

Control operacional para reducción de consumo de energía eléctrica en el Instituto Tecnológico de Chihuahua II

Operational control to reduce electricity energy consumption at the Instituto Tecnológico de Chihuahua II

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, María Guadalupe*†, ORTEGA-CHÁVEZ, Laura Antonia, RUIZ-RODRÍGUEZ, Irma Judith y CARO-ESCUADERO, Iveth Selene

Instituto Tecnológico de Chihuahua II / Tecnológico Nacional de México

ID 1^{er} Autor: *Maria Guadalupe Hernández-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0001-7278-7699, Researcher ID Thomson: I-6541-2018

ID 1^{er} Coautor: *Laura Antonia, Ortega-Chávez* / ORC ID: 0000-0001-7860-1277

ID 2^{do} Coautor: *Irma Judith, Ruiz-Rodríguez* / ORC ID: 0000-0001-6566-3161

ID 3^{er} Coautor: *Iveth Selene, Caro-Escudero* / ORC ID: 0000-0002-3611-2309

DOI: 10.35429/JEA.2019.21.6.24.33

Recibido: 19 de Junio 2019; Aceptado 30 de Septiembre, 2019

Resumen

El control operacional para reducción de consumo de energía eléctrica en el Instituto Tecnológico de Chihuahua II, es un tema de gran interés para la comunidad Tecnológica, ya que es una Institución comprometida con el cuidado del medio ambiente y el uso eficiente de la energía. Actualmente se encuentra certificado por la norma ISO 14001 en su Sistema de Gestión Ambiental (SGA) y la norma ISO 50001 en su Sistema de Gestión de la Energía (SGEn). Se cuenta con información de los consumos de energía eléctrica desde el año 2011, y es a partir del año 2012 que se implementó un programa de monitoreo y ayudas visuales para el control operacional del consumo y reducción de la misma. El objetivo de la investigación es determinar si las acciones tomadas están resultando en una reducción de los consumos y uso eficiente de energía eléctrica. De acuerdo a los datos considerados se observa un indicador a la baja, con una ligera alza en el 2018, determinándose si esta reducción es estadísticamente significativa, se realiza una serie de análisis estadísticos tales como ANOVA, regresión, correlación y pruebas pareadas.

Control, Energía eléctrica, Reducción, Eficiencia

Abstract

Operational control to reduce electricity consumption in the Technological Institute of Chihuahua II, is a subject of great interest for the technological community, as it is an institution committed to caring for the environment and the efficient use of energy. It is currently certified by the ISO 14001 standard in its Environmental Management System (SGA) and the ISO 50001 standard in its Energy Management System (SGEn). There is information on electricity consumption since 2011, and it is from 2012 that a monitoring program and visual aids for the operational control of consumption and its reduction were implemented. The objective of the investigation is to determine if the actions taken are resulting in a reduction of consumption and efficient use of electrical energy. According to the considered data, a downward indicator is observed, with a slight increase in 2018, determining if this reduction is statistically significant, a series of statistical analyzes is performed, such as ANOVA, regression, correlation and paired tests

Control, Electric power, Reduction, Efficiency

Citación: HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, María Guadalupe, ORTEGA-CHÁVEZ, Laura Antonia, RUIZ-RODRÍGUEZ, Irma Judith y CARO-ESCUADERO, Iveth Selene. Control operacional para reducción de consumo de energía eléctrica en el Instituto Tecnológico de Chihuahua II. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2019. 6-21: 24-33

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: maria.hr@chihuahua2.tecnm.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Actualmente el uso de la electricidad es fundamental para realizar gran parte de nuestras actividades; gracias a este tipo de energía tenemos una mejor calidad de vida. Con tan solo oprimir botones obtenemos luz, calor, frío, imagen o sonido. Su uso es indispensable y difícilmente nos detenemos a pensar acerca de su importancia y de los beneficios al utilizarla eficientemente.

El ahorro de energía eléctrica es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos energéticos; ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de electricidad evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera.

Nuestro país posee una gran cantidad de fuentes de energía. La mayor parte de la generación de electricidad se realiza a través del petróleo, carbón y gas natural, impactando de manera importante el medio ambiente al depender de los recursos no renovables, como son los combustibles fósiles. Al utilizarlos se emite a la atmósfera una gran cantidad de gases de efecto invernadero, los cuales, provocan el calentamiento global de la tierra, cuyos efectos se están manifestando y son devastadores.

Ahorrar y usar eficientemente la energía eléctrica, así como cuidar el medio ambiente, no son sinónimo de sacrificar o reducir nuestro nivel de bienestar o el grado de satisfacción de nuestras necesidades cotidianas, por el contrario, un cambio de hábitos y actitudes pueden favorecer una mayor eficiencia en el uso de la electricidad, el empleo racional de los recursos energéticos, la protección de la economía familiar y la preservación de nuestro entorno natural.

El Instituto Tecnológico de Chihuahua II no está ajeno a esta problemática que nos encontramos viviendo, es por ello que se encuentra certificado en las normas ISO 14001 para el Sistema de Gestión Ambiental e ISO 50001 para el Sistema de Gestión de la Energía, y constantemente se encuentra en la búsqueda de estrategias como el manejo de un control operacional con el cual se pretende disminuir el consumo de energía eléctrica y concientizar al personal docente, administrativo, técnico, intendentes y alumnos en el uso eficiente de la energía eléctrica.

Así como determinar si el uso de monitoreos y ayudas visuales en el Instituto Tecnológico de Chihuahua II como parte de este control, impactan en una reducción del consumo de energía eléctrica, siendo todo esto el objetivo principal de la investigación.

Marco Teórico

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha incrementado a un ritmo acelerado, y debido a este ritmo de crecimiento se deben tomar una serie de acciones que impidan que aumente el índice físico del consumo energético. Sin embargo, no es fácil percibir que se está malgastando la energía eléctrica cuando se deja encendida una lámpara, la computadora, la televisión, un video juego, el aire acondicionado o la calefacción cuando no hay nadie en la habitación o se dejan conectados aparatos que no están en uso.

Esta realidad pone de manifiesto que la electricidad no es sólo ese enchufe donde se conectan los equipos, es el final de la inmensa cadena que se origina en las grandes centrales de generación y para que llegue hasta un hogar debe: ser generada en grandes y costosas plantas, en el mismo instante en que se requiera; transportada hasta los centros poblados, recorriendo muchos kilómetros y utilizando inmensas torres, transformadores, y cantidades de cables; distribuida en menores bloques de energía, hasta su hogar, utilizando cientos de transformadores, postes y kilómetros de cable; entregada, medida y facturada, para lo cual se requiere de equipos de medición, herramientas, personal para emitir y entregar facturas, así como para atender reclamos y solicitudes.

Todo este sistema eléctrico debe mantenerse al día, lo cual requiere personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos. En vista de esto se están emprendiendo planes, programas económicos y energéticos, con la finalidad de aumentar las reservas existentes y combatir el uso desproporcionado que se tiene de la energía eléctrica.

Para definir las bases de los criterios necesarios en un programa de planeación energética, se requiere contar con escenarios del balance energético del país, conocer la oferta de energía "probada" y decidir el desarrollo económico y social del país que queremos tener.

La elaboración de balances energéticos requiere una gran cantidad de datos, lo que dificulta su realización. Aún más complejo es el establecimiento de escenarios futuros, ya que es necesario conocer cómo se desarrollarán diversos parámetros económicos, tecnológicos, políticos y comerciales, entre otros, así como suponer la evolución de la interrelación existente entre dichos parámetros.

Existen diferentes métodos para hacer planeación energética. Por ejemplo, el llamado LEAP, de las siglas en inglés para "planeación a largo alcance de energías alternativas" (Manzini et al, 1999), es un modelo que permite evaluar el efecto de diferentes políticas energéticas en el consumo de energía y en sus consecuentes emisiones.

Dentro de este esquema se calcula la energía consumida por la demanda, a partir de la energía gastada por los diferentes sectores finales. Se debe siempre considerar, además, que un programa de ahorro de energía repercutiría muy favorablemente en los requerimientos nacionales de inversión, divisas y desarrollo tecnológico

Materiales y Métodos

La población bajo estudio fue el instituto tecnológico de chihuahua II, debido a que se observó la necesidad de conocer si el monitoreo de aulas y las ayudas visuales que se llevan realizando desde el año 2011 como parte del control operacional contribuye a la reducción del consumo de energía eléctrica y un uso más eficiente de la misma.

Los datos para el análisis fueron proporcionados por el departamento del Sistema de Gestión Ambiental del mismo Instituto. Los métodos estadísticos utilizados para realizar el análisis fueron la prueba t-Student, pruebas pareadas y ANOVA, así como pruebas de hipótesis para diferencia de medias. Todos estos métodos fueron analizados y comprobados en el software de MINITAB 18 y EXCEL.

Procedimiento

Se recolectaron datos mensuales de los tres medidores con los que cuenta el Instituto Tecnológico de Chihuahua II para cada una de sus áreas, las cuales se muestran en la tabla 1.

Clave del medidor	Edificios que alimenta
Y574M8	Administrativo, Ciencias Básicas Vinculación, Idiomas, Desarrollo Académico, Sistemas, Industrial, Biblioteca, C. de Computo Taller de Industrial y edificios. B, D, E, F, G
579AJ8	M, O, R
9E2H94	Gimnasio

Tabla 1 Medidor y Área que alimenta

Fuente: Elaboración Propia

Se seleccionaron las mediciones de consumo de energía eléctrica del año 2010 y del año 2018, ya que en el año 2010 aún no se realizaba el monitoreo y fue hasta el siguiente año en el 2011 cuando se implementó el monitoreo y las ayudas visuales con el fin de controlar y disminuir el consumo de energía eléctrica. Dicha selección se realizó para comparar un año en el que no se efectuaba el monitoreo contra el año más actual en el que ya se efectúa el monitoreo, con el fin de determinar si hay diferencia significativa entre ellos con respecto al consumo de energía eléctrica.

El monitoreo lo realizan un grupo de alumnos del Instituto Tecnológico de Chihuahua II, como parte de las actividades del departamento de Desarrollo Académico en su área del Sistema de Gestión ambiental para otorgar créditos complementarios. Cada semestre se integra un grupo de aproximadamente 100 monitores, dos monitores por hora, 20 monitores por mes. El monitoreo consiste en pasar por los edificios y apagar las luces, minisplits y aire acondicionado cuando no se está impartiendo clase, o si los salones se encuentran vacíos, e ir registrando dichas incidencias en una hoja de reporte.

Los monitores tienen que presentarse con el coordinador del control de energía eléctrica del SGA semanalmente, para que este registre su firma en el reporte de control de uso eficiente de focos, minisplits y aire acondicionado, esto con el fin de llevar un control de las actividades de los alumnos. Con los consumos de energía eléctrica, se realizó un análisis de ANOVA mediante el paquete de Excel y Minitab 18, además se realizó un análisis de prueba de hipótesis para diferencia de medias y pruebas pareadas. Con este análisis se pretende determinar si existe efecto de los monitores y las ayudas visuales en la disminución del consumo de energía eléctrica en el Instituto Tecnológico de Chihuahua II.

Análisis de los datos

Como ya se había mencionado anteriormente, el análisis se realizó con datos de año 2010 y 2018. Con ello se pretende averiguar si existen diferencias significativas entre ambos grupos a nivel de consumo de energía eléctrica. Las pruebas estadísticas que se eligieron son aquellas que permiten comparar las medias de una variable continua entre dos o más grupos, estas pruebas son la t-student, las pruebas pareadas y la ANOVA.

Cada una de estas pruebas ha sido diseñada para poder ser aplicada cuando se cumplen una serie de supuestos necesarios, bajo diferentes condiciones de aplicación, como: La normalidad en la distribución de la variable, la homocedasticidad (igualdad de varianzas), y la independencia de las observaciones. Se analizó primeramente el área de Recursos Materiales la cual presentó los consumos que se muestran en la tabla 2.

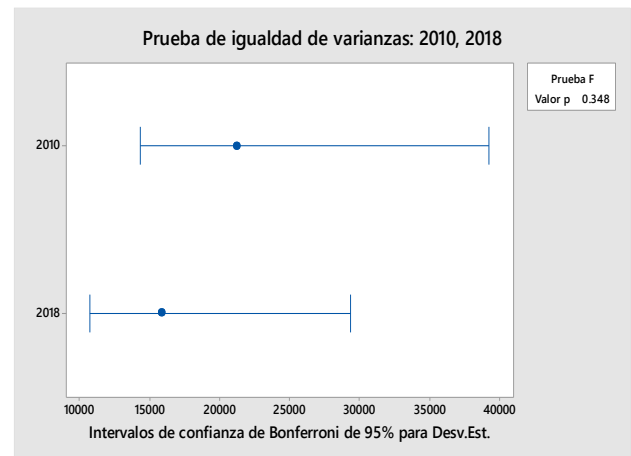
Recursos Materiales			
Mes	Consumo		Diferencia
	2010	2018	
Enero	64680	60,624	-4,056
Febrero	76008	51,192	-24,816
Marzo	78432	43,704	-34,728
Abril	67080	54,120	-12,960
Mayo	67608	90,408	22,800
Junio	93984	82,646	-11,338
Julio	76224	41,352	-34,872
Agosto	53208	82,464	29,256
Septiembre	136896	70,824	-66,072
Octubre	91224	54,288	-36,936
Noviembre	83352	61,368	-21,984
Diciembre	70392	55,296	-15,096

Tabla 2 Consumo mensual de energía eléctrica en los años 2010 y 2018

Fuente: *Elaboración Propia*

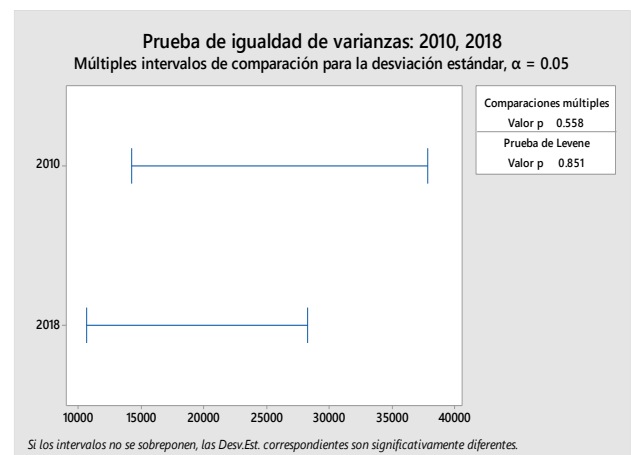
El test de la razón de varianzas o test de Levene, es un método estadístico que nos permitirá decidir si la varianza en ambos grupos es o no la misma. Si su p-valor es menor a 0.05, rechazaremos la hipótesis nula y supondremos que la variabilidad en ambos grupos es sustancialmente distinta (varianzas no homogéneas), y si su p-valor es mayor o igual a 0.05, no rechazaremos la hipótesis nula y asumiremos igualdad de varianzas. Para este estudio dichos cálculos se realizaron en Minitab, al igual que la prueba de normalidad.

Como se puede observar en la gráfica 1, basados en una distribución normal, la prueba F para nuestro estudio, presenta una p-valor de 0.348 la cual es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula la cual supone igualdad de varianzas.



Gráfica 1 Prueba de igualdad de varianzas suponiendo una distribución normal de los años 2010 y 2018
Fuente: *Elaboración Propia*

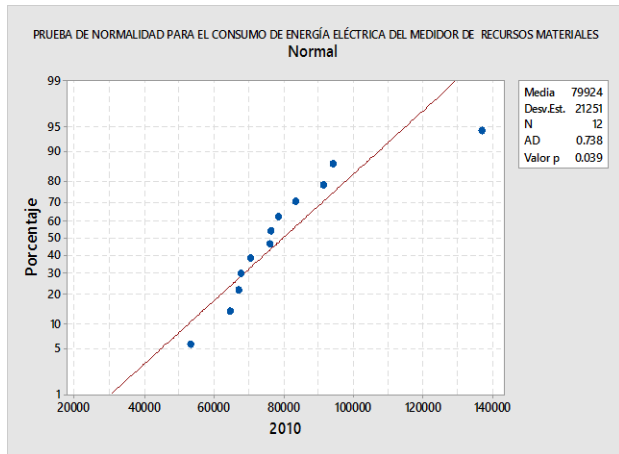
La gráfica 2, presenta los resultados la prueba de igualdad de varianzas por medio de la prueba de Levene la cual nos da un p-valor de 0.851, y por comparaciones múltiples la cual nos arroja un p-valor de 0.558, en ambos casos el p-valor es mayor que 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, la cual supone igualdad de varianzas entre las dos muestras.



Gráfica 2 Prueba Levene para igualdad de varianzas entre el año 2010 y 2018
Fuente: *Elaboración Propia*

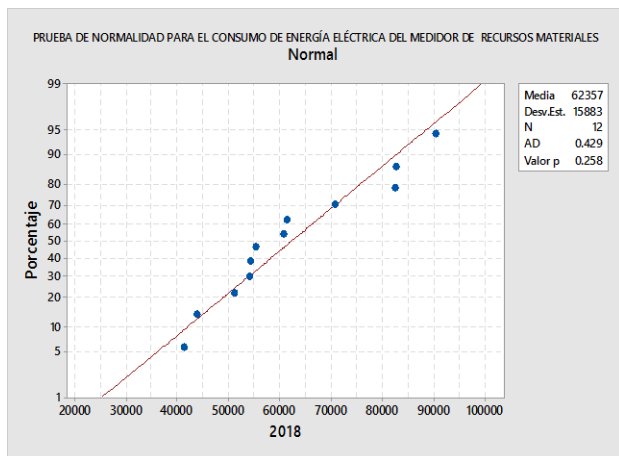
En la gráfica 3 y 4 se puede observar que los datos están relativamente cerca de la línea de distribución normal ajustada.

El valor de p para los datos del año 2010 es menor que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, los datos en este caso no siguen una distribución normal, mientras que para el año 2018 el valor de p es mayor que 0.05, lo cual implica que los datos siguen una distribución normal para el consumo de energía eléctrica.



Gráfica 3 Prueba de normalidad para el consumo de energía eléctrica del medidor de recursos materiales del año 2010

Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 4 Prueba de normalidad para el consumo de energía eléctrica del medidor de recursos materiales del año 2018. Fuente: Elaboración Propia

Análisis de ANOVA

Se realizó el análisis ANOVA en forma manual como se muestra en la tabla 3, y en Minitab como se muestra en el cuadro 1.

$$SCTratamientos = \sum \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y^2_{..}}{\sum_{i=1}^t n_i} = 1,851,561,800$$

$$SCT = \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^{n_i} Y^2_{ij} - \frac{Y^2_{..}}{\sum_{i=1}^t n_i} = 9,594,463,276$$

$$SCE = SCT - SCTratamientos = 7,742,901,476$$

ANOVA					
FV	GL	SC	CM	F	F _n ^m α
TRATAMIENTOS	1	1851561800	1851561800	5.26	4.30
ERROR	22	7742901476	351950067.1		
TOTAL	23	9594463276			

Tabla 3 Análisis ANOVA para el medidor Y574M8.

Fuente: Elaboración Propia

One-way ANOVA: 2010, 2018					
Method					
Null hypothesis	All means are equal				
Alternative hypothesis	Not all means are equal				
Significance level	α=0.05				
Equal variances were assumed for the analysis.					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Factor	2	2010, 2018			
Analysis of Variance					
Source	DF	AdjSS	AdjMS	F-Value	P-Value
Factor	1	1851561800	1851561800	5.26	0.032
Error	22	7742901476	351950067		
Total	23	9594463276			

Cuadro 1 Análisis ANOVA para el medidor Y574M8 en MINITAB

Fuente: Elaboración Propia

Ha; Existe efecto de los monitores y ayudas visuales en la disminución del consumo de la energía eléctrica.

Ho; No existe efecto de los monitores y ayudas visuales en la disminución del consumo de energía eléctrica.

Ha; $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho; $\mu_1 = \mu_2$

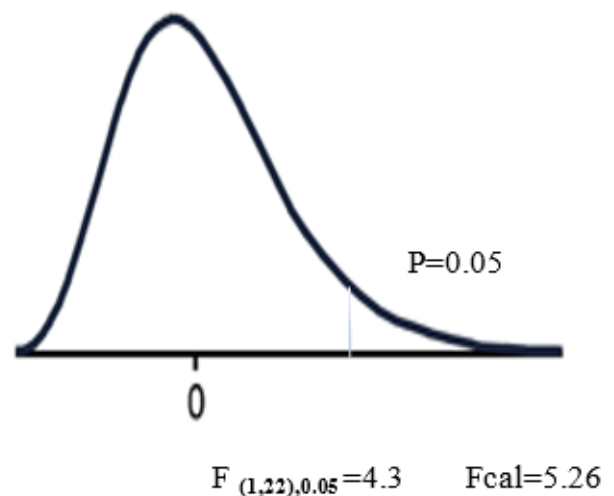


Figura 1 Distribución F para el medidor Y574M8.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 1 se puede observar que como la “F” calculada es mayor que la “F” de tabla, se rechaza H_0 , es decir, existe evidencia suficiente para decir que el uso de monitores y ayudas visuales tienen efecto en la disminución del consumo de energía eléctrica.

Análisis de la distribución muestral de diferencia de medias

	Año 2010	Año 2018
n	12	12
\bar{x}	79924	62357
s	21251.353	15883.329

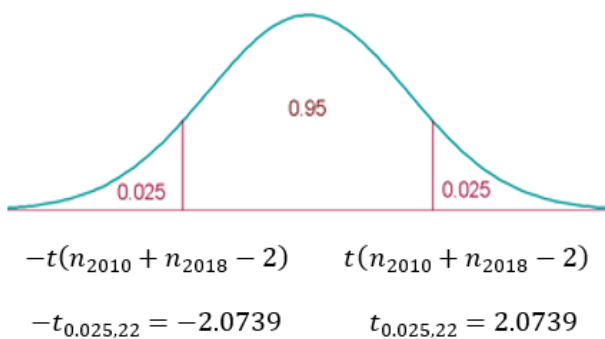


Figura 2 Distribución T-Student para diferencia de medias del medidor Y574M8. Fuente: Elaboración Propia

$H_0; \mu_{2010} = \mu_{2018}$
 $H_a; \mu_{2010} \neq \mu_{2018}$

Regla de decision

$H_0; -2.0739 \leq tc \leq 2.0739$

$H_a; -2.0739 > tc \text{ o } tc > 2.0739$

$$t_c = \frac{(\bar{x}_{2010} - \bar{x}_{2018}) - (\mu_{2010} - \mu_{2018})}{\sqrt{SC^2 \left(\frac{1}{n_{2010}} + \frac{1}{n_{2018}} \right)}}$$

$$t_c = \frac{(79924 - 62357.1667)}{\sqrt{(351950067) \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{12} \right)}} = 2.2936576$$

$$SC^2 = \frac{(n_{2010} - 1)(S_{2010})^2 + (n_{2018} - 1)(S_{2018})^2}{n_{2010} + n_{2018} - 2}$$

$SC^2 = 351950067$

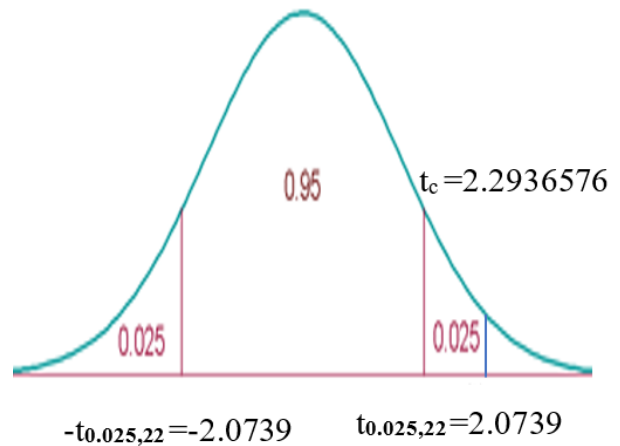


Figura 3 Comparación de valores de t de tabla, con la t calculada Fuente: Elaboración Propia

$H_0; -2.0739 \leq 2.2936576 \leq 2.0739$
 $H_a; -2.0739 > 2.2936576$
 $2.2936576 > 2.073$

Los datos muestran evidencia suficiente de que existe efecto de los monitores y ayudas visuales en la disminución del consumo de energía eléctrica. Los siguientes datos muestran el análisis en Minitab de la prueba T.

Two-Sample T-Test and CI: 2010, 2018					
Method					
μ_1 =mean of 2010					
μ_2 =mean of 2018					
Difference: $\mu_1 - \mu_2$					
Equal variances were assumed for the analysis.					
Descriptive Statistics					
	Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
	2010	12	79924	21251	6135
	2018	12	62357	15883	4585
Test					
	Null hypothesis				$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
	Alternative hypothesis				$H_a: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
	T-Value	DF	P-Value		
	2.29	22	0.032		

Cuadro 2 Análisis T-Student para el medidor Y574M8 en MINITAB Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Pruebas Pareadas

$H_0; \mu_D = 0$
 $\alpha = 0.05$
 $\sum D = -210,802$
 $\frac{\alpha}{2} = 0.025$
 $\bar{D} = -17,567$
 $K = \text{Diferencial esperada} = 0$
 $\sum D^2 = 11,167,603,492$

$$H_0; \mu_D$$

$$a; \mu_D$$

$$t_{\alpha/2, (n-1)} = t_{0.025, 11} = 2.201M$$

$$S_D^2 = 678,589,081.1$$

$$S_D = 26,049.74244$$

$$t_c = \frac{\sqrt{n}*(\bar{D}-k)}{S_D}$$

$$t_c = \frac{\sqrt{12}*(-17,567-0)}{26,049.742} = -2.34$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n} \right)$$

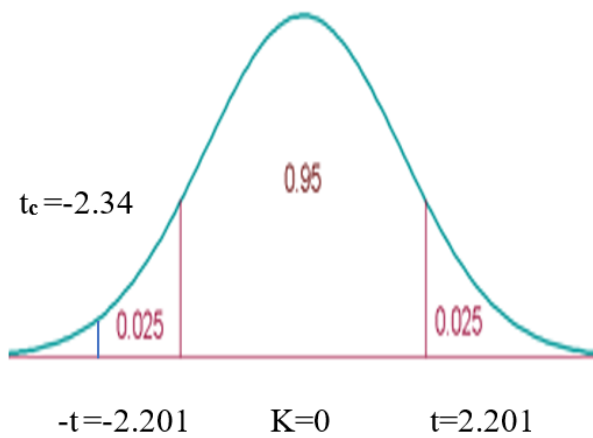


Figura 4 Comparación de valores de t de tabla, con la t calculada para pruebas pareadas
Fuente: Elaboración Propia

Se rechaza H_0 , ya que $t_c < t_{\alpha/2, (n-1)}$, es decir, existe evidencia suficiente para determinar que hay efecto de los monitores y ayudas visuales para la disminución del consumo de energía eléctrica.

Análisis de Pruebas Pareadas en Minitab

Paired T-Test and CI: 2010, 2018					
Descriptive Statistics					
Sample	N	Mean	StDev	SE	Mean
2010	12	79924	21251		6135
2018	12	62357	15883		4585
Estimation for Paired Difference					
Mean	StDev	SE	95% CI for Mean μ difference		
17567	26050		7520(1016,34118)		
Test					
Null hypothesis	$H_0; \mu_{\text{difference}}=0$				
Alternative hypothesis	$H_a; \mu_{\text{difference}}\neq 0$				
T-Value	P-Value				
2.34	0.039				

Cuadro 3 Análisis de Pruebas Pareadas para el medidor Y574M8 en MINITAB
Fuente: Elaboración Propia

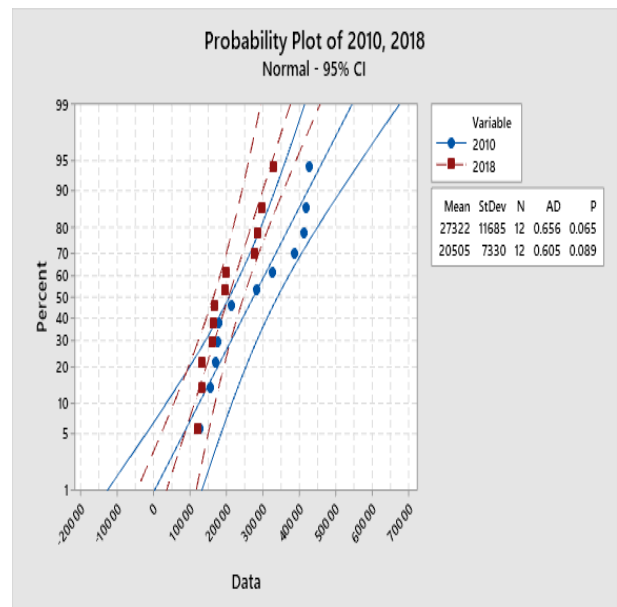
Análisis del área de los edificios MOR

La siguiente tabla muestra los datos del consumo de energía eléctrica del medidor 579AJ8, durante los años 2010 y 1018.

MOR			
	Consumo		
Mes	2010	2018	Diferencia
Enero	16944	16731	-213
Febrero	15504	13218	-2,286
Marzo	21408	12148	-9,260
Abril	17712	15967	-1,745
Mayo	12672	33053	20,381
Junio	32760	29836	-2,924
Julio	42888	19840	-23,048
Agosto	38736	28597	-10,139
Septiembre	42048	27608	-14,440
Octubre	41304	19569	-21,735
Noviembre	28416	16354	-12,062
Diciembre	17472	13135	-4,337

Tabla 4 Consumo mensual de energía eléctrica en los años 2010 y 2018
Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente gráfica se presenta la prueba de normalidad en Minitab para ambas muestras, y se puede observar que los datos siguen una distribución normal, ya que sus p-valor son mayores a 0.05.



Gráfica 5 Prueba de normalidad para el consumo de energía eléctrica del medidor de los edificios MOR
Fuente: Elaboración Propia

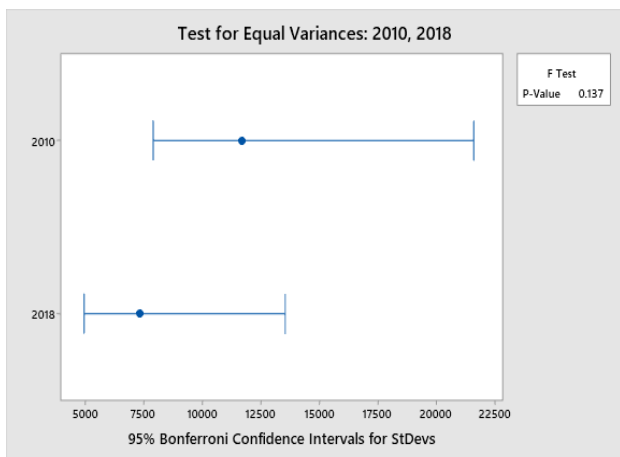
La prueba de igualdad de varianzas se realizó en Minitab por medio de la prueba F, arrojando los siguientes resultados.

Test Equal Variance		
Method		
Null hypothesis	All means are equal	
Alternative hypothesis	At least one variance is different	
Significance level	α=0.05	
F method is used. This method is accurate for normal data only.		
<u>Method</u>	<u>Test Statistic</u>	<u>P- Value</u>
F	2.54	0.137

Cuadro 4 Análisis de Igualdad de varianzas para el medidor 579AJ8 en MINITAB

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar, basados en una distribución normal, la prueba F para nuestro estudio, presenta una p-valor de 0.137 la cual es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula la cual supone igualdad de varianzas.



Gráfica 6 Prueba de igualdad de varianzas suponiendo una distribución normal de los años 2010 y 2018

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de ANOVA

Ha; Existe efecto de los monitores y ayudas visuales en la disminución del consumo de la energía eléctrica.

Ho; No existe efecto de los monitores y ayudas visuales en la disminución del consumo de energía eléctrica.

Ha; $\mu_1 \neq \mu_2$

Ho; $\mu_1 = \mu_2$

$$SCTratamientos = \sum \frac{Y_{i.}^2}{n_i} - \frac{Y^2_{..}}{\sum_{i=1}^t n_i} = 278,856,202.7$$

$$SCT = \sum_{j=1}^t \sum_{i=1}^{n_i} Y^2_{ij} - \frac{Y^2_{..}}{\sum_{i=1}^t n_i} = 2,371,991,835$$

$$SCE = SCT - SCTratamientos = 2093135633$$

ANOVA					
FV	GL	SC	CM	F	$F_{\alpha}^{m,n}$
TRATAMIENTOS	1	278856203	278856203	2.93	4.30
ERROR	22	2093135633	95142528.8		

Tabla 5 Análisis ANOVA para el medidor 579AJ8

Fuente: Elaboración Propia

Los siguientes datos muestran el análisis en Minitab.

One-way ANOVA: 2010, 2018					
Method					
Null hypothesis	All means are equal				
Alternative hypothesis	Not all means are equal				
Significance level	α=0.05				
Equal variances were assumed for the analysis.					
Factor Information					
<u>Factor</u>	<u>Levels</u>	<u>Values</u>			
Factor	2	2010, 2018			
Analysis of Variance					
<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>AdjSS</u>	<u>AdjMS</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>
Factor	1	278856203	278856203	2.93	0.101
Error	22	2093135633	95142529		
Total	23	2371991835			

Cuadro 4 Análisis ANOVA para el medidor 579AJ8 en MINITAB

Fuente: Elaboración Propia

Se establecieron las hipótesis y al realizar el análisis de varianzas, se observó que la F calculada es menor que la F de tabla, además de que en el análisis en Minitab el p- valor es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula, es decir no existe evidencia suficiente de que los monitores y ayudas visuales tengan un efecto en la disminución del consumo de energía eléctrica para ésta área del Tecnológico.

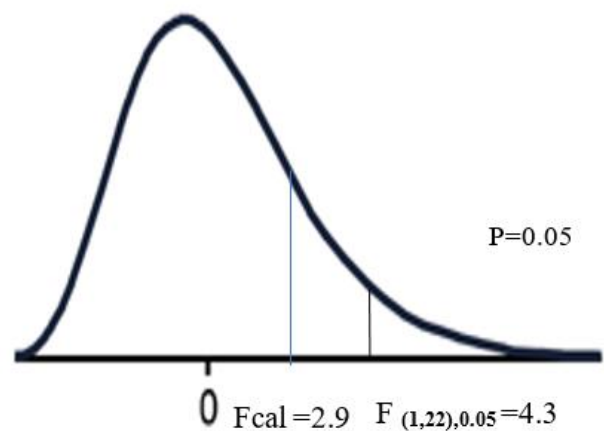


Figura 5 Distribución F para el medidor 579AJ8

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la distribución muestral de diferencia de medias

	Año 2010	Año 2018
n	12	12
\bar{x}	27322	20505
s	11685.423	7330.479934

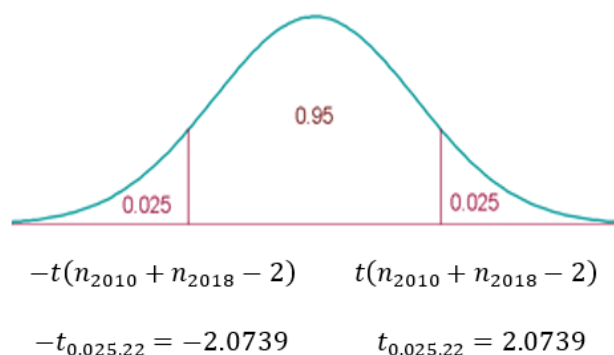


Figura 6 Distribución T-Student para diferencia de medias del medidor 579AJ8

Fuente: Elaboración propia

$$H_0; \mu_{2010} = \mu_{2018}$$

$$H_a; \mu_{2010} \neq \mu_{2018}$$

Regla de decisión

$$H_0; -2.0739 \leq tc \leq 2.0739$$

$$H_a; -2.0739 > tc \text{ o } tc > 2.0739$$

$$t_c = \frac{(27322 - 20505)}{\sqrt{(95142529) \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{12} \right)}} = 1.7119963$$

$$SC^2 = \frac{(n_{2010} - 1)(s_{2010})^2 + (n_{2018} - 1)(s_{2018})^2}{n_{2010} + n_{2018} - 2}$$

$$SC^2 = 95142529$$

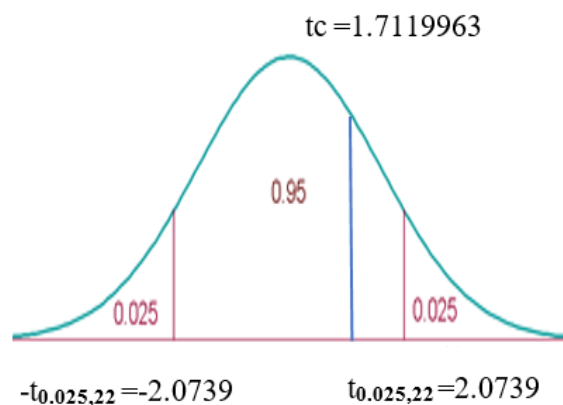


Figura 7 Comparación de valores de t de tabla, con la t calculada

Fuente: Elaboración Propia

$$H_0; -2.0739 \leq 1.7119963 \leq 2.0739$$

$$H_a; -2.0739 > 1.7119963$$

$$1.7119963 > 2.0739$$

Los datos muestran evidencia suficiente de que no existe efecto de los monitores y ayudas visuales en la disminución del consumo de energía eléctrica. Los siguientes datos muestran el análisis en Minitab de la prueba T.

Two-Sample T-Test and CI: 2010, 2018				
Method				
μ_1 =mean of 2010				
μ_2 =mean of 2018				
Difference: $\mu_1 - \mu_2$				
Equal variances were assumed for the analysis.				
Descriptive Statistics				
Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
2010	12	27322	11685	3373
2018	12	20505	7330	2116
Test				
Null hypothesis			Ho: $\mu_1 - \mu_2 = 0$	
Alternative hypothesis			Ha: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
T-Value	DF	P-Value		
1.71	18	0.104		

Cuadro 5 Análisis T-Student para el medidor 579AJ8 en MINITAB

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Pruebas Pareadas

$$H_0; \mu_D = 0$$

$$\alpha = 0.05$$

$$\sum D = -81808$$

$$\frac{\alpha}{2} = 0.025$$

$$\bar{D} = -6817$$

$$K = \text{Diferencial esperada} = 0$$

$$\sum D^2 = 1997233590$$

$$t_{\alpha/2, (n-1)} = t_{0.025, 11} = 2.201$$

$$H_0; \mu_D$$

$$H_a; \mu_D$$

$$S_D^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n} \right)$$

$$S_D^2 = 130,865,562.2$$

$$S_D = 11,439.64869$$

$$t_c = \frac{\sqrt{n}*(\bar{D}-k)}{S_D}$$

$$t_c = \frac{\sqrt{12}*(-17,567-0)}{26,049.742} = -2.06439$$

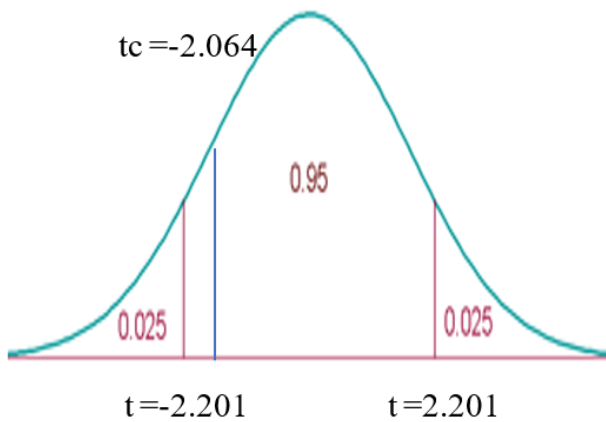


Figura 8 Comparación de valores de t de tabla, con la t calculada para pruebas pareadas
Fuente: *Elaboración Propia*

Se acepta H_0 , ya que $t_c > t_{\alpha/2,(n-1)}$, es decir, existe evidencia suficiente para determinar que no hay efecto de los monitores y ayudas visuales para la disminución del consumo de energía eléctrica.

Análisis de Pruebas Pareadas en Minitab

Paired T-Test and CI: 2010, 2018				
Descriptive Statistics				
Sample N	Mean	StDev	SE	Mean
2010	12	27322	11685	3373
2018	12	20505	7330	2116
Estimation for Paired Difference				
Mean	StDev	SE	95% CI for Mean μ difference	
6817	11440	3302	(-451,14086)	
Test				
Null hypothesis	$H_0: \mu_{\text{difference}}=0$			
Alternative hypothesis	$H_a: \mu_{\text{difference}}\neq 0$			
T-Value	P-Value			
2.06	0.063			

Con éste análisis se corrobora las decisiones tomadas con los anteriores métodos.

Conclusiones

Al observar los análisis realizados y los resultados que arrojaron, se puede concluir que la estrategia de los monitoreos y ayudas visuales para reducir el consumo de energía eléctrica, en el medidor Y574M8, está dando los resultados esperados, es decir hay una disminución significativa del consumo de energía eléctrica, a pesar de ser el área más extensa del Instituto Tecnológico de Chihuahua II, sin embargo, en el área controlada por el medidor 579AJ8 no está arrojando los resultados deseados, es decir no se está reduciendo el consumo de la energía eléctrica en forma significativa, lo cual implica buscar nuevas estrategias para esa área y reforzar las ya existentes para obtener mejores resultados, a su vez nos lleva a dar un paso más en la búsqueda de nuevas tecnologías que nos ayuden alcanzar nuestros objetivos, e iniciar nuevas investigaciones para los controles de consumos de energía eléctrica y reducción de las emisiones contaminantes al medio ambiente.

Referencias

Allen L. Webster, (2009). Estadística aplicada a los negocios y la economía

Astorga, Y. X. L. (2019). Diseño de una estrategia de comercialización para dispositivos solares: biosphare S.A. de C.V.

Infante y Zarate, (2012). Métodos Estadísticos: un enfoque multidisciplinario. Pag. 404-410

Manzini, F., J. Islas. M. Martinez. (2000). Reduction of Greenhouse Gases Using Renewable Energies in Mexico 2025. International Journal of Hydrogen Energy.

Navarro Chávez, J. C. L., Ortega, D., Odette, V., & Díaz Pulido, A. (2019). La Eficiencia del Sector Eléctrico en México 2008-2015. Análisis económico, 34(85), 71-94.

Quevedo Héctor, Pérez Blanca. (2017). Estadística para Ingeniería y Ciencias, Grupo editorial Patria S.A. de C.V.

Richard C. Weimar, (2003). Estadística segunda edición.

Walpole. Myers. Myers, (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, novena edición.