

Scientia Et Technica
ISSN: 0122-1701
scientia@utp.edu.co
Universidad Tecnológica de Pereira
Colombia

SÁNCHEZ, ANGÉLICA; LUENGAS, CATALINA; HERNANDEZ S., CESAR A.
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL
Scientia Et Technica, vol. XVI, núm. 44, abril, 2010, pp. 7-12
Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia

Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316002

Cómo citar el artículo
Número completo
Más información del artículo
Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL

Design and construction of a prototype for the control of residential electricity consumption

RESUMEN
En el presente artículo se presenta el diseño y construcción de un medidor monofásico bifilar postpago y prepago, teniendo en cuenta las normas vigentes.

El objetivo general de esta investigación es diseñar y construir un sistema de control de consumo de energía eléctrica el cual posea la particularidad de funcionar como medidor postpago y prepago, que controle algunos parámetros del consumo de energía como: unidades consumidas, crédito remanente, limite de crédito superior e inferior.

Uno de los principales resultados esperados a largo plazo es concientizar al cliente mediante la interacción con el medidor por medio de ingreso de información solicitada por el dispositivo de control, obteniendo optimización del consumo, reducción de este y beneficios de costos para comercializadores y usuarios finales, así mismo la empresa reduce tiempos muertos de cuadrillas de corte y reconexión.

PALABRAS CLAVE: Energía Eléctrica, Interfaz de Usuario Grafica, Medidor Prepago, Microcontrolador, Sensor.

ABSTRACT
This paper is presented the description of the classes of measures, operation and installation of a measurer single bifilar postpaid and prepaid, keeping in mind the effective norms.

Based on the objective of to design and to build a system of control of electric power consumption which possesses the particularity of working as meter postpaid and prepaid, you development a prototype that controls some parameters of the energy consumption like: consumed units, credit remainder, and limit of superior and inferior credit.

With the purpose of informing the client by means of the interaction with the meter by means of entrance of information requested by the control device, we will obtain optimization of the consumption and reduction of this, obtaining benefits of costs for merchants and final users, likewise the company reduces time outs of court gangs and reconnection.

KEYWORDS: *Electricity, Graphical User Interface, Microcontroller, Prepaid Meter, Sensor.*

ANGÉLICA SÁNCHEZ
Tecnóloga en Electricidad
Estudiante de Ingeniería Eléctrica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Angelica.sanchez@udistrital.edu.co

CATALINA LUENGAS
Tecnóloga en Electricidad
Estudiante de Ingeniería Eléctrica
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Catalina.luengas@udistrital.edu.co

CESAR A. HERNANDEZ S.
Ingeniero Electrónico
Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas
email: cahernandezs@udistrital.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo se han presentado grandes avances tecnológicos en la generación, transmisión y distribución en el campo de la electricidad, estos han sido mejorados por medio de dispositivos electrónicos o métodos que regulan y controlan la energía que llega a nuestros hogares.

En el actual mercado de la energía se ha venido notando la preocupación del mercado eléctrico y los diversos usuarios sobre el ahorro de la energía eléctrica por lo que es muy común escuchar el término de uso racional de la energía eléctrica.

Por tal motivo se han venido desarrollando nuevos sistemas y/o métodos que permitan realizar ahorro de energía eléctrica en los hogares los cuales se han realizado a partir del control de los dispositivos de medición de energía eléctrica.

El campo de la electrónica ha contribuido en gran parte al desarrollo de nuevos sistemas de control los cuales se han

Fecha de Recepción: Enero 26 de 2010
Fecha de Aceptación: Marzo 25 de 2010

venido reflejando al correr de los días es por eso que también sale a flote la necesidad de seguir desarrollando sistemas tecnológicos innovadores que nos permitan volver más ahorrativos los sistemas existentes con relación a la distribución de la energía eléctrica

En este documento se dan a conocer los criterios de diseño del sistema del control de energía eléctrica residencial el cual contribuye con el uso racional de la energía, estos sistemas se han implementado en planes piloto en el mercado Argentino, Peruano, y el Colombiano principalmente en Medellín, algunos de estos proyectos aun siguen vigentes. [1] [2].

En los diferentes planes piloto se crea un grupo de trabajadores de la compañía de distribución en acompañamiento de miembros externos que se encargan de brindar información sobre el dispositivo y datos que encaminen el proyecto hacia un buen enfoque para que se realice un seguimiento detallado el cual cuenta con tres miembros principales: un líder interno del proyecto de compañía distribuidora, un consultor y el proveedor. [3] [4].

Como resultado las empresas distribuidoras han dado a conocer la necesidad de minimizar los riesgos de inversión, buscando así tener posibilidades de éxito del piloto y poder expandir su mercado en forma masiva, esto implica un cambio en la forma de comercializar la energía eléctrica.

Para el desarrollo del prototipo se utilizó un microcontrolador Motorola GP32 programado bajo el lenguaje assembler, un medidor análogo monofásico bifilar, el cual se parametrizó sometiéndolo ante diversas demandas de energía, se le ensambló un seguidor de línea CNY70 el que será el encargado de visualizar los movimientos del disco; cabe anotar que para el diseño de este se tuvo en cuenta las condiciones técnicas establecidas por la CREG y las demás determinaciones legales vigentes.

2. DISEÑO DE MEDIDOR PREPAGO

Para que el prototipo tuviera un buen desempeño, se tuvieron en cuenta varios factores en la etapa de diseño, aspectos como el consumo de Kw/h y el cuadro de cargas del predio (ver tabla 1), para el cual se quería el prototipo, entre otros; logrando así que se obtuviera un diseño que cumpliera con las expectativas.

2.1. *Estudio de consumo y costo actual*

Al realizar el diseño se tuvo en cuenta diversos factores, entre los cuales está la ubicación del promedio (ver tabla 2), del consumo mensual en [KWh] (ver tabla 3 y Fig. 1), obsérvese la tendencia de consumo y el valor promedio mensual de consumo (157.27 KWh X Mes), en la realización del cuadro de cargas se tuvo en cuenta el costo del consumo de los últimos seis meses del año 2008 para sacar el costo del kilovatio/hora, guiados por las facturas de consumo. [5].

Tabla 1. Cuadro de cargas del predio propuesto

CUADRO DE CARGAS							
CIRCUITO N°	100 [W]	200 [W]	300 [W]	1000 [W]	TOTAL [W]	TOTAL [A]	BREKER
1	10				1000	8,33	15
2		5			1000	8,33	15
3		5			1000	8,33	15
4	3	2	1		1000	8,33	15
5				1	1000	8,33	15
6			3		900	7,50	15
7				1	1000	8,33	15
TOTAL	13	12	4	2	6900	57,50	70

Tabla 2. Datos básicos del predio.

Dirección: Cll 68 bis No. 80N-83
Zona: Piso 2 y 3 con un mismo medidor
Barrio: Bosa Piamonte II sector
Número de Cuenta: 2539048-0
Estrato: 2

Tabla 3. Consumo mensual año 2008

CONSUMO MENSUAL AÑO 2008													
MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Mensual
CONSUMO kWh	0	164	150	154	170	162	170	163	153	143	160	141	157,2727273

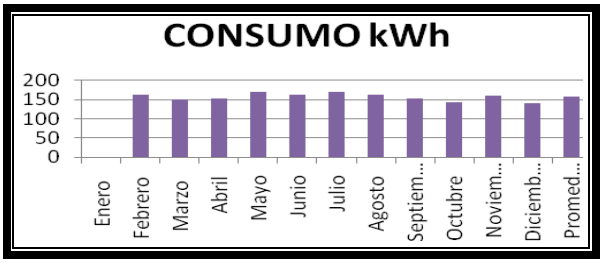


Figura 1. Consumo KWh mensual del año 2008

Observese el valor que tuvo el KWh en los ultimos seis meses del año 2008 y el valor promedio respectivo, (ver figura 2, tabla 4).

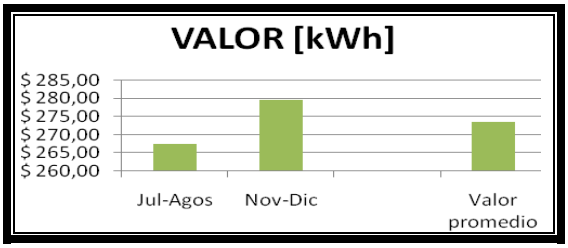


Figura 2. Valor KWh durante al año 2008

Tabla 4. Valor promedio [KWh]

PERIODO	VALOR kWh Según factura
Jul-Agos	$ 267,54
Nov-Dic	$ 279,6809
Valor promedio kWh	$ 273,61

Para los estratos 1,2 y 3, se tiene un subsidio por parte del gobierno que hace que la cantidad del costo de energía no sea la total a cancelar (ver tabla 5 y Fig. 3).

Tabla 5. Subsidio mensual

PERIODO SUBSIDIADO	VALOR MENSUAL SUBSIDIADO
Jul. 4 – Ago. 4	$ 16.134,00
Nov. 3 – Dic. 3	$ 17.592,00
Valor promedio SUBSIDIO	$ 16.863,00

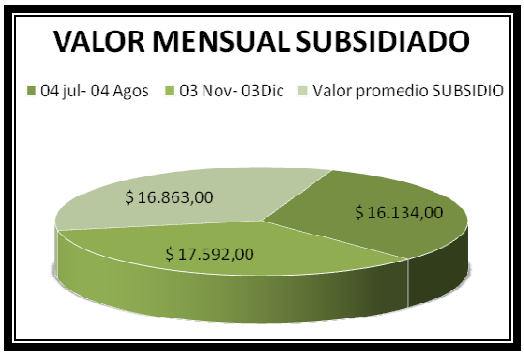


Figura 3. Subsidio mensual

Conociendo el valor del consumo mensual se obtuvieron los valores del consumo diario con y sin subsidio, esto se hizo con el fin de saber los valores de los límites de crédito inferior y superior que debería manejar el prototipo. Ver tabla 6, Fig. 4.

Tabla 6. Valor consumo mensual

VALOR CONSUMO MENSUAL 2008					
MES	VALOR MENSUAL	VALOR DIARIO SINSUBSIDIO	VALOR PROMEDIO SUBSIDIO	VALOR MENSUAL SUBSIDIADO	VALOR DIARIO SUBSIDIADO
Junio	$ 44.324,8929	$ 1.477,4964	$ 16.863,0000	$ 27.461,8929	$ 915,3964
Julio	$ 46.513,7765	$ 1.500,4444	$ 16.863,0000	$ 29.650,7765	$ 988,3592
Agosto	$ 44.598,5034	$ 1.438,6614	$ 16.863,0000	$ 27.735,5034	$ 924,5168
Septiembre	$ 41.862,3988	$ 1.395,4133	$ 16.863,0000	$ 24.999,3988	$ 833,3133
Octubre	$ 39.126,2944	$ 1.262,1385	$ 16.863,0000	$ 22.263,2944	$ 742,1098
Noviembre	$ 43.777,6720	$ 1.459,2557	$ 16.863,0000	$ 26.914,6720	$ 897,1557
Diciembre	$ 38.579,0735	$ 1.244,4862	$ 16.863,0000	$ 21.716,0735	$ 723,8691
Promedio Mensual	$ 42.683,2302	$ 1.396,8423	$ 16.863,0000	$ 25.820,2302	$ 860,6743

Los valores de los limites a los que se llegaron fueron de $2000 como límite inferior y $50000 como límite superior, esto quiere decir que, cuando el medidor tenga como crédito un valor cercano o igual a $50000 no se correrá el riesgo de desconexión de energía durante aproximadamente treinta días: por el contrario si se tiene un crédito de $2000 solo se tendrá suministro para un día, cabe anotar que este consumo debe ser el habitual ya que si se excede en este la carga puede durar un tiempo menor.

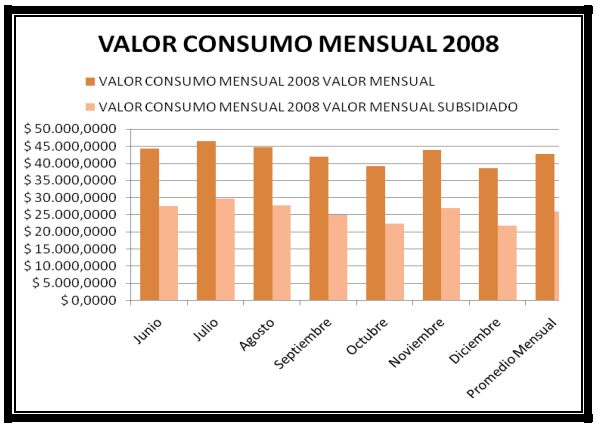


Figura 4. Promedio del valor con respecto al consumo mensual.

La curva característica del medidor fue elaborada gracias a unas pruebas que se le realizaron al medidor, las pruebas consistieron en conectarle diferentes cargas al medidor y observar cuanto tiempo tardaba en dar un giro y cuantas revoluciones daba en un minuto; se tomaron mas de una medida para manejar un tiempo promedio y así poder elaborar una curva característica del medidor con el consumo de la residencia para la cual fue planteado el proyecto (ver tabla 7, Fig. 5, Fig. 6). [6] [7] [8].

Tabla 7. Pruebas características del medidor

PRUEBAS CARACTERISTICAS DEL MEDIDOR									
TIPO DE CARGA	CARGA [W]	Medida 1 (segundos)	Medida 2 (segundos)	Medida 3 (segundos)	Medida 4 (segundos)	Medida 5 (segundos)	Medida 4 (segundos)	TIEMPO PROMEDIO GIRO DEL DISCO (Segundos)	REV. POR MINUTO (Vueltas)
Cautín	40	93,6	104,3	104,8	-	-	-	100,9	0,5946
Lámpara incandescente	100	29,9	25,3	26,1	-	-	-	27,1	2,2140
Plancha	1000	1,6	2,5	2,7	2,5	2,3	2,2	2,3	26,0870
6 Televisores	2000	Datos evaluados sobre la ecuación de la curva característica							51,546
Horno	3000								77,546
Secadora de Ropa	4000								103,546
25 Tomacorrientes	5000								129,546
Estufa	6000								155,546
1 Estufa, 1 Waflera	6900								178,946

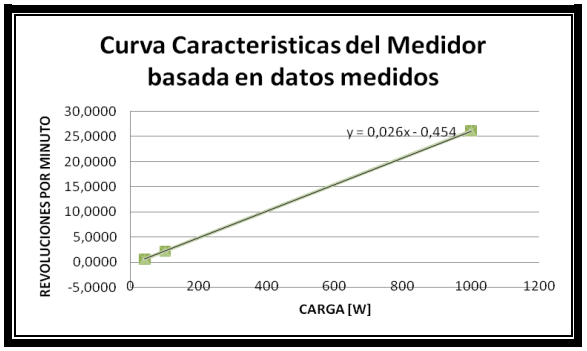


Figura 5. Curva característica del medidor.

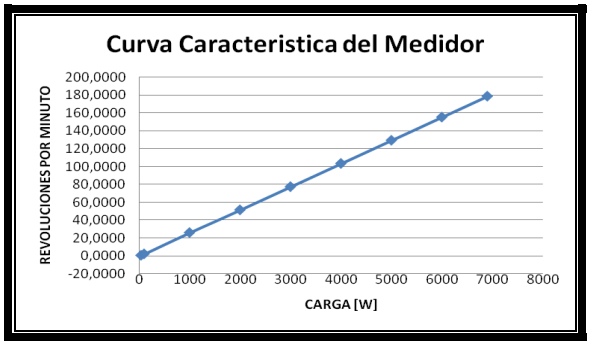


Figura 6. Curva característica del medidor.

2.2. Partes que componen el sistema

El medidor implementado es un medidor monofásico bifilar bicuerpo, con los siguientes módulos: [9] [10]

EMU (Unidad de manejo de energía): conocido también con el nombre de medidor, es el encargado de medir el consumo de energía eléctrica, implementa la medición y las funciones de control de carga.

CIU (Unidad de interfaz con el usuario): sistema de control que cuenta con un modulo de entrada y otro de salida (teclado y display).

Conexión de la EMU con la CIU: se hace a través de un cable telefónico 2x20 que conduce 12 voltios.

Modulo de Entrada (Teclado Hexadecimal): Este se encuentra en la CIU consta de 10 dígitos numéricos, asterisco, numeral y cuatro teclas alfabéticas el cual nos facilita el ingreso de los códigos y desplazamiento en el menú de la CIU las cuales son funciones de control.

Modulo de Salida (Sistema de Visualización): se tiene un indicador de alarma (led amarillo, led verde y led rojo), el cual brinda una indicación visible del nivel en que se encuentra el crédito, es decir, para un nivel de crédito alto estará encendido el led verde, para un nivel de crédito intermedio el led amarillo y para el nivel bajo el led rojo. Otro medio de visualización es el display el cual brinda la posibilidad de visualizar los datos según parámetros establecidos en la programación del microcontrolador.

2.3. Diseño de la solución.

Entre los diferentes componentes del prototipo existen ciertas relaciones las cuales se muestran en el diagrama de bloques de la figura 7. Como se puede observar todo conduce al modulo de control, ya que este es el que procesa toda la información que está en los puertos de entrada, y dirigirlos a los puertos de salida. Cada bloque del sistema se describirá más ampliamente a continuación.

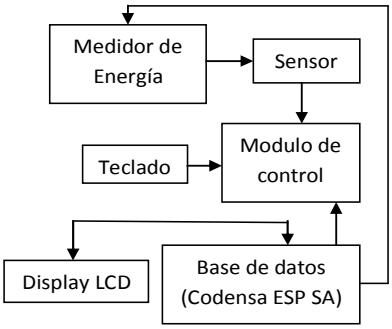


Figura 7. Diagrama de Bloques del sistema

Medidor de Energía: el medidor de energía es un medidor común, estará alimentado por la acometida de la residencia como un medidor postpago, cuando se le conecte una carga, un disco que tiene en su interior empezara a dar giros inmediatamente, cada vez que realice un giro o revolución el disco pasara una franja delgada de color negro que permitirá identificar al sensor que lo ha realizado.

Sensor: el sensor que se empleo es un seguidor de línea, tiene en interior un emisor y un receptor, el emisor se encarga de identificar si hay un cambio de color o luminosidad en el objeto, en nuestro caso el disco, y lo transmite al receptor, si se presentan cambios, el receptor va a generar pulsos diferentes en su salida y se quedara así hasta que nuevamente cambie su estado. La salida del sensor esta conectada a un puerto del microcontrolador, el cual es el componente fundamental del modulo de control, el puerto al que esta conectado el sensor tiene la particularidad de que cada vez que se presenta un pulso o flanco, lo envía a una parte del programa que tiene el microcontrolador para que realice con este un conteo.

Para el sensor se manejó la siguiente configuración, cada vez que ve detecta el color negro envía un cero lógico; el circuito que se empleo y la configuración del sensor se muestran en la Fig. 8, el valor de R1 y R2 son de 220Ω y 10KΩ respectivamente.

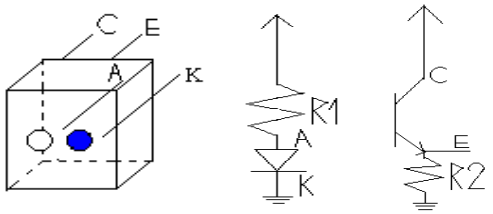


Figura 8. Configuración del Sensor CNY70

Modulo de Control: como se menciono anteriormente el microcontrolador es el componente fundamental del modulo, aparte de ser un circuito integrado, el microcontrolador se compone de un procesador y una memoria. Para determinar lo que puede hacer el procesador esta un conjunto de instrucciones, las cuales puntualizan las diferentes operaciones que puede realizar el procesador, la amplitud de las instrucciones es grande ya que se puede trabajar con datos u operando los que se encuentran en un

registro interno. Para el prototipo del medidor se creó un programa, el cual hace que se pueda acceder a diferentes opciones, para seleccionar la opción a la que se quiere tener acceso se digital una tecla del teclado que está conectado a uno de los puertos de entrada y que se explicara mas adelante. Para la visualización de la opción o de la información que queremos ver, se tiene un display, el cual recibe la orden del microcontrolador para mostrar los datos.

Para alguna de las opciones no se puede tener un control absoluto, por esto es que algunos datos deben ser enviados a una base de datos de la empresa suministradora de servicio de energía eléctrica, para que esta los evalúe y envié de nuevo al sistema. Por ejemplo, cuando se quiere realizar una recarga al medidor se debe introducir un código, para determinar a qué valor corresponde dicho código o para evitar fraude, este código después de ser digitado en el teclado es enviado a la base de datos, cuando esta haya definido cual es su valor y que no sea fraudulenta enviara la información al microcontrolador y este la almacenara. Para entender un poco más el programa se realizó un diagrama de flujo. Ver figura 9.

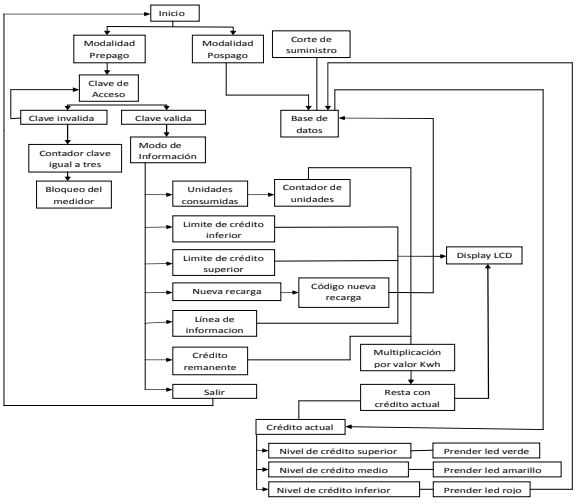


Figura 9. Diagrama de flujo del programa

Teclado: es un dispositivo de entrada para el modulo de control, está formado por 16 teclas, cada vez que una es oprimida envía una señal al microcontrolador para que este la capture y la muestre según sea el caso.

Para programar el microcontradolador en el lenguaje assembler se tuvo en cuenta la configuración del teclado hexadecimal y el código correspondiente a cada tecla.

Al teclado también se le realizó una prueba que nos permitió conocer que contactos según la fila y la columna se ponían en uno, es decir, para cada tecla hay una combinación diferente en binario y en hexadecimal cada vez que es oprimida una el micro la procesa y la envía a la rutina que pertenece con la ventaja de que no va ser enviada a otra rutina a menos que se halla oprimido otra tecla diferente a la deseada.

Display LCD: es una salida controlada por el microcontrolador para visualizar todo aquella información pertinente al prototipo.

Base de datos: la base de datos será una entrada y una salida para el modulo de control (microcontrolador), solo podrá tener acceso a esta, la empresa prestadora del servicio, por esto su funcionamiento no se podrá describir con exactitud, lo único que podemos decir de esta, es que se encargara de los códigos para una nueva recarga, la que enviara una señal cuando no se deba suministrar más energía eléctrica (crédito remanente igual a cero) y para el cambio de modalidad de pago ya que para hacer esto último la empresa debe definir si se puede realizar este cambio y bajo que parámetros.

3. RESULTADOS

Para observar el funcionamiento del prototipo cada vez que se realizó una parte del programa con sus respectivas instrucciones se comprobó etapa por etapa verificando así que se cumpliera cada una de ellas. Debido a que no se tenía una base de datos con la cual trabajar se diseñó una instrucción que simulara que recargaba el medidor con el objetivo de ver si se realizaba la recarga y que cada vez que se consumiera se disminuyera el crédito.

Cada vez que se consume un Vatio se disminuye el crédito doscientos pesos, es decir que la disminución no se observa cada vez que se consume un kilovatio si no cada Vatio, el valor que se utilizó se escogió con el propósito de poder realizar las diferentes pruebas, como es el observar la disminución total del crédito con un nivel de crédito superior en poco tiempo. Para que las señales por parte del sensor se capturaran de forma precisa se utilizó un led a chorro, para que la luz de este fuera reflejada por el disco cuando se encontrara en transición.

El tiempo de proceso para cada instrucción depende del valor del cristal que esté conectado al microcontrolador, este tuvo que ser modificado, ya que cada vez que el display estaba en el modo de información y quería mostrar algo a la vez que se consumía un Vatio y el sensor enviaba la señal que se había realizado, este se detenía para realizar la rutina correspondiente, aunque esta se mostraba era algo tardía, para solucionar este problema se implementó un cristal que proporcionara un tiempo de ejecución menor. Debido a que cada instrucción se realiza de forma rápida para que se puedan observar las diferentes opciones a las cuales se tiene acceso se crearon diferentes retardos dentro del programa que permiten que la visualización de estas sea mayor.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante la realización del proyecto conocimos gran parte de la normatividad vigente la cual a través de los días se ha ido modificando en son de mejora, estas dan a conocer la forma de instalación de los medidores prepagos monocuerpo y bicuerpo, los sitios y requisitos donde se puede prestar este servicio entre otros.

Los primeros proyectos realizados sobre distribuidoras de energía eléctrica en Latinoamerica y los que abrieron camino fueron los realizado en Argentina y para la empresa Edenor S.A. fueron ejecutados y siguen vigentes en Escobar (100 clientes-2001), y Merlo (5000 clientes – 2003), uno de los mayores problemas para que no se extendieran fueron los precios fuertemente subsidiados de las tarifas eléctricas y la falta de una regulación que permitiera utilizar los medidores prepagos.

Se realizó la visita a la compañía Codensa ESP. SA donde se nos dio a conocer los sistemas tecnológicos implementados como pruebas pilotos entre los cuales está la instalación de medidores prepago, los sistemas de telemedida y nuevos proyectos desarrollados por medio de la domotica.

Se observó que las compañías comercializadoras realizan las pruebas pilotos para ver las posibles falencias de los nuevos sistemas y así corregirlos antes de implementar a nivel general en el sistema eléctrico, ya que deben generar y asegurar sus propias capacidades para resolver los inconvenientes que se presenten, dar solidez al sistema eléctrico con la durabilidad de dichos proyectos en el mercado.

Contrastado con otros sistemas para el control de consumo de energía eléctrica, la implementación del prototipo aparte de contribuir con el uso racional de energía eléctrica, es económico, lo cual hace que sea accesible par personas de escasos recursos económicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres en especial a mi mamá, al Ing. Cesar Hernández quien confió en nosotras y nos apoyo para que este proyecto se hiciese realidad.

Catalina Luengas

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] FLOWER LEIVA. “Instalaciones Residenciales”. [Libro] Bogotá. capitulo 6 y 7 [consultado enero de 2009].

[2] EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN (epm). Normas de montajes complementarios. En: Instalación del medidor de energía prepago. [en línea]. Bogotá. s.n.; 1-7 pág. [Consultado 24 enero de 2009] Disponible en: http://www.eeppm.com./epm/institucional/documents/RA6-016.pdf

[3] CASHPOWER SUDAMERICANA S.A. Product Specification Sheet – Cashpower, [en línea]. España. s.n.2004; 1-9 pág. [Consultado 24 mayo de 2008]. Disponible en: http://www.cashpower.com

[4] LANDIS+GYR. Guía del usuario Gemini CSM – Cashpower. [en línea]. España. s.n.; 1-17 pág. [Consultado 24 mayo de 2008] Disponible en: http://www.landisgyr.com

[5] EMPRESAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA NORTE – CENTRO. Propuesta de Costos de Conexión a la red de distribución eléctrica, de los suministros a ser atendidos con medidores prepago. [en línea]. Lima. s.n. 2006. [Consultado 15 de junio de 2008].Disponible en: http://www2.osinerg.gob.pe/ProcReg/ServicioPrepago/Prepago_AudienciaPublica/Hidrandina.pdf

[6] COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS (CREG). Comunicado de prensa. En: Servicio prepago - una alternativa real para los usuarios de energía eléctrica en Colombia. [en línea]. Bogotá. s.n.2004; 1 – 3 pág. [Consultado 28 de julio de 2008]. Disponible en: http://www.creg.gov.co

[7] COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS (CREG). Resolución 108 de 1997. [en línea]. Bogotá. s.n.1997; 1 – 28 pág. [Consultado 15 de septiembre de 2008]. Disponible en: http://www.creg.gov.co

[8] COMISION DE REGULACION DE ENERGIA Y GAS (CREG). Resolución 096. [en línea]. Bogotá. s.n.2004; 1 – 7 pág. [Consultado 15 de septiembre de 2008]. Disponible en: http://www.creg.gov.co

[9] U.V. Alvaro, M.C. Luis E., Decreto 3735. [en línea]. Bogotá. s.n.2003; 1 – 11 pág. [Consultado 13 de agosto de 2008]. Disponible en: http://minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/form_consultar_normas_energia.jsp?parametro=678site=1

[10] G.G. Juan F., Decreto 1633. [en línea]. Bogotá. s.n.2007; 1 – 13 pág. [Consultado 13 de agosto de 2008]. Disponible en: http:/www.eepm.com/epm/institucional/documents/Decreto1633.pdf