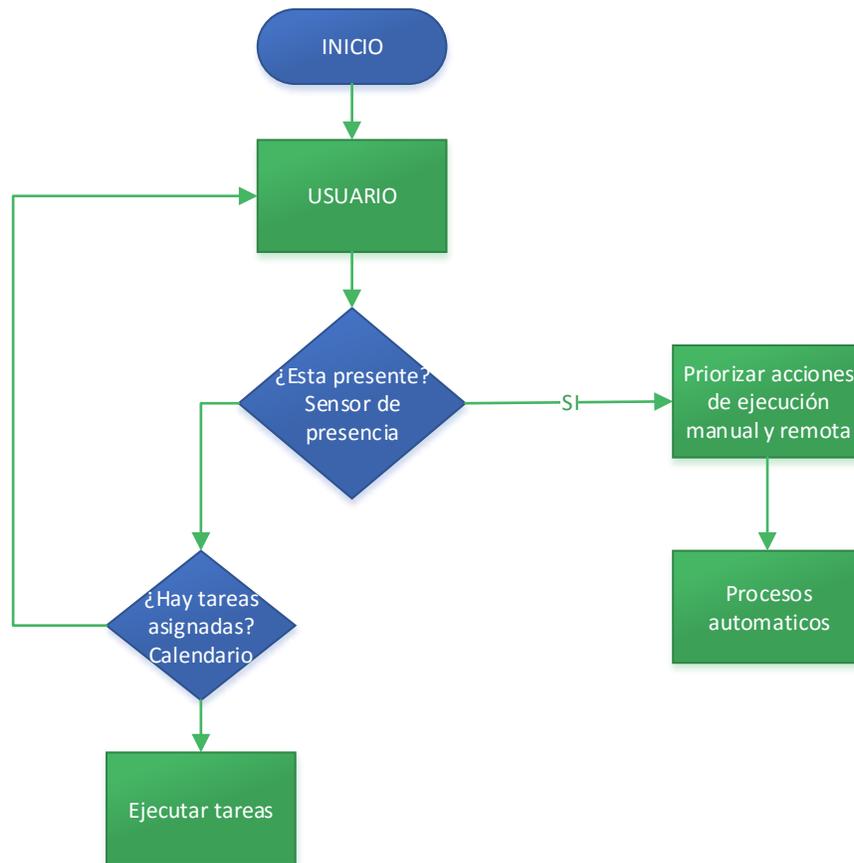


Figura 13 Diagrama de flujo de tareas

## Capítulo 4. Comunicación mediante Bluetooth

### Red de comunicaciones

La interfaz Bluetooth es una de las vías de comunicación inalámbrica más usadas en la actualidad. Un sinnúmero de dispositivos móviles cuentan con una antena Bluetooth que les permite compartir información con otros equipos remotos. Su rango de operación tiene un límite de 10 metros lo que lo hace ideal para controlar una gran diversidad de aparatos dentro de dicha distancia.

### Protocolo de comunicación implementado en la red

La flexibilidad que brinda el uso del Bluetooth es el manejo de protocolos de comunicación simples para el envío y recibo de datos. El mensaje que se envía entre el sistema remoto y el módulo a conectarse consta de una palabra de 38 Caracteres divididos en 11 parámetros diferentes de los cuales se pueden dividir en: 1 cadena de comienzo, 2 cadenas de entradas y salidas, 4 cadenas de valores analógicos de salida 3 cadenas de valores y un carácter de terminación.

Composición del String											
AA	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	00	F
Identificador del equipo	Valores de control salidas 5 caracteres	Valores Numéricos Salidas analógicas 1 (Rango de 0 a 1024) 4 Caracteres	Valores Numéricos Salidas analógicas 2 (Rango de 0 a 1024) 4 Caracteres	Valores Numéricos Salidas analógicas 3 (Rango de 0 a 1024) 4 Caracteres	Valores Numéricos Entrada analógica 1 (Rango de 0 a 1024) 4 Caracteres	Valores Numéricos Entrada analógica 1 (Rango de 0 a 1024) 4 Caracteres	Valores Numéricos Entrada analógica 1 (Rango de 0 a 1024) 4 Caracteres	Valores Numéricos Entrada analógica 2 (Rango de 0 a 1024) 4 Caracteres	Valores Numéricos Entrada analógica 3 (Rango de 0 a 1024) 4 Caracteres	Valor numérico Apagado/Encendido de interruptores	Terminador

Tabla 8. División de la cadena de mensaje

Así mismo existen comandos propios del Bluetooth que sirven para modificar algunas propiedades del equipo. Estos comandos se logran enviar al abrir el canal de comunicación ya sea por parte de una aplicación o usando una terminal generada desde cualquier computadora conectada por el Bluetooth. Algunos de ellos son:

<b>Comando a enviar</b>	<b>Comando recibido</b>	<b>Función</b>
AT	OK	Comando de prueba
AT VERSION	Linvor1.8	Muestra la versión del Firmware
AT NAME"nombre_nuevo"	OKsetname	Modifica el nombre del dispositivo
AT PIN"pin_nuevo"	OKpin_nuevo	Cambia la contraseña de acceso

*Tabla 9.* Comandos Bluetooth alternos

A pesar de la gran facilidad que presenta el envío de datos por medio del Bluetooth, existe un gran fallo de seguridad que permite que cualquier persona que sepa capaz de conectarse al dispositivo Bluetooth a través de la terminal pueda leer, interceptar e incluso cambiar los valores de la cadena lo que se traduce en tener la capacidad de tomar el control del equipo remoto por parte de un atacante.

## Capítulo 5. Programación del monitoreo, control y automatización

Una vez generado el hardware necesario para monitorear y ejecutar las tareas empieza la programación de las rutinas. Este es el punto donde se presenta el verdadero control. Una buena programación puede lograr resultados muy buenos, o en caso contrario no cumplir con la solución requerida.

Un algoritmo de control se define como la serie de pasos que se deben de seguir para cumplir para que un sistema pase de una posición inicial a una final.

Cada programador elige la forma en que se deben de ejecutar las acciones, por lo que este punto es muy subjetivo, a pesar de ello se recurre a la documentación del código con el motivo de que si alguien desea cambiar alguna línea lo haga sin tener complicaciones futuras.

### Algoritmo de adquisición de datos

El algoritmo de control se describirá a partir de una herramienta conocida como pseudocódigo el cual permite entender lo pasos a programar sin importar el lenguaje en el que quede el programa final.

Pseudocódigo para la etapa de adquisición de datos:

```
//Adquisición de datos.  
  
Creación de variables, Temp, Hum, CO2, HumGND.  
  
Esperar 10 min /*Un sola vez */  
  
Loop {  
  
Variables generadas = Canal analógica (Señal);  
  
Generar cadena de valores [Señal];
```

Envió de señal ZigBee;

Retardo (20,000 ms);

}

**Algoritmo de control y secuencias de salida**

Cada área a controlar debe de llevar una serie de rutinas que permitan ejecutar de buena manera las salidas deseadas. CLIPSAL se configura con su propia herramienta de cambios, el cual permite enlazar los dispositivos de entrada con una única salida o viceversa. Tomando en cuenta lo anterior, en la figura 14 se contempla la interacción de las entradas de ambos sistemas con las salidas dadas para el sistema correspondiente:

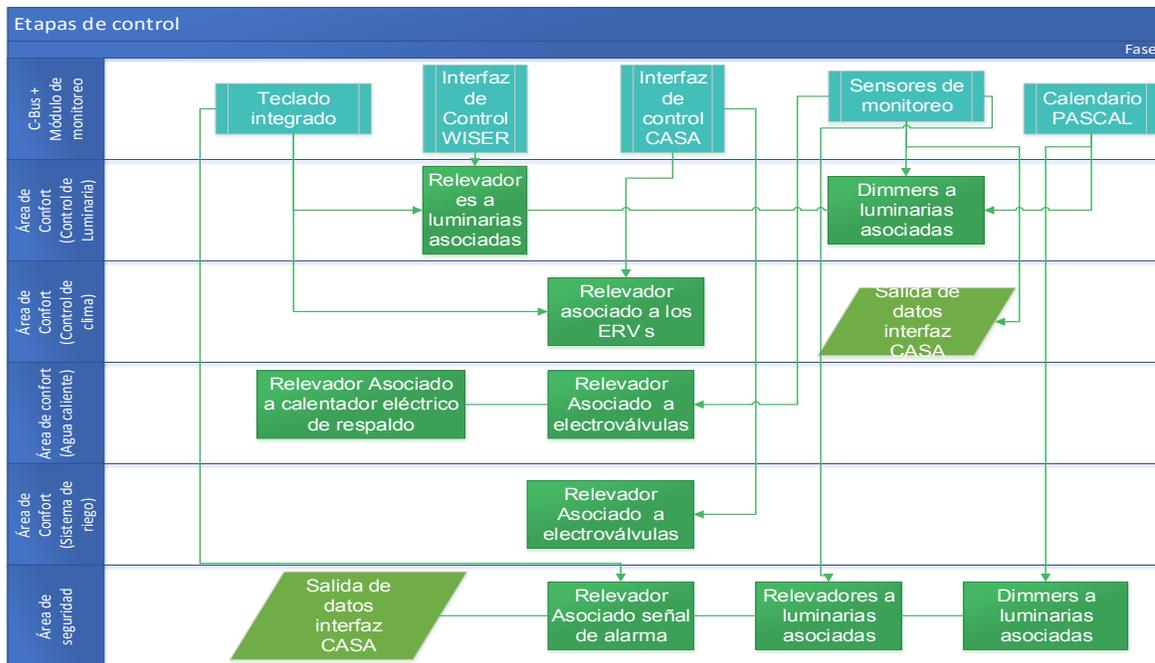


Figura 14. Entradas y salidas asociadas

a) *Área de confort (luminaria)*: Entradas al sistema: Interruptores, Sensores de presencia, Sensores de luminosidad, Calendario. Los botones tienen prioridad sobre los sensores:

- Si el usuario se encuentra en casa (el sensor de presencia lo detecta) y el sensor de luminosidad detecta una gran cantidad de luz, el sistema no se activa.
- Si el usuario se encuentra en casa (el sensor de presencia lo detecta) y el sensor de luminosidad no detecta una gran cantidad de luz, el sistema se activa solo en el lugar en el que se encuentra el usuario.
- El sensor de luminosidad exterior solo controla las luminarias exteriores, si la intensidad de la luz baja, los focos son encendidos gradualmente.

b) *Área de confort (Control de Clima)*: El botón de accionamiento manual tiene prioridad. Etapa de adquisición de datos:

```
//Adquisición de datos.
```

```
// Generación de variables
```

```
Partición de la cadena de datos obtenidos por los módulos XBee.  
Obtener el valor de los sensores STempE, STempI y SHum.  
Para una variable i=0 hasta i>=0 con incrementos de i++
```

```
{Generar arreglo de StempE [7]
```

```
Retarde de captura (20, 000ms)}
```

```
//Ecuación que rige a la Temperatura Exterior:
```

$$T_E^{\circ} = (T_E^{\circ}[0]) + 0.8 * (T_E^{\circ}[1]) + 0.6 * (T_E^{\circ}[2]) + 0.5 * (T_E^{\circ}[3]) + 0.4 * (T_E^{\circ}[4]) + 0.3 * (T_E^{\circ}[5]) + 0.2 * (T_E^{\circ}[6])/3.8$$

```
//Ecuación que rige a la Temperatura Interior:
```

$$T_{i\min}^{\circ} = 0.33 + (T_E^{\circ}) + 18.8 - 1$$

$$T_{i\max}^{\circ} = 0.33 + (T_E^{\circ}) + 18.8 + 1$$

Condición de control

Si  $(T_{i\min}^{\circ} > T_i^{\circ} \ \&\& \ T_i^{\circ} < T_{i\max}^{\circ})$  {

Todo en Reposo

Si  $(T_{i\min}^{\circ} > T_i^{\circ} \ \&\& \ T_i^{\circ} < T_{i\max}^{\circ})$  {

Todo en Reposo

} Si  $(T_{i\min}^{\circ} > T_i^{\circ} \ \&\& \ T_i^{\circ} > T_{i\max}^{\circ})$  {

Activar ERV en configuración enfriamiento

} Si  $(T_{i\min}^{\circ} < T_i^{\circ} \ \&\& \ T_i^{\circ} < T_{i\max}^{\circ})$  {

Activar ERV en configuración calentador

} Si no {

Todo en Reposo}

c) *Área de confort (Agua caliente) Sistema de monitoreo :*

//Adquisición de datos.

// Generación de variables

/\*Partición de la cadena de datos obtenidos por el microcontrolador maestro

Obtener el valor de los sensores STempSa, STempEn\*/

Si  $(T_{sal}^{\circ} > T_{ent}^{\circ} + 10)$ {

Activar electroválvula hacia calentador de respaldo

Activar Calentador de respaldo

} Si no {

Todo en Reposo}

d) *Área de Confort (Riego de áreas verdes) Sistema de monitoreo:*

//Adquisición de datos.

```
/* Generación de variables  
Partición de la cadena de datos obtenidos por el módulo Xbee*/
```

```
Obtener el valor de los sensores SHTi1 y SHTi2
```

```
Calcular  $V_{prom} = \frac{(SHTi1 + SHTi2)}{2}$ 
```

```
Si ( $V_{prom} < 30$ )
```

```
Activar electroválvula hacia zona de riego
```

```
} Si no {
```

```
Todo en Reposo}
```

### e) Área de seguridad (Simulación de presencia).

El botón tiene prioridad sobre el sistema:

- Sensor de presencia no activado
- Calendario programado (Ya sea viaje, salida, horario específico)
- Botón escenario SECURE

```
Si (Calendario activado && SPresencia != 1 || SECURE=1){
```

```
Activar luminarias asociadas.
```

```
} Si no {
```

```
Todo en Reposo}
```

### f) Área de seguridad (Prevención contra incendios) Sistema de Monitoreo:

```
//Adquisición de datos.
```

```
/* Generación de variables. Partición de la cadena de datos.*/
```

```
Obtener el valor del sensor CO2
```

```
//Ejecución de actividades
```

```
Loop {
```

```
SC02 = 2E-06*(VC02)2 - 0.0177*(VC02) + 325.19;
```

```
Si (SC02 >= 10, 000);
```

```
{Envío datos Bluetooth (Señal de alarma);
```

```
Activación de salida optoacopladores (Sirena, Luminaria) ;}
```

```
Sino {
```

```
Envío datos Bluetooth;
```

```
}
```

```
Retardo (20,000 ms) ;}
```

g) Área de seguridad (Alerta sonora y luminosa)

Entrada Botón de Auxilio

```
Si (BotAux está activado) {
```

```
Activar todos los elementos asociados al relevador de alarma}
```

## **Capítulo 6. Interfaz de usuario con el sistema**

Una interfaz de usuario es un conjunto de elementos a través de los cuales un usuario interactúa con un objeto que realiza una determinada tarea. Como en todo proceso de diseño, la creación de una interfaz debe de estar orientado hacia un grupo de usuarios y a los objetivos se pretenden lograr con su desarrollo incluyendo manuales, referencias, ayudas y tutoriales.

Anteriormente se describieron los medios por los cuales las personas dentro de CASA pueden entrar en contacto con el sistema domótico (sensores, interruptores, interfaz) teniendo en especial consideración al control de los actuadores de forma remota usando dispositivos móviles. De una forma más local, el sistema de monitoreo envía información al usuario usando una interfaz programada para un sistema operativo muy popular manteniendo la compatibilidad con varios equipos.

### **Interfaz apoyada con equipos móviles**

Las innovaciones presentes en los nuevos dispositivos móviles han marcado una revolución en los comportamientos de la sociedad humana. Cada vez los seres humanos adaptan su estilo de vida entorno estos pequeños equipos de gran capacidad. Cientos de compañías invierten millones de dólares en diseñar el mejor teléfono inteligente, desde su aspecto físico, el hardware con él cuenta, la interfaz física para la entrada de datos, pero sobre todo quien realmente logra que las salidas que muestren los actuadores parezca magia es el software con el que fueron programados.

Varios sistemas operativos (SO) han levantado la mano para obtener interfaces de usuarios sencillos e intuitivos logrando que cualquier persona acceda a alguna aplicación sin llegar a hacer elaboradas maniobras para inicializarla. Un caso especial es el SO desarrollado por Google llamado Android siendo el más utilizado a nivel

mundial entre los dispositivos portátiles además de ser muy abierto en la generación de nuevas aplicaciones por parte de un numeroso grupo de desarrolladores.

*App Inventor* es una herramienta de programación gráfica orientada a la creación de aplicaciones para la plataforma *Android* desarrollado por el *Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)*. La principal ventaja que tiene esta forma de programación es el desarrollo de interfaces sencillas y usables sin que el programador tenga que aprender un lenguaje de programación desde cero.

Existen tres puntos de vista al momento de diseñar una interfaz:

- Punto de vista diseñador: El encargado de generar los elementos con el que el usuario entrara en contacto para analizar la situación dentro del sistema
- Punto de vista programador: El programador es la persona encargada de escribir el código necesario para que los elementos dentro de la interfaz realicen las tareas necesarias para los que se desarrolló.
- Punto de vista usuario: La persona quien finalmente convive cotidianamente con el producto desarrollado. Regularmente las interfaces llegan al usuario a manera de metáforas.

Las herramientas que usa *App-Inventor* solo pueden ser accedidas a través de un navegador web, una vez iniciada la sesión usando una cuenta en particular aparecen los proyectos que se han creado al usar esa cuenta. Al generar un nuevo proyecto aparecen dos modos de uso: modo diseñador y modo programador. En el primero se muestran las herramientas gráficas que entraran en contacto con el usuario, la segunda pestaña muestra las operaciones y acciones con las que se pueden cumplir los algoritmos de control.

Entre las herramientas gráficas usadas para la interfaz de CASA son:

- *Cuadros de texto*: Para introducir o mostrar datos del sistema.
- *Cuadro de contraseña*: Usado para tener control de accesos al sistema de monitoreo.
- *Botones de acción*: Forma de cumplir condiciones para la ejecución de operaciones.
- *Ventanas*: Divisiones dentro de la interfaz para tareas específicas.
- *Conexión Bluetooth esclavo*: Los *smartdevices* se conectan usando la antena Bluetooth incorporada de tal forma que solo visualice los datos que se deban de mostrar.
- *Conexión Bluetooth maestro*: Los *smartdevices* se conectan usando la antena Bluetooth incorporada de tal forma que señale de control al sistema de monitoreo.

La interfaz de CASA cuenta con 4 ventanas específicas:

- *Ventana de inicio*: Elemento que permite el acceso a las demás ventanas del usuario. Es necesario contar con una contraseña para acceder.
- *Ventana de opciones*: Selecciona el sistema de monitoreo de un cuarto en específico.
- *Ventana de visualización de datos*: Muestra los datos captados por los sensores, además que presenta el status del sistema en ese punto.

- *Ventana de control:* Muestra las operaciones que se pueden hacer para activar o desactivar sistemas.

La figura muestra algunas capturas de pantalla de la interfaz desarrollada.

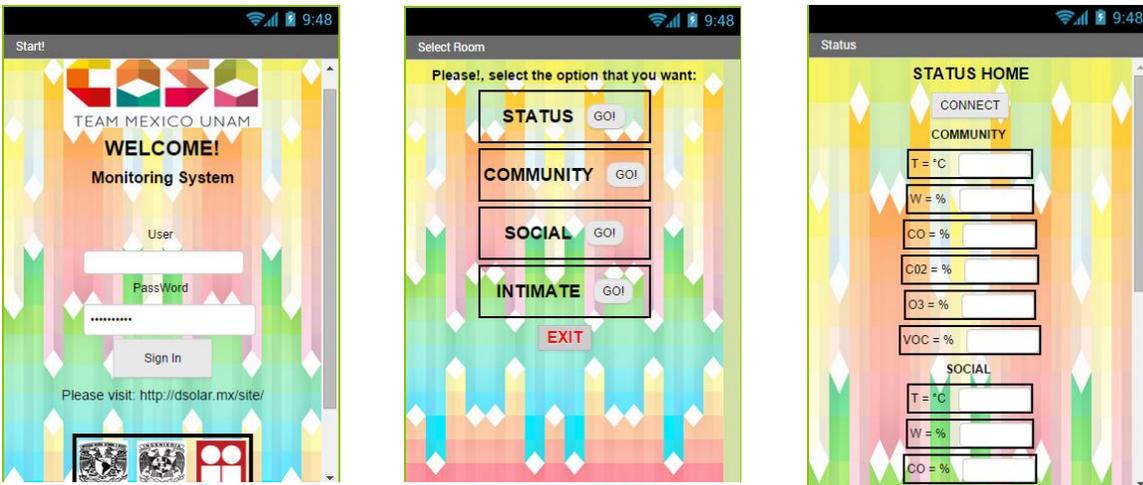


Figura 15. Captura de pantalla App CASA

### Consideraciones para personas con discapacidades diferentes

Varios factores deben de tomarse en cuenta en el diseño de interfaces para las distintas personas que estén en contacto con los habitáculos de CASA. Algunos puntos a considerar en el diseño son:

- *Dar control al usuario.* Uso de botoneras, interrupción de tareas, capacidad de deshacer acciones, mostrar resultados, así como alertar sobre posibles problemas o inconvenientes, navegación limpia a través de las ventanas, ser personalizable y sobre todo hacer sentir el control de todo.
- *Reducir la carga de memoria del usuario.* Mantener datos usados anteriormente, recordatorios, indicaciones visuales.

- *Consistencia*: Aparición de elementos que aparecen en otras interfaces con el propósito de familiarizar las nuevas herramientas con anteriores.

La accesibilidad universal implica reconocer la necesidad de los diversos usuarios, por lo que es necesario una segmentación de edades, capacidades tecnológicas y discapacidades. En la figura 16 se puede observar la ventana de control de la app CASA cuya sencillez y facilidad de manejo permite que un usuario tome el control del módulo sin tener que leer elaborados manuales de operación.

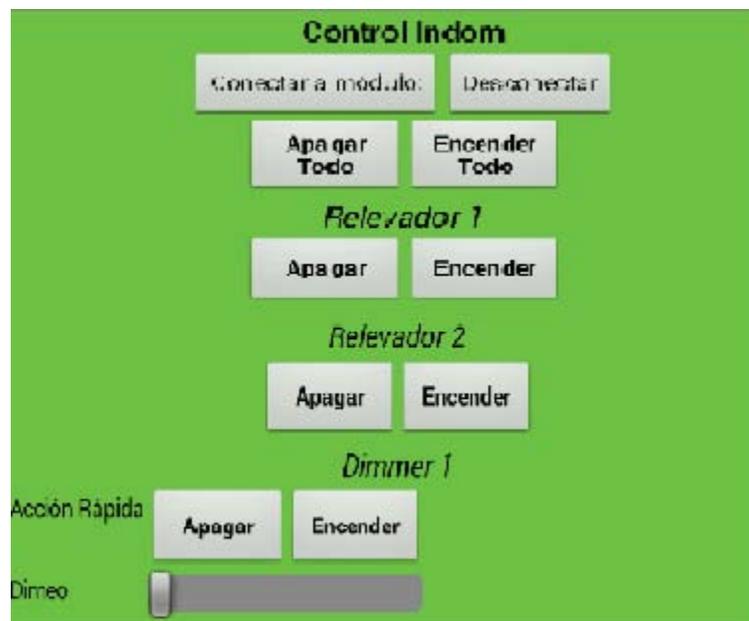


Figura 16. Ventana de Control "Indom"

Algunas herramientas cuyo desarrollo en los últimos años han logrado volver a varias personas que han sufrido algún accidente o nacieron con alguna deficiencia puedan realizar sus actividades de forma cotidiana sin tantas limitantes. Entre ellas se encuentran:

- *Tecnologías del habla*: Incluyen sistemas de reconocimiento de voz y algoritmos de inteligencia para conversación sistema-usuario.

- *Sistemas multimedia interactivos*: Muestra de imágenes, sonidos y textos para informar al usuario sobre algún evento.
- *Comunicaciones avanzadas*: Enlace a redes mundiales por medio de varios dispositivos conectados a una red, ejemplo de esto es comunicar a la policía sobre un problema dentro de la casa con solo toca un botón.
- *Sistemas de acceso*: Basados en sensores para activar rampas o apertura de puertas al ser solicitado por un usuario.
- *Teclados conceptuales*: Teclados pensados en personas con problemas motrices cuyo accionamiento tiene variantes con respecto a un teclado normal.

CASA UNAM está diseñada desde la forma de acceso al domicilio hasta de encender una luminaria tomando en cuenta sillas de ruedas, botoneras a nivel, sistema de alerta, punzones visiblemente accesibles así como evento de ejecución de los mismos, como un solo pulso, pulso sostenido, tren de pulsos o según la configuración programada dependiendo de la necesidad.

### Resultados obtenidos

Durante el desarrollo y en la construcción del prototipo CASA se observaron los siguientes detalles:

- No había una adecuada integración entre los elementos arquitectónicos y los ingenieriles, lo que se llevó a una mala planificación de los dispositivos que realmente se requerían para realizar las tareas correspondientes.
- El ensamble entre los distintos periféricos involucrados se volvió tedioso debido a la gran cantidad de conexiones que se tenían que hacer.
- Los módulos de monitoreo lograron entablar una buena comunicación entre ellos, por lo que la lectura de datos de los sensores se llevó de manera satisfactoria en la red formada entre ellos y una computadora, sin embargo las fallas que no fueron atendidas durante la etapa de diseño repercutieron en la etapa de actuación en los sistemas.
- La incorrecta adaptación de los tres protocolos de comunicación derivó en fallas operativas entre los sistemas involucrados dejando a algunos elementos importantes sin uso.

Cabe destacar que todos los resultados anteriores se obtuvieron previamente a este trabajo de investigación, por lo que las nuevas implementaciones han sido mejoradas en gran medida derivadas de la experiencia al realizar esta primera iteración.

### Nueva implementación

Tomando en cuenta la metodología de diseño y las experiencias adquiridas por el primer diseño se logró obtener en esta segunda iteración los siguientes beneficios:

- Un módulo único por cada habitación, con dimensiones menores a las encontradas en el primer diseño y adaptable a los elementos que se desean integrar al sistema. Esta nueva iteración incluye las tres partes esenciales de acción: medir, analizar y actuar, permitiendo la eliminación de cableado innecesario manteniendo la independencia de control por habitación, sin perder funcionalidad con respecto a la primera idea inclusive esta mejorada ya que está totalmente enfocada al usuario y a la filosofía inculcada en CASA. La figura 16 muestra la simplificación lograda durante la segunda iteración.

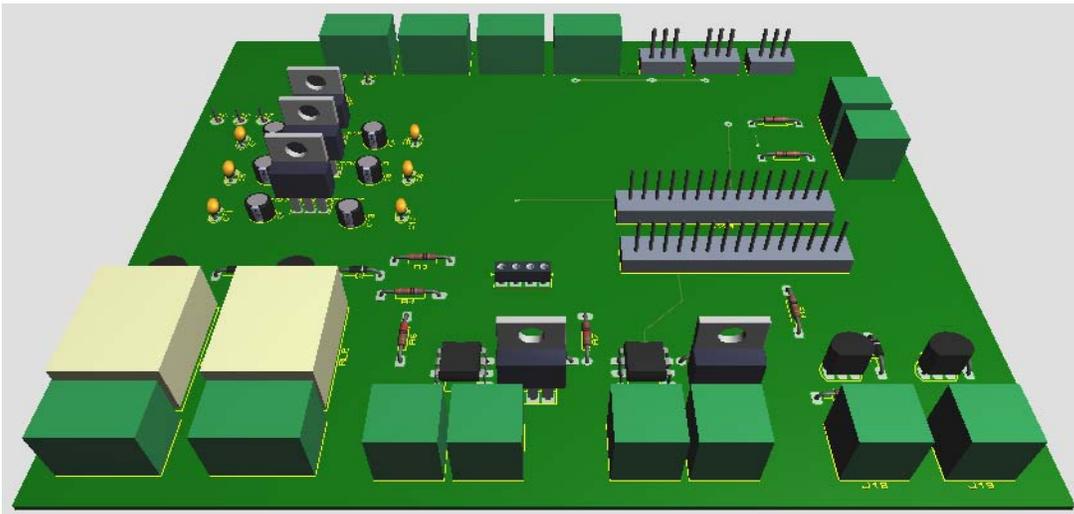


Figura 17. Nuevo Sistema de gestión domótico

- Sensores integrados en el mismo circuito, esto permite que en el mismo bloque se tenga el control y la lectura de datos en un solo lugar.
- Uso del Bluetooth como único protocolo de comunicación, logrando conectar independientemente cada módulo con un *smartdevice* con la intención de

visualizar el estado del sistema y controlar de forma remota los dispositivos de salida.

Después de estudiar la propuesta se determinó que no es necesario que los módulos no compartan información entre ellos, ya que no tiene sentido (a baja escala) que entre ellos sepan sus estados al controlar independientemente sus periféricos. Sin embargo la unificación de información se da entre ellos gracias a la app móvil planificada para visualizar datos y ejecutar acciones de manera remota entre el usuario y cada módulo.

Este nuevo diseño quita muchos elementos que generan costo, espacio e inclusive consumían más recursos energéticos que lo que pretendían reducir al momento de su implementación. Al ser un sistema enfocado a un proyecto en específico se vuelve muy personalizable, pero esto no significa que se no se pueda estandarizar un único diseño para otros futuros proyectos.

### **Conclusiones**

El manejo de una metodología de diseño y la experiencia ayudan en gran medida a desarrollar mejores productos como lo logrado en este trabajo. La toma de decisiones dentro de un equipo es realmente crucial para cumplir los objetivos planteados desde un principio.

El historial de diseño ayuda mucho al momento de buscar mejoras del diseño, desde quitar elementos actuales hasta recuperar ideas que en un principio sonaban inapropiadas pero debido a los resultados obtenidos se han vuelto a tomar en consideración.

Varias herramientas de diseño asistido por computadora han sido de gran ayuda para reducir costos de fabricación y sobre todo simulación de posibles fallas antes de someter al producto a una cadena de producción, por lo que implica directamente en la fabricación de mejores productos generando bajas pérdidas.

### **Comentarios adicionales**

Ser miembro de un grupo tan variado como el equipo MÉXICO y teniendo un gran reto en frente como el proyecto CASA UNAM ha dejado muchas experiencias, no solo en la aplicación de la ingeniería en un problema real, sino que también la capacidad de transmitir y recibir conocimiento hacia otros. El gran interés generado por parte de la iniciativa privada y la escuela en el desarrollo de nuevos productos ha generado grandes ideas que no solo se queden en el papel sino que se desarrollen y se presenten al mundo como el trabajo de nuevas soluciones a problemáticas tan comunes como la vivienda en nuestro país.

Las observaciones realizadas sobre el montaje de los sistemas en el primer prototipo fabricado de CASA logró abrir un panorama completamente nuevo hacia la integración de sistemas, tal es el caso del sistema domótico instalado en sus espacios.

## DISEÑO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CASA UNAM

A pesar de que la visión del diseño enfocado a un grupo de usuarios permite consolidar propuestas variadas, existe la posibilidad de desarrollar un producto único con sus respectivas ramificaciones contemplando en un único sistema.

El proyecto de *CASA UNAM* aún no termina, durante los siguientes años vendrán nuevas actualizaciones que refuercen el concepto original hasta inclusive se hable de un nuevo diseño que presente mejores nunca antes vistas en proyectos similares que incluya desde el principio los pilares de la domótica para que se lleve a cabo. Ahora le toca el turno a una nueva generación de alumnos participar en esta nueva etapa y que se logren mejores resultados sin menos preciar los obtenidos por este.

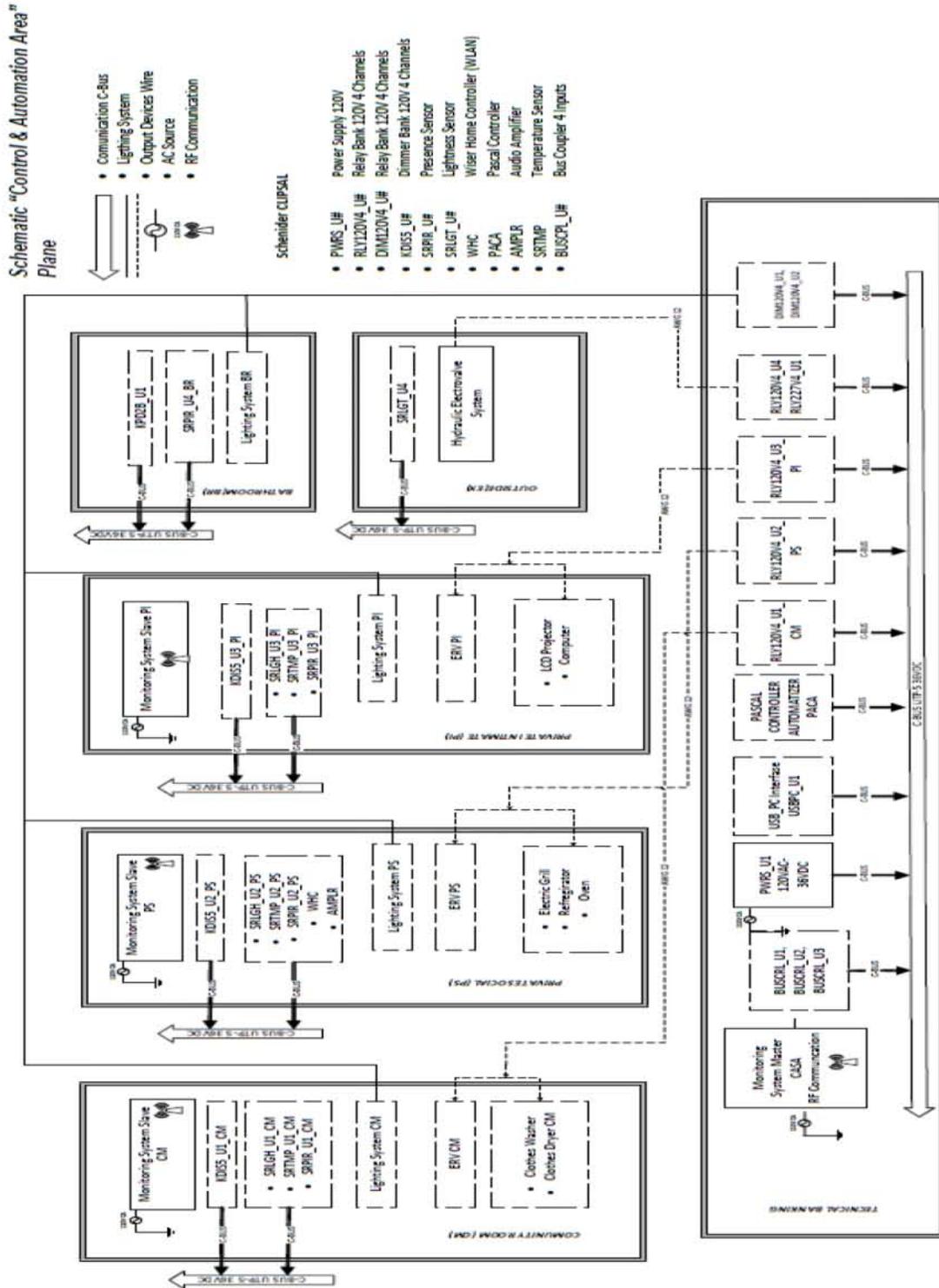
## Referencias

- ----- (2007). *Instalaciones Domóticas*. CEDOM, AENOR ediciones. Consultado el 01 de abril del 2015, de [http://www.ehu.eus/alfredomartinezargote/tema\\_4\\_archivos/domotica/cedom\\_cuaderno\\_buenas\\_practicas\\_domoticas.pdf](http://www.ehu.eus/alfredomartinezargote/tema_4_archivos/domotica/cedom_cuaderno_buenas_practicas_domoticas.pdf)
- ----- (2012). *Rules*. Solar Decathlon Europe. Consultado el 01 de abril del 2015, de [http://rp.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca/concours/Reglement\\_SDE\\_2014.pdf](http://rp.urbanisme.equipement.gouv.fr/puca/concours/Reglement_SDE_2014.pdf)
- ---- (2014). *Project Manual*. CASA. UNAM, FA, México.
- Ángeles, J. (2012). *El concepto de complejidad como criterio de diseño en ingeniería mecánica*. Asociación Española de Ingeniería Mecánica. Consultado el 17 Septiembre de 2014, de [http://www.xixcnim.uji.es/CDActas/Documentos/ComunicacionesOrales/Jorge%20Angeles%20\(Plenaria\).pdf](http://www.xixcnim.uji.es/CDActas/Documentos/ComunicacionesOrales/Jorge%20Angeles%20(Plenaria).pdf)
- Cedeño, S. C. (2008). *Metodología de Diseño*. Laboratorio de Diseño Mecatrónico, FI UNAM.
- Collado, I. Y. (2010). *La domótica, un bien para todos*. Centro Sindical Independiente y de Funcionarios, España. Consultado el 01 de abril del 2015 en [http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_30/ISABEL\\_YANEZ\\_1.pdf](http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_30/ISABEL_YANEZ_1.pdf).
- French, M. (1992). *Structure and Mechanism*. Mac Millan. Reino Unido

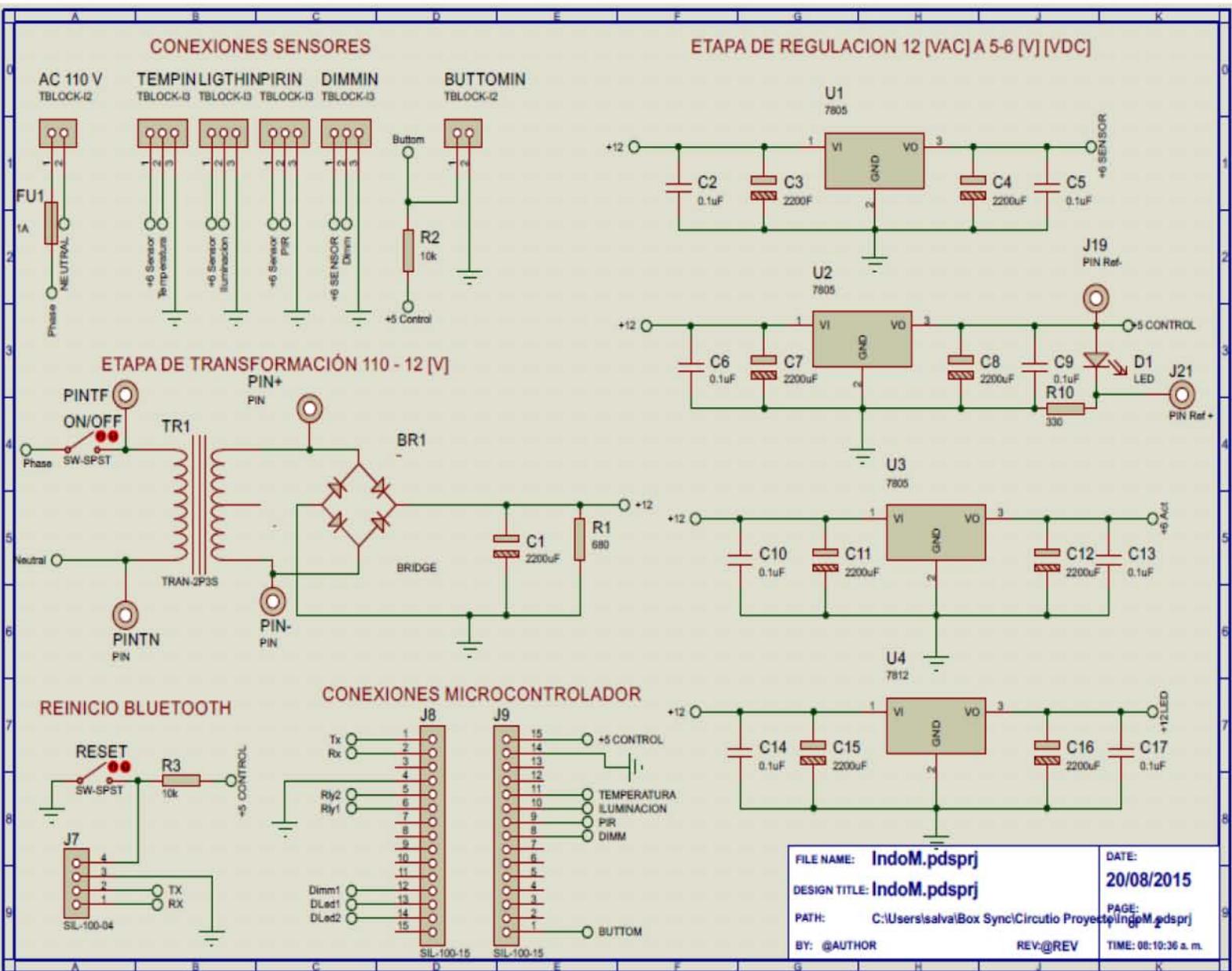
- Galeano, J. (2005). *Diseño de un sistema domótico de altas prestaciones destinado a viviendas residenciales*. Universidad Politécnica de Cataluña, España. Consultada el 01 de abril del 2015, de <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/2859>
- González, L. (2014). *Instalaciones domóticas*. McGraw-Hill. España. Consultado el 01 de abril del 2015, de [https://www.mhe.es/cf/c\\_electricidadelectronica/8448171446/archivos/8448171446\\_catalogo%20promocional.pdf](https://www.mhe.es/cf/c_electricidadelectronica/8448171446/archivos/8448171446_catalogo%20promocional.pdf)
- Lorente, S. (1999). *¿Qué es la domótica? Pasado, Presente y previsible Futuro*. Universidad Politécnica de Madrid, España. Consultado el 28 Agosto del 2014, de [http://www.ramonmillan.com/documentos/bibliografia/QueEsLaDomotica\\_SantiagoLorente.pdf](http://www.ramonmillan.com/documentos/bibliografia/QueEsLaDomotica_SantiagoLorente.pdf).
- Pacheco, P. (2012). *Evaluación del diseño del Sistema Domótico de la Vivienda Domo y Diseño de las Bases para nuevas Viviendas Automatizadas*. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Consultado el 01 de abril del 2015, de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111977/cf-pacheco\\_pq.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111977/cf-pacheco_pq.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rey, A. (2006). *Pensamiento de Diseño y Gestión de la Innovación*. Emotools. Consultado el 01 de abril del 2015 [http://www.emotools.com/media/upload/files/Pensamiento\\_de\\_diseno.pdf](http://www.emotools.com/media/upload/files/Pensamiento_de_diseno.pdf).
- Sánchez, C. (2010). *Domótica y Sistemas Embebidos para Comunicaciones Inalámbricas*. Universidad Rey Juan Carlos. Consultado el 01 de abril del 2015, de [http://www.campusvirtual.urjc.es/moodle/pluginfile.php/1943503/mod\\_resource/content/1/Tema2Sensores.pdf](http://www.campusvirtual.urjc.es/moodle/pluginfile.php/1943503/mod_resource/content/1/Tema2Sensores.pdf)

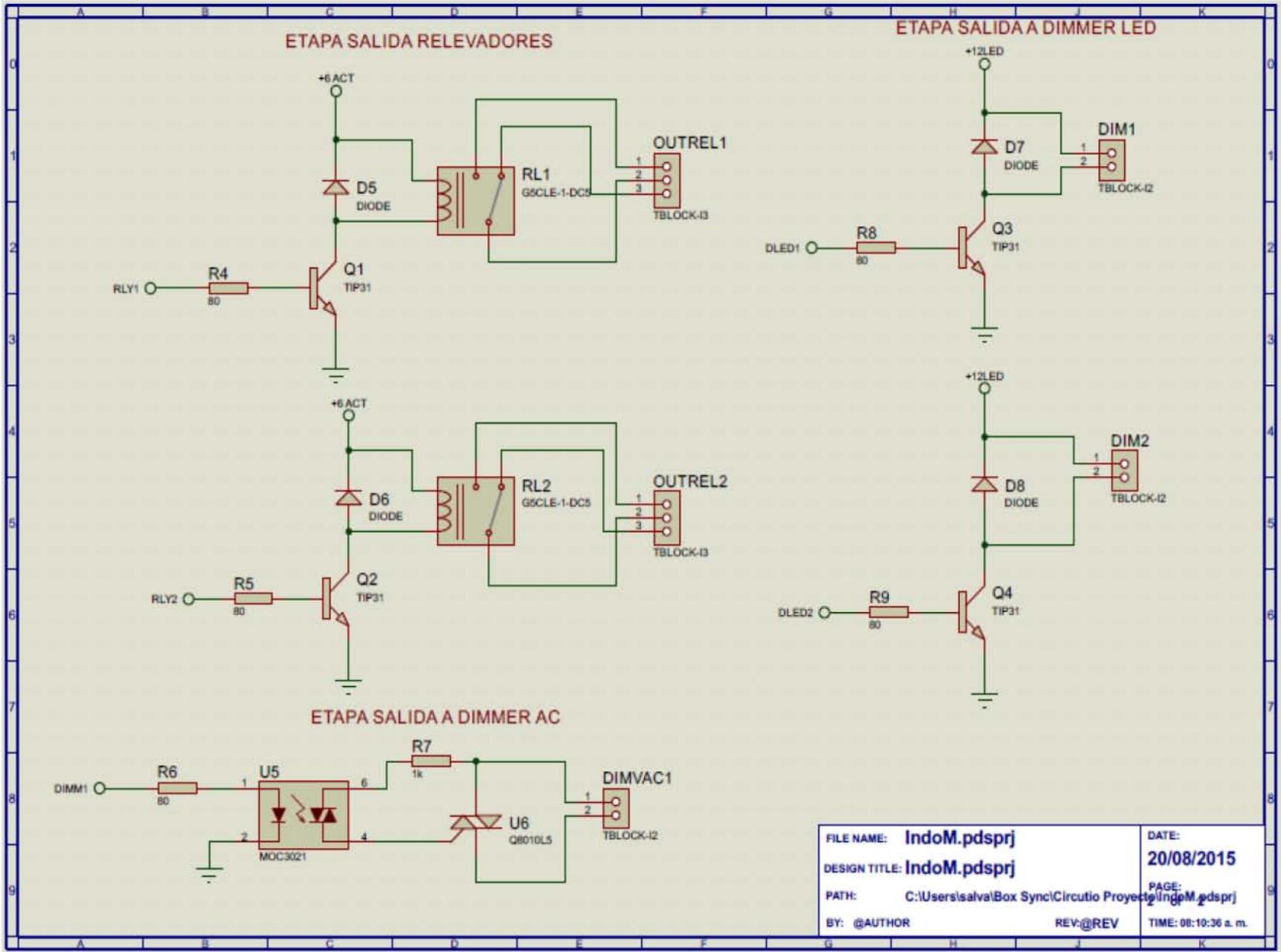
Anexos

Anexo 1. Plano Esquemático CASA



Anexo 2. Plano electrónico del módulo de monitoreo por Bluetooth





Anexo 3. Hoja de especificaciones Arduino NANO

**RS** Technical Specification **A**

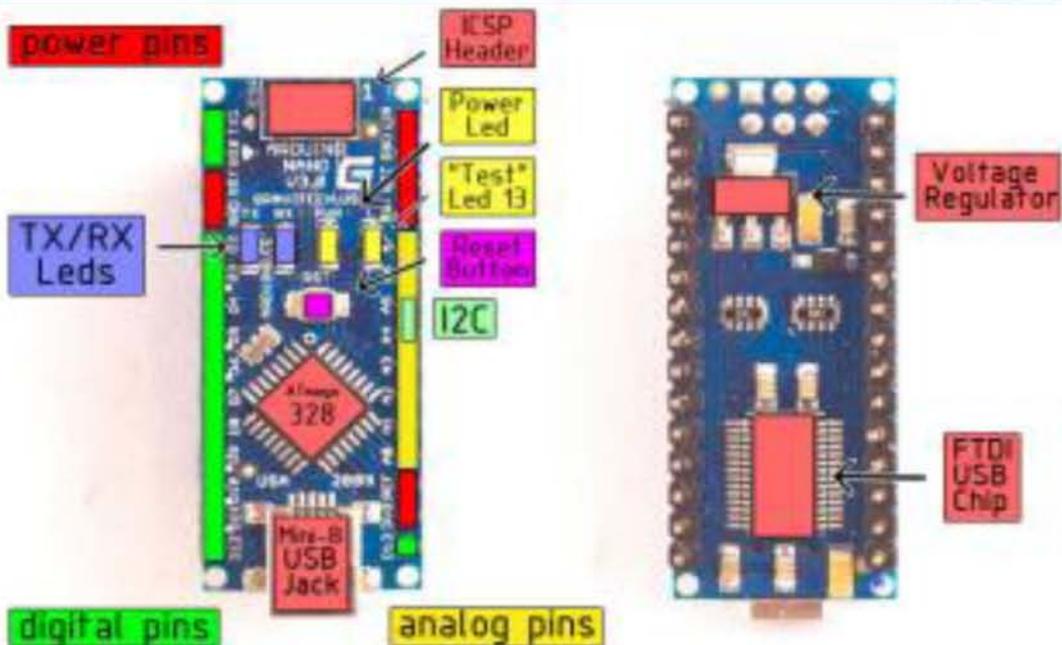
Arduino Nano 3.0 (ATmega328): [schematic](#), [Eagle files](#).

Arduino Nano 2.3 (ATmega168): [manual](#) (pdf), [Eagle files](#). Note: since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrouted, so users can open and use it in the free version of Eagle.

Summary

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"

the board



## Anexo 4. Hoja de especificaciones Bluetooth.

### HC-05-Bluetooth to Serial Port Module

#### Overview



HC-05 module is an easy to use Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module, designed for transparent wireless serial connection setup. Serial port Bluetooth module is fully qualified Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate) 3Mbps Modulation with complete 2.4GHz radio transceiver and baseband. It uses CSR Bluecore 04-External single chip Bluetooth system with CMOS technology and with AFH(Adaptive Frequency Hopping Feature). It has the footprint as small as 12.7mmx27mm. Hope it will simplify your overall design/development cycle.

#### Specifications

##### Hardware features

- Typical -80dBm sensitivity
- Up to +4dBm RF transmit power
- Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
- PIO control
- UART interface with programmable baud rate
- With integrated antenna
- With edge connector

##### Software features

- Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has.
- Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.
- Given a rising pulse in PIO0, device will be disconnected.
  - Status instruction port PIO1: low-disconnected, high-connected;
  - PIO10 and PIO11 can be connected to red and blue led separately. When master and slave are paired, red and blue led blinks 1time/2s in interval, while disconnected only blue led blinks 2times/s.
  - Auto-connect to the last device on power as default.
  - Permit pairing device to connect as default.

Anexo 5. Hoja de especificaciones sensor de Temperatura LM35

www.ti.com

SNIS159D – AUGUST 1999 – REVISED OCTOBER 2013

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

FEATURES

- Calibrated Directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10 mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at +25°C)
- Rated for Full -55°C to +150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 to 30 V
- Less than 60-µA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Nonlinearity Only ±¼°C Typical
- Low Impedance Output, 0.1 Ω for 1 mA Load

DESCRIPTION

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, with an output voltage linearly proportional to the Centigrade temperature. Thus the LM35 has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¼°C over a full -55°C to +150°C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 make interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 draws only 60 µA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55°C to +150°C temperature range, while the LM35C is rated for a -40°C to +110°C range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

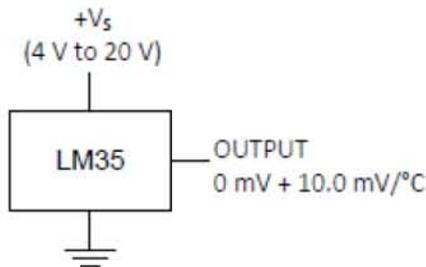
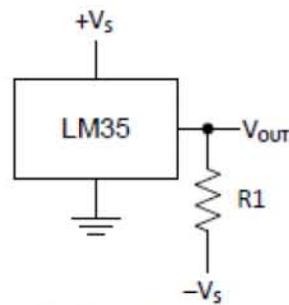


Figure 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



Choose  $R_1 = -V_S / 50 \mu A$   
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ C$   
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ C$   
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ C$

Figure 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS<sup>(1)(2)</sup>**

		MIN	MAX	UNIT	
Supply voltage		-0.2	35	V	
Output voltage		-1	6	V	
Output current			10	mA	
Electrostatic discharge (ESD) susceptibility <sup>(3)</sup>			2500	V	
Storage temperature	TO Package	-60	180	°C	
	TO-92 Package	-60	150		
	TO-220 Package	-65	150		
	SOIC-8 Package	-65	150		
Lead temperature	TO Package (soldering, 10 seconds)		300	°C	
	TO-92 and TO-220 Package (soldering, 10 seconds)		260		
	SOIC Package	Infrared (15 seconds)	220		
		Vapor phase (60 seconds)	215		
Specified operating temperature range: $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$ <sup>(4)</sup>	LM35, LM35A		-55	150	°C
	LM35C, LM35CA		-40	110	
	LM35D		0	100	

- (1) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
- (2) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See [Note 1](#).
- (3) Human body model, 100 pF discharged through a 1.5-kΩ resistor.
- (4) Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W, junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the [APPLICATIONS](#) section.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS<sup>(1)(2)</sup>**

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35A			LM35CA			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT <sup>(3)</sup>	DESIGN LIMIT <sup>(4)</sup>	TYP	TESTED LIMIT <sup>(3)</sup>	DESIGN LIMIT <sup>(4)</sup>	
Accuracy <sup>(5)</sup>	$T_A = 25^\circ\text{C}$	±0.2	±0.5		±0.2	±0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	±0.3			±0.3		±1	
	$T_A = T_{MAX}$	±0.4	±1		±0.4	±1		
	$T_A = T_{MIN}$	±0.4	±1		±0.4		±1.5	
Nonlinearity <sup>(6)</sup>	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.18		±0.35	±0.15		±0.3	°C
Sensor gain (average slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10	+9.9, +10.1		+10		+9.9, +10.1	mV/°C
Load regulation <sup>(7)</sup> $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	±0.4	±1		±0.4	±1		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.5		±3	±0.5		±3	
Line regulation <sup>(7)</sup>	$T_A = 25^\circ\text{C}$	±0.01	±0.05		±0.01	±0.05		mV/V
	$4 \text{ V} \leq V_B \leq 30 \text{ V}$	±0.02		±0.1	±0.02		±0.1	

**Anexo 6. Hoja de especificaciones sensor CO2**

**MG811 CO2 Sensor**

**Features**

- Good sensitivity and selectivity to CO2
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

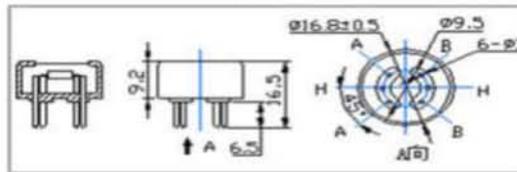
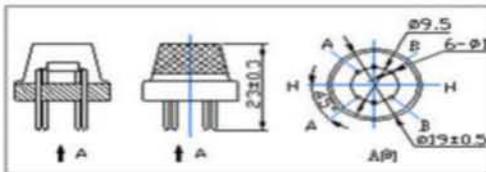
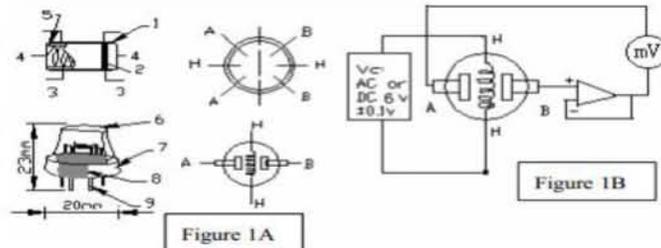


**Application**

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO2 concentration Detection

**Structure and Testing Circuit**

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure. It composed by solid electrolyte layer (1), Gold electrodes (2), Platinum Lead (3), Heater (4), Porcelain Tube (5), 100m double-layer stainless net (6), Nickel and copper plated ring (7), Bakelite (8), Nickel and copper plated pin (9).



**Specifications :**

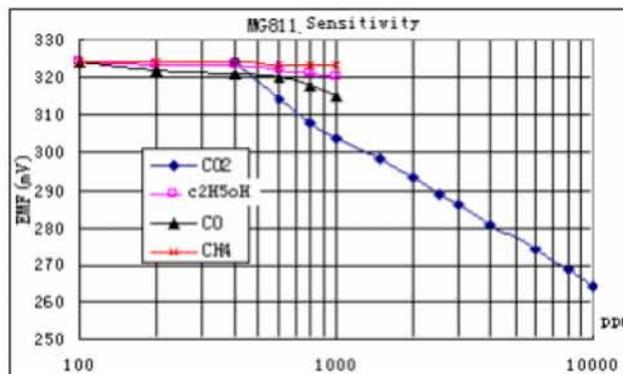
Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
$V_H$	Heating Voltage	$6.0 \pm 0.1$ V	AC or DC
$R_H$	Heating Resistor	$30.0 \pm 5\%$ $\Omega$	Room Temperature
$I_H$	Heating Current	@200mA	
$P_H$	Heating Power	@1200mW	
$T_{ao}$	Operating Temperature	-20—50	
$T_{as}$	Storage Temperature	-20—70	
? E/M F	Output	30—50mV	350—10000ppmCO2

**Sensitivity :**

Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

- Conditions:
- Tem : 28°C ,
- RH: 65%,
- Oxygen : 21%

EMF: sensor EMF under different gas and concentration .



**Anexo 7 Hoja de especificaciones sensor AMT 1001**

**Voltage-output relative humidity and temp. sensor/module**

**Model: MMT1001**



Resistive-type humidity and temperature sensor/module

**1. Feature & Application:**

- Temperature compensated!
- Good price, Fast delivery!
- 0.6-2.7V DC output !
- Humidity Accuracy +-5.0%RH!
- Range 20 to 90% RH !
- Light weight, easy installation!

**2. Technical Specification:**

Model	MMT1001	
Power supply	4-5.5V DC	
Output signal	0.6- 2.7V DC	
Sensing element	Polymer resistor	
Operating range	humidity 20-90%RH;	temperature 0-60Celsius
Accuracy	humidity +-5%RH	temperature +-1Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 1%RH;	temperature 1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH;	temperature +-1Celsius
Humidity hysteresis	+-1%RH	
Long-term Stability	+-1%RH/year	
Response time	10s(average)	
Interchangeability	fully interchangeable	
Dimensions	size 22*28*5mm	

**4. Electrical connection diagram:**

No. Of electrical joint	Explanation
1	Power 4-5.5V DC
2	Output of RH 0.6-2.7V DC
3	Gnd
4	NTC for temperature detect

Diagram 1

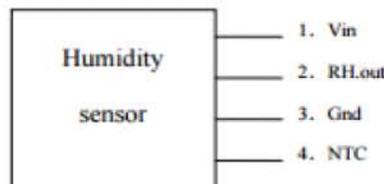


Diagram 2

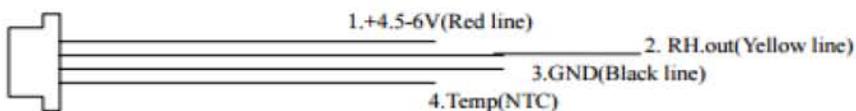
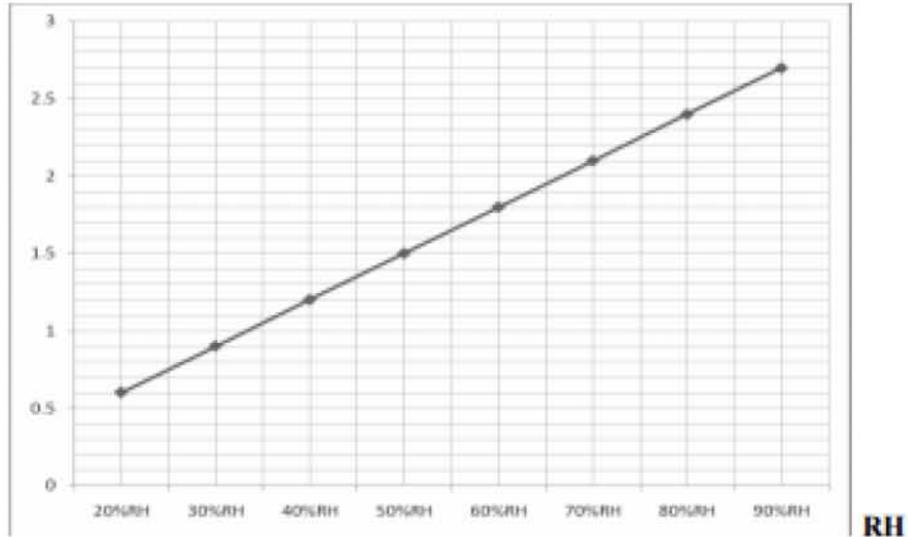


Diagram 3

**5. Typical performance diagram:**

**Voltage( Diagram of output for humidity).**



**NTC(25°C, 10KΩ, B:3435) on AMT1001's PCB board for detecting temperature.**

T(°C)	R(KΩ)	T(°C)	R(KΩ)	T(°C)	R(KΩ)
0	28.469	18	13.190	36	6.621
1	27.215	19	12.670	37	6.385
2	26.023	20	12.172	38	6.160
3	24.891	21	11.697	39	5.943
4	23.814	22	11.244	40	5.736
5	22.791	23	10.810	41	5.537
6	21.817	24	10.369	42	5.345
7	20.891	25	10.000	43	5.162
8	20.009	26	9.621	44	4.986
9	19.170	27	9.259	45	4.816
10	18.371	28	8.912	46	4.654
11	17.610	29	8.581	47	4.497
12	16.885	30	8.263	48	4.347
13	16.194	31	7.959	49	4.203
14	15.535	32	7.668	50	4.064
15	14.907	33	7.389		
16	14.308	34	7.122		
17	13.736	35	6.866		