



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

■ **UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T**
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA



TESIS

**“REDUCCIÓN DEL COSTO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
UTILIZANDO TECNOLOGÍA LED EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA UNSM”**

**Para optar el Título de:
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

Presentado por la Bachiller

KATIA NIEVES CABEZAS FASANANDO

Tarapoto - Perú

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA


**“REDUCCIÓN DEL COSTO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
UTILIZANDO TECNOLOGÍA LED EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA UNSM”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

Presentado por la:

Bachiller : Katia Nieves Cabezas Fasanando

Asesor : Ing. John Antony Ruíz Cueva


.....
Firma

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:

Presidente : Ing. Carlos Armando Ríos López


.....
Firma

Secretario : Ing. Andy Hirvyn Rucoba Reátegui


.....
Firma

Miembro : Ing. John Clark Santa María Pinedo


.....
Firma

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

**“REDUCCIÓN DEL COSTO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
UTILIZANDO TECNOLOGÍA LED EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA UNSM”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

Presentado por la:

Bachiller : Katia Nieves Cabezas Fasanando

Asesor : Ing. John Antony Ruíz Cueva

.....
Firma

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO:

Presidente : Ing. Carlos Armando Ríos López

.....
Firma

Secretario : Ing. Andy Hirvyn Rucoba Reátegui

.....
Firma

Miembro : Ing. John Clark Santa María Pinedo

.....

Firma

Dedicado a mis padres Raúl y Libia quienes siempre estuvieron junto a mí en los momentos buenos y malos, así como también me brindaron un gran apoyo en mi formación profesional.

Un agradecimiento a todos los docentes que contribuyeron con su enseñanza en el desarrollo de mi carrera profesional, en especial a mi asesor el Ing. John Antony Ruiz Cueva por impartirme sus conocimientos, experiencia y darme la confianza en el desarrollo de esta investigación, de la misma manera agradezco al Ing. Gilberto Paredes por el apoyo incondicional y su motivación para el término de esta investigación

RESUMEN

La investigación se fundamenta en la influencia que tiene la utilización de tecnología LED en la reducción de costos en el consumo de energía eléctrica. La investigación toma como muestra a los laboratorios de telemática y redes de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

La investigación estableció básicamente el diseño de Pre y Pos Test, que consistió en realizar mediciones del consumo de energía eléctrica en los laboratorios de telemática y redes, primero se hizo las mediciones con tubos fluorescentes y luego con tubos LED. Luego comparando estas mediciones, se comprobó que utilizando tecnología LED se reduce de manera significativa los costos de consumo de energía eléctrica, por lo que se logró comprobar que se obtiene tanto ahorro económico como ahorro energético.

SUMMARY

The investigation is based on the influence that the use of LED technology in cost reduction in power consumption. The investigation takes as a sign to telematics and networking laboratories of the Faculty of Engineering and Computer Systems, National University of San Martin, Tarapoto.

Basically established investigation design Pre and Post Test, which consisted of measurements of the power consumption in the telematics and network laboratories, measurements are first made with fluorescent tubes and LED tubes, then comparing these measurements it was found that using LED technology significantly reduces the cost of electricity consumption, it follows that both economic saving is obtained as energy savings.

ÍNDICE

NOMENCLATURAS

a) Lista de cuadros.

Cuadro 01: Potencia y energía del laboratorio de Telemática con tubos fluorescentes.

Cuadro 02: Potencia y energía del laboratorio de Redes con tubos fluorescentes.

Cuadro 03: Costo por mes de ambos laboratorios con tubos fluorescentes.

Cuadro 04: Variables de estudio.

Cuadro 05: Universo de la investigación.

Cuadro 06: Muestra de la investigación.

Cuadro 07: Técnicas e instrumentos de la investigación.

Cuadro 08: Consumo de energía (Kw/h) y Costo total de energía (S/.) de tubos fluorescentes y tubos LED.

Cuadro 09: Estadísticos descriptivos.

Cuadro 10: Prueba de muestras independientes.

Cuadro 11: Costo en nuevos soles por Kw/h (Y_1).

Cuadro 12: Datos estadísticos del costo total de energía para los tubos fluorescentes.

Cuadro 13: Datos estadísticos del costo total de energía para los tubos LED.

Cuadro 14: Consumo de energía por Kw/h (X_1).

Cuadro 15: Datos estadísticos del consumo de energía para los tubos fluorescentes.

Cuadro 16: Datos estadísticos del consumo de energía para los tubos LED.

Cuadro 17: Potencia en Watts (X_2).

Cuadro 18: Datos estadísticos de la potencia en Watts para los tubos fluorescentes.

Cuadro 19: Datos estadísticos de la potencia en Watts para los tubos LED.

Cuadro 20: Datos para calcular el costo de consumo de energía para los tubos fluorescentes.

Cuadro 21: Datos para calcular el costo de consumo de energía para los tubos LED

b) **Lista de figuras y gráficos.**

Figura 01. Estructura de un LED

Figura 02: Gráfica de distribución de T – student

Gráfico 01: Costo total de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Gráfico 02: Consumo de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Gráfico 03: Potencia en Watts de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Gráfico 04: Comparación de los costos totales de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Gráfico 05: Comparación del consumo de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Gráfico 06: Comparación del consumo de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Gráfico 07: Comparación del consumo de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Gráfico 08: Comparación del consumo de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

c) **Lista de siglas, abreviaturas y símbolos.**

LED : Diodo Emisor de Luz

FISI : Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

UNSM : Universidad Nacional de San Martín

H_0 : Hipótesis nula

H_1 : Hipótesis alterna

UCM	: Universidad Complutense de Madrid
Kw/h	: Kilowatt por hora
FdP	: Factor de potencia
OLED	: Diodo Orgánico de Emisión de Luz
SPSS	: Statistical Product and Service Solutions

INTRODUCCIÓN

Reducción del costo en el consumo de energía eléctrica utilizando tecnología LED en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín, es el título del presente trabajo de investigación, producto de mucho esfuerzo, estudio y perseverancia.

La investigación aborda fundamentalmente un problema: el elevado costo en el consumo de energía eléctrica en los laboratorios (Telemática y Redes) en la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín. Este aspecto despertó el interés de la investigación ya que se quiso reducir los costos de consumo de energía para el beneficio de la UNSM utilizando tecnología LED.

Tecnología LED, básicamente consiste en emplear los LEDs en reemplazo los sistemas de retroiluminación como las lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) de pantallas LCD convencionales o lámparas incandescentes tradicionales, que en la investigación es usada como variable estímulo para ver su influencia en la reducción del costo en el consumo de energía eléctrica.

La hipótesis que se plantea es la siguiente: *Es factible reducir el costo en el consumo de energía eléctrica mediante el uso de tecnología LED en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín*, la misma que después de la recolección de datos de campo fue

sometida a su respectiva verificación usando la distribución de t-student. Los resultados obtenidos permitieron demostrar la hipótesis.

El trabajo de investigación se divide en cinco capítulos fundamentales:

- Capítulo I, denominado *El Problema*, en donde se expone los antecedentes del problema, definición del problema, la justificación, el alcance y limitaciones.
- Capítulo II, denominado *Marco teórico*, comprende los antecedentes del problema, las bases teóricas, la hipótesis, sistemas de variables y los objetivos.
- Capítulo III, denominado *Materiales y Métodos*, Comprende la metodología realmente aplicada, las técnicas y herramientas empleadas, donde además se hace la prueba de hipótesis.
- Capítulo IV y V, denominado *Resultados y Discusión de los Resultados*, respectivamente, en donde se describe el comportamiento de las variables, el resultado de ambas y contraste entre ellas.

Finalmente se presentan las *conclusiones* que vienen a ser las consecuencias lógicas, las deducciones y los logros más importantes del trabajo de investigación; y las *recomendaciones*, en donde se redactan un conjunto de sugerencias dirigidas a la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática y a la Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.

CAPÍTULO I

I. EL PROBLEMA

1.1. Antecedentes del problema.

La presente investigación pretende reducir el costo de consumo de energía eléctrica en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín utilizando Tecnología LED.

Según Sergio Mancilla (2009), desde hace ya un tiempo, el mundo se está viendo enfrentado a problemas energéticos, debido al agotamiento de las reservas mundiales de petróleo, el cual es utilizado como fuente directa de energía (motores de vehículos u otros), o bien para que a través de él se generen otras energías (eléctrica), este fenómeno irreversible ha sido denominado como “Crisis Energética”.

David Ripoll (2006), hace mención que la crisis energética es un problema que a todos nos afecta, un ejemplo de esto es el aumento de los costos de la energía eléctrica. Es por esto que surge un gran interés por buscar alternativas que permitan reducir estos costos, y para esto pueden existir dos caminos: el primero es usar de forma eficiente y consciente la energía, esto a través de dispositivos eléctricos y electrónicos eficientes, aplicando medidas de ahorro como por ejemplo

apagando las luces que no se están utilizando, etc. El segundo camino es utilizar algún tipo de energía alternativa disponible de forma natural (solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, etc.) y que pueda ser aprovechada para convertirla en energía eléctrica.

Teniendo en cuenta que la energía eléctrica es un recurso no renovable y que por eso es necesario que nosotros, los ciudadanos, la utilicemos de manera responsable y evitemos su derroche. Por ello, las prioridades de actuación inmediata deben ser, eficiencia energética y Ecología, y con este fin, la mayoría de los países han elaborado normativas, políticas y nuevas tecnologías que incentivan el ahorro Energético.

España gasta 450 millones de euros en alumbrado público, casi el doble que Alemania, y es uno de los países de Europa que más vatios consume por este concepto, según un estudio realizado por un equipo de investigadores de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), encabezados por Alejandro Sánchez. La Comisión Europea ha pedido acelerar el despliegue de la iluminación led, que puede ahorrar hasta un 70% de energía y dinero, por considerar que favorecerá a la industria europea y contribuirá a reducir un 20% el consumo de energía procedente de la iluminación de aquí al 2020. “La necesidad de la iluminación LED no admite discusión: su expansión significará ahorro de dinero y un planeta más sano. Solicitamos ideas sobre la forma de acelerar el despliegue de esta tecnología y de maximizar el número de empleos y la cantidad de dinero ahorrado que puede conseguir Europa con ese despliegue”, ha dicho la vicepresidenta del Ejecutivo comunitario, Neelie Kroes, en un comunicado.

El municipio madrileño de Collado Mediano, de unos 6.000 habitantes y situado en plena sierra de Guadarrama, se ha convertido en el primero de España en cambiar todo su alumbrado tradicional por bombillas LEDs. El

cambio no solo permitirá ahorrar al menos un 40 por ciento (pudiendo llegar a ser de hasta el 60) sino que también reducirá al mínimo la contaminación lumínica.

En el Perú poco a poco se está introduciendo la tecnología LED; la ciudad donde más se utiliza es Lima, recientemente la Plaza Manco Cápac fue remodelada con esta interesante tecnología luciendo una iluminación inteligente y ecológica.

En la región San Martín aún no es notable la utilización de la tecnología LED, esto hace que no se aproveche de manera eficiente la energía y que el costo en el consumo de energía eléctrica en la región sea elevado.

1.2. Definición del problema.

El problema está dado por el elevado costo de consumo de energía eléctrica en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, ya que no se utilizan los medios correctos que prevén el excesivo consumo de energía, por lo cual es conveniente y necesario buscar una forma alternativa de iluminación técnicamente factible y económicamente viable que permita reducir tanto el consumo de energía y por ende los costos del consumo, es decir se desea usar la tecnología LED como sistema de iluminación.

Actualmente la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín cuenta con dos laboratorios: El laboratorio de Telemática y el laboratorio de Redes donde se imparten las asignaturas a los alumnos de lunes a viernes en horarios diversos desde

las 06:00 horas hasta las 20:00 horas. Estos laboratorios utilizan iluminación convencional a través de tubos fluorescentes de neón que no aprovechan de manera eficiente la energía, tienen poco tiempo de vida útil, dañan el medio ambiente y contribuyen con la contaminación invisible.

Para realizar las mediciones se trabajó con los dos laboratorios (Telemática y Redes) y se asignaron 05 horas diarias (lunes a viernes) ya que es el promedio de horas que se utilizan los laboratorios para el dictado de las asignaturas; además se utilizó como instrumento de medida un medidor trifásico marca ABB porque los laboratorios en el tablero general tienen conexión trifásica.

Laboratorio de Telemática:

- El laboratorio de Telemática cuenta con 18 fluorescentes con potencia de 40 watts cada uno, que en forma conjunta consumen lo siguiente:

Cuadro 01: Potencia y energía del laboratorio de Telemática

Cuadro de Potencia y Energía del Laboratorio de Telemática con tubos fluorescentes					
Fecha	Hora	Potencia (Watts)	Energía (Kw/h)	Costo de kw/h (S/.)	Costo total por 5 horas (S/.)
05/08/201 3	08:00	881.2	4.2221	S/. 0.52	S/. 2.20
	09:00	871.4			
	10:00	876.2			
	11:00	851.6			
	12:00	782.8			
	13:00	780.8			
06/08/201 3	13:00	902	4.3312	S/. 0.52	S/. 2.25
	14:00	927.6			
	15:00	910.2			
	16:00	906.2			
	17:00	909.4			

	18:00	896.6			
07/08/201 3	09:00	909	4.46555	S/. 0.52	S/. 2.32
	10:00	900.2			
	11:00	902.4			
	12:00	884.6			
	13:00	890.2			
	14:00	897.6			
08/08/201 3	11:00	909.6	4.51285	S/. 0.52	S/. 2.35
	12:00	895.8			
	13:00	914			
	14:00	903.4			
	15:00	898.4			
	16:00	901.6			
09/08/201 3	17:00	903	4.5136	S/. 0.52	S/. 2.35
	18:00	904.4			
	19:00	896			
	20:00	902			
	21:00	905.6			
	22:00	913.2			
TOTAL					S/. 11.46
*Observación: El factor de Potencia (FdP) con iluminación convencional es 0.57					

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 01 se puede observar las fechas en que se tomaron las mediciones de los 18 tubos fluorescentes prendidos en 05 horas específicas, la potencia en Watts por hora de cada uno de los cinco días presentados en el cuadro, en donde también se especifica el Factor de Potencia de 0.57; es decir solo se aprovecha el 57% de la energía eléctrica que brinda la empresa prestadora de este servicio, el resto (43%) se pierde en forma de calor lo cual produce el aumento de consumo de energía y por consiguiente el aumento del costo.

Se observa claramente la energía que se consume en las 05 horas de cada día respectivamente representado por Kw/h y este es multiplicado por el costo de Kw/h (S/. 0.52)¹ que factura la empresa prestadora del servicio, el cual nos da el resultado del costo por hora.

Entonces si se suman los costos de los 05 días tenemos un costo total de **S/. 11.46 por semana** en el laboratorio de telemática.

Costo por Mes

Si el costo en una semana es de **S/. 11.46** y este se multiplica por las cuatro semanas que tiene un mes, se obtiene un total de **S/. 45.84 al mes**, sólo por utilizar el laboratorio de telemática con los 18 fluorescentes prendidos durante las 05 horas diarias de lunes a viernes.

Laboratorio de Redes:

- En el laboratorio de Redes, se cuenta con 18 fluorescentes con potencia de 40 watts cada uno, que en forma conjunta consumen lo siguiente:

¹ Costo de consumo de energía por Kw/h, dato actualizado 2013 obtenido de la página web de Osinerming. Referencia www.osinerming.gob.pe.

Cuadro N° 02: Potencia y energía del laboratorio de Redes

Cuadro de Potencia y Energía del Laboratorio de Redes con tubos fluorescentes					
Fecha	Hora	Potencia (Watts)	Energía (Kw/h)	Costo de kw/h (S/.)	Costo por 5 horas (S/.)
12/08/2013	08:00	910.4	4.53365	S/. 0.52	S/. 2.36
	09:00	904.8			
	10:00	904.6			
	11:00	910.6			
	12:00	911.2			
	13:00	905.2			
13/08/2013	13:00	910.4	4.5819	S/. 0.52	S/. 2.38
	14:00	909.2			
	15:00	915.8			
	16:00	913.8			
	17:00	918.6			
	18:00	922.2			
14/08/2013	09:00	926.4	4.7127	S/. 0.52	S/. 2.45
	10:00	935			
	11:00	969			
	12:00	925.8			
	13:00	923.8			
	14:00	922.2			
15/08/2013	11:00	935	4.8217	S/. 0.52	S/. 2.51
	12:00	985			
	13:00	996.4			
	14:00	969			
	15:00	918.6			
	16:00	922.2			
16/08/2013	17:00	982.6	4.7915	S/. 0.52	S/. 2.49
	18:00	993.4			
	19:00	968.2			
	20:00	962.6			
	21:00	920.6			
	22:00	923.8			
TOTAL					S/. 12.19
*Observación: El factor de Potencia (FdP) con fluorescentes es 0.57					

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 02 se puede observar las fechas en que se tomaron las mediciones de los 18 tubos fluorescentes prendidos en 05 horas específicas, la potencia en Watts por hora de cada uno de los cinco días presentados en el cuadro, en donde también se especifica el Factor de Potencia de 0.57; es decir solo se aprovecha el 57% de la energía eléctrica que brinda la empresa prestadora de este servicio, el resto (43%) se pierde en forma de calor lo cual produce el aumento de consumo de energía y por consiguiente el aumento del costo.

También se observa la energía que consume en las 05 horas de cada día respectivamente representado por Kw/h y este es multiplicado por el costo de Kw/h (S/. 0.52) que factura la empresa prestadora del servicio, el cual nos da el resultado del costo por hora.

Entonces si se suman los costos de los 05 días tenemos un costo total de **S/. 12.19 por semana** en el laboratorio de redes.

Costo por Mes

Si el costo en una semana es de **S/. 12.19** y este se multiplica por las cuatro semanas que tiene un mes, se obtiene un total de **S/. 48.76 al mes**, sólo por utilizar el laboratorio de telemática con los 18 fluorescentes prendidos durante las 05 horas de lunes a viernes.

Cuadro N° 03: Costo por mes de ambos laboratorios con tubos fluorescentes

LABORATORIOS	COSTO POR MES (S/.)
Laboratorio de telemática	S/. 45.84
Laboratorio de Redes	S/. 48.76
TOTAL	S/. 94.60

Fuente: Elaboración propia

Al mes por ambos laboratorios se obtiene un costo total de **S/. 94.60** y este monto es resultado sólo de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín.

Entonces si se sigue utilizando iluminación convencional (tubos fluorescentes) no se ahorrará energía ni mucho menos se reducirá costos, además de seguir contaminando el medio ambiente.

1.3. Formulación del problema.

¿En qué medida se puede reducir el costo en el consumo de energía eléctrica utilizando tecnología LED en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín?

1.4. Justificación e importancia.

1.4.1. Teórico

La investigación efectuada lo que va a causar es que más personas tengan conocimiento sobre tecnología LED, las ventajas que ésta tiene frente a la iluminación convencional y la solución de ahorro tanto económico como energético ya que esto puede ser replicable en las demás facultades de la Universidad Nacional de San Martín. Entonces a partir de ello, pueden haber más investigaciones e incluso mejorar lo que ya existe.

1.4.2. Práctica

La presente investigación aportará la solución al elevado costo de energía eléctrica que se obtienen de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín, es decir, reducirá el costo en el consumo de energía eléctrica, siendo esta favorable para la universidad.

1.4.3. **Relevancia Social**

El desarrollo del proyecto de investigación adquiere mucho valor, siendo replicable en casas y generando un impacto positivo a favor de la economía de la población debido a que esto hará se ahorre considerablemente los costos, además de contribuir con la conservación del medio ambiente y logrando que se adquieran más conocimiento en cuanto a tecnología LED de tal manera que tengan un motivo más para mejorar su calidad de vida.

1.4.4. **Conveniencia**

El presente proyecto de tesis se sustenta en cómo se podrá aprovechar la tecnología LED para reducir el costo en el consumo de energía eléctrica, y lo mucho que puede servir en los hogares y empresas beneficiando a muchas personas.

1.4.5. **Utilidad Metodológica**

Esta investigación ayudará a que se obtenga información que contribuirá a próximos estudios considerando que la metodología aplicada proporcionará datos actuales sobre la reducción de costos en consumo de energía eléctrica en la FISI de la UNSM brindando pautas importantes de aplicación de nuevas tecnologías en la educación.

1.5. Alcance y limitaciones

1.5.1. Alcance

El proyecto de investigación se realizará en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de San Martín.

1.5.2. Limitaciones

La inexperiencia en la utilización de tecnología LED en la ciudad de Tarapoto.

Los materiales que se usan para este proyecto de investigación, es decir aquellos que son utilizados para la iluminación led, es difícil de conseguirlos ya que éstos no se encuentran disponibles en la ciudad de Tarapoto, por lo tanto recurrimos a otras ciudades para hacer dichos pedidos.

CAPITULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

ZEBALLOS RACZY, Juan Pablo (2010) en su tesis: "DISEÑO DE LOS SUBSISTEMAS DE LUMINARIAS Y CIRCUITOS DE EXCITACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXTERIOR BASADO EN TECNOLOGÍA DE LEDS DE POTENCIA PARA EL LOGO DE LA PUCP EN EL EDIFICIO MAC GREGOR" ha concluido lo siguiente:

1.- De acuerdo a las pruebas realizadas con el módulo de iluminación implementado, en las cuales se consiguió iluminar un área con difuminación total de luz; se demuestra entonces, la validez de la técnica de iluminación escogida, es decir, la iluminación rotular detrás de acrílicos. La aplicación de dicha técnica, la correcta distribución de LEDs y una estructura mecánica adecuada nos aseguran un sistema de iluminación idóneo para aplicaciones arquitectónicas.

VÁZQUEZ GUZMÁN, Gerardo (2006) en su tesis: "TECNOLOGÍA DE ILUMINACIÓN MEDIANTE LEDs DE POTENCIA" concluye lo siguiente:

1.- De acuerdo con las características de los LEDs de potencia y de acuerdo con las especificaciones planteadas se propuso un esquema de alimentación en dos etapas: la primera de ellas, consiste en utilizar una topología flyback para reducir la tensión de línea a una tensión de 12 V cd y en la segunda etapa se implementó un convertidor reductor con rectificación síncrona, con el fin de reducir de 12 V cd a una tensión de 3.5 V cd. Al operar el convertidor flyback en MCD, además de hacer la

función de pre-regulación, se aprovecha la característica de corrección de factor de potencia.

2.- Adicionalmente se consiguió una excelente reducción del rizado de la corriente y de la tensión de salida que alimenta a la carga.

3.- Con todas estas características agregadas a la fuente de alimentación se asegura un manejo adecuado de los LEDs.

DÍAZ, Cariluz (2012) en su tesis: "TECNOLOGÍA LED COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PARA EL AHORRO ENERGÉTICO" concluye lo siguiente:

1.- Se presentan los resultados que obtuvimos mediante la herramienta de recolección de datos utilizada, en este caso, se realizó un cuestionario a 199 familias del sector Roberto Trujillo, con el objetivo de medir sus conocimientos acerca del tema planteado, cuyos resultados de esta herramienta aplicada fue, que el 98% del muestreo de la población presentó un bajo conocimiento acerca de esta tecnología y las ventajas y beneficios que ofrece como alternativa para la solución de ahorro energético, económico, los aportes sociales y ambientales.

2.- Es necesaria la aplicación inmediata de este sistema de iluminación por tecnología LED, ya que se ha demostrado con esta investigación que reaccionaría de inmediato contra la problemática que afecta al país en cuanto al sistema eléctrico, como también en la economía de nuestras familias y el impacto ambiental que genera al no contaminar el medio ambiente.

VARGAS ELEAZAR, Mer (2007) en sus tesis: "ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA DE ILUMINACION CONVENCIONAL Y UNO UTILIZANDO TECNOLOGÍA LED, APLICADO A INTERIORES" concluye lo siguiente:

1.- El flujo y rendimiento de la lámpara de LEDS es mucho mejor en comparación a las lámparas ahorradoras y las incandescentes, el único problema de esta es que la iluminación es directa, por lo tanto la curva de distribución es muy corta y no alcanza a cubrir perfectamente los 180 grados del área de trabajo, por lo que es necesario emplear un reflector que permita cubrir esta característica primordial.

2.- Se puede decir que si es conveniente y factible instalar lámparas leds, ya que además de consumir menos energía, tiene un mayor tiempo de vida y en cuanto a calidad de la energía es mucho mejor que las lámparas ahorradoras.

3.- En tanto a la inversión, aunque es mucho mayor a la de las otras lámparas, la podemos compensar con la vida útil de la lámpara, porque si consideramos un análisis a 10 años aun ahí no se ve redituada la inversión, pero si lo trasladamos a un periodo de tiempo mayor es considerable el ahorro que se tendrá.

2.2. Definición de términos

Crisis Energética: Una crisis energética es una gran carestía (o una subida de precio) en el suministro de fuentes energéticas a una economía. Normalmente hace referencia a una disminución de la disponibilidad de [petróleo](#), [electricidad](#) u otros recursos naturales. La crisis a menudo repercute en el resto de la economía, provocando una [recesión](#) en alguna forma. En particular, los costes de producción de electricidad crecen, lo que eleva los costes de las manufacturas. Para el consumidor, el precio de la gasolina (petróleo) para automoción aumenta, lo que lleva al consumidor a una reducción de sus gastos y a una menor confianza.²

² Mancilla, Sergio (2009). Crisis energética en Chile. P. 40.

Energía Eléctrica: La **Energía eléctrica** es causada por el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de los materiales conductores. Esta energía produce, fundamentalmente, 3 efectos: luminoso, térmico y magnético. Ej.: La transportada por la corriente eléctrica en nuestras casas y que se manifiesta al encender una bombilla.³

Tecnología LED: La tecnología LED o llamada también la iluminación del futuro, básicamente consiste en emplear los LEDs por los sistemas de retroiluminación como las lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) de pantallas LCD convencionales o lámparas incandescentes tradicionales.⁴

Factor de Potencia: Es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica. Puede tomar valor entre 0 (muy malo) y 1 (excelente).⁵

Medidor trifásico: El medidor trifásico es utilizado para conexiones trifásicas (cuenta con tres cables de ingreso), que alimentan potencias superiores a 6 kW y que permiten el funcionamiento de motores eléctricos y artefactos como: termas, cocinas eléctricas, hornos eléctricos, etc.⁶

Contaminación invisible: Son aquellas ondas electromagnéticas de las redes de alta tensión y los móviles atraviesan todo, incluso nuestro cuerpo, por lo que no es descabellado imaginar que llegue afectar nuestra salud. Este es un problema ambiental que crece día a día, hora tras hora y segundo a segundo y sucede cada vez que se estrena un aparato eléctrico o simplemente se acciona, los cuales emiten ondas de tipo alterno o pulsante que están entrando al medioambiente y lo están

3 Enríquez, Gilberto (2009). Tecnologías de generación de Energía Eléctrica. Pág. 54.

4 Gago, Alfonso (2012). Iluminación con tecnología LED. Pág. 104.

5 http://es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_potencia

6 http://www.distriluz.com.pe/electrocentro/04_cliente/info03.html

modificando, de acuerdo al tiempo que estén presentes y a la potencia de sus señales.⁷

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Tecnología LED

La tecnología LED no tiene nada de nuevo. Fue descubierta en los años veinte del siglo pasado por el ruso Oleg Lósev y ya, a partir de los años cincuenta, con los trabajos de Nick Holonyak, comenzó a generalizarse en indicadores de encendido o apagado en sus colores verde y rojo. Posteriormente, una de sus variantes, el diodo infrarrojo empezó a usarse para mandos a distancia de televisores y, a partir de ellos, a otro tipo de electrodomésticos.

La tecnología LED se está poniendo hoy en día a flote, por lo que en la actualidad se pretende sustituir las lámparas tradicionales (incandescentes u fluorescentes) por la razón de su mayor consumo de potencia, haciendo que los LEDs (diodo emisor de luz) pasen a un primer plano ya que su consumo de potencia es aproximado a un 40% menos que las lámparas tradicionales. La tecnología LED se está empleando en la gama de televisores haciéndoles más nítidas las imágenes y menos volumen en su diseño, en semáforos haciéndoles a estos que consuman menos potencia y sean más visibles y duraderos que los semáforos normales. Los LEDs actualmente disponibles ya están reemplazando rápidamente a otras fuentes de iluminación como así también son hoy la tecnología preferida para luces decorativas y de diferentes aplicaciones. La potencia de los LEDs, como fuente de iluminación general (luz blanca), es actualmente una de sus principales promesas de cara al futuro.⁸

Definición de led

7 Hernández, Rafael (2007). Contaminación invisible. Pág. 78.

8 Gago, Alfonso (2012). Iluminación con tecnología LED. Pág. 105.

LED se define por sus siglas como diodo emisor de luz, no es más que un pequeño chip de material semiconductor, que cuando es atravesado por una corriente eléctrica, en sentido apropiado, emite luz monocromática sin producir calor, es decir un componente electrónico semiconductor, con polaridad por lo que se usará en funciones de señalización, estética y, actualmente iluminación. Su estructura consta de un hilo muy fino, entre el cátodo y el ánodo, que podría dar apariencia de fragilidad, pero no es así; porque no tiene que ponerse incandescente (de hecho apenas se calienta) y no está al aire, sino incrustado dentro del epoxy. (Figura 01).⁹

Figura 01. Estructura de un LED



Fuente: <http://www.lbruning.com/>

En que consiste la tecnología LED/OLED.

La tecnología LED o llamada también la iluminación del futuro, básicamente consiste en emplear los LEDs por los sistemas de retroiluminación como las lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) de pantallas LCD convencionales o lámparas incandescentes tradicionales. Al mismo tiempo la utilización de LEDs como sistema de retro iluminación ha permitido fabricar unos dispositivos tremendamente delgados, con un grosor inferior a los 30 milímetros. Todos estos avances no se van a quedar

⁹ Gago, Alfonso (2012). Iluminación con tecnología LED. 108

estancados sino que paulatinamente van a ir siendo mejorados e incorporados en múltiples dispositivos tecnológicos para que todos ellos puedan verse beneficiados de las enormes ventajas de la tecnología LED.

La tecnología OLED que también tiene muy pocos años y que poco a poco también iremos viéndola más constantemente. Se trata de una variante del LED clásico, pero donde la capa de emisión tiene un componente orgánico. Seguramente hemos escuchado que las pantallas OLED tienen la ventaja de no necesitar luz trasera, con lo que ahorran mucha más energía que cualquier otra alternativa. Además, su costo también es menor. Sin embargo, su tiempo de uso no es tan bueno como el de las anteriores tecnologías que les hemos comentado.

Existen muchas tecnologías OLED diferentes, tantas como la gran diversidad de estructuras (y materiales) que se han podido idear (e implementar) para contener y mantener la capa electroluminiscente, así como según el tipo de componentes orgánicos utilizados.¹⁰

Características de la tecnología LED.

Las características de la tecnología LED son las siguientes:

- Son capaces de durar hasta 50 000 horas de vida útil.
- Tienden a ser en mayoría luz fría o luz caliente.
- Poseen una circulación de corriente eléctrica a través de un solo sentido.
- Contienen Galio, el cual se combinan con otros elementos como fósforo para cambiar a diversos colores.¹¹

10 Déleg, Manuel (2011). Ensayo sobre tecnología LED. Pág. 2

11 Díaz, Cariluz (2012). Tecnología LED como alternativa de solución de para el ahorro energético. Pág. 30

Función de un LED

Su función varía según su aplicación, puede servir para iluminación, tanto como para dispositivos de ondas infrarrojas como los controles remotos, en este caso, su función sería iluminar a través de los tubos LED.¹²

Impacto Ambiental de los LED

El LED no emplea mercurio, metales pesados u otros materiales, tiene un mínimo impacto térmico en el entorno. No existe contaminación lumínica.

El uso de iluminación LED tiene un impacto ambiental, que se debe considerar muy seriamente ya que esta al no contener mercurio como en los tubos fluorescentes, no representa ningún peligro ni contaminación para el medio ambiente. Además no emiten ningún tipo de radiación ultravioleta (UV) ni infrarrojo (IR) lo que hace que los ambientes interiores iluminados con LED son muchos más cómodos y agradables.¹³

Aplicaciones:

Hoy en día de la tecnología led se ha aprovechado su gran economía eléctrica para ser utilizado en varios dispositivos como luces, linternas, luces para vehículos, mandos a distancia (leds infrarrojos o IRED), teléfonos móviles e inclusive pantallas, siendo las pantallas basadas en led la más novedosa y revolucionara forma de utilizar estos pequeños diodos.

12 Díaz, Cariluz (2012). Tecnología LED como alternativa de solución de para el ahorro energético. Pág. 32

13 Díaz, Cariluz (2012). Tecnología LED como alternativa de solución de para el ahorro energético. Pág. 35

Las tecnologías basadas en OLED no son nuevas relativamente hablando, y hay en el mercado artículos que las incorporan, como teléfonos móviles. Lo realmente nuevo son algunas aplicaciones que se les dan y, sobre todo, el comienzo de la comercialización de productos basados en tecnologías OLED (monitores y televisores sobre todo), además algunas tecnologías OLED tienen la capacidad de tener una estructura flexible, lo que ya ha dado lugar a desarrollar pantallas plegables, y en el futuro quizá pantallas sobre ropa y tejidos, etc.¹⁴

Beneficios de la iluminación LED

- ✓ Bajo consumo de electricidad
- ✓ Alta duración
- ✓ Ofrece una gran gama de colores
- ✓ Luz fría
- ✓ No genera calor
- ✓ Grandes diseños¹⁵

Desventajas de la iluminación LED

- ✓ Bajo rendimiento con altas temperaturas.
- ✓ El precio en comparación con las convencionales es bastante elevado.
- ✓ Los LEDs tienen un ángulo de apertura limitado (aprox 120°).

2.3.2. Especificaciones Técnicas de la investigación

14 Díaz, Cariluz (2012). Tecnología LED como alternativa de solución de para el ahorro energético. Pág. 36

15 I Díaz, Cariluz (2012). Tecnología LED como alternativa de solución de para el ahorro energético, Pág. 37

Para poder realizar la presente investigación, se aprovechó la instalación de los tubos LED que se hicieron con anterioridad en el proyecto de investigación: “MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN INVISIBLE Y CALENTAMIENTO GLOBAL, MEDIANTE TECNOLOGÍA LEDS Y FOTOVOLTAICA” en la FISI.

La iluminación LEDs se realizó mediante luminarias, con lámparas LED de 36 vatios y tensión de 220VAC 60Hz, controlados por interruptores simples e interruptores de 3 vías. Se utilizó la misma instalación eléctrica existente, con la cual vienen funcionando las luminarias convencionales.

Especificaciones de los tubos LED

- a) Tipo de Luminaria LEDs : Pendant Light C&S-PDL-36W.
- b) Potencia de la lámpara LED : 36W
- c) Flujo luminoso de la lámpara : 3090 lúmenes
- d) Tensión de servicio : 220 VAC
- e) Tiempo de vida útil : 30000 horas
- f) Factor de Potencia : 0,95¹⁶

Especificaciones de los tubos fluorescentes

- a) Potencia de los fluorescentes : 40W
- b) Flujo luminoso de la lámpara : 2500 lúmenes
- c) Tensión de servicio : 220 VAC
- d) Factor de Potencia : 0.57
- e) Tiempo de vida útil : 2000 horas¹⁷

16 Ramírez, Horacio (2012). Mitigación de la contaminación invisible y calentamiento global, mediante tecnología LEDS y panel fotovoltaico.

17 <http://blog.pucp.edu.pe/blog/eficienciayelectricidad/tag/eficiencia>

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis alterna (H_1)

Es factible reducir el costo en el consumo de energía eléctrica mediante el uso de tecnología LED en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín.

2.4.2. Hipótesis nula (H_0)

No es factible reducir el costo en el consumo de energía eléctrica mediante el uso de tecnología LED en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín.

2.5. Sistemas de variables

Variables a ser tomadas en cuenta en la investigación serán:

Variable Dependiente: Reducción del costo en el consumo de energía eléctrica en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín.

Mediante el estudio la variable tecnología LED va a ser evaluado para determinar el efecto que causa sobre la variable dependiente, es decir, si se reduce o no el consumo de energía eléctrica al utilizar la tecnología LED.

Variable Independiente: Estas variables son manipulables y están muy vinculadas a la aplicación y metodología del investigador por lo que tenemos.

Variable Explicativa : Utilización de Tecnología LED

Cuadro 04: Variables de estudio

VARIABLES	
Dependiente	Reducción del costo en el consumo de energía eléctrica (Y_1)
Independiente	Utilización de Tecnología LED (X_1)

Fuente: Elaboración propia

Indicadores

VARIABLE Y: REDUCCIÓN DEL COSTO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Indicadores

Y_1 = Costos en nuevos soles por Kw/hora (CNS/K)

Esta es una variable cuantitativa, cuya unidad de medida está en Nuevos Soles. Esta será una variable calculada que se obtendrá al multiplicar el consumo en Kw/h por el costo de cada Kw/h.

$$\text{CNS/K} = \text{Consumo de energía Kw/h} * \text{Costo Kw/h}$$

VARIABLE X: UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍA LED

Indicadores

X_1 = Consumo de energía Kw/h (CEK)

X_2 = Potencia en watts (PW)

2.6. Escala de medición

La escala de medición para la investigación realizada es la escala de intervalos porque la unidad de medida del consumo de energía eléctrica en promedio es en Kilowatts (Kw).

2.7. Objetivos

2.7.1. Objetivo General

- Demostrar que es posible reducir el costo en el consumo de energía eléctrica mediante el uso de tecnología LED en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín.

2.7.2. Objetivos Específicos

- Elaborar los instrumentos de medición para la recolección de datos.
- Implementar la forma de medir el costo de energía consumida utilizando tecnología led.
- Comparar y analizar el consumo de energía con tubos fluorescentes y la energía con tubos LED.

CAPÍTULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Universo y muestra

3.1.1. Universo

El universo corresponde a las aulas de la FISI, es decir los laboratorios (Telemática y Redes) donde se hizo la investigación propuesta.

Cuadro 05: Universo de la investigación

AULAS	TUBOS FLUORESCENTES	TUBOS LED	PORCENTAJE (%)
Laboratorio de Telemática	18	18	50%

Laboratorio de Redes	18	18	50%
TOTAL	36	36	100%

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Muestra

La muestra está constituida también por los laboratorios de la FISI, donde se realizaron dichos estudios acerca de la reducción de costos de consumo de energía eléctrica con la utilización de tecnología LED.

Cuadro 06: Muestra de la investigación

AULAS	TUBOS FLUORESCENTES	TUBOS LED	PORCENTAJE (%)
Laboratorio de Telemática	18	18	50%
Laboratorio de			

Redes	18	18	50%
TOTAL	36	36	100%

Fuente: Elaboración propia

Las mediciones se hicieron en 4 semanas, teniendo en cuenta que una semana es sólo de 5 días (lunes a viernes), las dos primeras semanas se realizaron las mediciones con los tubos fluorescentes (una semana con el laboratorio de telemática y la otra semana con el laboratorio de redes) y las dos siguientes semanas se realizaron las mediciones con los tubos LED (una semana con el laboratorio de telemática y la otra semana con el laboratorio de redes).

3.2. **Ámbito geográfico**

La investigación se centra en los laboratorios (telemática y redes) de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín, siendo el lugar principal de contexto en donde se realizaron los estudios previos. Para más detalles, se presenta la descripción exacta en donde se realizara la investigación:

Departamento: San Martín.

Provincia: San Martín.

Distrito: Morales.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño aplicado en la presente investigación es el “Descriptivo: Pre y Pos test (con la misma unidad de análisis)”, donde se hace un seguimiento a los resultados encontrados en un momento para poder compararlos.

3.4. Procedimientos y técnicas

3.4.1. Procedimientos

La presente investigación se realizó usando la observación directa, para realizar las mediciones se trabajó con los dos laboratorios (Telemática y Redes) y se asignaron 05 horas diarias (lunes a viernes), las primeras dos semanas se obtuvieron mediciones de los laboratorios utilizando tubos fluorescentes y las siguientes dos semanas se hizo utilizando tubos LED.

3.4.2. Técnicas

Cuadro 07: Técnicas e instrumentos de la investigación

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICADO EN
Observación directa	Podremos observar a los fluorescentes convencionales junto a los fluorescentes leds.	Guía de observación	Procesos de medición que se dan dentro del desarrollo de los laboratorios de telemática.
Análisis de documentos	Para obtener la información de los libros, informes, separatas, páginas de internet, etc.	Fichas bibliográficas. Subrayado.	La bibliografía necesaria para desarrollar el marco teórico y la información complementaria.

	Referentes a temas relacionados con la investigación		
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

3.5. Instrumentos

3.5.1. Instrumentos de recolección de datos

Para poder realizar las mediciones de los laboratorios de telemática y redes con los tubos fluorescentes y los tubos LED, se usó un medidor trifásico con las siguientes características:

- ✓ Medidor trifásico electrónico A1R 3H 2.5-20A 57.7-240V. Modelo Alpha plus. Pantalla LCD. 8 dígitos programación.
- ✓ Tensión: 57.7-240v, corriente: 2.5.....20amp, hilos: 3. CL: 0.2, medición: energía activa/reactiva, máxima/manda 4 tarifas, valor instrumental de corriente y tensión, factor de potencia.

Se utilizó una cartilla de observación por cada día, durante 20 días para cada laboratorio (Telemática y Redes) utilizando tanto tubos fluorescentes y tubos LED. El formato de cartilla es la siguiente:

CARTILLA DE OBSERVACIÓN DIRECTA

Institución : UNSM/Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática (FISI)

Laboratorio : Telemática/Redes

Fecha :

Costo de Kw/h : S/. 0.52

Tipo de iluminación : Fluorescentes/LED

ASPECTOS A OBSERVAR:

Nº de días	Hora	Potencia (Watts)	Consumo de energía (Kw/h)	Costo por 5 horas (S/.)
1	08:00			
	09:00			
	10:00			
	11:00			
	12:00			
	13:00			
2	13:00			
	14:00			
	15:00			
	16:00			
	17:00			
	18:00			
3	09:00			
	10:00			
	11:00			
	12:00			
	13:00			
	14:00			
4	11:00			
	12:00			
	13:00			
	14:00			
	15:00			
	16:00			
5	17:00			
	18:00			
	19:00			
	20:00			
	21:00			
	22:00			

3.5.2. Instrumentos de procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se utilizaron los siguientes instrumentos:

Para hallar que hay en los datos:

- **La media aritmética o promedio (M):** Es el estadístico de tendencia central más significativo y corresponde variables de cualquier nivel de medición pero particularmente a las mediciones de intervalo y de razón.

$$M = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{N}$$

Dónde: M, media aritmética; X, frecuencia de un valor cualquiera de la variable y N, número total de los valores considerados.

- **La mediana (Me):** Es el estadístico que determina el valor de la variable que se ubica en una escala ordinal de manera que deja debajo y encima suyo igual número de los valores con frecuencias mayores y menores respectivamente. Corresponde típicamente a las variables de medición ordinal, establece valores de clasificación y distinción jerárquica de una variable.
- **La moda (Mo):** Se define como el valor estadístico de la variable que tiene o reúne mayor frecuencia. También corresponde a las variables de medición nominal.

Para conocer qué tanto varían los datos:

- **Rango o intervalo:** Es simplemente la distancia entre los dos valores más extremos de una medición.
- **Desviación estándar (S):** Es el promedio de las desviaciones o dispersiones de las puntuaciones respecto a la media o promedio, permite medir el grado de homogeneidad o heterogeneidad de los datos de la población objeto de medición. Cuanto mayor sea la dispersión de los datos respecto a la media mayor será la desviación estándar, lo cual

significa mayor heterogeneidad entre las mediciones. La fórmula para calcular la desviación estándar de una muestra de observaciones de datos es:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Dónde: X_i , enésimo dato; \bar{X} , valor medio o media de la muestra, n , número de datos (de 1, 2, 3,..., n).

- **La varianza:** Se define como la elevación al cuadrado de la desviación estándar, S^2 .

Para describir las diferencias entre grupos y variables:

- **Prueba t-students:** Es una prueba estadística para evaluar hipótesis en torno a una media cuando los tamaños de la muestra n son menores que 30 mediciones para saber si hay

diferencia significativa entre la media de la muestra \bar{X} y la

media poblacional μ .

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s}$$

El programa de computador que se utilizó para el procesamiento de datos es el **SPSS** que es un instrumento de análisis multivariante de datos cuantitativos que está diseñado para el manejo de datos estadísticos.

3.6. Prueba de hipótesis

Para la prueba de hipótesis se usaron los datos correspondientes a las mediciones de la variable dependiente “Reducción de costo en el consumo de energía” de los laboratorios de la FISl. Se realizaron las mediciones de los consumos de energía con el uso de tubos fluorescentes y tubos LED durante 4 semanas, 10 mediciones para el grupo de tubos fluorescentes y 10 mediciones para el grupo con tubos LED; los resultados se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 08: Consumo de energía (Kw/h) y Costo total de energía (S/.) de tubos fluorescentes y tubos LED

Observación	Tubos fluorescentes		Tubos LED	
	Consumo de energía Kw/h	Costo total de energía S/.	Consumo de energía Kw/h	Costo total de energía S/.
1	4.2221	S/. 2.20	1.67705	S/. 0.87
2	4.3312	S/. 2.25	1.67535	S/. 0.87
3	4.46555	S/. 2.32	1.6793	S/. 0.87
4	4.51285	S/. 2.35	1.681	S/. 0.87
5	4.5136	S/. 2.35	1.67655	S/. 0.87

6	4.53365	S/. 2.36	1.677	S/. 0.87
7	4.5819	S/. 2.38	1.67935	S/. 0.87
8	4.7127	S/. 2.45	1.6788	S/. 0.87
9	4.8217	S/. 2.51	1.67735	S/. 0.87
10	4.7915	S/. 2.49	1.681	S/. 0.87

Fuente: Elaboración propia

Se realizó la prueba de T–Student para la verificación de hipótesis, se trabajó con los siguientes valores:

$$\alpha = 5\% \text{ ó } 0.05$$

$$gl = n_1 + n_2 - 2 = 18$$

$$T_t = 1.734$$

$$T_c = ?$$

Dónde:

- ✓ α : Es el nivel de significación de la prueba.
- ✓ gl: Es el grado de libertad.
- ✓ n_1 : Es el tamaño de la muestra correspondiente al grupo de los tubos fluorescentes.
- ✓ n_2 : Es el tamaño de la muestra correspondiente al grupo de los tubos LED.
- ✓ T_t : Es el valor de t–student tabulada, es decir que se obtiene de la tabla estadística al comparar el nivel de significancia (α) y los grados de libertad (gl).
- ✓ T_c : Es el valor de t–student calculado.

Después de procesar los datos de “Costo total de energía” del cuadro N° 08 usando el programa estadístico SPSS, se obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro 09: Estadísticos descriptivos

Tipo de Iluminación con o sin LED		N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Costo total de energía (S/.)	FLUORESCENTES	10	2.3660	.09834	.03110
	LED	10	.8700	.00000	.00000

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en el cuadro 09 la media, la desviación típica o estándar y el error típico de la media tanto de los tubos fluorescentes como de los tubos LED.

Cuadro 10: Prueba de muestras independientes

		Prueba T para igualdad de medias	
		t	Gl
Costo total de energía (S/.)	Se han asumido varianzas iguales	48.105	18
	No se han asumido varianzas iguales	48.105	9.000

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar los resultados del cuadro 10, nos muestra la Prueba T para igualdad de medias, pero lo fundamental es el T – calculado (estadístico “t”) que en este caso es $T_c = 48,105$. Este valor lo contrastamos con el T de tabla (T_t).

Se busca en la tabla de T de student los grados de libertad es decir 18, y se encuentra que el valor tabular es de 1.734 al 95% de probabilidad, el

cual es menor que la T - calculada y por lo tanto se declara la prueba significativa.

Figura 02: Gráfica de distribución de T - student

Fuente: Elaboración propia

Como $T_c > T_t$ ($48.105 > 1.734$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Entonces se puede afirmar categóricamente que es factible reducir el costo en el consumo de energía eléctrica mediante el uso de tecnología LED en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín, por haberse conseguido un resultado significativo.

CAPÍTULO IV

IV. RESULTADOS

Para la variable independiente (Y): Reducción de costos en el consumo de energía eléctrica.

Cuadro 11: Costo en nuevos soles por Kw/h (Y_1)

Observación	Costo total de energía S/. (fluorescentes)	Costo total
-------------	--	-------------

)	de ener gía S/. (LE D)
1	S/. 2.20	S/. 0.87
2	S/. 2.25	S/. 0.87
3	S/. 2.32	S/. 0.87
4	S/. 2.35	S/. 0.87
5	S/. 2.35	S/. 0.87
6	S/. 2.36	S/. 0.87
7	S/. 2.38	S/. 0.87
8	S/. 2.45	S/. 0.87
9	S/. 2.51	S/. 0.87
10	S/. 2.49	S/. 0.87
TOTAL	S/. 23.66	S/. 8.70

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 11 se muestra las 10 observaciones calculadas del costo total de energía para los tubos fluorescentes y las 10 observaciones calculadas del costo total de energía para los tubos LED; estos datos al ser sometidos al programa estadístico SPSS, se obtienen lo siguiente:

De los tubos fluorescentes

Cuadro 12: Datos estadísticos del costo total de energía para los tubos fluorescentes

	N	Mínim o	Máximo	Media	Median a	Moda	Desv. típ.	Varianza
--	---	------------	--------	-------	-------------	------	---------------	----------

Costo total de energía (S/.)	10	2.20	2.51	2.3660	2.3550	2.35	0.09834	0.010
------------------------------	----	------	------	--------	--------	------	---------	-------

Fu

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar del cuadro 12 el valor mínimo y máximo del costo total de energía de los tubos fluorescentes, así como las medidas de tendencia central (Media, Mediana y Moda); también se encuentra la desviación típica o estándar con un valor de 0.09834, el cual nos indica que existe poca variación con respecto a la media que es S/. 2.51, entre una observación y otra.

De los tubos LED

Cuadro 13: Datos estadísticos del costo total de energía para los tubos LED

	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
Costo total de energía (S/.)	10	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar del cuadro 13 el valor mínimo y máximo del costo total de energía de los tubos LED, así como las medidas de tendencia central (Media, Mediana y Moda); también se encuentra la desviación típica o estándar con un valor de 0.000, el cual nos indica que no existe variación entre observaciones con respecto a la media que es S/. 0.87, por lo tanto los datos son perfectamente homogéneos.

Gráfico 01: Costo total de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico 01 que el costo total de energía de los tubos LED es constante, no varía con respecto a la media que es S/. 0.87 y es bastante menor que los costos totales de energía de los tubos fluorescentes que varían pero de manera poco significativa con respecto a la media que S/. 2.3660.

Para la variable dependiente (X): Utilización de Tecnología LED

Cuadro 14: Consumo de energía por Kw/h (X_1)

Observación	Consumo de energía Kw/h (fluorescentes)	Consumo de energía Kw/h (LED)
1	4.2221	1.67705
2	4.3312	1.67535
3	4.46555	1.6793
4	4.51285	1.681
5	4.5136	1.67655
6	4.53365	1.677

7	4.5819	1.67935
8	4.7127	1.6788
9	4.8217	1.67735
10	4.7915	1.681

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 14 se muestra las 10 observaciones del consumo de energía en Kw/h para los tubos fluorescentes y las 10 observaciones del consumo de energía en Kw/h para los tubos LED, estos datos al ser sometidos al programa estadístico SPSS, se obtienen lo siguiente:

De los tubos fluorescentes

Cuadro 15: Datos estadísticos del consumo de energía para los tubos fluorescentes

	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
Consumo de energía (Kw/h)	10	4.2221	4.8217	4.5486	4.5236	4.2221	0.190061	0.036

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar del cuadro 15 el valor mínimo y máximo del consumo de energía de los tubos fluorescentes, así como las medidas de tendencia central (Media, Mediana y Moda); también se encuentra la desviación típica o estándar con un valor de 0.190061, el cual nos indica que existe muy poca variación con respecto a la media que es 4.5486 Kw/h, entre los datos observados.

De los tubos LED

Cuadro 16: Datos estadísticos del consumo de energía para los tubos LED

	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
Consumo de energía (Kw/h)	10	1.67535	1.68100	1.6782	1.6780	1.681	0.00191	0.000

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar del cuadro 16 el valor mínimo y máximo del consumo de energía de los tubos LED, así como las medidas de tendencia central (Media, Mediana y Moda); también se encuentra la desviación típica o estándar con un valor de 0.001910, el cual nos indica que existe una variación casi nula respecto a la media que es 1.6782 Kw/h, entre los datos observados.

Gráfico 02: Consumo de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico 02 que el consumo de energía de los tubos LED es constante, no varía con respecto a la media que es 1.6782 Kw/h y es bastante menor que los consumos de energía de los tubos fluorescentes que varían con respecto a la media (4.5486 Kw/h) pero de manera poco significativa.

Observación	Potencia en Watts (Fluorescentes)	Potencia en Watts (LED)
1	840.7	336.3
2	908.7	335.3
3	897.3	336.1
4	903.8	336.2
5	904	335.5
6	907.8	335.2
7	915	335.8
8	933.7	335.9
9	954.4	335.3
10	958.5	336.2

Cuadro 17: Potencia en Watts (X_2)

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 17 se muestra las 10 observaciones de la potencia en Watts para los tubos fluorescentes y las 10 observaciones de la potencia en Watts para los tubos LED, estos datos al ser sometidos al programa estadístico SPSS, se obtienen lo siguiente:

De los tubos fluorescentes

Cuadro 18: Datos estadísticos de la potencia en Watts para los tubos fluorescentes

	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
Potencia en watts	10	840.7	958.5	912.39	908.25	840.7	33.16278	1099.77

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar del cuadro 18 el valor mínimo y máximo de la potencia en Watts de los tubos fluorescentes, así como las medidas de tendencia central (Media, Mediana y Moda); también se encuentra la desviación típica o estándar con un valor de 33.16278, el cual nos indica que existe una variación muy

amplia entre algunos de los datos observados, con respecto a la media que es 908.25 Watts.

De los tubos LED

Cuadro 19: Datos estadísticos de la potencia en Watts para los tubos LED

	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
Potencia en watts	10	335.2	336.3	335.78	335.85	335.3	0.42374	0.180

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar del cuadro 19 el valor mínimo y máximo de la potencia en Watts de los tubos LED, así como las medidas de tendencia central (Media, Mediana y Moda); también se encuentra la desviación típica o estándar con un valor de 0.42374, el cual nos indica que existe una poca variación entre los datos observados, con respecto a la media que es 335.78 Watts.

Gráfico 03: Potencia en Watts de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico 03 que la potencia en Watts de los tubos LED es constante, poca variación con respecto a la media (335.78 Watts) y es bastante menor que la potencia en Watts de los tubos fluorescentes que sí varían de manera significativa respecto a la media (908.25 Watts).

CAPÍTULO V

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Gráfico 04: Comparación de los costos totales de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 04 se observa los costos totales de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED que al ser sumados en su totalidad nos da un resultado de S/. 23.60 y S/. 8.70 respectivamente, la diferencia entre estos costos es de S/. 14.90, que a su vez representa un promedio de ahorro económico del 63% al utilizar tubos LED.

Gráfico 05: Comparación del consumo de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 05 se observa los consumos de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED, de los datos se obtuvo un promedio de las diferencias de las 10 observaciones de 2.8704 Kw/h, representando un promedio de ahorro de consumo de energía del 63% al utilizar los tubos LED.

Gráfico 06: Comparación del consumo de energía de los tubos fluorescentes y los tubos LED

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 06 se observa la potencia en Watts de los tubos fluorescentes y los tubos LED, de los datos se obtuvo un promedio de las diferencias de las 10 observaciones de 576.71 Watts, entendiéndose que al utilizar iluminación LED la potencia generada se reduce en promedio un 63% que cuando se utiliza iluminación con fluorescentes.

DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN

Gráfico 07: Correlación entre las variables costo de consumo de energía y consumo de energía para los tubos fluorescentes

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 07 muestra la relación de dependencia entre las variables costo de consumo de energía (S/.) y consumo de energía (Kw/h) para los tubos fluorescentes, en el cual se observa que existe una correlación positiva (+) muy fuerte, puesto que los puntos se agrupan claramente alrededor de una línea imaginaria de pendiente positiva. Este caso sugiere que el control de una de las variables lleva al control de la otra, es decir, a mayor consumo de energía mayor es el costo de consumo de energía.

Gráfico 08: Correlación entre las variables costo de consumo de energía y consumo de energía para los tubos LED

Fuente: Elaboración propia

*** Valores del costo de consumo de energía con cuatro decimales**

El gráfico 08 muestra la relación de dependencia entre las variables costo de consumo de energía (S/.) y consumo de energía (Kw/h) para los tubos fluorescentes, en el cual se observa que existe una correlación positiva (+) muy fuerte, puesto que los puntos se agrupan claramente alrededor de una línea imaginaria de pendiente positiva. Este caso sugiere que el control de una de las variables lleva al control de la otra, es decir, a mayor consumo de energía mayor es el costo de consumo de energía.

Deducción de una fórmula que permita calcular el costo de consumo de energía de los tubos fluorescentes y de los tubos LED

Cuadro 20: Datos para calcular el costo de consumo de energía para los tubos fluorescentes

Nº de tubos fluorescentes	Nº de horas	Energía consumida en Kw/h	Costo de consumo de energía por Kw/h (S/.)	Costo total (S/.)
18	5	4.5486	0.52	2.37
18	1	0.9097	0.52	0.47
1	1	0.0505	0.52	0.03

		4		
--	--	---	--	--

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 20 se muestra el N° de tubos fluorescentes, el N° de horas, la energía consumida en Kw/h, el costo de consumo de energía por cada Kw/h y el costo total de cada uno de ellos. Se puede observar que para un tubo fluorescente, la energía consumida en una hora es de 0.0505 Kw/h que multiplicado por el costo de consumo de energía (S/. 0.52, dato constante), resulta S/. 0.03.

De lo anterior se deduce la fórmula preliminar:

$$CT = NF * NH * C_1 * C_2$$

Dónde:

- ✓ CT: Costo total de energía consumida.
- ✓ NF: Número de tubos fluorescentes.
- ✓ NH: Número de horas
- ✓ C₁: Constante de energía consumida en 1 hora, equivale a 0.05054
- ✓ C₂: Constante de costo de consumo por Kw/h, equivale a 0.52

Reemplazando los valores tenemos:

Fórmula 01: Costo total de consumo de energía de los tubos fluorescentes

$$CT = NF * NH * 0.0262808$$

Fuente: Elaboración propia

Esta fórmula sólo es válida si se utilizan los tubos fluorescentes de neón de 40 watts.

Cuadro 21: Datos para calcular el costo de consumo de energía para los tubos LED

Nº de tubos LEDs	Nº de horas	Energía consumida en Kw/h	Costo de consumo de energía por Kw/h (S/.)	Costo total (S/.)
18	5	1.6782	0.52	0.87
18	1	0.3356	0.52	0.17
1	1	0.0186	0.52	0.01

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 21 se muestra el Nº de tubos LED, el Nº de horas, la energía consumida en Kw/h, el costo de consumo de energía por cada Kw/h y el costo total de cada uno de ellos. Se puede observar que para un tubo LED, la energía consumida en una hora es de 0.0186 Kw/h que multiplicado por el costo de consumo de energía (S/. 0.52, dato constante), resulta S/. 0.01.

De lo anterior se deduce la fórmula preliminar:

$$CT = NL * NH * C_1 * C_2$$

Dónde:

- ✓ CT: Costo total de energía consumida.
- ✓ NL: Número de tubos LED.
- ✓ NH: Número de horas
- ✓ C₁: Constante de energía consumida en 1 hora, equivale a 0.0186
- ✓ C₂: Constante de costo de consumo por Kw/h, equivale a 0.52

Reemplazando los valores tenemos:

Fórmula 02: Costo total de consumo de energía de los tubos LED

$$CT = NL * NH * 0.009672$$

Fuente: Elaboración propia

Esta fórmula sólo es válida si se utilizan los tubos LED del tipo Pendant Light C&S-PDL-36W.

Entonces, ¿Cuánto se ahorraría la FISl al mes por los 2 laboratorios?

Para los LED

De la fórmula tenemos:

$$CT = NL * NH * 0.009672$$

$$CT = 18 * 25 * 0.009672$$

$$CT = 4.35 \text{ soles por semana.}$$

Para 18 tubos LED utilizados en un laboratorio con un total de 25 horas semanales (5 horas por 5 días), el resultado que obtenemos es de S/. 4.35 por semana. Para saber el costo por mes, simplemente este resultado es multiplicado por 4 y se obtiene un total de **S/. 17. 40** solo para un laboratorio, para saber el costo de consumo de energía por los dos laboratorios es necesario multiplicar por 2 a S/. 17. 40 obteniendo un costo de **S/. 34.80** al mes por ambos laboratorios.

Para los fluorescentes

De la fórmula tenemos:

$$CT = NF * NH * 0.0262808$$

$$CT = 18 * 25 * 0.0262808$$

$$CT = 11.83 \text{ soles.}$$

Para 18 tubos fluorescentes utilizados en un laboratorio con un total de 25 horas semanales (5 horas por 5 días), el resultado que obtenemos es de S/. 11.83 por semana. Para saber el costo por mes, simplemente este resultado es multiplicado por 4 y se obtiene un total de **S/. 47. 32** solo para un laboratorio, para saber el costo de consumo de energía por los dos laboratorios es necesario multiplicar por 2 a S/. 47.32 obteniendo un costo de **S/. 94.64** al mes por ambos laboratorios.

El costo total de consumo de energía por mes de ambos laboratorios con tubos LED es de S/. 34.80, que al ser comparado con el costo total de consumo de energía de los tubos fluorescentes que es de S/. 94.64 por mes de ambos laboratorios, resulta una diferencia de **S/. 59.84**, representando claramente en promedio el 63 % de ahorro económico.

Ahorro de la FISI en un año

Para los tubos LED se tiene un costo total de S/. 34.80 por mes de ambos laboratorios (telemática y redes), este costo es multiplicado por 12 para saber el costo total que genera al año la utilización de los tubos LED en ambos laboratorios, dando como resultado un monto de **S/. 417.60**.

Para los tubos fluorescentes se tiene un costo total de S/. 94.64 por mes de ambos laboratorios (telemática y redes), este costo es multiplicado por 12 para saber el costo total que genera al año la utilización de los tubos fluorescentes en ambos laboratorios, dando como resultado un monto de **S/. 1135.68**.

Contrastando los montos anuales de los tubos fluorescentes y los tubos LED, resulta una diferencia de **S/. 718.08**, indicando que se obtiene un ahorro muy significativo para la FISI y por ende para la UNSM. (Ver anexo 1 de Análisis Costo – Efectividad a 16 años).

VI. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del trabajo de investigación son:

1. Se logró demostrar la hipótesis ya que la verificación de hipótesis reafirma la hipótesis inicial, de modo que puede decirse: ES FACTIBLE REDUCIR EL COSTO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE EL USO DE TECNOLOGÍA LED EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN.
2. Se logró reducir, en promedio, el consumo de energía y el costo de consumo de energía en un 63% utilizando solo Tecnología LED.
3. Se logró realizar las mediciones de los tubos fluorescentes y los tubos LED en los laboratorios de telemática y redes, logrando obtener la potencia en Watts, la energía consumida (Kw/h) y el costo total de la energía consumida. Al contrastar las mediciones del consumo de energía (Kw/h) y los costos de consumo de energía (S/.) de los tubos fluorescentes y los tubos LED.
4. Quedó demostrado en la medición que los tubos LED tienen 95% de eficiencia con lo cual aprovechan toda la energía que le llega y que sólo pierden 5%; esto causa un gran impacto ya que contribuye con la economía y con el medio ambiente combatiendo la contaminación invisible.

5. Se debe tomar como punto de partida esta tesis para hacer investigaciones posteriores acerca de la mejora en la iluminación con diodos led, así como cuánto contribuye el uso de led a combatir la contaminación invisible.

VII. RECOMENDACIONES

Las principales recomendaciones son:

1. Que, la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática por tener un mayor conocimiento y dominio en cuanto a diversas tecnologías, lidere el uso de Tecnología LED en todos sus laboratorios y aulas sustituyendo los tubos fluorescentes por los tubos LED de modo que pueda contribuir tanto en el ahorro de consumo de energía como en el ahorro económico.
2. Que, la Universidad Nacional de San Martín promueva la utilización de la tecnología LED en las demás facultades a fin de aprovechar los beneficios demostrados en la investigación: la reducción en el consumo de energía y el ahorro económico que esta nos brinda.
3. Que, la Universidad Nacional de San Martín promueva en la sociedad en general el uso de iluminación LED o tubos LED ya que tiene mayor eficiencia lumínica y genera un gran impacto positivo tanto en su economía como en el ambiente.
4. Que, la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín fomente el desarrollo de más investigaciones en

tecnologías de iluminación alternativas que tengan mayor eficiencia y economía para el beneficio de la sociedad.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALDI, Giovanni (1986). Electrificación Rural con Energías Renovables.
2. CASTRO, M. (2008). Energía solar Fotovoltaica.
3. DALY, Hitler. (1997). Criterios operativos para el desarrollo sostenible. En Daly, H. y Schutze, C. Crisis ecológica y sociedad. Ed. Germania. Valencia.
4. Déleg, Manuel (2011). Ensayo sobre Tecnología LED. Electrónica Digital Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Azuay Ecuador.
5. Electroreception, Springer, (2005), ISBN 0387231927.
6. Engle F.R., et. al. (2001): "Semiparametric Estimates of the Relation Between Weather and Electricity Sales". Journal of the American Statistical Association.

7. Enriquez Harper, Gilberto (2009). Tecnologías de generación de energía eléctrica. Mexico.
8. ESPINOZA PAREDES, Raúl, (2000), Electrificación rural con energía solar fotovoltaica, un caso peruano en Memorias del Seminario Internacional NUTAU 2000 y del X Congreso Ibérico y V Congreso Ibero-Americano de Energía Solar, setiembre de 2000, São Paulo.
9. Gago Calderón, Alfonso. Iluminación con tecnología LED. Paraninfo S.A.; Edición: 1ª ed, 1ª imp (8 de octubre de 2012).
10. Hernández Moscoso, Rafael. Contaminación Invisible. Vergara-Ediciones B (2007).
11. HERNÁNDEZ SAMPIERE, Roberto (1991), Metodología de la Investigación.
12. MANCILLA, Sergio. Crisis energética en Chile. Santiago de Chile: RIL editores, 2009.
13. ORTIZ URIBE, Frida G. (2003). Diccionario de la Metodología de la Investigación Científica. México: Limusa..
14. RADETSKY Leora (2010)., «Streetlights for Collector Roads», National Lighting Products Information Program Specifier Reports, vol. 13, n.º 1.
15. RIPOLL, David. Ferroviario. España: Limusa..
16. Veganzones Nicolás, Carlos; La energía en el siglo XXI, Capítulo 6.1 Problemática de las EERR en la Red. Tecnología; Editorial: COIIM. Madrid.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. Análisis Costo – Efectividad

A continuación se muestra una comparativa de costo – efectividad entre los 18 tubos fluorescentes y los 18 tubos LED para un laboratorio de acuerdo a la vida útil de cada uno de ellos.

Cálculo de tiempo de vida útil de los tubos fluorescentes y los tubos LED, suponiendo un consumo de 05 horas diarias:

TUBOS LED:

Tiempo de vida útil: **30000 horas.**

Consumo diario: **05 horas.**

Número de días: $30000/5 = 6000$ días

Número de años: $6000/360 = 16.67 \approx 17$ años

TUBOS FLUORESCENTES:

Tiempo de vida útil: **2000 horas.**

Consumo diario: **05 horas.**

Número de días: $2000/5 = 400$ días

Número de años: $400/360 = 1.11 \approx 1$ año

Luego se realiza el cálculo del costo total a 17 años tanto de los tubos LED como los tubos fluorescentes.

COSTO TOTAL TUBOS LED:

Un laboratorio cuenta con 18 tubos LED que son agrupados en 9 pares.

Costo de tubos LED por cada par: **S/. 700.00**

Inversión Inicial de tubos LED: $700 * 9 = \mathbf{S/. 6300.00}$

De la fórmula 02 se tiene que el costo del consumo mensual de los 18 tubos LED en un solo laboratorio es de **S/ 17.00**. Entonces en un año tendríamos un costo de consumo de **S/.17.00 * 12 = S/. 204.00**. En 17 años se tendría un costo de consumo de **S/. 204.00 * 17 = S/. 3468.00**.

Finalmente:

$$\mathbf{CTTL = II + CC}$$

$$\mathbf{CTTL = S/. 6300.00 + S/. 3468.00}$$

$$\mathbf{CTTL = S/. 9768.00}$$

Dónde:

- CTTL: Costo Total de tubos LED
- II: Inversión Inicial
- CC: Costo de Consumo en 17 años

COSTO TOTAL TUBOS FLUORESCENTES:

Un laboratorio cuenta con 18 tubos fluorescentes que son agrupados en 9 pares.

Costo de tubos fluorescentes por cada par: **S/. 35.00**

Inversión Inicial de tubos fluorescentes: $35 * 9 = \mathbf{S/. 315.00}$

De la fórmula 01 se tiene que el costo del consumo mensual de los 18 tubos fluorescentes en un solo laboratorio es de **S/ 47.00**. Entonces en un año tendríamos un costo de consumo de **S/.47.00 * 12 = S/. 564.00**. En 17 años se tendría un costo de consumo de **S/. 564.00 * 17 = S/. 9588.00**.

Se sabe que el tiempo de vida útil de un tubo fluorescente es de 1 año, entonces se tendrá que hacer un reemplazo anual de 18 tubos fluorescentes con un costo unitario de S/. 6.00; lo cual representaría un costo de **18 * S/. 6.00 = S/. 108.00 anual**. En 17 años se tendría un costo de **S/. 108.00 * 17 = S/. 1836.00**.

Finalmente:

$$\mathbf{CTTF = II + CC + CR}$$

$$\mathbf{CTTF = S/. 315.00 + S/. 9588.00 + S/. 1836.00}$$

$$\mathbf{CTTF = S/. 11739.00}$$

Dónde:

- CTTF: Costo Total de tubos fluorescentes
- II: Inversión Inicial
- CC: Costo de Consumo en 17 años

- CR: Costo de Reemplazo de tubos fluorescentes

De los datos anteriores se tiene que el costo de consumo anual de los tubos LED es de S/. 204.00 y el costo anual total de los tubos fluorescentes es de S/. 672.00 (Costo de consumo anual + Costo de reemplazo anual). Entonces el ahorro anual sería:

$$\text{Ahorro Anual} = \text{S/. } 672.00 - \text{S/. } 204.00$$

$$\text{Ahorro Anual} = \text{S/. } 468.00$$

Si se multiplica este Ahorro anual por 17 años se obtiene un ahorro total de **S/. 7956.00**, lo cual cubre la Inversión inicial de los tubos LED que es de S/. 6300.00 y además deja un saldo de **S/. 1656.00**.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

La presente cartilla de observación se hace uso para anotar las mediciones correspondientes para cada laboratorio y para cada tipo de iluminación, la fecha, la potencia (Watts), el consumo de energía (Kw) y el costo de consumo de energía.

Datos generales:

Laboratorio : Telemática/Redes

Fecha :

Costo de Kw/h : S/. 0.52

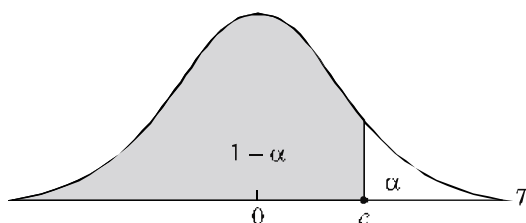
Tipo de iluminación: Fluorescentes/LED

ASPECTOS A OBSERVAR:

Nº de días	Hora	Potencia (Watts)	Consumo de energía (Kw/h)	Costo por 5 horas (S/.)
1	08:00			
	09:00			
	10:00			
	11:00			
	12:00			
	13:00			
2	13:00			
	14:00			
	15:00			
	16:00			
	17:00			
	18:00			
3	09:00			
	10:00			
	11:00			
	12:00			
	13:00			
	14:00			
4	11:00			
	12:00			
	13:00			
	14:00			
	15:00			
	16:00			
5	17:00			
	18:00			
	19:00			
	20:00			
	21:00			
	22:00			

ANEXO 3. TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN *t*-Student

La tabla da áreas $1 - \alpha$ y valores $c = t_{1-\alpha, r}$, donde $P[T \leq c] = 1 - \alpha$, y donde T tiene distribución *t*-Student con r grados de libertad..



$1 - \alpha$

r	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898

18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

ANEXO 4. Medidor Trifásico marca ABB





ANEXO 5. Tubos fluorescentes



ANEXO 6. Tubos LED

