



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL DE ENERGÍA BASADO EN UN SISTEMA EMBEBIDO**

TESIS

Para obtener el grado de
Ingeniero en Redes

PRESENTA

JANNET GOMEZ SANTIN

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Freddy Ignacio Chan Puc

ASESORES

M.C. Emmanuel Torres Montalvo
Dr. Víctor Manuel Sánchez Huerta


UNIVERSIDAD DE
QUINTANA ROO
SERVICIOS ESCOLARES
TITULACIONES





UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Trabajo de Tesis elaborado bajo supervisión del Comité de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

INGENIERO EN REDES

Comité de Trabajo de Tesis

Director:



Dr. Freddy Ignacio Chan Puc

Asesor:

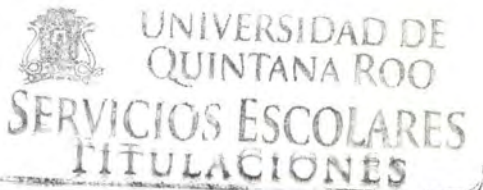


M.C. Emmanuel Torres Montalvo

Asesor:



Dr. Víctor Manuel Sánchez Huerta



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

*A mi padre **Gilberto Gomez Cobos** que con amor, esfuerzo y dedicación me ha encaminado en el bien, por todos sus sabios consejos que me motivaron a terminar mis estudios, pero sobre todo por su incondicional apoyo. Por esto y muchas razones más te dedico con amor esta tesis papá.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

A Dios por prestarme vida y sabiduría para estar siempre en el buen camino, acompañándome todos los días.

A mis hermanas Selenia y Elizabeth por el apoyo brindado con papá.

A mi familia por el apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

A Juan Antonio Gonzales Morones por su apoyo incondicional y acompañarme a desvelarme todas las noches durante la realización de la tesis.

A mis profesores Dr. Freddy Chan Puc, M.C. Emmanuel Torres Montalvo y Dr. Víctor Sánchez Huerta por todo el apoyo brindado, paciencia y comprensión durante mi tesis y carrera.

A la profesora M.T.I. Melissa Blanqueto Estrada por su aportaciones en la tesis en el área de programación y el apoyo brindado durante mi carrera en la universidad.

RESUMEN

El ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica es factible de lograrse a través de sistemas inteligentes que determine la conexión y desconexión de cargas no críticas con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica en una instalación. Actualmente se cuenta con tecnologías de control digital que permite la implementación de sistemas ahorradores de energía.

En este trabajo se presenta el desarrollo e implementación de un sistema de control de energía basado en un sistema embebido. Se empleó el sistema embebido ALUX V.1.1, basado en microcontrolador PIC[®] 18F2550, desarrollado por el Centro de Investigaciones Científica de Yucatán (CICY). La programación, se realizó en el lenguaje C.

El objetivo principal es el diseñar un sistema en de control de consumo de energía que funcione en tiempo real, recolectando datos de consumo de KWh cada hora y así poder hacer una proyección aproximada de costo por facturación eléctrica doméstica o Domestica de Alto Consumo bimestral. Esto proporciona al usuario un monitoreo constante de su consumo y la opción de controlar y reducir el consumo mediante la programación de niveles máximos permitidos en periodos de una hora.

Se incluye un control para cargas no críticas que el usuario determina. Al alcanzar un determinado valor de consumo el sistema envía señales de desconexión de dichas cargas.

El algoritmo incluye ajuste de años bisiestos, tarifas de verano y cálculo del consumo basado tarifas vigentes de CFE.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
Capítulo I. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
Capítulo II. Tarifas eléctricas	3
2.1 Introducción al estudio de facturación eléctrica residencial.	3
2.2 Tarifas domésticas.....	4
2.2.1 Temperatura media de cada región.	5
2.2.2 Variación de precios del período de verano y no verano.	6
2.2.3 Cálculo de precios en bimestres mixtos.	7
2.3 Tarifas domésticas de Alto Consumo.	9
2.3.1 Ejemplo del cálculo de tarifas domésticas y DAC.	10
2.4 Análisis de un recibo de luz.	13
Capítulo III. Diseño del sistema del control de consumo de energía eléctrica	18
3. 1 Diagramas de flujo del algoritmo: Sistema de control de demanda de energía eléctrica	18
3.1.1 Cálculo de consumo de energía eléctrica general.....	18
3.1.2 Bimestres mixtos de entrada y salida de verano.	19
3.1.4 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa DAC.	23
3.1.5 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa de verano.	24

3.1.6 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa de no verano.....	25
3.2 Sistema ALUX	26
3.3 Algoritmo para la implementación del sistema de control de demanda de energía eléctrica.	30
Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones futuras	33
4.1 Conclusiones	33
4.2 Trabajos futuros.....	34
Bibliografía	36
Anexo A. Código del sistema de control de demanda de energía.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 1 Relación entre tarifas y temperatura promedio en el servicio doméstico.	5
Tabla 2 2 Temporada de tarifa de verano.	6
Tabla 2 3 Temporada de tarifa fuera de verano.	7
Tabla 2 4 Entrada de verano.	7
Tabla 2 5 Salida de verano.	8
Tabla 2 6 Límite de KWh para pasar a tarifa DAC.	9
Tabla 2 7 Tarifa Doméstica de Alto Consumo.	10
Tabla 2 8 Ejemplo de cálculo de tarifa doméstica 1C en verano.	10
Tabla 2 9 Ejemplo de cálculo de tarifa doméstica 1C fuera de verano.	11
Tabla 2 10 Ejemplo de cálculo de tarifa Doméstica de Alto Consumo.	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2 1 Mapa de las regiones de México según tarifas de la CFE.	4
Figura 2 2 Recibo de luz.....	13
Figura 2 3 Datos generales de recibo de luz.	14
Figura 2 4 Cálculo de consumo bimestral en recibo de luz.	14
Figura 2 5 Medición de consumo en recibo de luz.	15
Figura 2 6 Detalle de facturación de recibo de luz.	16
Figura 2 7 Promedio diario de un recibo de luz.	16
Figura 2 8 Avisos importantes del recibo de luz.	17
Figura 2 9 Talón de caja del recibo de luz.....	17
Figura 3 1 Consumo de energía general.....	19
Figura 3 2 Bimestre mixto entrada de verano.....	21
Figura 3 3 Bimestre mixto salida de verano.	22
Figura 3 4 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa DAC.	23
Figura 3 5 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa verano.	24
Figura 3 6 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa no verano.	25
Figura 3 7 Tarjeta ALUX V1.1.	27
Figura 3 8 Tarjeta ALUX con algoritmo implementado.....	28
Figura 3 9 Máquina virtual con ALUX V1.1.	29
Figura 3 10 Máquina virtual Windows XP.....	29

Capítulo I. Introducción

1.1 Antecedentes

Un sistema de control de energía funciona básicamente para tener un control sobre el consumo de energía eléctrica consumida, por ejemplo, en cada hogar se tiene aparatos o dispositivos eléctricos que constantemente están consumiendo energía. Dicha energía eléctrica la proporciona la Comisión Federal de Electricidad, es por ello, que cada bimestre se genera un costo total a pagar. Es hasta entonces que el usuario conoce el costo final de su consumo de energía. El sistema de control de energía será el encargado de poder estimar esta facturación de los kilowatts/hora consumidos durante un bimestre por medio de un sistema embebido, es decir, un microcontrolador. Utilizando una interfaz llamada ALUX que fue desarrollada en el Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Actualmente existen diversos aparatos o software para poder hacer el monitoreo de la demanda de energía eléctrica, pero estos aparatos especializados resultan muy costosos o sólo están dedicados para ser utilizados en la industria. Por ejemplo, la industria Schneider Electric que tiene software especializado para el monitoreo de la energía llamado Power Monitoring Expert¹, la industria Xataka Home² que ofrece un paquete integral de software y hardware especializado para el monitoreo de energía eléctrica, la industria Rockwell Automation tienen un monitor

¹ Schneider Electric [en línea]. [Consultado 1 agosto 2014]. Disponible en: <http://www.schneider-electric.com/products/mx/ls/4100-sistema-de-administracion-y-monitoreo-de-la-energia/4170-software-de-monitoreo-y-control-de-energia/61280-power-monitoring-expert-72/>

² Xataka Home [en línea]. [Consultado 1 agosto 2014]. Disponible en: <http://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/controla-tu-consumo-electrico-con-efergy>

especializado para obtener el uso de la energía consumida llamado PowerMonitor 500³.

Pero ninguno de estos software o hardware están especializados para realizar el monitoreo y además poder obtener el costo total de las tarifas domésticas que maneja la CFE, ya que todos estos aparatos o dispositivos no son diseñados para el uso en México ni acorde a los lineamientos que marca la CFE para el cálculo de las tarifas domésticas.

El ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica es factible de lograrse a través de sistemas inteligentes que determine la conexión y desconexión de cargas no críticas con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica en una instalación. Actualmente se cuenta con tecnologías de control digital que permite la implementación de sistemas ahorradores de energía.

El presente trabajo pretende desarrollar una solución de control de consumo de energía eléctrica basada en microcontrolador. Se empleara un sistema embebido (ALUX) desarrollado por el Centro de Investigaciones Científica de Yucatán (CICY).

³ Rockwell Automation [en línea]. [Consultado 1 agosto 2014]. Disponible en: <http://ab.rockwellautomation.com/es/Energy-Monitoring/1420-PowerMonitor-500>

Capítulo II. Tarifas eléctricas

2.1 Introducción al estudio de facturación eléctrica residencial.

La energía eléctrica es indispensable para la realización de la vida cotidiana, dado a que es utilizado para realizar diversas actividades como lo son; las labores domésticas, de trabajo e industriales por mencionar algunos ejemplos. Es por ello que la demanda de energía eléctrica durante los últimos años se ha incrementado exponencialmente en todo el mundo.

En nuestro país generar energía eléctrica resulta costoso y contaminante debido a que la mayoría de la energía generada es por medio de plantas termoeléctricas, actualmente la mayoría de la energía eléctrica producida es por medio de “Ciclo combinado”⁴, que es una combinación de turbogas y vapor, que bien a simple vista resulta una forma ecológica de generar energía eléctrica, la realidad es que la generación de energía termoeléctrica es altamente contaminante ya que genera óxido de azufre, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos entre otros⁵.

Es por ello que el ahorro y uso eficiente de energía es un tema de suma importancia ya que nos ayuda a cuidar el medioambiente y la economía. Un paso muy importante para disminuir el impacto ambiental, es generar la energía eléctrica acorde a nuestras necesidades, es decir, evitando en lo posible las “fugas eléctricas” o demanda de energía eléctrica innecesaria.

⁴ *Comisión Federal de Electricidad* [en línea]. [Consultado 30 julio 2014]. Disponible en: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/layouts/mobile/dispform.aspx?List=4464ce6f-67ad-4144-86f7-0ef65426ecaf&View=fd9ad4cf-fba8-47c7-bc2e-58584c8b4ae0&ID=2

⁵ *Energía nuclear* [en línea]. [Consultado 30 julio 2014]. Disponible en: <http://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqs-sobre-energia/capitulo-10/article/115510-132-ique-contaminacion-producen-las-centrales-termoelectricas>

2.2 Tarifas domésticas.

La Comisión Federal de Electricidad es la encargada de generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica en todo México y la unidad de medida que utiliza es el Kilowatt por hora (kW/h). El costo de las tarifas están sujetas al tipo de región en el que usuario se encuentra dentro de la república mexicana, tipo de nivel de tensión que maneja y grupo de cliente al que pertenece según clasificación de CFE.

Se considera región tarifaria ⁶ a las diferentes regiones en los costos del suministro de energía eléctrica con el objeto de reflejar el costo real del servicio. A continuación se presenta la Ilustración 2.1 con las regiones tarifarias de acuerdo a la CFE.

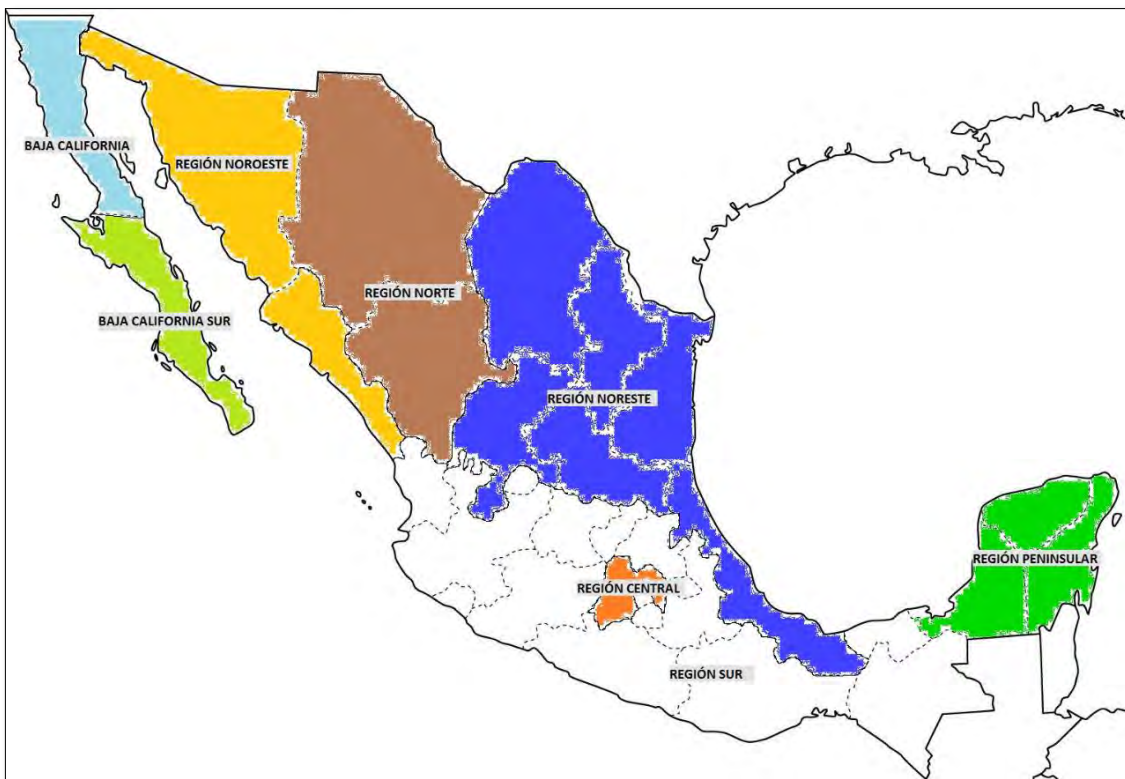


Figura 2 1 Mapa de las regiones de México según tarifas de la CFE.

⁶ La CFE Disposiciones complementarias [en línea]. [Consultado 30 julio 2014]. Disponible en: <http://www.cfe.gob.mx/Industria/ConoceTuTarifa/Paginas/Disposiciones-complementarias.aspx>

Los niveles de tensión de suministro están conforme a la capacidad de carga que manejan, en el caso de tarifas domésticas se encuentra dentro de la clasificación de Baja tensión que es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1kilovolt.

También se manejan distintos tipos de tarifas eléctricas de acuerdo a cinco grupos de clientes: domésticos, agrícola, industrial, comercial y servicio. Los clientes domésticos utilizan las siguientes tarifas residenciales; 1, 1A, 1B, 1C, 1E, 1F y Doméstica de Alto Consumo, de las cuales, comúnmente se maneja la tarifa de tipo 1C y DAC que es lo que trataremos a partir de ahora.

2.2.1 Temperatura media de cada región.

La temperatura influye en el tipo de tarifa que se va aplicar, debido a que puede haber mayores gastos en una temperatura alta por el tipo de mantenimiento que se le da a las instalaciones, como por ejemplo la refrigeración o ventilación especial. En la tabla 2.1 se logra apreciar que dependiendo de la temperatura media se asigna una letra.

Tabla 2 1 Relación entre tarifas y temperatura promedio en el servicio doméstico.

Clasificación CFE	1	1A	1B	1C	1D	1E	1F	DAC
Temperatura	Servicio doméstico.	Media mínima de 25°C.	Media mínima de 28°C.	Media mínima de 30°C.	Media mínima de 31°C.	Media mínima de 32°C.	Media mínima de 33°C.	Aplica cuando excede el límite establecido.

Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Factor de ajuste. Disponible en: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/factores/factores_casa.asp?tarifa=TEDOM&anio=2014 (Fecha de consulta: 4 de agosto de 2014).

2.2.2 Variación de precios del período de verano y no verano.

- Temporada de verano.

El período de aplicación de esta tarifa comprende los 6 meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. Los 6 meses restantes se aplican los precios de la temporada Fuera de Verano (1).

Tabla 2 2 Temporada de tarifa de verano.

Rango de consumo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Básico 1-150	0.703	0.705	0.707	0.709	0.711	0.713	0.715	0.717	0.719	0.721	0.723	0.725
Intermedio bajo 151-300	0.823	0.826	0.829	0.832	0.835	0.838	0.841	0.844	0.847	0.850	0.853	0.856
Intermedio alto 301-450	1.055	1.058	1.061	1.064	1.067	1.070	1.073	1.077	1.081	1.085	1.089	1.093
Excedente	2.817	2.826	2.835	2.844	2.853	2.862	2.871	2.880	2.889	2.898	2.907	2.917

Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Tarifas Domésticas, 2014 cargos por energía (\$/KWh). Disponible en: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=domesticas2003&anio=2014 (Fecha de consulta: 4 de agosto de 2014).

- Temporada fuera de verano.

Tabla 2 3 Temporada de tarifa fuera de verano.

Rango de consumo	Temporada fuera de verano											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Básico 1-75	0.792	0.795	0.798	0.801	0.804	0.807	0.810	0.813	0.816	0.819	0.822	0.825
Intermedio 76-175	0.963	0.966	0.969	0.972	0.975	0.978	0.981	0.984	0.987	0.990	0.993	0.996
Excedente	2.817	2.826	2.835	2.844	2.853	2.862	2.871	2.880	2.889	2.898	2.907	2.917

Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Tarifas Domésticas, 2014 cargos por energía (\$/KWh). Disponible en: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=domesticas2003&anio=2014 (Fecha de consulta: 4 de agosto de 2014).

2.2.3 Cálculo de precios en bimestres mixtos.

CFE plantea una serie de pasos a seguir para poder realizar la facturación cuando hay una transición de entrada o salida de verano, que se denomina bimestres mixtos. En breve se mostrara unas tablas que contienen un resumen de las reglas a seguir.

- Entrada de verano.

Tabla 2 4 Entrada de verano.

Días de verano	Entrada de verano			
	Fuera de verano		Verano	
	Consumo	Cuota	Consumo	Cuota
Menos de 16	100%	30 días antes	-	-
Más de 15 y menos de 31	C_1	30 días antes	C_2	del mes
Más de 30 y menos de 46	C_1	60 días antes	C_2	30 días antes
Más de 45	-	-	100%	30 días antes

El cálculo de C_1 y C_2 se realiza de la siguiente manera:

- a) Se determinará el consumo promedio diario del período anterior de facturación, es decir, de aquel que contenga únicamente días del período fuera de verano (CPDFV), así como el consumo promedio diario del período mixto de entrada de verano (CPDME).
- b) El consumo promedio diario que resulte menor entre CPDFV y CPDME se multiplicará por el número de días del período fuera de verano a fin de calcular el consumo C_1 , el consumo C_2 se calculará por diferencia entre el consumo total y C_1 .

- Salida de verano.

Tabla 2 5 Salida de verano.

Días de verano	Salida de verano			
	Fuera de verano		Verano	
	Consumo	Cuota	Consumo	Cuota
Menos de 16	100%	30 días antes	-	-
Más de 15 y menos de 31	C_2	30 días antes	C_1	del mes
Más de 30 y menos de 46	C_2	60 días antes	C_1	30 días antes
Más de 45	-	-	100%	30 días antes

El cálculo de C_1 y C_2 se realiza de la siguiente manera:

- a) Se determinará el consumo promedio diario del período de facturación, utilizado en el cálculo a la entrada del período de verano (CPDFV), y el consumo promedio diario del período mixto de salida de verano (CPDMS).

- b) El consumo promedio diario que resulte menor entre CPDFV y CPDMS se multiplicará por el número de días del período fuera de verano a fin de calcular el consumo C_1 , el consumo C_2 se calculará por diferencia entre el consumo total y C_1 .

2.3 Tarifas domésticas de Alto Consumo.

Un usuario de tarifa doméstica diferente a DAC, se hace acreedor a la tarifa DAC, cuando el usuario a sobre pasado el límite de consumo bimestral promedio en los últimos 12 meses de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 2 6 Límite de KWh para pasar a tarifa DAC.

Tarifa	Límite para ingresar a tarifa de alto consumo
1	500 KWh/bimestre
1A	600 KWh/bimestre
1B	800 KWh/bimestre
1C	1,700 KWh/bimestre
1D	2,000 KWh/bimestre
1E	4,000 KWh/bimestre
1F	5,000 KWh/bimestre

Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Tarifas Domésticas de Alto Consumo. Disponible en: http://www.cfe.gob.mx/casa/4_Informacionalcliente/Paginas/Tarifa-DAC.aspx (Fecha de consulta: 4 de agosto de 2014).

Es decir se suma el total de kW/h de los últimos 6 bimestres que viene en el recibo de luz y se divide entre 12 que son los meses del año, el resultado no debe de sobre pasar los a 850 kWh/mes para la tarifa 1C.

A continuación se presenta la tabla en donde vienen indicados el costo tarifario de la tarifa DAC.

Tabla 2 7 Tarifa Doméstica de Alto Consumo.

Cargos por									
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Cargo fijo (\$/mes)	78.43	78.40	79.25	79.88	79.98	79.59	79.53	79.69	79.94
Cargo por energía consumida (\$/kWh)	3.546	3.579	3.534	3.555	3.520	3.523	3.541	3.581	3.557

Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Tarifas Domésticas de Alto Consumo. Disponible en: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_casa.asp?Tarifa=DAC2003&Anio=2014&mes=8&imprime= (Fecha de consulta: 21 de agosto de 2014).

2.3.1 Ejemplo del cálculo de tarifas domésticas y DAC.

En breve se presenta un ejemplo sencillo de cómo el consumir unos Kilowatts de más puede afectar considerablemente el importe a pagar en el recibo de luz, debido a que se pasa de tarifa 1C a tarifa DAC. Podemos apreciar en la tabla 3.6 el consumo de un usuario 1C con horario de verano, en la tabla 3.7 fuera de verano y en la tabla 2.8 con tarifa DAC todas con un consumo de 1800 kW/h en el bimestre en el mes de septiembre.

Es de relevancia mencionar que si la fecha de corte es en el mes de septiembre, entonces se tomara como cuota para realizar los costos de facturación 30 días antes, es decir, el mes de agosto, esto aplica siempre en cualquier caso.

Tabla 2 8 Ejemplo de cálculo de tarifa doméstica 1C en verano.

Verano				
Tipo de consumo	Costo por kW/h en agosto	Límite de kW/h consumibles por mes	Consumo bimestral por parte del usuario	Costo total por kW/h
Básico	\$0.717	Por cada uno de los primeros 150 kilowatts-hora.	300 kW/h	\$215.100

Intermedio bajo	\$0.844	Por cada uno de los siguientes 150 kilowatts-hora.	300 kW/h	\$253.200
Intermedio alto	\$1.077	Por cada uno de los siguientes 150 kilowatts-hora.	300 kW/h	\$323.100
Excedente	\$2.880	Por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.	900 kW/h	\$2592.000
Consumo total de kW/h			1800 kW/h	
Costo total a pagar				\$3383.400

Tabla 2 9 Ejemplo de cálculo de tarifa doméstica 1C fuera de verano.

Fuera de verano					
Tipo de consumo	Costo por kW/h en agosto	Límite de kW/h consumibles por mes	Consumo bimestral por parte del usuario	Costo total por kW/h	
Básico	\$0.813	Por cada uno de los primeros 75 kilowatts-hora.	75 kW/h	\$60.975	
Intermedio	\$0.984	Por cada uno de los siguientes 100 kilowatts-hora.	100 kW/h	\$98.400	
Excedente	\$2.880	Por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.	1625 kW/h	\$4680.000	
Consumo total de kW/h			1800 kW/h		
Costo total a pagar				\$4839.375	

Tabla 2 10 Ejemplo de cálculo de tarifa Doméstica de Alto Consumo.

Tarifa Doméstica de Alto Consumo			
Región Peninsular	Costo por kW/h en agosto	Consumo bimestral por parte del usuario	Costo total
Cargo fijo por mes	\$79.69	2 meses	\$159.38
Costo por energía consumida	\$3.581	1800 kW/h	\$6445.800
Costo total a pagar			\$6605.180

Como podemos apreciar en los ejemplos el incremento y costo excesivo que se aprecia en el consumo de una tarifa 1C a una tarifa DAC es significativo, es por ello que el mantenernos en una tarifa fuera de la DAC nos beneficia económicamente. Debido a esta situación en el capítulo siguiente se diseña un sistema de control de consumo de energía eléctrica, que nos ayudara a poder mantenernos en una tarifa doméstica de bajo consumo o en su defecto tener el conocimiento de que nuestro próximo recibo de luz tendrá un costo mayor.

2.4 Análisis de un recibo de luz.

A continuación se presenta un ejemplo de un recibo de luz y las partes que lo conforman:

AVISO RECIBO

CFE Comisión Federal de Electricidad
 Av. Paseo de la Reforma Núm. 164, Col. Juárez, México, D.F. C.P. 06600.
 RFC: CFE370814-QIO
Nombre y Domicilio

NOMBRE Y APELLIDOS
DIRECCIÓN DEL DOMICILIO
CHETUMAL, Q.ROO

Cuenta	Uso	Tarifa	Hilos
16DW06A011622150	Doméstico	1C	1

Medición de consumo				
Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh
OD518R	09163	09150	1	13

Apoyo gubernamental	
Costo de producción	\$336.11
Aportación Gubernamental	\$300.36

Total a pagar del periodo facturado

\$43.00

(CUARENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N.)

Número de servicio

123 456 789 101

Fecha límite de pago

24 AGO 14

Información importante

Corte a partir de 25 AGO 14.
 Este aviso-recibo considera únicamente el cargo mínimo por consumo de energía eléctrica.

Periodo Consumo	Días	Promedio Diario en kWh	Promedio Diario en \$
10 JUN 14 AL 11 AGO 14	62	0.20	0.69

Facturación

Concepto	kWh	Precio	Subtotal
Cargo Mínimo	50	0.715	35.75

Importe de la facturación

Cargo mínimo mensual	35.75
IVA 16%	5.72
Fac. del Periodo	41.47
DAP	1.78
Adeudo Anterior	49.34
Su Pago	-49.00
Total	\$43.59

Usted consumió menos de 50 kWh en el bimestre.

Te presentamos tu nuevo recibo
 Ingresa a nuestro portal www.cfe.gob.mx/ahí podrás encontrar toda la información y aclarar tus dudas.

Escanea el código si quieres #Fecha, hora y lugar de impresión: 13 AGO 14 11:29:06 hrs. Av. Lazaro Cardenas Edif Plaza Caracol Loc. 209 Centro Chetumal Othon P. Blanco Quintana Roo México 77000

Número de servicio: 796060103631

Cuenta:

Clave de envío:

-415-

Repartir

Total a pagar:

\$43.00

(CUARENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N.)

Figura 2 2 Recibo de luz.

El recibo de luz consta de las siguientes partes:

- Datos generales.
 - Ubicación del suministro: Nombre o razón social, dirección, población y entidad federativa donde se proporciona el servicio.
 - Número de servicio: Este número permite localizar el servicio desde el sistema de la CFE. También sirve de referencia para aclaraciones por parte del usuario.
 - Total a pagar: Importe total a cubrir.
 - Fecha límite de pago: Último día para cubrir el monto a pagar.

AVISO RECIBO

CFE Comisión Federal de Electricidad
Av. Paseo de la Reforma Núm. 164, Col. Juárez, México, D.F. C.P. 06600.
RFC: CFE370814-Q10

Nombre y Domicilio

NOMBRE Y APELLIDOS
DIRECCIÓN DEL DOMICILIO
CHETUMAL, Q.ROO

Total a pagar del periodo facturado
\$43.00
(CUARENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N.)

Número de servicio
123 456 789 101

Fecha límite de pago
24 AGO 14

Figura 2 3 Datos generales de recibo de luz.

- Cálculo del consumo bimestral.
 - Cálculo de facturación: Es el resultado de aplicar las cuotas de las tarifas que fijan la Secretaría de Hacienda y Crédito Público al consumo de energía eléctrica.

Cuenta	Uso	Tarifa	Hilos
16DW06A011622150	Doméstico	1C	1

Figura 2 4 Cálculo de consumo bimestral en recibo de luz.

- Medición del consumo.
 - Número de medidor: Letras y número que identifican al medidor del domicilio del usuario.
 - Lectura actual y lectura anterior: Lecturas del medidor correspondientes al periodo en el que se registró el consumo.
 - Multiplicador: Constante por el cual se debe de multiplicar la diferencia de lecturas para obtener el consumo de energía. Su valor generalmente es uno.
 - Consumo KWh: Consumo de energía eléctrica que se utilizó en el período indicado. Es el resultado de multiplicar la diferencia de las lecturas actual y anterior por el multiplicador.

Medición de consumo				
Num. de Medidor	Lectura actual	Lectura anterior	Mult.	Consumo kWh
0D518R	09163	09150	1	13

Figura 2 5 Medición de consumo en recibo de luz.

- Detalle de facturación.
 - Concepto de importes: Son los distintos conceptos que integran el importe total de la factura. Cargos o créditos (-) que corresponde a cada concepto.

Facturación			
Concepto	kWh	Precio	Subtotal
Cargo Mínimo	50	0.715	35.75
Importe de la facturación			
Cargo mínimo mensual			35.75
IVA 16%			5.72
Fac. del Periodo			41.47
DAP			1.78
Adeudo Anterior			49.34
Su Pago			-49.00
Total			\$43.59

Figura 2 6 Detalle de facturación de recibo de luz.

- Promedio diario de consumo: Presentación del promedio diario de consumo y de energía eléctrica en el bimestre.

Período Consumo	Días	Promedio Diario en kWh	Promedio Diario en \$
10 JUN 14 AL 11 AGO 14	62	0.20	0.69

Figura 2 7 Promedio diario de un recibo de luz.

- Avisos importantes: Mensajes informativos referentes a tu servicio.

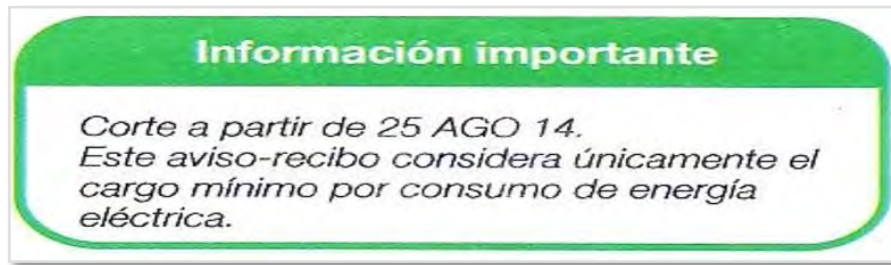


Figura 2 8 Avisos importantes del recibo de luz.

- Talón de caja: Sección desprendible que se utiliza para el pago en ventanilla o en banco por parte del usuario.



Figura 2 9 Talón de caja del recibo de luz.

Capítulo III. Diseño del sistema del control de consumo de energía eléctrica

El diseño del sistema de control de consumo de energía eléctrica, está fundamentado en los cálculos que realiza actualmente Comisión Federal de Electricidad, para obtener los costos por consumo de demanda de energía, es decir, la realización de facturación eléctrica en tarifa 1-C. Conjuntamente está diseñado para recibir en tiempo real la demanda de energía eléctrica y hacer una proyección aproximada del costo de facturación bimestral.

El sistema de control de consumo, además, está diseñado para ser empleado en la interfaz programable basada en un microcontrolador PIC18F2455/2550, llamada ALUX, propiedad de Centro de Investigación Científica de Yucatán.

3. 1 Diagramas de flujo del algoritmo: Sistema de control de demanda de energía eléctrica

A continuación se describirá brevemente por medio de diagramas de flujos y código, basados en la programación estructurada, el algoritmo para la realización del sistema de control de demanda de energía eléctrica.

3.1.1 Cálculo de consumo de energía eléctrica general

Para la realización de los cálculos de facturación eléctrica, en primer lugar se debe de considerar si el consumo de los últimos 12 meses por parte del usuario no sobre pasa los 850kwh al mes o 1700KWh al bimestre. Una vez considerado esto se procede a realizar los cálculos dependiendo de si el usuario está en tarifa DAC, sino, verificar sí se encuentra en temporada de verano o no. Una vez ejecutado esto se procede hacer los cálculos correspondientes (ver figura 3.1).

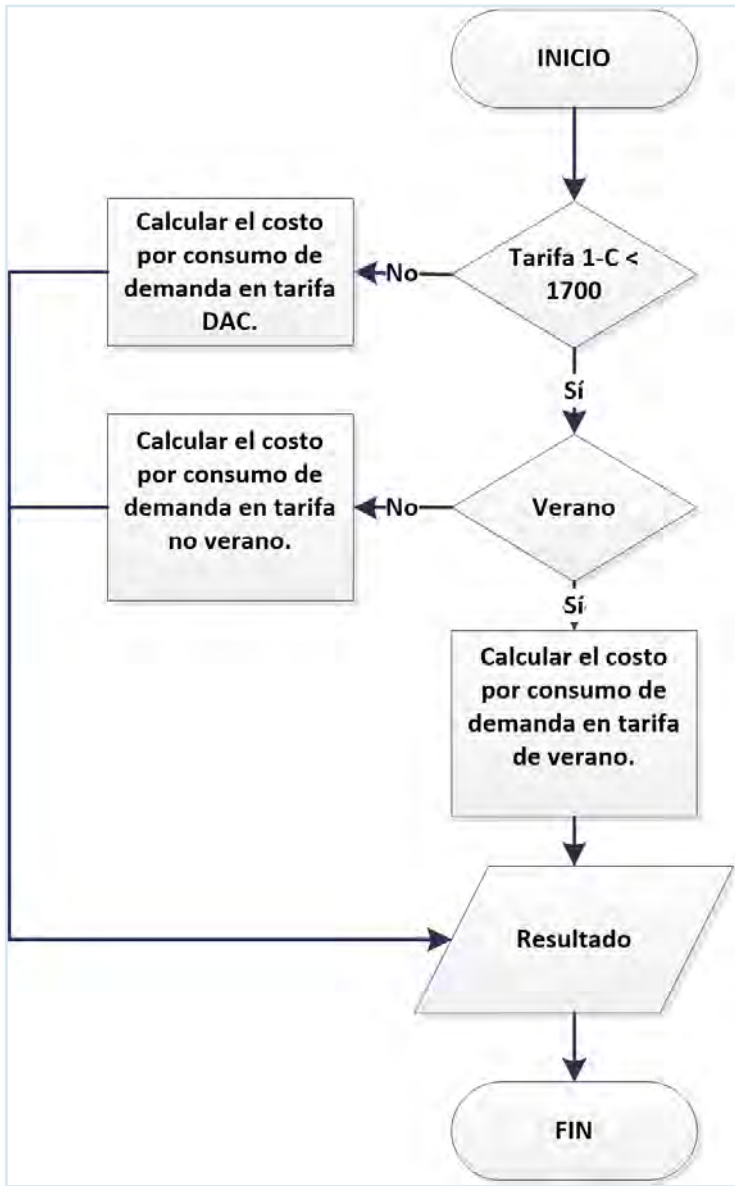


Figura 3 1 Consumo de energía general

3.1.2 Bimestres mixtos de entrada y salida de verano.

En la península de Yucatán comienza la temporada de verano según CFE en el mes de abril y finaliza en el mes de septiembre, debido a que se consideran los meses más cálidos del año. En la tabla 3.1 podemos ver de forma visual los meses que conforman las temporadas y los días que tienen cada mes, esta información es

de suma relevancia, debido a que la *entrada de bimestre mixto de verano*, sólo se consideran de manera diferente los meses de abril y mayo, para el cálculo de la tarifa de verano. En el *bimestre mixto de salida de verano* se consideran diferentes el cálculo en los meses de octubre y noviembre para la temporada de no verano.

Temporada	No verano			Verano						No verano		
Nombre del mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Número del mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Días que tiene el mes	31	28 ó 29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

Tabla 3 1 Temporada de verano y no verano.

En la figura 3.2 se visualiza de manera más clara el cálculo del bimestre mixto de entrada de verano, en donde además se calcula c1 que son los días fuera de verano y c2 los días dentro de verano, los meses diferentes a abril y mayo dentro de la temporada de verano, se calculan de manera normal, según el consumo por demanda de energía en tarifa de verano. La forma en que se calcula el resultado se obtiene de la tabla 2.4 Entrada de verano.

En la figura 3.3 se calcula el bimestre mixto de salida de verano, de la mismo forma que en bimestre mixto de entrada de verano se obtiene c1 y c2, con la diferencia que ahora los meses diferentes de octubre y noviembre dentro de la temporada de no verano, se calculan de manera normal, según el consumo por demanda de energía en tarifa de no verano. La manera en que calcula el resultado es en base a la tabla 2.5 Salida de verano.

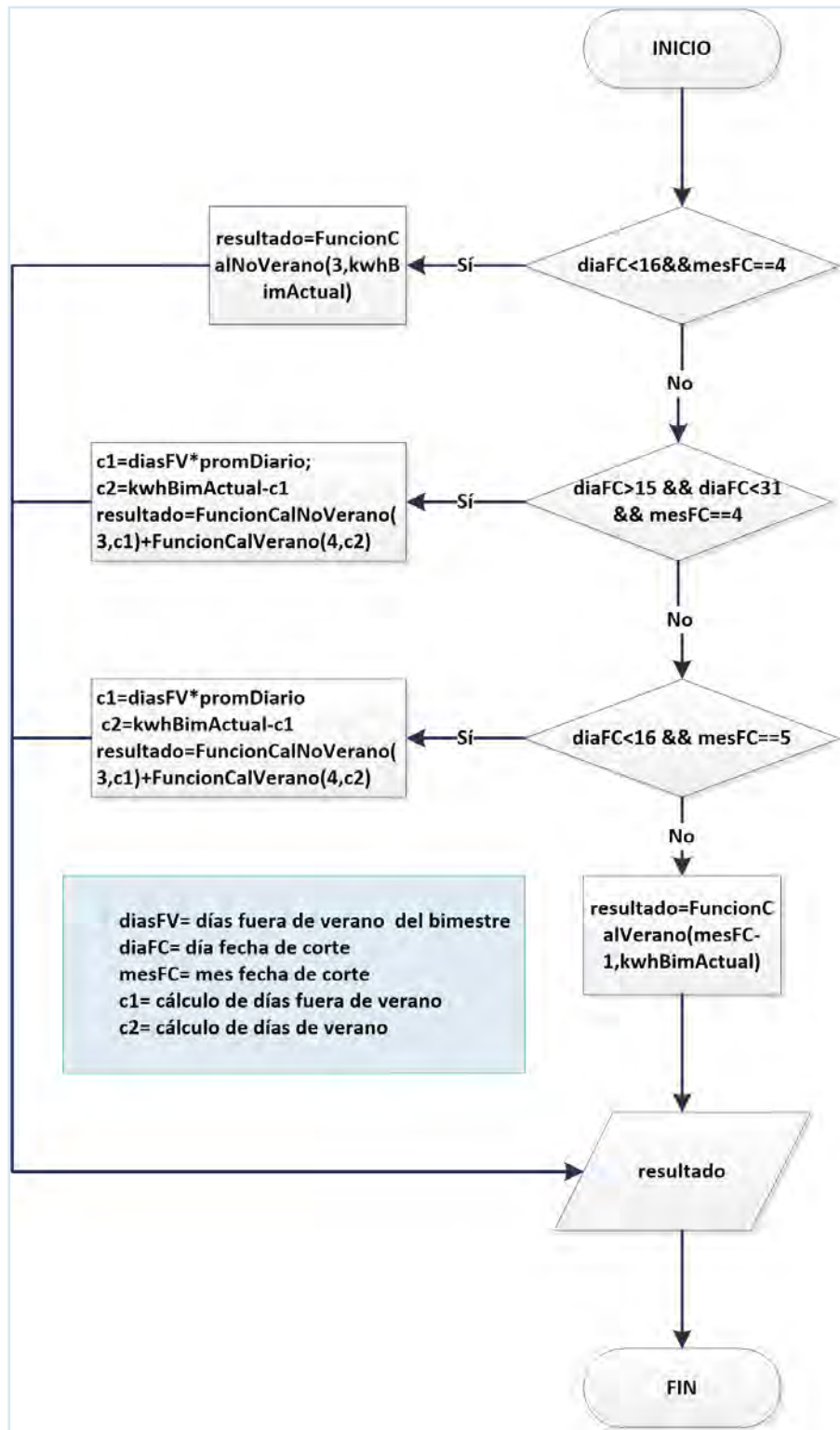


Figura 3 2 Bimestre mixto entrada de verano.

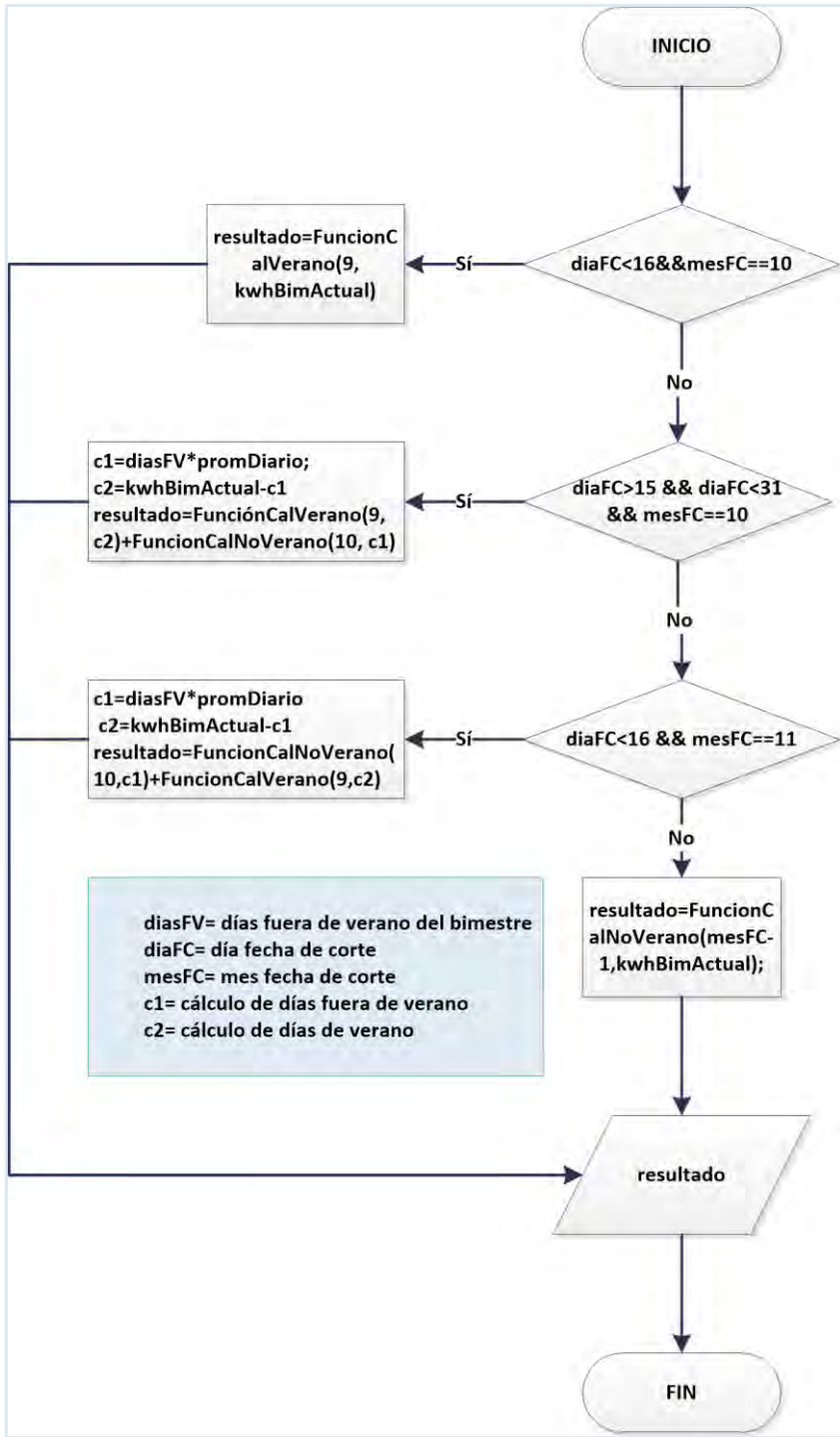


Figura 3 3 Bimestre mixto salida de verano.

3.1.4 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa DAC.

En la figura 3.4 se muestra los pasos a seguir para la obtención del costo por consumo de demanda de energía eléctrica en tarifa Doméstica de Alto Consumo. Se comienza verificando si el usuario ha tenido un consumo mínimo, en caso de no tener un consumo CFE hace un cobro de consumo mínimo, llamado cargo fijo, especificado en la tabla 2.7 Tarifa Doméstica de Alto Consumo. De haber tenido un consumo también se le aplica este cargo fijo y se le suma el costo por KWh un mes anterior de la fecha de corte.

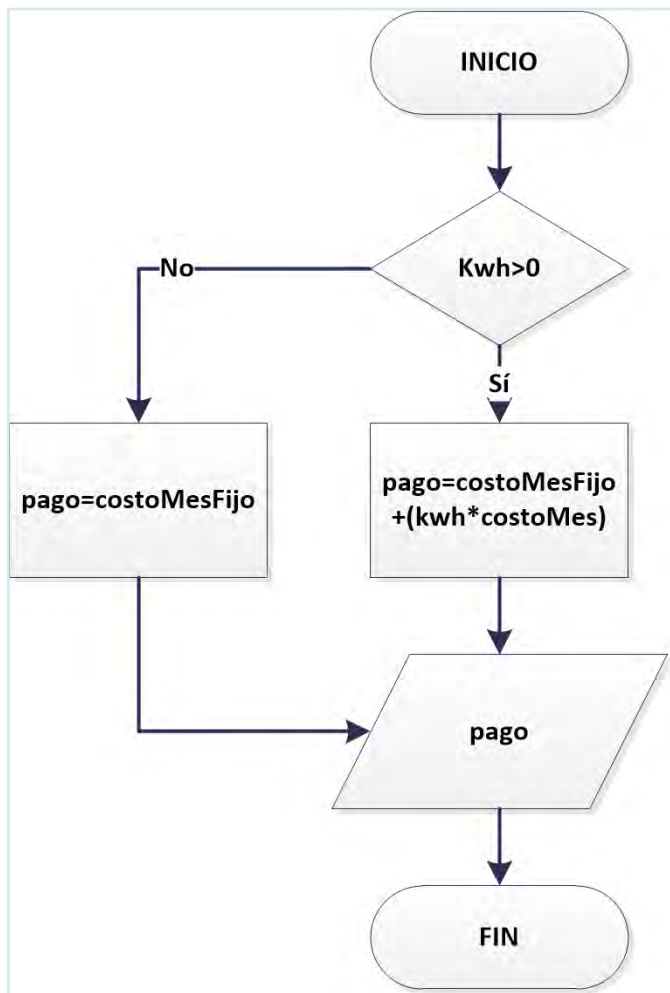


Figura 3 4 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa DAC.

3.1.5 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa de verano.

El consumo por demanda de energía generado en el período de verano tiene un mayor subsidio por parte del gobierno federal para disminuir los costos. Debido a que en este período se genera mayor demanda por parte de los usuarios, como por ejemplo, el encendido del aire acondicionado, ventiladores, etc., y para ello se genera una cuota más, que en el período fuera de verano. En la figura 3.5 podemos apreciar las tarifas y la forma en que se implementan. Es de importancia hacer mención que en el caso de que el usuario no haya tenido un consumo de KWh en ese mes, CFE le hace un cargo por consumo mínimo de 50KWh, con cuota de un mes anterior.

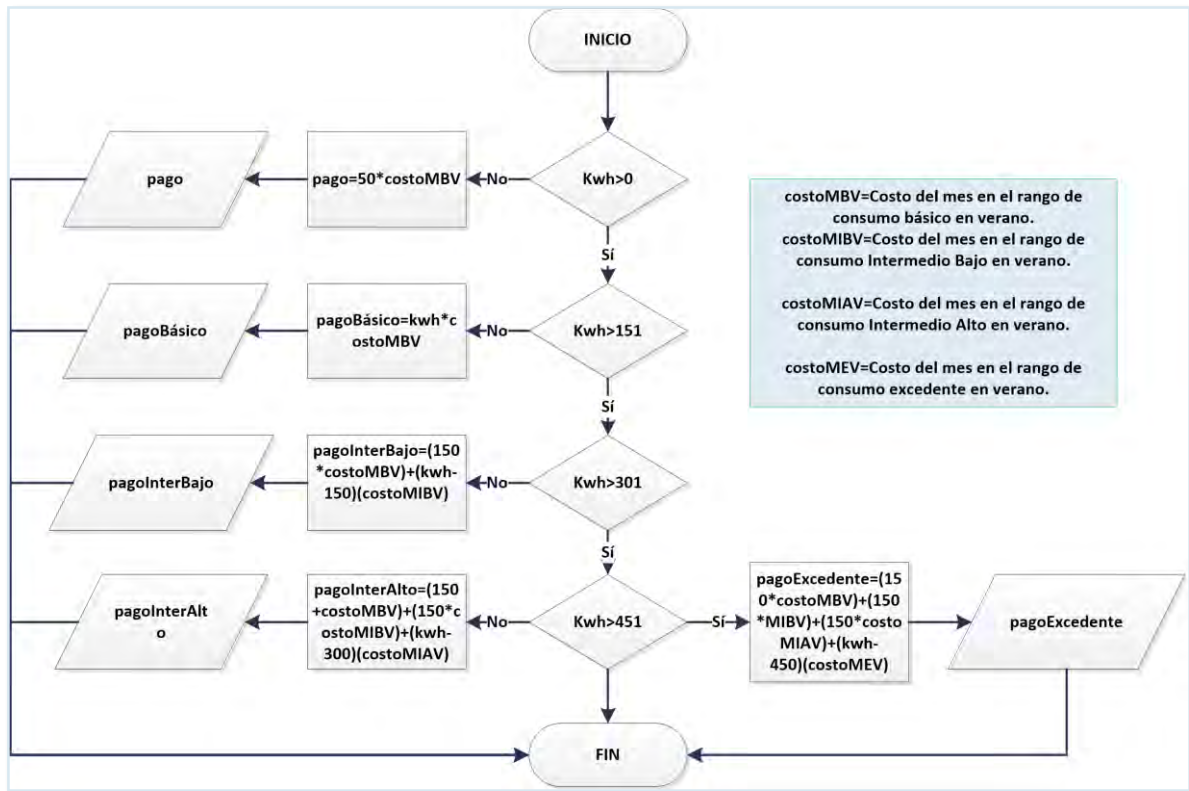


Figura 3 5 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa verano.

3.1.6 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa de no verano.

En el período de no verano se consideran los meses menos calurosos, los cuales según CFE son del mes de octubre a marzo. En este período solo existen tres cuotas para la aplicación de las tarifas domésticas. En la figura 3.6 se muestran los pasos a seguir para la realización de la facturación eléctrica. De igual modo que en la tarifa de verano, cuando el usuario no ha tenido un consumo en ese bimestre, CFE le hace un cargo por consumo mínimo de 50 KWh con cuota de un mes anterior.

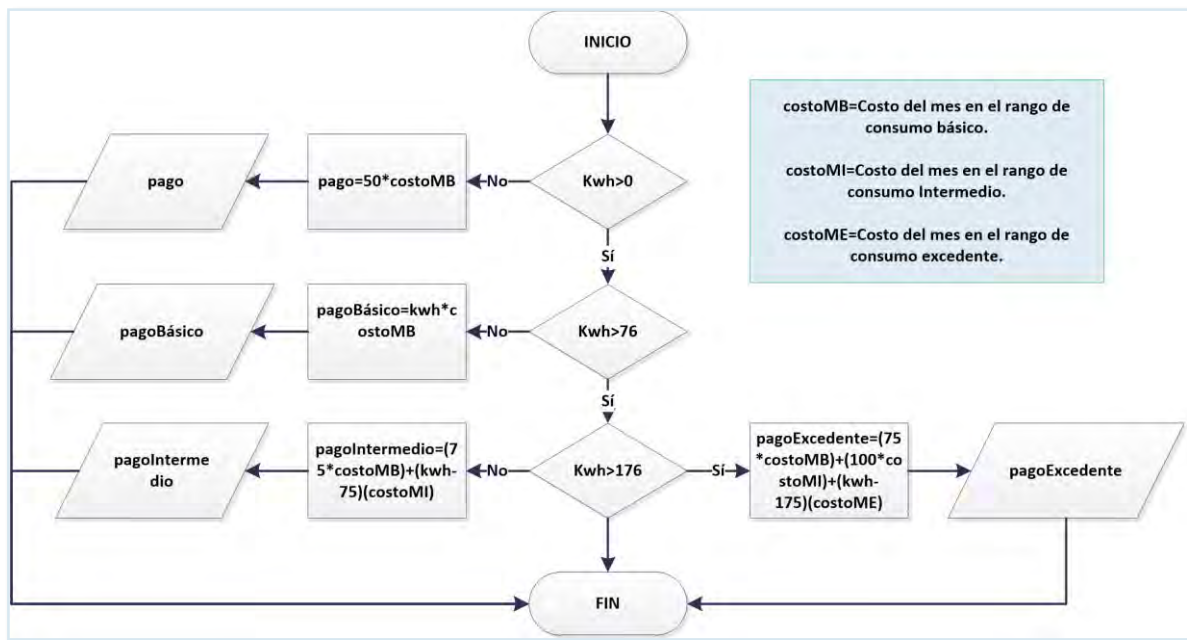


Figura 3 6 Calcular el consumo por demanda de energía en tarifa no verano.

3.2 Sistema ALUX

El sistema ALUX es una interfaz programable orientada a la conectividad USB basa en un microcontrolador PIC18F2455/2550. Esta interfaz permite, mediante la programación adecuada, que el usuario trabaje satisfactoriamente con el puerto USB en modo CDC (COM Virtual), HID (Interfaz Humana) y BULK (Transferencia Masiva)⁷.

ALUX está conformado por las siguientes partes:

- 1 Conector USB tipo B.
- 1 Teclado con cinco teclas.
- Tecla de reset.
- 1 conector para display LCD 2x16.
- 9 LED indicadores (uno es bicolor).
- 2 Potenciómetros para simular variables analógicas.
- 1 Conector de expansión para integrarse a otra tarjeta o sistema externo.
- 1 Jumper selector de alimentación (USB o alimentación externa).

El microcontrolador puede ser programado vía USB mediante bootloader o con un programa externo vía ICSP. En nuestro caso es mediante USB. El lenguaje utilizado para la programación puede ser lenguaje ensamblador, lenguaje C o cualquier otro lenguaje compatible con el PIC18F2455/2550. El lenguaje utilizado para el diseño de para el sistema de control de demanda de energía eléctrica es el lenguaje C con el compilador PIC C Compiler.

⁷ ALUX [en línea]. [Consultado 23 septiembre 2014]. Disponible en: <http://www.cicy.mx/Sitios/Instrumentacion/>

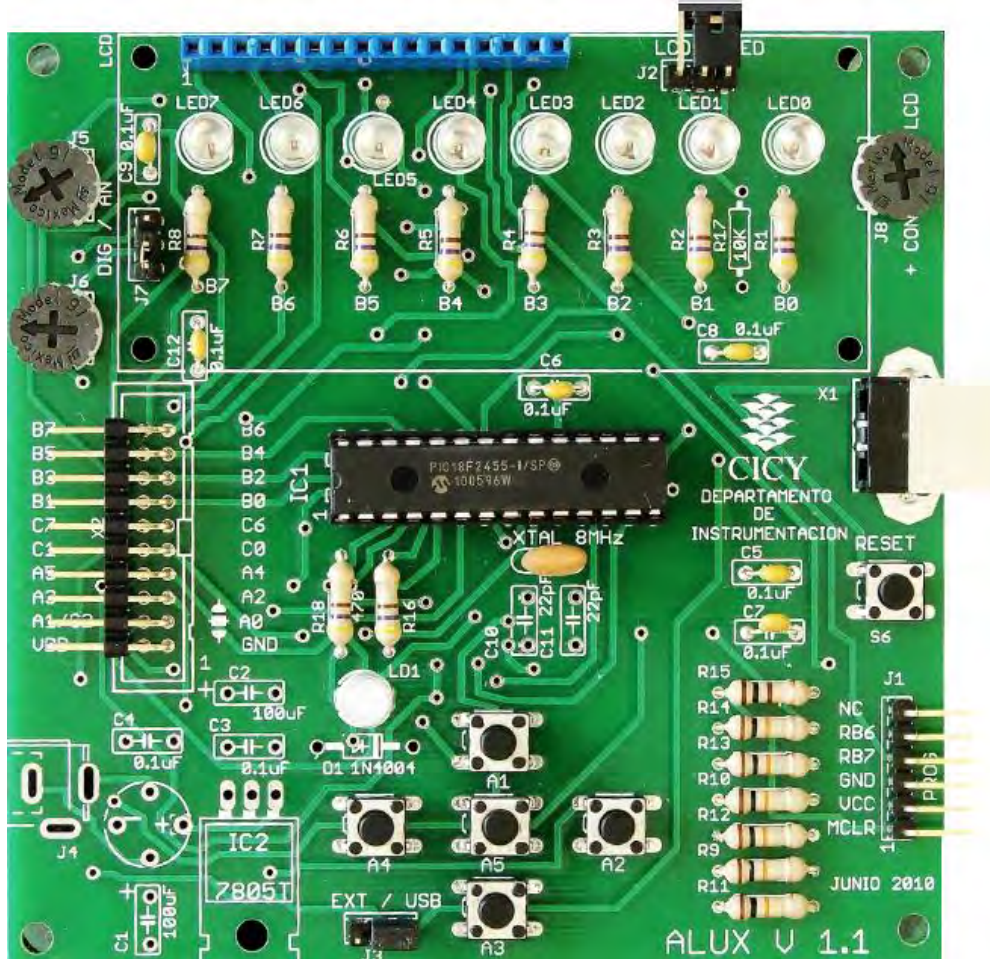


Figura 3 7 Tarjeta ALUX V1.1.

En breve se presenta la figura 3.8 donde se implementa el algoritmo en la tarjeta ALUX V1.1. Podemos ver como en la pantalla LCD nos muestra un reloj en tiempo real, el consumo en KWh promediado cada hora y la proyección aproximada del costo bimestral a pagar promediado cada día. También se incluye el encendido del LED 1, donde se activa, para alerta al usuario cada hora si se está consumiendo KWh fuera del rango de consumo de tarifa 1-C, el cual no debe sobrepasar los 1.18KWh, en caso de ser activado, se desactiva la siguiente hora sí el consumo de energía es menor a los 1.18KWh. Este sistema es muy efectivo dado a que el usuario puede darse cuenta fácilmente si se está sobre pasando en el consumo de

energía eléctrica por hora mediante el encendido del led o por días por el costo a pagar al bimestre.

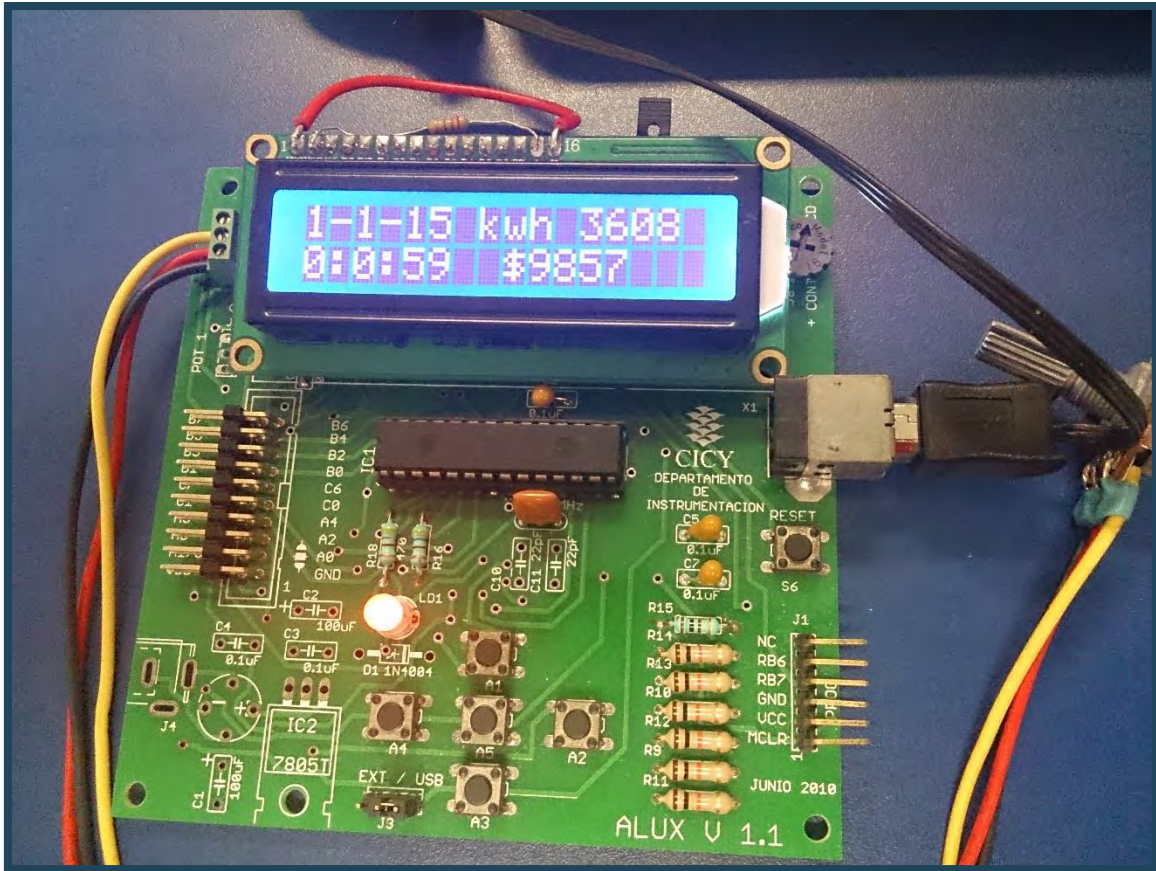


Figura 3 8 Tarjeta ALUX con algoritmo implementado.

Para poder realizar el algoritmo e implementarlo se necesitó del sistema operativo Windows XP, el programa PIC C Compiler y el programa ejecutable de ALUX Bootloader (ver figura 3.9 y 3.10).



Figura 3 9 Máquina virtual con ALUX V1.1.

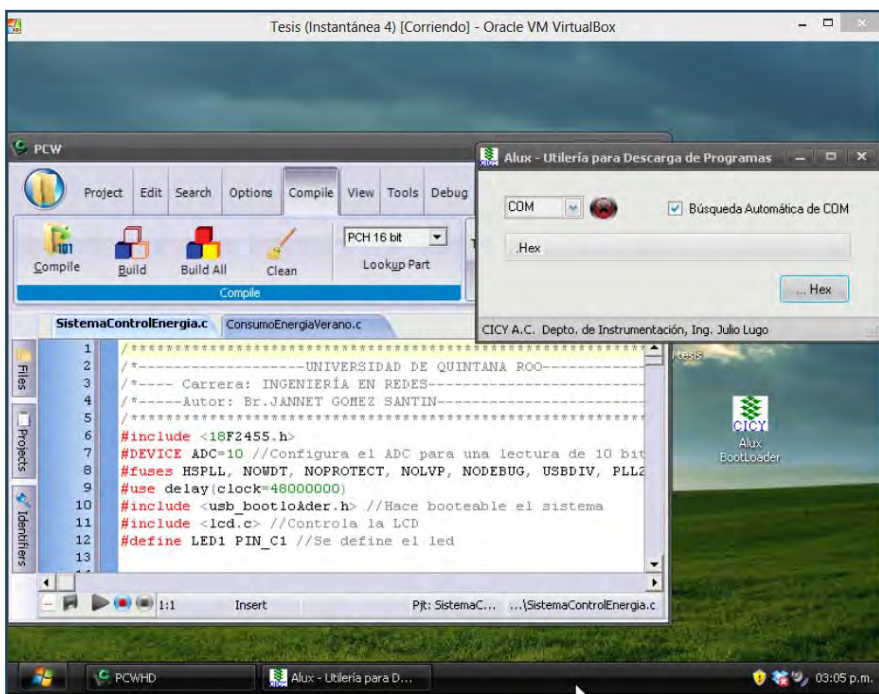


Figura 3 10 Máquina virtual Windows XP.

3.3 Algoritmo para la implementación del sistema de control de demanda de energía eléctrica.

En breve se presenta el algoritmo utilizado para la implementación del sistema de control de demanda de energía, cabe mencionar que sólo se presenta la parte principal del programa. El código completo se encuentra en el anexo A Código del sistema de control de demanda de energía.

```

/*****
/*-----UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO-----*/
/*---- Carrera: INGENIERÍA EN REDES-----*/
/*----Autor: Br.JANNET GOMEZ SANTIN-----*/
/*****
#include <18F2455.h>
#DEVICE ADC=10 //Configura el ADC para una lectura de 10 bit
#fuses HSPLL, NOWDT, NOPROTECT, NOLVP, NODEBUG, USBDIV, PLL2,
CPUDIV1, VREGEN, NOPBADEN
#use delay(clock=48000000)
#include <usb_bootloAder.h> //Hace booteable el sistema
#include <lcd.c> //Controla la LCD
#define LED1 PIN_C1 //Se define el led

int FuncionMes(int mes, int anio, int bi);
int FuncionAnioBisiesto(int anio);
float FuncionCalNoVerano(int mesFC, int16 kwh);
float FuncionCalVerano(int mpesFC, int16 kwh);
float FuncionCalDAC(int mesFC, int16 kwh);
float EntradaPeriodoVerano(long anio, int mesFC, int diaFC, long
kwhBimActual, float CPDMES, float CPDFV);
float SalidaPeriodoVerano(long anio, int mesFC, int diaFC, long
kwhBimActual, float CPDMES, float CPDFV);
float ConsumoEnergiaGeneral(long anio, int mesFC, int diaFC, long
kwhBimActual, float kwhBimAnt[], float tarifalC);

void main()
{
//inicialización de variables
long anio=2014;
int bi=FuncionAnioBisiesto(anio); //verifica si el año es bisiesto
int contMes; //Obtiene cuantos días hay al mes
int mes=12;
int dia=31;
int hora=23;
int min=59;
int seg=50;
int mesFC=2; //Indica el mes de fecha de corte

```



```

int diaFC=dia; //Indica el día de fecha de corte
float resultado=0;
float kwh=0; //Suma los kwh cada hora
float kwhBim=0; //Obtiene los kwh al bimestre
long n=0; //Contador para tomar todos los kwh en un bimestre
char f="F"; //Indicador para del costo final real al bimestre
float v; //Convierte a un rango de 0-2.50 la lectura del potenciómetro
float r; //Obtiene la toma de lectura del potenciómetro

int i=0;
float m[10];

//Arreglo para obtener los kwh de los bimestres anteriores al recibo actual

float kwhBimAnt[]={581, 575, 599, 492, 549, 566, 640, 621, 593,
490, 397};
float tarifalc=(kwhBimAnt[5] + kwhBimAnt[6] + kwhBimAnt[7] +
kwhBimAnt[8] + kwhBimAnt[9] + kwhBimAnt[10])/12;

lcd_init();//inicialización lcd

/*Muestra un reloj, obtiene cada hora los kwh consumidos y muestra una
aproximación del futuro pago bimestral*/

do{//inicializa ciclo infinito para crear reloj
    if(seg==60){//suma minutos
        seg=0;
        min=min+1;
        if (min==60){//suma horas
            min=0;
            hora=hora+1;
            contMes=FuncionMes(mes,anio,bi);
            /*Toma la lectura del potencimetro cada hora*/
            setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //Habilita el AD para
                manejar un reloj interno
            setup_adc_ports(AN0); //Configura las líneas que se
                van a utilizar como analógicas
            set_adc_channel(0); //Apunta a AN0 para tomar lectura
            delay_us(100); //Hacer 10 us entre habilitación y lectura
            r=read_adc();
            v=(r/1024)*2.51;
            /*-----*/
            kwh=kwh+v;
            n=n+1;
            /*Enciende un led cuando el kwh sobre pasa el consumo máximo de 1.8*/
            if (v>1.18){
                output_high(LED1);}//Fin if leds
            else {
                output_low(LED1);}
        }
    }
}

```

```

/*-----*/
    if (hora==24 && dia<=contMes) { //Suma los días
        hora=0;
        dia=dia+1;
    }
    /*Codigo para obtener el costo proyectado o final a pagar por el usuario*/
    if (n<1440) {
        kwhBim=kwh*(1440-n);
        resultado=ConsumoEnergiaGeneral(anio, mesFC,
            diaFC, kwhBim, kwhBimAnt[10], tarifalc);
        f=" ";
    } //Fin if costo proyectado
    else {
        tarifalc=(kwhBimAnt[5] + kwhBimAnt[6] +
            kwhBimAnt[7] + kwhBimAnt[8] + kwhBimAnt[9] +
            kwhBimAnt[10])/12;
        kwhBim=kwh;
        resultado=ConsumoEnergiaGeneral(anio,
            mesFC, diaFC, kwh, kwhBimAnt[10], tarifalc);
        f="F";
    }
    //Recorrido para asignar el nuevo Bimestre a la lista de Bimestres
    Anteriores
        for(i=0; i<11; ++i){
            m[i]=kwhBimAnt[i+1];
        }
        for(i=1; i<10; ++i){
            kwhBimAnt[i]=m[i];
        }
        kwhBimAnt[10]=kwh;
    }
/*-----*/
    if(mes==12) { //reinicia meses y aumenta año
        dia=1;
        mes=1;
        anio=anio+1; } //fin cuarto if
    else if (dia>contMes) { //pasa al siguiente mes y
        aumenta 1 día
        dia=1;
        mes=mes+1; }
    } //Fin tercer if que suma los días
    } //Fin segundo if que suma horas
    } //Fin primer if que suma minutos
else {
    printf(lcd_putc, "\f\u-%u-%ld kwh %1.0f", dia, mes, anio-2000,
        kwhBim);
    printf(lcd_putc, "\n%u:%u:%u %c$%1.0f", hora, min, seg, f,
        resultado);
    seg=seg+1; //Incrementa segundos
    delay_ms(1000);
} while (TRUE); //Finaliza ciclo infinito

} // Fin del main

```

Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones futuras

La presente tesis fue realizada para efectuar el diseño e implementación del control de consumo de energía eléctrica basado en un sistema embebido.

Con la realización del sistema podemos tener un monitoreo en tiempo real de demanda de energía por parte del usuario y poder realizar los cálculos pertinentes de manera transparente, dando como resultado sólo el costo final bimestral que se tendría que pagar si el usuario siguiera consumiendo de esa manera.

Se planteó el diseño e implementación del sistema de control que permitiría el uso eficiente de la energía eléctrica consumida por un usuario.

Es una solución a nivel residencial que involucra tanto el monitoreo en tiempo real del consumo de energía eléctrica, así como el control de las cargas no críticas que el usuario determine.

4.1 Conclusiones

En conclusión, la presente tesis sirvió para poder comprender con mayor claridad la facturación eléctrica residencial, dado a que tiene cierto grado de dificultad al tener varias excepciones y más cuando un usuario promedio no comprende tan complejos términos.

La realización e implementación del algoritmo fue un reto, dado a que tenía que ser implementado en tiempo real, debido a la necesidad de obtener cada hora una señal de potencia consumida que se simuló con el potenciómetro.

Actualmente existen medidores digitales, que sólo nos da el acumulado en KWh, este dato, a un consumidor promedio no le es de relevancia, dado a que la mayoría de los usuarios no realizan los cálculos para ver cuánto van a pagar al bimestre. Entra ahí la importancia de la realización de este sistema de control de demanda para poder ser implementado en estos medidores u otro sistema eléctrico.

Dentro de las limitantes que se obtuvieron, fueron la actualización de los cuotas de verano y no verano de las tarifa doméstica, dado a que la CFE cada inicio de año da a conocer las cuotas. Esto hace que el programa tenga que actualizarse cada año para obtener las nuevas cuotas y por si esto fuera poco, en el caso de la tarifa doméstica DAC, se actualiza cada inicio de mes, es decir, que si el usuario se encuentra en tarifa DAC, tendrá que consultar en la página oficial de la CFE el costo de la cuota cada mes. También es necesario que el usuario ingrese sólo una vez los datos de KWh del recibo de luz de los bimestres anteriores.

4.2 Trabajos futuros

En la presente tesis se cumplieron con los objetivos generales y específicos, pero cabe hacer mención que para trabajos futuros se puede tomar en consideración los siguientes puntos:

- Realizar una interfaz de usuario más amigable mediante software manejado fuera de la programación del microcontrolador, para poder ingresar los datos que necesita el programa para poder funcionar correctamente, como los KWh consumidos anteriormente y la actualización de las cuotas de tarifa doméstica y DAC.
- Crear e implementar un sistema de alertas para indicarle al usuario el tipo de consumo que está teniendo.
- Desarrollo del sistema de sensado y acondicionadores de señal de la potencia consumida.
- Intercomunicación vía USB con el ALUX, para la actualización automática de datos de tarifas y del usuario.
- Implementar un método para que el usuario pueda ingresar un costo máximo que desee pagar al bimestre y así poder modificar de forma automática el nivel apropiado para las cargas no críticas.

Bibliografía

1. Comisión Federal de Electricidad. Tarifas domesticas, 2014 cargos por energía. [En línea] 2014. [Citado el: 1 de Agosto de 2014.]
http://app.cfe.gov.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=domesticas2003&anio=2014.
2. Energía nuclear. [En línea] 16 de Febrero de 2012. [Citado el: 30 de Julio de 2014.] <http://www.foronuclear.org/es/energia-nuclear/faqs-sobre-energia/capitulo-10/article/115510-132-ique-contaminacion-producen-las-centrales-termoelectricas>.
3. Comisión Federal de Eléctricidad. [En línea] 6 de Agosto de 2012. [Citado el: 28 de Julio de 2014.]
http://www.cfe.gov.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/_layouts/mobile/dispsform.aspx?List=4464ce6f-67ad-4144-86f7-0ef65426ecaf&View=fd9ad4cf-fba8-47c7-bc2e-58584c8b4ae0&ID=2.
4. Comisión Federal de Electricidad. [En línea] Noviemmbre de 2004. [Citado el: 20 de Agosto de 2014.]
http://www.delrealenergy.com/documentacion/Instructivo_Interpretacion_de_tarifas_NOV04.pdf.
5. Custom Computer Services. CCS C Compiler Manual. [En línea] Mayo de 2014. [Citado el: 30 de Julio de 2014.]
http://www.ccsinfo.com/downloads/ccs_c_manual.pdf.
6. Centro de Investigación Científica de Yucatán. ALUX. [En línea] 18 de Noviembre de 2010. [Citado el: 1 de Agosto de 2014.]
<http://www.cicy.mx/Sitios/Instrumentacion/aplicaciones/aplicaciones-1>.

Anexo A. Código del sistema de control de demanda de energía

```

/*****
/*-----UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO-----*/
/*---- Carrera: INGENIERÍA EN REDES-----*/
/*-----Autor: Br.JANNET GOMEZ SANTIN-----*/
/*****
#include <18F2455.h>
#DEVICE ADC=10 //Configura el ADC para una lectura de 10 bit
#fuses HSPLL, NOWDT, NOPROTECT, NOLVP, NODEBUG, USBDIV, PLL2,
CPUDIV1, VREGEN, NOPBADEN
#use delay(clock=4800000)
#include <usb_bootloAder.h> //Hace booteable el sistema
#include <lcd.c> //Controla la LCD
#define LED1 PIN_C1 //Se define el led

int FuncionMes(int mes, int anio, int bi);
int FuncionAnioBisiesto(int anio);
float FuncionCalNoVerano(int mesFC, int16 kwh);
float FuncionCalVerano(int mesFC, int16 kwh);
float FuncionCalDAC(int mesFC, int16 kwh);
float EntradaPeriodoVerano(long anio, int mesFC, int diaFC, long
kwhBimActual, float CPDMES, float CPDFV);
float SalidaPeriodoVerano(long anio, int mesFC, int diaFC, long
kwhBimActual, float CPDMES, float CPDFV);
float ConsumoEnergiaGeneral(long anio, int mesFC, int diaFC, long
kwhBimActual, float kwhBimAnt[], float tarifalc);

void main()
{
//inicialización de variables
long anio=2014;
int bi=FuncionAnioBisiesto(anio); //verifica si el año es bisiesto
int contMes; //Obtiene cuantos días hay al mes
int mes=12;
int dia=31;
int hora=23;
int min=59;
int seg=50;
int mesFC=2; //Indica el mes de fecha de corte
int diaFC=dia; //Indica el día de fecha de corte
float resultado=0;
float kwh=0; //Suma los kwh cada hora
float kwhBim=0; //Obtiene los kwh al bimestre
long n=0; //Contador para tomar todos los kwh en un bimestre
char f="F"; //Indicador para del costo final real al bimestre

```

```

float v; //Convierte a un rango de 0-2.50 la lectura del potenciómetro
float r; //Obtiene la toma de lectura del potenciómetro

int i=0;
float m[10];

//Arreglo para obtener los kwh de los bimestres anteriores al recibo actual

float kwhBimAnt[]={581, 575, 599, 492, 549, 566, 640, 621, 593,
490, 397};
float tarifalc=(kwhBimAnt[5] + kwhBimAnt[6] + kwhBimAnt[7] +
kwhBimAnt[8] + kwhBimAnt[9] + kwhBimAnt[10])/12;

lcd_init();//inicialización lcd

/*Muestra un reloj, obtiene cada hora los kwh consumidos y muestra una
aproximación del futuro pago bimestral*/

do{//inicializa ciclo infinito para crear reloj
    if(seg==60){//suma minutos
        seg=0;
        min=min+1;
        if (min==60){//suma horas
            min=0;
            hora=hora+1;
            contMes=FuncionMes(mes, anio, bi);
            /*Toma la lectura del potencimetro cada hora*/
            setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //Habilita el AD para
            manejar un reloj interno
            setup_adc_ports(AN0); //Configura las líneas que se
            van a utilizar como analógicas
            set_adc_channel(0); //Apunta a AN0 para tomar lectura
            delay_us(100); //Hacer 10 us entre habilitación y lectura
            r=read_adc();
            v=(r/1024)*2.51;
            /*-----*/
            kwh=kwh+v;
            n=n+1;
            /*Enciende un led cuando el kwh sobre pasa el consumo máximo de 1.8*/
            if (v>1.18){
                output_high(LED1);} //Fin if leds
            else {
                output_low(LED1);}
            /*-----*/
            if (hora==24 && dia<=contMes){ //Suma los días
                hora=0;
                dia=dia+1;
            /*Codigo para obtner el costo proyecta o final a pagar por el usuario*/
            if (n<1440){
                kwhBim=kwh*(1440-n);

```



```

        resultado=ConsumoEnergiaGeneral(anio, mesFC,
            diaFC, kwhBim, kwhBimAnt[10], tarifalc);
        f=" ";
    }//Fin if costro proyectado
    else{
        tarifalc=(kwhBimAnt[5] + kwhBimAnt[6] +
            kwhBimAnt[7] + kwhBimAnt[8] + kwhBimAnt[9] +
            kwhBimAnt[10])/12;
        kwhBim=kwh;
        resultado=ConsumoEnergiaGeneral(anio,
            mesFC, diaFC, kwh, kwhBimAnt[10], tarifalc);
        f="F";
    }
}
//Recorrido para asignar el nuevo Bimestre a la lista de Bimestres
Anteriores
    for(i=0; i<11; ++i){
        m[i]=kwhBimAnt[i+1];}
    for(i=1; i<10; ++i){
        kwhBimAnt[i]=m[i];}
        kwhBimAnt[10]=kwh;
    }
}
/*-----*/
    if(mes==12){//reinicia meses y aumenta año
        dia=1;
        mes=1;
        anio=anio+1;}//fin cuarto if
        else if (dia>contMes){//pasa al siguiente mes y
            aumenta 1 día
                dia=1;
                mes=mes+1;}
            }//Fin tercer if que suma los días
        }//Fin segundo if que suma horas
    }//Fin primer if que suma minutos
else {
    printf(lcd_putc, "\f\%u-%u-%ld kwh %1.0f",dia , mes, anio-2000,
        kwhBim);
    printf(lcd_putc, "\n%u:%u:%u %c$%1.0f", hora, min, seg, f,
        resultado);
    seg=seg+1;; //Incrementa segundos
    delay_ms(1000);}

} while (TRUE); //Finaliza cilco infinito

} // Fin del main

int FuncionMes(int mes, int anio, int bisiestro){//Calcula número de
días que tiene un mes

    int nM;// variable que muestra cuantos días tiene el mes
    if (mes>=3&&mes<=12 || mes==1){
        if (mes<=7){

```

```

        if (mes%2==0) {
            nM=30;
            return nM; } //Fin tercer if
        else {
            nM=31;
            return nM; } } //Fin segundo if
    else if (mes%2==0) {
        nM=31;
        return nM; } //Fin primer else-if
    else {
        nM=30;
        return nM; } } //Fin primer if
else if (bisiesto==1) {
    nM=29;
    return nM; }
else {
    nM=28;
    return nM; }
} //Fin FuncionMes

int FuncionAnioBisiesto(int anio) { //Verifica si un año es bisiesto

    int anioB; //Variable que inddica un 1 si el año es bisisesto y sino
    indica 0

    if (anio%4==0) {
        if (anio%100==0) {
            if (anio%400==0) {
                anioB=1;
                return anioB;
            } //Fin tercer if
            else {
                anioB=0; }
            return anioB;
        } //Fin segundo if
        else {
            anioB=1; }
            return anioB;
        } //Fin first if
    else {
        anioB=0;
        return anioB; }
} //fin FuncionAnioBisiesto

float FuncionCalNoVerano(int mesFC, int16 kwh) {

    //Inicialización de variables
    float pago;
    float pagoBasico;
    float pagoIntermedio;
    float pagoExcedente;

```

```

const float costoMB[]={0.789, 0.792, 0.795, 0.798, 0.801, 0.804,
0.807, 0.810, 0.813, 0.816, 0.819, 0.822};
const float costoMI[]={0.960, 0.966, 0.969, 0.972, 0.975, 0.978,
0.981, 0.984, 0.987, 0.990, 0.993, 0.996};
const float costoME[]={2.808, 2.826, 2.835, 2.844, 2.853, 2.862,
2.871, 2.880, 2.889, 2.898, 2.907, 2.917};

//Realiza la facturación bimestral en kwh en período de no verano
if (kwh>0){
    if (kwh>76){
        if (kwh>176){
            pagoExcedente=(75*costoMB[mesFC])+(100*costoMI[mesFC])
+(kwh-175)*(costoME[mesFC]);
            return pagoExcedente;
        }//Fin tercer if
        else {
            pagoIntermedio=(75*costoMB[mesFC])+(kwh, 75)
*(costoMI[mesFC]);
            return pagoIntermedio;}
        }//Fin segundo if
        else{
            pagoBasico=kwh*costoMB[mesFC];
            return pagoBasico;}
        }//Fin primer if
        else {
            pago=50*costoMB[mesFC];
            return pago;}
    }//Fin FuncionCalNoVerano

float FuncionCalVerano(int mesFC, int16 kwh){

//Inicialización de variables
float pago;
float pagoBasico;
float pagoInterBajo;
float pagoInterAlto;
float pagoExcedente;
const float costoMBV[]={0.703, 0.705, 0.707, 0.709, 0.711, 0.713,
0.715, 0.717, 0.719, 0.721, 0.723, 0.725};
const float costoMIBV[]={0.823, 0.826, 0.829, 0.832, 0.835,
0.838, 0.841, 0.844, 0.847, 0.850, 0.853, 0.856};
const float costoMIAV[]={1.055, 1.058, 1.061, 1.064, 1.067,
1.070, 1.073, 1.077, 1.081, 1.085, 1.089, 1.093};
const float costoMEV[]={2.817, 2.826, 2.835, 2.844, 2.853, 2.862,
2.871, 2.880, 2.889, 2.898, 2.907, 2.917};

//Realiza la facturación bimestral en kwh en entrada de verano
if (kwh>0){
    if (kwh>151){
        if (kwh>301){
            if (kwh>451){

```

```

        pagoExcedente=(150*costoMBV[mesFC]) +
        (150*costoMIBV[mesFC]) + (150*costoMIAV[mesFC]) + (kwh-450) * (costoMEV[mesFC]);
        return pagoExcedente;
    } //Fin cuarto if
    else{
        pagoInterAlto=(150*costoMBV[mesFC]) + (150*costoMIBV[mesFC]) + (kwh-300) * (costoMIAV[mesFC]);
        return pagoInterAlto;
    } //Fin tercer if
    else{
        pagoInterBajo=(150*costoMBV[mesFC]) + (kwh-150) * (costoMIBV[mesFC]);
        return pagoInterBajo;
    } //Fin segundo if
    else{
        pagoBasico=kwh*costoMBV[mesFC];
        return pagoBasico;
    } //Fin primer if
    else{
        pago=50*costoMBV[mesFC];
        return pago;
    } //Fin FuncionCalVerano

float FuncionCalDAC(int mesFC, int16 kwh){

    float pago;
    const float costoMesFijo[]={78.48, 78.43, 78.40, 79.25, 79.88, 79.98, 79.59, 79.53, 79.69, 79.94, 79.80, 79.87, 79.60};
    const float costoMes[]={3.532, 3.546, 3.579, 3.534, 3.555, 3.520, 3.523, 3.541, 3.581, 3.557, 3.564, 3.593, 3.564};

    //Realiza la facturación bimestral en caso de que el usuario tenga tarifa DAC
    if (kwh>0){
        pago=costoMesFijo[mesFC] + (kwh*costoMes[mesFC]);
        return costoMesFijo;
    } //Fin if
    else {
        pago=costoMesFijo[mesFC];
        return costoMesFijo;
    } //Fin FuncionCalDAC

float EntradaPeriodoVerano(long anio, int mesFC, int diaFC, long kwhBimActual, float CPDMES, float CPDFV){

    //Inicialización de variables
    float resultado;
    int32 c1;
    int32 c2;
    float promDiario;

```

```

float contDiasFV;

//Determina cual es el promedio diaria menor entre CPDME y CPDFV
if (CPDMES<CPDFV ) {
    promDiario=CPDMES;}//Fin if
else {
    promDiario=CPDFV;}

//Calcula la facturación en período mixto de entrada de verano
if(diaFC<16&&mesFC==4) {
    resultado=FuncionCalNoVerano (3,kwhBimActual);
    return resultado;
} //Fin primer if
else if(diaFC>15 && diaFC<31 && mesFC==4) {
    contDiasFV=60-diaFC;
    c1=contDiasFV*promDiario;
    c2=kwhBimActual-c1;
    resultado=FuncionCalNoVerano (3,c1)+FuncionCalVerano (4,c2);
    return resultado;
} //Fin primer else-if
else if (diaFC<16 && mesFC==5) {
    contDiasFV=60-(diaFC+30);
    c1=contDiasFV*promDiario;
    c2=kwhBimActual-c1;
    resultado=FuncionCalNoVerano (3,c1)+FuncionCalVerano (4,c2);
    return resultado;
} //Fin segundo else-if
else{
    resultado=FuncionCalVerano (mesFC-1,kwhBimActual);
    return resultado;}

} //Fin EntradaPeriodoVerno

float SalidaPeriodoVerano(long anio, int mesFC, int diaFC, long
kwhBimActual,float CPDMES, float CPDFV) {

    //Inicialización de variables
    float resultado;
    int32 c1;
    int32 c2;
    float promDiario;
    float contDiasFV;

    //Determina cual es el promedio diaria menor entre CPDME y CPDFV
    if (CPDMES<CPDFV ) {
        promDiario=CPDMES;}//Fin if
    else {
        promDiario=CPDFV;}

    //Calcula la facturación en período mixto salida de verano 12
    if(diaFC<16&&mesFC==10) {

```

```

resultado=FuncionCalVerano (9, kwhBimActual) ;
return resultado;
} //Fin primer if
else if (diaFC>15 && diaFC<31 && mesFC==10) {
    contDiasFV=diaFC;
    c1=contDiasFV*promDiario;
    c2=kwhBimActual-c1;
    resultado=FuncionCalVerano (9, c2) + FuncionCalNoVerano (10,
    c1);
    return resultado;
} //Fin primer else-if
else if (diaFC<16 && mesFC==11) {
    contDiasFV=diaFC+31;
    c1=contDiasFV*promDiario;
    c2=kwhBimActual-c1;
    resultado=FuncionCalNoVerano (10, c1)+FuncionCalVerano (9
    , c2);
    return resultado;
} //Fin segundo else-if
else{
    resultado=FuncionCalNoVerano (mesFC-1, kwhBimActual);
    return resultado;}
} //Fin SalidaPeriodoVerno

float ConsumoEnergiaGeneral (long anio, int mesFC, int diaFC, long
kwhBimActual, float kwhBimAnt[], float tarifalc) {

    //Inicialización de variables
    float resultado;
    //Calculo de variables
    float CPDMES=kwhBimActual/60;
    float CPDFV=kwhBimAnt[10]/60;

    //Realiza la facturación bimestral dependiendo si es entrada o salida
de verano
    if (tarifalc<1700) {
        if (mesFC>3 && mesFC<10) {
            resultado=EntradaPeriodoVerano (anio, mesFC, diaFC, kwhBimActu
            al, CPDMES, CPDFV);
            return resultado;
        } //Fin segundo if
        else {
            resultado=SalidaPeriodoVerano (anio, mesFC, diaFC, kwhBimActua
            l, CPDMES, CPDFV); }
            return resultado;
        } //Fin primer if
        else {
            resultado=FuncionCalDAC (mesFC-1, kwhBimActual);
            return resultado;}
    } //Fin ConsumoEnergíaGenera

```