

# IDEAS 2015

Diseño de soluciones inclusivas para incrementar  
la flexibilidad de la red eléctrica en Nicaragua

## INFORME FINAL

Junio 2017



Autores:

Diego Ponce de León Barido, niuera LLC  
Lâl Marandin, Pelican, SA

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CONTENIDO .....</b>	I
<b>GENERALES DEL PROYECTO .....</b>	1
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	2
<b>RESULTADOS DEL PROYECTO .....</b>	3
Resumen de etapas del proyecto.....	3
Primera etapa: participantes, equipos de medición y línea de base .....	3
Metodología de selección de los participantes.....	3
Selección de los participantes .....	3
Formación de los participantes .....	3
Instalación de los equipos de medición .....	3
Línea base social y económica: Datos socios económicos .....	4
Segunda etapa: Análisis de los datos, instalación de módems para la transmisión de datos en tiempo real y seguimiento a los participantes .....	4
Análisis de los datos .....	4
Consumo eléctrico .....	5
Correlaciones y comportamientos .....	5
.....	6
Análisis de datos de temperatura y energía .....	7
Análisis de la red GSM (Claro).....	7
Algoritmos de control y modelos predictivos.....	8
Tercera etapa: Implementación de los algoritmos de control y medidas de eficiencia energética.	9
Implementación de los algoritmos de control .....	9

Evaluación de medidas de eficiencia energética .....	12
<b>ANÁLISIS POST-IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>16</b>

# FIGURAS

Figura 1: Consumo Típico en la Muestra.....	5
Figura 2: Correlación Entre Sensores y Temperatura .....	6
Figura 3: Temperatura Interna de los Refrigeradores .....	6
Figura 4: Consumo energético normalizado entre todos los hogares y micro-empresas. ....	7
Figura 5: Consumo energético normalizado entre todos los hogares y micro-empresas. ....	8
Figura 6: Generación y Demanda de la Red Eléctrica Nicaragüense. ....	9
Figura 7: Status de Potencia (Watts) de un Refrigerador y su Relay.....	10
Figura 8: Status de Temperatura dentro del Refrigerador: .....	11
Figura 9: Status de Temperatura de la Red de Comunicación. ....	12
Figura 10: Resultados Implementación, Comparaciones Energéticas .....	13
Figura 11: Resultados Implementación Tratamiento, Comparaciones Energéticas .....	14
Figura 12: Resultados Implementación, Comparaciones Impacto Información .....	15
Figura 13: Resultados Implementación, Reducción de Error Gato Energético .....	15

# GENERALES DEL PROYECTO

El Concurso de Innovación Energética (IDEAS) es una iniciativa que busca apoyar el desarrollo de proyectos innovadores que promuevan energía renovable, eficiencia energética, biocombustibles y acceso a la energía en zonas rurales. Esta convocatoria fue lanzada en octubre de 2014. Tras un proceso de selección en el que se consideraron 282 propuestas provenientes de los 26 países miembros prestatarios del BID, fueron seleccionados 6 ganadores en todo el continente, dentro de los cuales estaba el equipo de multidisciplinario de Nicaragua.

Los informes de avances entregados a la fecha fueron los siguientes:

- *Informe de Avances #1* – 11 abril 2016
- *Informe de Avances #2* – 15 junio 2016
- *Informe de Avances #3* – 30 septiembre 2016
- *Informe de Avances #4 (Final)* – 30 junio 2017

*El presente Informe es el Informe Final.*

\* \* \*

\*

# RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo general del proyecto de “Respuesta a la Demanda utilizando Cargas Flexibles Distribuidas”, ganador del Concurso IDEAS de Inovación 2015, es demostrar que se puede utilizar el control de cargas flexibles de energía a nivel residencial y comercial (como son los equipos de refrigeración, o “cargas frías”) como una estrategia costo-efectiva para mitigar la gran penetración de energía eólica en el sistema interconectado de Nicaragua. Este concepto de respuesta a la demanda en el sistema puede contra-balancear la oferta intermitente de electricidad y sus diferencias de coincidencia con la demanda eléctrica, problema que actualmente existe en el país. Para poder analizar la demanda energética del sector seleccionado (residencial y comercial), el proyecto utilizó la información de demanda de energía de hogares y microempresas pertenecientes a una clase media baja. Estos participantes poseían algún tipo de ingresos (microempresas) vía la venta de productos, en su mayoría perecederos. Para poder monitorear la información del consumo de cada uno de estos usuarios, se instalaron equipos que permitieron analizar la demanda energética instantánea, con datos grabados cada 15 minutos durante un periodo de 12 meses. Los mismos equipos tenían la posibilidad de controlar eléctricamente los equipos de refrigeración (cargas frías) según órdenes enviados remotamente por un servidor conectado en internet.

Para analizar la oferta de energía se utilizaron datos del Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) y del Ente Operador Regional (EOR) que presentan información sobre los precios de energía y pronósticos de penetración de energía eólica. Se crearon algoritmos de control que enviaban órdenes de retirar (evento de precio) o encender (evento de viento) las cargas frías, dicho en otras palabras de apagar o volver a encender los electrodomésticos, según las variaciones previstas o detectadas en la oferta. Después de una fase de control (mediciones) de 6 meses, se procedió a enviar señales de encendido o apagado de las cargas durante la segunda fase del proyecto (2º semestre), y así poder medir los beneficios de tener una demanda flexible, tanto en los aspectos de consumo (facturación) de los usuarios, como en los aspectos técnicos (tiempos de respuesta, variación de frecuencia y voltaje). Dentro de cada uno de los hogares y microempresas en el que se implementó el proyecto de respuesta de demanda, se notó que hubo un ahorro promedio del 6% (~\$US 9/mes) sin tomar en cuenta el incremento de consumo de energía promedio gracias a la instalación de los equipos de control de cargas. Si se toma en cuenta el gato energético de nuestro equipo, entonces el ahorro es todavía mayor. Los beneficios, además de los ahorros energéticos, fueron múltiples: familias que no se tenían que levantar al amanecer a prender sus equipos, incremento al conocimiento del consumo energético del hogar para su mejor administración, y al empoderamiento de las mujeres de casa y pequeños negocios con la información energética que ellos pedían poco a poco.

En conclusión, el proyecto tiene potencial pero tendría que ser implementado a través de los diferentes sectores de la economía: residencial, comercial, irrigación y bombeo para que tenga un impacto real en los picos de demanda y la penetración de energías intermitentes. Al igual es necesario que exista un marco de incentivos o un decoplamiento atractivo para las empresas de distribución de energía eléctrica. Otro reto es el desarrollo de una tecnología que permita el desarrollo de tecnología que asegura la rentabilidad de los actores involucrados en el proceso de generación y distribución de energía.

# RESULTADOS DEL PROYECTO

## RESUMEN DE ETAPAS DEL PROYECTO

### Primera etapa: participantes, equipos de medición y línea de base

En la primera etapa del proyecto se realizaron todas las gestiones logísticas y línea de base para iniciar el proyecto, incluyendo:

#### *Metodología de selección de los participantes*

En la primera etapa del proyecto se procedió a la metodología de selección de los participantes donde se cumplieron con los principios y derechos establecidos por el comité internacional para la protección de los sujetos humanos en relación a la investigación académica (Committee for the Protection of Human Subjects). 230 MEs y hogares fueron seleccionadas al azar de diferentes partes de la ciudad con características sociodemográficas similares.

#### *Selección de los participantes*

En enero de 2015 se llevó a cabo el primer levantamiento de información. No obstante, para realizar dicho levantamiento se tuvieron que definir los sectores dentro de Managua donde se iba a trabajar. Para la selección de dichos sectores un aspecto a considerar fue que estos compartieran características socioeconómicas similares, además que fueran lugares seguros. Se seleccionaron 7 sectores de la capital: 9 viviendas y 13 Micro empresas.

#### *Formación de los participantes*

Dentro de la formación se explicó a los participantes el objeto del estudio y los beneficios en términos de ahorro de factura eléctrica y su contribución a la matriz de generación renovable del país.

#### *Instalación de los equipos de medición.*

Entre julio de 2015 y febrero del 2016, se llevaron a cabo las instalaciones de los equipos de medición. Luego que se seleccionaron las microempresas y viviendas, se realizó una visita a todos para acordar un día y hora que podían recibir al equipo de trabajo para hacer las respectivas instalaciones. En promedio, una instalación duraba una hora y se hacían 5 por día. Para la realización de la investigación, era necesaria la importación a Nicaragua de varios equipos especializados de medición. Entre ellos, los más importantes fueron los equipos de medición y grabación de consumo (FlexBox) y una estación de mediciones meteorológicas completa.

## Concurso de Ideas de innovación energética 2015 / Informe #4: Narrativo Final

1. FlexBox: El FlexBox está diseñado para la recolección de datos para equipos de refrigeración y aire acondicionado para hogares y micro-empresas. (Para más detalles por favor referirse al Informe de actividades No.1)

Para establecer la comunicación entre los FlexBox y las bases de almacenamiento de datos era necesaria la compra de módems de comunicación para cada participante. Para esto se contrató el servicio de Claro con módems 3G de datos.

### **Línea base social y económica: Datos socio económicos**

Los principales datos **socio económicos** obtenidos de las entrevistas fueron los siguientes:

- **Duración promedio de la tenencia:** 15 años. Mínimo: 1 mes y máximo: 50 años.
- **Edad promedio:** 46 años. (min: 16 años y max.: 80 años).
- **Sexo:** 67% mujeres y 33% hombres
- **Escolaridad:** 58% de los entrevistados tenía completado cualquiera de los dos últimos años de la escuela secundaria o la universidad.
- Las tiendas de estilo familiar (con grandes cargas de enfriamiento) son los más predominantes dentro de la muestra
- 82% de los entrevistados la ME es su principal fuente de ingresos, otros que tienen otro trabajo (13%) como su principal fuente de ingresos, seguido por las remesas provenientes de los Estados Unidos (5%)

Los principales datos **energéticos** obtenidos de las entrevistas fueron los siguientes:

- **Fuente de energía:** principal fuente de energía es la electricidad (100%) y el gas licuado de petróleo (GLP) la secundaria (80%).
- **Patrón de uso de la energía:**
  - i) normalmente se enciende sus aparatos en la mañana y los apagan por la noche;
  - ii) electricidad se consume principalmente sólo durante el día (o la noche);
  - iii) Desde muy noche hasta la mañana temprano
- **Estacionalidad de consumo:** Tendencia clara hacia una estacionalidad del consumo de electricidad (67%), con la mayoría (93%) de MEs que sugieren que el verano (meses de noviembre a abril)
- **Principales cargas de consumo:** iluminación (96%), teléfonos celulares (94%), televisores (75%), ventiladores (63%) y radios (53%). Existían más MEs con acceso a Internet que con dispositivos de aire acondicionado (A/C).
- **Uso del refrigerador:** Usualmente lo apagan en algún momento durante el día;
- **Costo promedio de electricidad:** promedio de US \$346/mes (min: US \$ 1.78/mes, max: US\$ 5,961).

### **Segunda etapa: Análisis de los datos, instalación de módems para la transmisión de datos en tiempo real y seguimiento a los participantes**

#### **Análisis de los datos**

Los resultados producto de la medición en tiempo real de la temperatura ambiente, temperatura de los refrigeradores y el consumo energético Wh fueron los siguientes:

Abril 2017



### Consumo eléctrico

En promedio, las microempresas consumen 16% más energía (media: 28% más energía). Se realizó una correlación entre la hora del día y la temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ ), durante cada hora del día y se comparó a la temperatura interior de los refrigeradores y mantenedoras ( $^{\circ}\text{C}$ ), al consumo de energía del refrigerador (Wh), y al consumo de energía del hogar (Wh), lo cual permitió ver que existe tanto una dependencia con la temperatura ambiente y la hora (con factores de correlación variables) a través del grupo de casas y micro-empresas.

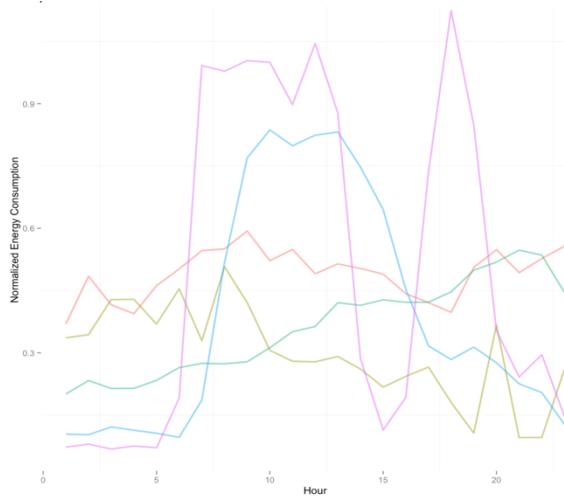


Figura 1: Consumo Típico en la Muestra.

Se encontraron cinco distintos tipos de consumo: 1) consumo que incrementa durante el día, 2) consumo que reduce durante el día, 3) consumo que no cambia durante el día, 4) consumo con dos picos, y 5) consumo con un pico.

### Correlaciones y comportamientos

Existe una gran variabilidad en cuanto a temas de correlaciones y comportamientos entre la temperatura del ambiente, la temperatura del interior de la refrigeradora y el consumo eléctrico. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Una relación negativa muy débil entre la temperatura interior de la refrigeradora y la temperatura del ambiente (Pearson  $r = -0.06$ ,  $N = 16,000$ ,  $p < 0.001$ ),
- Una relación positiva moderada entre el consumo de energía de la refrigeradora y temperatura ambiente (Spearman no paramétrico  $r = -0.43$ ,  $N = 10,000$ ,  $p < 0.001$ ),
- Una moderada relación positiva entre el consumo de energía en el hogar y la temperatura ambiente (Spearman no paramétrico  $r = -0.45$ ,  $N = 16,000$ ,  $p < 0.001$ ),
- Y una relación muy débil entre la temperatura ambiente y las aperturas de las puertas por los usuarios (Spearman no paramétrico  $r = -0.16$ ,  $N = 16,000$ ,  $p < 0.001$ ).

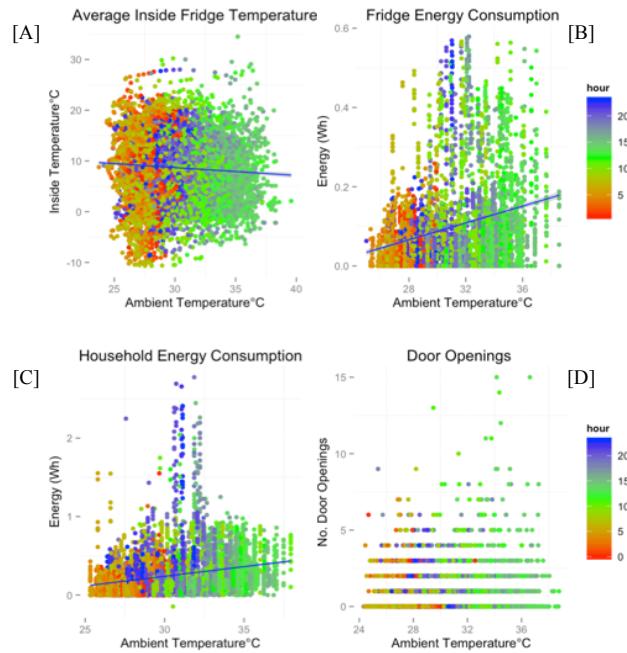


Figura 2: Correlación Entre Sensores y Temperatura.

Temperatura ambiente vs. [A] temperatura interna del refrigerador, [B] consumo energético interno del refrigerador, [C] consumo energético del hogar, y [D] numero de veces que se abria y cerraba la puerta.

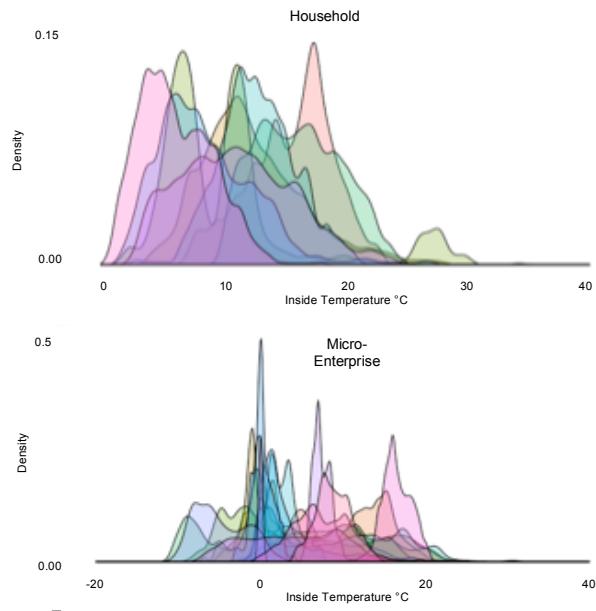


Figura 3: Temperatura Interna de los Refrigeradores

La temperatura interna en los refrigeradores de los hogares era similar (arriba), mientras que la temperatura interna en los refrigeradores de las micro-empresas era mas amplia de -10°C a temperatura ambiente.

### Análisis de datos de temperatura y energía

En promedio, el consumo de las cargas es mayor durante el mediodía en el momento más caliente y cuando los hogares realizan la mayoría de sus aperturas de puertas. También existe una variabilidad térmica importante de los puntos de ajuste de temperatura debido a la pérdida de aparatos y comportamiento de los usuarios que incluye la apertura de las puertas y la desconexión temporal de los equipos. Por otro lado, el ciclo de trabajo de las refrigeradoras fluctúa durante todo el día. La potencia nominal de estos aparatos varió desde 0.1 hasta 2.2 kW de acuerdo con la etiqueta del fabricante; esto resultaría en una gama de consumo anual medio entre 280 y 6000 kWh según los modelos. Los datos de campo sugieren que el consumo de energía anual medio real fue de 1400 kWh para todo el clúster.

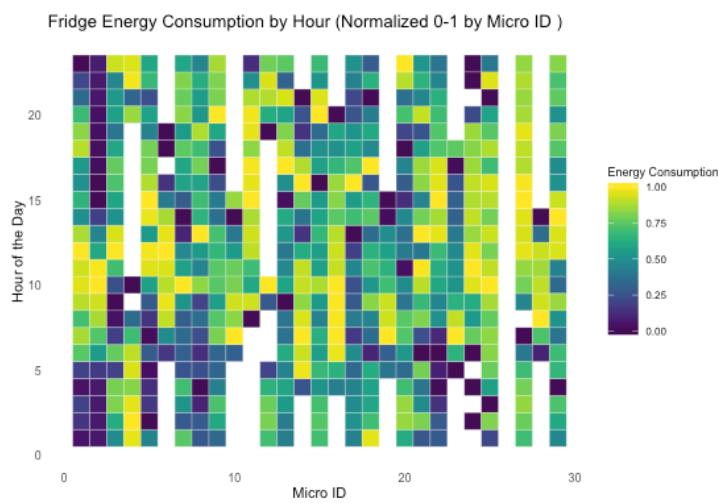
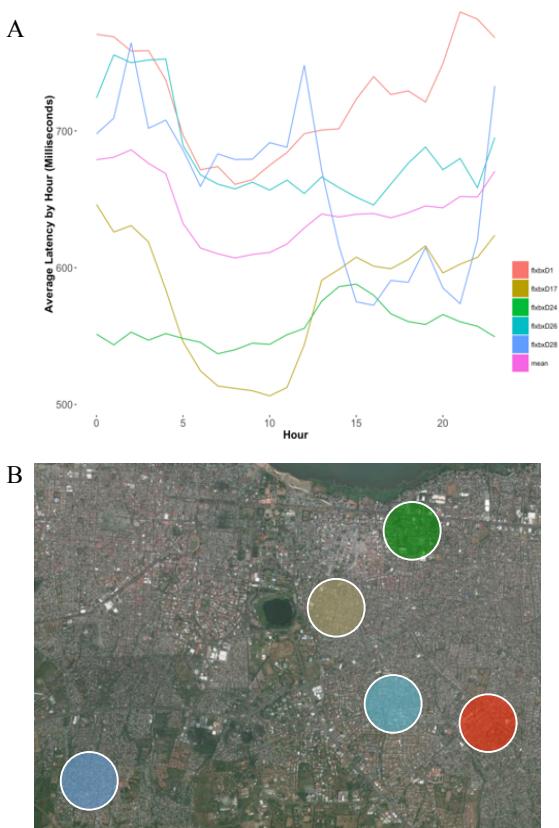


Figura 4: Consumo energético normalizado entre todos los hogares y micro-empresas.

Se observa que el consumo energético es mayor a mitad del día, también encontrando que la eficiencia de los equipos es más baja a mitad del día.

### Análisis de la red GSM (Claro)

En cuanto al propósito de realizar control de respuesta a la demanda, la latencia es muy importante ya que se quiere que las señales de control puedan viajar rápidamente en la red. La media de la latencia promedio es de 642 milisegundos (desviación estándar: 185 milisegundos) a través de todos los dispositivos y la media de la latencia máxima en todos los dispositivos es 945 milisegundos (desviación estándar: 415 milisegundos) con el valor máximo de latencia alcanzando 38.000 milisegundos (38s). Las pruebas de latencia muestran una gran variabilidad entre sí, durante todo el día, aunque todos ellos están conectados a la misma red (3G de Claro), se realiza un ping al mismo servidor, y están utilizando la misma tecnología (Huawei E3531) ejecutando el mismo software.



*Figura 5: Consumo energético normalizado entre todos los hogares y micro-empresas.*

Se analizó la [A] latencia del sistema, de acuerdo a la distribución relativa [B] de los equipos en Managua. Se observa que la latencia reduce significativamente a la mitad del día cuando hace más calor y cuando los TCLs tienen la gran mayoría de la actividad.

### **Algoritmos de control y modelos predictivos**

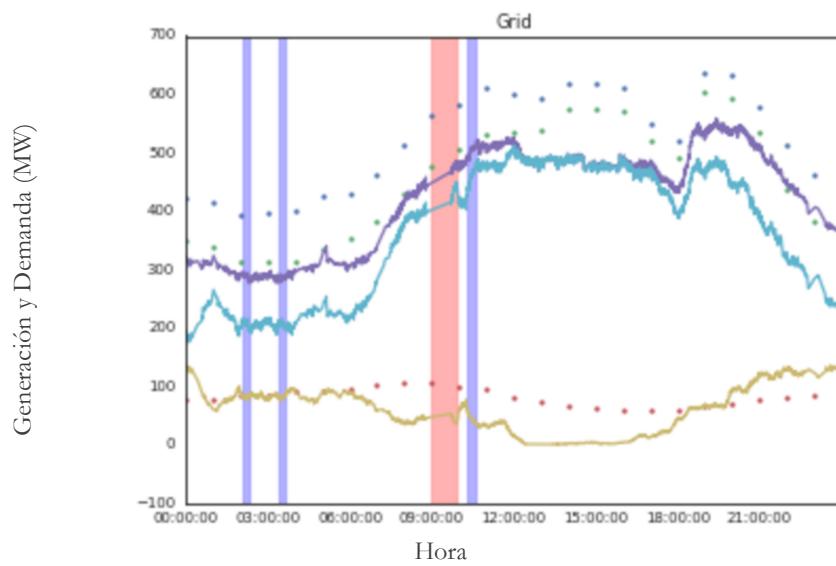
Para el desarrollo del algoritmo de control se tomaron en cuenta dos requisitos: (1) el primero busca reducir los picos de demanda de Nicaragua, y (2) el segundo busca de proveer de servicios auxiliares a la red en casos cuando el viento se cae imprevistamente o cuando la demanda energética neta (demanda total menos viento y menos interconexiones) cae imprevistamente. Cuando se cae el viento imprevistamente, o cuando se incrementa la demanda energética neta imprevistamente, Nicaragua tiene que utilizar recursos fósiles para seguir cumpliendo con la oferta demanda energética. Cuando el desbalance es alto, entonces los recursos que la red eléctrica utiliza son los más contaminantes y también los más caros. La respuesta a la demanda presenta recursos auxiliares que son limpios y baratos.

**Tercera etapa: Implementación de los algoritmos de control y medidas de eficiencia energética.**

***Implementación de los algoritmos de control***

Esta sección describe la implementación de los algoritmos de control para el seguimiento de los precios de energía regional, y caídas en el viento. Para esto se utilizan datos del Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC) para enviar señales de precio y viento. El ente operador regional (EOR) tiene datos de alta resolución de 20 segundos que publica constantemente para monitorear el flujo de energía regional. Se utilizó esta información para utilizar los algoritmos que han sido explicados anteriormente para retirar la demanda de las cargas frías (o refrigeradores) durante la duración de un evento de precio o de viento.

Para poder utilizar el algoritmo es necesario poder predecir cuándo serán los precios más altos al día siguiente y predecir las caídas de viento. La figura siguiente demuestra cómo funcionan en tiempo real ambos algoritmos de control para el viento y el precio. El algoritmo predijo que cerca de las 3 am, cerca de las 4 am y cerca de las 12.00 pm iba a haber caídas de viento significativas (y así fue). Cuando esto sucede entonces la nube manda una señal a las cargas frías para que oscilen a una temperatura más alta durante 15 minutos durante el evento. Se puede observar la duración de 15 minutos para cada una de las barras moradas claras, que representan los eventos de viento. De la misma manera, se pueden observar las barras rojas, que representan eventos de precio. Como ha sido explicado anteriormente los eventos de precio pueden tener duración de una, dos, o tres horas dependiendo del evento. En esta ocasión, el evento fue solo de una hora.



Fuente: niuEra

La figura 2 demuestra cómo funcionan en tiempo real ambos algoritmos de control para el viento y el precio. El algoritmo predijo que cerca de las 3 am, cerca de las 4 am y cerca de las 12.00 pm iba a haber caídas de viento significativas (y así fue). Cuando esto sucede entonces la nube manda una

## Concurso de Ideas de innovación energética 2015 / Informe #4: Narrativo Final

señal a las cargas frías para que oscilen a una temperatura más alta durante 15 minutos durante el evento. Se puede observar la duración de 15 minutos para cada una de las barras moradas claras, que representan los eventos de viento. De la misma manera, se pueden observar las barras rojas, que representan eventos de precio. Como ha sido explicado anteriormente los eventos de precio pueden tener duración de una, dos, o tres horas dependiendo del evento. En esta ocasión, el evento fue solo de una hora.

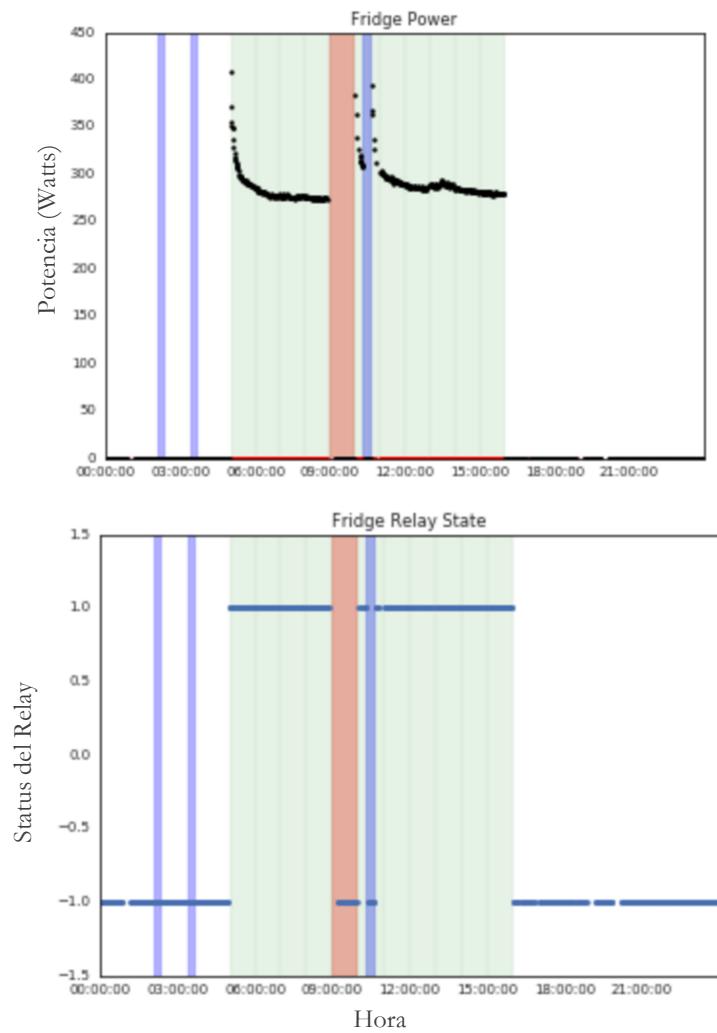


Figura 7: Status de Potencia (Watts) de un Refrigerador y su Relay

Fuente: niuEra

Las barras verdes demuestran las horas del día cuando este freezer en particular estaba disponible para ser usado. En la primera figura, la curva negra demuestra la curva de potencia de un refrigerador en watts. En el segundo grafico las líneas azules demuestran el status del relay. Se puede apreciar que el relay está apagado cuando nos encontramos en los eventos de viento y de precio.

La figura 3 demuestra el mecanismo por el cual se apagan las cargas frías cuando estamos dentro de los eventos de precio y viento que han sido descritos anteriormente. Se puede observar que las horas que el refrigerador está disponible son de las 6 am a las 5 pm. En Nicaragua, muchas personas desconectan su refrigerador, y por lo tanto, el refrigerador solo está disponible para prestar demanda flexible durante algunas horas (en esta ocasión de 6 am a 5 pm).

Esto se puede observar con las barras verdes claras en la **Error! Reference source not found.**. También se puede apreciar que el status del relay es “-1” durante los eventos de precio y viento. A medida que el status del relay cambia, también se está cortando la potencia al refrigerador, entonces se puede observar que el refrigerador (o carga fría) deja de consumir energía durante este tiempo. Sin embargo, se puede apreciar que cuando los eventos de precio y viento terminan, el relay regresa a un status de “1” y el refrigerador vuelve a consumir energía.

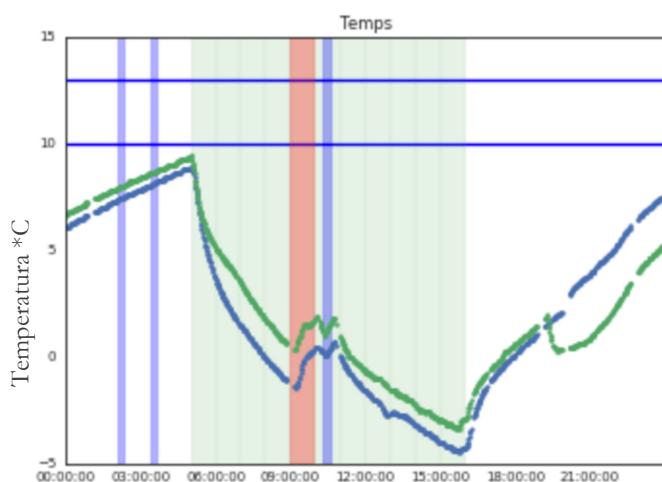


Figura 8: Status de Temperatura dentro del Refrigerador:

Fuente: niuEra

*Las barras verdes demuestran las horas del día cuando esta nivera en particular estaba disponible para ser usado. Las curvas verdes y azules demuestran la temperatura interna del refrigerador, y las líneas horizontales azules son límites de temperatura dentro del refrigerador.*

La figura 2 representa el status de la temperatura dentro de un refrigerador. Se puede observar que cuando el refrigerador está apagado (con el relay status en “1”) la temperatura dentro del refrigerador incrementa. Durante las horas de la mañana cuando el refrigerador no está disponible, se puede observar que hay varios eventos de viento en los cuales el refrigerador no puede participar pues está apagado.

De la misma manera, se puede apreciar que la temperatura del refrigerador incrementa cuando el refrigerador está apagado. Cuando el refrigerador se prende a las 6 am, se puede observar que la temperatura empieza a reducir, pero empieza a subir un poco cuando el refrigerador se encuentra dentro de los eventos de precio y de viento (las barras verticales rojas y moradas que han sido descritas anteriormente).

## Concurso de Ideas de innovación energética 2015 / Informe #4: Narrativo Final

Después de los eventos de viento y precio se puede observar que el refrigerador sigue enfriando normalmente. Finalmente, cuando se terminan las horas del día cuando el refrigerador está disponible (a las 5 pm), se puede observar que la temperatura empieza a incrementar nuevamente. Las líneas azules horizontales son temperaturas que los usuarios utilizan regularmente para mantener la seguridad de los productos dentro de su refrigerador.

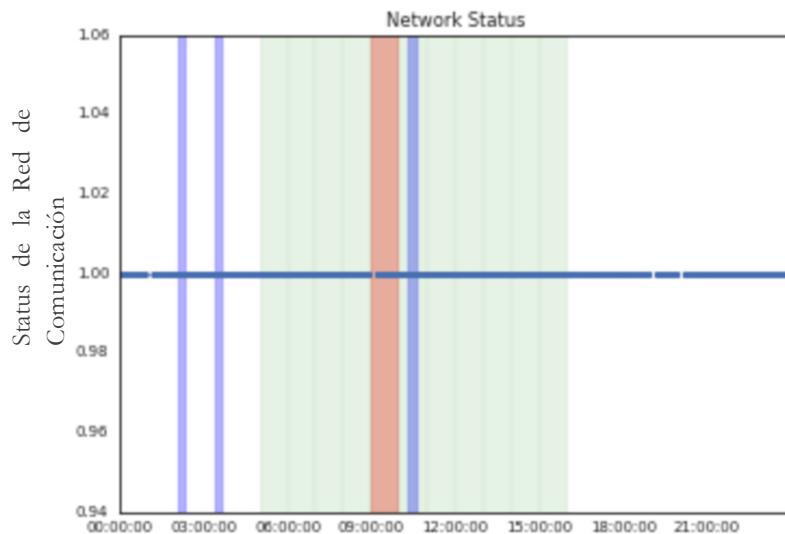


Figura 9: Status de Temperatura de la Red de Comunicación.

Fuente: niuEra

Finalmente, la Figura 5 es una representación del status de la red de comunicación. Se puede apreciar que la red de comunicación se mantiene estable y dentro del “Status 1”. Hay perdidas de conexión pero estas son muy breves.

### Evaluación de medidas de eficiencia energética

Durante este periodo se revisaron y evaluaron diferentes medidas de eficiencia energética que deben ser implementadas dentro de los refrigeradores de los participantes al igual que correcciones que tienen que ser llevadas a cabo para mejorar la calidad de los circuitos eléctricos y evitar las perdidas. Se encontraron varias necesidades que se pueden resumir de la siguiente manera:

#### Revisión eléctrica a los paneles eléctricos en hogares y micro-empresas en Managua:

Muchos hogares tuvieron que recibir nuevos paneles, fusibles, y creación de distribuciones correctas. En muchos lugares es necesario instalar paneles nuevos, mufas de media en metálico he instalando ductores de entrada nuevos y de cobre. En muchas casas se cambió el panel, se compraron fusibles más grandes y se instalaron toma corrientes nuevos he individuales. En materia de refrigeración se recomendó y se hicieron varios cambios de puertas, se hicieron varios cambios a los empaques de las puertas, cambio de tornillos (muchos estaban oxidados), limpieza de condensador, lubricación del motor, tubería nueva, mangueras de drenaje, protector de voltaje, y cambio de cable a los refrigeradores pues muchos de estos estaban expuestos.

# ANÁLISIS POST-IMPLEMENTACIÓN

Se evaluaron los datos post-implementación para determinar el éxito del proyecto en reducir el consumo energético de los hogares y micro-empresas. Para evaluar si el proyecto fue exitoso se comparó al grupo de tratamiento (hogares y micro-empresas) en contra de un grupo de control que no recibió ningún tipo de intervención (información o sensores). El análisis se dividió en distintas partes:

- 1) *Mes de año actual vs Mes del año anterior:* Se utilizaron los datos de cada mes y se compararon con los datos del mismo mes pero del año anterior para determinar reducciones de consumo energético (por ejemplo: Junio 2015 vs Junio 2014).
- 2) *Mes del año actual vs. anterior:* Se utilizaron los datos de cada mes y se compararon con los datos del mes anterior (por ejemplo: Junio 2015 vs Mayo 2015).
- 3) *Contraste entre grupos de “Deseo de Pago”:* Se analizaron los datos dentro de cada grupo de deseo de pago. Es decir, al final del proyecto se le preguntó a cada hogar o micro-empresa que preferían, si continuar con pagos cada mes para continuar participando con respuesta a la demanda, o recibir información para continuar participando con respuesta a la demanda. Existen seis distintos grupos, los que prefirieron quedarse con la información y los que no, y cuatro grupos distintos que se dividen de acuerdo al valor que se le dio a la información (bajo, medio-bajo, medio-alto, y alto).

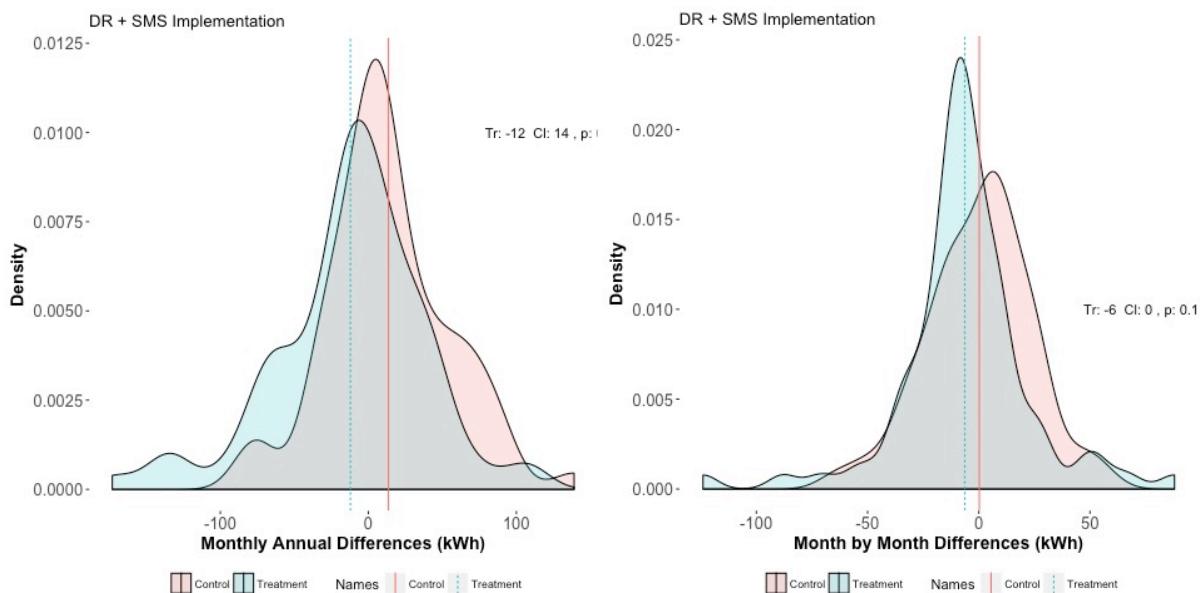


Figura 10: Resultados Implementación, Comparaciones Energéticas

## Concurso de Ideas de innovación energética 2015 / Informe #4: Narrativo Final

Se comparan Mes de año actual vs Mes del año anterior [A] y Mes del año actual vs. anterior: [B]. En cada grafico se compara el grupo de tratamiento vs. el grupo de control.

La figura 10 demuestra dos gráficos comparando a los grupos de tratamiento y a los grupos de control, comparando su consumo energético mes de año actual vs mes del año anterior [y mes del año actual vs. anterior. Encontramos que durante el periodo de nuestra intervención el consumo energético reducio para el grupo de tratamiento he incremento para el grupo de control. Es decir, en la comparación del mismo mes un año después se encontró una reducción del 6% (~\$US 9/Mes) para el grupo de tratamiento sin tomar en cuenta el incremento energético que se causo gracias al consumo energético de nuestros aparatos. Cuando se considera la comparación mes con mes, durante el mismo año, encontramos una reducción del 3%, sin tomar en cuenta el incremento energético que se causo gracias al consumo energético de nuestros aparatos.

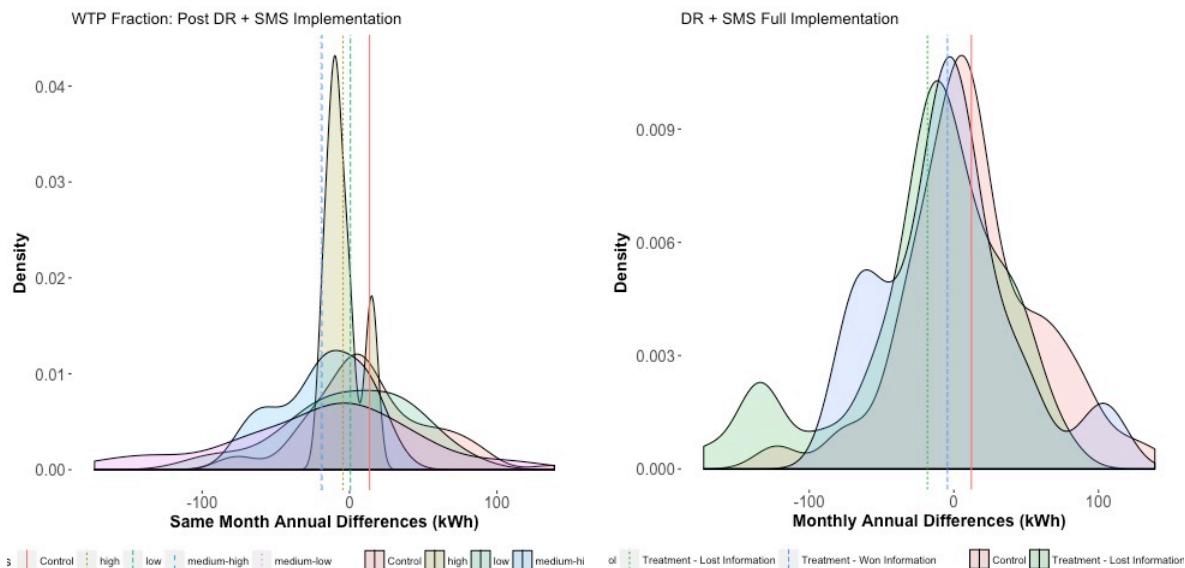


Figura 11: Resultados Implementación Tratamiento, Comparaciones Energéticas

Se comparan Mes de año actual vs Mes del año anterior [A] y Mes del año actual vs. anterior: [B]. En cada grafico se compara el grupo de tratamiento vs. el grupo de control.

A pesar de que se tuvieron resultados alentadores comparando al grupo de tratamiento vs. al grupo de control, no se observo diferencia en el consumo energético dependiendo si los participantes pertenecían al grupo que gano o perdió la información. Sin embargo, cuando evaluamos las diferencias entre los participantes que ganaron la información (oferta por información baja, medio baja, medio alta, y alta), se encontró que los grupos que más pagaron por la información fueron los grupos que tuvieron una oferta medio-alta y alta. Es decir, las personas a quienes la información que proporcionamos les servía mas , fueron las personas que mas reducciones energéticas encontraron.

## Concurso de Ideas de innovación energética 2015 / Informe #4: Narrativo Final

Finalmente, también se hizo un análisis del impacto que la información que proporcionamos tuvo con respecto al nivel de conocimiento energético de los usuarios. Se midió, al principio y al finalizar el estudio, la diferencia entre lo que la gente pensaba que gastaban en energía cada mes y lo que realmente gastaban. Para el grupo de control esto solamente se midió dos veces: al empezar y al finalizar el estudio.

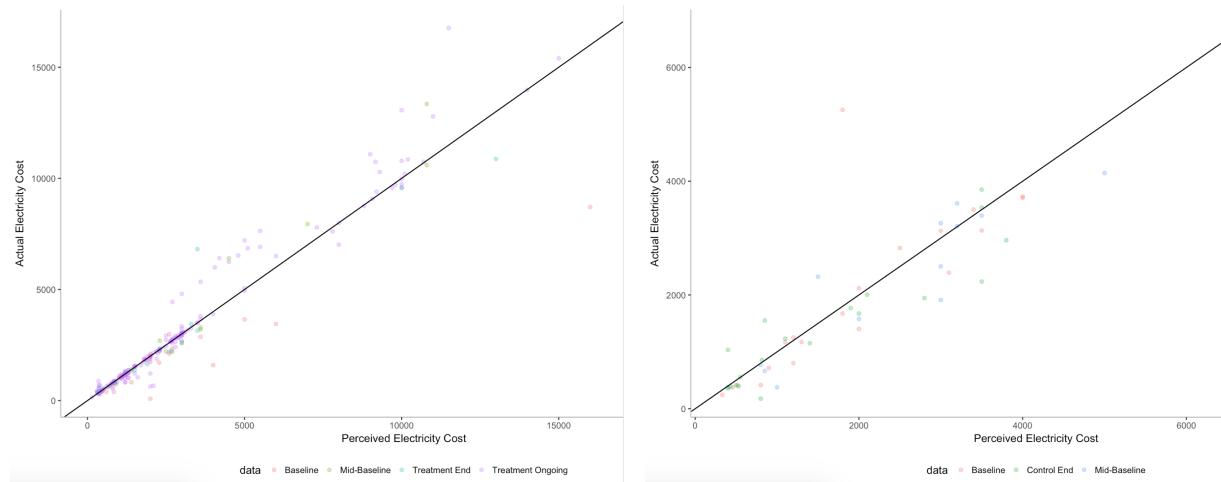


Figura 12: Resultados Implementación, Comparaciones Impacto Información

Se comparan el grupo de tratamiento [A] vs. el grupo de control [B]. La comparación en el grupo de tratamiento fue mes con mes, y la comparación con el grupo de control fue al principio, a la mitad del proyecto, y al final del proyecto.

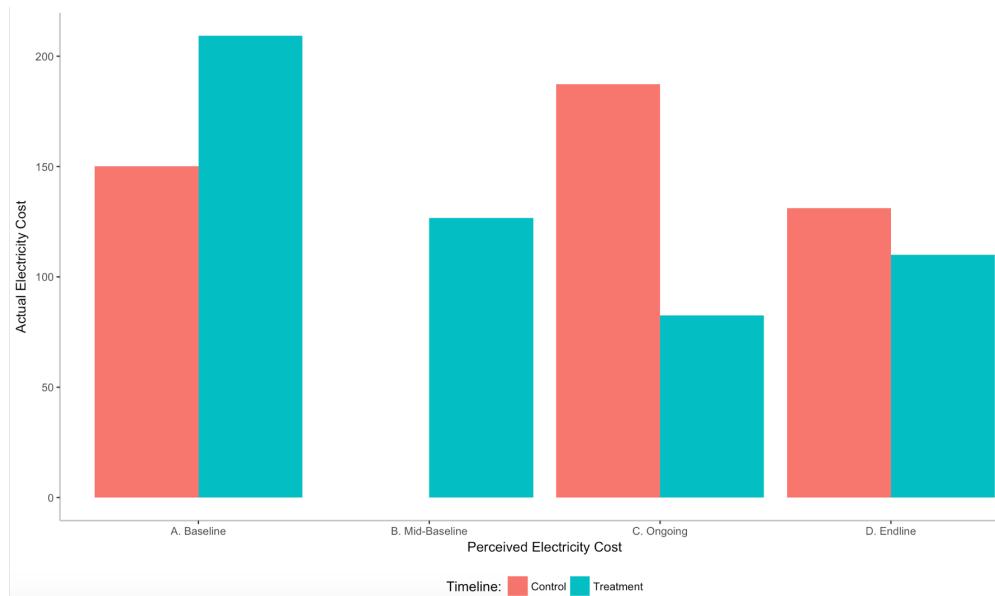


Figura 13: Resultados Implementación, Reducción de Error Gato Energético

Se encontró que durante el transcurso del proyecto se redujo el error entre la percepción del gasto energético y el gasto actual para el grupo de control. No se observó ningún cambio en el grupo de control.

Es decir, lo que las figuras 12 y 13 demuestran es que se observó una reducción de un 40% de la diferencia entre la percepción del gasto y el gasto real. Ningún cambio en el grupo de control. La percepción del gasto energético es definida como el gasto que los usuarios nos decían en la encuesta vs el gasto real que se observaba en las facturas de los usuarios. A continuación se describe brevemente cuales podrían ser los siguientes pasos para el proyecto, y se concluye.

## CONCLUSIÓN

Este proyecto fue la primera implementación en Latinoamérica de demanda flexible he información energética dirigida hacia el desarrollo y diseño más inclusiva. Es decir, en vez de diseñar el proyecto con la red en mente, se diseño el proyecto pensando primeramente en el usuario y luego en la red. Esto nos permitió implementar tecnología que respondía a las necesidades del usuario y también a las necesidades de la red. Por ejemplo, mientras que el proyecto respondió a las necesidades de la red al reducir la demanda cuando habían precios altos en la red, y a reducir el consumo energético cuando habían caídas de viento, también se respondió a las necesidades del usuario al crear un horario de consumo energético para sus refrigeradores que estuviera diseñado por ellos. Los beneficios, además de los ahorros energéticos mencionados anteriormente fueron múltiples: familias que no se tenían que levantar al amanecer a prender sus equipos, incremento al conocimiento del consumo energético del hogar para su mejor administración, y al empoderamiento de las mujeres de casa y pequeños negocios con la información energética que ellos pedían poco a poco.

Se puede hablar que en términos generales hay una gran necesidad de reducir los picos de demanda en el Sistema Energético Nacional. Aunque la tecnología que se utilizó en este proyecto es cara para su implementación a escala, se encontró que la implementación es factible y beneficiosa para ambos el usuario y para la red. La reducción energética que se observó en el proyecto a escala podría ahorrar al país millones de dólares de energía que se deja de consumir, si a esto agregamos los ahorros de pico de demanda que son las horas mas caras para el Sistema Nacional, entonces el ahorro podría ser aun mas grande todavía. A medida que se reduzcan los costos de la tecnología, y se encuentren modelos de negocio para financiar implementaciones de este estilo, los beneficios de este tipo de proyectos y su factibilidad solo incrementaran. En términos de la madurez de la tecnología, se piensa que este estudio se podría replicar a escala y se podrían empezar a incluir nuevos sectores de la economía incluyendo el sector comercial agropecuario y pesquero, el sector turístico a gran escala, y otras oficinas y edificios dentro de Nicaragua que utilizan ambos aires acondicionados y refrigeradores.

Existen múltiples retos para lograr una implementación a escala de nuestro proyecto. Primeramente, en Nicaragua no existen los incentivos necesarios para que las estrategias de eficiencia energética y demanda flexible sean atractivas para Disnorte-Dissur y para pequeños negocios que desean entrar al mercado. Sin incentivos, la reducción energética lograda por la eficiencia energética y por la demanda flexible se convierte en una amenaza para Disnorte-Dissur pues afecta sus ventas, y por lo tanto sus

## Concurso de Ideas de innovación energética 2015 / Informe #4: Narrativo Final

ingresos. Por lo tanto, es crítico implementar políticas públicas como el Decoplamiento, que permita que Disnorte-Dissur pueda perseguir medidas de eficiencia energética y demanda flexible, y ganar dinero en vez de sentirse amenazado. El segundo reto es el desarrollo de tecnología que permita asegurar rentabilidad aun sin tener una política de Decoplamiento establecida dentro del país. Desarrollar tecnología que haga todo el proceso mas barato es crucial para llevar este tipo de implementaciones a escala. Finalmente, el reto mayor es generar confianza y desarrollar una buena relación entre el usuario y Disnorte-Dissur. En nuestra encuestas y conversaciones se encontró que existe una relación difícil y de poca confianza entre el usuario y Disnorte-Dissur. Esta pobre relación inhabilita la implementación de programas como demanda flexible pues se requiere de una confianza absoluta de ambas partes para tener un sistema que funcione correctamente todo el tiempo para ambas partes. Nosotros encontramos que aunque estos tres retos son grandes, poco a poco se puede ir trabajando en cada uno de ellos para lograr que implementaciones que son gana-gana puedan ser implementadas a gran escala en el futuro.