

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**“Metodología para Evaluar el Uso Final de la Electricidad, Gas y Agua en
Viviendas Residenciales: Caso de Estudio Mexicali, B.C.”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
PRESENTA**

Diego Ramón Bonilla García

DIRECTOR

Dr. Héctor Enrique Campbell Ramírez

CODIRECTOR

Dr. Alejandro Adolfo Lambert Arista

Mexicali, Baja California

Mayo de 2014

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS_____	Pág. 5
ÍNDICE DE FIGURAS_____	7
RESUMEN_____	10
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN_____	14
Consumo final y uso final de los recursos_____	20
Justificación_____	27
Identificación y definición del problema_____	28
Hipótesis_____	30
Objetivos_____	31
Alcances de los objetivos_____	32
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA_____	33
Introducción_____	34
Sistema de adquisición de datos (SAD)_____	36
Instrumentos desarrollados_____	38
Prototipo base 1 y 2_____	40
Registradores de datos para la evaluación del uso final de la energía eléctrica_____	43
Registradores de datos para la evaluación del uso final del GN/GLP_____	57

Registradores de datos para la evaluación del uso final del agua_____	60
CAPITULO 3. EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA_____	64
Introducción_____	65
Análisis económico del ciclo de vida (AECV)_____	67
Sadpa_____	69
Prueba en campo_____	69
AECV_____	73
Análisis de resultados_____	73
Sadpb_____	79
Prueba en campo_____	79
AECV_____	82
Análisis de resultados_____	83
Sadpc, Sadga y Sadb_____	84
Prueba en campo_____	84
AECV_____	88
Análisis de resultados_____	88
Sadth y Sadgb_____	89
Pruebas en campo_____	89
AECV_____	92
Análisis de resultados_____	93
Sadlm_____	95
Prueba en campo_____	95

AECV _____	97
Análisis de resultados _____	98
Sada _____	99
Prueba en campo _____	99
AECV _____	100
Análisis de resultados _____	100
Sistema de monitoreo _____	102
AECV _____	102
CAPITULO 4. DIAGNÓSTICO _____	104
Diagnóstico situacional _____	105
Diagnóstico contextual _____	106
Análisis FODA _____	108
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	114
Unidades y factores de conversión _____	119
Glosario, Abreviaturas y siglas _____	121
Referencias _____	124

Índice de Tablas.

Tabla 1.1: Consumo promedio de agua por actividad residencial cotidiana. _____	24
Tabla 2.1: Elementos mayoritarios seleccionados para evaluar el uso final de la energía eléctrica, gas y agua en viviendas residenciales. _____	35
Tabla 2.2: Sistemas de adquisición de datos desarrollados de acuerdo a su finalidad. _____	39
Tabla 2.3: Configuraciones típicas de Sadpa. _____	45
Tabla 2.4: Registro de información de Sadpa. _____	48
Tabla 2.5: Registro de información en Sadpb. _____	52
Tabla 2.6: Registro de información de Sadpc. _____	54
Tabla 2.7: Registro de información de Sadth. _____	55
Tabla 2.8: Registro de información de Sadlm. _____	57
Tabla 2.9: Registro de información de Sadga. _____	58
Tabla 2.10: Registro de información de Sadgb. _____	60
Tabla 2.11: Registro de información de Sada. _____	61
Tabla 2.12: Registro de información de Sadb. _____	63
Tabla 3.1: Categorización del CCV según ISO 15663-2 y NORSOK O-CR-001. _____	68
Tabla 3.2: Porcentajes de confiabilidad de Sadpa. _____	72
Tabla 3.3: Resultado del monitoreo en campo del volumen de agua consumido por la regadera. _____	99

Tabla 3.4: Comparación de costos de instrumentación entre la metodología propuesta y el sistema comercial de acuerdo al alcance planteado en su caso. _____	102
Tabla 4.1: Análisis FODA. _____	108

Índice de Figuras.

Figura 1.1: Comercialización total de energía eléctrica en México por sector tarifario durante el 2012. _____	16
Figura 1.2: Historial de temperaturas máximas en Mexicali (1948-2009).	18
Figura 1.3: Historial de temperaturas mínimas en Mexicali (1948-2009).	18
Figura 1.4: Consumo de energía eléctrica por usos finales. _____	26
Figura 2.1: Flujo de información a través de un sistema de adquisición de datos. _____	38
Figura 2.2: Prototipo base 1. _____	41
Figura 2.3: Prototipo base 2. _____	42
Figura 2.4: Memoria micro SD y adaptador SD- micro SD. _____	43
Figura 2.5: Flujo de información a través de Sadpa. _____	44
Figura 2.6: Medidores de energía eléctrica comerciales. _____	46
Figura 2.7: Pantalla principal del software de monitoreo de Sadpa. ____	47
Figura 2.8: Sección “A/C” del software de monitoreo de Sadpa. _____	48
Figura 2.9: Sección “Gráficos 1” del software de monitoreo de Sadpa. ____	49
Figura 2.10: Sección “Gráficos 2” del software de monitoreo de Sadpa. _	49
Figura 2.11: Imagen representativa de la gráfica de autoguardado del historial de consumo de energía eléctrica. _____	50
Figura 2.12: Sadpb configurado para cargas. _____	51
Figura 2.13: Sadpb configurado para circuitos. _____	51
Figura 2.14: Flujo de señal a través de Sadpb. _____	52

Figura 2.15: Sadpc. _____	53
Figura 2.16: Flujo de señal a través de Sadpc. _____	53
Figura 2.17: Sadth. _____	54
Figura 2.18: Flujo de señal a través de Sadpc. _____	55
Figura 2.19: Sadlm. _____	56
Figura 2.20: Flujo de señal a través de Sadlm. _____	56
Figura 2.21: Sadga. _____	57
Figura 2.22: Flujo de señal a través de Sadga. _____	58
Figura 2.23: Sadgb. _____	59
Figura 2.24: Flujo de señal a través de Sadgb. _____	59
Figura 2.25: Sada. _____	60
Figura 2.26: Flujo de señal a través de Sada. _____	61
Figura 2.27: Sadb. _____	62
Figura 2.28: Flujo de señal a través de Sadb. _____	62
Figura 3.1: Analizador de redes Fluke modelo 434. _____	70
Figura 3.2: Prueba en campo de Sadpa y Fluke 434. _____	71
Figura 3.3: Comparación del registro de potencia activa en la totalidad de la vivienda del prototipo Sadpa y Fluke 434. _____	72
Figura 3.4: Componentes del sistema monitor eléctrico en la totalidad de la vivienda y aire acondicionado en base a instrumentación de proveedor EKM Metering. _____	75

Figura 3.5: CVE de instrumentación para el monitoreo especializado en la totalidad de la vivienda y sistema de aire acondicionado durante un año en base a productos de proveedor EKM Metering. _____	76
Figura 3.6: CVE de instrumentación para el monitoreo especializado en la totalidad de la vivienda y sistema de aire acondicionado durante un año en base a Sadpa. _____	76
Figura 3.7: Monitor residencial ECM-1240. _____	79
Figura 3.8: Prueba en campo de Fluke 434 y Sadpb en su configuración para cargas. _____	80
Figura 3.9: Prueba en campo de Fluke 434 y Sadpb en su configuración para circuitos. _____	81
Figura 3.10: Registrador de corriente “CT Logger”. _____	84
Figura 3.11: Prueba en campo de Sadpc y CT Logger. _____	85
Figura 3.12: Prueba en campo de Sadga y CT Logger. _____	86
Figura 3.13: Prueba en campo Sadb y CT Logger. _____	87
Figura 3.14: Registrador de temperaturas USB-5201. _____	89
Figura 3.15: Prueba en campo de Sadth y Usb-5201. _____	90
Figura 3.16: Comparación del registro de temperaturas de la prueba en campo entre Sadth y USB-5201. _____	91
Figura 3.17: Prueba en campo de Sadgb y USB-5201. _____	92
Figura 3.18: Registrador de iluminación “Lighting Logger”. _____	96
Figura 3.19: Prueba en campo de Sadlm y Lighting logger. _____	96
Figura 3.20: Prueba en campo de Sada. _____	98

RESUMEN

El siguiente trabajo propone un sistema y método que en conjunto permiten diagnosticar y evaluar el uso final de la electricidad, gas y agua en viviendas residenciales. Se estudió como caso de ejemplo Mexicali, Baja California, por ser una región que por su clima se caracteriza por un alto consumo estacional de estos recursos. Para su realización se han tomado en cuenta los principales factores que afecten el estudio a nivel técnico, económico, político, social y ambiental.

Para la evaluación de usos finales, contextualmente se caracteriza por un análisis profundo del consumo final de los recursos ya que intervienen otros factores que influyen e interactúan como la frecuencia de uso y el patrón de consumo. Para este tipo de estudios, se establecen dos métodos que permiten la captura de la información, estos son: la encuesta y la instrumentación de viviendas; la primera opción permite obtener datos estadísticos mientras que la segunda valida esta información mediante la operación de equipo de monitoreo instalado en el espacio muestra.

Actualmente, se considera que no existe una metodología específica a la evaluación de usos finales y se estima que la mayoría de empresas capaces de la realización de este tipo de estudios hacen uso de instrumentación comercial que en su mayoría de elementos no están diseñados para este fin, y por lo tanto presentan desventajas técnicas y/o económicas.

El sistema y método propuestos se basan en la instrumentación en campo de viviendas mediante la creación de un sistema de monitoreo que ha sido diseñado para obtener información relevante hacia la evaluación de usos finales.

Específicamente el sistema de monitoreo es el conjunto de diversos dispositivos desarrollados para su instalación en cargas, mecanismos o aparatos que se localicen en una vivienda residencial y que se determinen como mayoritarias en su determinado consumo, los cuales, pueden ser indicados mediante una previo análisis o por criterio.

La metodología fue sometida a pruebas comparativas tanto técnicas como económicas contra instrumentación comercial para demostrar su factibilidad. Además los métodos de instalación y operación han sido diseñados para minimizar las cuestiones de invasión a la vivienda a través de la construcción de equipos autónomos modulares y embebidos.

Debido a que los instrumentos fueron desarrollados con el fin de evaluar el uso final de la energía y agua mediante el procesamiento de sus resultados, algunas de las características de los prototipos no se encuentran en forma comercial directa a nivel regional o nacional e indica la misma tendencia a corto y a mediano plazo, esto permite un segmento de mercado capaz de abordar.

Los equipos propuestos dentro de la metodología pueden disminuir el costo de utilización de productos comerciales similares desde un 20% acercándose hasta el 80% en su mayoría manteniendo la precisión y exactitud requerida para este tipo de aplicaciones.

La metodología e individualmente los equipos que la componen han sido desarrollados para su comercialización o contratación por empresas privadas y/o gubernamentales así como usuarios de viviendas que requieran gestionar el uso de los recursos.

La metodología propuesta plantea una alternativa viable hacia la instrumentación en campo mediante la utilización de un sistema de monitoreo confiable comparado con instrumentación comercial y de mucho menor costo.

El establecer equipos económicos y confiables es un elemento clave de la metodología propuesta, ya que refleja su factibilidad, y este, promete la generación de diversos estudios sobre eficiencia energética y gestión del agua a nivel regional y nacional. La meta final es demostrar la factibilidad de utilización de los instrumentos desarrollados sobre instrumentos similares comerciales, enfatizando primordialmente en su potencial de ahorro.

A través del documento se presentan tanto el diseño y aplicación del sistema de monitoreo como el método utilizado para el procesamiento de los datos obtenidos (en campo), que finalmente permitirá proponer recomendaciones en base a estrategias y acciones enfocados al uso eficiente de los recursos en viviendas.

Capítulo 1.
INTRODUCCIÓN

Actualmente el agua, la electricidad y energéticos como el gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural (GN) son la base en la cual la sociedad puede realizar sus actividades básicas tanto en el trabajo como en el hogar, desde planchar, lavar, cocinar hasta satisfacer sus necesidades de confort. Son recursos imprescindibles para el desarrollo económico de un país y un indicador de la calidad de vida de sus habitantes.

La crisis energética y contaminación son problemas nacionales bien conocidos que exigen constantemente la creación de nuevas técnicas y políticas para hacer uso consciente de los recursos. La escasez y encarecimiento de los mismos así como su tendencia inflacionaria afecta mayormente a los habitantes de bajos recursos en nuestro país.

El problema que enfrenta la humanidad en la actualidad no es ocasional, sino exponencial. “Al ritmo actual sólo tardaremos 35 años en duplicar el consumo mundial de energía y menos de 55 en triplicarlo” [1]. Es un tema que sugiere la transformación de la estructura política y cultural de las naciones mediante un enfoque de sustentabilidad a corto, mediano y largo plazo ya que sin la colaboración global los esfuerzos que llevan a cabo algunas organizaciones resultarían insuficientes.

Hasta el día de hoy hemos evolucionado hasta convertirnos en seres tecnológicos, en el que, el uso de ordenadores personales se ha ponderado como una herramienta común con el uso diario. Por ello, tenemos la oportunidad de utilizar esta gran herramienta como lo es la tecnología para hacer frente a la escasez de los recursos y asegurar el uso eficiente de los mismos.

El agua es uno de nuestros más preciados recursos y es imprescindible para la realización de cualquier actividad. Es un recurso que por su relativa fácil disponibilidad y bajo costo, pocas veces no comprendemos su gran valor y la desperdiciamos continuamente. “Sólo se reflexiona al respecto si el servicio es suspendido o restringido en ciertas épocas del año” [2].

El GLP y el GN aunque no representan un crecimiento significativo a lo largo de los años, en el sector residencial, si presenta una tendencia de encarecimiento y es un energético común e indispensable para la mayoría de los hogares.

Por su lado, las ventas internas nacionales de energía eléctrica indican actualmente que un porcentaje importante es destinado para el sector residencial.

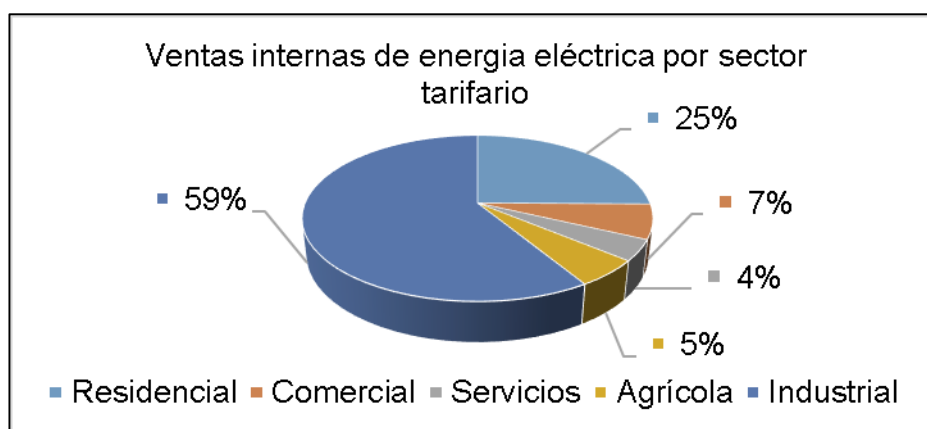


Figura 1.1: Comercialización total de energía eléctrica en México por sector tarifario durante el 2012. Fuente: Propia con datos de SIE [3].

Como se observa en la figura 1.1, durante el 2012 el sector residencial conformó el 25% del consumo total en México y se estima que es en este sector donde se concentra el mayor derroche de energía eléctrica y en algunos casos el uso irracional de la misma.

El aumento de los niveles de contaminación que se registran día a día, obliga a reiterar la moderación en su consumo por parte de la población residencial, a nivel regional, existen propuestas difundidas por diversos organismos gubernamentales encaminadas al ahorro y uso eficiente del agua y la energía eléctrica; para el éxito de esas acciones, es de vital importancia popularizar y concientizar la gestión eficiente de los recursos.

Mexicali, análisis climático (temperaturas extremas).

Es la capital del estado Baja California y se ubica en la región fronteriza noroeste de la república con coordenadas norte 32° 43', sur 30° 52', este 114° 42' y oeste 115° 56' [4].

Es una ciudad de ambiente cálido seco en la mayor parte de su territorio y escasa precipitación pluvial anual, en promedio de 132 mm [5] en contraste con algunas ciudades de México con más de 1000 mm. El municipio de Mexicali tiene uno de los registros de precipitación total anual más baja de todo el país, pues es menor a los 50 mm [6].

Las temperaturas extremas que se presentan en esta región dan lugar a tanto ondas de frío como de calor estacional. En las figuras 1.2 y 1.3 se muestran las temperaturas mínimas y máximas anuales promedio.

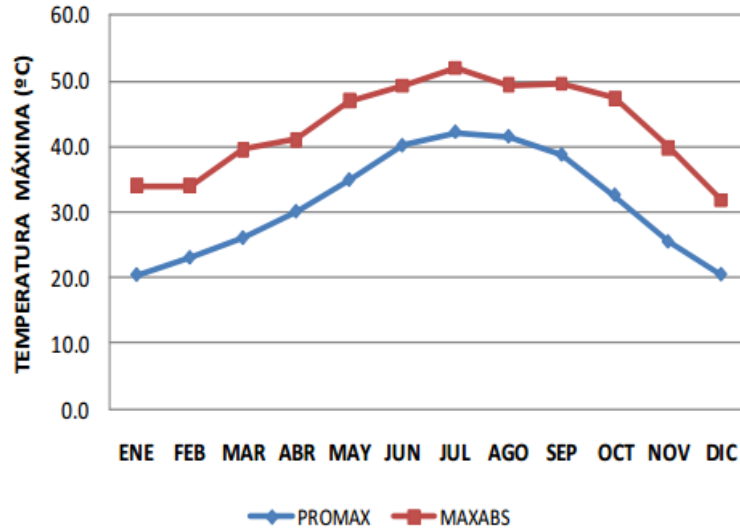


Figura 1.2: Historial de temperaturas máximas en Mexicali (1948-2009) [7].

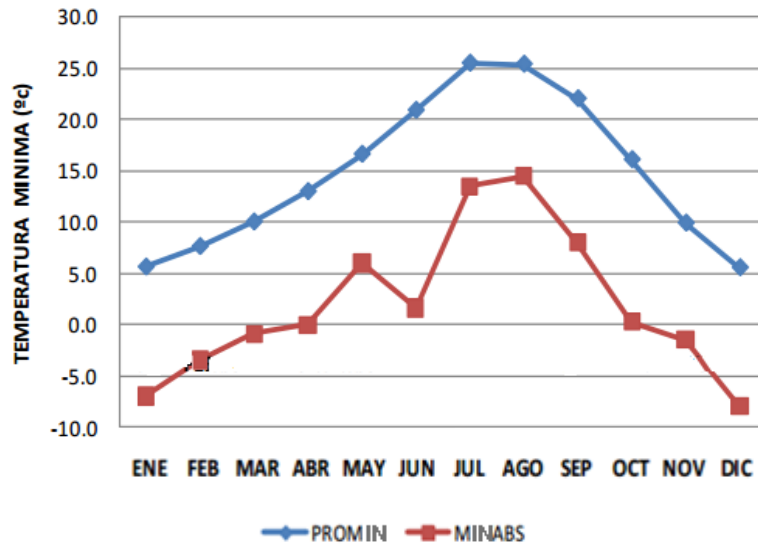


Figura 1.3: Historial de temperaturas mínimas en Mexicali (1948-2009) [7].

Las gráficas anteriores representan las condiciones térmicas para la ciudad de Mexicali, se observa que para el verano las temperaturas máximas promedio son alrededor de los 40 ° C, y que las temperaturas máximas absolutas han rebasado los 50 ° C.

Las temperaturas mínimas están alrededor de los 5 °C, y las mínimas absolutas, presentan valores muy bajos durante el otoño, invierno y principios de la primavera; el valor más bajo registrado en el período de 1948 a 2009 ha sido de -8 °C, ocurrido en diciembre de 1963 [7].

Las condiciones climáticas adversas de verano (altas temperaturas) e invierno (con temperaturas muy bajas) son características preponderantes de la vida geoeconómica de la población de Mexicali, con 936.926 habitantes [8].

Estos valores térmicos tienen una profunda influencia en el uso de los equipos y mecanismos dentro y fuera de las viviendas consumistas tanto de energía como agua, a continuación se describe brevemente algunas de sus consecuencias en cada consumo.

1.-Altas temperaturas afectan negativamente la eficiencia de equipos acondicionadores de espacios como el refrigerador y el aire acondicionado y los obligan a aumentar sus tiempos de operación para mantener las temperaturas deseadas.

2.-El aumento en el consumo de agua residencial se encuentra directamente relacionado al aumento de temperatura, siendo el mayor consumo durante la estación de verano.

3.-Bajas temperaturas provocan que aparatos calefactores como la estufa requieran de mayor tiempo de encendido para la cocción de los mismos alimentos. Debido a que el agua de tubería se encuentra a una temperatura menor a la de confort, aparatos como el calentador de agua o boiler requieren ser utilizados, por ende, se inicia el consumo de energía eléctrica o GLP/GN en su caso del tipo de boiler.

Uso final de la electricidad, agua y gas.

La evaluación del consumo final de energía y agua permite determinar la magnitud de consumo por parte de los residentes en ciertos intervalos de tiempo, con lo cual, se puede obtener un patrón de consumo.

Comúnmente, esta clase de estudio se realiza en periodos mensuales con ayuda de información que se obtiene de facturas emitidas por las empresas suministradoras de los recursos como CFE, CESPМ y ECOGAS (GN), o en el caso de la compra de GLP por medio de recibos de su compra embotellada.

Pero, el uso final no es tan fácil de evaluar porque implica una mayor dificultad para la obtención de información relevante. El uso final se caracteriza contextualmente por el análisis del consumo final de los recursos además de factores que influyen e interactúan como las duraciones y frecuencias de uso de los elementos gestores con el fin de establecer un análisis profundo dentro del hogar.

Estudiar el uso final de los recursos permite valorar la calidad con que cada residente hace uso de ellos a través de sus costumbres y determinar las medidas de ahorro con mayor precisión y en base a estrategias específicas.

En el proyecto presentado se determina respecto al análisis de las principales cargas y mecanismos que se encuentran en viviendas residenciales de Mexicali, B.C. y que popularmente se conocen como mayoritarias. Estas se definen mediante el estudio analítico, criterio o requerimiento especial, aquellos elementos que debido a su magnitud, patrón o frecuencia de consumo sean el objeto de evaluación debido a su nivel de importancia.

Consumo de Agua residencial

El uso en el hogar es muy variable porque depende grandemente de los hábitos de los residentes, de las características de la vivienda (por ejemplo si tiene o no jardín) y del clima [9]. A su vez, el caudal de flujo depende de las presiones estáticas que se presentan en las líneas de alimentación y si los mecanismos presentan las características de bajo consumo.

El consumo de agua abarca una amplia gama de aparatos y mecanismos los cuales se utilizan con alta frecuencia, pueden ser abiertos totalmente para permitir el máximo flujo de agua y pueden utilizar o no agua caliente. En el caso de las viviendas, el uso es clasificado en interiores y exteriores [9].

Según WATERGYMEX [10] los usos o demandas de agua pueden clasificarse en tres categorías:

- Usos consuntivos. Es el agua empleada en diversas operaciones pero que no es descargada a los sistemas de drenaje o alcantarillado. Equivale al agua que se pierde por evaporación, por ejemplo, en sistemas de enfriamiento; la que se infiltra al subsuelo, como por riego de jardines; y la que se incorpora a un producto manufacturado, en el caso de elaboración de comida, hielo, etcétera.
- Usos no consuntivos. Es el agua empleada en operaciones rutinarias, como son: servicios sanitarios, llaves de lavabos y fregaderos, y procesos de lavado, la cual, ya utilizada, se descarga a la red de alcantarillado sanitario o se entrega para ser reutilizada en otros procesos.

- **Pérdidas.** Es el agua que no es aprovechada para algún servicio; por ejemplo: fugas en tuberías y válvulas de la red de distribución y en estructuras tales como cisternas y tanques de almacenamiento; también, las fugas y goteos en muebles sanitarios, medidores, grifos y otros elementos. En esta categoría se puede incluir el desperdicio, caso del agua empleada en exceso.

A continuación se muestra el análisis de los 6 mecanismos comunes que se encuentran en viviendas residenciales:

Regadera. En el mercado nacional existen diferentes tipos de regaderas para el aseo corporal que requieren un alto consumo de agua para su funcionamiento. A partir del 18 de Abril del 2000, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación [11] la Norma Oficial Mexicana 008-CNA-1998 en la cual especifica las regaderas y métodos de prueba empleadas para el aseo corporal; en dicha norma se especifica un gasto máximo de agua no mayor a los 10 l/min.

Utilizando mecanismos de regaderas bajo norma con un gasto máximo de 10 l/min, una ducha común de 15 minutos resultaría en un gasto de 150 litros.

Calentador de agua o boiler. En hogares del sector residencial medio y alto, es común que el calentador de agua se utilice desde términos de la estación de otoño hasta inicios de la primavera, esto debido a que entre estas estaciones la temperatura del agua (ambiental) en Mexicali aun no satisface la temperatura de confort de los habitantes.

Determinar el consumo total o parcial de agua caliente, proporciona una idea del gasto de energía que se requiere para elevar la temperatura del agua dependiendo

del tipo de calentador, ya sea, eléctrico o de gas, y finalmente nos permite relacionar el consumo con la eficiencia energética del mismo.

Para la gestión de agua caliente, registrar el consumo de agua a la entrada del calentador de paso es el indicador apropiado para evaluar el volumen de agua consumida a la salida del mismo hacia los distintos mecanismos.

Lavadora. Estos electrodomésticos se han vuelto parte de los hogares mexicanos, con datos de INEGI [12] se calcula que hace una década cerca del 57% de los hogares particulares contaban con una y hoy más de dos tercios gozan de su servicio. Cada carga de ropa puede usar más 250 litros de agua; por si fuera poco, no existen normas técnicas en México que limiten el consumo de agua de las lavadoras [13].

Mediante un estudio de PROFECO [14] en el cual se examinaron 22 modelos de 10 marcas de lavadoras automáticas comercializadas en el mercado nacional se obtiene el estimado de consumo de agua para un ciclo completo de lavado de 180 l/carga de ropa con un peso de 9 a 12 kgs.

Retrete o Inodoro. Los inodoros con 10 o más años de antigüedad contaban con depósitos que abarcaban entre 11 a 15 litros de agua que eran desechados por una descarga completa. En la actualidad según el Diario Oficial de la Federación [15] publicado el jueves 2 de agosto del 2001, en estudios e investigaciones se ha demostrado que el desperdicio en baños y sanitarios es significativo, existiendo el mayor porcentaje precisamente en inodoros de tipo doméstico. A partir del 4 de Mayo del 2000, con la aprobación de la Norma Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001 para uso sanitario-especificaciones y métodos de prueba; se establece la comercialización de inodoros con gasto de 6 l/descarga.

Lavabo o Grifo. Cerca del 16% del total de agua consumida es usada por el lavabo del baño y la cocina en viviendas promedio [16], con datos de abastecimiento público de CONAGUA y población de Mexicali en el año 2005, se calcula un consumo de agua promedio por habitante de 107 l/día con lo cual se estima que cerca de 17 litros diarios se utilizan en el lavado.

Llave exterior. La frecuencia y cantidad de consumo por el uso de la llave exterior al aire libre es muy variable dependiendo de la ubicación geográfica, las condiciones de terreno, cultura de los habitantes y hasta la adquisición de vehículos dentro del hogar. Generalmente se emplea para la realización de actividades que conllevan una gran cantidad de gasto de agua en el hogar con un intervalo de flujo de 6 a 12 l/min, en la tabla 1.1 se muestra una relación de tales actividades y el gasto de agua promedio que conlleva a cada acción.

Tabla 1.1: Consumo promedio de agua por actividad residencial cotidiana.

Actividad	Consumo de agua promedio
Lavar automóvil con manguera	500 litros
Regar 1 m ² de jardín	25 litros a la semana
Manguera abierta regando	1800 litros por hora

Fuente. JAPAC, 2014 [17].

Consumo de GN/GLP residencial

El sector residencial se encuentra limitado en el número de aparatos consumistas de GN/GLP que se pueden encontrar en las viviendas; los aparatos que comúnmente podemos encontrar suelen ser: la estufa, el calentador de agua (boiler) y la secadora.

El tipo de gas que se puede encontrar en las viviendas de Mexicali dependerá principalmente de la compañía proveedora de gas, en este caso, contenedores tipo tanque recargables se comercializan con GLP de distintas compañías y el servicio de alimentación residencial tipo tubería que comercializa GN es ECOGAS.

Entre los consumidores de gas, la secadora es un aparato escaso entre las viviendas de Mexicali y no representa una necesidad básica debido al clima semiárido que se registra la mayor parte del año. Es un aparato que se utiliza mayormente en la época de invierno y es de uso poco frecuente. Debido a esto, dentro de la metodología no se especifica como aparato mayoritario.

La estufa, es un aparato de uso frecuente diario, con un patrón de uso relacionado con la necesidad de alimentación de los residentes y por su importancia se considera como un aparato mayoritario en el consumo de gas.

El calentador de agua, por su parte, es un aparato que cumple la necesidad de proveer agua caliente principalmente durante la época de invierno; es de uso frecuente estacional y se caracteriza por un alto consumo de energía. Entre los calentadores comerciales podemos encontrar aparatos que consumen gas o energía eléctrica, pero, debido al elevado precio de la tarifa eléctrica en Mexicali, calentadores que consumen gas se han convertido en los más comunes en viviendas de medio y alto nivel residencial.

Resumiendo, la estufa y el calentador de agua, son los aparatos que mayor consumo de gas proyectan.

Consumo eléctrico residencial

Según un estudio de CONAVI (Comisión Nacional para la Vivienda) acerca de la eficiencia energética en el sector residencial, el consumo de energía eléctrica por usos finales en temporada de verano para la ciudad de Mexicali es el siguiente (Figura 1.4).

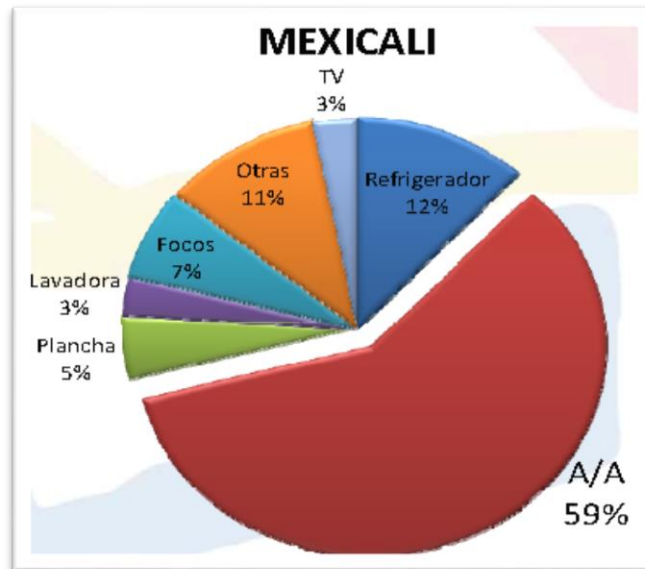


Figura 1.4: Consumo de energía eléctrica por usos finales [18].

Según el Proyecto Piloto de Aislamiento Térmico para Viviendas de Mexicali a cargo de CONAVI, INFONAVIT, CFE, FIDE y CONUEE [18], el promedio anual de consumo en Mexicali es de 5,000 kWh y que durante la época de verano se consume alrededor de 4,000 kWh, esto es un 75% de la energía total consumida anualmente.

De la Figura 4, podemos deducir que cargas mayoritarias en viviendas residenciales en temporada de verano son el aire acondicionado y el refrigerador con un consumo final de 59 % y 12 % respectivamente.

En general con un 7 %, la iluminación es un factor importante en la facturación mensual ya que su utilización es imprescindible y de uso muy frecuente. Por otra parte, en Mexicali se estima que el uso de aparatos como la plancha, la lavadora y el microondas cuentan con usos de poca frecuencia y/o durante lapsos de tiempo relativamente cortos; en cambio, la televisión es un aparato de uso frecuente y con tiempos de operación en promedio de 8-12 horas diarias en la vida cotidiana de algunos mexicalenses.

En conclusión, se determina que las cargas de mayor importancia debido a su magnitud, frecuencia y/o patrón de consumo son el aire acondicionado, el refrigerador, la televisión y la iluminación; las cuales, son los factores preponderantes en la facturación eléctrica de una vivienda residencial en Mexicali y las cargas de interés a monitorear.

Finalmente, se debe analizar el consumo en la totalidad de la vivienda para contrastar el consumo eléctrico de las diferentes cargas con la energía total consumida.

Lo anterior, partiendo que en la actualidad una alimentación eléctrica de línea a 220 V de --fase partida o dividida que consta de 2 fases y un neutro es el tipo de alimentación popular.

Justificación.

Las consecuencias de una mala gestión de los recursos, considerando un incremento del consumo de los mismos en relación al crecimiento de la población a nivel residencial, provocarán con seguridad el alza de los precios de los energéticos,

por ende, una disponibilidad limitada de cantidad per cápita y podría causar un incremento acelerado de la contaminación.

Una medida para gestionar y usar de forma eficiente la energía y agua en el sector residencial es mediante la evaluación de los usos finales además del análisis del consumo final con el fin de determinar de qué forma se utilizan en busca de soluciones específicas para su uso eficiente en las viviendas.

Actualmente, no existe una metodología aplicada debido al alto costo que conlleva la obtención de información. Las encuestas aunque es un método relativamente sencillo de realizar y de bajo costo, se obtiene de ellas información de bajo nivel verídico y por su lado, la instrumentación en campo aunque se obtiene información de alto nivel verídico es un método que conlleva un muy alto costo en comparación. Es por ello, que este trabajo ha considerado el diseño y creación de una herramienta que permite evaluar el uso final del agua y la energía en viviendas residenciales y que podrán ser utilizadas desde usuarios de viviendas hasta empresas privadas y gubernamentales para la gestión de uso eficiente de los recursos.

Actualmente existen métodos que podrían permitir la evaluación del uso final de los recursos, pero estas representan un alto costo o en su caso no cuentan con la confiabilidad requerida y debido a esto se impide que en México estudios de este tipo sean escasos.

Identificación y definición del problema

En México, programas nacionales y proyectos privados que tienen el objetivo la gestión de ahorro y uso eficiente del agua y la energía no cuentan con la difusión requerida e impacto deseado y se establece inicialmente que esto es debido a la falta de información acerca del uso real que los hogares hacen con los recursos y

que esto es causado primordialmente por el alto costo que conlleva la obtención de la información.

La instrumentación en campo y la encuesta son métodos comunes por los cuales se puede obtener la información requerida para evaluar el uso de los recursos pero estos representan desventajas técnicas y económicas que encarecen y provocan la escasez de este tipo de estudios. Los resultados que se obtienen mediante la aplicación de encuestas no aseguran la veracidad de sus resultados y la instrumentación en campo representa un alto costo que limita los alcances del estudio.

Por lo tanto se determinó la oportunidad de crear una metodología basada en la instrumentación en campo que fuera económica y mantuviera la confiabilidad requerida, la cual, analizará específicamente los elementos relevantes para obtener datos concisos.

Las variables que son analizadas para evaluar el uso final de la energía eléctrica en forma directa son: potencia activa (kW), factor de potencia (f.p.) y energía consumida (kWh); en forma indirecta son: temperatura, humedad relativa y encendido de los elementos de iluminación en espacios. Para evaluar el uso final del agua y el gas (lp/natural) se requiere conocer el instante de encendido por mecanismo y el volumen consumido.

Una vez obtenida la información relevante, se establece un procedimiento de análisis para finalmente evaluar el uso final de los recursos mediante el procesamiento de los datos. La metodología permite proponer técnicas para el ahorro y uso eficiente de los recursos en una vivienda residencial.

Antecedentes

Para el desarrollo del presente proyecto se realizó un estudio técnico analizando las metodologías existentes para la evaluación de la energía y agua además de sus características.

Luego se investigó acerca de las características de los equipos desarrollados dentro de la metodología, su mercado y venta a nivel regional y nacional. Primordialmente se investigó el entorno internacional debido a que la mayoría de las ocasiones, el equipo se obtiene de manera importada desde Estados Unidos.

La mayoría de los proyectos para evaluar usos finales se encarecen debido al alto costo del equipamiento para la obtención de la información. Si bien, estos proyectos pueden hacer uso de datos estadísticos en base a encuestas para estimar la información requerida, no es del todo verídica. Por lo demás, no otorga la posibilidad de un análisis profundo en relación a la variación en las condiciones cualitativas dentro de cada vivienda y sus costumbres. Además, el método de recabado de información comúnmente cambia de acuerdo a la naturaleza lucrativa o no de la empresa, donde, proyectos no lucrativos se realizan con encuestas a gran escala en viviendas para la valoración del uso de los recursos y proyectos lucrativos con ayuda de instrumentación en campo.

Hipótesis

Se pretende demostrar la funcionalidad de la metodología propuesta en su forma integral e independiente por cada uno de los prototipos que la conforman y su nivel de competitividad en base a comparaciones técnicas y económicas con instrumentación comercial construida con características para la evaluación del uso final de los recursos.

Se pretende demostrar que existe la factibilidad técnica y económica para la realización de la evaluación del uso final de los recursos por usuarios o empresas que lo requieran.

Se pretende demostrar que el bajo costo de la metodología y su nivel de confiabilidad de resultados permitirán abrir una amplia gama de estudios para evaluar el uso final de los recursos a nivel residencial, e incluso comercial e industrial.

Objetivos

General:

- Crear una metodología funcional de bajo costo que proporcione información confiable.
- Crear una metodología que pueda ser utilizada por cualquier empresa, institución o usuario que lo requiera.

Específicos:

- Identificar las características requeridas por el estudio.
- Diseñar la metodología contemplando las diferentes etapas que lo conforman.
- Realizar su evaluación en cada una de las etapas.
- Implementar de manera experimental y en campo la metodología.
- Optimizar su funcionalidad, adecuándose a los requerimientos reales.
- Realizar comparaciones técnicas y económicas con instrumentación comercial similar.
- Crear una metodología de bajo costo para su utilización por empresas privadas, gubernamentales o usuarios que la requieran.

- Crear una metodología que proporcione información requerida para el uso eficiente del agua y la energía.

Alcances de los objetivos

Se plantea la propuesta de un sistema y método desarrollado para la evaluación del uso final de los recursos a nivel residencial. La metodología comprende la utilización de 9 instrumentos que en conjunto permiten el monitoreo del uso final de los recursos de acuerdo a la carga o mecanismo mayoritario elegido por criterio.

Debido a la complejidad que involucra la aprobación en base a la normatividad existente de instrumentación de este tipo, la confiabilidad en sus registros y robustez se estimarán a través de pruebas en campo con instrumentos comerciales comparando sus resultados. Por lo tanto, la confiabilidad en el registro de información obtenida de los prototipos no se encontrará sujeta a una calibración.

Sin embargo, se estima que esta prueba será suficiente para prometer la futura aceptación y comercialización de los equipos.

Capítulo 2.

METODOLOGÍA

Introducción

Desarrollar una herramienta confiable y de bajo costo es el objetivo de este trabajo. Los prototipos dentro de la metodología pretenden estar al alcance de cualquier usuario o empresa cuyo interés sea la gestión del uso eficiente de los recursos. Además busca fomentar el crecimiento en cuanto el número y variedad de estudios sobre uso eficiente de la energía y agua actualmente a nivel residencial.

La propuesta que se plantea se basa en la instrumentación en campo y no deja a lado otras metodologías afines o complementarias como lo puede ser la encuesta para la obtención de información estadística que mediante el monitoreo permite validar sus resultados.

Físicamente la metodología se constituye de 9 dispositivos adquiridores de datos los cuales pueden ser utilizados en conjunto o individualmente y que a través de su instalación en cargas o mecanismos según el tipo de recurso, miden y registran la información requerida para la evaluación de los usos finales.

El diseño e implementación de la metodología se encuentra determinada por la realización previa de una etapa de estudio de exploración analizando los dispositivos mayoritarios por cada uso final. El análisis dio como resultado la determinación de las variables más relevantes a monitorear dentro de viviendas residenciales en Mexicali. A continuación, la información de la tabla 2.1 presenta el conjunto de variables de interés en relación con los elementos mayoritarios sobre el cual se debe realizar el estudio para la evaluación de usos finales.

Tabla 2.1: Elementos mayoritarios para evaluar el uso final de la energía eléctrica, gas y agua en viviendas residenciales.

TIPO DE USO FINAL	OBJETO PRIMARIO	OBJETO SECUNDARIO	INFORMACIÓN RELEVANTE
	Totalidad de la vivienda (ubicado en el centro de carga)		Potencia activa, potencia aparente, consumo de energía y factor de potencia.
		Aire acondicionado	"
CONSUMO ELÉCTRICO		Refrigerador	Potencia activa y consumo de energía.
		Televisión	Cantidad, instantes y duración de encendido.
		Iluminación	Cantidad, instantes y duración de encendido.
		Envolvente térmico	Registro de temperaturas en el interior y exterior de la vivienda.
CONSUMO DE GN/GLP	Toma principal de gas (tubería o tanque)	Estufa	Cantidad, duración e instantes de encendido y consumo.
		Calentador de agua o boiler	Cantidad, duración e instantes de encendido y consumo.
	Toma principal de agua (tubería)	Regadera	Cantidad e instantes de encendido y consumo.
		Calentador de agua o boiler	Cantidad e instantes de encendido y consumo
CONSUMO DE AGUA		Lavadora	Cantidad e instantes de encendido y consumo
		Retrete o inodoro	Cantidad e instantes de encendido y consumo
		Lavado o grifo	Cantidad e instantes de encendido y consumo
		Llave exterior	Cantidad e instantes de encendido y consumo

Como se puede observar, se han elegido por criterio las cargas o mecanismos que popularmente representan un alto impacto en el consumo de los recursos en la región de Mexicali.

El método propuesto en este documento no excluye la posibilidad de instrumentar la toma de alimentación principal de agua y gas en la vivienda, pero debido a la

complejidad que conlleva comúnmente la instalación de equipamiento en este punto, es por ello, que se propone que la información será obtenida por medio de la facturación de estos dos servicios.

De la tabla 2.1, es que parte el diseño de los prototipos. Estos en general, realizan la captación, procesamiento y almacenamiento de la información relevante que se muestra en dicha tabla.

Según lo antes señalado, es que su construcción se ha programado en 4 etapas principales:

- Captura de variables.
- Procesar y ordenar variables.
- Transmisión.
- Recepción y registro.

Para comprender de manera adecuada cada una de las fases, a continuación se despliega de manera introductoria la teoría acerca de la adquisición de datos.

Sistemas de adquisición de datos (SAD's)

Partimos con la descripción del “mundo analógico” en el cual, la información que obtenemos de medio que nos rodea físicamente y en cualquier lugar en el que nos encontremos se compone de distintas señales que tienen variaciones de magnitud y frecuencia. En la naturaleza, son las señales que percibimos del mundo real como el calor, el sonido, la luz, la velocidad del viento, etc.

Conforme se perfeccionan o desarrollan nuevos procesos científicos y productivos en diversos sistemas aparece una gran cantidad de magnitudes físicas (temperatura, presión, humedad, etc.) cuyo conocimiento y regulación resultan fundamentales [19].

Las magnitudes físicas que conforman a la naturaleza se manifiestan a través de sus señales. Una señal puede ser definida como una portadora física de información [20].

Un sistema de adquisición de datos (SAD) está diseñado fundamentalmente para la medida y procesamiento de las señales físicas para su posterior registro.

La instrumentación de campo es una técnica popular que ha crecido con el uso de la tecnología, su uso conveniente permite supervisar y controlar variables analógicas (reales) como la energía y el consumo de agua de cualquier dispositivo. Por medio de varios dispositivos instalados, permite generar transmisiones de datos que pueden ser manipulados por un ordenador o un circuito electrónico - mecánico a través de señales digitales.

Su construcción se basa en el estudio y experiencia en sistemas de adquisición de datos o SAD's mediante la captación, acondicionamiento, transformación y registro de las señales obtenidas del medio análogo.

El proceso de adquirir las señales para su estudio consta de las siguientes etapas:

1. Conversión de la variable física a una señal eléctrica.
2. Acondicionamiento de la señal eléctrica para su lectura digital.
3. Sistema de adquisición de datos mediante hardware.
4. Registro de los resultados a través de un PC o no.

El flujo de señal a través de los sistemas de adquisición desarrollados se muestra a continuación:

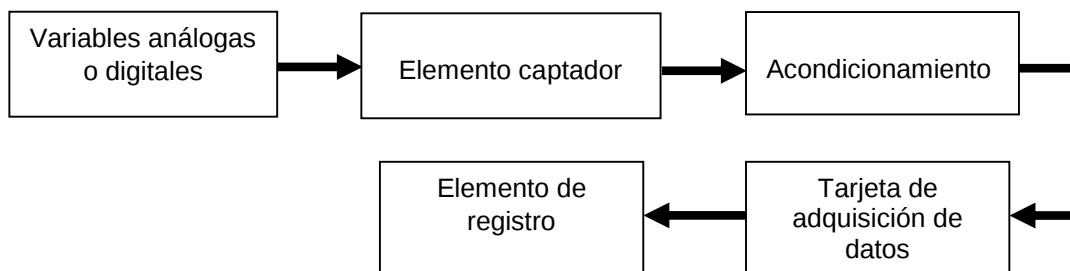


Figura 2.1: Flujo de información a través de un sistema de adquisición de datos.

De la figura 2.1, la tarjeta de adquisición o tarjeta DAq es el elemento encargado de la recepción, (pre)procesamiento y transmisión de información hacia el elemento de registro o memoria.

El método que se utiliza para la medición de las variables cambia dependiendo de la naturaleza del aparato y recurso a medir, por ejemplo, en términos de corriente eléctrica el amperaje se adquiere mediante un transformador de corriente; en el consumo de agua se mide el gasto por medio de un flujómetro, por ende, las diferentes variables se obtienen de forma distinta.

Instrumentos desarrollados

Se desarrollaron 9 instrumentos cuyo diseño y construcción se basa en la teoría de sistemas de adquisición de datos y mediante su operación realizan el monitoreo del uso final de la electricidad, agua y gas. Estos pueden ser utilizados en conjunto o de forma independiente por carga o mecanismo.

Los prototipos fueron diseñados partiendo del análisis de los aparatos o circuitos mayoritarios que comúnmente se puede encontrar en una vivienda residencial y que

obligan a diseñar equipos diferentes con características adecuadas a cada situación. Los métodos de instalación han sido desarrollados con el fin de minimizar los aspectos de invasión a la vivienda para mejorar su practicidad de instalación y estética.

Su construcción se basa en previos conocimientos y habilidades en las áreas de electrónica, mecánica y energía.

El material y equipo necesario para la construcción e instalación de los diferentes equipos se encuentra al alcance comercial, donde la mayoría es obtenida por medio de compras en línea y el restante a nivel regional.

Tabla 2.2: Sistemas de adquisición de datos desarrollados de acuerdo a su finalidad.

Instrumento	Objeto de evaluación	Tarea
Sada	Regadera.	Registro de instantes de accionamiento y consumo de agua.
Sadb	Retrete.	Registro de accionamientos en retrete o inodoro.
Sadga	Estufa.	Registro de consumo de gas.
Sadgb	Estufa.	Registro de instantes de encendido, instantes de apagado y duración de encendido.
Sadpa	Totalidad de la vivienda y A/C.	Monitoreo y registro de corriente, voltaje, potencia eléctrica (activa y aparente), energía y factor de potencia.
Cargas Sadpb	Refrigerador.	Registro de energía eléctrica consumida y potencia activa promedio (por mes, por día, por hora o por minuto).
Circuitos	Hasta 8 circuitos ubicados en el centro de carga.	
Sadpc	Televisor.	Registro de instantes de encendido, instantes de apagado y duración de encendido.
Sadth	Recinto.	Registro de temperatura y humedad relativa ambiental.
Sadlm	Aparatos de iluminación.	Registro de instantes de encendido, instantes de apagado y duración de encendido.

Para describir de manera práctica y ejemplificar la operación de los equipos desarrollados se ha limitado su aplicación a los elementos prioritarios gestores según su recurso como se muestra en la Tabla 2.2:

Una característica primordial de la metodología propuesta es que el sistema Sadpa a diferencia de los demás dispositivos es el único que requiere trabajar con una PC constantemente ya que realiza el procesamiento de la información mediante un software de monitoreo. Por ello, las mediciones de las variables pueden observarse en tiempo real de forma digital y en gráficos. Los equipos restantes son embebidos, por lo cual, no requieren uso de una PC para su operación.

Los equipos propuestos tienen la capacidad de ser flexibles para monitorear cualquier aparato que comúnmente se encuentra en una vivienda residencial y la oportunidad para modificar su método de operación y registro a conveniencia durante su programación.

Prototipo base 1 y 2

Todos los instrumentos antes descritos utilizan un módulo de adquisición o módulo DAQ el cual se encarga de la recepción de señales, procesamiento y transmisión de resultados. Para esto se desarrollaron 2 prototipos base de los cuales se despliegan los 9 instrumentos.

Específicamente del prototipo base 1 se deriva únicamente Sadpa y del prototipo base 2 se derivan los 8 dispositivos restantes. Estos últimos difieren primordialmente en cuanto a programación y elemento captador de la variable física, por lo cual, cuentan con los mismos componentes internamente y son muy similares en su forma física.

Prototipo base 1 (Figura 2.2) es el módulo DAq que utiliza Sadpa y cuya función es la recepción, pre procesamiento y transmisión de las señales análogas y digitales que se obtienen del medio físico a través de los diferentes captadores para finalmente ser procesadas en una PC. Dicho módulo opera en todo momento conectado a un PC y por medio de un software de monitoreo se muestran las mediciones en tiempo real de las variables.



Figura 2.2: Prototipo base 1.

Prototipo base 1 está conformado internamente por un sistema de acondicionamiento de señales y puede contener 1 o 2 tarjetas DAq de acuerdo a la configuración de Sadpa, ya que éste tiene la capacidad de ser escalable tanto en el alcance de sus mediciones como en sus canales de adquisición. Más adelante se explicará a fondo cada una de las características de acuerdo a su configuración.

El prototipo base 2 (Figura 2.3) es un módulo DAq que ha sido diseñado para ser embebido y por ende no hacer uso de una PC. Su función es la recepción, procesamiento, transmisión y registro de la información en una memoria extraíble. Este instrumento base funge como el módulo de adquisición utilizado por Sadpb, Sadpc, Sada, Sadb, Sadga, Sadgb, Sadth y Sadlm.

En adición, se indica que Sadpc es el único del grupo que requiere de una modificación física del prototipo base 2 con el fin de adecuarse a su finalidad; Sadpb cuenta con 2 configuraciones de acuerdo al elemento a monitorear y con excepción del primero, todos los módulos son intercambiables y reciclables entre sí mismos. Como se ha comentado, todos los instrumentos derivados del prototipo base 2 están conformados por los mismos elementos internos y la única diferencia que los distingue esencialmente es la programación y el elemento captador de señal.



Figura 2.3: Prototipo base 2.

Físicamente, el prototipo base 2 incorpora en su exterior un adaptador de memorias tipo micro SD para el registro de datos; un botón de reinicio o reset; y un indicador led de operación, este último, realiza la acción de “parpadeo” cuando el módulo detecta la orden de registro.

Este prototipo incorpora el adaptador SD - micro SD (Figura 2.4) con el objetivo de la práctica inserción y extracción de la tarjeta de memoria. Además, el dimensionamiento físico del adaptador fue el adecuado para realizar el conexionado hacia el módulo DAq.



Figura 2.4: Memoria micro SD y adaptador.

Específicamente se ha elegido del conjunto de modelos la tarjeta de memoria micro SD debido a su bajo consumo de energía, gran capacidad de información (hasta 16 Gb), popularidad y portabilidad. Una tarjeta micro SD comercial de mínima capacidad (1 Gb) resultaría ser suficiente presumiblemente para el lapso de monitoreo de cualquier proyecto.

El archivo donde se guardan los resultados es del tipo “.txt”, el cual es un formato simple y llano de sólo caracteres y que por su naturaleza requiere poco espacio. Finalmente la presentación de los resultados se encuentra en función del equipo a operar.

A continuación, se describen los diversos instrumentos desarrollados de acuerdo a su recurso.

Registradores de datos para la evaluación del uso final de la electricidad.

El subsistema se compone de 5 dispositivos que fueron diseñados para satisfacer los requerimientos de información en términos de uso final de la energía eléctrica. Para este fin se han desarrollado los sistemas de adquisición Sadpa, Sadpb, Sadpc, Sadth y Sadlm.

Con el objetivo de describir de manera práctica y concisa los 5 dispositivos que conforman la metodología de monitoreo, se describe Sadpa de manera independiente por ser el único instrumento que utiliza el prototipo base 1 mientras que los 4 dispositivos restantes se describen de manera conjunta.

Sadpa.

Es un instrumento desarrollado para la medición, visualización y registro en tiempo real de variables especializadas involucradas en la evaluación del consumo de energía eléctrica en viviendas residenciales.

Se diseñó para realizar el monitoreo en la totalidad de la vivienda con alimentación principal de 220 v a 3 hilos y el sistema de aire acondicionado con alimentación 220 v a 2 hilos. Esto no significa que sean las únicas configuraciones eléctricas que existen; aunque regionalmente son las más comunes.

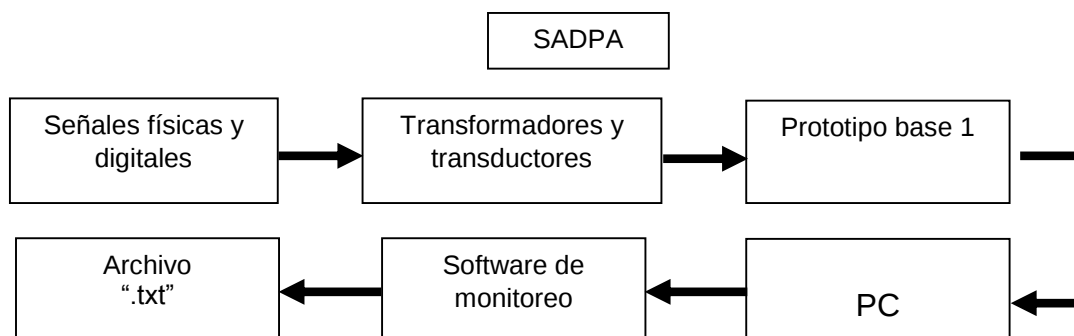


Figura 2.5: Flujo de información a través de Sadpa.

Sadpa tiene la capacidad de escalar sus entradas de adquisición de 1 a 3 canales y aumentar el alcance de sus mediciones, a continuación se muestran sus configuraciones principales (Tabla 2.3):

Tabla 2.3: Configuraciones típicas de Sadpa.

Configuraciones	Alcance de información	Componentes
A 	Potencia activa y consumo de energía en cada una de las fases de la totalidad y el sistema de aire acondicionado.	1 Módulo prototipo base 1. 3 Medidores de energía.
B 	Potencia activa, potencia aparente, factor de potencia y consumo de energía en totalidad y aire acondicionado.	1 Módulo prototipo base 1. 3 Medidores de energía. 1 Módulo de transformación de voltaje. 3 Transformadores de corriente.

Como se puede observar en la tabla 2.3, este instrumento puede limitar o ampliar su alcance de información disminuyendo o aumentando la instalación de componentes captadores de señal como son transformadores y medidores de energía. Lo anterior se traduce en una menor o mayor invasión a la circuitería de la vivienda dependiendo del requerimiento de información.

En la medición de potencia activa y consumo de energía Sadpa utiliza medidores comerciales que funcionan de modo contador. Estos se conectan directamente sobre los circuitos eléctricos y durante su operación envían señales del tipo impulso que son acondicionados para obtener una señal equivalente al consumo eléctrico. En la figura 2.6, las imágenes corresponden a medidores de energía cuyas capacidades máximas van de 32, 65 y 100 amperes respectivamente.



Figura 2.6: Medidores de energía eléctrica comerciales [21].

Finalmente, Sadpa conjunta el prototipo base 1 con un software de monitoreo con el fin de mostrar de forma comprensible la información y para que el usuario sea capaz de su manejo. Este software ha sido diseñado bajo la plataforma de LabView¹; de tal manera que el módulo DAq realiza la captación, pre-procesamiento y transmisión de las señales y el segundo procesa la información recibida para su presentación al usuario en la pantalla de una PC.

Software.

Se ha desarrollado un programa del tipo ejecutable (.exe) bajo la plataforma de LabView que mediante su operación permite la adquisición, procesamiento, visualización en tiempo real y registro de las variables (de acuerdo a la configuración de Sadpa) en la totalidad de la vivienda de acuerdo a cada una de sus fases y el sistema de aire acondicionado.

El programa consta de un instrumento virtual que simula equipos convencionales especializados en el monitoreo de energía eléctrica. Este ha sido diseñado para que

¹ LabView es una plataforma de programación grafica para el diseño de sistemas de adquisición y control.

el usuario visualice de manera flexible los resultados en forma de datos y gráficos en la pantalla de la PC (Figura 2.7).

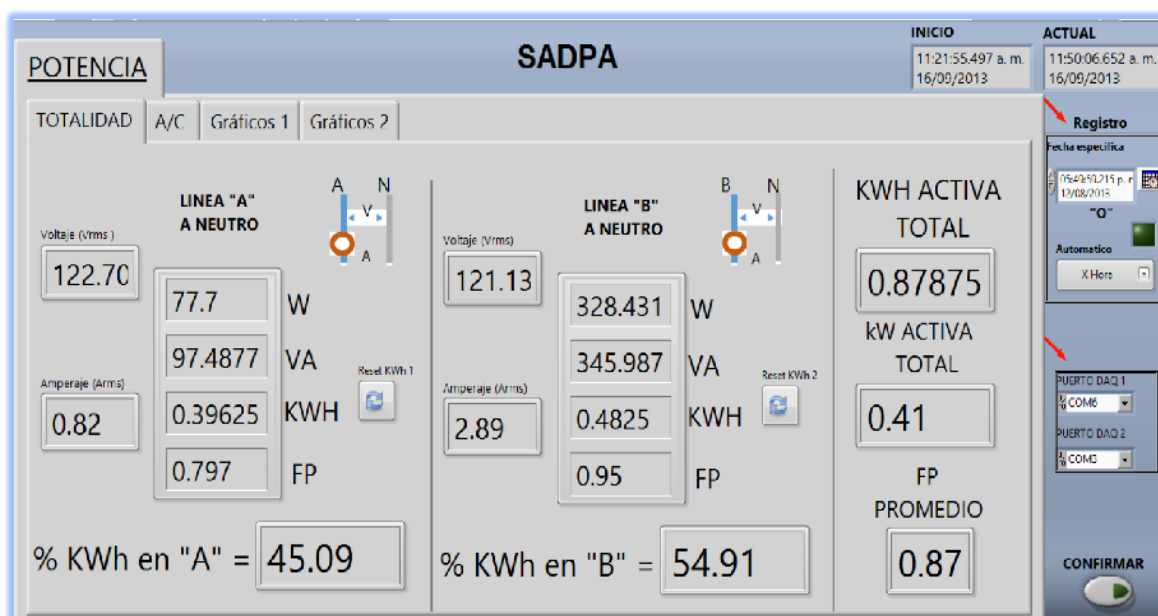


Figura 2.7: Pantalla principal del software de monitoreo de Sadpa.

El programa se compone de 5 secciones; 4 seleccionables mediante tabuladores y 1 fija.

La sección fija se encuentra en todo momento sobre la parte derecha del programa y muestra las fechas de monitoreo, controles para la selección de tiempos de registro y controles para la selección de puertos de comunicación que corresponden a cada una de las tarjetas de adquisición de Sadpa.

La sección de registro permite seleccionar una fecha en específico o mediante un control de selección se elige que el intervalo de tiempo se establezca por hora, por día o mensualmente.

Una vez que se alcanza la fecha o intervalo de registro, el programa de monitoreo guarda en un archivo .txt valores promedio de potencia activa, potencia aparente,

factor de potencia y el consumo total de energía eléctrica. La información que se encuentra dentro del archivo “.txt” a través del registro se muestra a continuación en la Tabla 2.4:

Tabla 2.4: Registro de información de Sadpa.

Fecha	Hora	Carga	Volts.	Amp.	V.A.	Watts	Energía kWh	F.P.
13/08/2013	14:15:42	A/C	242.15	4.78	1034	1001	3.24	0.97
		Línea A	123.22	7.53	1450	1400	12.63	0.98
		Línea B	121.18	12.98	784	725	7.87	0.94

La tabla 2.4, contiene una línea de registro debido a una orden de guardado, por lo cual, se obtienen líneas similares de acuerdo a la programación del tiempo de registro.

Continuando con la descripción, la sección tabulada se subdivide en 4 partes; la pantalla principal, muestra la sección “Totalidad”; la segunda, muestra la sección “A/C”; la tercera, muestra la sección “Gráficos 1” y finalmente la cuarta sección muestra “Gráficos 2” (ver figuras 2.8 a 2.10).

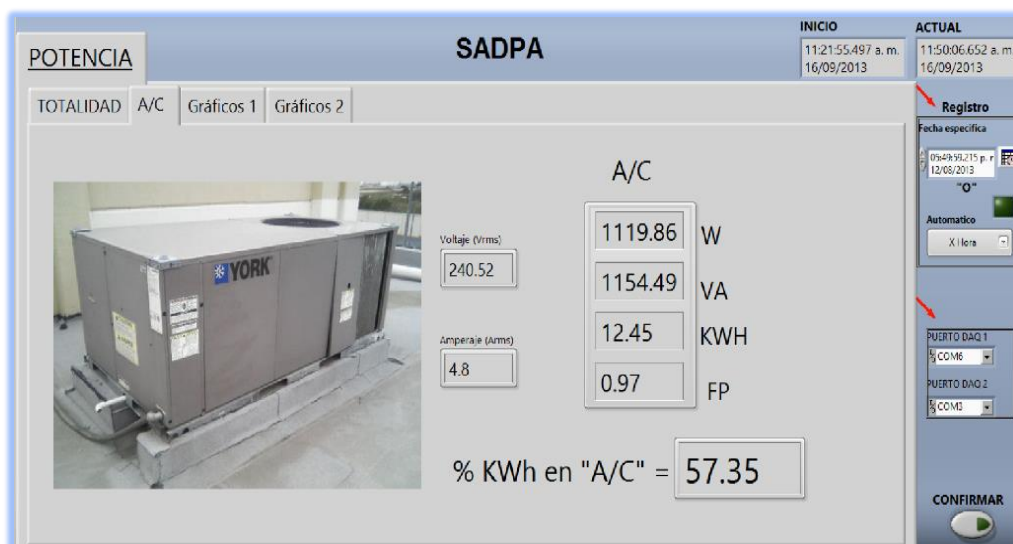


Figura 2.8: Sección “A/C” del software de monitoreo de Sadpa

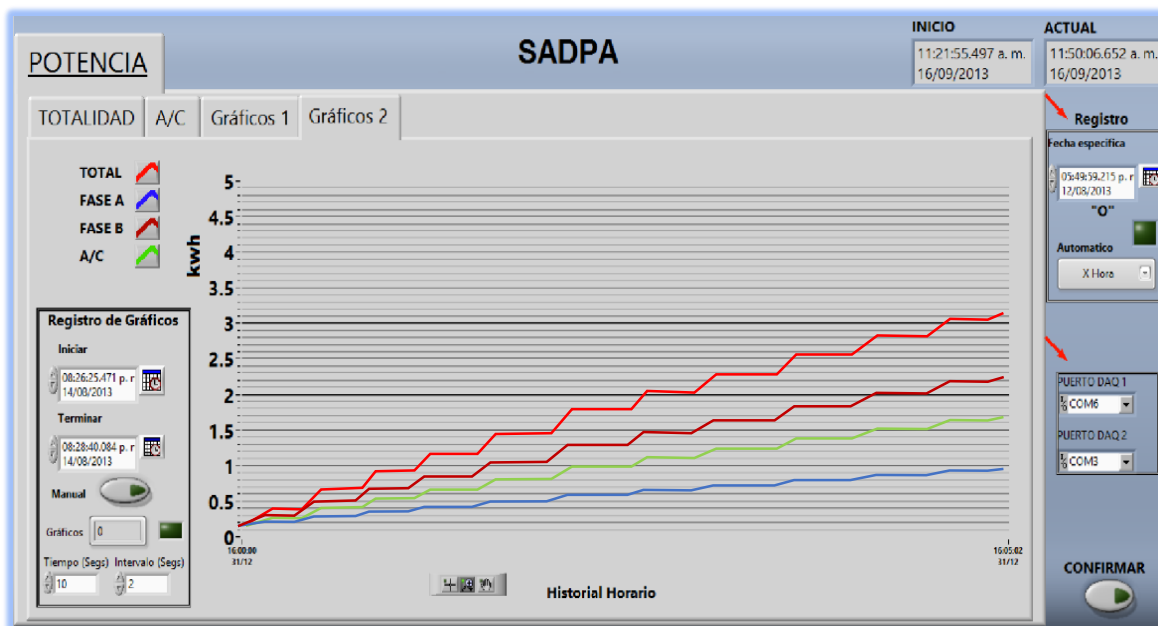


Figura 2.9: Sección “Gráficos 1” del software de monitoreo de Sadpa.

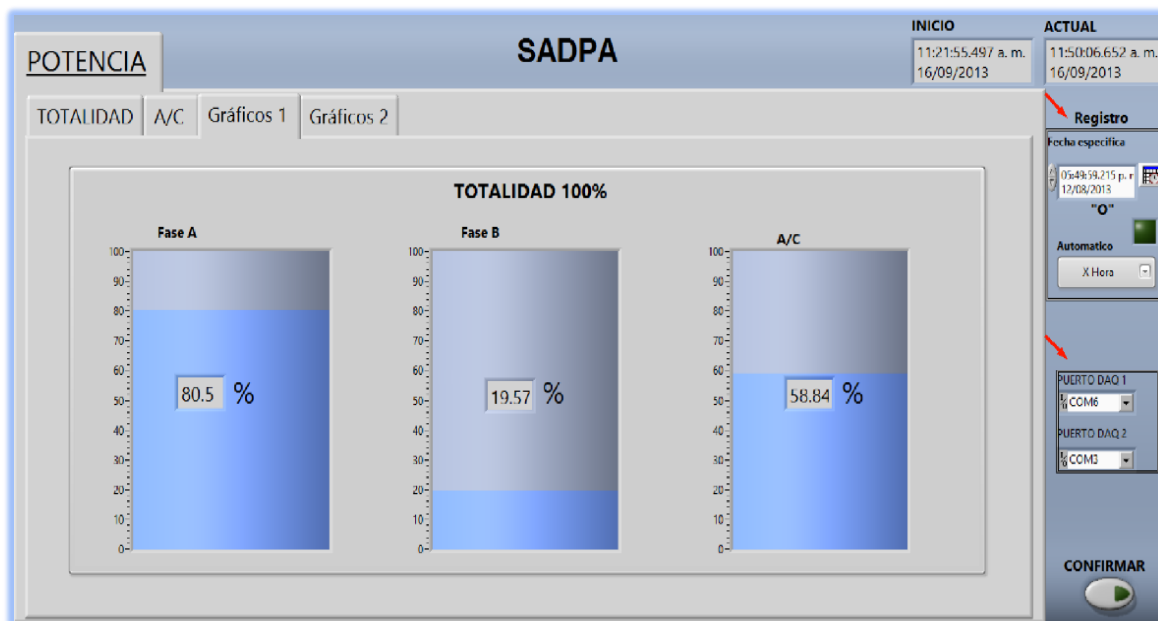


Figura 2.10: Sección “Gráficos 2” del software de monitoreo de Sadpa.

De la figura 2.10, la parte inferior izquierda muestra el control para el registro del historial gráfico de consumos de energía. Esta sección permite guardar gráficos ilimitadamente mediante un botón virtual o mediante intervalos y duraciones de

tiempo programables por el usuario. A continuación se muestra una gráfica de autoguardado iniciado a las 21:08:25 horas con una duración de 35 segundos y en intervalos de 2 seg (Figura 2.11).

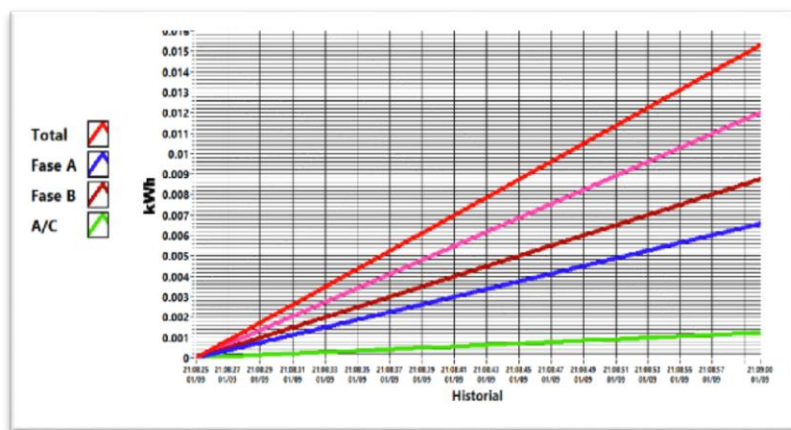


Figura 2.11: Imagen representativa de la gráfica de autoguardado del historial de consumo de energía eléctrica.

La cantidad de gráficos que pueden ser guardados es prácticamente ilimitada ya que la cantidad puede ser modificable mediante programación a requerimiento.

Sadpb, sadpc, sadth y sadlm.

Son parte de los instrumentos derivados del prototipo base 2 que no requieren el uso de una PC para el procesamiento y registro de información. Son equipos embebidos que se basan en la adquisición y registro autónomo programado de las variables.

Sadpb (Figuras 2.12 y 2.13) es un instrumento desarrollado para registrar las variables primordiales involucradas en evaluación del uso final de la energía eléctrica. El prototipo registra promedios de potencia activa y consumo de energía en intervalos modificables por el programador de 1 minuto, 1 hora, 1 día, 1 mes, etc. Consta de dos configuraciones físicas que van de acuerdo a la naturaleza del aparato a monitorear; una carga o un circuito.



Figura 2.12: Sadpb configurado para cargas.

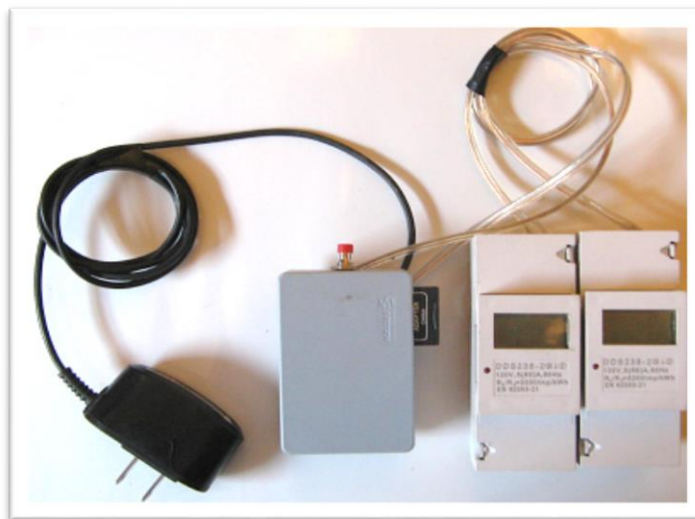


Figura 2.13: Sadpb configurado para circuitos.

Sadpb en su configuración para cargas requiere de un módulo transductor de energía eléctrica que fue construido con el fin de realizar de forma práctica la conexión de la carga y evitar la invasión de su cable de alimentación. En esta configuración Sadpb está limitado a la conexión y monitoreo de una carga eléctrica.

Por su parte, Sadpb en su configuración para circuitos utiliza medidores de energía eléctrica que son instalados en la circuitería con el mismo método de Sadpa. En esta configuración Sadpb tiene una capacidad de monitoreo de hasta 8 circuitos. El flujo de señal a través de Sadpb se muestra a continuación (Figura 2.14).

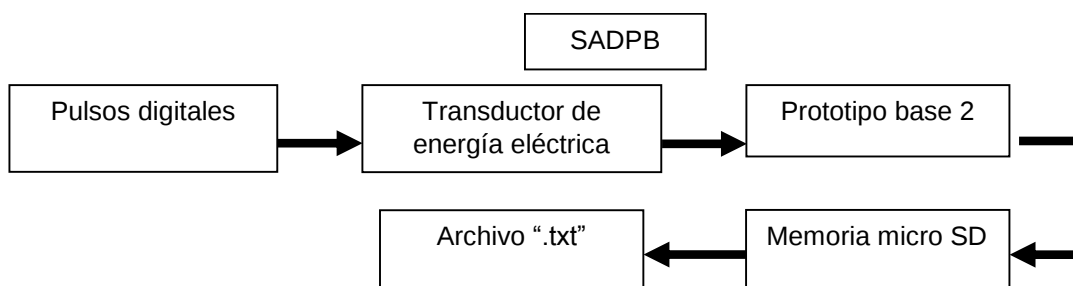


Figura 2.14: Flujo de señal a través de Sadpb.

Comúnmente la acción de registro se programa de acuerdo a cambios de hora, lapso de tiempo durante el cual se promedia la potencia activa y el consumo de energía eléctrica se contabiliza acumulativamente hasta ese instante.

Tabla 2.5: Registro de información en Sadpb.

Fecha	Hora	kWh	Watts
13/08/2013	14:03:48	5.87	225
13/08/2013	15:03:48	6.98	207
13/08/2013	16:03:48	7.54	207

La tabla 2.5, es un ejemplo del registro que se obtiene durante el monitoreo de una carga o un circuito. En el caso de diversos circuitos, la información se enlistaría en forma de columnas consecutivas.

Sadpc (Figura 2.15) como se ha comentado, es el único instrumento que requiere de una modificación física del prototipo base 2. Es un instrumento diseñado para registrar el instante de encendido y apagado de aparatos eléctricos así como la duración de tiempo en segundos que se encontró en operación.

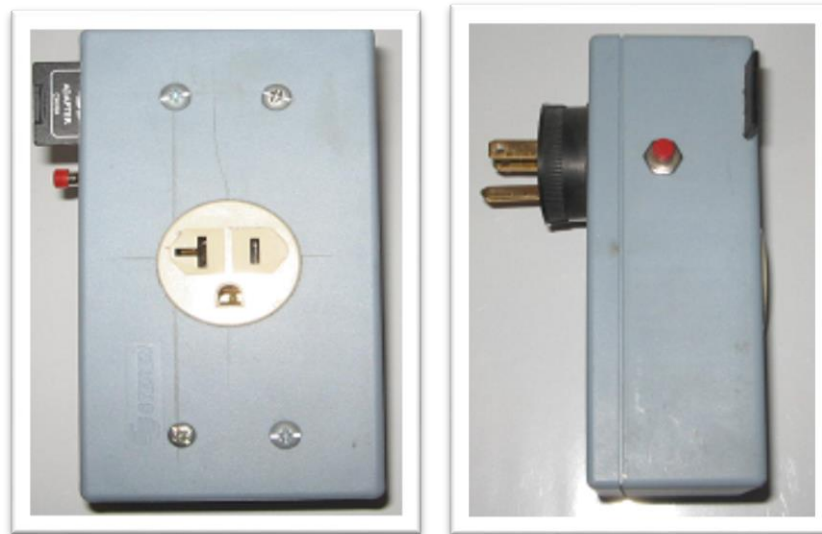


Figura 2.15: Sadpc.

En este caso, el prototipo base 2 fue adecuado estructuralmente para la práctica conexión de aparatos eléctricos. El flujo de señal a través de Sadpc se muestra en la Figura 2.16:

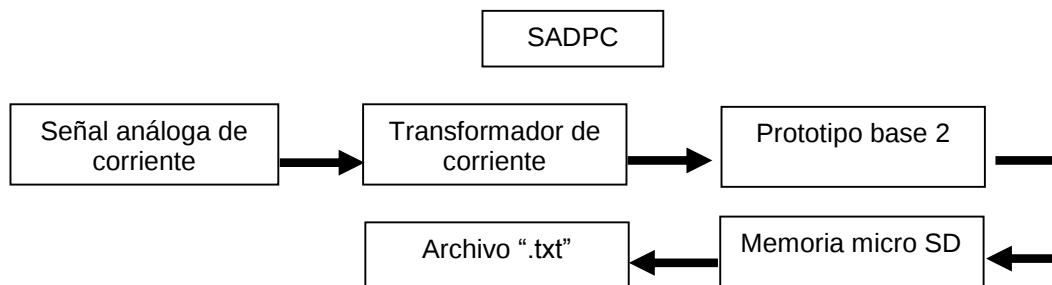


Figura 2.16: Flujo de señal a través de Sadpc.

En el momento que Sadpc detecta el paso de corriente que genera el encendido de un aparato eléctrico, este registra la fecha y hora de encendido y de igual manera su apagado una vez que la corriente es nula. De esta manera se registra una línea de información que contiene 2 fechas y una duración de tiempo en segundos.

Tabla 2.6: Registro de información de Sadpc.

Registros	Fecha de Encendido	Fecha de apagado	Duración
1	13/08/2013 14:45:17	13/08/2013 15:18:57	2020
2	13/08/2013 16:16:05	13/08/2013 18:06:17	6612
3	13/08/2013 19:37:22	13/08/2013 19:48:55	713

Como se observa en la tabla 2.6, la duración del encendido se calcula para cada uno de ellos, lo cual, más adelante se mostrará como una ventaja sobre instrumentos comerciales.

Sadth (Figura 2.17) es un instrumento que realiza la acción de medir y registrar en intervalos modificables por el programador (comúnmente de 15 minutos) los valores de temperatura y humedad relativa ambiental de un recinto o su exterior (ambiente externo).



Figura 2.17: Sadth

De la figura 2.17, se observa como Sadth utiliza un transductor comercial de temperatura y humedad relativa. El flujo de señal a través del sistema adquisidor se muestra en la Figura 2.18:

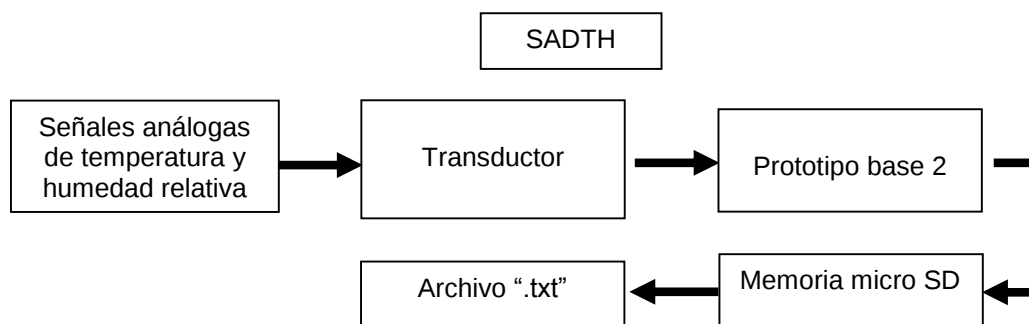


Figura 2.18: Flujo de señal a través de Sadpc.

Este instrumento fue desarrollado con el propósito de monitorear el cambio de temperatura en un área a través del tiempo. El dispositivo registra la información relevante de la siguiente manera:

Tabla 2.7: Registro de información de Sadth.

Registros	Fecha y Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
1	2013/05/21 13:50:5	35.7	45
2	2013/05/21 14:00:5	36.1	43
3	2013/05/21 14:10:5	36	41

De la tabla 2.7, se observa que el registro del prototipo fue programado en intervalos de 10 minutos.

Finalmente el último dispositivo de los registradores de uso final de la energía eléctrica es Sadlm (Figura 2.19). Es un dispositivo desarrollado con la finalidad de registrar instantes de encendido, instantes de apagado y duración de encendido de elementos de iluminación tales como focos, lámparas, etc.



Figura 2.19: Sadlm.

Este prototipo utiliza un sensor de luminosidad para capturar y medir la magnitud de luminosidad que existe en un recinto y de esta manera detectar cambios de estado en la iluminación. El flujo de señal a través del sistema adquisidor se muestra a continuación (Figura 2.20):

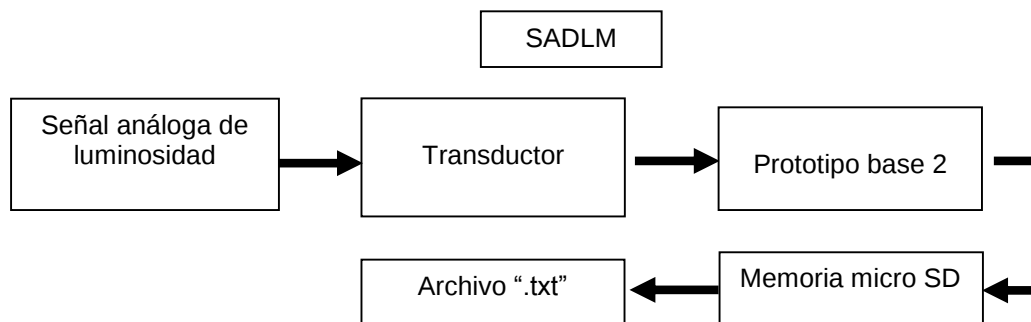


Figura 2.20: Flujo de señal a través de Sadlm.

Sadlm realiza la acción de registro una vez que la magnitud de luminosidad es mayor al nivel programado. El registro del instante de encendido e instante de apagado de elementos lumínicos se realiza de la siguiente manera (Tabla 2.8):

Tabla 2.8: Registro de información de Sadlm.

Registros	Fecha de Encendido	Fecha de Apagado	Duración (segundos)
1	2013/12/05 17:54:16	2013/12/05 19:34:38	2422
2	2013/12/05 19:34:54	2013/12/05 19:35:15	21
3	2013/12/05 20:08:24	2013/12/05 20:10:09	95

Como se aprecia en la tabla 2.8, el método de registro de información de Sadlm es muy similar al de Sadpc.

Registradores de datos para la evaluación del uso final de GN/GLP.

El segundo apartado de la metodología, el cual evalúa el uso final de GLP o natural consumidos por aparatos mayoritarios en viviendas residenciales como lo son la estufa y el boiler, utiliza dos sistemas de adquisición de datos embebidos y autónomos llamados Sadga y Sadgb.

Sadga y Sadgb.

Sadga (Figura 2.21) es un dispositivo desarrollado para registrar el volumen de gas que es consumido por aparatos como la estufa y el calentador de agua (boiler) además de su instante de consumo.



Figura 2.21: Sadga

Sadga utiliza un flujómetro para GN/GLP de proveedor EKM Metering modelo PGM.75 para obtener el consumo en pie^3 . Su salida de señal es acondicionada para enviar 1 pulso eléctrico por cada pie^3 de gas que pasa a través del medidor. El flujo de señal a través de Sadga se describe a continuación (Figura 2.21):

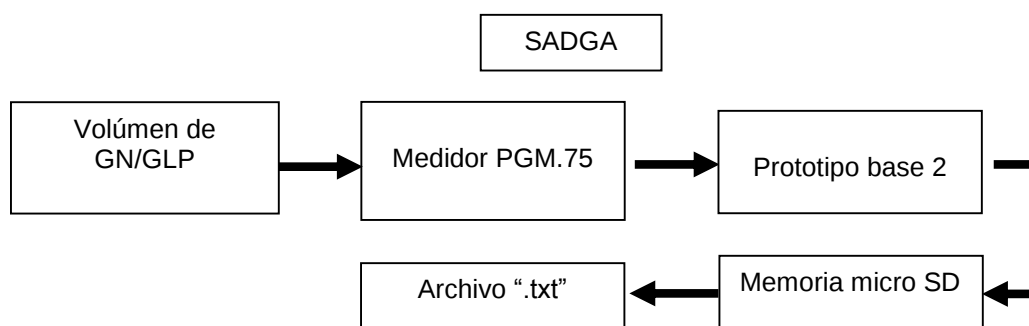


Figura 2.22: Flujo de señal a través de Sadga.

Cuando un pie^3 de gas pasa a través del medidor PGM.75, este envía una señal tipo pulso eléctrico y consecutivamente Sadga registra el instante de consumo, como se muestra en la Tabla 2.9).

Tabla 2.9: Registro de información de Sadga.

Registros	Fecha	Hora
1	16/08/2013	12:20:15
2	16/08/2013	12:51:48
3	16/08/2013	14:21:37

Durante el monitoreo se realizan registros de manera descendente donde se anota el formato de fecha/hora y el consumo de gas se obtiene de la cantidad de registros donde 1 registro es igual al consumo de un pie^3 de GN/GLP.

Sadgb (Figura 2.23) por su parte, es un dispositivo que tiene como objetivo registrar el instante de encendido, el instante de apagado y la duración de encendido de la estufa y el calentador de agua.



Figura 2.23: Sadgb.

Sadgb utiliza un sensor de temperatura para detectar mediante la medición de la misma el encendido o apagado de los quemadores. El flujo de señal a través de Sadgb se muestra a continuación (Figura 2.24).

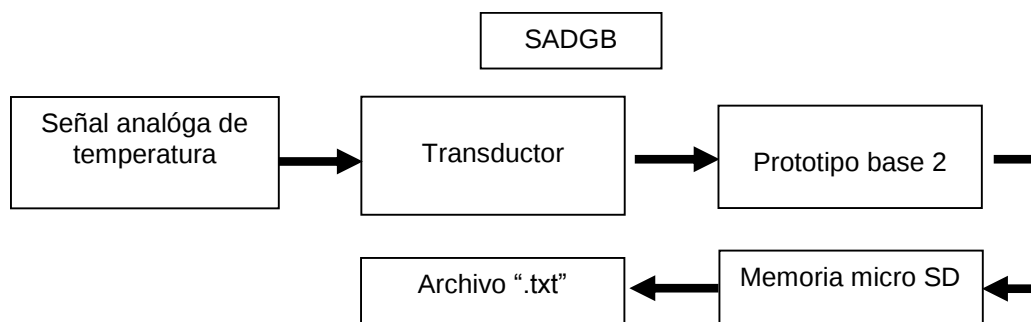


Figura 2.24: Flujo de señal a través de Sadgb.

Una vez que Sadgb a través del sensor de temperatura detecta una magnitud arriba del nivel preestablecido, se registra el instante de encendido y cuando la temperatura baja pasando por debajo del mismo nivel se registra el instante de apagado, y consecutivamente la duración del encendido (Tabla 2.10).

Tabla 2.10: Registro de información de Sadgb.

Registros	Fecha de Encendido	Fecha de Apagado	Duración (segundos)
1	16/08/2013 12:30:15	16/08/2013 12:37:13	418
2	16/08/2013 18:11:48	16/08/2013 18:58:23	2,795
3	17/08/2013 14:55:57	17/08/2013 16:04:54	4,137

Registradores de datos para la evaluación del uso final del agua.

El tercer apartado de la metodología que evalúa el uso final del agua por mecanismos mayoritarios en una vivienda residencial, consiste de dos sistemas de adquisición de datos embebidos derivados del prototipo base 2 llamados Sada y Sadb.

Sada y Sadb.

Sada (Figura 2.25) es un instrumento que registra el instante de encendido y volumen de agua consumido por el mecanismo gestor de agua en el cual se encuentra instalado. En el caso propuesto se encuentra configurado para el monitoreo del uso final del agua en la regadera.



Figura 2.25: Sada.

Sada utiliza un flujómetro para líquidos que es conectado en serie con el mecanismo gestor y es unido mediante conexiones roscadas. La función de este medidor es el enviar pulsos digitales proporcionales al gasto de agua. El flujo de señal a través de Sada se describe a continuación (Figura 2.26):

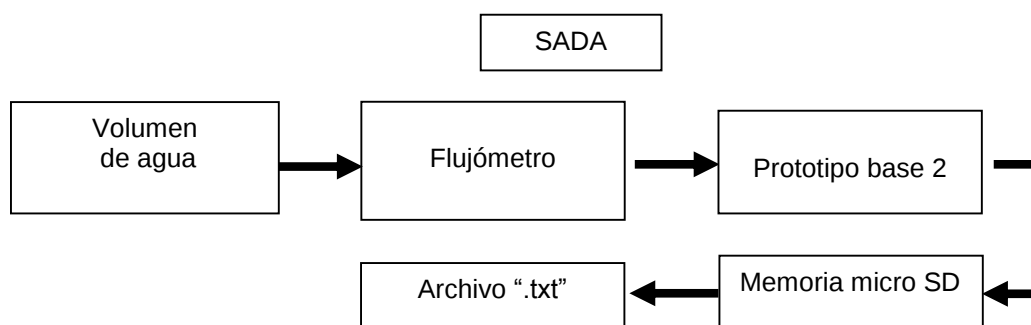


Figura 2.26: Flujo de señal a través de Sada.

En el instante que se detecta flujo de agua, el prototipo registra la fecha y hora en que es accionado el mecanismo gestor, y cuando el gasto de agua se detiene, registra el volumen de agua consumido hasta ese momento (Tabla 2.11).

Tabla 2.11: Registro de información de Sada.

Registros	Fecha y Hora		Consumo (litros)
1	16/08/2013	12:30:15	10.54
2	16/08/2013	12:31:48	23.15
3	16/08/2013	17:15:01	47.68

Sada enumera los registros obteniéndose de esta manera las cantidades de encendido. Finalmente, el consumo de cada evento puede obtenerse por medio de diferenciación.

Sadb (Figura 2.27) es un sistema de adquisición de datos que registra el instante y cantidad de accionamientos del retrete. Este instrumento ha sido desarrollado específicamente para este mecanismo gestor de agua.



Figura 2.27: Sadb.

La operación del sistema se basa en la detección de presencia o ausencia de líquido mediante un sensor detector que consta de 2 placas contiguas y que sumergidas en agua establecen continuidad. El flujo de señal a través de Sadb se muestra en la Figura 2.28:

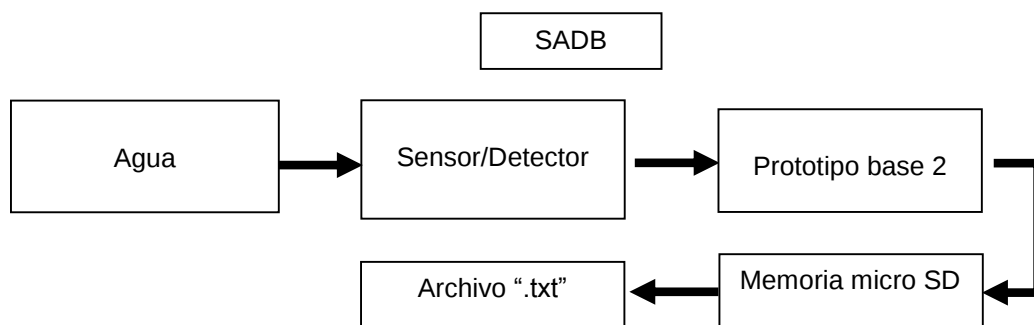


Figura 2.28: Flujo de señal a través de Sadb.

Cuando el sensor de líquidos establece continuidad entre sus terminales, Sadb realiza la acción de registro del instante de accionamiento (Tabla 2.12).

Tabla 2.12: Registro de información de Sadb.

Registros	Fecha y Hora	
1	18/09/2013	10:10:25
2	19/09/2013	18:33:59
3	19/09/2013	20:08:54

Finalmente, ambos sistemas de adquisición se aplican de acuerdo al mecanismo gestor de agua. En este caso, en el inodoro se propone solamente la instalación de Sadb debido a que comúnmente los tanques de depósito se encuentran con relativo fácil acceso (por tapa). Esta característica permitió desarrollar un sistema distinto de adquisición para minimizar la invasión a la vivienda debido a la interrupción en la alimentación.

Debido al diseño no invasivo de Sadb este sólo registra la fecha y hora en que disminuye el nivel de agua dentro del tanque. Aun así, Sada puede ser instalado de igual forma en el inodoro como requerimiento especial.

Capítulo 3.

EVALUACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA

Introducción.

Una vez que se ha planteado en su totalidad la instrumentación propuesta, es necesario evaluar técnica y económicamente cada uno de los dispositivos que la conforman para demostrar su grado de utilidad y estimar su capacidad de competencia en el mercado.

La evaluación técnica de los prototipos se basa en la instrumentación en campo de una vivienda típica mediante la operación simultánea de cada uno de estos con instrumentos comerciales similares.

Su objetivo es el cuantificar la estimación de confiabilidad que ofrecen los prototipos mediante la comparación de resultados y tomando como patrón de referencia, en este caso, la instrumentación comercial.

Las pruebas en campo constan de una sola comparación que ayudará a estimar su grado de confiabilidad. Se establece que la mejor forma de evaluar técnicamente los equipos es mediante el método de diseño de experimentos.

A través de la prueba en campo se muestran los aspectos técnicos que ofrecen los instrumentos previamente determinando las características físicas y funcionales que requieren de acuerdo a su finalidad.

Las características a comparar se analizan con el propósito de indicar su adaptación, utilidad, facilidad, eficiencia y seguridad, permitiendo tomar decisiones sobre el rediseño y optimización de los equipos en base a las necesidades y preferencias de los usuarios que los requieren.

Por otra parte, la evaluación económica se basa en el análisis económico del ciclo de vida (AECV) que conlleva el costo de instrumentación de una vivienda en esencia, sin incluir el servicio de monitoreo. Esto es debido en parte a que los servicios de monitoreo difieren para cada proyecto y dependen de una gran diversidad de aspectos.

El método consiste en la comparación de AECV's de instrumentación comercial contra la instrumentación desarrollada en base al alcance de la obtención de la información que estos últimos ofrecen y que es de interés para la evaluación de usos finales.

Es necesario considerar el AECV ya que la instrumentación en campo no sólo implica el costo de los materiales e instrumentos, sino que existen otros gastos difíciles de considerar como gastos de ingeniería para su diseño y costos de operación. Mediante un AECV se muestran los aspectos económicos a un nivel más profundo a lo largo de la vida de los prototipos a partir de la adquisición de la materia prima hasta su disposición final o el término del estudio según su finalidad como se propone en este apartado.

En primera instancia, el costo de instrumentación comercial partirá de presupuestos regionales, ya que si bien es cierto que sólo cubrirán una parte del mercado existente, se han elegido del conjunto comercial instrumentos de menor precio y/o comunes de los cuales en la mayoría de ellos se tiene experiencia sobre su uso en proyectos del área de eficiencia energética residencial.

El resultado de las comparaciones de las pruebas en campo y de AECV's se analizarán de forma cualitativa y cuantitativa que de forma conjunta servirán de criterio para determinar la aceptación o rechazo de los prototipos. Este método será

útil para soportar técnica y económicamente las conclusiones y recomendaciones hacia la actualización y en ciertos casos creación de nuevos métodos de monitoreo. Debido a que en la actualidad no existe en esencia o es de difícil acceso de una metodología concisa al monitoreo del uso final de los recursos, la aceptación del sistema y cada uno de los prototipos que la conforman se determina si estos se encuentran o no dentro de la confiabilidad en sus registros y robustez. Adicionalmente, mediante el AECV se demuestra que el bajo costo de la metodología podría abatir el costo de instrumentación comercial de características similares.

Uno de los objetivos de este proyecto, si no es que el principal, fue el de diseñar equipos económicos y confiables capaces de competir con el mercado de la pequeña o mediana empresa, si bien es cierto que nunca se planteó una capacidad de producción, es de considerar un análisis futuro de mayor profundidad hacia la formulación de proyectos, pero los resultados permiten estimar su factibilidad hacia una inversión prometedora.

Finalmente se pretende que los resultados demuestren un panorama de lo que podría implicar un alto potencial de ahorro mediante la obtención de la misma información que en su mayoría no se obtiene de forma directa de instrumentación comercial.

Análisis Económico del Ciclo de Vida (AECV).

El objetivo principal de un análisis del Costo del Ciclo de Vida (CCV) de un activo es, como su nombre lo indica, cuantificar la totalidad de los gastos (directos o indirectos, fijos o variables) pagados por este a lo largo de su vida útil, esto incluye

los costos generados en las diferentes etapas de su vida como: investigación y desarrollo, adquisición, construcción, operación y desincorporación [22].

Existe muchos métodos para calcular el CCV, casi todos normalizados y estandarizados, que básicamente proveen los procedimientos y fórmulas para su cálculo, sin embargo son cuatro los estándares industriales referidos específicamente al término de CCV, estas son las normas: ISO 15663, IEC 60300-3-3, NORSOK-0CR-001/2 y SEA-ARP 4293/4294 [22].

ISO 15663-2	NORSOK O-CR-001
1. CAPEX (Costo de Capital) • HHI por diseño y administración • Compra de equipos y materiales • Costos de fabricación • Costos de instalación • Costos de comisionamiento • Costos de aseguramiento de repuestos • Costos de re-inversión 2. OPEX (Costos Operativos) • HHI por sistemas • Repuestos y materiales consumidos por sistema • Costos de logística • Costos por consumo de energía • Costos de seguros • Costos de soporte Offshore 3. Impacto de las ganancias. • Impacto de las ganancias está basado en el perfil de producción planificado vs al real.	1. Costo de Capital • Compra de equipos y materiales • Costos de instalación • Costos de comisionamiento • Costos de aseguramiento de repuestos • Costos de re-inversión 2. Costos Operativos • Costos de HHI ○ Mantenimiento Correctivo ○ Mantenimiento Preventivo ○ Servicios • Costos por Repuestos y materiales consumidos. ○ Mantenimiento Correctivo ○ Mantenimiento Preventivo ○ Servicios • Costos de logística • Costos por consumo de energía 3. Costos por producción diferida.

Tabla 3.1: Categorización del CCV según ISO 15663-2 y NORSOK O-CR-001 [22].

La tabla 3.1, muestra la diferencia en la categorización de los costos de la norma ISO y NORDOK, dos normas orientadas al sector de petróleo y gas.

El AECV de acuerdo a este documento se centraliza en la parte económica que equivale al costo de instrumentación en viviendas resultado de la evaluación de acuerdo al uso final de los recursos.

El objetivo es comparar solamente el costo de la instalación, desinstalación y operación de equipos comerciales contra los prototipos desarrollados para establecer claramente su valor. El siguiente análisis se realiza para cada uno de los prototipos y en conjunto a lo que se refiere al sistema integral de monitoreo como sigue:

$$AECV = C_{ini} + C_{fab} + C_{op} \quad (1)$$

C_{ini} = Costo inicial

C_{fab} = Costo de fabricación

C_{op} = Costo de operación

Donde el costo inicial es igual al costo de la materia prima; el costo de fabricación incorpora el costo del diseño, construcción y prueba más costo de utilidad; y el costo de operación es igual al costo de instalación, desinstalación y costo de energía debido al consumo de los instrumentos.

En la comparación se establecen los siguientes supuestos:

- 1.-Duración del proyecto de 1 año.
- 2.-Precio regional de energía de \$0.90 MXN/ kWh.
- 3.-Tasa de cambio monetaria de \$12.50 MXN/USD.
- 3.- Costo de ingeniería \$200.00 MXN/h.
- 4.- No existen costos por rutinas de mantenimiento o disposición final.

Sadpa.

Prueba en campo.

La prueba de Sadpa se efectuó basado en el monitoreo de las variables relacionadas con el consumo eléctrico de una vivienda como lo es potencia aparente, potencia activa, factor de potencia y consumo de energía eléctrica.

El método consistió en la instalación y operación simultánea del prototipo con un instrumento comercial que cuenta con la capacidad del monitoreo de las variables para la comparación de registros.

El instrumento utilizado como patrón de medición fue el analizador de redes eléctricas Fluke 434 (Figura 3.1), el cual, es un instrumento diseñado para la auditoria energética de circuitos eléctricos.



Figura 3.1: Analizador de redes Fluke modelo 434 [23].

Se ha elegido este instrumento debido a su alto grado de confiabilidad en las mediciones y porque de acuerdo a la experiencia sobre su uso en campo tiene las características requeridas por el estudio.

Aunque Sadpa está diseñado para el monitoreo en la totalidad de la vivienda y el sistema de aire acondicionado, la operación de los equipos fue limitada a la totalidad de la vivienda debido a que Fluke 434 no cuenta con la función de monitoreo adicional de una carga independiente a 220 V. Aun así, el monitoreo en el sistema de aire acondicionado se realiza con el mismo método lo que implicaría resultados similares.

La instalación de ambos equipos se ubicó dentro del centro de carga en el interior de la vivienda ya que es el punto que permite realizar la acción de monitoreo en la totalidad y donde los equipos operan bajo condiciones ambientales aceptables de operación.

En el centro de carga se encontró una alimentación del tipo monofásica de fase partida o dividida a 220 V a 3 hilos que correspondían a 2 líneas de fase y un neutro; no contaba con hilo a tierra.

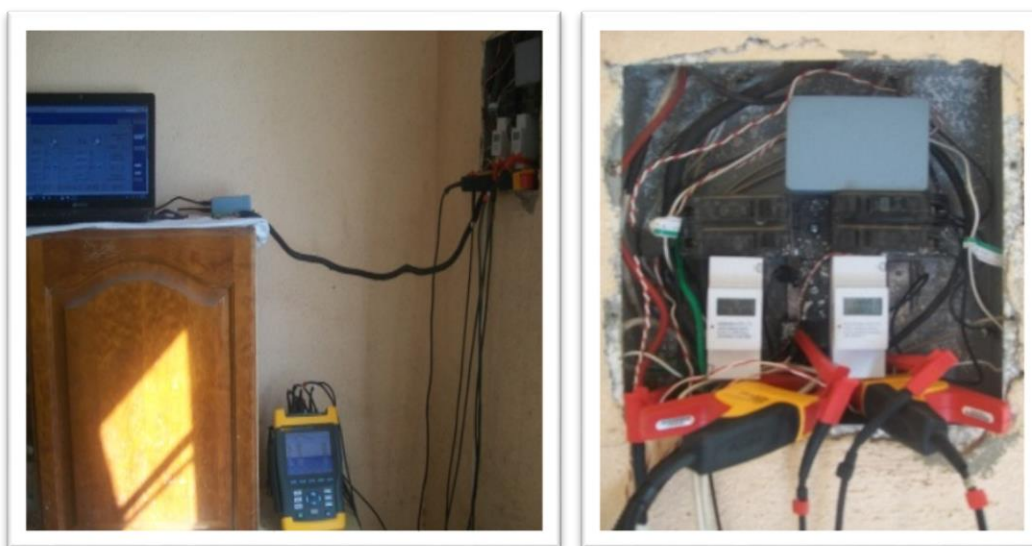


Figura 3.2: Prueba en campo de Sadpa y Fluke 434.

Los equipos se iniciaron y detuvieron simultáneamente con lapso aproximado de una semana, tiempo durante el cual, se registró la información en intervalos de 15 min para obtener 653 muestras. Además se tomaron lecturas aleatorias de medidor de CFE en 10 ocasiones para el análisis de resultados adicional, en este caso, la vivienda contaba con un medidor análogo de tipo disco que actualmente deja de proveer CFE.

Como referencia sobre la comparación de resultados, a continuación se muestra la gráfica de resultados que se obtuvo del registro de potencia activa y sólo se describe el resultado que se obtuvo de las demás variables (Figura 3.3).

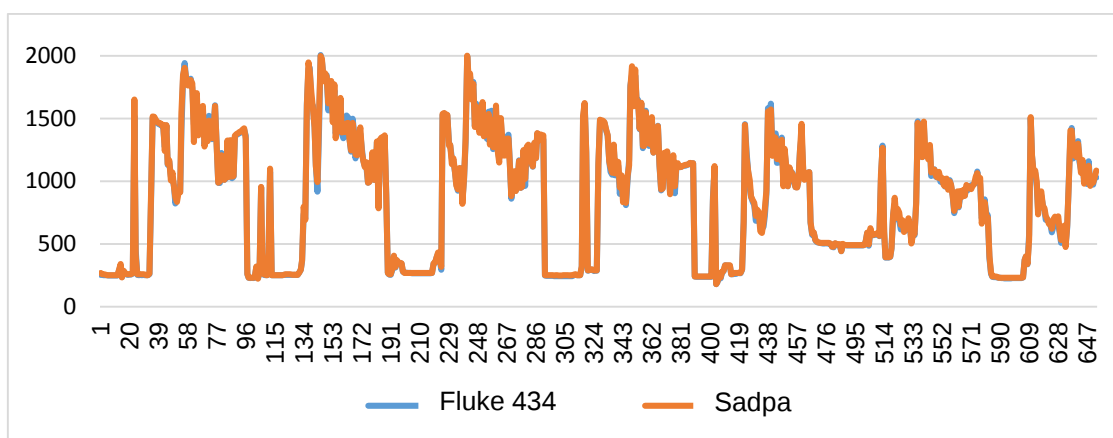


Figura 3.3: Comparación del registro de potencia activa en la totalidad de la vivienda del prototipo Sadpa y Fluke 434.

El análisis comparativo a través del coeficiente de correlación arrojó un valor de 0.998 y mediante la búsqueda de porcentajes de error se obtuvo la siguiente tabla (Tabla 3.2):

Tabla 3.2: Porcentajes de confiabilidad de Sadpa.

Intervalo de confiabilidad	Porcentaje de confiabilidad
+/- 7 %	98.2 %
+/- 6 %	97.8 %
+/- 5 %	95.7 %
+/- 4 %	92.5 %
+/- 3 %	88.2 %

Mediante la tabla 3.2, se puede establecer 96 % de confiabilidad que Sadpa cuenta con un máximo +/- 5% de probabilidad de error en sus mediciones de potencia

activa. Adicionalmente, la moda se encontró dentro del $\pm 1\%$ de error con 386 incidencias (en promedio 60% de los datos).

El análisis comparativo del consumo de energía entre Sadpa y Fluke 434 entregó un resultado final de 176.8 kWh y 180.3 kWh respectivamente, lo anterior se traduce a un error aproximado al $+ 2\%$ a favor de Sadpa. El valor obtenido por el medidor de CFE de acuerdo al procedimiento que indica el mismo en su página de internet [24] destacó con una diferencia de -15.15% contra el registro de Fluke 434.

Por su parte, la comparación de registros de potencia aparente y factor de potencia entre Sadpa y Fluke 434 entregó un resultado en el intervalo del $\pm 3\%$ y $\pm 2\%$ de error respectivamente a lo largo de la prueba. La comparación de registros de factor de potencia en el intervalo de 85%-99% obtuvo un máximo error de $\pm 2\%$ y en la mayoría de las ocasiones del $\pm 1\%$.

AECV.

En el mercado regional e internacional pueden encontrarse diversos instrumentos especializados en la evaluación energética y que pueden obtener las variables que maneja Sadpa. Mediante investigaciones se encontró que estos instrumentos se consiguen comúnmente con un precio regional en el intervalo de los \$350.00 USD hasta los \$8,000.00 USD por medio de empresas dedicadas a la importación de productos desde el extranjero. Por ello, se añade aproximadamente un 30% a 40% de su valor original debido a costo de importación e impuestos para su adquisición regional. En adición, los equipos económicos requieren la utilización continua de una PC por lo que se debe agregar este costo al igual que Sadpa.

Si bien el instrumento comercial utilizado como patrón en los registros Fluke 434 permite realizar el monitoreo de las variables relevantes de acuerdo al prototipo, es

un instrumento cuyo precio de mercado regional oscila los \$75,000.00 MXN, por lo cual, no es la mejor opción para realizar la comparación económica debido a su alto costo y sólo es útil para la comparación técnica debido a su alto grado de fiabilidad en las mediciones.

La mejor aproximación para la demostración del bajo costo de Sadpa es realizar la comparación económica con el producto de menor costo que sea capaz de encontrarse en el mercado y que permita realizar el monitoreo requerido para demostrar que aun Sadpa en la cuestión de ahorro es la mejor opción.

Hacia la comparación de ciclos de vida económicos se han elegido los medidores eléctricos de proveedor EKM Metering debido a que a través de investigaciones y conocimiento básico sobre su uso, comercializa equipos de bajo costo y del que se pueden obtener las mismas variables energéticas de Sadpa. En primera instancia, se requiere de dos modelos diferentes de medidores eléctricos para simular el monitoreo que realiza Sadpa en la totalidad de la vivienda y el sistema de aires acondicionado (Figura 3.4).



Figura 3.4: Componentes del sistema monitor eléctrico en la totalidad de la vivienda y aire acondicionado en base a instrumentación de proveedor EKM Metering [24].

Aunque el sistema de monitoreo comercial que se comenta puede obtener las variables de interés, solamente registra su valor y por ende requiere del procesamiento adicional de la información para obtener el mismo resultado que entrega Sadpa.

A continuación se muestran los ciclos de vida económicos para la instrumentación basada en EKM Metering y en Sadpa (Figuras 3.5 y 3.6).

Al comparar el resultado del coste total de ambas propuestas se obtiene que la adquisición de Sadpa en lugar de un instrumento comercial equivale a un ahorro del 40.39 % o \$4,479.28 MXN.

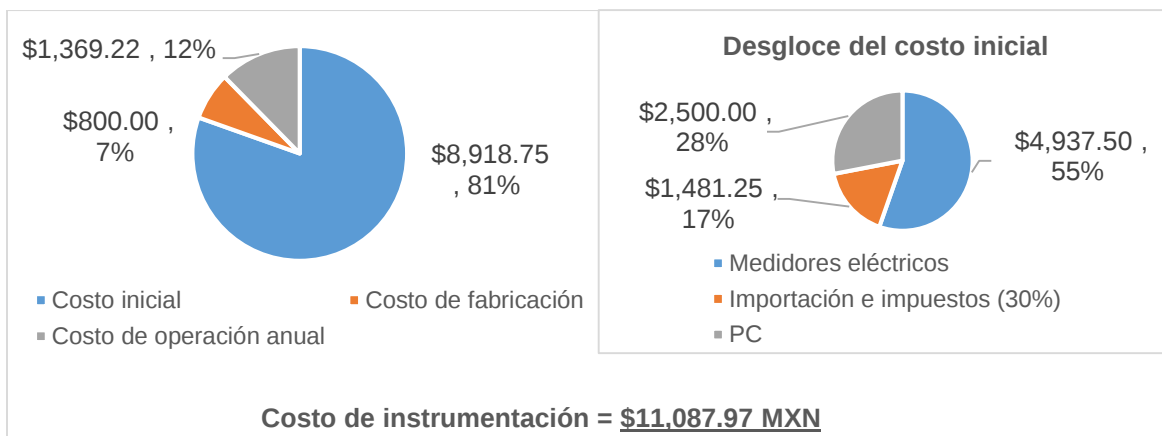


Figura 3.5: CVE de instrumentación para el monitoreo especializado en la totalidad de la vivienda y sistema de aire acondicionado durante un año en base a productos de proveedor EKM Metering.

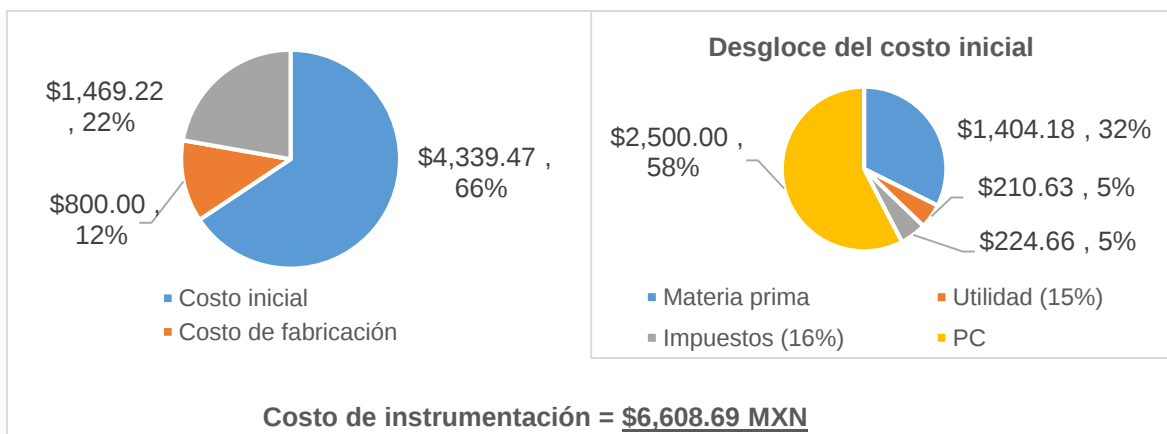


Figura 3.6: CVE de instrumentación para el monitoreo especializado en la totalidad de la vivienda y sistema de aire acondicionado durante un año en base a Sadpa.

Análisis de resultados.

Durante la prueba en campo se observó que el sistema Sadpa cuenta con la desventaja de obtener mayores porcentajes de error en sus mediciones puntuales de potencia activa y factor de potencia en cambios bruscos de consumo y principalmente en bajo consumo alrededor de los 100 W.

Se determinó que la sección de procesamiento de Sadpa depende de la recepción de pulsos enviados por los medidores de energía que utiliza. Por lo tanto, en cambios de baja potencia estos retardan su envío de señal lo que implica que el margen de error será inversamente proporcional a la magnitud de potencia que estén midiendo; si el cambio de valor se realiza a mayores potenciales el error tenderá a disminuir.

La confiabilidad que se obtuvo en la comparación de registros de consumo de energía eléctrica en Sadpa se determina como buena en el intervalo de $\pm 2\%$. Se concluye que este resultado es debido a la utilización de medidores de energía eléctrica comerciales que están fabricados para ofrecer una exactitud según fabricante de $\pm 1\%$ de error.

La diferencia de 15.15% que se obtuvo del medidor de CFE con respecto a Fluke 434 se cree que puede ser debido a cuatro causas: pérdida de exactitud debido a la antigüedad del medidor que es mayor a 10 años, mal funcionamiento, por su naturaleza de construcción análoga tipo disco el cual cuenta con un intervalo de inexactitud que puede llegar a ser de $\pm 5\%$ o por alguna combinación de las anteriores. Actualmente, CFE provee medidores digitales que cuentan con una exactitud según fabricante del $\pm 0.5\%$ error.

El porcentaje de confiabilidad de todas las variables que se obtiene de Sadpa es suficiente para el estudio requerido porque se encuentra en el intervalo de confiabilidad permisible de $\pm 5\%$.

Un punto importante es que no se realizó ningún tipo de ajuste en las mediciones de potencia activa que se obtuvo de Sadpa lo que con seguridad permite mediante experimentación mejorar su confiabilidad.

La mayoría de las características a comparar que se observaron durante las pruebas técnico-funcionales indican que Fluke 434 es superior a Sadpa, pero, este último fue diseñado para realizar el monitoreo simultáneo en la totalidad de la vivienda y el sistema de aire acondicionado lo que no realizan por si solos instrumentos como Fluke 434. Además, el costo de esta clase de equipos que se especializan en el análisis de redes eléctricas requiere de una inversión excesiva, lo que limita su utilización en la mayoría de proyectos de eficiencia energética.

Sadpa ha sido diseñado para ser un equipo funcional relativamente económico que cuenta con las características requeridas para este tipo de aplicaciones y además puede ser útil para un amplio tipo de estudios.

A través de la comparación de AECV's de instrumentación entre Sadpa y el sistema de monitoreo compuesto por productos de EKM Metering demuestra su alto potencial de ahorro aun con equipos comerciales de bajo costo.

Finalmente, si bien las características con las que ha sido diseñado Sadpa pueden sobrepasar en la mayoría de las ocasiones los requerimientos de información a nivel residencial, si permite la evaluación especializada de las variables relacionadas con el uso de la energía eléctrica y su comparación con el sistema de aire acondicionado.

Actualmente Sadpa, permite reemplazar sus elementos captadores de señal por unos de mayor capacidad para su posible aplicación en proyectos a nivel comercial

e industrial cuyo contrato de alimentación energética multa el bajo factor de potencia y aumenta el costo de la energía de acuerdo a horas pico.

Sadpb.

Prueba en campo.

El prototipo fue sometido a prueba en cada una de sus 2 configuraciones, a través del monitoreo de una carga y el monitoreo de circuitos comparando el registro de potencia activa y consumo de energía con un instrumento comercial, al igual que en el caso anterior, fue utilizado el analizador de redes Fluke 434.

Hacia la comparación de AECV's se ha elegido el instrumento comercial ECM-1240 de proveedor Brultech, el cual, es un monitor de potencia activa y consumo de energía eléctrica (Figura 3.7).



Figura 3.7: Monitor residencial ECM-1240 [26].

Se ha elegido este instrumento debido a su bajo costo y porque permite realizar el monitoreo de las variables en hasta 7 cargas distintas similar a Sadpb en su configuración para circuitos ya que cuenta con 8 canales de adquisición. Los componentes de ECM-1240 dependerán del requerimiento de acuerdo a la configuración de Sadpb.

A través de investigaciones se encontró que ECM-1240 cuenta con la desventaja de que el método de obtención de voltaje para realizar cálculos correspondientes lo realiza estimando su valor a través de la equivalencia de su propia alimentación. Lo cual, por medio de la experiencia en el ramo no es un método que promete buena confiabilidad en la totalidad de resultados.

El monitoreo en campo de una carga consistió en la operación simultánea de Fluke 434 y Sadpb; como carga ejemplo se eligió el refrigerador (Figura 3.8).



Figura 3.8: Prueba en campo de Fluke 434 y Sadpb en su configuración para cargas.

Fluke 434 utiliza una pinza amperimétrica que su instalación original requiere del corte del cable de alimentación de la carga. Debido a que no se cree buena práctica realizar esta invasión del cable de alimentación es que se realiza un acondicionamiento del cableado con una extensión de cable adicional.

Una vez puestos en marcha ambos instrumentos, la duración de la prueba fue de aproximadamente 10 días, tiempo durante el cual se realizaron registros automáticamente en intervalos de 15 min, por lo que se obtuvieron 947 datos.

El registro total de energía por Sadpb a lo largo de los 10 días fue de 24.03 kWh y por Fluke 434 de 23.19 kWh, lo que aproxima un error de + 3.62 % a favor de Sadpb.

La comparación de valores de potencia activa arrojó con un redondeado 95 % de confiabilidad que en esta configuración Sadpb cuenta con aproximadamente +/- 3.5 % de confiabilidad en sus registros.

La segunda prueba técnica de Sadpb fue configurado para realizar el monitoreo de potencia activa y consumo de energía en la totalidad de la vivienda. (Figura 3.9); se eligieron como circuitos cada una de las fases en la totalidad de la vivienda con alimentación principal 220 V a 3 hilos. En este caso, se monitorea una vivienda que cuenta con un medidor de CFE tipo digital con una precisión según fabricante del +/- 0.5 %, del cual, su registro será comparado con los resultados que se obtendrán de la prueba técnica.



Figura 3.9: Prueba en campo de Fluke 434 y Sadpb en su configuración para circuitos.

La duración de la prueba fue de aproximadamente 7 días, tiempo durante el cual se realizaron registros en intervalos de 1 horas, por lo que se obtuvieron 687 datos.

La comparación de valores de potencia activa arrojó con un redondeado 96 % de confiabilidad que Sadpb cuenta con aproximadamente $\pm 3\%$ de confiabilidad en sus registros.

El registro total de energía por Sadpb a lo largo de la prueba fue de 46.35 kWh, por Fluke 434 de 45.84 kWh y por el medidor de CFE de 46 kWh. Por lo cual, se aproxima en base al resultado de Fluke 434 en un error de $+1.11\%$ a favor de Sadpa y de $+0.76\%$ con el registro del medidor digital de CFE.

AECV.

En el mercado existen diversos instrumentos comúnmente llamados contadores de energía de costo muy bajo desde los \$25.00 USD y que se encargan de contabilizar el consumo de energía en términos de kWh de forma acumulativa, más no es posible originalmente obtener de ellos un registro horario de dicho consumo ni de la variable de potencia activa. Además, no permiten guardar su información en una memoria de almacenamiento para su extracción programada requerida para el procesamiento de la información.

Para obtener el uso final de la energía eléctrica y registrar de forma horaria sus resultados, se requiere de instrumentos de mayor costo y de los cuales ECM-1240 es un equipo económico con el que puede realizarse la comparación de ciclos de vida de instrumentación.

La comparación económica respecto al ciclo de vida económico de acuerdo al método empleado con anterioridad resulta en un ahorro del 69.49% o \$4,469.20

MXN utilizando Sadpb sobre ECM-1240 para el monitoreo de 2 circuitos y del 70.85% o \$4,507.20 MXN para una carga.

Análisis de resultados.

Una desventaja funcional importante que se encontró en Fluke 434 enfocado hacia el monitoreo del uso final de la energía del refrigerador, fue que el intervalo de registro se modificaba automáticamente de acuerdo a la duración del monitoreo. Finalizando la prueba cuya duración fue de aproximadamente 1 semana se obtuvieron de este instrumento registros en intervalos de 15 minutos. Este intervalo no permite apreciar claramente en el refrigerador o aparato de aire acondicionado el encendido o apagado del compresor o en su caso de la resistencia eléctrica de descongelamiento del evaporador pues sus operaciones pueden ser en menor tiempo.

Sabpb es un instrumento que si permite estas detecciones de encendido de forma suficiente ya que permite programar su registro en intervalos de 1 minuto para cualquier tiempo de monitoreo.

La instalación del instrumento comercial ECM-1240 en el caso de monitoreo de una carga no parece práctica debido a que requiere del uso continuo de una PC que entorpecería el método de monitoreo, además de que cuenta con la inconveniencia de estimar el voltaje mediante su propia alimentación.

El consumo de energía que registró Sadpb de +3.62 % en comparación de Fluke 434 durante el monitoreo de una carga se cree que es debido al bajo consumo de potencia que fue en promedio de 120 W a través de la prueba, el cual afecta negativamente la operación del medidor de energía que utiliza; pero es suficiente porque se encuentra dentro del intervalo permisible de +/- 5 % de error.

En este caso, se estima que la medición de CFE podría ser la mejor referencia para ser utilizada como patrón de medición, aunque cuente con la desventaja de no mostrar decimales como dígitos de precisión.

Sadpc, Sadga, y Sadb.

Pruebas en campo.

Las pruebas consistieron en la instalación y operación simultanea de Sadpc, Sadga y Sadb con un instrumento comercial que mediante acondicionamiento físico y procesamiento adicional de su registro es capaz de simular las funciones primordiales de los prototipos.

El instrumento comercial patrón utilizado fué “CT Logger” de proveedor “Science & Technologies” modelo TOU-CT. Este instrumento originalmente funciona como registrador de corriente. (Figura 3.10)



Figura 3.10: Registrador de corriente “CT Logger”.

CT Logger registra el instante de paso y corte de corriente mediante la medición que realiza con su pinza amperimétrica.

La primera prueba en campo consiste en el monitoreo de instantes de apagado, instantes de encendido y duraciones de encendido de una carga, en este caso, el televisor a través de los instrumentos Sadpc y CT Logger.

Ambos instrumentos fueron instalados en la entrada de alimentación del televisor y con el objetivo de no realizar la invasión al cable de alimentación del televisor debido a la instalación de la pinza amperimétrica que utiliza CT Logger, se optó por el acondicionamiento de una extensión eléctrica que fue conectada en serie. (Figura 3.11)

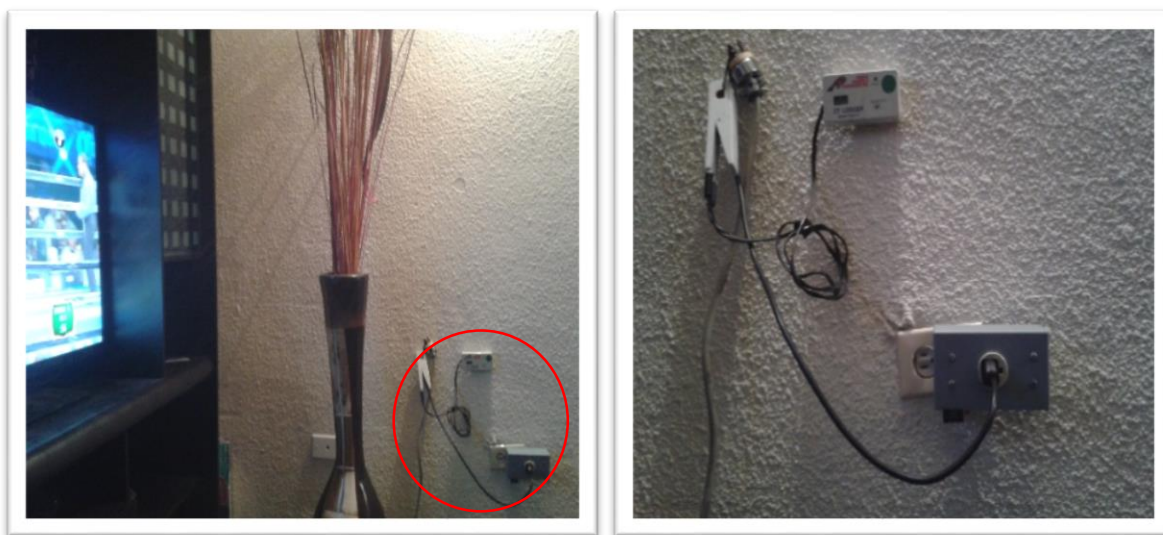


Figura 3.11: Prueba en campo de Sadpc y CT Logger.

La prueba tuvo una duración de aproximadamente de 9 días de la cual se obtuvieron 24 registros que determinan 24 encendidos, 24 apagados y 24 duraciones de encendido del televisor.

Los resultados obtenidos mostraron una diferencia máxima de 2 segundos entre los registros de instante de encendido e instante de apagado para la totalidad de

eventos por separado. Por lo tanto, se puede estimar que la confiabilidad del prototipo es la misma a la ofrecida por CT Logger.

La segunda prueba en campo consistió en el monitoreo del uso final de GLP embotellado debido a la utilización de la estufa a traves de los instrumentos Sadga y CT Logger (Figura 3.12).



Figura 3.12: Prueba en campo de Sadga y CT Logger.

Ambos instrumentos utilizaron el medidor de gas PGM.75 que fue instalado en serie con la alimentación de la estufa en un tanque estacionario despues del regulador de gas. Antes de su instalacion CT Logger requiere acondicionar su entrada de manera que sea capaz de registrar los pulsos electricos que envia PGM.75.

La prueba tuvo una duración de aproximadamente 7 días, finalizada se obtuvieron 29 registros que determinan 29 accionamientos del flujometro para gases y que son equivalentes a un consumo de 29 pies³.

El resultado de la prueba indica el mismo comportamiento de los resultados que se obtuvieron en la prueba anterior con una máxima diferencia entre eventos de 2 seg. Finalmente la tercera prueba en campo consistió en la instalación simultánea de Sadpb con CT Logger con el objeto de registrar los instantes de accionamiento del retrete. La prueba tuvo una duración aproximada de una semana con lo que se obtuvieron 53 accionamientos del retrete (Figura 3.13).



Figura 3.13: Prueba en campo de Sadpb y CT Logger.

El resultado obtenido de la comparación de registros demostró que al igual que en las pruebas realizadas a Sadpc y Sadga no se obtuvieron diferencias mayores a 2 segundos en la totalidad de resultados. Por ello, se estima que cuentan con la misma confiabilidad.

AECV.

El análisis correspondiente encamina la metodología anteriormente aplicada comparando el costo de instrumentación en base a la utilización de los prototipos propuestos y el registrador de corriente CT Logger en sus distintas modificaciones.

El resultado del calculo indica que debido a la utilización de Sadpc sobre CT Logger se obtiene un ahorro del 76.10% equivalente a \$5,105.75 MXN; se obtiene un ahorro del 63.91% o \$5,740.75 MXN debido a la utilizacion de Sadga sobre CT Logger y un ahorro de 76.10% o \$5,105.75 MXN haciendo uso de Sadb en lugar de CT Logger.

Analisis de resultados.

En general, los resultados que se obtuvieron de las diferentes pruebas demostrarón que los prototipos cuentan con una confiabilidad igual a la que ofrece CT Logger y a un costo de instrumentación mucho menor.

El resultado de la prueba de Sadb permite cuantificar un consumo semanal de agua en el retrete de 212 litros y estimar un costo total de \$1.48 MXN debido al uso de este mecanismo. Este cálculo puede aplicarse de igual forma para cada día de la semana.

Graficando los registros obtenidos en función del instante de encendido permite observar un patrón de consumo identificable de forma horaria debido a que distribución diaria es muy semejante.

Mediante la información obtenida por Sadpc se determina que la duración de encendido del televisor fue de 148,444 segundos equivalentes a 41.23 horas con un promedio de uso de 2.48 hr/dia. Según fabricante, el consumo promedio del televisor durante su operación normal es de 82 W lo que aproxima un consumo total de energia de 3.38 kWh y a un costo aproximado de \$3.00 MXN.

Finalmente con registros de Sadga es posible determinar los momentos de consumo de gas por la estufa en pies³ y establecer un patron de uso.

Sadth y Sadgb.

Pruebas en campo.

La pruebas consistieron en la instalación y operación simultánea de cada uno de los prototipos desarrollados con un instrumento comercial especializado en el registro de temperaturas y alarmas de nivel, este mismo, fue utilizado como patrón de medición.

El instrumento patrón se trata del registrador de temperaturas “USB-5201” de proveedor “Measurement and Computing” (Figura 3.14).



Figura 3.14: Registrador de temperaturas USB-5201.

USB-5201 es un instrumento capaz del registro de temperaturas y alarmas de nivel, lo que permite utilizar sólo un instrumento comercial para la prueba comparativa de los prototipos desarrollados.

Este instrumento permite modificar el intervalo de tiempo entre registros y cuenta con alto grado de confiabilidad en sus mediciones que realiza con sensores del tipo termopar.

La prueba en campo de Sadth consistió en la operación simultánea de ambos instrumentos en el interior de un recinto con el objeto de obtener el registro de la temperatura de este a través del tiempo. Su instalación fue de forma superficial en una de las paredes del recinto y el sensor de ambos dispositivos fue ubicado en el mismo punto para tratar de obtener la misma temperatura.

En esta prueba, se realizó la comparación de registros de temperatura ya que es la variable considerada como primordial, por lo que la humedad relativa se considera como complementaria. Aun así, Sadth utiliza un transductor de temperatura y humedad relativa comercial que cuenta con calibración de fabricante lo que asegura la confiabilidad de resultados (Figura 3.15).



Figura 3.15: Prueba en campo de Sadth y Usb-5201.

A continuación se muestran los resultados de dicha prueba que tuvo una duración de 1 semana y de la que se obtuvieron 779 datos en intervalos de 15 minutos (Figura 3.16).

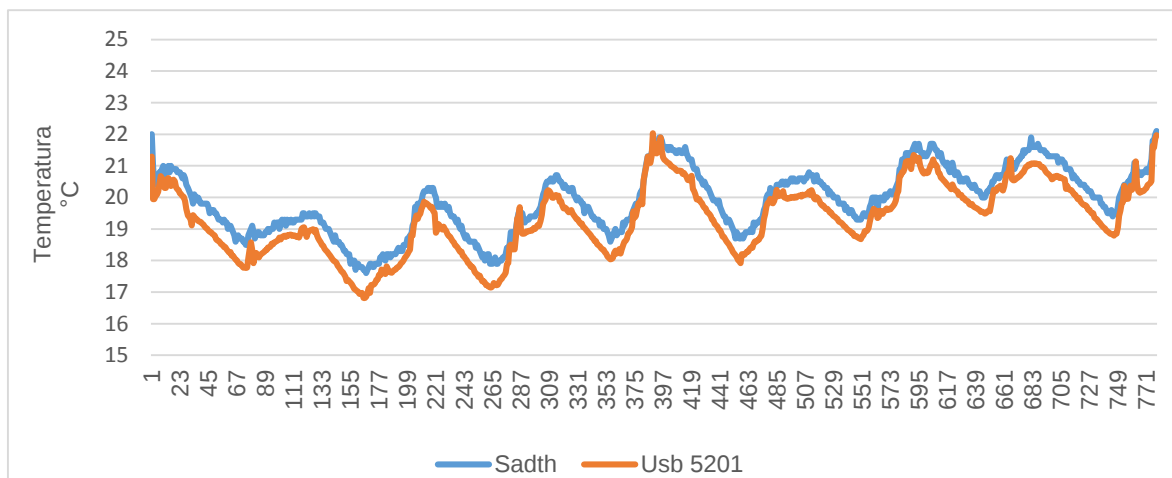


Figura 3.16: Comparación del registro de temperaturas de la prueba en campo entre Sadth y USB-5201.

En búsqueda de la confiabilidad de Sadth al comparar poblaciones de datos con USB-5201, se encontró que la máxima diferencia positiva fue de 1.15 °C y máxima negativa de 0.43 °C.

La prueba en campo de Sadgb consistió en la instalación y operación simultánea de ambos instrumentos con el objetivo de comparar las variables de instantes de encendido, instantes de apagado y duraciones de encendido de la estufa (Figura 3.17).

Como se muestra en la figura 3.17, el elemento sensor de ambos instrumentos fueron instalados de forma unida y en la cercanía del quemador de la estufa.

La duración de la prueba fue de aproximadamente una semana, de la cual, por ambos instrumentos se obtuvieron 17 eventos. La diferencia máxima entre cada uno de los registros de Sadgb y USB-5201 en la totalidad de eventos fue de 8 seg.



Figura 3.17: Prueba en campo de Sadgb y el registrador de temperaturas USB-5201.

AECV.

El siguiente análisis compara el costo de instrumentación que conlleva la utilización de Sadgb y Sadth con productos comerciales de características similares.

En el mercado extranjero se puede encontrar una gran variedad de registradores de temperatura y humedad relativa similares cuyo precio parte de los \$85.00 USD. A este precio debe agregarse como mínimo un 30 % debido al costo de importación e impuestos para su adquisición regional.

A través del AEVC resulta que Sadth es un registrador de temperaturas cuyo costo de instrumentación es 19.35 % menor que instrumentación comercial de bajo costo lo que equivale a un ahorro de \$412.33 MXN sobre su uso.

Hacia la comparacion de CVE de Sadgb, registradores de temperatura económicos no son de utilidad para realizar la tarea de detección de nivel de temperatura debido a que no es práctico realizar la busqueda de esta variable a traves de la totalidad de muestras.

Para esta tarea, lo correcto es utilizar un instrumento especializado en el registro de alarmas de nivel. En este caso, se investigó y encontró en el mercado extranjero sobre el instrumento de menor costo para la comparacion de CVE de Sadgb. Una vez detectado se realizó el analisis y se obtuvo que utilizando Sadgb sobre éste se puede obtener un ahorro de 61.03 % o \$2,562.25 MXN.

Analisis de resultados.

Las pruebas demuestran que Sadth y Sadgb son instrumentos que cuentan con buena confiabilidad en sus resultados pero con un costo de instrumentación menor. Sadth utiliza para la medición de temperatura y humedad relativa un sensor comercial que cuenta según proveedor con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y $\pm 3\%$. Básicamente, el prototipo base 2 se configura para la lectura y registro de esta información, debido a esto es que cuenta con buena confiabilidad. Por su parte, Sadgb utiliza un sensor de temperatura comercial que según fabricante cuenta con una inexactitud máxima de $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

La información obtenida por Sadth es importante para evaluar estructuralmente las condiciones térmicas de la vivienda ya que mediante el análisis de la temperatura y humedad relativa permite caracterizar en este caso las condiciones ambientales dentro del hogar en términos de confort. Del tal caso se deriva la evaluación de las condiciones térmicas estructurales de la vivienda que afectan el tiempo de

operación y eficiencia del sistema de aire acondicionado y refrigerador en temporada de verano.

Para diagnosticar y evaluar el impacto del uso final de la energía eléctrica consumida por el sistema de aire acondicionado y refrigerador debido a la transferencia de calor del medio ambiente, métodos de construcción y materiales de construcción; las temperaturas de la envolvente térmica deben ser analizadas para determinar la transferencia de calor a través de paredes y techo.

La utilización de 2 prototipos ubicados uno en el interior y el otro en el exterior de la vivienda permite mediante la diferencia de temperaturas calcular la transferencia de calor a través de paredes o techo y valorizar la eficiencia térmica de los materiales tanto estructurales y aislantes.

El análisis de los perfiles de temperatura valida si en regiones como Mexicali desde el punto de vista térmico es significativo si el aislamiento se coloca en el interior, exterior o integral de cerramiento.

De ahí la importancia de acabados y propiedades ópticas estructurales, así como la circulación de aire.

Se prioriza el estudio sobre la utilización de aislamientos en paredes y techo que de acuerdo a Campbell (2012) [4], el uso de una pulgada de aislamiento con poliestireno en muros ($R=5.67 \text{ ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}/\text{BTU}$) no es suficiente y se considera que 2 pulgadas ($R=9.0 \text{ ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}/\text{BTU}$) es recomendable ya que un espesor mayor no tiene una contribución significativa en abatir las ganancias de calor. La Norma Mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2009 señala un valor de $8 \text{ ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}/\text{BTU}$ ($1.40 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$) para la zona de Mexicali para el ahorro de energía y de $5.70 \text{ ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}/\text{BTU}$ como mínima.

El mismo autor considera que el uso de una pulgada de aislamiento con poliestireno en techos ($R=6.63 \text{ ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}/\text{BTU}$) no es suficiente y se considera que 2 pulgadas ($R=9.96 \text{ ft}^2 \text{ hr } ^\circ\text{F}/\text{BTU}$) es recomendable ya que un espesor mayor no tiene una contribución significativa en abatir las ganancias de calor.

Debido a que la prueba en campo de Sadth se realizó durante la estación de invierno, se encontró que la temperatura promedio en el interior de la vivienda fue de $19.8 \text{ }^\circ\text{C}$. El estudio se centralizaría en caracterizar térmicamente una vivienda durante la estación de verano y se realizaría el análisis de ahorro con respecto al costo de consumo del sistema de aire acondicionado si esta contara con una, dos o ninguna pulgadas de poliestireno como aislante.

Por su parte, la información que se obtiene de Sadgb permite cuantificar la frecuencia de uso de la estufa y determinar un patrón de consumo de acuerdo a las costumbres alimenticias en el hogar a lo largo de la semana o un día en específico.

Sadlm.

Prueba en campo.

La prueba consistió en la instalación y operación simultánea de Sadlm con un instrumento comercial hacia la comparación de instantes de encendido, instantes de apagado y duraciones de encendido de un aparato de iluminación, en este caso, un foco de 60 W ubicado en la cocina.

El instrumento comercial utilizado como patrón de medición, fue el registrador de iluminación “Lighting Logger” del proveedor “Science & Technology” modelo TOU-L. Este instrumento en su forma original está diseñado para registrar el instante de encendido e instante de apagado mediante la detección de lúmenes (Figura 3.18).



Figura 3.18: Registrador de iluminación “Lighting Logger”.

Ambos instrumentos se ubicaron en la cocina y en la cercanía del foco para monitorear el uso de la iluminación debido a la operación de este elemento (Figura 3.19).

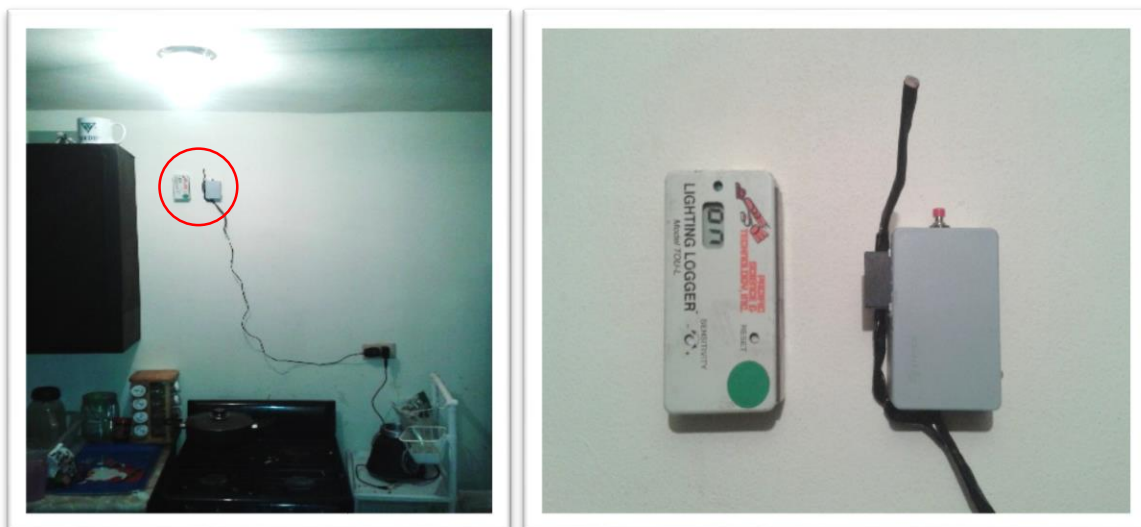


Figura 3.19: Prueba en campo de Sadlm y Lighting logger.

Una vez transcurrido el lapso de una semana se obtuvieron 20 líneas de registro. Cada línea de registro contiene un instante de encendido, un instante de apagado y una duración de encendido.

Comparando los resultados obtenidos de ambos instrumentos la mayor diferencia tomando en cuenta la fecha de instantes de encendido y apagado fue 2 s a lo largo de las 16 incidencias.

ACVE.

En el mercado existe una gran variedad de instrumentos que permiten el registro de la cantidad de iluminación (lúmenes), pero son escasos los que realizan la acción de registro de instantes de encendido y apagado. Por ello, se eligió el mismo instrumento comercial con el cual se realizó la prueba en campo.

El resultado de la comparación de CVE's estima un ahorro al utilizar Sadlm en lugar de Lighting Logger de 66.61 % equivalente a \$3,303.35 MXN.

Análisis de resultados.

Mediante el resultado de las pruebas se determina que la confiabilidad estimada que ofrece Sadlm es igual a la de Lighting logger pero con un costo de instrumentación mucho menor.

Cualitativamente la desventaja de Sadlm es que debe ser conectado a una línea de alimentación eléctrica contrario a Lighting Logger con su diseño operacional de bajo consumo que opera con una batería en su interior.

Analizar el registro de instantes de encendido y duración de encendido de aparatos de iluminación permite determinar la fracción de energía que es consumido por este

tipo de cargas de acuerdo a su ubicación en la vivienda y con respecto al consumo total de energía eléctrica.

El análisis de la frecuencia de uso permite determinar las costumbres de los usuarios hacia el uso de la iluminación. Y finalmente mediante lo anterior, es posible calcular el potencial de ahorro en base a estrategias y acciones proyectadas sobre el uso de la iluminación en función del tiempo de operación en el hogar.

En este caso se evalúa el uso de la energía eléctrica que consume un foco de 60 W que fue ubicado en la cocina de la vivienda durante una semana. La duración total de encendido del foco fue de 41.23 hrs lo que equivale en términos de energía a 2,474 Wh y promediar un costo de \$2.22 MXN con un promedio de costo por kWh de \$0.90 MXN.

Sada.

Prueba en campo.

Las pruebas se objetaron en la medición del volumen de agua que es utilizado por el mecanismo de regadera en una vivienda. (Figura 3.20 no corresponde la figura)



Figura 3.20: Prueba en campo de Sada.

El método utilizado consistió en la comparación de registro de volumen que se obtiene del prototipo desarrollado con el resultado de la medición física del volumen de agua por medio de un vaso de precipitados, el cual, se utilizó como patrón.

Se piensa que este método fue el adecuado para obtener la medición real del consumo de agua y el primordial para estimar la confiabilidad del prototipo.

La prueba técnica fue realizada con respecto al llenado del un deposito de 20 litros para comparar el registro de Sada con respecto al conteo manual de volumen de agua del vaso de precipitados. Adicionalmente, los resultados son comparados con el registro que se obtiene de medidor de agua que proporciona CESPM para identificar posibles anomalías en este instrumento.

Las pruebas fueron realizadas al azar a diferentes flujos de agua y volúmenes, donde la cantidad de eventos fue elegida empíricamente para estimar la confiabilidad del prototipo, por lo que a través de la tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3.3: Resultado del monitoreo en campo del volumen de agua consumido por la regadera.

<i>Instrumento</i>	<i>Patrón</i>	<i>Sada / % error</i>	<i>Medidor CESPM/ % error</i>
Pruebas			
1	12.45 ltrs	12.82 ltrs / 2.97 %	12.375 ltrs / 0.6 %
2	9.12 ltrs	9.24 ltrs / 1.31 %	8.95 ltrs / 3.13 %
3	17.85 ltrs	18.51 ltrs / 3.69 %	17.30 ltrs / 3.08 %
4	16.90 ltrs	17.12 ltrs / 1.30 %	16.40 ltrs / 2.95 %
5	12.34 ltrs	12.31 ltrs / 0.24 %	12.05 ltrs / 2.35 %

La tabla 3.3, muestra que el resultado obtenido de Sada es de mayor confiabilidad aparentemente que el obtenido del medidor de agua que provee CESPM.

AECV.

En el mercado nacional es posible encontrar medidores de gasto de agua que tienen características físicas similares a Sada y que permiten su instalación en los mecanismos gestores de agua en la vivienda. Estos instrumentos comúnmente trabajan del modo contador de acuerdo al consumo de litros o galones de agua y su precio puede llegar a ser desde \$500.00 MXN en el mercado regional.

En base a investigaciones no se ha encontrado producto comercial que además de contabilizar el gasto de agua registre la fecha u horarios de consumo y que adicionalmente cuente con el dimensionamiento físico requerido para que pueda ser instalado en los mecanismos gestores de agua en una vivienda. Si bien existen registradores del uso del agua, están diseñados a una escala mayor para su aplicación en tuberías con dimensionamiento comercial e industrial.

Debido a estas incongruencias se optó por la construcción de un sistema de adquisición de datos en base a 3 instrumentos comerciales para la comparación de CVE's. El sistema se compondría de un sensor de flujo de agua, un registrador de pulsos y un registrador de corriente CT Logger que además requeriría del procesamiento adicional de información para obtener el mismo resultado que registra Sada. El ahorro al utilizar el sistema Sada sobre el conjunto comercial es del 78.89 % o \$6,483.50 MXN.

Análisis de resultados.

Durante la prueba en campo se observó que medidores de flujo de agua del tipo propela cuentan con la desventaja de no funcionar a bajos flujos de agua aproximados a 3 l/min ya que este elemento no gira de forma constante debajo de

este nivel. Además, no están diseñados para su operación a ciertas inclinaciones o presiones.

En base a investigaciones se concluye que instrumentos que utilicen una propela en su interior al que se agregarían contadores de volumen de agua comerciales contarían con estas desventajas. Por lo que no se recomienda su utilización en la regadera debido a que requerirían de ajuste adicional y en general su método de operación no lo permite.

Sada cuenta con estimada buena confiabilidad resultado de un ajuste previo que se realiza comparando la medición de gasto de agua a diferentes velocidades de flujo por medio del vaso de precipitados y de acuerdo a la inclinación de 45° en la salida de agua en la regadera.

Sada es un registrador de instantes de encendido y consumo de agua por evento que cuenta con una confiabilidad suficiente y que además no se ha encontrado producto igual en el mercado regional o extranjero. Este prototipo cuenta con la única desventaja de requerir de una toma de alimentación para un monitoreo mayor a 10 días.

Sistema integral de monitoreo.

Finalmente, en este apartado se plantea un escenario que tiene como objetivo analizar e implementar acciones para el uso eficiente de la energía eléctrica, gas y agua en una vivienda prototipo.

Para este estudio, se propone la evaluación del uso final de los recursos mediante la instrumentación en campo y en base al criterio de cargas prioritarias descrito con anterioridad. Se retoma que este método es el mejor camino para la obtención de medidas específicas hacia la gestión del uso eficiente de los recursos.

En este escenario, se consideran dos sistemas de monitoreo que pueden ser utilizados para realizar la captura de información; el sistema basado en el conjunto de instrumentos convencionales de alcance comercial y el sistema conjunto de los prototipos desarrollados que definen a la metodología aquí propuesta.

AECV.

Ambos sistemas de monitoreo son comparados bajo el mismo perfil de análisis de CVE's con el fin de obtener la diferencia de costos que conlleva la instrumentación de cada uno de ellos en la vivienda. El costo de instrumentación de ambas propuestas se calcula como la sumatoria de los costos que implican la utilización de cada uno de los equipos que las conforman. A continuación, se muestra de forma tabulada un resumen de los costos de instrumentación que conlleva cada uno de los equipos propuestos dentro de la metodología y comerciales, para finalmente, contabilizar el costo total para ambos sistemas de monitoreo. (Tabla 3.4)

Tabla 3.4: Comparación de costos de instrumentación entre la metodología propuesta y el sistema comercial de acuerdo al alcance planteado en su caso.

Sistema desarrollado	Costo de instrumc. (\$ MXN)	Sistema comercial	Costo de instrumc. (\$ MXN)	Ahorro
Sadpa	\$6,608.69	EKM Metering	\$11,087.97	40.39 %
Sadpb Cargas	\$1,854.00	ECM-1240	\$ 6,361.20	70.85 %
Sadpb Circuitos	\$1,961.50		\$ 6,430.70	69.49 %
Sadpc	\$1,603.00	CT Logger (acondicionado)	\$ 6,708.75	76.10 %
Sadlm	\$1,655.40	LM Logger	\$ 4,958.75	66.61 %
Sadth	\$1,718.27	Gain Express Holdings Ltd.	\$ 2,130.60	19.35 %
Sadga	\$3,240.50	CT Logger (acondicionado)	\$ 8,981.25	63.91 %
Sadgb	\$1,635.75	Supco	\$ 4,198.00	61.03 %
Sada	\$1,734.00	CT Logger, Flujoómetro y Contador de pulsos	\$ 8,217.50	78.89 %
Sadb	\$1,603.00	CT Logger (acondicionado)	\$ 6,708.75	76.10 %

Sistema integral de monitoreo desarrollado	<u>\$23,614.11</u>	Sistema integral de monitoreo de alcance comercial	<u>\$65,783.47</u>	64.10 %
--	--------------------	--	--------------------	---------

De la tabla 3.4, el máximo porcentaje de ahorro estimado fue de hasta 78.89 % y el mínimo de 19.35 %. Como se puede apreciar, la metodología propuesta es la más atractiva debido a los costos de instrumentación menores en todos sus elementos. El estudio requerido del escenario propuesto podría llegar a tener un ahorro de \$42,169.36 MXN lo que demuestra la alta posibilidad para abatir los costos que conlleva actualmente la instrumentación convencional.

Capítulo 4.
DIAGNÓSTICO

Diagnóstico situacional.

Hasta el día de hoy y a nivel regional, son escasos los proyectos para evaluar el uso eficiente de la energía eléctrica, gas y agua. Sólo son algunas las empresas que realizan proyectos que tienen como finalidad gestionar el uso de la energía eléctrica y pocas de ellas realizan el monitoreo de agua y gas.

Se cree que esto es debido generalmente a los menores beneficios que obtienen del estudio sobre la gestión del agua y la escasa demanda de proyectos involucrados en la gestión del gas. Debido a esto, algunas de estas empresas no cuentan con este servicio.

Proyectos lucrativos, que realizan la captura de la información por medio de la instrumentación en campo, destinan comúnmente sus proyectos a industrias y comercios donde la capacidad de ahorro hace factible el alto costo que conlleva obtener la información aunado a la contratación profesionalista para el procesamiento y presentación de resultados.

A nivel residencial son poco comunes los casos donde es factible esta clase de estudios, sobretodo de agua y gas. Algunas son las viviendas donde el alto consumo de energía eléctrica sobrepasa la tarifa ordinaria 1F pasando a la de alto consumo DAC y donde el costo por kWh es de aproximadamente 2.5 veces mayor.

Para recopilar información mediante la instrumentación en campo, existe una gran variedad de productos en el mercado que resultan en datos concluyentes para la evaluación de consumos finales pero no están diseñados para obtener datos para la evaluación de usos finales.

Actualmente, evaluar el uso final de los recursos se caracteriza por un alto precio que encarece su aplicación aunque permita obtener mejores resultados ya que requiere de contratación profesionalista adicional capacitada para acondicionar equipos comerciales

que no están diseñados para este fin, así como, para extraer información que estos arrojan de forma generalizada para finalmente presentar los resultados deseados.

Este proyecto propone una actualización del método de instrumentación en campo con una meta de ahorro a través la observación de necesidades y requerimientos que han presentado la oportunidad en el entorno de eficiencia energética y de agua mediante la evaluación de usos finales. Las mejoras y oportunidades se identificaron de acuerdo a los requerimientos hacia una propuesta que abate los costos de instrumentación comercial a corto y a mediano plazo.

La metodología propuesta se sustenta en base a características funcionales que pueden ofrecer nuevas y crecientes inversiones y que prometen responder a una nueva forma lo más económica y confiable posible para obtener los mismos resultados. Esta metodología comprende un costo mucho menor que el de instrumentos comerciales en los proyectos en las que sea útil.

Diagnóstico contextual.

En México y específicamente en Mexicali, es muy importante usar de manera eficiente los recursos ya que se pueden obtener grandes beneficios económicos en viviendas residenciales derivados del uso adecuado de la energía eléctrica, agua y gas. Como se ha comentado el clima extremo de Mexicali conlleva a un alto consumo estacional de los recursos.

Empresas o instituciones confinadas a la gestión y uso eficiente de los recursos tanto en Mexicali, y figurativamente en todo México utilizan instrumentación comercial que se consigue de manera importada desde el extranjero, principalmente desde Estados Unidos.

Estos equipos comúnmente son difíciles de conseguir ya que implica la mayoría de las ocasiones conseguir el equipamiento a través de comercios regionales mediante una

orden de pedido que cuentan con largos tiempos de entrega. En ocasiones implica una dificultad para validar su garantía o sencillamente no aplican.

El costo de venta de equipamiento directamente de proveedor del extranjero es económico más a su precio final de adquisición en México se añade un 30%-45% de su valor de compra debido a costos de importación e impuestos. Finalmente, su precio se encarece y su costo se vuelve elevado.

Se ha explicado la importancia en el uso eficiente de la energía y agua de no sólo determinar el consumo final sino también de qué forma se utilizan y en que magnitud de acuerdo a los aparatos o mecanismos que hacen uso de estos recursos.

Proyectos para este fin, requieren de instrumentos que en su mayoría no existen en su forma aplicada, ya que si bien, pueden realizarse con instrumentación convencional modificando su aplicación y/o procesando de diferente forma sus resultados que finalmente permiten obtener resultados concluyentes; estos se encarecen debido al costo añadido de horas profesionista para su diseño, acondicionamiento y prueba, sumado a su alto costo debido a características generales no requeridas.

Los instrumentos convencionales se comercializan para su aplicación en todos los proyectos en que puedan ser útiles lo que resulta en funciones no requeridas, en algunos casos excesivos y ocasionalmente limitadas. Por su naturaleza comercial, son instrumentos con programación y funciones fijas que tratan de englobar todas aquellas características que en cierto caso pudieran ser populares.

Generalmente a nivel residencial, estudios de evaluación energética y agua son muy escasos porque sólo en algunas viviendas es factible. Además de la falta de cultura para el uso adecuado de los recursos en el hogar. Actualmente la mayoría se elaboran gracias a instituciones gubernamentales dedicadas al uso eficiente de los recursos en viviendas.

A través de la metodología desarrollada el costo de realización de proyectos para el uso eficiente de la energía y agua en viviendas residenciales sea mucho menor al común, lo que permita el aumento en su aplicación por empresas privadas o instituciones gubernamentales, ya que si bien no será factible para muchos hogares, el precio es mucho más económico que el usual lo que si promete el aumento en su contratación por residentes.

La metodología propuesta aunque es de menor costo que el método convencional se considera que no es rentable para realizar proyectos a largo plazo de uso final o para su venta en viviendas debido a que el mayor costo implica el monitoreo y procesamiento de resultados y se estima que es factible en forma de servicio ya que la mayoría de los residentes no tendrían la capacidad o costumbre para realizar algunos de los cálculos requeridos.

Análisis FODA.

En este apartado, la metodología propuesta así como cada uno de los prototipos que la conforman fueron sometidos a una exploración analítica para buscar cada una de las características que la matriz FODA estipula. Estas características son comparadas con los equipos utilizados durante las pruebas en campo y durante el AECV (Tabla 4.1).

Tabla 4.1: Análisis FODA.

Sistema integral de monitoreo	
Debilidades	Amenazas
*Programación no modificable por el usuario. *Falta de calibración y aprobación de normas de seguridad. *Algunos componentes del monitoreo eléctrico requieren de la invasión del circuito.	*Alta competencia regional de productos similares que conforman la metodología.

Fortalezas *Sistema aplicado al monitoreo del uso final de los recursos. *Confiabilidad estimada buena con un ahorro cercano del 65% contra sistemas comerciales de bajo costo. *8 de 9 componentes realizan el registro en una memoria extraíble tipo micro SD para su fácil acceso.	Oportunidades *Alta posibilidad de aplicación en industrias y comercios. Actualmente, parte de ella puede ser aplicada sin modificaciones. *Demanda creciente de proyectos afines debido principalmente a su bajo costo.
Sadpa	
Debilidades *Su instalación requiere de la invasión del circuito. *Grados de seguridad y confiabilidad no certificados. *No es práctico para realizar mediciones puntuales. *Requiere de la utilización continua de una PC en contraste con el analizador de redes Fluke 434.	Amenazas *Aplicación especializada que comúnmente no se utiliza a nivel residencial.
Fortalezas *Confiabilidad estimada buena con un ahorro del 40 % contra sistemas comerciales de bajo costo. *No requiere procesamiento adicional de la información. *Conjunta el monitoreo de la totalidad de la vivienda y el sistema de aire acondicionado, además, realiza comparaciones porcentuales con respecto al consumo total de energía eléctrica de la vivienda. *Permite el registro ilimitado del consumo horario de energía en contraste con Fluke 434. *Permite el registro ilimitado de gráficos sobre el historial de consumo de energía eléctrica. *Tiempos de registro modificables de datos y gráficos. *Recabado de información sin detener su operación en contraste con Fluke 434.	Oportunidades *Permite reemplazar componentes para su aplicación en instalaciones comerciales y posiblemente industriales.

Sadpb	
Debilidades *Requiere la invasión del circuito en esa configuración. *Programación fija no modificable por el usuario. *Grados de seguridad y confiabilidad no certificados.	Amenazas *Alta competitividad en el mercado de productos similares
Fortalezas *Confiabilidad estimada buena con un ahorro en promedio del 70% contra instrumentación comercial de bajo costo. *Permite el monitoreo de hasta 8 circuitos, incluyendo la totalidad y aire acondicionado. *Registro ilimitado del consumo horario de energía. *Intervalos de registro de un minuto que permite en sistemas de aire acondicionado identificar el encendido y apagado de compresor y resistencia eléctrica (en su caso). *Fácil acceso al registro de resultados por medio de la memoria extraíble micro SD que utiliza. *Diseño no invasivo y que no requiere de toma de alimentación en su configuración para cargas.	Oportunidades *Permite reemplazar componentes para su aplicación comercial y posiblemente industrial.
Sadpc	
Debilidades *Actualmente limitado para el monitoreo de cargas cuyo valor de corriente máxima nominal sea de 15 amperes. *Grados de seguridad y confiabilidad no certificados.	Amenazas *Aplicación básica de bajo impacto que no promete su popular comercialización.
Fortalezas *Confiabilidad estimada igual con un ahorro del 76% contra instrumentación comercial de uso común. * Diseño no invasivo y que no requiere de toma de alimentación.	Oportunidades *Capacidad de modificación física para el monitoreo de cargas de nivel comercial e industrial.

*Obtiene automáticamente la duración de encendido para cada evento. *Fácil acceso al registro de resultados por medio de la memoria extraíble micro SD que utiliza.	
Sadga	
Debilidades *Grados de seguridad y confiabilidad no certificados. *Programación fija no modificable por el usuario.	Amenazas *Campo de aplicación limitado de acuerdo al tipo de recurso.
Fortalezas *Confiabilidad estimada igual a la que ofrece un instrumento comercial pero con un ahorro del 64%. *Obtiene el instante de consumo en términos de pies³. *Fácil acceso al registro de resultados por medio de la memoria extraíble micro SD que utiliza.	Oportunidades *Capacidad actual de monitorear consumo de gas a nivel comercial.
Sadgb	
Debilidades *Grados de seguridad y confiabilidad no certificados. *Programación fija no modificable por el usuario.	Amenazas *Campo de aplicación limitado de acuerdo a la aplicación y al tipo de recurso. *Aplicación básica de bajo impacto.
Fortalezas *Confiabilidad buena estimada con un ahorro del 61% contra instrumentación comercial de bajo costo. *Fácil acceso al registro de resultados por medio de la memoria extraíble micro SD que utiliza.	Oportunidades *Monitoreo de encendido, apagado y duración de encendido de cualquier aparato a nivel comercial o industrial a bajo costo.

Sada	
Debilidades *Grados de seguridad y confiabilidad no certificados. *Programación fija no modificable por el usuario.	Amenazas *Campo de aplicación limitado de acuerdo al tipo de recurso.
Fortalezas *Confiabilidad buena estimada con un ahorro del 79% contra instrumentación comercial. *Diseño aplicado a la regadera. *Fácil acceso al registro de resultados por medio de la memoria extraíble micro SD que utiliza.	Oportunidades *Monitoreo de cada uno de los mecanismos gestores de agua en una vivienda mediante ajuste.
Sadb	
Debilidades *Grado de seguridad y confiabilidad no certificado. *Programación fija no modificable por el usuario.	Amenazas *Campo de aplicación limitado de acuerdo al tipo de recurso.
Fortalezas *Confiabilidad buena estimada con un ahorro del 76% contra instrumentación comercial de bajo costo. *Diseño no invasivo aplicado al retrete. *Fácil acceso al registro de resultados por medio de la memoria extraíble micro SD que utiliza.	Oportunidades *Registro de instante de llenado de tanques en aplicaciones comerciales e incluso industriales.
Sadth	
Debilidades *Grados de seguridad y confiabilidad no certificados.	Amenazas *Campo de aplicación limitado de acuerdo al tipo de recurso.

*Programación fija no modificable por el usuario. *Buena confiabilidad pero que actualmente sólo aplica sobre el consumo de agua en la regadera.	
Fortalezas *Confiabilidad buena estimada con un ahorro del 19% contra instrumentación comercial de bajo costo. *Diseño aplicado a la regadera. *Fácil acceso al registro de resultados por medio de la memoria extraíble micro SD que utiliza.	Oportunidades *Monitoreo de cada uno de los mecanismos gestores de agua en una vivienda mediante ajuste.
Sadlm	
Debilidades *Grados de seguridad y confiabilidad no certificados. *Programación fija no modificable por el usuario. *Requiere alimentarse continuamente de una toma eléctrica contrario a equipos similares que utilizan una batería.	Amenazas -Alta competitividad de productos similares en el mercado.
Fortalezas *Confiabilidad buena estimada con un ahorro del 67% contra instrumentación comercial de bajo costo. *Fácil acceso al registro de resultados por medio de la memoria extraíble micro SD que utiliza.	Oportunidades *Modificación de la programación para obtener la intensidad de iluminación.

Capítulo 5.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al inicio de este documento, se explica la importancia de no sólo evaluar el consumo final de la energía y agua en viviendas residenciales, si no también, el determinar la forma en que se utilizan estos recursos de acuerdo a las costumbres y necesidades de los residentes; esto con el fin de obtener medidas específicas para el uso eficiente de los recursos dentro del hogar.

Así mismo, se comenta de la existencia de dos métodos que son utilizados comúnmente para obtener la información requerida para este tipo de estudios, estos son: la encuesta y la instrumentación en campo.

Hacia la evaluación de usos finales, se requiere de información profunda y concisa que no puede obtenerse de forma estadística con el nivel de fiabilidad requerido por el estudio, por lo que, en este documento se ha descartado el método de la encuesta debido a que representa una gran desventaja debido a su falta de veracidad y sólo se acepta el método de instrumentación en campo. Si bien es cierto que el método de encuesta permite elaborar estadísticas y caracterizar poblaciones como un elemento previo a la validación en campo.

Actualmente, no se ha encontrado una metodología basada en instrumentación de alcance comercial a nivel regional o nacional cuyo diseño se aplique estrictamente a la evaluación de usos finales de la energía y agua.

Si bien existe una diversidad de empresas capaces de elaborar esta clase de estudios, típicamente utilizarían equipos comerciales que en su mayoría no están diseñados para el monitoreo de usos finales por lo que cuentan con desventajas tanto técnicas como económicas.

Esto se explica con la creencia de que proveedores fabricantes en general pretenden desarrollar productos para su comercialización en diversas áreas con el fin de abordar la mayor parte del mercado. Por esta razón, en ocasiones no les es factible diseñar equipos para tareas específicas y con menor demanda.

Productos de alcance comercial generalmente utilizados en la evaluación de usos finales cuentan con características excedentes por el tipo de estudio, no cuentan con las funciones requeridas y/o implican un alto costo debido a su aplicación especializada. Por lo tanto, existe instrumentación que en ciertos casos requería de modificaciones físicas, complementarse con otros instrumentos y/o en su caso requería de la contratación de profesionistas para el procesamiento adicional de sus resultados con el fin de obtener la información de interés.

El método y sistema propuestos han sido diseñados específicamente para evaluar el uso final de la energía eléctrica, gas y agua en viviendas residenciales, naturalmente tienen la capacidad de obtener información sobre consumos finales. Para esto, se desarrollaron 9 instrumentos que pueden ser utilizados de manera conjunta, por módulos o de forma independiente para la evaluación total o parcial del uso final de los recursos o de los elementos gestores. Los prototipos entregan información que no requiere de procesamiento adicional de sus resultados y están diseñados para su aplicación directa sobre mecanismos y cargas prioritarias elegidas por criterio en viviendas de Mexicali, B.C.

Los prototipos desarrollados cuentan con buena confiabilidad en sus registros y en contraste con productos comerciales similares disminuyen el costo de

instrumentación desde un 20% hasta un 78%, y en promedio del 65% (ver capítulo 3).

Es entonces evidente, que con la utilización del sistema de monitoreo propuesto se logran resultados concisos que en su mayoría no se obtienen directamente de productos comerciales a un costo mucho menor. Se estima que una vez colocados al alcance comercial, la mayoría de los prototipos además de representar un nuevo método de instrumentación enfocado al monitoreo de usos finales abatirá los costos regionales de instrumentación con fines similares.

Se estima de igual manera que su comercialización permitirá la creciente realización de diversos estudios sobre el uso eficiente de los recursos debido a que se encuentran a un mejor alcance económico.

El presente trabajo que se dedicó al sector residencial de la región de Mexicali, B.C. puede generalizarse a cualquier región geográfica estatal, nacional e incluso internacional debido a la similitud de los diferentes casos que podrían presentarse.

Finalmente se recomienda que:

Mediante la utilización de la metodología propuesta se elaboren programas para obtener información concisa sobre la forma en que se utilizan los recursos en el hogar y a través de qué elementos. Con el manejo de esta información se diseñen e implementen estrategias y acciones para gestionar el uso de los recursos en base a información de alto grado, considerando que se abaten los costos de este tipo de programas.

El siguiente plan de trabajo es evolucionar la metodología para su aplicación a nivel comercial e industrial, lo que, actualmente se logra sin modificaciones con parte de la metodología y el restante requiere sustitución de algunos de sus componentes.

Unidades y Factores de Conversión

Volumen

1 metro cúbico	1000 litros
1 metro cúbico	35.31467 pies cúbicos
1 pie cúbico	0.0283168 metro cúbico
1 galón	3.7854 litros
1 litro	0.26417 galones (E.U.)

Equivalencias en general

° C	$^{\circ}\text{F} - 32 / 1.8$
° F	$^{\circ}\text{C} * 1.8 + 32$
1 hora	3600 segundos

Glosario, abreviaturas y siglas

Glosario

Carga: Aparato o circuito eléctrico que produce una variación en el consumo de energía eléctrica.

Consumo final: Magnitud de recurso energético destinado a la satisfacción de las necesidades de un usuario en cierto lapso de tiempo.

Coeficiente de correlación: Magnitud de relación lineal y proporcionalidad de dos grupos de variables.

Instrumentación en campo: Grupo de instrumentos utilizados para medir y registrar variables físicas de interés en un determinado espacio.

Monitoreo: Proceso sistemático de medición, procesamiento y registro continuo de variables físicas.

Patrón de consumo: Modo o forma en que se hace uso de un recurso de acuerdo a un orden reconocible.

Pinza amperimétrica: Elemento sensor de corriente cuya forma de pinza permite su inserción no invasiva de un circuito.

Sensor: Dispositivo captador de variables físicas del cual se puede obtener una señal proporcional digital o análoga.

Señal digital: Tipo de señal que se presenta en forma de valores discretos (0/1).

Señal análoga: Tipo de señal en la que se presenta en forma continua y es variable su amplitud y periodo en función del tiempo; las señales que percibimos de la naturaleza como temperatura, luz, etc. son señales análogas.

Temperatura absoluta: Es el valor de la temperatura medida con respecto a una escala que comienza en el cero absoluto y que corresponde a la ausencia total de energía cinética interna del cuerpo considerado.

Transductor: Dispositivo desarrollado con el fin de transformar una variable en otra de diferente naturaleza pero con un sentido de proporcionalidad.

Uso final: Se define como el análisis de la forma, la magnitud, la frecuencia y la duración de operación de elementos gestores de los recursos.

Abreviaturas y siglas

AECV: Análisis Económico del Ciclo de Vida.

ASI: Ahorro Sistemático Integral

CFE: Comisión Federal de Electricidad

CESPM: Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

CONAVI: Comisión Nacional de Vivienda.

CONUEE: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

CVE: Ciclo de Vida Económico.

DAC: Doméstica Alto Consumo (tarifa).

FIDE: Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica.

FODA: Fortaleza, Oportunidad, Debilidad y Amenaza.

GN: Gas Natural

GLP: Gas Licuado de Petróleo

INFONAVIT: Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.

SAD: Sistema de Adquisición de Datos

Tarjeta Dag: Tarjeta de Adquisición

Módulo Dag: Modulo de Adquisición

Referencias

- [1] EPEC (Empresa Provincial de Energía de Córdoba), <http://www.epec.com.ar/docs/seguridad/eficiencia.pdf>, 2013.
- [2] Mendiola Almaraz, Nelly [entrevista]. “Con acciones sencillas, es posible reducir el consumo de agua en hogares de la ciudad de México”, Boletín UNAM-DGCS-477, Ciudad de México, 3 de agosto del 2012.
- [3] SENER a través de SIE (Sistema de Información Energética), “Ventas internas de energía eléctrica por sector tarifario”, 2012.
- [4] Gobierno de Baja California 1, http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/mexicali/medio_fisico.jsp, 2012.
- [5] Gobierno de Baja California 2, http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/mexicali/clima_mxl.jsp, 2013.
- [6] INEGI, <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/territorio/clima.aspx?>, 2014.
- [7] Atlas de Riesgos del Municipio de Mexicali, “Peligros Hidrometeorológicos”. <http://www.mexicali.gob.mx/transparencia/administracion/atlas/pdf/2.pdf>, 2013.
- [8] INEGI, “Población de Mexicali en el 2010”, <http://www.inegi.com>, 2013.
- [9] PROFECO, “Agua que no has de beber... ¡Cierra la llave!”, http://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2009/bol143_agua.asp, 2013.
- [10] WATERGYMEX, “Manual para el uso eficiente y racional del agua: Utiliza sólo la necesaria”, <http://www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Reduccion%20de%20la%20Demanda/Manual%20Uso%20eficiente%20y%20racional%20del%20agua.pdf>, 2013.
- [11] Diario Oficial de la Federación, “Regaderas empleadas en el aseo corporal-especificaciones y métodos de prueba”. www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=764891, 2013.
- [12] INEGI, “Viviendas particulares con lavadora” <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/#L>, 2013.
- [13] Juárez Socorro Itzel et al., “Diseño de un filtro para el tratamiento y reutilización del Agua proveniente del lavado doméstico”, <http://www.acmor.org.mx/reportescongreso/2013/prepa/ambientales/316-diseno-de-un-filtro-para-el-tratamiento-y-reut.pdf>, 2013.
- [14] PROFECO, “Lavadoras de ropa automáticas”. http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_07/lavadoras.pdf, 2013.

[15] Diario Oficial de la Federación, “Norma oficial mexicana nom-009-cna-2001, inodoros para uso sanitario-especificaciones y métodos de prueba”, 2 de agosto del 2001.

[16] Consorcio General de Proveedores de Agua, “Grifo”.
<http://www.conserveh2o.org/faucet-water-use>, 2013.

[17] JAPAC, “Cuanta Agua se Gasta”.
http://www.guardianesdelagua.com/index.php?option=com_content&view=article&id=267&Itemid=34, 2013.

[18] García Velarde, Eugenia. “Proyecto Piloto de Aislamiento Térmico para Viviendas en la Ciudad de Mexicali” a cargo de CONAVI, INFONAVIT, CFE, FIDE y CONUEE, Diciembre del 2011.

[19] González Fernández, Víctor. “Adquisición de Datos”.
http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_4.4.htm, 2013.

[20] La Catalina: Universidad de las Américas. “Señales y Sistemas Discretos en el Tiempo”.
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/alonso_a_jp/capitulo2.pdf, 2013.

[21] HIKING, <http://www.chinaenergymeter.com>, 2014.

[22] Mantenimiento Latino Americano, “Costo del Ciclo de Vida de un activo”,
<http://mantenancela.blogspot.mx/2012/04/costo-del-ciclo-de-vida-de-un-activo.html>, 2013.

[23] Meetinstrumenten-Verhuur, “Fluke 434” (imagen en línea).
<http://www.meetinstrumenten-verhuur.nl/verhuur/elektrotechniek/testelektro/elek001>, 2013.

[24] CFE, “Como se lee el medidor: Medidor de 4 caratulas”,
http://www.cfe.gob.mx/negocio/4_Informacionalcliente/Paginas/Como-leer-el-medidor.aspx, 2013.

[25] EKM Metering, “Electric Meters: kWh meters” (imágenes en línea).
www.ekmmetering.com, 2013.

[26] Brultech, “ECM 1240 paquetes” (imágenes en línea).
<http://www.brultech.com/home/store/>, 2013.